

www.mientayvn.com

Khi đọc qua tài liệu này, nếu phát hiện sai sót hoặc nội dung kém chất lượng xin hãy thông báo để chúng tôi sửa chữa hoặc thay thế bằng một tài liệu cùng chủ đề của tác giả khác. Tài liệu này bao gồm nhiều tài liệu nhỏ có cùng chủ đề bên trong nó. Phần nội dung bạn cần có thể nằm ở giữa hoặc ở cuối tài liệu này, hãy sử dụng chức năng Search để tìm chúng.

Bạn có thể tham khảo nguồn tài liệu được dịch từ tiếng Anh tại đây:

http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html

Thông tin liên hệ:

Yahoo mail: thanhlam1910_2006@yahoo.com

Gmail: frbwrthes@gmail.com

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng: Tạo dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1. Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2. Bạn đánh giá chất lượng. 3. Bạn quyết định thanh toán.

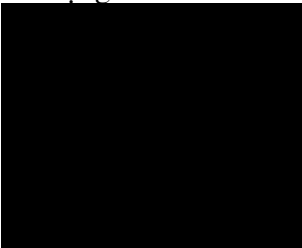

***Bài giảng môn lý thuyết điều
khiển tự động và Matlab***

MỤC LỤC

BÀI GIẢNG MÔN LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG	16
<i>Phần mở đầu</i>	16
<i>Mục đích môn học:</i>	16
<i>Nhiệm vụ môn học:</i>	16
<i>Nội dung môn học: bao gồm hai phần</i>	16
Phần 1: LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN TUYẾN TÍNH	17
CHƯƠNG 1: NHẬP MÔN	17
1.1 NỘI DUNG BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN	17
Định nghĩa:	17
Ví dụ :	17
Bài toán điều khiển hệ thống	17
1.2 NHỮNG CẤU TRÚC CƠ BẢN CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN	17
1.2.1 Các khái niệm cơ bản	17
Các khái niệm tên biến được định nghĩa như sau :	17
1.2.2 Hệ thống điều khiển hở	18
1.2.3 Điều khiển phản hồi trạng thái	18
1.2.4 Điều khiển phản hồi tín hiệu ra	19
1.4 NỘI DUNG CƠ BẢN CỦA LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG	20
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 1	21
Câu hỏi 2: Phân biệt khái niệm điều khiển hở và khái niệm điều khiển phản hồi	21
CHƯƠNG 2: ĐIỀU KHIỂN LIÊN TỤC TRONG MIỀN PHỨC	22
2.1 CÁC CÔNG CỤ TOÁN HỌC	22
2.1.1 Hàm biến phức (tự đọc 25-30)	22
2.1.2 Phép biến đổi Fourier	22
1. Ảnh Fourier của tín hiệu tuần hoàn.....	22
2. Ảnh fourier của tín hiệu không tuần hoàn.....	22
2.1.3 Phép biến đổi laplace	22
2. Phép biến đổi ngược	22
3. Ứng dụng : Sử dụng phép biến đổi Laplace giải phương trình vi phân	23
Tra bảng ta có Error! Objects cannot be created from editing field codes.	23
2.1.4 Tín hiệu	23
1. Phân loại tín hiệu	23
Hình 1.1 trang 2 LTĐKTT thể hiện trực quan 4 dạng tín hiệu trên.....	23
2. Một số tín hiệu điển hình	23
2.2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC	24
CÁC DẠNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA HỆ SISO :	24
2.2.1 Phương trình vi phân (differential equation)	24
Trong đó $u(t)$ là tín hiệu vào (tín hiệu kích thích), $y(t)$ là tín hiệu ra (tín hiệu đáp ứng)	25
2.2.2 Mô hình truyền đạt TF (transfer function)	25
Ví dụ: Bài tập 19 trang 222 : xác định hàm truyền đạt của các mạch điện.....	26
3. Mô hình điểm không - điểm cực ZPK (zero pole gain)	26
2.2.3 Sơ đồ cấu trúc và đại số sơ đồ khối	27
Từ đây ta có sơ đồ cấu trúc mạch như sau	27
2.2.4 Sơ đồ tín hiệu và công thức Mason (tự đọc trang 74-80)	28
2.2.5 ĐẶC TÍNH ĐỘNG HỌC	28
Các phương pháp xây dựng hàm quá độ	28
A. Tính $h(t)$ thông qua ảnh L của nó	28
B. Dùng các lệnh Matlab	29
Là đáp ứng của hệ khi hệ đang ở trạng thái 0 và đầu vào được kích thích bởi xung dirac.....	29
Các phương pháp xây dựng hàm trọng lượng	29
A. Tính $g(t)$ thông qua ảnh L của nó	29
B. Dùng các lệnh Matlab	29
Các phương pháp xây dựng đường cong Nyquist	29
2) Dùng các lệnh Matlab	30

Ví dụ 2.36 trang 84 : Xây dựng đường cong Nyquist cho hệ có HTĐ : $G(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}$	30
3	30
Đường cong phía dưới biểu diễn tần số biến thiên từ 0 ra vô cùng	30
2) Đường đặc tính tần logarith - đồ thị bode	30
Các bước xây dựng đường cong Bode như sau :	30
Sử dụng lệnh Matlab ta có	31
110	31
2.2.6 Quan hệ giữa phần thực và phần ảo của hàm đặc tính tần - toán tử Hilbert	32
2.2.7 Xây dựng mô hình toán học của các khâu cơ bản	32
3. KHÂU QUẢN TÍNH BẬC NHẤT PT1	33
4 KHÂU QUẢN TÍNH BẬC HAI PT2	33
Ví dụ : xây dựng các đặc tính động học của hệ có hàm truyền đạt như sau : <u>Error! Objects cannot be created from editing field codes.</u>	33
5 KHÂU DAO ĐỘNG BẬC 2	34
Ví dụ : Xây dựng đặc tính của hàm : <u>Error! Objects cannot be created from editing field codes.</u>	34
Ví dụ : đường ống nước, các băng chuyền, các hệ thủy lực	35
2.3 PHÂN TÍCH HỆ THỐNG	37
2.3.1 Những nhiệm vụ cơ bản của công việc phân tích hệ thống	37
2.3.2 Xác định tính ổn định của HT từ đa thức đặc tính	37
Khái niệm về tính ổn định :	37
Từ đây người ta đưa ra các tiêu chuẩn để xét ổn định của hệ	37
Ví dụ : 2.50 trang 125 : $A(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}$	38
Thay $s = j\omega$ ta có : $A(j\omega) = \frac{1}{- \omega^2 + 2j\omega + 1}$	39
2.3.3 Phân tích chất lượng hệ thống kín từ hàm truyền đạt hệ hở	39
A. Phân tích độ ổn định	40
B. Xác định độ dự trữ biên độ (Gain Margin)	40
Gọi a là khoảng cách từ điểm mà pha bằng 180 độ đến -1 thớ	41
Ví dụ ta tính a = 4.6, sử dụng Matlab ta thấy đường Nyquist của hệ hở đi qua -1	41
C. Phase Margin	41
D. Kết luận	41
3. Phân tích chất lượng hệ kín từ đồ thị bode hệ hở	42
Ta được	42
Nguyên tắc kiểm tra ổn định của hệ theo đường cong bode như sau :	43
2. Giải thụng (bandwidth frequency)	43
Tín hiệu ra bằng 1/10 tín hiệu vào như dự đoán và pha gần như ngược	44
A. Cụng thức tónh sai số ở trạng thỏi xóc lập	44
Hệ thống cú thể biến đổi tương đương	44
B. Sai số xóc lập phụ thuộc dạng tón hiệu và ω	45
Ta cú thể xóc định sai số ở trạng thỏi xóc lập đối với nhiều bước nhẩy :	45
Chuyển đổi một chýt ta cú	45
C. Dạng hệ thống và sai số ở trạng thỏi xóc lập	46
D. Sử dụng Matlab tónh sai số ở trạng thỏi xóc lập	46
Step Input	47
Sai số ở trạng thỏi xóc lập là khụng đổi	47
Ramp Input	47
Parabolic Input	48
Trong đú $G(s)$ is: $\frac{1}{s^2 + 2s + 1}$	48
Step Input	48
Ramp Input	49
Parabolic Input	49
3) Type 2 Systems	49



Step Input	50
Ramp Input	50
Parabolic Input	51
Ví dụ 1 : cho hệ kín có hàm hệ hở : $G_h s \frac{10}{0.2s}$	53
10.....	53
$2s + 10$	53
Nhìn vào đáp ứng ta thấy $T_d=0.01s$; $T_s=0.05s$ và không có quá điều chỉnh	54
10.....	54
Thông số của quá trình quá độ : $T_d=0.8s$; $T_s=3s$ và quá điều chỉnh là 15%.....	54
2.3.4 Quan hệ giữa chất lượng hệ thống với vị trí điểm cực điểm không của HTĐ	54
2.Phân tích bằng phương pháp quỹ đạo nghiệm số	55
Các lệnh Matlab được sử dụng lệnh rlocus, rlocfind	55
$S s \frac{10}{s s^2}$. Sử dụng lệnh Matlab ta có	55
$10s + 40$	56
2.3.5 Phân tích tính bền vững (Sinh viên tự nghiên cứu tài liệu)	56
2.4 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN	56
2.4.1 Xác định tham số cho bộ điều khiển PID	56
$R(s)=K_p(1+1/(T_i s) + T_D s)$	57
Hoặc	57
Khẩu tỷ lệ (proportional) có tác dụng là m giảm thời gian tăng T_r (rise time) và sai số ở trạng thái xóc lập (steady state error) (khung bao giờ khử được sai số). khẩu tích phân (integral) khử được sai số ở trạng thái xóc lập nhưng có thể là m xấu đường cong đáp ứng. Khẩu vi phân (derivative) có tác dụng tăng tính ổn định của hệ thống, giảm quá điều chỉnh và cải tiến dạng đường cong đáp ứng.57	
3.Phương pháp Ziegler-Nichols	57
A.Phương pháp thứ nhất :	57
Để nắm bắt được phương pháp ta xét ví dụ sau :	57
Cho đối tượng điều khiển là một khâu quán tính bậc nhất có trễ $G \frac{10}{0.5s} e^{-s}$	57
$0.5s + 1$	58
B.Phương pháp thứ 2 :	58
Ví dụ : cho hệ có đối tượng ĐK : $S s \frac{10}{s s^2}$	58
$20.4s + 81.6$	59
$3.06s^5 + 51s^4 + 308s^3 + 816s^2 + 816s$	59
Từ đáp ứng ta xác định được $T_{th}=1.2s$	59
A.Yêu cầu hệ tối ưu theo nhiều, hệ kín không có quá điều chỉnh	59
B.Yêu cầu tối ưu theo nhiều, hệ kín có quá điều chỉnh không vượt quá 20%	59
C.Yêu cầu tối ưu theo tín hiệu đặt trước, hệ kín không có quá điều chỉnh	59
D.Yêu cầu tối ưu theo tín hiệu đặt trước, hệ kín có quá điều chỉnh không vượt quá 20%	60
Ví dụ cho hệ có đối tượng $S s \frac{10}{0.2s}$	60
12.....	60
-Nếu Error! Objects cannot be created from editing field codes.	60
6.Phương pháp tối ưu độ lớn	61
A.Đối tượng điều khiển là khâu quán tính bậc nhất :	61
-Nếu Error! Objects cannot be created from editing field codes.	61
B.điều khiển đối tượng quán tính bậc 2	61
C.điều khiển đối tượng quán tính bậc 3	62
A.Ý tưởng phương pháp :	62
B.điều khiển đối tượng tích phân-quán tính bậc nhất	62
-Tính Error! Objects cannot be created from editing field codes.	63

Ta chọn $a=2$ ta có $k_p=1,18$ và $T_I=0.6$	63
C.điều khiển đối tượng tích phân-quán tính bậc hai	63
2.4.2 Phương pháp điều khiển cân bằng mô hình	63
1.Thiết kế bộ điều khiển cân bằng hàm truyền đạt hệ hở.....	63
2.4.3 Sử dụng Matlab xác định tham số bộ PID	63
Ta cú sơ đồ cấu trúc hệ thống như sau.....	63
$J=3.2284E-6$;	64
$K=0.0274$;	64
$R=4$;	64
$L=2.75E-6$;	64
Với yêu cầu chất lượng điều khiển như sau	64
$J=3.2284E-6$;	64
$K=0.0274$;	64
$R=4$;	64
$L=2.75E-6$;	64
2)Đưa bộ điều khiển là khâu tỷ lệ thử phản ứng của hệ thống	64
3)Sử dụng bộ điều khiển là bộ PI.....	65
Khảo sát hệ bằng đoạn lệnh :	65
$J=3.2284E-6$;	65
$K=0.0274$;	65
$R=4$;	65
$L=2.75E-6$;	65
4)Sử dụng bộ điều khiển PID và chỉnh định tham số của nó	66
Vậy bộ điều khiển PID thu được là	69
Các bước tiến hành thiết kế bộ PID.....	69
2.4.4 Thiết kế bộ điều khiển dùng QĐNS (Root Locus)	70
2 Xác định K của bộ điều khiển sử dụng quỹ đạo nghiệm số (root locus)	70
Cho đối tượng điều khiển có hàm truyền đạt.....	70
2) Chọn giá trị của K từ quỹ đạo nghiệm số sao cho thỏa mãn yêu cầu chất lượng của hệ.....	71
Từ công thức	71
	71
Trong đó	71
Với yêu cầu độ quá điều chỉnh không vượt quá 5% ta tính được hệ số suy giảm  phải lớn hơn	71
0.7;.....	71
Thời gian tăng không vượt quá 1s ta có tần số tự nhiên ω_n phải lớn hơn 1.8 rad/s	71
Ta sử dụng công lệnh Matlab sau để vẽ công đường hệ số suy giảm và tần số tự nhiên tròn mặt phẳng	71
s.....	71
2.4.5 Thiết kế bộ điều khiển sử dụng đáp ứng tần số (frequency response) - đồ thị Bode	73
Ta có thể kiểm tra lại bằng hàm quá độ	75
Ta xác định được $T_s \cdot \omega_{bw} \sim 21$ và ta có $\omega_{bw} = 12$ rad/s với $T_s < 1.75$ s.....	75
CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 2.....	78
a. Câu hỏi ôn tập	78
b. Bài tập	78
Bài 1:.....	78
$\frac{d^3 y}{dt^3} + \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} + y = u$ với các điều kiện đầu bằng không.....	78
Bài 3:.....	78
Gợi ý:.....	79
Bài 4:.....	79

Gợi ý:.....	80
Khi tính hàm truyền đạt không có nhiễu thì ta xóa tín hiệu nhiễu trong sơ đồ cấu trúc.....	80
Bài 6:	80
Bài 7:	80
Gợi ý:.....	80
Bài 8:	81
Gợi ý:.....	81
Bài 9:	81
Sử dụng tiêu chuẩn ROUTH hoặc HURWITZ xét tính ổn định các hệ thống có đa thức đặc tính sau.....	81
Bài 10:	81
Bài 11:	82
Đáp án: đồ thị thu được như hình vẽ.....	82
Bài 12:	82
Bài 13:	82
Bài 14:	82
b) $\frac{3}{2s+1}$ ứng với a=4.....	82
CHƯƠNG 3: ĐIỀU KHIỂN LIÊN TỤC TRONG MIỀN THỜI GIAN	83
3.1 CÔNG CỤ TOÁN HỌC	83
3.1.1 Những cấu trúc đại số cơ bản	83
3.1.2 Đại số ma trận	83
Người ta còn ký hiệu Error! Objects cannot be created from editing field codes.	83
-Ma trận cột là một véc tơ n phần tử Error! Objects cannot be created from editing field codes.	83
2.Phép tính ma trận	83
Một ma trận vuông n x n được gọi là không suy biến nếu Rank(A)=n.....	84
5.Ma trận nghịch đảo	84
6.Vết của ma trận	84
7.Ma trận là một ánh xạ tuyến tính	84
Error! Objects cannot be created from editing field codes. trong đó Error! Objects cannot be created from editing field codes.	84
3.2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC	84
3.2.1 Phương trình trạng thái	84
$\begin{matrix} \dot{x}_1 & = & a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + b_1u \\ \dot{x}_2 & = & a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + b_2u \end{matrix}$	
Trước hết ta đặt biến :.....	85
$\dot{X} = AX + BU$	
Sử dụng định luật Newton ta có : $F_c = \frac{d^2x}{dt^2} + m\frac{dx}{dt} + mx = 1$	86
2.Quan hệ giữa mô hình không gian trạng thái và mô hình HTĐ	86
100.....	86
Error! Objects cannot be created from editing field codes. và.....	86
Ví dụ :	86
100.....	86
3.2.2 Quỹ đạo trạng thái	87
2.Khái niệm ma trận hàm mũ và cách xác định	87
-Định nghĩa : Ma trận hàm mũ Error! Objects cannot be created from editing field codes. là giá trị tối hạn của chuỗi Error! Objects cannot be created from editing field codes.	87
3.Nghiệm của phương trình trạng thái có tham số không phụ thuộc thời gian	87
5.Quá trình cưỡng bức và quá trình tự do	87
3.3 PHÂN TÍCH HỆ THỐNG	87
3.3.1 Nhiệm vụ cơ bản của công việc phân tích	87
3.3.2 Phân tích tính ổn định	88
Đa thức đặc tính : Error! Objects cannot be created from editing field codes.	88
Từ đây người ta đưa ra hệ quả Lyapunov như sau :.....	89
2.Các tiêu chuẩn xét tính điều khiển được cho hệ tham số hằng	89

3.3.4 phân tích tính quan sát được.....	89
2.Một số kết luận chung.....	90
3.3.5 Phân tích tính động học không (Sinh viên tự nghiên cứu).....	90
3.4 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN.....	90
3.4.1 Bộ điều khiển phản hồi trạng thái gán điểm cực.....	90
Đối tượng có mô hình : Error! Objects cannot be created from editing field codes.	91
THUẬT TOÁN TÌM BỘ R :.....	91
59.0000 49.0000 15.0000.....	92
$-3.553e-015 s^2 - 2.842e-014 s + 1$	92
2 5.....	93
15.....	93
3.4.2 Điều khiển tách kênh.....	94
-ma trận Error! Objects cannot be created from editing field codes.	94
-ma trận Error! Objects cannot be created from editing field codes.	95
Với các điểm cực Error! Objects cannot be created from editing field codes. là được chọn trước cho kênh thứ i.....	95
Trong ví dụ ta có.....	95
3)Tính ma trận F,L rồi tính M,R.....	95
Ma trận Error! Objects cannot be created from editing field codes.	96
Từ đây ta tính Error! Objects cannot be created from editing field codes.	96
3.4.3 Điều khiển phản hồi trạng thái tối ưu.....	96
1. Bài toán :.....	96
3.0000 2.0000.....	97
3.0000 2.0000.....	97
Thuật toán tìm R như sau : R.....	97
3.4.4 Điều khiển bám bằng phản hồi trạng thái (tracking control).....	98
3.4.5 Điều khiển phản hồi trạng thái thích nghi.....	98
3.4.6 Điều khiển phản hồi tín hiệu ra.....	99
Ví dụ 2 : cho hệ có đối tượng : $S s^{-1}$ Thiết kế bộ điều khiển.....	100
1)xác định điểm cực của bộ quan sát và của khâu điều khiển.....	100
3.Thiết kế bộ quan sát Kalman.....	101
3)Tìm L thay vào ta có bộ quan sát Kalman.....	101
L = ma trận khuếch đại bộ quan sát Kalman.....	102
P = ma trận phương sai sai lệch tĩnh.....	102
Q = ma trận trọng lượng của các biến trạng thái.....	102
3 4.....	102
4 12.....	102
R = ma trận trọng lượng của biến đầu vào.....	102
3.4.7 Loại bỏ sai lệch tĩnh bằng bộ tiền sử lý.....	103
Giả sử ta có đối tượng được mô tả : Error! Objects cannot be created from editing field codes.	103
3.4.8 Sử dụng Matlab thiết kế bộ điều khiển (State space).....	104
1. Mục hõnh khung gian trạng thỏi.....	104
B = [0.....	105
Kết quả ta được.....	105
31.3050.....	105
Cú một nghiệm nằm bõn phải mặt phẳng nờn hệ hữ khụng ổn định.....	105
Như vậy khoảng cõch giữa vờn bi và cuộn dõy ngà y cầ ng tiến ra vự cụng.....	106
Từ cụng thức.....	106
.....	106



.....	106
4. Thiết kế bộ quan sát trạng thái (<i>observer design</i>)	109
CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 3	111
Câu hỏi 3: Mối quan hệ giữa mô hình hàm truyền đạt và mô hình không gian trạng thái.....	111
Câu hỏi 9: Trình bày bài toán điều khiển tách kênh	111
Với $k=40$ hệ có quan sát được hay không	112
CHƯƠNG 4: ĐIỀU KHIỂN HỆ KHÔNG LIÊN TỤC	113
4.1 CÔNG CỤ TOÁN HỌC	113
4.1.1 Dãy và chuỗi số	113
2. Chuỗi số	113
4.1.2 Toán tử Fourier không liên tục	113
4.1.3 Phép biến đổi Z thuận	113
4.1.4 Phép biến đổi Z ngược.....	113
Hoặc ta dùng phương pháp phân tích chuỗi.....	113
Ví dụ : Error! Objects cannot be created from editing field codes. tra bảng ta được hàm ảnh.....	113
4.1.5 Quan hệ giữa toán tử Z và Laplace : trang 384-386	114
4.2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC	114
4.2.1 Khái niệm hệ không liên tục.....	114
Giản đồ của cốc dạng nón hiệu tròn thể hiện như hình vẽ.....	114
5. Bộ lưu giữ bậc khụng.....	115
4.2.2 Mô hình trong miền phức.....	117
2. HTĐ xây dựng từ phương trình sai phân.....	117
$G(z) = [b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}] / [a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}]$	117
$G(s) = $ Error! Objects cannot be created from editing field codes.	117
5. Các dạng biểu diễn của mô hình	117
Một hệ thống được mô tả bởi	118
2. Mô hình trạng thái	118
-Mô hình không liên tục : Error! Objects cannot be created from editing field codes.	119
Để đơn giản ta chọn b_0 	119
0.9048 0	120
4.2.4 Chuyển đổi mô hình không liên tục của hệ SISO	120
2. Chuyển từ mô hình HTĐ sang mô hình trạng thái	120
4.3 PHÂN TÍCH HỆ KHÔNG LIÊN TỤC	120
4.3.1 Phân tích tính ổn định.....	120
4.3.2 Tính điều khiển được và quan sát được	121
4.3.3 Phân tích chất lượng hệ thống trong quá trình quá độ	121
Phân tích sai số có chương trình tính sau	122
2. Quá trình quá độ	122
4.4.1 Chọn tham số cho bộ PID số	123
Với $k_i = k_p / T_i$; $k_D = k_p * T_D$	124
4.4.2 Thiết kế bộ điều khiển trong không gian trạng thái	124
4.4.2.1 Bộ điều khiển phản hồi trạng thái gián tiếp	124
Để giải quyết bài toán trên, trước hết ta có sơ đồ như hình vẽ.....	124
4.4.2.2 Bộ điều khiển có bộ quan sát trạng thái	125
2. Giải bài toán	126
Với sai lệch quan sát : e 	126
Phương pháp thông qua ví dụ sau :	126

Cho hệ liên tục được mô tả như sau : [REDACTED] 127

y [REDACTED]

L = 127

19.6694 127

4.4.3 Sử dụng Matlab thiết kế bộ điều khiển 128

1. Chuyển đổi hàm truyền đạt từ liên tục sang rời rạc 128

M=1; 128

2. Chuyển đổi mục hình không gian trạng thái 128

M=1; 129

B=[0; 129

C=[1 0]; 129

D=[0]; 129

F = 129

G = 129

H = 1 0 129

J = 0 129

3. Dùng bản đồ cựcPhân tích chất lượng hệ thống 129

Hình dưới thể hiện bản đồ hệ số suy giảm zeta và tần số tự nhiên ω_n trên mặt phẳng Z 129

Giả sử ta có hàm truyền đạt 130

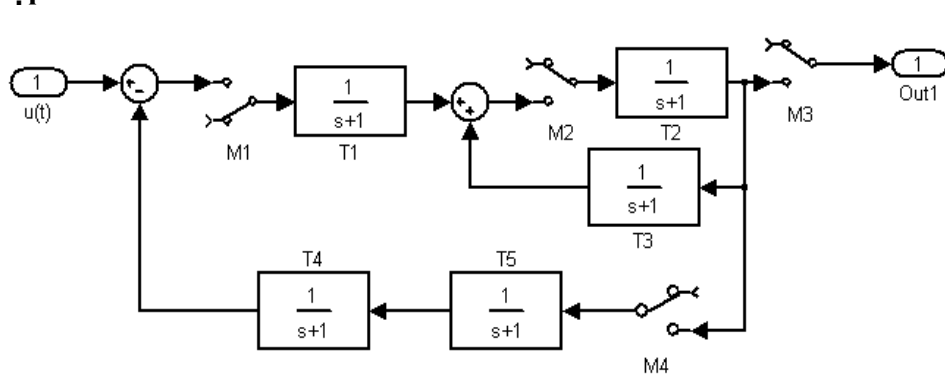
Dùng quỹ đạo nghiệm số rời rạc xác định hệ số KĐ 131

$G(z)$ là bộ bù của bộ điều khiển $H_{zoh}(z)$ là hàm truyền của đối tượng điều khiển 131

CẤU HỎI Ề TẬP V BÀI TẬP CHƯƠNG 4 133

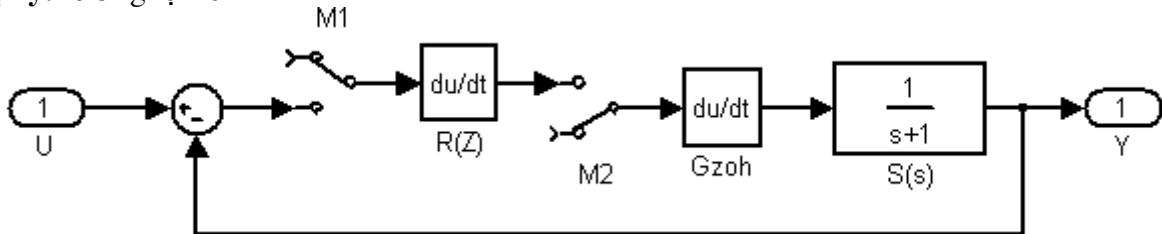
a. Câu hỏi ụn tập 133

b. Bài tập 133



a) 134

Gợi ý: tương tự bài 19.6694 134



c) 134

- Biến đổi và đưa về dạng chính tắc của hàm truyền rời rạc $W(Z)$ 135




b) x_k [REDACTED] 136

Phần 2: Lí THUYẾT ĐIỀU KHIỂN PHI TUYẾN 138

5.1 MÔ HÌNH TOÁN CỦA HỆ PHI TUYẾN 138

5.1.1 Tính không thoả mãn nguyên lý xếp chồng 138

Cho một hệ thống có véc tơ tín hiệu vào u và t [redacted]	138
5.1.2 Các khâu phi tuyến cơ bản	138
5.1.3 Mô hình trạng thái và quỹ đạo trạng thái	140
5.2 PHÂN TÍCH HỆ PHI TUYẾN	141
5.2.1 Điểm cân bằng và điểm dừng của hệ thống	142
5.2.2 Tính ổn định tại một điểm cân bằng	142
5.2.3 Tính điều khiển được tại một điểm trạng thái	142
5.2.4 Tính quan sát được tại một thời điểm	142
5.2.5 Dao động điều hoà heteronom và autonom	142
5.2.6 Tập giới hạn và hiện tượng hỗn loạn (Sinh viên tự nghiên cứu tài liệu)	142
5.2.7 Hệ phân nhánh (Sinh viên tự nghiên cứu tài liệu)	142
5.2.8 Tiêu chuẩn ổn định Lyapunov	143
Từ đây người ta đưa ra hệ quả Lyapunov như sau (dùng cho hệ tuyến tính) :	143
5.3 HỆ SISO CÓ KHẤU PHI TUYẾN CƠ BẢN	143
5.3.1 Giới thiệu hệ thống	143
5.3.1.1 Sơ đồ khối	143
5.3.1.2 Mô hình NL và LN	144
5.3.2 Phương pháp phân tích mặt phẳng pha	144
5.3.2.1 Hệ với khâu hai vị trí	144
Từ đây ta có : $\frac{d^2x}{dt^2} + kx = \dots$ [redacted]	145
Dựa vào quỹ đạo pha ta có kết luận như sau :	146
5.3.2.2 Hệ với khâu hai vị trí có trễ	146
Với khâu phi tuyến : $q = \dots$ [redacted], khi $|e| < \dots$	146
2. Vùng $q = -1$ khi :	147
Kết luận :	147
5.3.2.3 Hệ với khâu ba vị trí	147
Như vậy quan hệ vào ra của bộ điều khiển như sau	147
Từ quỹ đạo trạng thái của hệ ta rút ra kết luận động học của hệ :	148
5.3.2.4 Hệ có khâu khuếch đại bão hoà	148
5.3.2.5 Hệ có khâu ba vị trí có trễ	149
Với $y = \dots$ [redacted], $1, neu, e \dots$	149
5.4 PHƯƠNG PHÁP CẬN TUYẾN TÍNH VÀ THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN	150
5.4.1 Tuyến tính hoá trong lân cận điểm làm việc	150
5.4.1.1 Tuyến tính hóa mô hình trạng thái	150
Trong đó $x = \dots$ [redacted]. Hệ có điểm cân bằng là nghiệm của	150

5.4.1.2 Phân tích hệ thống.....	151
5.4.1.3 Thiết kế bộ điều khiển.....	151
5.4.2 Kỹ thuật <i>Gain-scheduling</i>	152
5.4.3 Điều khiển tuyến tính hình thức.....	153
Một hệ phi tuyến được mô tả 	153
5.4.4 Kỹ thuật điều khiển bù phi tuyến.....	153
5.4.4.1 Bài toán điều khiển bù phi tuyến.....	153
5.4.4.2 Nhận dạng thành phần phi tuyến.....	154
\tilde{n} t với 	154
5.4.4.3 Bộ điều khiển bù phi tuyến.....	154
CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 5	155
a. Câu hỏi ôn tập.....	155
b. Bài tập.....	155
- Xột hệ khi chưa bị kích thích u 	156
CÁC ĐỀ THI THAM KHẢO	158
Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi.....	158
Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi.....	158
Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi.....	159
Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi.....	159
Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi.....	160

BÀI GIẢNG MÔN LÝ THUẬT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Phân mở đầu

Mục đích môn học:

■ Môn học lý thuyết điều khiển tự động cung cấp các phương pháp nghiên cứu hệ thống tự động, bao gồm các phương pháp thiết lập mô hình toán của hệ thống, phân tích – đánh giá chất lượng hệ thống cũng như thiết kế bộ điều khiển.

Nhiệm vụ môn học:

■ Sau khi môn học kết thúc, sinh viên phải nắm được phương pháp xây dựng các dạng mô hình toán từ một hệ thống vật lý cụ thể (các phương pháp mô tả hệ thống), từ đó với các tiêu chuẩn, đặc tính động học đã được học phân tích, đánh giá được chất lượng của hệ thống và thực hiện bài toán tổng hợp (thiết kế bộ điều khiển).

Nội dung môn học: bao gồm hai phần

1. Lý thuyết điều khiển tuyến tính
2. Lý thuyết điều khiển phi tuyến

Phần 1: LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN TUYẾN TÍNH

CHƯƠNG 1: NHẬP MÔN

1.1 NỘI DUNG BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN

Định nghĩa:

Hệ thống tự động là **một tập hợp các thiết bị** nhằm thực hiện một mục đích nào đó của con người.

Ví dụ :

Hệ thống điều khiển tốc độ động cơ, điều khiển chuyển dịch từ vị trí này sang vị trí khác...

Một hệ thống sẽ được mô tả bằng một **mô hình toán học**. **Mô hình này** biểu diễn mối quan hệ của

véc tơ tín hiệu ra (có s phần tử) $y t$ (đáp ứng của hệ thống) phụ thuộc vào véc tơ tín hiệu vào

(có r phần tử) $u t$ (tín hiệu kích thích hệ thống) và trạng thái của hệ thống được biểu diễn

bằng véc tơ trạng thái (có n phần tử) $x t$

Bài toán điều khiển hệ thống

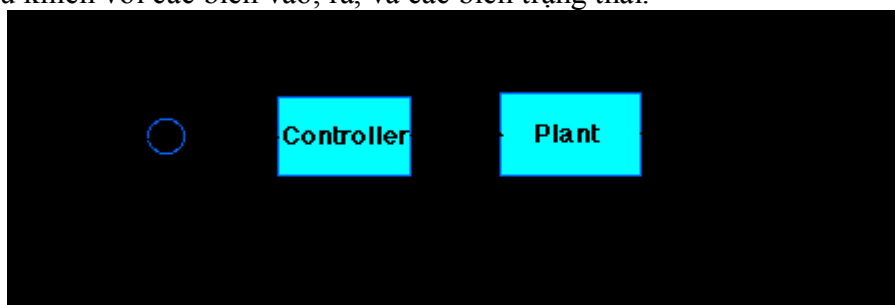
Bài toán điều khiển hệ thống được hiểu là bài toán can thiệp vào đối tượng điều khiển để hiệu chỉnh, để biến đổi sao cho nó có chất lượng động học mong muốn. Ta phải tiến hành các bước sau :

- Xác định loại tín hiệu vào ra
- Xây dựng mô hình toán học
- Phân tích hệ thống
- Xác định tín hiệu điều khiển (xác định luật điều khiển hoặc thiết kế bộ điều khiển)
- Đánh giá chất lượng hệ thống
- Thiết kế lại bộ điều khiển

1.2 NHỮNG CẤU TRÚC CƠ BẢN CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

1.2.1 Các khái niệm cơ bản

Một hệ thống điều khiển tự động dạng đơn giản nhất thường có sơ đồ khối sau : bao gồm đối tượng điều khiển và bộ điều khiển với các biến vào, ra, và các biến trạng thái.



Các khái niệm tên biến được định nghĩa như sau :

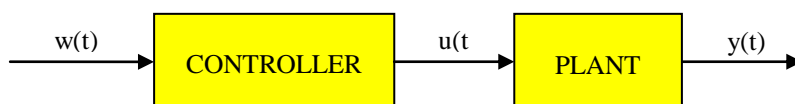
- BIẾN ĐƯỢC ĐIỀU KHIỂN** (controled variable): là một thông số, hay một điều kiện được đo và được điều khiển. Thông thường là **tín hiệu ra $y(t)$**

- **BIẾN ĐIỀU KHIỂN** (Manipulated variable): là một thông số, hay một điều kiện được thay đổi bởi bộ điều khiển. Hay nó là **tín hiệu vào của đối tượng điều khiển $u(t)$**
- **BỘ ĐIỀU KHIỂN (CONTROLLER)** : với tín hiệu vào là sai lệch điều khiển $e(t)$, tín hiệu ra là $u(t)$ đưa đến điều khiển đối tượng
- **ĐỐI TƯỢNG ĐIỀU KHIỂN** (plant or object) : là một vật thể vật lý được điều khiển ví dụ như động cơ điện, lò nhiệt, động cơ đi ê gien
- **THIẾT BỊ ĐO LƯỜNG VÀ PHẢN HỒI** (feed back): là thiết bị đo tín hiệu ra đưa trở về bộ điều khiển nhằm giảm sai lệch tín hiệu ra so với tín hiệu điều khiển $w(t)$ hoặc $U_o(t)$ hoặc $R(t)$
- **ĐIỀU KHIỂN** (control): đo giá trị của biến được điều khiển của hệ thống đưa tác động lên biến điều khiển nhằm hiệu chỉnh hoặc giảm bớt sai lệch của đại lượng ra so với chuẩn
- **NHIỄU (DISTURBANCE)** : là tín hiệu tác động ngược trở lại hệ thống. Có nhiều do bản thân hệ gây ra là nhiễu nội, nhiễu ngoài tác động vào là nhiễu ngoài coi như tín hiệu vào
- **ĐIỀU KHIỂN PHẢN HỒI (FEEDBACK CONTROL)** : dùng tín hiệu phản hồi hiệu chỉnh nhằm giảm sai lệch tín hiệu ra so với một vài tín hiệu nào đó mà ta muốn
- **HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PHẢN HỒI (FEEDBACK CONTROL SYSTEM)** : là hệ thống duy trì mối quan hệ giữa tín hiệu ra với một số tín hiệu chuẩn nào đó và sử dụng sự sai lệch này tác động điều khiển
- **HỆ THỐNG ĐIỀU CHỈNH XÉC VÔ (SERVO SYSTEM)** : đây thực chất là hệ điều chỉnh vị trí, tốc độ hoặc gia tốc. thông thường cơ cấu điều khiển là động cơ xéc vô
- **HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH (AUTOMATIC REGULATING SYSTEM)** : là hệ thống điều khiển phản hồi để duy trì tín hiệu ra thực tế ở giá trị mong muốn khi bị nhiễu tác động
- **HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN QUÁ TRÌNH (PROCESS CONTROL SYSTEM)** : là hệ thống tự động mà tín hiệu ra là biến
- **HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI (ADAPTIVE CONTROL SYSTEM)** : theo thời gian, dưới tác động của nhiễu, đặc tính động học của các phần tử, đối tượng thay đổi, hệ thống có khả năng thích nghi được những thay đổi này. Đó là khả năng tự sửa, tự chỉnh theo những thay đổi không dự đoán trước được
- **HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN THÔNG MINH (LEARNING CONTROL SYSTEM)** : là hệ thống có khả năng tự học và tích lũy kinh nghiệm.

1.2.2 Hệ thống điều khiển hở

- Sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển như hình :

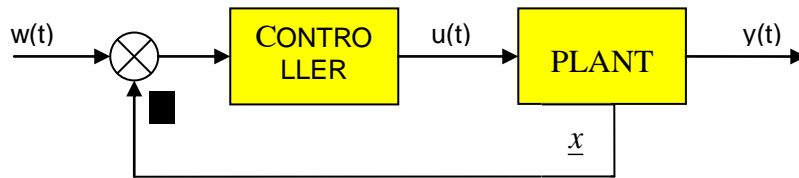
Ví dụ như muốn điều khiển tàu thủy đi theo một quỹ đạo $y(t)$, thủy thủ phải luôn bẻ lái một góc $w(t)$ để tạo ra một góc bánh lái $u(t)$.



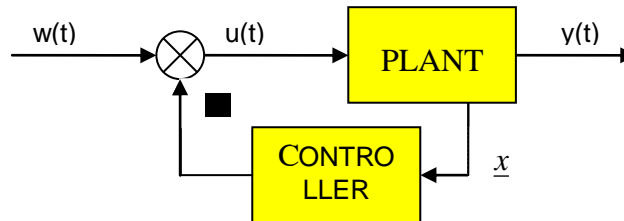
- Về bản chất, đây là bài toán điều khiển một chiều và chất lượng điều khiển phụ thuộc độ chính xác của mô hình toán mô tả đối tượng và giả thiết trong quá trình làm việc hệ thống không bị nhiễu tác động

1.2.3 Điều khiển phản hồi trạng thái

- Sơ đồ cấu trúc như hình : Với sơ đồ này bộ điều khiển nằm ở mạch chính



- Sơ đồ cấu trúc của hệ có bộ điều khiển nằm ở mạch phản hồi :

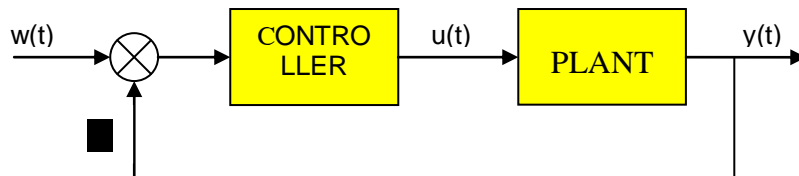


- Nguyên tắc điều khiển phản hồi trạng thái là bộ điều khiển sử dụng véc tơ trạng thái $\underline{x}(t)$ của đối tượng để tạo thành tín hiệu vào mong muốn $u(t)$ cho đối tượng. Vị trí của bộ điều khiển có thể là mạch truyền thẳng hoặc ở mạch hồi tiếp

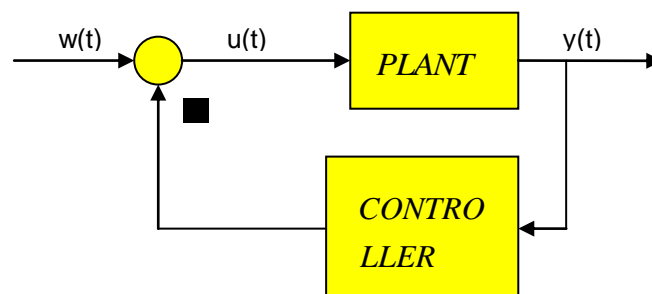
- Hệ thống điều khiển phản hồi trạng thái có khả năng giữ được ổn định chất lượng mong muốn cho đối tượng, mặc dù trong quá trình điều khiển luôn bị nhiễu tác động

1.2.4 Điều khiển phản hồi tín hiệu ra

- Sơ đồ cấu trúc như hình 1.9 (24) : Với sơ đồ này bộ điều khiển nằm ở mạch chính



- Sơ đồ cấu trúc của hệ có bộ điều khiển nằm ở mạch phản hồi



- Ở phương pháp trên cho ta chất lượng điều khiển rất tốt, nhưng ta sẽ gặp khó khăn trong việc xác định véc tơ trạng thái $\underline{x}(t)$, bởi không phải lúc nào ta cũng đo được chúng, do vậy người ta thay sử dụng $\underline{x}(t)$ bằng tín hiệu ra $y(t)$ để tạo ra tín hiệu điều khiển $u(t)$ cho đối tượng điều khiển.

- Vị trí bộ điều khiển có thể là mạch truyền thẳng hoặc mạch hồi tiếp. Và ngày nay nguyên lý điều khiển này được giải quyết triệt để nhờ phản hồi trạng thái và quan sát trạng thái.

1.3 PHÂN LOẠI CÁC HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG

- HTĐK tuyến tính và phi tuyến : tính xếp chồng đúng cho tuyến tính và không đúng cho phi tuyến

$$u_1 t$$

$$u_2 t$$

$$au_1 t$$

- HTĐK dừng và không dừng : hệ số của phương trình mô tả là hằng số, đáp ứng ra không phụ thuộc thời điểm xuất hiện tín hiệu vào – hệ không dừng có một vài thông số thay đổi theo thời gian, đáp ứng ra phụ thuộc vào thời điểm xuất hiện tín hiệu vào

- HTĐK liên tục – HTĐK rời rạc

- Hệ SISO – MIMO (single input single output) : hệ một chiều -multy input multy output : hệ nhiều chiều

- Hệ điều khiển thông số tập trung – Thông số phân bố

- Hệ tiền định – ngẫu nhiên

1.4 NỘI DUNG CƠ BẢN CỦA LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Môn học nghiên cứu các nguyên tắc chung để xây dựng hệ thống tự động, các phương pháp khảo sát chúng mà không phụ thuộc vào bản chất vật lý của các quá trình. Là cơ sở để thiết kế các hệ tự động. Nó có hai nhiệm vụ chính

1. *phân tích hệ thống* : khảo sát nguyên lý hoạt động của các phần tử cũng như hệ thống với cấu trúc và thông số đã cho cùng với tác động đầu vào khác nhau. Nói cách khác thông qua mô hình có được ta khảo sát tính ổn định, đánh giá chất lượng tĩnh, động của hệ thống

2. *Tổng hợp bộ điều khiển* : từ đối tượng điều khiển, từ yêu cầu chất lượng của hệ ta phải chọn được các khâu hiệu chỉnh, bộ điều chỉnh cùng các thông số của nó thoả mãn các yêu cầu trên.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG 1

Câu hỏi 1: Mô hình toán học của một hệ thống tự động là gì? Mục đích của việc thiết lập mô hình toán học của một hệ thống tự động.

Câu hỏi 2: Phân biệt khái niệm điều khiển hở và khái niệm điều khiển phản hồi

Câu hỏi 3: So sánh phương pháp điều khiển phản hồi trạng thái và điều khiển phản hồi tín hiệu ra.

Câu hỏi 4: Trình bày các phương pháp phân loại hệ thống tự động.

CHƯƠNG 2: ĐIỀU KHIỂN LIÊN TỤC TRONG MIỀN PHỨC

2.1 CÁC CÔNG CỤ TOÁN HỌC

2.1.1 Hàm biến phức (tư đọc 25-30)

2.1.2 Phép biến đổi Fourier

Đây là công cụ hữu hiệu để khảo sát đặc tính tần số của một tín hiệu $x(t)$. Nó giúp ta biểu diễn $x(t)$ thông qua tập các dao động của nó. Trong đó mỗi dao động lại là một tín hiệu điều hoà đặc trưng cho $x(t)$ tại mỗi điểm tần số nhất định.

1. Ảnh Fourier của tín hiệu tuần hoàn

Cho tín hiệu tuần hoàn : $x(t)$ với tần số dao động ta có thể biến đổi thành :

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_n e^{jn\omega_0 t} \quad \text{và } n = \dots -1, 0, 1, \dots$$

2. Ảnh fourier của tín hiệu không tuần hoàn

Cho một tín hiệu $x(t)$ hợp lệ với phép biến đổi fourier thì ta có thể biểu diễn như sau :

$$\text{ảnh (hay phổ) fourier } X(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$\text{Và hàm gốc } x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(j\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

Toán tử fourier có 8 tính chất quan trọng được trình bày ở trang 32

3. Phép biến đổi Fourier là một phép lọc tần cao. Ta giả sử có tín hiệu $\tilde{x}(t)$ trong đó $n(t)$ là thành phần tín hiệu nhiễu cao tần lẫn vào. ta có thể lọc $x(t)$ ra khỏi $\tilde{x}(t)$ bằng cách tính ảnh Fourier của hàm $\tilde{x}(t)$, sau đó bỏ đi tất cả các thành phần tần số cao hơn trong $X(j\omega)$ theo công thức :

$$X(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt \quad \text{rồi chuyển ngược lại ta được } x(t)$$

2.1.3 Phép biến đổi laplace

Đây là công cụ hữu hiệu cho việc phân tích một hệ thống kỹ thuật với các tín hiệu thường gặp là tín hiệu causal (tín hiệu có tính chất nhân quả)

1. Phép biến đổi thuận

Nếu có một hàm thời gian $x(t)$ hợp lệ với toán tử Laplace thì tồn tại ảnh L là $X(s)$

$$X(s) = L \{ x(t) \} = \int_0^{\infty} x(t) e^{-st} dt$$

$$\text{Và } x(t) = L^{-1} \{ X(s) \} = \int_{\sigma - j\infty}^{\sigma + j\infty} X(s) e^{st} ds \quad \text{với } s = \sigma + j\omega$$

Các định lý quan trọng : được trình bày ở trang 10-11

1. Định lý trễ : hàm $x(t-T)$ có ảnh L : $X(s)e^{-Ts}$

2. Định lý đạo hàm : $dx(t)/dt$ có ảnh L : $sX(s) - x(0)$

3. Định lý tích phân : tích phân của $x(t)$ có ảnh L : $(1/s)X(s)$

$$4. \text{ Định lý tới hạn : } \int_0^{\infty} x(t) e^{-st} dt = \lim_{s \rightarrow \infty} X(s)$$

2. Phép biến đổi ngược

Để thực hiện phép biến đổi ngược, ta có thể sử dụng nhiều cách, đơn giản nhất là ta dùng phương pháp biến đổi ngược hàm hữu tỷ :

Phân tích hàm thành tổng các phân thức tối giản

Tra bảng ảnh dịch về thành tổng các hàm gốc cơ bản

Tính tổng các hàm gốc đã tìm được

Ví dụ : cho hàm ảnh $X(s) = \frac{1}{s^2(1+s)}$

Tra bảng ảnh ta tìm được hàm gốc $x(t) = t - 1 + e^{-t}$

3. Ứng dụng : Sử dụng phép biến đổi Laplace giải phương trình vi phân

Cho phương trình $\frac{d^2 y}{dt^2} + 2\frac{dy}{dt} + 2y = 10 \cos t$ với điều kiện đầu bằng không. Chuyển qua ảnh L ta có

$$Y(s) = \frac{10s}{s^2(s^2 + 2s + 2)}$$

Tra bảng ta có $y(t) = \frac{2}{5} \cos t - \frac{2}{5} \sin t + 10t$

2.1.4 Tín hiệu

Tín hiệu $x(t)$ là một hàm số phụ thuộc thời gian mang thông tin về các thông số kỹ thuật được quan tâm trong hệ thống, được truyền tải bởi các đại lượng vật lý. Nói cách khác tín hiệu là một hình thức biểu diễn thông tin.

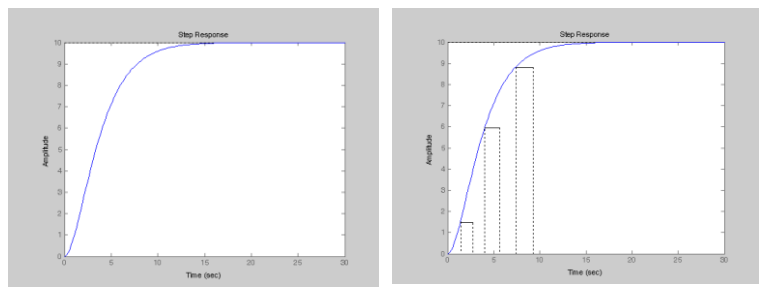
Ví dụ : ta muốn điều khiển mực nước trong một cái bình luôn ở độ cao không đổi, thì mực nước trong bình là một thông số chúng ta cần quan tâm. mực nước này được đo bởi sensor áp điện, tức giá trị tức thời của mực nước được biểu diễn thông qua một hàm điện áp $u(t)$ với đơn vị là mv. Thì ta nói $u(t)$ là tín hiệu mang thông tin về mực nước.

Trong một hệ thống có nhiều tín hiệu : $x_1(t), x_2(t) \dots x_n(t)$ được quan tâm cùng một lúc thì nó tạo thành một véc tơ tín hiệu được ký hiệu :

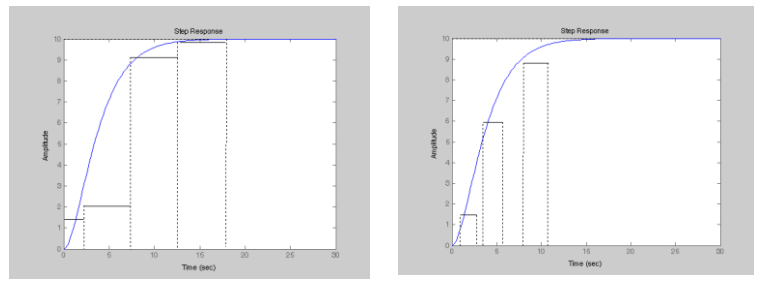
$$\underline{x}(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_n(t) \end{bmatrix}^T$$

1. Phân loại tín hiệu

■ Tín hiệu liên tục-tương tự - Tín hiệu không liên tục-tương tự



■ Tín hiệu liên tục- rời rạc-Tín hiệu không liên tục rời rạc : tín hiệu số



Hình 1.1 trang 2 LTĐKTT thể hiện trực quan 4 dạng tín hiệu trên

2. Một số tín hiệu điển hình

Trong điều khiển tuyến tính ta thường sử dụng một số dạng tín hiệu sau (các tín hiệu này có đặc tính chung là có tính nhân quả : tính causal tức là $x(t)=0$ khi $t < 0$)

1) Tín hiệu bậc thang (hàm heaviside) được định nghĩa như sau :

$$1(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$$

2) Tín hiệu tăng dần đều được xác định như sau (RAMP) :

$$x(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ t & t \geq 0 \end{cases}$$

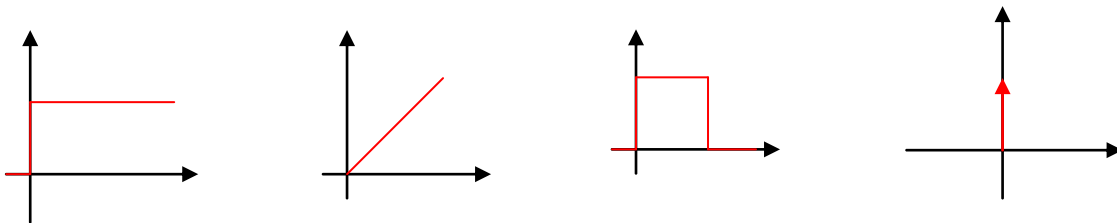
3) Tín hiệu xung vuông

$$r_a(t) = \begin{cases} 1 & 0 \leq t < T_a \\ 0 & \text{khác} \end{cases}$$

4) Tín hiệu dirac (còn gọi là hàm mở rộng delta)

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty & t = 0 \\ 0 & \text{khác} \end{cases}$$

Hình 1.2 và 1.3 trang 4 & 5 thể hiện dạng của bốn tín hiệu.



2.2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC

MÔ HÌNH (model) là hình thức biểu diễn lại những hiểu biết của ta về hệ thống một cách khoa học, về mối quan hệ giữa tín hiệu vào $u(t)$ và tín hiệu ra $y(t)$ nhằm phục vụ mục đích mô phỏng, phân tích, và tổng hợp bộ điều khiển cho hệ thống

Việc xây dựng mô hình gọi là **mô hình hoá**. Có hai phương pháp mô hình hoá : thực nghiệm và lý thuyết

A. phương pháp lý thuyết :

Là phương pháp thiết lập mô hình dựa trên các định luật có sẵn về quan hệ vật lý bên trong và quan hệ giao tiếp với môi trường bên ngoài của hệ thống. Các quan hệ này được mô tả theo quy luật lý hoá, quy luật cân bằng ... dưới dạng những phương trình toán học. ví dụ : mô tả máy điện bằng phương trình cân bằng điện áp, phương trình cân bằng mô men

B. phương pháp thực nghiệm (nhận dạng) :

Trong trường hợp chúng ta hiểu biết về các về quan hệ lý hoá bên trong và quan hệ giao tiếp với môi trường bên ngoài của hệ thống không được đầy đủ để xây dựng hoàn chỉnh mô hình hệ thống nhưng đủ thông tin để khoanh vùng các mô hình thích hợp, sau đó ta dùng phương pháp thực nghiệm để xây dựng tiếp mô hình. Tức là ta tìm được một mô hình thuộc vùng các mô hình thích hợp trên dựa trên cơ sở quan sát tín hiệu vào ra sao cho sai lệch giữa nó với những mô hình khác là nhỏ nhất đây là phương pháp nhận dạng hệ thống.

CÁC DẠNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA HỆ SISO :

- 1) Phương trình vi phân mô tả quan hệ $u(t)$ và $y(t)$
- 2) Hàm truyền đạt $G(s)$
- 3) Hàm đặc tính tần $G(j\omega)$

2.2.1 Phương trình vi phân (differential equation)

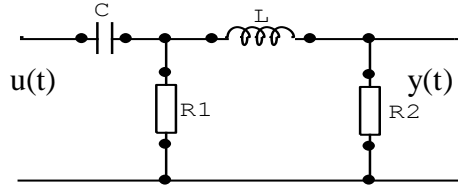
Dựa trên các định luật có sẵn về quan hệ vật lý bên trong và quan hệ giao tiếp với môi trường bên ngoài của hệ thống các quan hệ này được mô tả theo quy luật lý hoá, quy luật cân bằng ... tạo ra hệ

phương trình vi phân mô tả bản chất động học của các phần tử, hệ thống. Đây là mô hình gốc đúng với bản chất thực. Nó có dạng tổng quát như sau :

$$a_0 y + a_1 \frac{dy}{dt} + a_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \dots + a_n \frac{d^n y}{dt^n} = b_0 u + b_1 \frac{du}{dt} + b_2 \frac{d^2 u}{dt^2} + \dots + b_m \frac{d^m u}{dt^m}$$

Trong đó các hệ số a_i, b_j được xác định từ các phần tử cấu thành hệ thống. chúng có thể là hằng số hoặc tham số phụ thuộc thời gian hoặc các yếu tố khác.

ví dụ : cho mạch điện như hình 2.17 trang 56



Sử dụng các định luật về mạch điện như Kirchoff ta sẽ xây dựng được phương trình vi phân mô tả quan hệ giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào như sau :

$$CLR_1 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + (LR_1 + R_1 R_2) \frac{dy(t)}{dt} + R_1 R_2 y(t) = CLR_1 \frac{d^2 u(t)}{dt^2} + (LR_1 + R_1 R_2) \frac{du(t)}{dt} + R_1 R_2 u(t)$$

Trong đó $u(t)$ là tín hiệu vào (tín hiệu kích thích), $y(t)$ là tín hiệu ra (tín hiệu đáp ứng)

2.2.2 Mô hình truyền đạt TF (transfer function)

1. Hàm truyền đạt :

Xuất phát từ PTVP dạng tổng quát mô tả quan hệ vào ra của hệ :

$$a_0 y + a_1 \frac{dy}{dt} + a_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \dots + a_n \frac{d^n y}{dt^n} = b_0 x + b_1 \frac{dx}{dt} + b_2 \frac{d^2 x}{dt^2} + \dots + b_m \frac{d^m x}{dt^m}$$

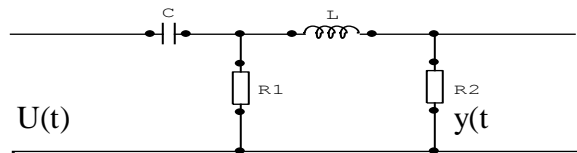
Qua phép biến đổi Laplace với giả thiết điều kiện đầu bằng 0 ta có :

$(a_0 + a_1 s + \dots + a_n s^n) Y(s) = (b_0 + b_1 s + \dots + b_m s^m) U(s)$. Từ đó ta có

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b_0 + b_1 s + \dots + b_m s^m}{a_0 + a_1 s + \dots + a_n s^n}$$
 là hàm truyền đạt

Vậy hàm truyền đạt là tỷ số của ảnh Laplace tín hiệu ra chia cho ảnh Laplace tín hiệu vào ứng với điều kiện đầu bằng không

Xác định HTĐ của mạch điện sau : ví dụ 2.17 trang 56



Viết phương trình cho các linh kiện :

$$i_c(t) = \frac{du_c(t)}{dt}$$

$$u_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$$

$$R_1 i_R(t) = u_{R1}(t)$$

$$R_2 i_L(t) = u_{R2}(t)$$

Thay vào các phương trình kirchoff ta có :

$$\frac{y(t)}{CR_2} = \frac{u(t)}{CR_1} + \frac{du(t)}{dt} + \frac{du(t)}{dt}$$

$$CR_1 R_2 s U_s = \dots$$

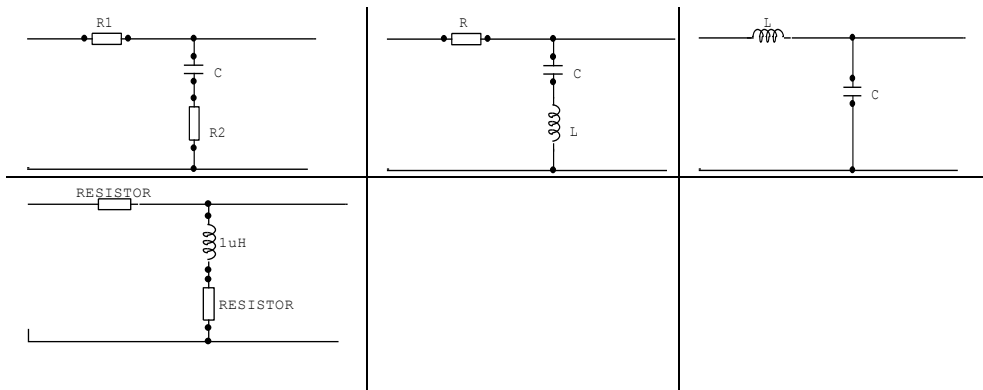
Từ đây ta có :

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{CR_1 R_2 s}{[CLR_1 s^2 - \dots]}$$

2. Thông tin từ mô hình

- Từ HTĐ ta có thể tìm được mô hình ZPK (zero pole gain) : biết được vị trí các điểm cực, điểm không trên mặt phẳng S.
- Ta biết được các đặc tính động học Hàm quá độ h(t), hàm trọng lượng g(t), hàm truyền đạt tần số
- Đánh giá chất lượng hệ

Ví dụ: **Bài tập 19 trang 222** : xác định hàm truyền đạt của các mạch điện



$$u_1 = \dots$$

$$i_c = \frac{du}{dt}$$

$$u_2 = \frac{R di}{dt}$$

$$y(t) = \frac{R di}{dt}$$

$$I_c = \dots$$

$$U_s = \frac{R i}{(1 - \dots) s}$$

$$G(s) = \frac{V(s)}{U(s)} = \frac{R_1 c s}{\dots}$$

$$T_1 = \dots$$

$$T_2 = \dots$$

$$G = \dots$$

3. Mô hình điểm không - điểm cực ZPK (zero pole gain)

Đây là một dạng của hàm truyền đạt $G(s) = k \frac{(s - z_1) \dots (s - z_m)}{(s - p_1) \dots (s - p_n)}$

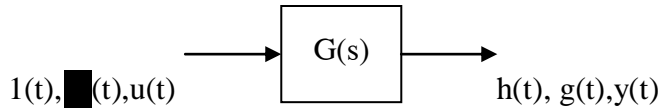
- Trong đó k: hệ số khuếch đại, z_i là điểm không p_j là điểm cực
- với mô hình này, ta dùng để thiết kế bộ điều khiển học phần sau
- khai báo mô hình ZPK trong Matlab :

■ $h=zpk(z,p,k)$

2.2.3 Sơ đồ cấu trúc và đại số sơ đồ khối

1. Khái niệm

Một hệ thống tuyến tính, sau khi được mô hình hoá nó có sơ đồ khối như sau :



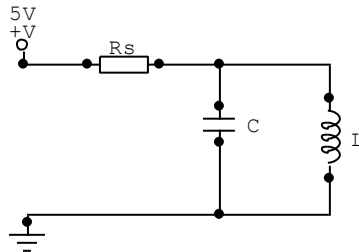
Sơ đồ cấu trúc bao gồm nhiều khối cơ bản được nối với nhau theo chiều tín hiệu, mỗi khối có hàm truyền đạt đặc trưng cho quan hệ vào ra

Thực chất là ta phân hệ thống lớn thành nhiều hệ thống con được nối với nhau theo chiều tín hiệu

-Xây dựng sơ đồ cấu trúc từ hàm truyền đạt : ta có thể xây dựng sơ đồ cấu trúc bằng cách phân tích hàm này thành tổng hoặc tích các hàm cơ bản

-Xây dựng sơ đồ cấu trúc từ mô hình SS : Căn cứ số lượng biến trạng thái, ta xác định được số lượng khâu tích phân, từ qua hệ các phương trình ta xây dựng được sơ đồ cấu trúc.

Ví dụ : cho mạch điện như hình vẽ



Ta có phương trình cho từng phần tử :

$i_c(t) \frac{du_c}{dt} = \frac{1}{C} \int i_c dt$

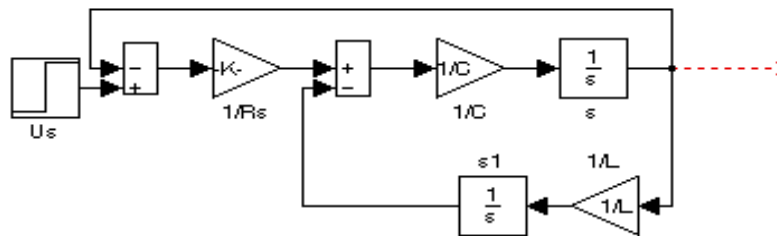
$u_c \frac{di_c}{dt} = L \int i_c dt$

$R_s i_R = u_c$

Phương trình mạch vòng và nút ta có :



Từ đây ta có sơ đồ cấu trúc mạch như sau



2. Đại số sơ đồ khối :

là các phép quy đổi tương đương để tính hàm truyền đạt của hệ khi ta biết được sơ đồ cấu trúc của hệ. Bao gồm :

- 2 khối mắc song song
- 2 khối mắc nối tiếp
- 2 khối mắc hồi tiếp
- Phép chuyển nút tín hiệu từ trước một khối ra sau một khối

- Phép chuyển nút tín hiệu từ sau một khối ra trước một khối
- Phép chuyển nút rẽ nhánh tín hiệu từ trước một khối ra sau một khối
- Phép chuyển nút rẽ nhánh tín hiệu từ sau một khối ra trước một khối
- Phép chuyển nút rẽ nhánh từ trước một nút ra sau một nút
- Phép chuyển nút rẽ nhánh từ sau một nút ra trước một nút

ví dụ 2.25, 2.26, 2.27 trang 72, 73 : biến đổi sơ đồ khối để tính hàm truyền đạt của hệ thống

3. Sơ đồ tín hiệu

Đây là một dạng của SĐCT thay một khối, với tín hiệu vào, ra bằng hai điểm, một đường cong theo chiều tín hiệu và biểu thức hàm truyền

4. Matlab : từ SĐCT ta có thể chuyển thành sơ đồ mô phỏng thông qua thư viện Simulink và ta tìm được hàm $h(t)$ cũng như các trạng thái mà ta muốn

2.2.4 Sơ đồ tín hiệu và công thức Mason (tự đọc trang 74-80)

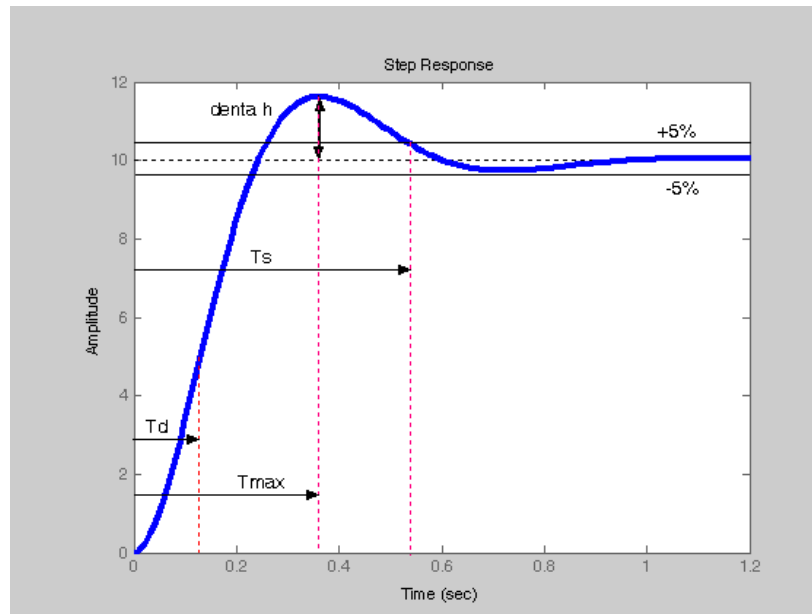
2.2.5 ĐẶC TÍNH ĐỘNG HỌC

1. Đáp ứng thời gian

1) Hàm quá độ

Hàm quá độ được ký hiệu $h(t)$ (step response) là đáp ứng của hệ thống khi hệ đang ở trạng thái 0 được kích thích đầu vào là hàm $1(t)$. Hàm $h(t)$ là một đường cong mô tả quá trình hệ thống chuyển từ một trạng thái xác lập này sang một trạng thái xác lập khác.

Hàm quá độ được sử dụng để đánh giá chất lượng động học của hệ thống trong quá trình quá độ. Thông thường hàm quá độ có dạng đường cong sau :



Quá trình quá độ của một hệ thống được hiểu là quá trình hệ thống chuyển từ trạng thái xác lập cũ ($h(t)=0$ với $t<0$) sang trạng thái xác lập mới. Thời điểm xác định hệ thống đạt trạng thái xác lập mới là đường cong quá độ đi vào vùng sai số cho phép và không thoát ra nữa.

Qua đường cong quá độ người ta xác định được 4 chỉ tiêu để đánh giá chất lượng của hệ thống trong quá trình quá độ :

1. Thời gian tăng (T_r rise time) : được xác định tại thời điểm hàm $h(t)$ đạt từ 10% đến 90% giá trị xác lập .. Nó đặc trưng cho khả năng cường kích của hệ thống.
2. Thời gian trễ (T_d delay time) : được xác định tại thời điểm hệ đạt 50% giá trị xác lập.
3. Thời gian quá độ (T_s settling time) : là thời điểm hệ đạt trạng thái xác lập
4. Quá điều chỉnh (Δ : overshoot) : được xác định bằng tỷ lệ phần trăm của giá trị hàm $h(t)$ đạt lớn nhất so với giá trị xác lập

Các phương pháp xây dựng hàm quá độ

1) Sử dụng mô hình hàm truyền đạt :

A. Tính $h(t)$ thông qua ảnh L của nó

■ Hàm gốc $h(t)$ có ảnh L là $1/s$

$\frac{Y(s)}{U(s)} = G(s)$. Vậy $H(s) = G(s)/s$, tra bảng ta có $h(t)$

B. Dùng các lệnh Matlab

Trong Matlab để khai báo mô hình ta có thể dùng hai lệnh :

```
sys=tf(num,den)
Hoặc s = f('s'); sys=f(s)
Step(sys) %xác định hàm quá độ
Lsim(sys,y,t,[x_o])%xác định đáp ứng với tín hiệu bất kỳ
```

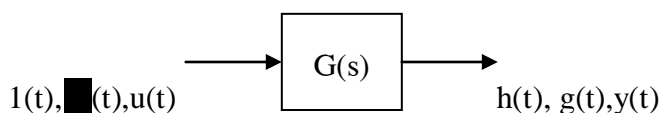
2) Dùng phương pháp thực nghiệm : xây dựng đường cong quá độ thông qua các phương pháp nhận dạng hệ thống bằng thực nghiệm

2) Hàm trọng lượng $g(t)$ (impulse response)

Là đáp ứng của hệ khi hệ đang ở trạng thái 0 và đầu vào được kích thích bởi xung dirac

Hàm trọng lượng mô tả sự phản ứng của hệ thống đối với nhiễu. Đó là quá trình hệ quay trở về trạng thái xác lập ban đầu khi bị nhiễu đánh bật khỏi vị trí làm việc.

Một hệ thống tuyến tính, sau khi được mô hình hoá nó có sơ đồ khối như sau :



Các phương pháp xây dựng hàm trọng lượng

1) Sử dụng mô hình hàm truyền đạt :

A. Tính $g(t)$ thông qua ảnh L của nó

Hàm gốc $1(t)$ có ảnh L là 1

$\frac{Y(s)}{U(s)} = G(s)$. Vậy $G(s) = G(s)$, tra bảng ta có $g(t)$. Vậy ảnh L của hàm

trọng lượng chính là hàm truyền đạt

B. Dùng các lệnh Matlab

Trong Matlab để khai báo mô hình ta có thể dùng hai lệnh :

```
sys=tf(num,den)
Hoặc s = f('s'); sys=f(s)
Impulse(sys) %xác định hàm trọng lượng
```

2) Dùng phương pháp thực nghiệm : xây dựng đường cong quá độ thông qua các phương pháp nhận dạng hệ thống bằng thực nghiệm

Thông thường hàm $g(t)$ có dạng như sau :

2. Đáp ứng tần số (frequency response)

Đặc tính tần cho phép ta khảo sát hệ trong miền tần số, có nghĩa khi đầu vào là tín hiệu sin thì đặc tính tần cho ta biết quan hệ giữa biên độ, góc lệch pha của tín hiệu ra so với tín hiệu vào phụ thuộc vào tần số nó đang làm việc như thế nào. Để dễ dàng khảo sát hệ người ta đưa ra 3 dạng đặc tính : ĐTTS biên độ $G(j\omega)$, (đường cong Nyquist) ĐTTS logarith biên độ $L(\omega)$ và pha $\phi(\omega)$ (đồ thị Bode)

Đáp ứng tần số của hệ thống có thể được biểu diễn bằng hai cách : đường cong Nyquist và đồ thị Bode. Cả hai đồ thị đều cho ta biết các thông tin như nhau, nhưng cách thể hiện khác nhau. Đáp ứng tần số là phản ứng của hệ thống với tín hiệu vào sin, biến thay đổi là tần số và tín hiệu ra có tần số giống tín hiệu vào nhưng khác về biên độ và pha. Đáp ứng tần số (frequency response) xác định sự khác nhau giữa biên độ và pha của tín hiệu ra so với tín hiệu vào.

Ví dụ một thuyền buồm chịu tác động của sóng biển $x(t) = X_m \sin \omega t$, tín hiệu ra là độ lắc của thuyền $y(t) = Y_m \sin(\omega t + \phi)$

1) Đường cong Nyquist (The Nyquist Diagram)

Đường cong Nyquist xây dựng từ hàm truyền đạt tần số $G(j\omega)$ trong đó $G(s)$ là hàm truyền đạt hệ hở, ω là véc tơ tần số bao nửa mặt phẳng bên phải. đường xanh biểu diễn tần số từ 0 đến vô cùng và đường đỏ biểu diễn tần số âm.

Các phương pháp xây dựng đường cong Nyquist

1) Dùng phương pháp đại số thông thường :

Xuất phát từ hàm truyền $G(s)$ ta thay $s = j\omega$ ta được

$$G(j\omega) = \text{Re } G(j\omega) + j \text{Im } G(j\omega).$$

Từ đây ta có biên độ $A(\omega)$ và pha $\phi(\omega)$

Khi cho ω chạy từ 0 đến $+\infty$ ta được đường ĐTTS biên pha (nyquist)

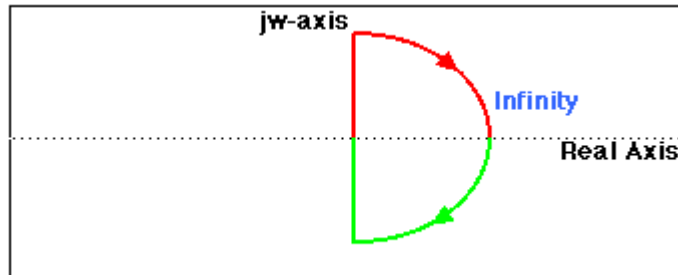
2) Dùng các lệnh Matlab

Trong Matlab để khai báo mô hình ta có thể dùng hai lệnh :

```
sys=tf(num,den)
```

```
Hoặc s = f('s'); sys=f(s)
```

```
Nyquist(sys) %xác định đường cong Nyquist
```



Ví dụ 2.36 trang 84 : Xây dựng đường cong Nyquist cho hệ có HTĐ : $G(s) = \frac{3}{s(1+2s)}$

Sử dụng lệnh Nyquist trong Matlab ta được :

```
s=tf('s')Transfer function:s
```

```
>> sys=3/(s*(1+2*s))
```

```
Transfer function:
```

```
3
```

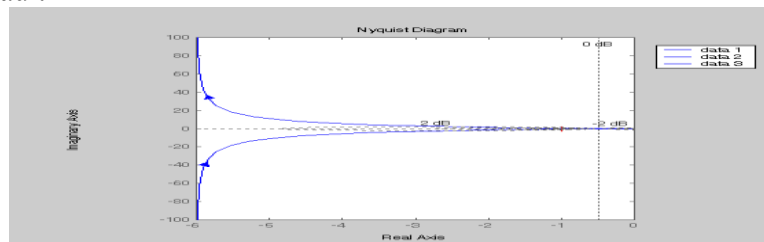
```
-----
```

```
2 s^2 + s
```

```
>> nyquist(sys)
```

```
>> grid on
```

Ta có kết quả như sau :



Đường cong phía dưới biểu diễn tần số biến thiên từ 0 ra vô cùng

2) Đường đặc tính tần logarith - đồ thị bode

Là hình thức khác biểu diễn mối quan hệ giữa biên độ và pha của tín hiệu ra so với tín hiệu vào khi tần số làm việc của hệ thống thay đổi từ không đến vô cùng trên trục log (tần số). Đồ thị Bode bao gồm hai đồ thị con : Đặc tính TSBĐ và Đặc tính TSPH

Chú ý trục tần số theo tỷ lệ xích lg (dec), trục pha là độ và trục biên độ là decibel (db). Decibel được định nghĩa là $20 \cdot \log_{10} (|G(j\omega)|)$

-Đặc tính TSBĐ được định nghĩa là L có đơn vị là decibel (dB). Cứ thay đổi 20 dB tương đương hệ số khuếch đại thay đổi 10 lần, 40 db hệ số khuếch đại thay đổi 100 lần

-Trục hoành là lg có đơn vị là dec, có nghĩa thay đổi 1 dec tương đương tần số thay đổi 10 lần, 2 dec tần số thay đổi 100 lần

-Thực chất đây là thủ thuật chọn hệ trục tọa độ. Với việc chọn như thế cho phép trong khoảng diện tích đủ nhỏ, ta vẫn có được đồ thị đầy đủ của hệ thống trong một dải tần số lớn. Và công việc xây dựng đồ thị của hệ thống gồm nhiều hệ thống con mắc nối tiếp dễ dàng hơn nhờ cộng các đồ thị con này.

Các bước xây dựng đường cong Bode như sau :

1. Phân tích HTĐ tần số thành hai thành phần thực ảo

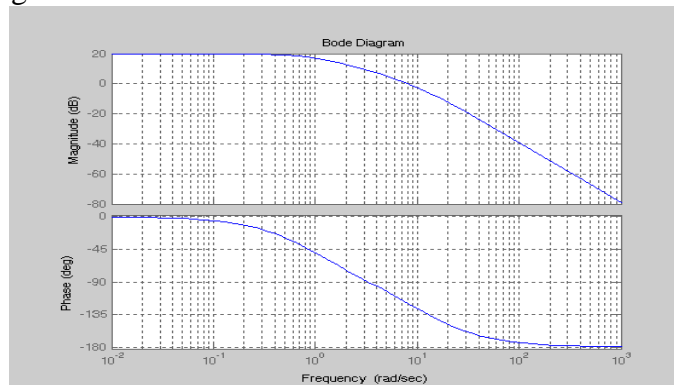
- 2. Tính biên độ A
- 3. Tính L dựng đặc tính khi tần số thay đổi từ 0 đến VC
- 4. Tính góc ϕ dựng đặc tính pha khi tần số thay đổi từ không đến vô cùng.

Thông tin từ đáp ứng tần số : Đáp ứng tần số của hệ hở cho ta biết chất lượng của hệ thống kín :
 Có ổn định hay không
 Độ dự trữ ổn định là bao nhiêu
 Định cộng hưởng và độ rộng dải thông DC GAIN
 Và các thông số khác

-Ví dụ 2.45 trang 93 : xây dựng đồ thị Bode của hệ $G(s) = \frac{110}{s(s+11)}$

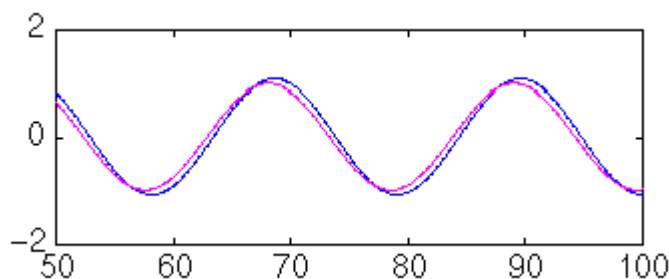
Sử dụng lệnh Matlab ta có
`s=tf('s') : Transfer function:s`
`>> sys=110/((s+1)*(s+11))`
 Transfer function:
 110

 $s^2 + 12s + 11$
`>> bode(sys)`
`>> grid on`



Một ví dụ trực quan cho ta thấy đáp ứng của hệ thống phụ thuộc vào tần số tín hiệu vào như thế nào qua kết quả mô phỏng dưới đây :

```
w = 0.3;
num = 1;
den = [1 0.5 1];
t = 0:0.1:100;
u = sin(w*t);
[y,x] = lsim(num,den,u,t);
plot(t,y,t,u)
axis([50,100,-2,2])
```

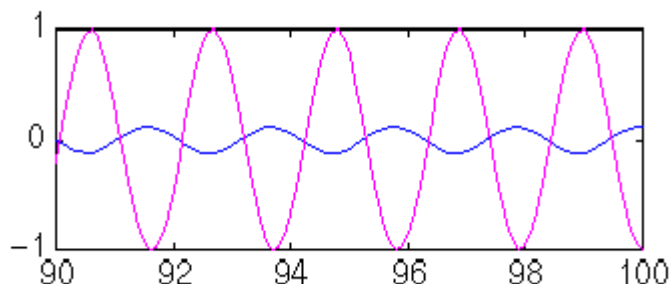


```
w = 3;
num = 1;
```

```

den = [1 0.5 1 ];
t=0:0.1:100;
u = sin(w*t);
[y,x] = lsim(num,den,u,t);
plot(t,y,t,u)
axis([90, 100, -1, 1])

```



2.2.6 Quan hệ giữa phần thực và phần ảo của hàm đặc tính tần - toán tử Hilbert

Đây là bài toán xác định hàm truyền đạt của hệ thống khi biết được phần thực hoặc phần ảo của chúng. TỰ ĐỌC TRANG 94-100

2.2.7 Xây dựng mô hình toán học của các khâu cơ bản

1. PHÂN LOẠI CÁC KHÂU CƠ BẢN

Trong môn học, các khâu động học cơ bản được phân loại như sau :

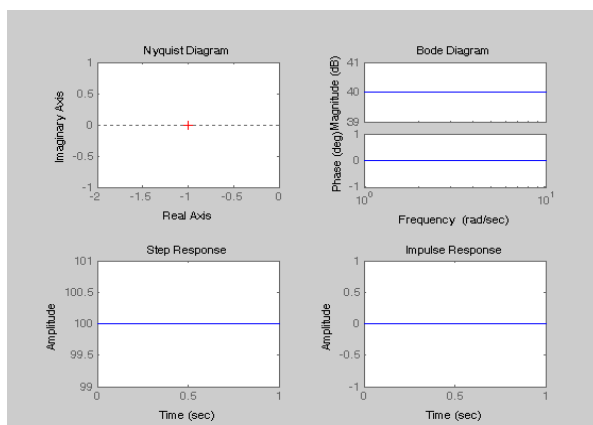
1. Khâu khuếch đại
2. Khâu quán tính bậc nhất
3. Khâu quán tính bậc hai
4. Khâu dao động
5. Khâu tích phân
6. Khâu vi phân
7. Khâu lead/lag
8. Khâu trễ
9. Khâu pha cực tiểu

2. KHÂU KHUYẾT ĐẠI P (PROPORTIONAL)

HTĐ : $G(s) = k$

1. TSBP : là một điểm trên trục thực
2. Tslogarith : là một đường thẳng nằm ngang
3. Hàm quá độ là một đường nằm ngang
4. Hàm trọng lượng trùng với trục hoành

Ví dụ : xây dựng các đặc tính động học của khâu khuếch đại với $k=100$



Nếu trong một giới hạn hẹp bỏ qua các ký sinh, phi tuyến ta có thể coi các phân tử sau là các khâu khuếch đại : chiết áp, khuếch đại thuật toán, máy phát tốc, hệ đòn bẩy, hệ vòi phun và lá chắn, các van thủy lực hay khí ...

3. KHÂU QUÁN TÍNH BẬC NHẤT PT1

HTĐ : $G(s) = k/[1 + Ts]$

Trong đó k là hệ số khuếch đại của khâu, T hằng số thời gian quán tính, s là toán tử Laplace

1. TSBP : là đường tròn bán kính $r=k/2$ tâm là $[k/2 \ 0]$

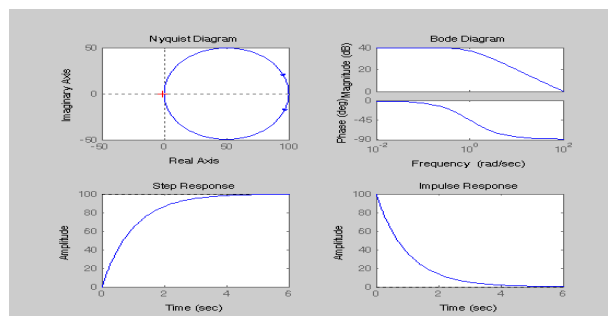
2. Đặc tính TS logarith : có tần số gãy là $1/T$ tần số ở vùng lớn hơn $1/T$ thì cứ tần số thay đổi 10 lần biên độ thay đổi 20 db (độ nghiêng -20db/dec)

Đặc tính pha logarith sẽ chạy từ 0 đến $-\pi/2$ tại tần số gãy góc pha sẽ là $-\pi/4$

3. Hàm quá độ là một đường cong xuất phát từ 0 xác lập tại k

4. Hàm trọng lượng là một đường cong xuất phát một điểm trên trục tung k/T xác lập tại trục hoành theo hàm mũ

Ví dụ : xây dựng các đặc tính động học của khâu $G(s)=100/(s+1)$



Mạch hiệu chỉnh RC, LR, máy phát điện DC với đầu vào là kích từ ra là điện áp, bình nén khí, lò nhiệt ...

4 KHÂU QUÁN TÍNH BẬC HAI PT2

HTĐ : $G(s) = k/(1 + T_1 s)(1 + T_2 s)$

Trong đó k là hệ số khuếch đại của khâu, T_1 khác T_2 hằng số thời gian quán tính, s là biến Laplace

1. Đặc tính TSBP : là đường cong cắt trục hoành tại k và kết thúc tại gốc toạ độ

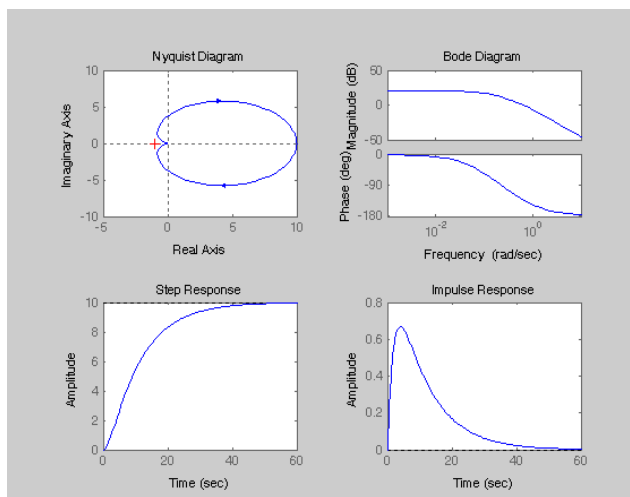
2. Đặc tính TS logarith : có tần số gãy là $1/T$ (đây là đỉnh cộng hưởng) tần số ở vùng lớn hơn $1/T$ thì cứ thay đổi 10 lần biên độ thay đổi 40 db (độ nghiêng -40db/dec)

Đặc tính pha sẽ chạy từ 0 đến $-\pi$

3. Hàm quá độ là một đường cong xuất phát từ 0 xác lập tại k dạng chữ s

4. Hàm trọng lượng là một đường cong xuất phát từ gốc toạ độ vọt lên rồi triệt tiêu theo trục hoành theo hàm mũ

Ví dụ : xây dựng các đặc tính động học của hệ có hàm truyền đạt như sau : $G(s) = \frac{10}{2s^2 + 2s + 1}$



5 KHÂU DAO ĐỘNG BẬC 2

HTĐ : $G(s) = k/[1 + 2DTs + T^2s^2]$

Trong đó k là hệ số khuếch đại của khâu, T hằng số thời gian quán tính, s là biến Laplace, D hệ số tắt dần ($0 < D < 1$ vì nếu $D > 1$ nó trở thành khâu PT2)

1. Đặc tính TSBP : có hàm truyền đạt tần số như sau :

$$G(j\omega) = \frac{k}{(j\omega)^2 + 2Dj\omega + 1}$$

2. Đặc tính TS logarith : $L(\dots) = 20 \lg k$ khi tần số nhỏ hơn $1/T$.

$L(\dots) = 20 \lg k - 40 \lg(\dots)$ khi tần số lớn hơn $1/T$ có tần số gãy là $1/T$ (đây là đỉnh cộng hưởng) tần số ở vùng lớn hơn $1/T$ thì cứ thay đổi 10 lần biên độ thay đổi 40 db (độ nghiêng -40 db/dec)

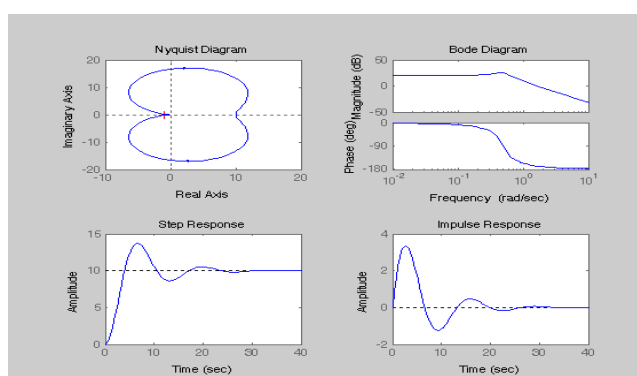
Đặc tính pha sẽ chạy từ 0 đến $-\pi$ tại tần số gãy góc pha sẽ là $-\pi/2$

3. Hàm quá độ là một đường cong xuất phát từ 0 xác lập tại k có dao động

4. Hàm trọng lượng là một đường cong xuất phát từ gốc tọa độ vọt lên rồi triệt tiêu theo trục hoành

Khâu dao động bậc hai trong thực tế có thể là động cơ DC kích từ độc lập, tín hiệu vào là điện áp, ra là góc quay. Hệ cơ khí có đàn hồi, trọng lượng, giảm sóc

Ví dụ : Xây dựng đặc tính của hàm : $G(s) = \frac{10}{4s^2 + \dots}$



6. KHÂU TÍCH PHÂN

HTĐ : $G(s) = k/s$

1. Đặc tính TSBP : là một nửa trục ảo phía âm

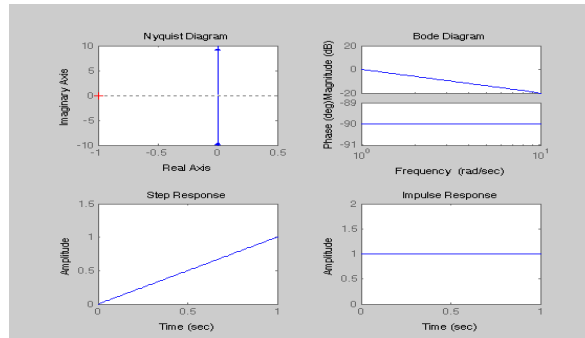
2. Đặc tính TS logarith : là một đường thẳng có độ nghiêng -20 db/dec . Khi tần số $= 1$ thì biên độ bằng k db khi tần số $= k$ thì biên độ bằng 0db.

Đặc tính Pha là đường nằm ngang $-\pi/2$

3. Hàm quá độ là một đường có độ dốc là k

4. Hàm trọng lượng là đường k

Ví dụ : tín hiệu ra là điện áp tụ điện, tín hiệu vào là dòng điện nạp, thì tụ điện là một khâu tích phân, từ thông trong cuộn cảm, góc quay của động cơ, mực nước của két ...Khâu tích phân có các đặc tính động học như sau :



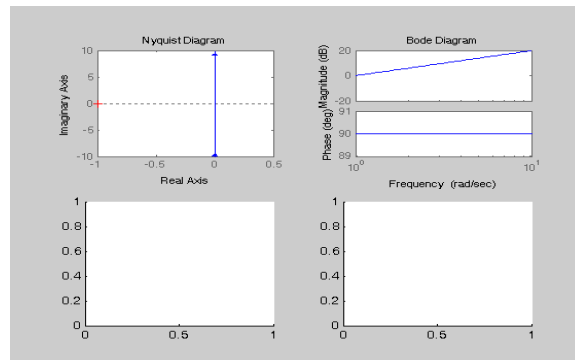
7. KHÂU VI PHÂN

HTĐ : $G(s)=ks$

- 1.Đặc tính TSBP : là một nửa trục ảo phần dương
- 2.Tslogarith : là một đường có độ dốc + 20 db có biên độ bằng k db kh tần số bằng 1 dec.
- Đặc tính pha luôn vượt trước một góc $+\pi/2$
- 3.Hàm quá độ là hàm dirac
- 4.Hàm trọng lượng cũng là hàm dirac

Ví dụ : trong thực tế tụ điện, với tín hiệu vào là điện áp đặt vào tụ, tín hiệu ra là dòng điện nạp, thì tụ điện là một khâu vi phân.

Khâu vi phân có các đặc tính động học như sau :



$$G(s) = \frac{N(s)}{D(s)} = \frac{1}{s}$$

$$G(s) = \frac{N(s)}{D(s)} = s$$

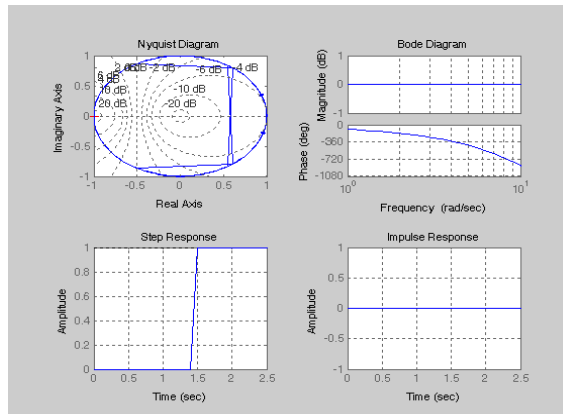
8. KHÂU TRỄ

HTĐ : $w s$

- 1.Đặc tính TSBP : là một đường tròn tâm gốc toạ độ bán kính là 1
- Đặc tính TS logarith : là trục hoành có nghĩa biên độ ra bằng vào.
- Đặc tính pha
- 3.Hàm quá độ giống khâu khuếch đại có $k=1$ bị trễ một khoảng T
- 4.Hàm trọng lượng cũng giống khâu khuếch đại có $k=1$ bị trễ khoảng T

Ví dụ : đường ống nước, các băng chuyền, các hệ thủy lực

Cho khâu có hàm : $S(s) = \frac{1}{s + T}$. Sử dụng Matlab ta có



9. KHÂU LEAD/LAG

HTĐ : W_s

Nếu $T_t > T_m$ là khâu lead (khâu dẫn qua : ưu tiên cho tần số cao đi qua, cắt tần thấp)
 Nếu $T_t < T_m$ là khâu lag (Khâu cắt bớt : ưu tiên tần thấp đi qua, cắt tần cao)

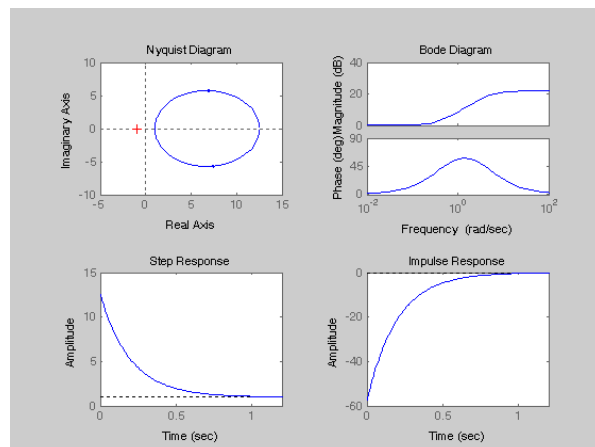
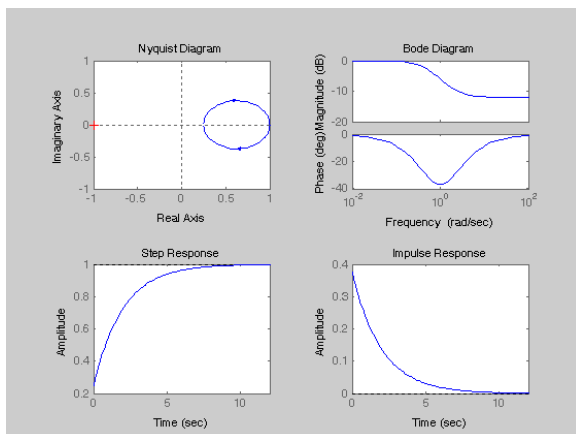
1. Đặc tính TSBP : là một đường cong

2. Đặc tính TS logarith : nếu là lead vùng tần thấp 0 db còn vùng cao 20 db góc lệch pha dương . Nếu là lag thì vùng thấp là 0 db còn vùng cao -20 db, góc lệch pha âm

3. Hàm quá độ xuất phát từ trục tung, tiếp cận với 1

4. Hàm trọng lượng, Nếu là lead từ một điểm trên trục tung dương về 0. nếu là lag thì từ âm về không

Ví dụ : trong điều khiển đây là những khâu bù



2.3 PHÂN TÍCH HỆ THỐNG

2.3.1 Những nhiệm vụ cơ bản của công việc phân tích hệ thống

Khi đã có **mô hình toán học**, công việc tiếp theo của bài toán điều khiển là phải **phân tích hệ thống** để rút ra được một số kết luận cơ bản về tính chất, chất lượng động học của hệ thống để phục vụ việc **thiết kế bộ điều khiển**. Bài toán phân tích hệ thống có những nhiệm vụ sau :

- Hiểu biết về tính ổn định của hệ thống
- Hiểu biết về chất lượng hệ thống ở chế độ xác lập trong miền thời gian
- Hiểu biết về chất lượng hệ thống ở chế độ xác lập trong miền tần số
- Hiểu biết về chất lượng hệ thống ở chế độ quá độ.
- Hiểu biết về tính bền vững

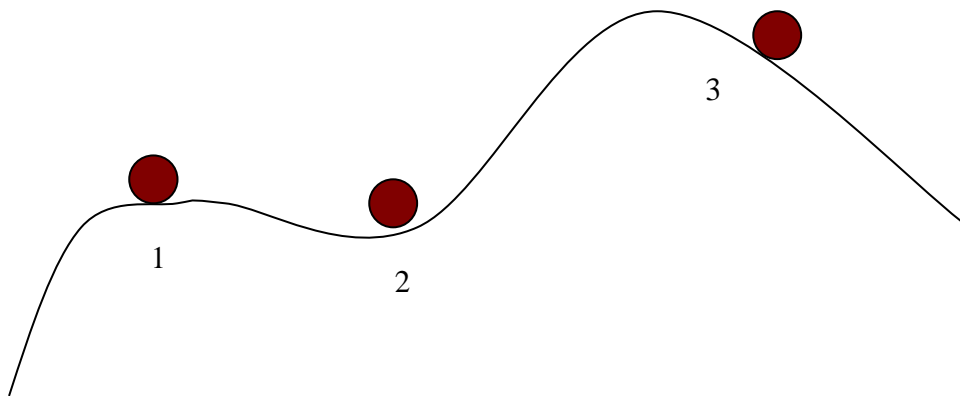
2.3.2 Xác định tính ổn định của HT từ đa thức đặc tính

1. Các khái niệm

Khái niệm về tính ổn định :

Từ ví dụ về trạng thái của 3 viên bi ở đáy hố (2), trên mặt bằng (1) và viên bi ở giữa dốc (3) ta có khái niệm về sự ổn định của hệ thống như sau : hệ đang ở trạng thái cân bằng, bị một kích thích tác động, văng ra khỏi vị trí cân bằng sau đó nó tự trở về trạng thái cân bằng ban đầu khi mất kích thích thì ta nói hệ ổn định tại lân cận điểm cân bằng.

Hay nói một cách khác một hệ thống ổn định nếu QTQĐ tắt dần theo thời gian, không ổn định nếu QTQĐ tăng dần theo thời gian, biên giới ổn định nếu QTQĐ không đổi hoặc dao động không tắt dần



Trạng thái cân bằng : là trạng thái hệ thống đứng yên nếu không có lực tác động nào khác lên nó

Đa thức đặc tính : đa thức dưới mẫu của hàm truyền đạt, đặc trưng cho tính chất động học của hệ nên nó được gọi là đa thức đặc tính

Phương trình đặc trưng : là đa thức đặc trưng có vế phải bằng không

2. Điều kiện :

Điều kiện hệ ổn định thể hiện ở sự phân bố nghiệm của phương trình đặc trưng trên mặt phẳng nghiệm số : Nếu tất cả các nghiệm của phương trình đặc trưng đều nằm bên trái mặt phẳng phức thì hệ ổn định. Tức là tất cả phần thực của nghiệm phải âm. Nếu có ít nhất 1 nghiệm có phần thực dương thì hệ không ổn định, nếu ít nhất có một nghiệm có phần thực bằng không thì hệ ở biên giới ổn định

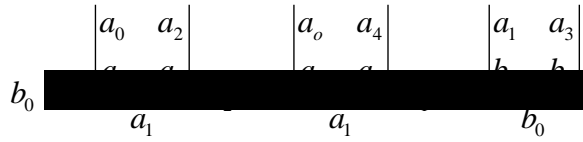
Ổn định BIBO : một hệ thống được gọi là ổn định nếu khi kích thích hệ bằng tín hiệu vào $u(t)$ bị chặn ở đầu vào thì hệ có đáp ứng đầu ra cũng bị chặn gọi là ổn định BIBO (bound inputs-bound outputs)

Từ đây người ta đưa ra các tiêu chuẩn để xét ổn định của hệ

3. Tiêu chuẩn Routh :

A s	[redacted]				
	a_0	a_2	a_4	...	a_{2n}
	a_1	a_3	a_5	....	a_{2n} [redacted]
	b_0	b_2	b_4	...	b_{2n}

				...	



+lập bảng routh

+xét dấu cột một của bảng routh nếu dương cả thì hệ ổn định

+Tiêu chuẩn routh ngoài dùng để xét hệ có ổn định hay không ta còn xét độ ổn định phụ thuộc tham số như thế nào

Ví dụ : 2.50 trang 125 : $A(s)$

5	18	1
16	8	
15,5	1	
6,97		
1		

Dựa vào cột thứ nhất của bảng ta kết luận hệ ổn định

Ví dụ : 2.53 cho hệ có hàm truyền đạt : $G(s) = \frac{2k}{2s^2 + \dots}$

Sử dụng tiêu chuẩn Routh xác định giới hạn của k để hệ ổn định

Đa thức đặc trưng : $2s^4 + \dots$

Lập bảng Routh :

$8k$	4	2	
$2k+4$	5		
$(16-32k)/(2k+4)$	2		
$(k^2+24k-6)/(4k-2)$			

$k > 0$

$k < 0.5$

$k < 0.247$ suy ra $0 < k < 0.247$

4. Tiêu chuẩn Hurwitz :

Cho ĐTĐT $A(s) = a_0 + a_1s + \dots + a_n s^n$

Điều kiện cần và đủ để hệ ổn định là hệ số a_0 và định thức HURWITZ : H (nxn) của ĐTĐT phải dương

Algorithm :

+lập ma trận H

+Tính định thức $D_i = \det(H_i)$

$$\begin{matrix}
 & a_1 & a_3 & & & & \\
 & a_0 & a_2 & a_4 & & & \\
 & & a_1 & a_3 & a_5 & & \\
 & & & a_2 & a_4 & a_6 & \\
 & & & & a_3 & a_5 &
 \end{matrix}$$

Xét dấu : nếu $D_i > 0$ thì hệ ổn định

Nếu có ít nhất một $D < 0$ thì hệ không ổn định

Ứng dụng : xét hệ có ổn định hay không , tìm ảnh hưởng của tham số đối với tính ổn định của hệ và thông thường chỉ áp dụng với hệ bậc 3

Ví dụ : 2.54 trang 128 : cho đa thức đặc tính : $A(s)$. Sử dụng tiêu chuẩn Hurwitz xét hệ có ổn định hay không.

Lập định thức H : H

Tính định thức ta có D_1

■ Kết luận là hệ ổn định

Ví dụ 2.56 : cho hệ $G(s) = \frac{1}{s^3 + \dots}$ sử dụng tiêu chuẩn Hurwitz xác định k để hệ ổn định

Xác định đa thức đặc tính : $3 \dots$

$$2 \quad k \quad 0$$

Lập ma trận : $3 \quad k \quad \dots$

$$0 \quad 2 \quad k$$

$\text{Det}(H_2) = 4 - k > 0$ suy ra $k < 4$

$\text{Det}(h_3) = k(4 - k)$

Kết luận $0 < k < 4$

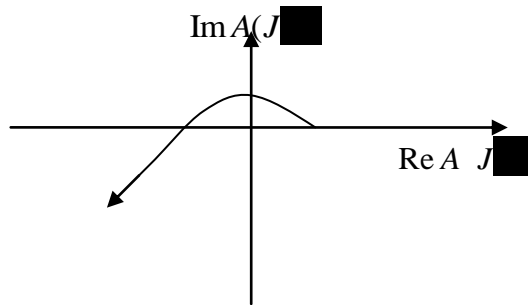
5. Tiêu chuẩn hình học : tiêu chuẩn Michailov

Tiêu chuẩn này dựa vào đa thức đặc tính $A(s) = a_n s^n + \dots$ với s_k là nghiệm của đa thức đặc tính. Thay $s = j\omega$ vào biểu thức ta được $A(j\omega)$

Tiêu chuẩn phát biểu như sau : Hệ sẽ ổn định nếu đường cong $A(j\omega)$ bao quanh gốc tọa độ một góc $\frac{n\pi}{2}$ khi tần số thay đổi từ 0 đến vô cùng

Ví dụ 2.58 trang 132 : cho đa thức đặc tính $A(s) = \dots$. Sử dụng tiêu chuẩn Michailov xét hệ có ổn định hay không.

Từ đa thức ta có : $A(j\omega) = \dots$ và đường cong Michailov được vẽ như sau :



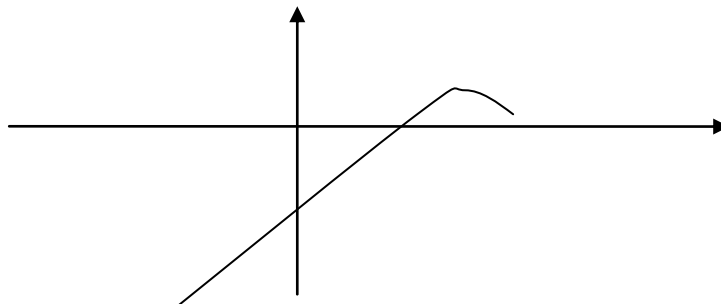
Nhìn vào đường cong ta thấy hệ ổn định.

+ **Bài tập 30** trang 225 $A(s) = \dots$

Thay $s = j\omega$ ta có : $A(j\omega) = \dots$

$A(s) = \dots$

$A(j\omega) = \dots$



2.3.3 Phân tích chất lượng hệ thống kín từ hàm truyền đạt hệ hở

1. Khái niệm

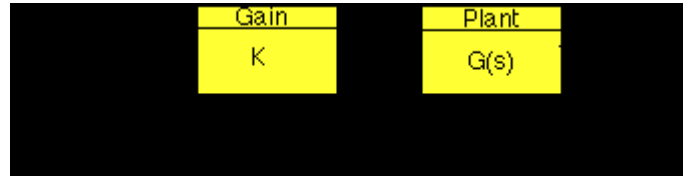
■ Hàm truyền đạt hệ hở : là hàm truyền đạt của hệ điều khiển hở

■ Hàm truyền đạt kín : là hàm truyền đạt của hệ điều khiển phản hồi thực, điều khiển phản hồi có điều khiển và điều khiển thực

2. Phân tích chất lượng hệ kín từ đường cong nyquist của hệ hở

A. Phân tích độ ổn định

Xét hệ thống phản hồi âm :



Trong đó K là hệ số khuếch đại bộ điều khiển (có thể thay đổi được) và G(s) là hàm truyền đạt của đối tượng điều khiển.

Tiêu chuẩn Nyquist phát biểu như sau :

1) Nếu Hệ hở ổn định, hệ kín ổn định khi đường cong Nyquist không bao điểm $(-1, j0)$

2) Nếu hệ hở có N nghiệm có phần thực dương (không ổn định), hệ kín ổn định khi đường cong Nyquist bao điểm $(-1, j0)$ N/2 vòng kín

Ta có thể sử dụng đường cong Nyquist để tìm phạm vi thay đổi hệ số khuếch đại mà hệ kín vẫn ổn định.

Trường hợp hệ hở ổn định ta xét hệ kín có hồi tiếp âm sẽ ổn định khi và chỉ khi ĐTTSBP của hệ hở không đi qua và không bao điểm $-1 + j0$ khi tần số thay đổi từ 0 đến VC. Từ đây ta có quy tắc bàn tay trái :

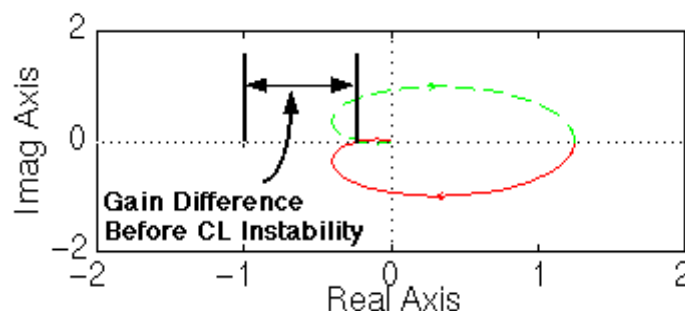
■ Khi hệ hở ổn định, hệ kín ổn định khi và chỉ khi điểm $-1 + j0$ luôn nằm bên trái ĐTTSBP của hệ hở theo chiều tăng của tần số từ 0 đến VC

B. Xác định độ dự trữ biên độ (Gain Margin)

Độ dự trữ biên độ (gain margin) được định nghĩa là sự thay đổi hệ số khuếch đại hệ hở đến giá trị tới hạn làm hệ thống kín không ổn định. Hệ thống có độ dự trữ lớn thì khả năng thay đổi các tham số càng lớn trước khi hệ mất ổn. Điều đó có nghĩa biên độ khuếch đại đồng nhất với khuếch đại tại tần số bằng không trong db.

Độ dự trữ pha (phase margin) được định nghĩa như sự thay đổi pha của hệ hở đến lúc hệ kín mất ổn định. Độ dự trữ pha cũng đo được thời gian trễ của hệ thống (time delay). Nếu thời gian trễ của hệ thống lớn hơn 180° (Wpc là tần số mà pha đạt 180°) thì hệ kín sẽ không ổn định. Nếu thời gian trễ nhanh hơn pha thì hệ số khuếch đại không bị ảnh hưởng. Còn thời gian trễ có giá trị bằng 1 thì pha bằng $W \cdot T_d$ (rad/s)

Chúng ta xác định được độ dự trữ biên độ từ hệ hở từ việc xác định điểm mà pha $= 180^\circ$, thời điểm hệ thống mất ổn định.



Gọi a là khoảng cách từ điểm mà pha bằng 180 độ đến -1 thì

$$G(j\omega_{gm}) = -1/a \Rightarrow a \cdot G(j\omega) = -1 \text{ từ đó ta có}$$

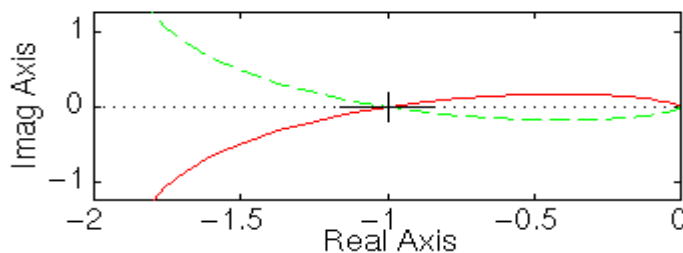
$$\text{Độ dự trữ biên độ GM} = 20 \cdot \log_{10}(a) \text{ [dB]}$$

Ta sẽ tìm được độ dự trữ ổn định biên độ từ hệ hở nếu ta xác định chính xác thời điểm hệ thống đảo pha, để xác định khoảng cách a.

- 1) Xác định tần số ω , tại đó hệ thống đảo pha (phần ảo bằng không) : ω_0
- 2) Sử dụng lệnh `polyval(tf, ω_0)` ước lượng giá trị đa thức tại ω_0 đó chính là giá trị $1/a$. a chính là hệ số khuếch đại mà hệ thống sẽ ở biên giới ổn định.
- 3) Xác định độ dự trữ biên độ theo công thức $\text{GM} = 20 \cdot \log_{10}(a) \text{ [dB]}$

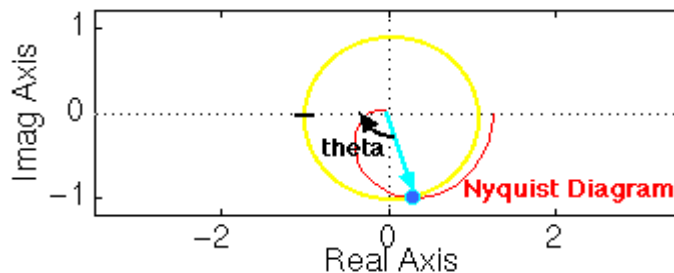
Ví dụ ta tính $a = 4.6$, sử dụng Matlab ta thấy đường Nyquist của hệ hở đi qua -1
 $a = 4.6$

`nyquist(a*50,[1 9 30 40])`



C. Phase Margin

Độ dự trữ pha được xác định tại tần số mà đường tròn đơn vị cắt đường cong nyquist như hình vẽ



D. Kết luận

- Từ đường cong Nyquist ta có thể biết được hệ là hệ có khâu khuếch đại nếu tại tần số $\omega = 0$, đường cong xuất phát từ một điểm trên trục thực đó chính là hệ số khuếch đại, hệ có bậc vô sai tĩnh bằng 0
- Nếu đường cong xuất phát tại gốc tọa độ với tần số bằng 0 thì hệ có bậc vô sai tĩnh < 0 và là hệ có khâu vi phân
- Nếu đường cong xuất phát từ VC tại tần số $\omega = 0$ thì hệ có bậc vô sai tĩnh > 0 và là khâu tích phân.
- Tại một điểm bất kỳ trên đường cong cho ta biết rằng tín hiệu ra có biên độ và góc lệch pha như thế nào với tín hiệu vào ứng với tần số tại điểm đó. (hệ hở)
- Nếu ta dựng đường tròn đơn vị, ta sẽ biết được hệ kín có ổn định hay không, độ dự trữ ổn định về biên độ cũng như về pha.
- Nếu đường cong cắt đường tròn đơn vị tại C một điểm duy nhất thì hệ kín ổn định khi góc cắt nhỏ hơn π
- Độ dự trữ ổn định về biên độ : nếu đường cong cắt trục hoành tại B thì độ dự trữ ổn định biên độ được tính là $1/OB$

■ Độ dự trữ ổn định pha : nếu dùng công cắt đường tròn đơn vị tại C thì được tính là góc ReOC

■ Lệnh **Nyquist dùng để xây dựng đặc tính tần số biên pha**

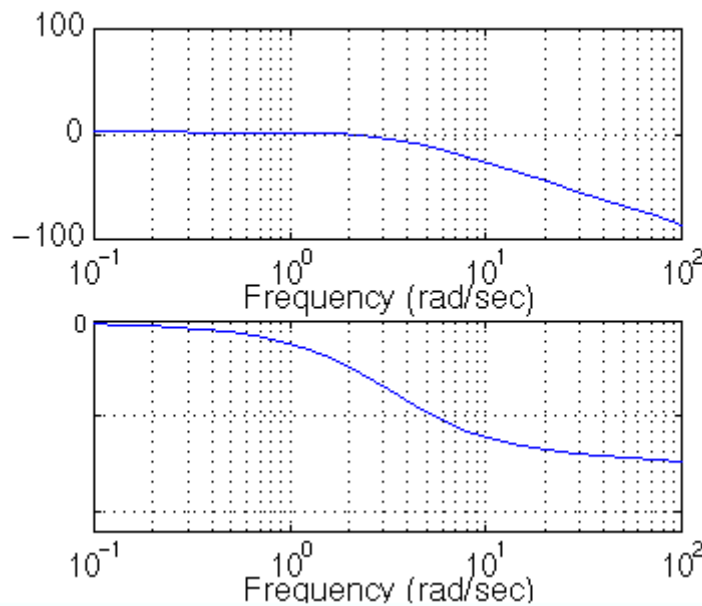
3. Phân tích chất lượng hệ kín từ đồ thị bode hệ hở

Đồ thị Bode thể hiện biên độ và pha của hàm $G(j\omega)$ (trong đó véc tơ ω chỉ nhận giá trị dương). Để vẽ đồ thị ta dùng lệnh **bode** , ví dụ : cho hàm

$$\frac{50}{s^3 + 9s^2 + 30s + 40}$$

bode(50,[1 9 30 40])

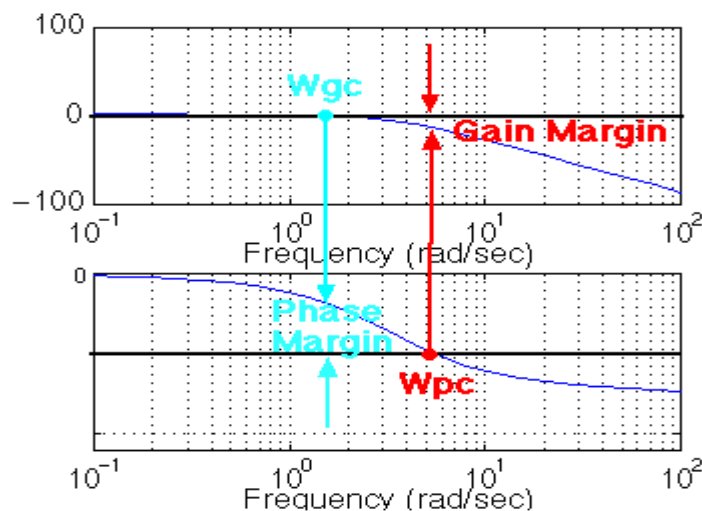
Ta được



Chú ý trục tần số theo tỷ lệ xích lg, trục pha là độ và trục biên độ là decibel (db). Decibel được định nghĩa là $20 \cdot \log_{10}(|G(j\omega)|)$

Độ dự trữ pha là sự sai khác pha giữa đường cong pha và đường -180 độ tại tần số ω_{gc} (ω_{gc} là tần số mà tại đó hệ số khuếch đại bằng 0db) và yêu cầu đường cong biên độ phải vượt qua tần số ω_{gc} .

Tương tự như vậy, độ dự trữ biên độ là sự sai khác giữa đường cong biên độ và đường 0db tại tần số ω_{pc} (ω_{pc} là tần số mà pha bằng -180 độ) và đường cong pha phải vượt qua tần số ω_{pc} như hình vẽ :



Nguyên tắc kiểm tra ổn định của hệ theo đường cong bode như sau :

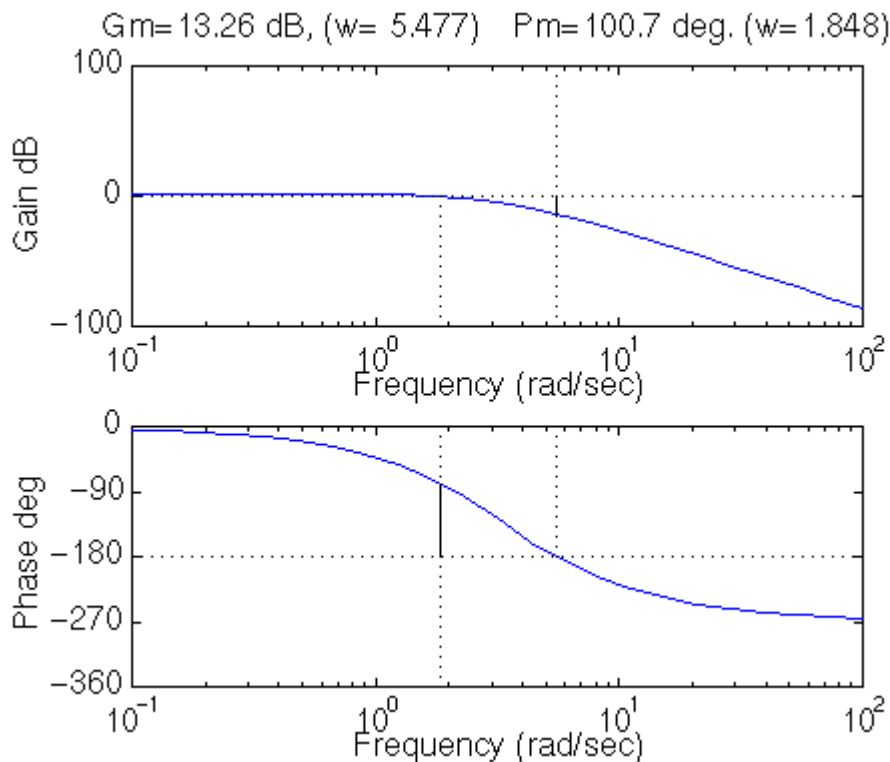
- Xây dựng đặc tính L ■ và ■
- Nếu ĐTBĐ nằm trên trục hoành thì hệ có biên độ >1
- Điểm cắt của ĐTTSBP với đường tròn đơn vị là giao của ĐTBĐ với trục hoành
- Góc tại tần số cắt là tung độ của ■ tại tần số cắt
- Hệ kín sẽ ổn định nếu góc của tần số cắt nằm trên đường $-\pi$

Sử dụng các lệnh Matlab bode và margin và ta biết chất lượng của hệ thống như sau :

- Dự trữ biên độ (Gm) : giá trị đảo của biên độ tại tần số GMF
- Tần số GMF (ω_{cg}) : là tần số tại đó đồ thị pha cắt đường $-\pi$
- Dự trữ pha (Pm) : là góc từ vị trí tần số PMF tới $-\pi$
- Tần số PMF (ω_{cp}) : là tần số mà đường biên độ cắt đường 0db
- Ngoài ra ta còn có thể biết được chỉ tiêu chất lượng hệ kín :
- Cộng hưởng đỉnh M_p : giá trị lớn nhất của ĐTTTS (1.1-1.5) và tần số cộng hưởng
- Giải thông : là tần số mà biên độ giảm 3db so với biên độ tần số bằng 0

Chúng ta có thể xác định trực tiếp độ dự trữ về biên độ và pha bằng lệnh Matlab sau :

```
margin(50,[1 9 30 40])
```

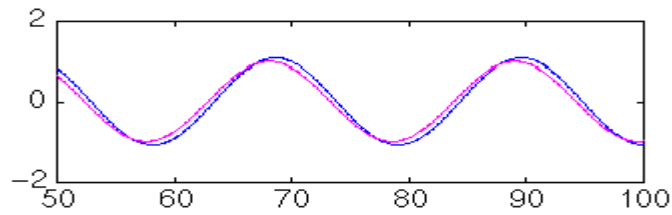


2. Giải thông (bandwidth frequency)

Giải thông được định nghĩa là tần số mà tại đó biên độ đáp ứng ra của hệ kín bằng -3 db. Bởi vậy khi chúng ta thiết kế bằng đáp ứng tần số, ta có thể dự đoán được hành vi hệ kín thông qua đáp ứng của hệ hở. Để minh họa sự quan trọng của ω_{bw} (bandwidth frequency), chúng ta xem tín hiệu ra thay đổi như thế nào với các tần số vào khác nhau.

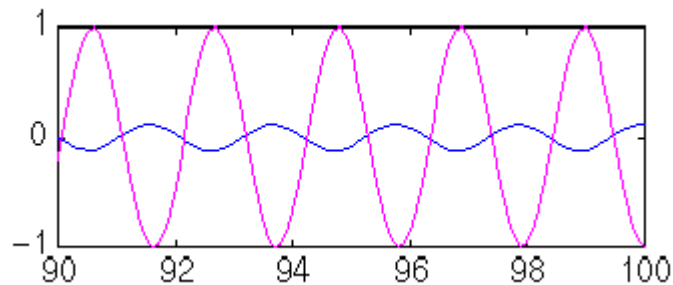
```
w= 0.3;  
num = 1;  
den = [1 0.5 1];  
t=0:0.1:100;  
u = sin(w*t);  
[y,x] = lsim(num,den,u,t);
```

```
plot(t,y,t,u)
axis([50,100,-2,2])
```



Tín hiệu ra (màu xanh) bám rất tốt tín hiệu vào (màu tím). Bởi vậy, nếu tín hiệu vào có tần số lớn giải thông, thì tín hiệu ra bị suy giảm và méo :

```
w = 3;
num = 1;
den = [1 0.5 1 ];
t=0:0.1:100;
u = sin(w*t);
[y,x] = lsim(num,den,u,t);
plot(t,y,t,u)
axis([90, 100, -1, 1])
```



Tín hiệu ra bằng 1/10 tín hiệu vào như dự đoán và pha gần như ngược

4.Đánh giá chất lượng hệ thống ở chế độ xác lập (Steady-State Error)

Sai số ở trạng thái xác lập E_{ss} được định nghĩa là sự khác nhau giữa tín hiệu vào và ra của hệ thống ở trạng thái ổn định khi thời gian tiến ra vô cùng (tức là đáp ứng của hệ đạt trạng thái xác lập). Sai số ở trạng thái xác lập phụ thuộc vào dạng tín hiệu đầu vào (bậc thang, dốc, hay dạng khác) cũng như dạng hệ thống bậc không, bậc 1 hay bậc hai.

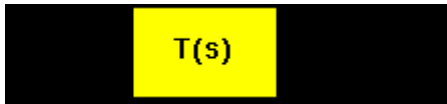
Chú ý : việc phân tích sai số ở trạng thái xác lập chỉ có tác dụng đối với hệ thống ổn định. Ta phải kiểm tra hệ thống có ổn định hay không mới phân tích sai số ở trạng thái xác lập

A.Công thức tính sai số ở trạng thái xác lập

Trước khi nói tới quan hệ giữa sai số ở trạng thái xác lập và dạng hệ thống, chúng ta bỏ qua sai số của dạng hệ thống hay tín hiệu đầu vào. Chúng ta bắt đầu từ công thức được sử dụng phân tích sai số ở trạng thái xác lập . sai số ở trạng thái xác lập có thể được tính toán từ từ hàm truyền đạt của hệ hở hoặc kín với phân hồi bằng 1, như sơ đồ sau :



Hệ thống có thể biến đổi tương đương



Chúng ta có thể tính toán sai số ở trạng thái xác lập nhờ sử dụng định lý giá trị cuối (định lý chỉ ứng dụng cho mẫu số không có cực ở bên phải mặt phẳng phức). :



B.Sai số xác lập phụ thuộc dạng tín hiệu vào

Với các dạng tín hiệu đầu vào khác nhau ta có công thức tính :

- Step Input $R(t)=1(t)$ ($R(s) = 1/s$):



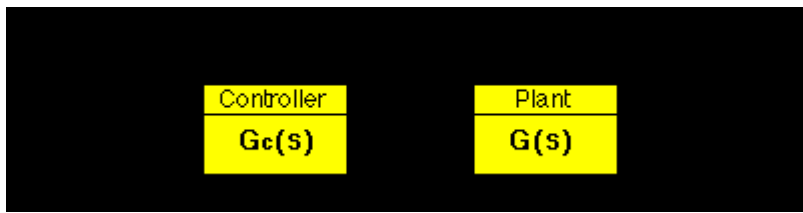
- Ramp Input $R(t)=t$; ($R(s) = 1/s^2$):



- Parabolic Input $R(t)=t^2/2$ ($R(s) = 1/s^3$):



Khi thiết kế bộ điều khiển, chúng ta thường muốn bù (compensate) đối với nhiều hệ thống. Sơ đồ hệ thống có nhiều :



Ta có thể xác định sai số ở trạng thái xác lập đối với nhiều bước nhảy :

Với hệ thống có phản hồi :



Chuyển đổi một chút ta có

$$\frac{G(s)}{1+G(s)H(s) - G(s)}$$

C. Dạng hệ thống và sai số ở trạng thái xác lập

Nếu ta tham khảo công thức tính sai số ở trạng thái xác lập của hệ phản hồi bằng 1, ta sẽ xác định được hệ số sai số. Hệ số này là K_p , sai số vị trí, K_v sai số tốc độ và K_a là sai số gia tốc. Biết giá trị của các hệ số, ta biết được dạng hệ thống và dự đoán hệ thống có tiến tới sai số ở trạng thái xác lập hay không. Ta có hệ thống như hình vẽ

$$\frac{K(s+z_1)(s+z_2)\dots}{s^n(s+p_1)(s+p_2)\dots}$$

Sai số ở trạng thái xác lập theo dạng hệ thống và tín hiệu vào được tính như bảng :

<u>Type 0 systems</u>	<i>Step Input</i>	<i>Ramp Input</i>	<i>Parabolic Input</i>
<i>Steady State Error Formula</i>	$1/(1+K_p)$	$1/K_v$	$1/K_a$
<i>Static Error Constant</i>	$K_p = \text{constant}$	$K_v = 0$	$K_a = 0$
<i>Error</i>	$1/(1+K_p)$	infinity	infinity

<u>Type 1 systems</u>	<i>Step Input</i>	<i>Ramp Input</i>	<i>Parabolic Input</i>
<i>Steady State Error Formula</i>	$1/(1+K_p)$	$1/K_v$	$1/K_a$
<i>Static Error Constant</i>	$K_p = \text{infinity}$	$K_v = \text{constant}$	$K_a = 0$
<i>Error</i>	0	$1/K_v$	infinity

<u>Type 2 systems</u>	<i>Step Input</i>	<i>Ramp Input</i>	<i>Parabolic Input</i>
<i>Steady State Error Formula</i>	$1/(1+K_p)$	$1/K_v$	$1/K_a$
<i>Static Error Constant</i>	$K_p = \text{infinity}$	$K_v = \text{infinity}$	$K_a = \text{constant}$
<i>Error</i>	0	0	$1/K_a$

D. Sử dụng Matlab tính sai số ở trạng thái xác lập

1) Type 0 systems

Chúng ta có hệ thống :

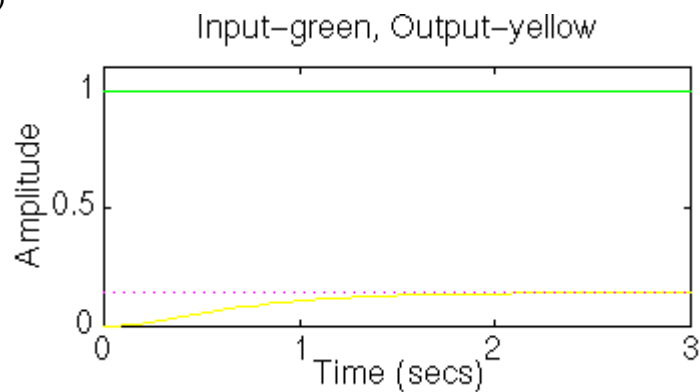


Trong đó

$$G(s) = \frac{1}{(s+2)(s+3)}$$

Step Input

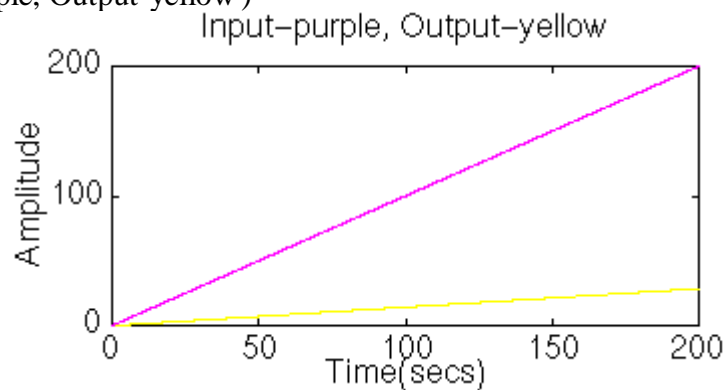
```
num = 1;
den = conv([1 2],[1 3]);
[cnum,clden] = cloop(num,den);
step(cnum,clden)
axis([0,3,0,1.1])
```



Sai số ở trạng thái xác lập là không đổi

Ramp Input

```
num = 1;
den = conv([1 2],[1 3]);
[cnum,clden] = cloop(num,den);
t = 0:0.1:200;
u = t;
[y,x] = lsim(cnum,clden,u,t);
plot(t,y,t,u)
xlabel('Time(secs)')
ylabel('Amplitude')
title('Input-purple, Output-yellow')
```



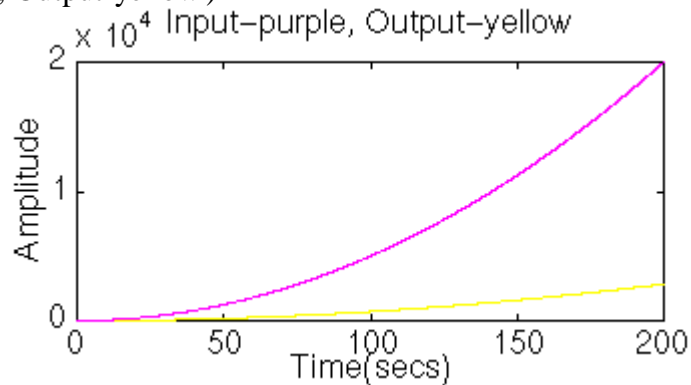
Theo thời gian sai số ở trạng thái xác lập tiến ra vô cùng.

Parabolic Input

```

num = 1;
den = conv([1 2],[1 3]);
[cnum,clden] = cloop(num,den);
t = 0:0.1:200;
u = 0.5*t.*t;
[y,x] = lsim(cnum,clden,u,t);
plot(t,y,t,u)
xlabel('Time(secs)')
ylabel('Amplitude')
title('Input-purple, Output-yellow')

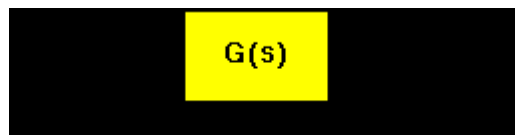
```



Theo thời gian sai số ở trạng thái xác lập tiến ra vô cùng.

2) Type 1 Systems Examples

Ta có hệ thống :



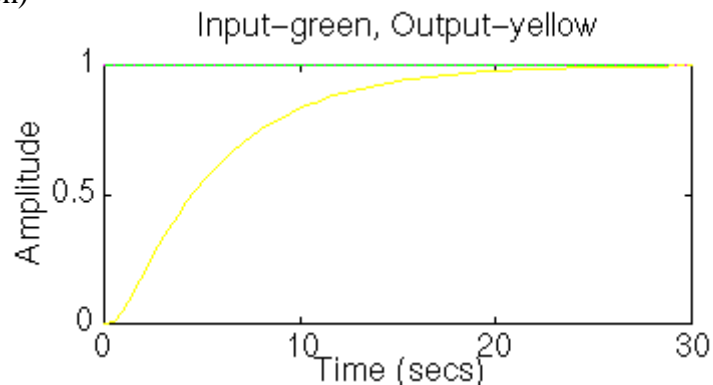
Trong đó $G(s)$ is: $\frac{1}{s(s+2)(s+3)}$

Step Input

```

num = 1;
den = conv([1 2],[1 3]);
den = conv(den,[1 0]);
[cnum,clden] = cloop(num,den);
step(cnum,clden)

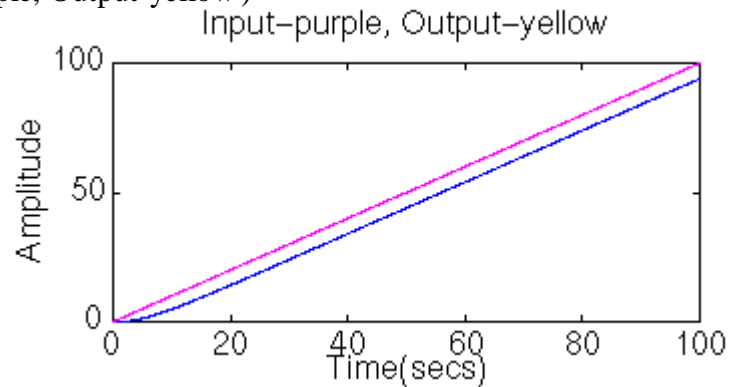
```



Sai số ở trạng thái xác lập tiến tới zê rô.

Ramp Input

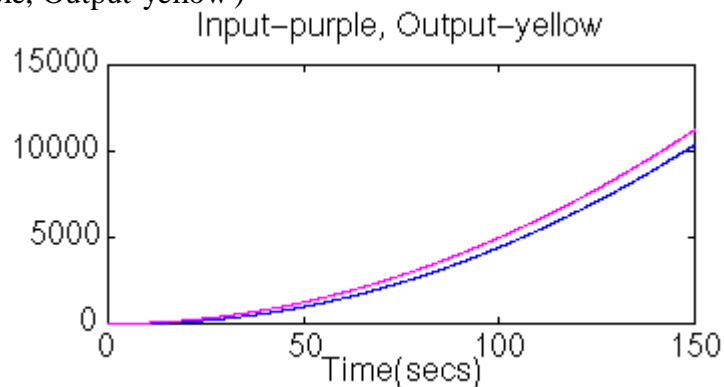
```
num = 1;  
den = conv([1 2],[1 3]);  
den = conv(den,[1 0]);  
[cnum,clden] = cloop(num,den);  
t = 0:0.1:100;  
u = t;  
[y,x] = lsim(cnum,clden,u,t);  
plot(t,y,t,u)  
xlabel('Time(secs)')  
ylabel('Amplitude')  
title('Input-purple, Output-yellow')
```



Sai số ở trạng thái xác lập không đổi.

Parabolic Input

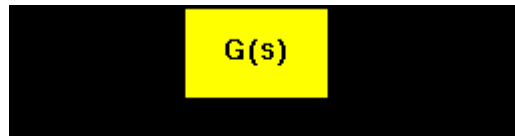
```
num = 1;  
den = conv([1 2],[1 3]);  
den = conv(den,[1 0]);  
[cnum,clden] = cloop(num,den);  
t = 0:0.1:150;  
u = 0.5*t.*t;  
[y,x] = lsim(cnum,clden,u,t);  
plot(t,y,t,u)  
xlabel('Time(secs)')  
ylabel('Amplitude')  
title('Input-purple, Output-yellow')
```



Theo thời gian sai số ở trạng thái xác lập tiến ra vô cùng.

3) Type 2 Systems

Ta có hệ thống



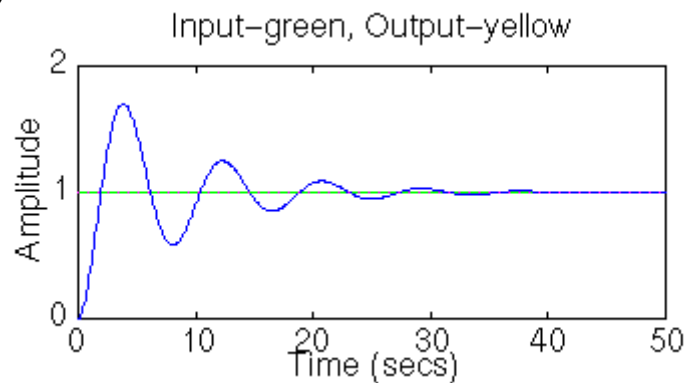
Trong đó G(s) is:

$$\frac{(s + 1)(s + 3)}{s^2 (s + 2)(s + 3)}$$

chú ý : hệ thống có tử số khác nhau để ta có một hệ thống ổn định. Chứ không quyết định tới bậc của hệ thống

Step Input

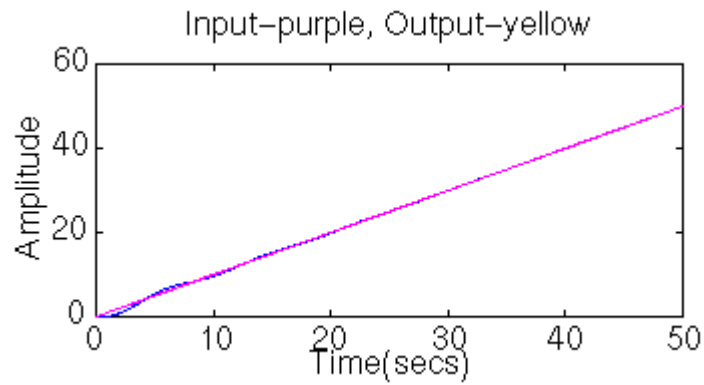
```
num = conv([1 1],[1 3]);  
den = conv([1 2],[1 3]);  
den = conv(den,[1 0]);  
den = conv(den,[1 0]);  
[cnum,clden] = loop(num,den);  
step(cnum,clden)
```



Sai số ở trạng thái xác lập bằng không.

Ramp Input

```
num = conv([1 1],[1 3]);  
den = conv([1 2],[1 3]);  
den = conv(den,[1 0]);  
den = conv(den,[1 0]);  
[cnum,clden] = loop(num,den);  
t = 0:0.1:50;  
u = t;  
[y,x] = lsim(cnum,clden,u,t);  
plot(t,y,t,u)  
xlabel('Time(secs)')  
ylabel('Amplitude')  
title('Input-purple, Output-yellow')
```

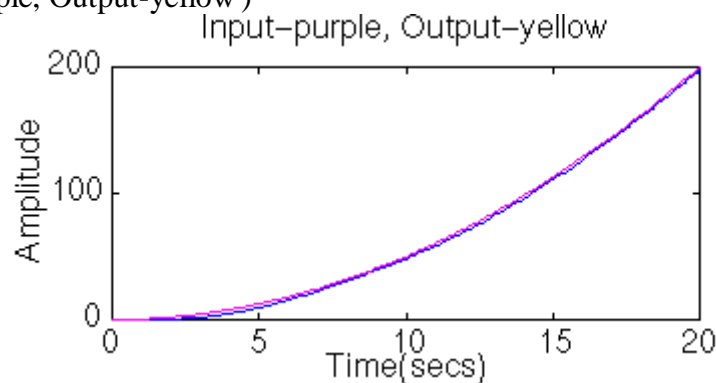
Sai số ở trạng thái xác lập bằng không.

Parabolic Input

```

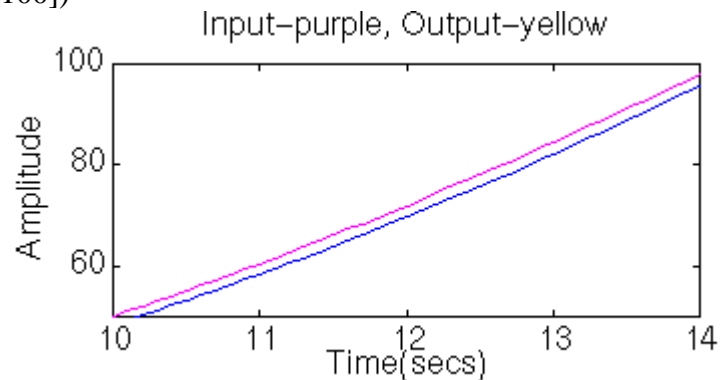
num = conv([1 1],[1 3]);
den = conv([1 2],[1 3]);
den = conv(den,[1 0]);
den = conv(den,[1 0]);
[cnum,clden] = cloop(num,den);
t = 0:0.1:20;
u = 0.5*t.*t;
[y,x] = lsim(cnum,clden,u,t);
plot(t,y,t,u)
xlabel('Time(secs)')
ylabel('Amplitude')
title('Input-purple, Output-yellow')

```



Sai số ở trạng thái xác lập không đổi, để nhìn rõ, ta thay đổi tỷ lệ xích ta có :

```
axis([10,14,50,100])
```



Nếu ta biến đổi HTĐ về dạng : $G(s) = \frac{k b_0 s^m \dots \dots \dots p_m s^{p_m}}{s^r a_0 s^n \dots \dots \dots l_n s^{l_n}}$ thì k là hệ số khuếch đại , r là thành phần tích phân gọi là bậc vô sai tĩnh của hệ. Sai lệch tĩnh của hệ phụ thuộc vào dạng tín hiệu vào và

bậc vô sai như sau : k_p, k_v, k_a các hệ số khuếch đại ứng với các tín hiệu $1(t), t$ và $t^2/2$ thì ta có bảng tổng kết sai số ở trạng thái xác lập phụ thuộc vào dạng tín hiệu vào và dạng hệ thống như sau :

	$r=0$	$r=1$	$r=2$
$x(t)=1(t)$	$1/(1+k_p)$	0	0
$X(t)=t$	VC	$1/k_v$	0
$X(t)=t^2/2$	Vc	Vc	$1/k_a$

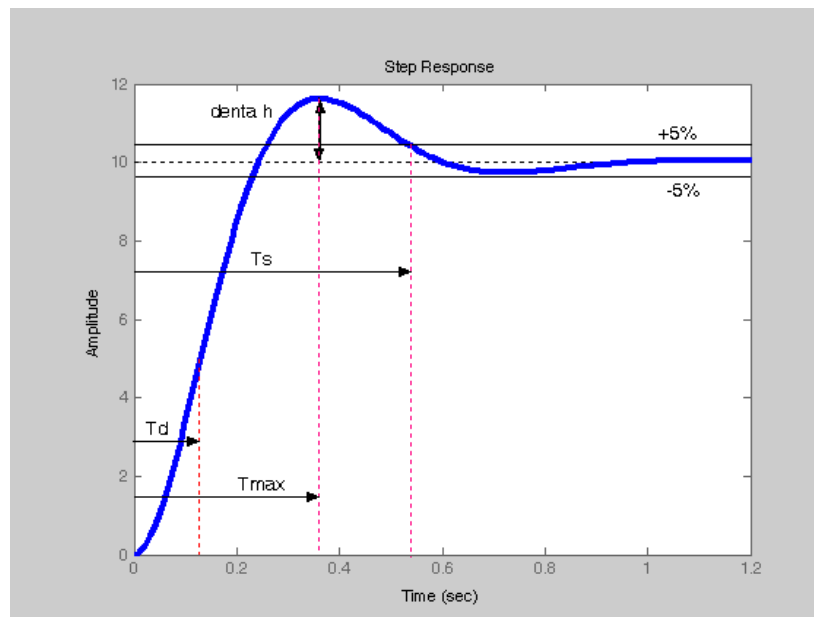
5.Đánh giá chất lượng hệ ở quá trình quá độ

Quá trình quá độ là giai đoạn hệ thống đang chuyển đổi từ trạng thái cũ sang một trạng thái mới mong muốn.

Chế độ xác lập là chế độ mà hệ thống đã đạt được trạng thái mới mong muốn.

Thông số (chỉ tiêu) của quá trình quá độ được thể hiện rõ nét qua hai đặc tính : **hàm quá độ $h(t)$** và **hàm trọng lượng $g(t)$** . Dựa vào hai đặc tính này ta tìm các chỉ tiêu chất lượng như :

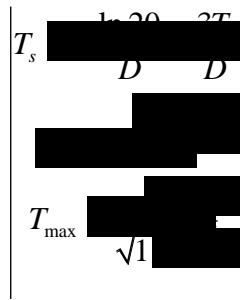
- -Thời gian giữ chậm T_d : được định nghĩa là từ thời điểm hệ thống bị kích thích đến thời điểm hệ thống đạt 50% giá trị trạng thái mới mong muốn
- -Thời gian tăng T_r : được định nghĩa là từ thời điểm hệ thống đạt 10% đến thời điểm hệ thống đạt 90% giá trị trạng thái mới mong muốn.
- -Độ quá điều chỉnh δ (độ quá điều chỉnh) : được định nghĩa là phần chênh lệch giữa giá trị cực đại của hàm quá độ và giá trị xác lập.
- -Thời gian quá độ T_s : được định nghĩa là từ thời điểm hệ thống nằm trong khoảng $\pm 5\%$ giá trị xác lập
- -Và hệ thống khi bị xung nó trở về trạng thái đầu hay không.



Như vậy ta phải vẽ được hai đặc tính trên để tính các tham số. Sử dụng các lệnh trong Matlab : **step, impulse**

Việc xác định thông số của quá trình quá độ chủ yếu ta phải dựa vào **hàm $h(t)$** . Trong một vài trường hợp ta có thể xác định được như sau :

- 1)Đối với hệ dao động bậc 2 có dạng : $G(s) = \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ ta có thể xác định được

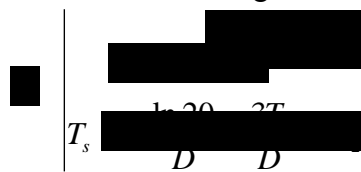


2) Đối với hệ kín có hàm hệ hở dạng :

$$G_h(s) = \frac{K}{T_1 s^2 + 2D s + 1}$$

va.. T_1

Thì hệ kín trên là hệ dao động bậc hai và các thông số xác định như sau :



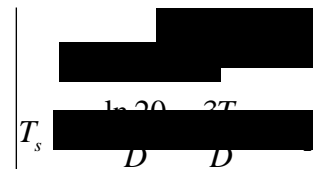
3) Đối với hệ kín có hàm hệ hở dạng :

$$G_h(s) = \frac{K}{T_s s^2 + 1}$$

Ở biểu đồ Bode của hệ hở ta có tần số cắt (tại tần số này độ khuếch đại là 0db) T_c . Do quá trình quá độ chỉ xuất hiện ở vùng tần số cao nên ta có thể xấp xỉ mô hình về dạng :

$$G_h(s) = \frac{K}{T_c s^2 + 1}$$

Tham số quá trình quá độ được xác định như sau :



Ví dụ 1 : cho hệ kín có hàm hệ hở : $G_h(s) = \frac{10}{0.2s^2 + 1}$

Sử dụng lệnh Matlab ta có :

```
sys=10/((0.1*s)^2+2*0.1*0.5*s+1)
```

Transfer function:

$$10$$

$$0.01 s^2 + 0.1 s + 1$$

```
>> step(sys)
```

```
>> step(sys)
```

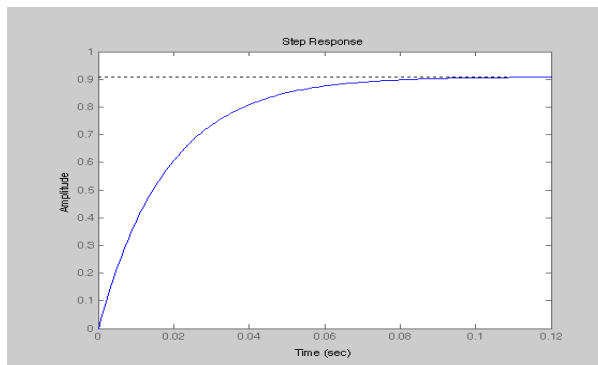
```
>> sys=(10/(0.2*s+1))/(1+10/(0.2*s+1))
```

Transfer function:

$$2 s + 10$$

$$0.04 s^2 + 2.4 s + 11$$

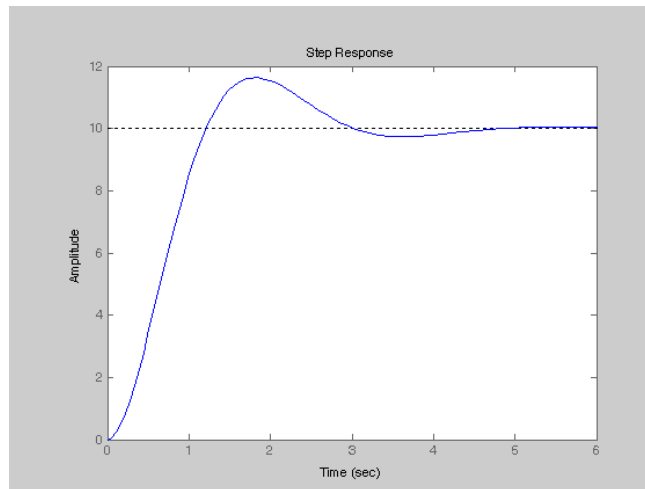
```
>> step(sys)
```



Nhìn vào đáp ứng ta thấy $T_d=0.01s$; $T_s=0.05s$ và không có quá điều chỉnh
Ví dụ 2 : Transfer function:

$$\frac{10}{0.25 s^2 + 0.5 s + 1}$$

step(sys)



Thông số của quá trình quá độ : $T_d=0.8s$; $T_s=3s$ và quá điều chỉnh là 15%.

6. Chỉ tiêu chất lượng hỗn hợp : sai lệch bám

Đây là chỉ tiêu phản ánh sai lệch điều khiển không những ở chế độ xác lập mà cả ở chế độ quá độ. đồng thời nó cũng phản ánh năng lượng điều khiển. sai lệch $e(t)=1(t)-h(t)$

1. Nếu hàm $h(t)$ không có quá điều chỉnh thì ta dùng chỉ tiêu $j_0 \int_0^{\infty} e(t) dt$ ứng với sai lệch tĩnh và thời gian quá độ nhỏ nhất.

2. Nếu hàm $h(t)$ có quá điều chỉnh thì ta dùng tiêu chuẩn tích phân trị tuyệt đối của sai lệch IAE $j_1 \int_0^{\infty} |e(t)| dt$: J_1 đạt cực tiểu khi thời gian quá độ, độ quá điều chỉnh, sai lệch tĩnh là bé nhất

3. Chỉ tiêu tích phân bình phương sai lệch ISE : $j_2 \int_0^{\infty} e^2(t) dt$: tiêu chuẩn này thường dùng đối với hệ thích nghi

4. ngoài ra ta còn có các chỉ tiêu khác

$$-ITAE : j_3 \int_0^{\infty} |e(t)| dt$$

$$-ITSE : j_4 \int_0^{\infty} e^2(t) dt$$

2.3.4 Quan hệ giữa chất lượng hệ thống với vị trí điểm cực điểm không của HTĐ

1. Một số kết luận chung

Nếu một hệ SISO được mô tả dưới dạng mô hình ZPK thì ta có thể có một số kết luận chung như sau :

- Nếu tất cả các điểm cực nằm bên trái trục ảo thì hệ ổn định
- Các điểm cực càng xa trục ảo về bên trái thì quá trình quá độ của hệ càng ngắn tức tính quán tính của hệ nhỏ
- Nếu có một điểm không nằm trên trục thực thì quá trình quá độ có dạng dao động, điểm cực càng xa trục thực thì tần số dao động càng lớn
- Nếu có một điểm cực là gốc tọa độ thì hệ chứa thành phần tích phân và do đó tín hiệu ra luôn thay đổi khi tín hiệu vào còn khác không
- Hệ có điểm không là gốc tọa độ thì hệ mang hành vi vi phân. hệ này phản ứng rất nhanh với sự thay đổi của tín hiệu vào
- Nếu $G(s)$ là hàm hợp thức không chặt ($n=m$) thì $h(t)$ không xuất phát từ gốc tọa độ
- Nếu $G(s)$ là hàm hợp thức chặt ($n>m$) thì $h(t)$ xuất phát từ gốc tọa độ
- Căn cứ vào các điểm cực, điểm không ta có thể biết được hệ có tồn tại quá điều chỉnh hay không, khâu thông tần hay hệ pha cực tiểu.

2. Phân tích bằng phương pháp quỹ đạo nghiệm số

Ta thấy rằng mức độ ổn định và đặc tính quá độ của một hệ kín liên quan trực tiếp đến vị trí phân bố nghiệm của phương trình đặc trưng. Khi ta thay đổi thông số của hệ thì dẫn đến vị trí nghiệm cũng thay đổi. Do vậy muốn có vị trí phân bố nghiệm thích hợp, tức muốn có mức độ ổn định và đặc tính quá độ mong muốn thì ta phải thay đổi thông số của hệ một cách thích hợp. Phương pháp quỹ đạo nghiệm số giúp chúng ta điều đó.

Phương pháp quỹ đạo nghiệm số là phương pháp phân tích chất lượng hệ kín dựa trên đường biểu diễn nghiệm của hàm sai lệch phản hồi hay mẫu của hàm truyền đạt kín : $F(s)$

Nhưng ở mục này ta chỉ qua quỹ tích nghiệm để xác định hệ kín ổn định trong khoảng nào của tham số bộ điều khiển. Còn phân thiết kế bộ điều khiển bằng phương pháp quỹ đạo nghiệm số ta nghiên cứu ở mục sau

+Ta xét một hệ có TF hệ hở như sau : $G_0(s)=R(s)S(s)$

với $R(s)=KR'(s)$: là HTĐ của bộ điều khiển với K là tham số thay đổi

Ta có Mô hình hệ kín $G(s)=R(s)S(s)/[1+ R(s)S(s)]$

Và ĐTĐT (hàm sai lệch phản hồi) là $F(s)= [1+ R(s)S(s)]$. Tập hợp các điểm nghiệm của PTĐT là quỹ đạo nghiệm số. **Ta có 5 quy tắc để xây dựng quỹ đạo nghiệm số như sau :**

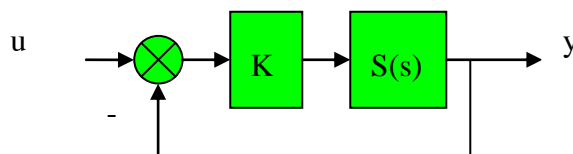
- 1. QĐNS có dạng đối xứng qua trục thực
- 2. QĐNS có n nhánh. Các nhánh này đều bắt đầu từ điểm cực(p_i) của G_0 khi $K=0$ sẽ có m nhánh kết thúc tại điểm không(q_i) của G_0 khi $K=VC$.
- 3. QĐNS có n-m nhánh kéo ra VC khi K tiến tới VC
- 4. ĐNS có n-m nhánh kéo ra VC đều có đường tiệm cận. Các đường tiệm cận đó cùng cắt trục thực tại một điểm :

■
$$\sigma_0 = \frac{\sum p_i - \sum q_i}{n - m}$$
 và hợp với trục thực một góc $\pm \frac{2l}{n - m}$

- 5. Giao điểm của QĐNS với trục ảo là nghiệm của tổng các phần thực =0 và tổng các phần ảo bằng 0 từ đây ta xác định được giới hạn của tham số K

Các lệnh Matlab được sử dụng lệnh **rlocus, rlocfind**

Ví dụ : cho hệ có sơ đồ cấu trúc như sau :



Với $S(s) = \frac{10}{s^2 + 10s + 10}$, như vậy hàm sai lệch phản hồi là :

$$F(s) = 1 + \frac{10}{s^2 + 10s + 10}$$
. Sử dụng lệnh Matlab ta có

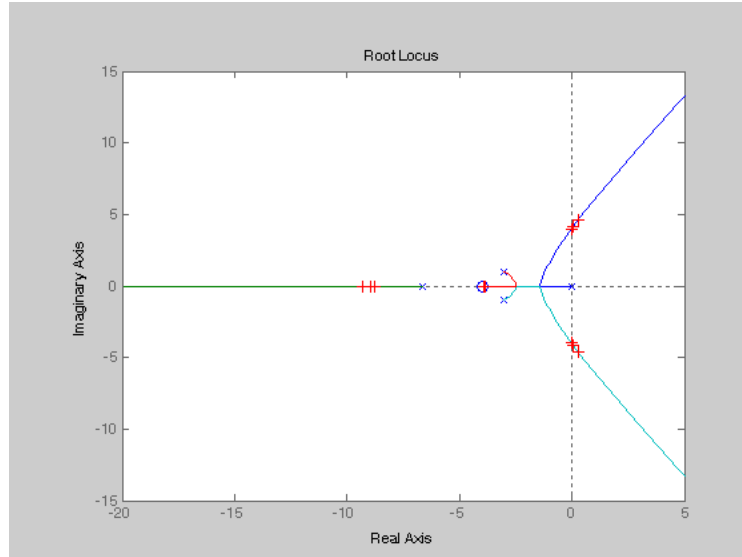
sys=10*(s+4)/(s*(s^2+6*s+10)*(0.15*s+1)) Transfer function:

$$\frac{10s + 40}{0.15s^4 + 1.9s^3 + 7.5s^2 + 10s}$$

```

>> rlocus(sys)
>> rlocfind(sys)
Select a point in the graphics window
selected_point = 0.0533 + 4.1460i
ans : k = 2.2218

```



Như vậy $k < 2$ thì hệ ổn định. Và khi k thay đổi ta cũng đánh giá được bản chất động học của hệ thay đổi như thế nào theo chiều dịch chuyển của quỹ đạo nghiệm số.

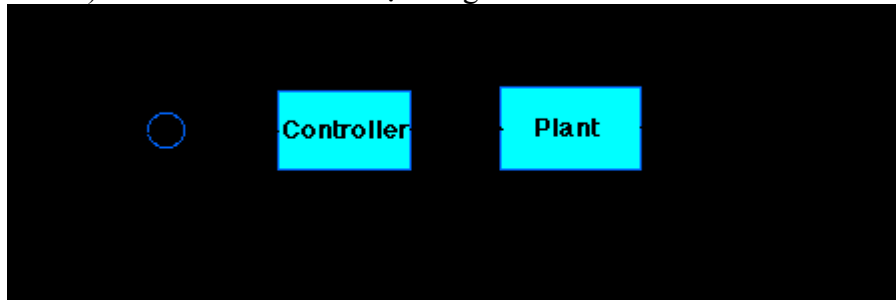
2.3.5 Phân tích tính bền vững (Sinh viên tự nghiên cứu tài liệu)

2.4 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

2.4.1 Xác định tham số cho bộ điều khiển PID

1. PID là viết tắt của Proportional-Integral-Derivative control

Phần này sẽ giới thiệu đặc tính kỹ thuật của các khâu tỷ lệ (Proportional) P, khâu tích phân (integral) I và khâu vi phân (derivative) D. Ta có sơ đồ khối hệ thống như sau :



Plant: đối tượng điều khiển
 Controller: bộ điều khiển

Từ sơ đồ ta thấy biến đầu vào e là sai số điều khiển, hiệu của tín hiệu đặt R và tín hiệu ra thực tế Y . Sai số e sẽ được đưa tới bộ PID và bộ điều khiển tính toán cả tích phân và vi phân của tín hiệu sai số. Tín hiệu ra của bộ điều khiển u bao gồm K_p (hệ số khuếch đại tỷ lệ) nhân với độ lớn sai số cộng với K_i (hệ số khuếch đại khâu tích phân) nhân với tích phân sai số cộng với K_d (hệ số khuếch đại khâu vi phân) với vi phân sai số.

Tín hiệu u được gửi tới điều khiển đối tượng và nhận được tín hiệu ra mới. Tín hiệu ra mới này được phản hồi trở về để xác định sai số mới. bộ PID sử dụng tín hiệu sai số mới này để tính toán ra tín hiệu u . quá trình cứ tiếp tục. Nói một cách hình tượng là một tập thể hoàn hảo có 3 cá tính :

- - Phục tùng và thực hiện chính xác mệnh lệnh được giao (P)

- Làm việc và có tích lũy kinh nghiệm để thực hiện tốt nhiệm vụ (I)
 - Luôn có sáng kiến và phản ứng nhanh nhạy với sự thay đổi tình huống trong quá trình thực hiện nhiệm vụ (D)
- Hàm toán mô tả bộ điều khiển :

$$u(t)$$

Trong đó $u(t)$ là tín hiệu ra, $e(t)$ là sai lệch điều khiển là tín hiệu vào, k_p là hệ số khuếch đại và các hằng số thời gian tích phân và vi phân

- Nếu sai lệch e lớn thì tín hiệu ra lớn nhờ bộ P
- Nếu sai lệch e nhỏ biến đổi chậm trong thời gian dài nhờ khâu tích phân mà bộ điều khiển vẫn phát hiện ra
- Nếu tốc độ sai lệch lớn thì bộ vi phân sẽ phản ứng kịp thời chống lại sự thay đổi đó.
- Hàm truyền đạt của bộ điều khiển PID có thể được biểu diễn dạng sau :

$$R(s) = K_p(1 + 1/(T_i s) + T_d s)$$

Hoặc

- K_p = Proportional gain
- K_I = Integral gain
- K_d = Derivative gain

Khâu tỷ lệ (proportional) có tác dụng làm giảm thời gian tăng T_r (rise time) và sai số ở trạng thái xác lập (steady state error) (không bao giờ khử được sai số). khâu tích phân (integral) khử được sai số ở trạng thái xác lập nhưng có thể làm xấu đường cong đáp ứng. Khâu vi phân (derivative) có tác dụng tăng tính ổn định của hệ thống, giảm quá điều chỉnh và cải tiến dạng đường cong đáp ứng.

-Nhiệm vụ của bài toán thiết kế là xác định các tham số của bộ PID

2. Các phương pháp xác định tham số của bộ PID :

Bao gồm các phương pháp sau :

- Phương pháp Ziegler-Nichols
- Phương pháp Chien-Hrones-Reswick
- Phương pháp tổng T của Kuhl
- Phương pháp tối ưu độ lớn và tối ưu đối xứng
- Phương pháp tối ưu theo độ lệch bám

3. Phương pháp Ziegler-Nichols

Ziegler-Nichols đưa ra hai phương pháp thực nghiệm xác định tham số bộ PID :

A. Phương pháp thứ nhất :

Đây là phương pháp xác định tham số bộ PID cho đối tượng điều khiển là khâu quán tính bậc nhất

có trễ có hàm truyền đạt như sau : $S(s) = \frac{1}{1 + T_1 s} e^{-T_2 s}$.

Để nắm bắt được phương pháp ta xét ví dụ sau :

Cho đối tượng điều khiển là một khâu quán tính bậc nhất có trễ $G(s) = \frac{10}{0.5s + 1} e^{-s}$

Xác định tham số bộ PID theo phương pháp trên.

Để giải quyết bài toán ta có thể xác định các thông số của đối tượng như hệ số khuếch đại $k=10$, hằng số thời gian trễ $3s$ và hằng số thời gian quán tính $0.5s$ từ mô hình toán hoặc kiểm nghiệm trên đặc tính quá độ của nó.

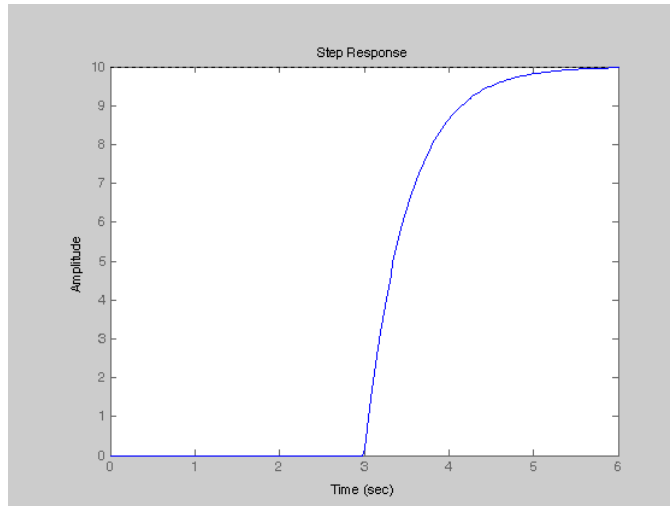
■ Sử dụng Matlab xây dựng hàm $h(t)$ của đối tượng điều khiển :
 $h = \text{tf}([10], [0.5 \ 1])$ Transfer function:

$$\frac{10}{0.5s + 1}$$

```
>> set(h,'IOdelay',3)
>> h=tf(h) Transfer function:
```

$$\exp(-3*s) * \frac{10}{0.5s + 1}$$

```
>> step(h)
```



■ Từ đó ta xác định tham số bộ điều khiển theo các giá trị trên

-Nếu R_s $\frac{1}{kL} = \frac{1}{10*3}$

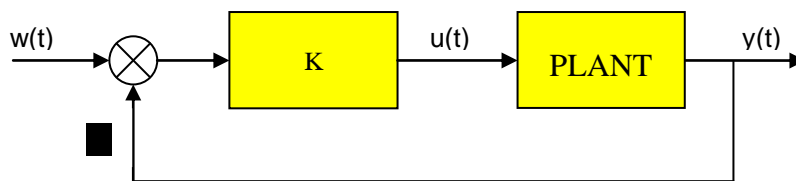
-Nếu R_s $\frac{0T}{kL} = \frac{10}{3}$

-Nếu R_s $\frac{T}{2}$

B.Phương pháp thứ 2 :

Phương pháp này không sử dụng mô hình toán học của đối tượng. Nó có nội dung như sau :

-Thay bộ PID bằng bộ khuếch đại như sơ đồ



-Tăng hệ số khuếch đại tới giá trị tới hạn sao cho hệ đạt trạng thái ở biên giới ổn định

-Xác định giá trị $k_{th}; T_{th}$ từ đây ta xác định tham số bộ PID như sau :

-Nếu R_s $\frac{1}{2}$

-Nếu R_s $\frac{10}{3}$

-Nếu R_s $\frac{10}{2}$

Ví dụ : cho hệ có đối tượng ĐK : $S \frac{10}{s^2}$

Sử dụng Matlab ta tính được $k_{th} = \frac{20.4}{10}$ thì hệ ở biên giới ổn định :

$$\text{sys} = 20.4 * (s+4) / (s * (s^2 + 6*s + 10) * (0.15*s + 1))$$

Transfer function:

$$\frac{20.4 s + 81.6}{0.15 s^4 + 1.9 s^3 + 7.5 s^2 + 10 s}$$

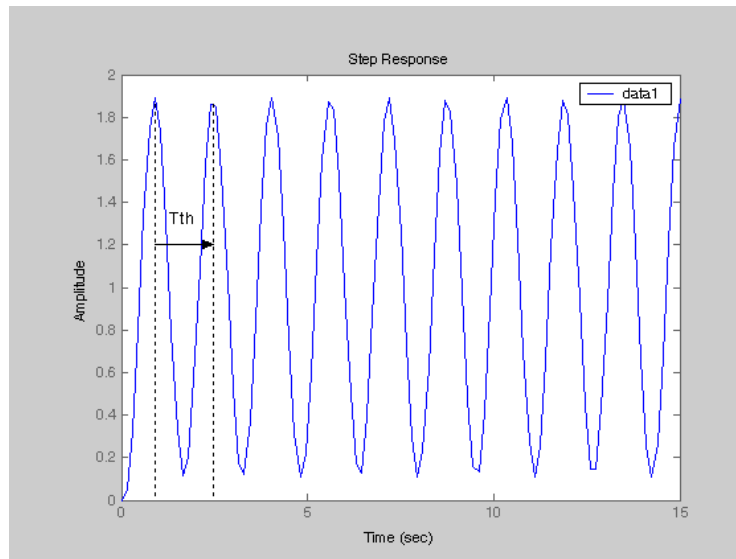
>> sys1 = sys / (1 + sys)

Transfer function:

$$3.06 s^5 + 51 s^4 + 308 s^3 + 816 s^2 + 816 s$$

$$0.0225 s^8 + 0.57 s^7 + 5.86 s^6 + 34.56 s^5 + 145.3 s^4 + 458 s^3 + 916 s^2 + 816 s$$

>> step(sys1)



Từ đáp ứng ta xác định được $T_{th} = 1.2s$

Vậy ta có thể chọn tham số bộ PID theo các công thức trên.

4. Phương pháp Chien-Hrones-Reswick

Với giả thiết đối tượng ổn định, hàm $h(t)$ không có dao động và hình chữ S. và phương pháp này thích hợp với các đối tượng quán tính bậc cao có HTD $S = \frac{1}{1 + a s}$ và thỏa mãn $b/a > 3$. phương pháp

đưa ra 4 cách xác định tham số bộ điều khiển như sau :

A. Yêu cầu hệ tối ưu theo nhiễu, hệ kín không có quá điều chỉnh

-Nếu $R = \frac{2k}{10ak}$

-Nếu $R = \frac{6k}{10ak}$

-Nếu $R = \frac{12k}{50k}$

B. Yêu cầu tối ưu theo nhiễu, hệ kín có quá điều chỉnh không vượt quá 20%

-Nếu $R = \frac{7k}{10ak}$

-Nếu $R = \frac{7k}{10ak}$

-Nếu $R = \frac{21k}{50k}$

C. Yêu cầu tối ưu theo tín hiệu đặt trước, hệ kín không có quá điều chỉnh

-Nếu R_s [redacted] $10ak$

-Nếu R_s [redacted] $20ak$ 5

-Nếu R_s [redacted]

D.Yêu cầu tối ưu theo tín hiệu đặt trước, hệ kín có quá điều chỉnh không vượt quá 20%

-Nếu R_s [redacted] $10ak$

-Nếu R_s [redacted] ak

-Nếu R_s [redacted] 20 100

Ví dụ cho hệ có đối tượng S_s [redacted] $0.2s$

Ta xác định hàm $h(t)$ của đối tượng :

$sys=12/(1.2*s+1)^5$

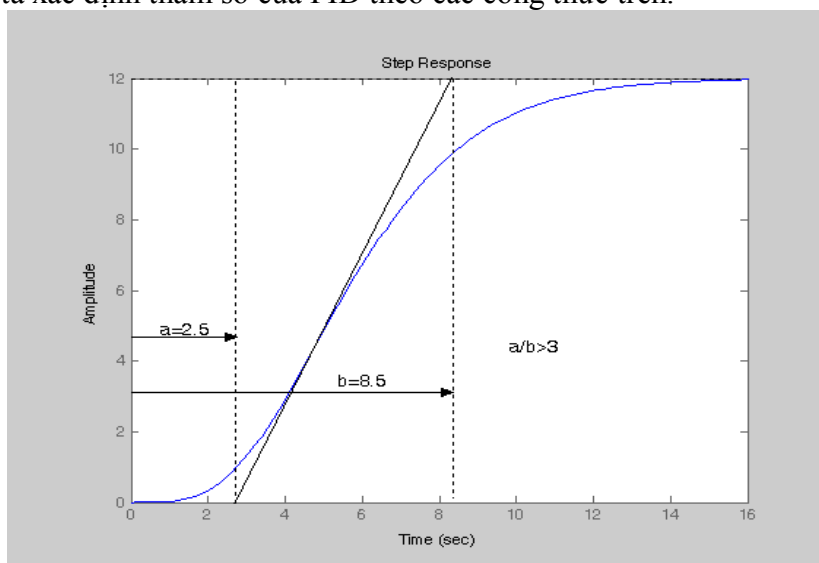
Transfer function:

12

$2.488 s^5 + 10.37 s^4 + 17.28 s^3 + 14.4 s^2 + 6 s + 1$

>> step(sys)

Dựa vào đáp ứng ta xác định tham số của PID theo các công thức trên.



5.Phương pháp tổng T của Kuhl

-Phương pháp này áp dụng cho các đối tượng có hàm truyền đạt dạng :

S_s [redacted] và để $h(t)$ có dạng hình chữ S thì phải thỏa mãn điều

kiện để hệ không có dao động : T_1' [redacted] đồng thời T_1' [redacted].

Lúc này ta có : A [redacted] từ đó ta có T [redacted] và ta xác định tham số của bộ PID

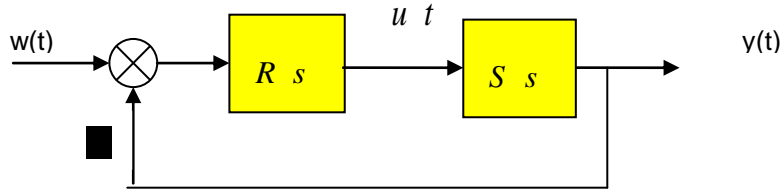
theo T tổng và k như sau :

-Nếu R_s [redacted] $2k$ 2

-Nếu $R(s)$ [redacted] [redacted]

6. Phương pháp tối ưu độ lớn

Cho hệ thống như sơ đồ 2.105 trang 181 có HTĐ : $G(s) = \frac{K}{s(1+Ts)}$



Mong muốn đáp ứng ra của hệ thống $y(t)$ giống như tín hiệu vào $w(t)$ tại mọi điểm tần số hoặc ít ra trong thời gian quá độ $y(t)$ càng bám $w(t)$ càng tốt. Nói một cách khác nếu bộ điều khiển $R(s)$ mang lại cho hệ thống chất lượng : $|G(j\omega)|$ thì gọi là bộ điều khiển tối ưu độ lớn. Trong thực tế điều này khó thỏa mãn nên chỉ cần $|G(j\omega)|$ trong dải tần thấp có độ rộng càng lớn càng tốt, thì $R(s)$ được gọi là bộ điều khiển tối ưu độ lớn. Điều đó có nghĩa : L trong miền tần số lớn nhất. Phương pháp này chủ yếu dựa vào mô hình toán học của đối tượng điều khiển.

A. Đối tượng điều khiển là khâu quán tính bậc nhất :

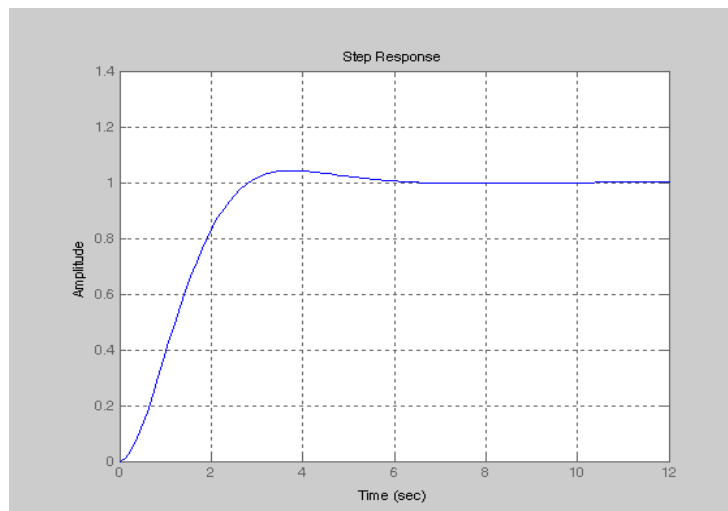
HTĐ : $S(s) = \frac{1}{Ts}$ có bộ điều khiển tối ưu độ lớn :

-Nếu $R(s) = K$

-Ví dụ cho $S(s) = 2/(1+0.6s)$ thì bộ điều khiển tối ưu độ lớn sẽ là

$R(s) = 1/(2.4s)$ vậy hàm truyền đạt của hệ thống sẽ là $G(s) = \frac{2}{1+0.6s} \cdot \frac{1}{2.4s} = \frac{1}{1.2s(1+0.6s)}$ sử dụng

Matlab ta có hàm $h(t)$:



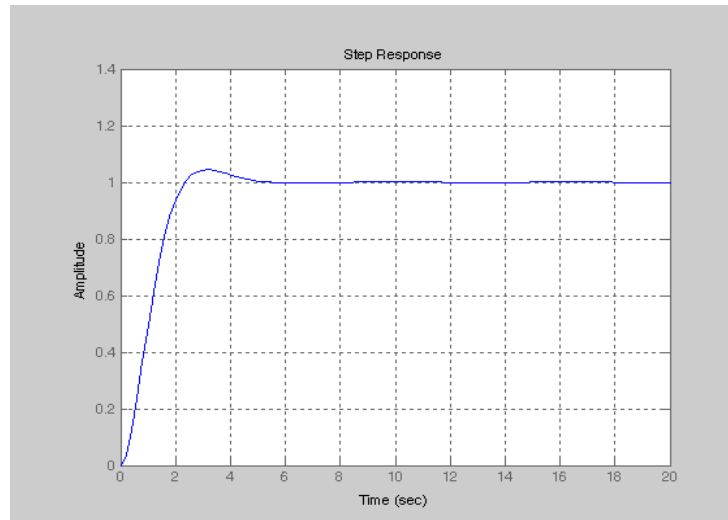
B. điều khiển đối tượng quán tính bậc 2

HTĐ : $S(s) = \frac{k}{s(1+T_1s)(1+T_2s)}$ có bộ điều khiển tối ưu độ lớn PI :

$R(s) = \frac{2kT_2}{s(1+2s)}$

-Ví dụ cho $S(s) = 3/((1+2s)(1+0.5s))$ có bộ điều khiển là $R(s) = 0.67(1+1/2s)$

sẽ có hàm $h(t)$:



C.điều khiển đối tượng quán tính bậc 3

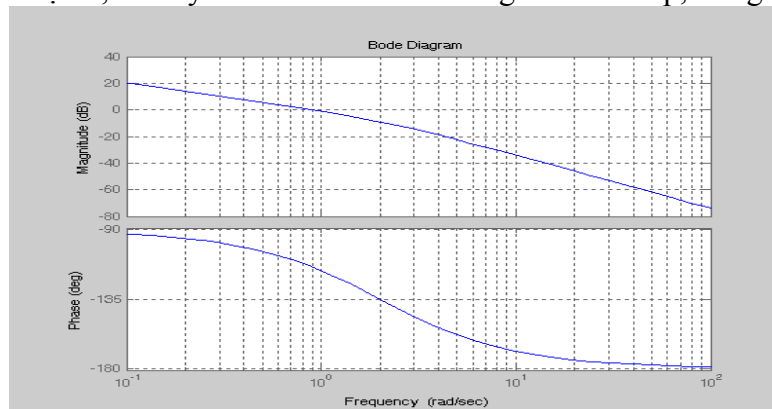
HTĐ : $S \frac{k}{I_1 s^3}$ có bộ điều khiển tối ưu độ lớn PID :

$R \frac{T_1 T_2 s^2 + T_3 s + 1}{I_1 s^3}$

7.Phương pháp tối ưu đối xứng

A.Ý tưởng phương pháp :

Theo đồ thị bode của hệ hở, ta thấy có thể chia làm ba vùng tần số : thấp, trung bình và cao, rất cao :



-Vùng tần số thấp đặc trưng cho chất lượng hệ thống làm việc với tín hiệu một chiều (chế độ xác lập) nên ta có thể bỏ qua

-Vùng tần số rất cao đặc trưng cho chất lượng hệ thống bị ảnh hưởng của nhiễu nên ta có thể bỏ qua

-Vùng tần số trung bình và cao là vùng có ảnh hưởng quyết định tới chất lượng động học của hệ thống. Người ta nhận thấy rằng vùng này được đặc trưng bởi tần số cắt ω_c , tần số gây ω_g , độ nghiêng của đặc tính trong vùng tần số gây và độ lớn khoảng cách vùng tần số gây. Và để có chất lượng tốt nhất thì đồ thị bode trong vùng này phải có : tần số cắt phải ở giữa hai tần số gây, khoảng cách đo

trong hệ trục tọa độ của đồ thị bode là $a = \frac{\omega_g}{\omega_c}$ phải $1 < a < 4$ thì hệ dao động tắt dần

B.điều khiển đối tượng tích phân-quán tính bậc nhất

HTĐ : $S \frac{k}{s(I_1 s)}$ có bộ điều khiển tối ưu đối xứng là bộ PI :

$R \frac{k_p s + k_i}{s(I_1 s)}$ với tham số xác định như sau :

-Xác định $a = \frac{1}{kT_1\sqrt{a}}$ trong đó k là độ quá điều chỉnh được cho trước

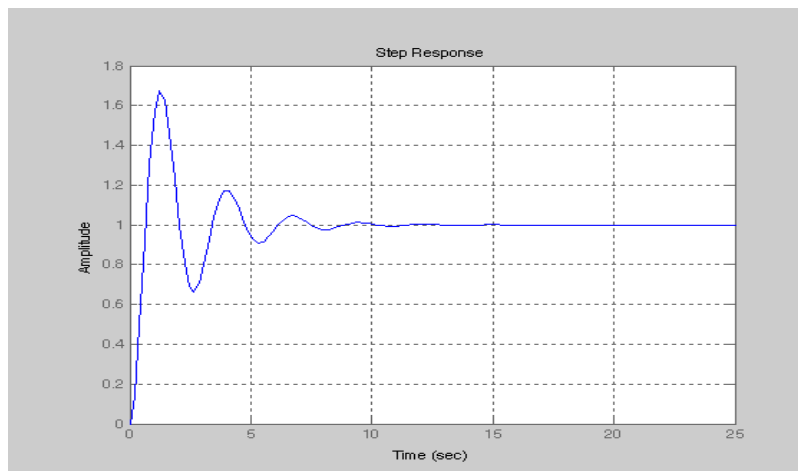
-Tính $T_I = aT_1$

-Tính $k_p = \frac{1}{kT_1\sqrt{a}}$

-Ví dụ : cho $S(s) = 2/(s(1+0.3s))$, bộ điều khiển $R(s) = k_p(1+1/T_I s)$

Ta chọn $a=2$ ta có $k_p=1,18$ và $T_I=0.6$

Ta có hàm $h(t)$:



C.điều khiển đối tượng tích phân-quán tính bậc hai

HTĐ : $S = \frac{k}{s^2 T_I s}$ có bộ điều khiển tối ưu đối xứng PID :

$R = \frac{1}{s} \left(k_p + \frac{k_i}{s} + \frac{k_d s}{T_I} \right)$

Tham số bộ điều khiển tối ưu đối xứng :

$$T_B = \frac{1}{kT_2\sqrt{a}}, \quad T_D = \frac{1}{kT_2\sqrt{a}}, \quad T_I = \frac{1}{kT_2\sqrt{a}}, \quad T_P = \frac{1}{kT_2\sqrt{a}}$$

2.4.2 Phương pháp điều khiển cân bằng mô hình

1.Thiết kế bộ điều khiển cân bằng hàm truyền đạt hệ hở

-Cho biết trước hàm $S(s)$ biết được đồ thị bode

-Từ chất lượng hệ thống theo yêu cầu ta biết được đồ thị bode mong muốn

-Từ hai đồ thị này ta xác định được đồ thị của $R(s)$ bằng cách trừ hai đồ thị trên cho

nhau $L_R = \dots$

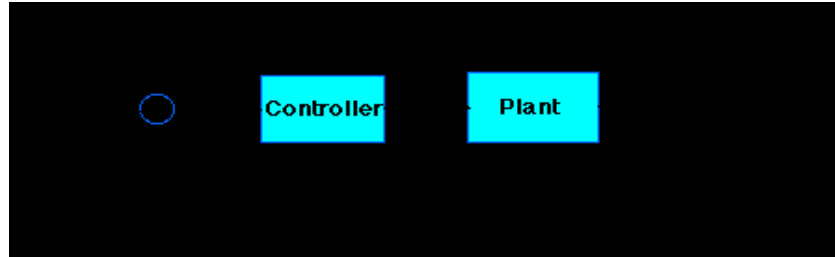
2.Thiết kế bộ điều khiển cân bằng HTĐ hệ kín : tự đọc trang 200

2.4.3 Sử dụng Matlab xác định tham số bộ PID

Cho đối tượng điều khiển có hàm truyền đạt dạng :



Ta có sơ đồ cấu trúc hệ thống như sau



Tham số của đối tượng điều khiển :

```
J=3.2284E-6;
b=3.5077E-6;
K=0.0274;
R=4;
L=2.75E-6;
```

Với yêu cầu chất lượng điều khiển như sau

- Settling time less than 0.04 seconds
- Overshoot less than 16%
- No steady-state error
- No steady-state error due to a disturbance

1) Khai báo mô hình bằng đoạn lệnh sau :

```
J=3.2284E-6;
b=3.5077E-6;
K=0.0274;
R=4;
L=2.75E-6;
num=K;
den=[(J*L) ((J*R)+(L*b)) ((b*R)+K^2) 0];
```

Hàm truyền đạt của bộ PID có thể triển khai như sau :

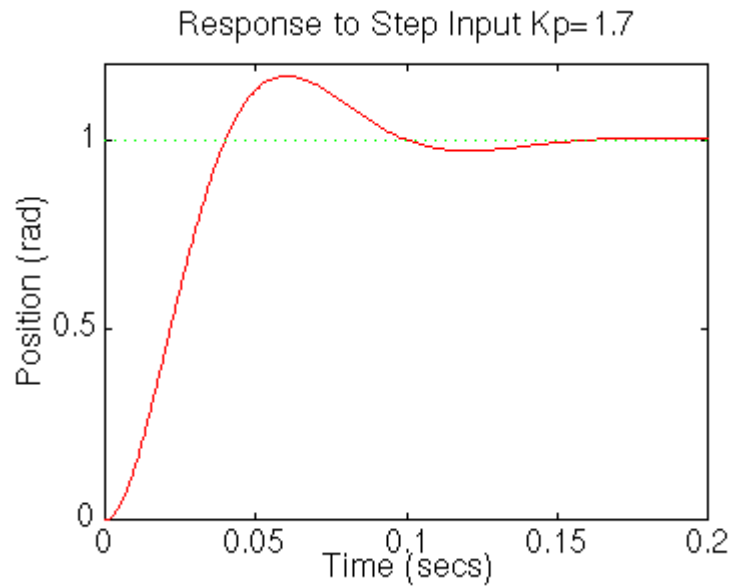


2) Đưa bộ điều khiển là khâu tỷ lệ thử phản ứng của hệ thống

Ta sử dụng bộ điều khiển là một khâu tỷ lệ có hệ số khuếch đại 1.7, sử dụng đoạn lệnh ta khảo sát hàm quá độ của hệ thống như sau :

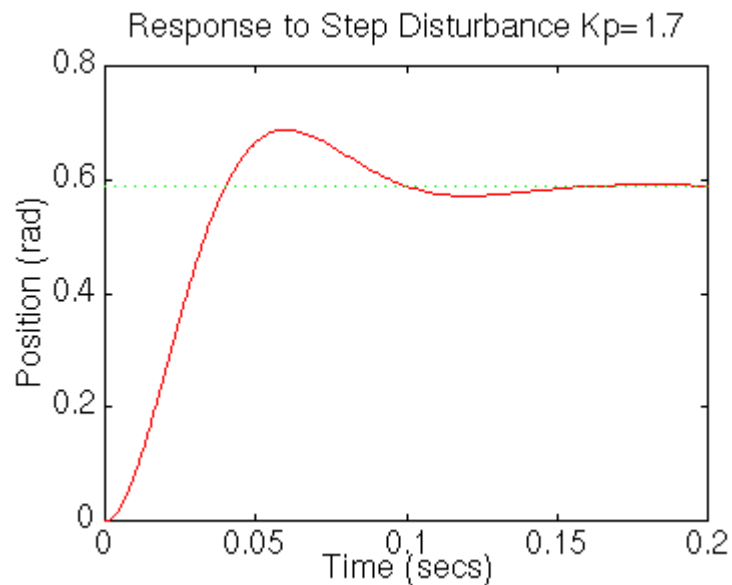
```
Kp=1.7;
numcf=[Kp];
dencf=[1];
numf=conv(numcf,num);
denf=conv(dencf,den);
[numc,denc]=cloop(numf,denf);
t=0:0.001:0.2;
step(numc,denc,t)
```

Kết quả ta được :



Bây giờ ta khảo sát hệ phản ứng với nhiễu nhờ đoạn lệnh sau :

```
numdcl=conv(numc,1);
dendcl=conv(denc,Kp);
step(numdcl,dendcl,t);
```



Kết quả ta thấy sai số ở trạng thái xác lập tương đối tốt, nhưng thời gian quá độ, độ quá điều chỉnh cũng như sai số ở trạng thái xác lập khi bị nhiễu tác động là tương đối lớn. ta phải cải thiện vấn đề này bằng cách đưa thêm khâu tích phân vào bộ điều khiển

3) Sử dụng bộ điều khiển là bộ PI

Khảo sát hệ bằng đoạn lệnh :

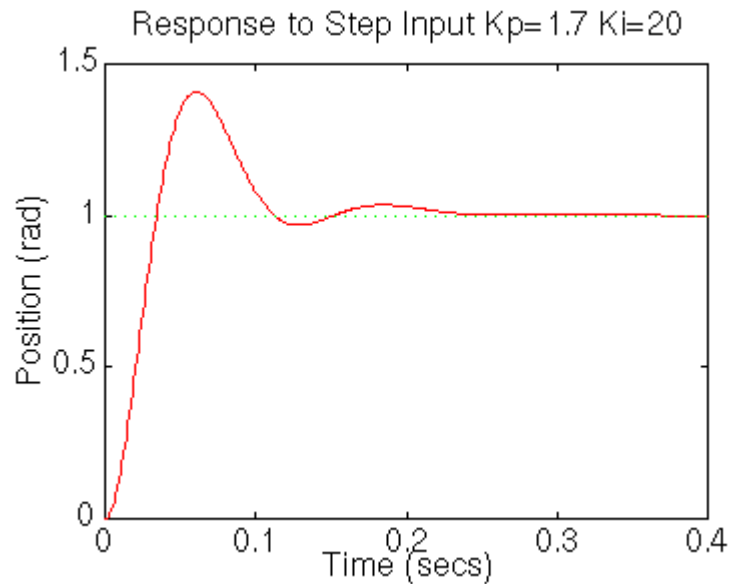
```
J=3.2284E-6;
b=3.5077E-6;
K=0.0274;
R=4;
L=2.75E-6;
num=K;
den=[(J*L) ((J*R)+(L*b)) ((b*R)+K^2) 0];
```

```

Kp=1.7;
Ki=20;
numcf=[Kp Ki];
dencf=[1 0];
numf=conv(numcf,num);
denf=conv(dencf,den);
[numc,denc]=cloop(numf,denf,-1);
t=0:0.001:0.4;
step(numc,denc,t)

```

Ta được :



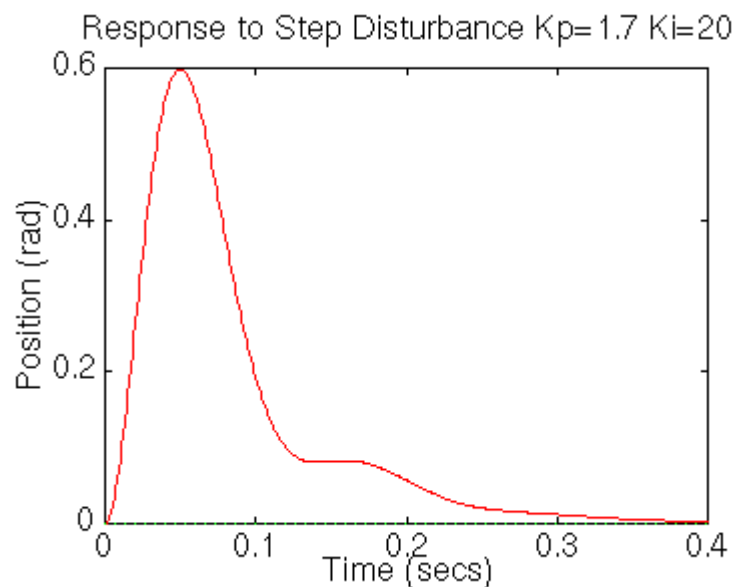
Sự phản ứng của hệ đối với nhiễu :

```

figure
numdcl=conv(numc,dencf);
dendcl=conv(denc,numcf);
step(numdcl,dendcl,t);

```

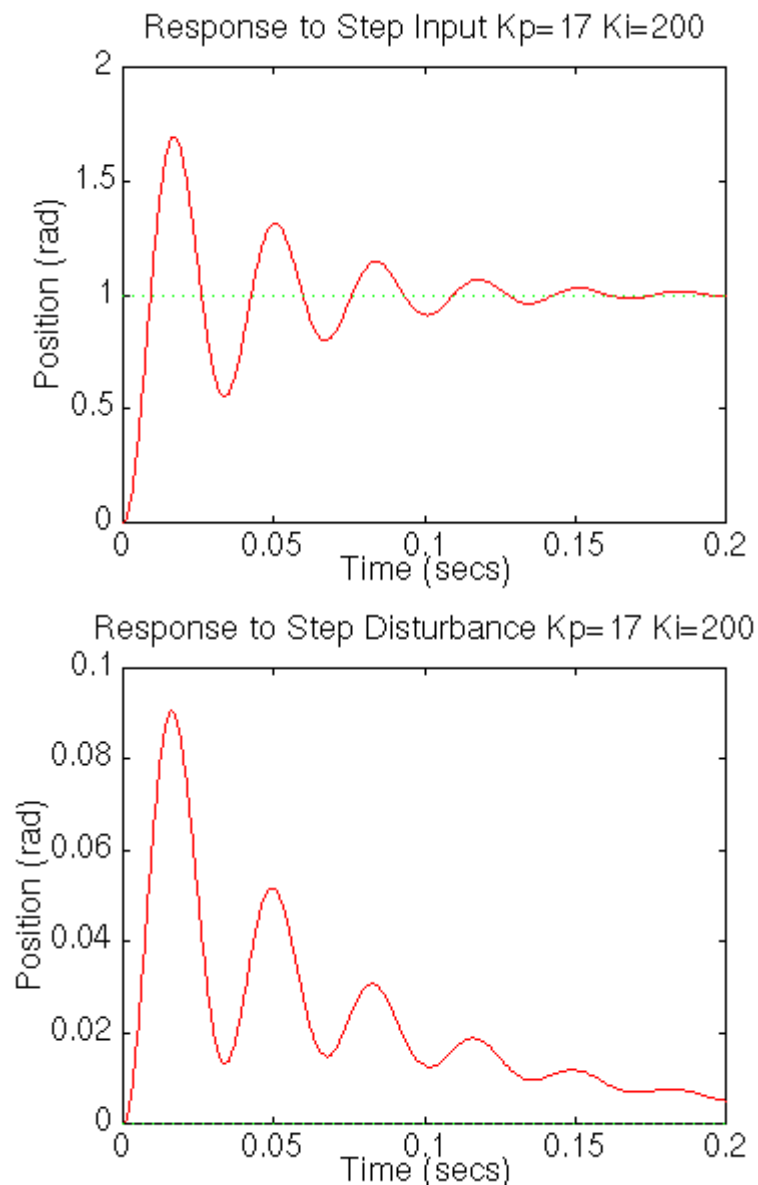
Ta có :



Như vậy khi đưa khâu tích phân vào, ta đã cải thiện được sai số ở trạng thái xác lập khi hệ thống bị nhiễu tác động, nhưng chưa cải thiện được độ quá điều chỉnh và thời gian quá độ

4) Sử dụng bộ điều khiển PID và chỉnh định thông số của nó

Để giảm thời gian quá độ, ta tăng hệ số khuếch đại $K_p=17$ và chọn $K_i=200$, khảo sát lại ta thấy :

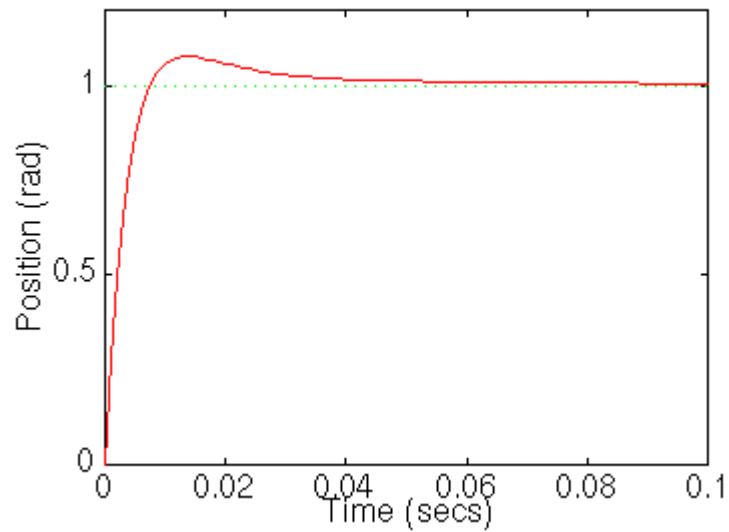


Đáp ứng của hệ có nhanh hơn, nhưng hệ dao động mạnh lên do K_i lớn quá. Bây giờ ta sử dụng bộ PID với các tham số như sau :

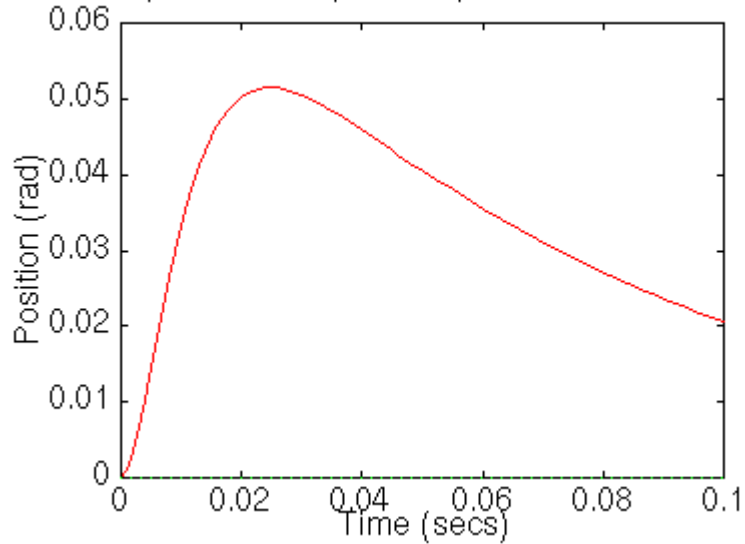
```
Kp=17;
Ki=200;
Kd=0.15;
numcf=[Kd Kp Ki];
dencf=[1 0];
numf=conv(numcf,num);
denf=conv(dencf,den);
[numc,denc]=cloop(numf,denf,-1);
t=0:0.001:0.1;
step(numc,denc,t)
```

Kết quả khảo sát ta được :

Response to Step Input $K_p=17$ $K_i=200$ $K_d=.15$



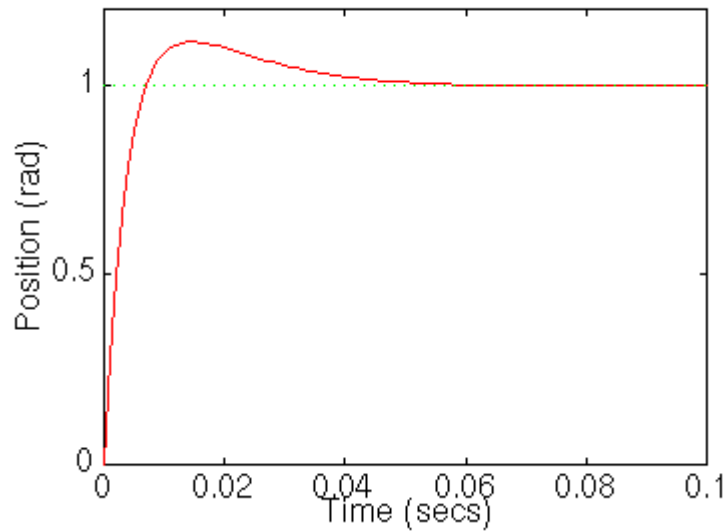
Response to Step Dist. $K_p=17$ $K_i=200$ $K_d=.15$



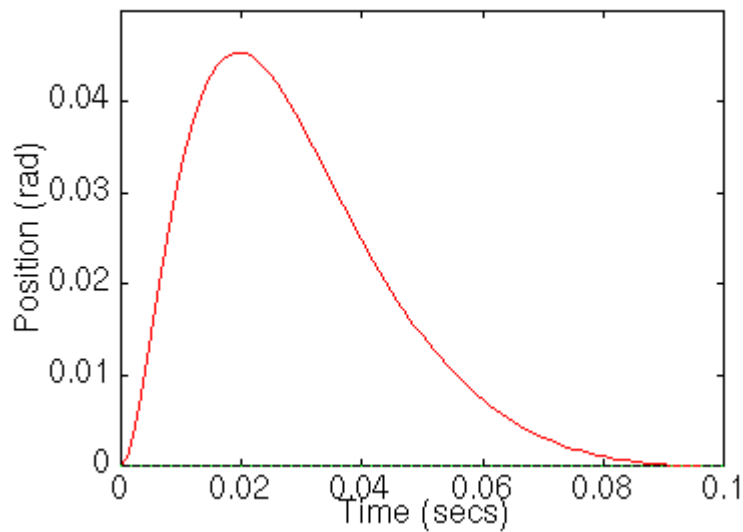
Kết quả đáp ứng của hệ đã tốt hơn rất nhiều. nhưng phản ứng với nhiễu vẫn còn chậm, do đó ta tăng $K_i=600$, khảo sát lại ta được kết quả đạt yêu cầu :

- Settling time less than 0.04 seconds
- Overshoot less than 16%
- No steady-state error
- No steady-state error due to a disturbance

Response to Step Input $K_p=17$ $K_i=600$ $K_d=.15$



Response to Step Dist. $K_p=17$ $K_i=600$ $K_d=.15$



Vậy bộ điều khiển PID thu được là

$$\begin{aligned} K_p &= 17, \\ K_i &= 600, \\ K_d &= .15, \end{aligned}$$

Chú ý : sự tương quan trên có thể không hoàn toàn chính xác, bởi vì các hệ số K_p , K_i , K_d phụ thuộc vào nhau. Thực tế, khi thay đổi giá trị của một hệ số có thể làm thay đổi tác dụng của hai hệ số kia. Bởi vậy bảng trên chỉ là tham khảo khi ta tiến hành xác định giá trị của các hệ số mà thôi.

CL RESPONSE	RISE TIME	OVERSHOOT	SETTLING TIME	S-S ERROR
K_p	Decrease	Increase	Small Change	Decrease
K_i	Decrease	Increase	Increase	Eliminate
K_d	Small Change	Decrease	Decrease	Small Change

Các bước tiến hành thiết kế bộ PID

Khi thiết kế bộ PID cho hệ thống, ta tiến hành theo các bước sau để có được đáp ứng mong muốn :

- 1) xây dựng đáp ứng hệ hở và xác định cần cải tiến (improved) cái gì
- 2) Đưa khâu tỷ lệ (proportional) vào để cải tiến thời gian tăng T_r (rise time)

3) Đưa khâu vi phân (derivative) vào để cải tiến (improved) độ quá điều chỉnh (overshoot)

4) Đưa khâu tích phân (integral) vào để khử (eliminate) sai số (steady state error)

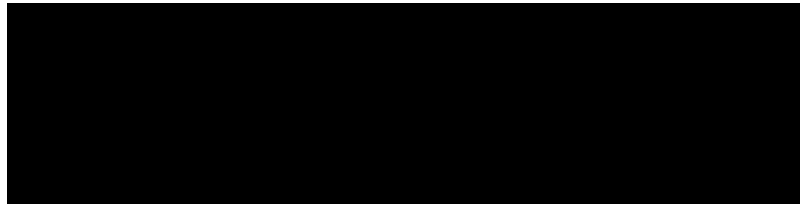
5) Chỉnh (adjust) K_p , K_i , K_d cho tới khi ta nhận được đáp ứng như mong muốn.

Cuối cùng, không nhất thiết hệ thống nào, bộ điều khiển cũng cần đầy đủ cả ba khâu. Tùy đặc điểm của hệ thống mà ta có thể chỉ sử dụng bộ điều khiển với khâu P hoặc PI hoặc PD hoặc PID

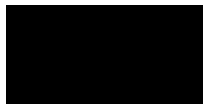
2.4.4 Thiết kế bộ điều khiển dùng QĐNS (Root Locus)

1. Nhắc lại khái niệm (closed loop poles)

Quỹ đạo nghiệm số (root locus) của hệ hở $H(s)$ là tập hợp các vị trí cực của hệ kín với hệ số khuếch đại K như sơ đồ cấu trúc :

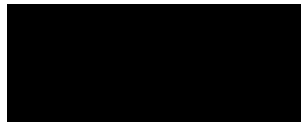


Hàm truyền đạt của hệ kín (closed loop) :



Và cực của hệ kín là nghiệm của phương trình $1 + K H(s) = 0$.

Nếu chúng ta viết $H(s) = b(s)/a(s)$, phương trình trên có thể viết :



Nếu $n =$ bậc của $a(s)$ and $m =$ bậc của $b(s)$ [bậc cao nhất của đa thức mà nó có]. Chúng ta chỉ xét các giá trị dương của K . Với mỗi giá trị của K , hệ kín có n điểm cực, quỹ đạo nghiệm số phải có n nhánh, mỗi nhánh bắt đầu từ điểm cực và kết thúc tại điểm không của $H(s)$. Nếu $n > m$ (số điểm cực lớn hơn điểm không) thì ta nói $H(s)$ có $n - m$ điểm không tại vô cùng. Như vậy ta sẽ có $n - m$ nhánh bắt đầu tại điểm cực và kết thúc tại vô cùng. Với quỹ đạo nghiệm số (root locus) có được, ta có thể chọn hệ số khuếch đại K sao cho hệ kín có điểm cực như mong muốn, thậm chí có thể thấy khâu bậc một hoặc bậc hai phụ thuộc vào một số điểm cực điển hình.

2 Xác định K của bộ điều khiển sử dụng quỹ đạo nghiệm số (root locus)

Để nắm được phương pháp, ta xét ví dụ sau :

Cho đối tượng điều khiển có hàm truyền đạt



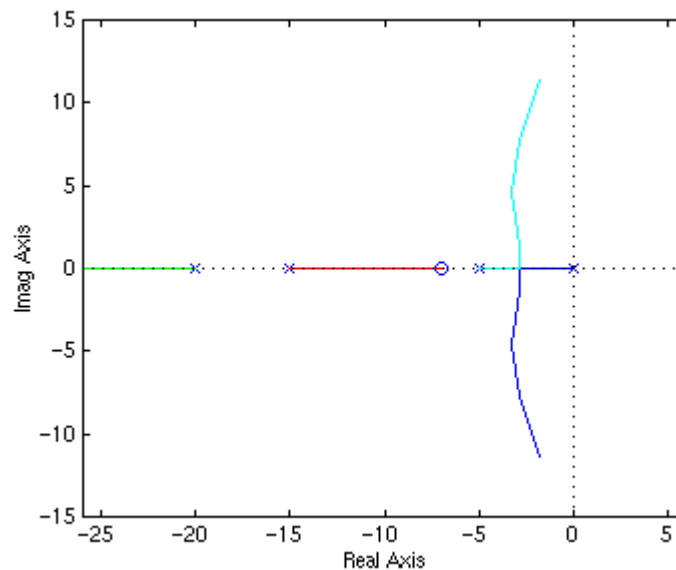
Ta phải tìm được hệ số khuếch đại của bộ điều khiển sao cho chất lượng quá độ phải thỏa mãn quá điều chỉnh (overshoot) không quá 5%, thời gian tăng T_r (rise time) không quá 1s. Để giải quyết bài toán này, ta có thể sử dụng quỹ đạo nghiệm số như sau :

1) Xây dựng quỹ đạo các điểm cực của hệ kín với hệ số khuếch đại K

```

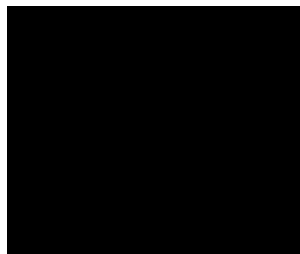
num=[1 7];
den=conv(conv([1 0],[1 5]),conv([1 15],[1 20]));
rlocus(num,den)
axis([-22 3 -15 15])

```



2) Chọn giá trị của K từ quỹ đạo nghiệm số sao cho thỏa mãn yêu cầu chất lượng của hệ.

Từ công thức



Trong đó

- ω_n =Natural frequency (rad/sec)
- ζ =Damping ratio
- T_r =Rise time
- M_p =Maximum overshoot

Với yêu cầu độ quá điều chỉnh không vượt quá 5% ta tính được hệ số suy giảm ■ phải lớn hơn 0.7;

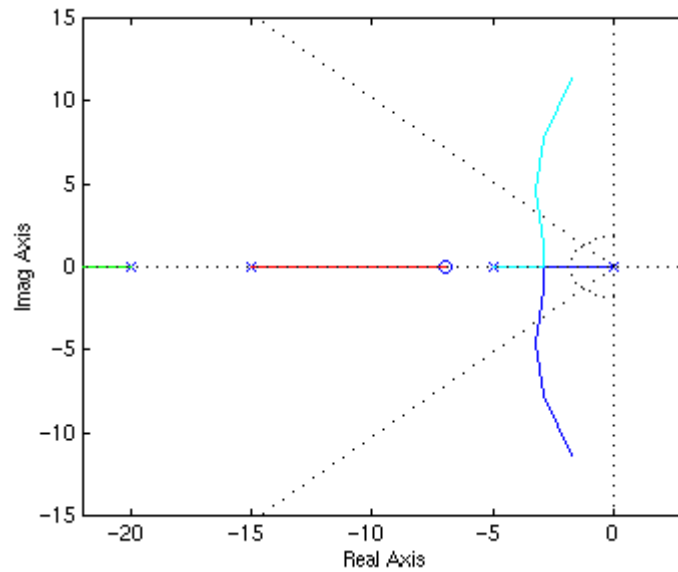
Thời gian tăng không vượt quá 1s ta có tần số tự nhiên ω_n phải lớn hơn 1.8 rad/s .

Ta sử dụng các lệnh Matlab sau để vẽ các đường hệ số suy giảm và tần số tự nhiên trên mặt phẳng s

```

zeta=0.7;
Wn=1.8;
sgrid(zeta, Wn)

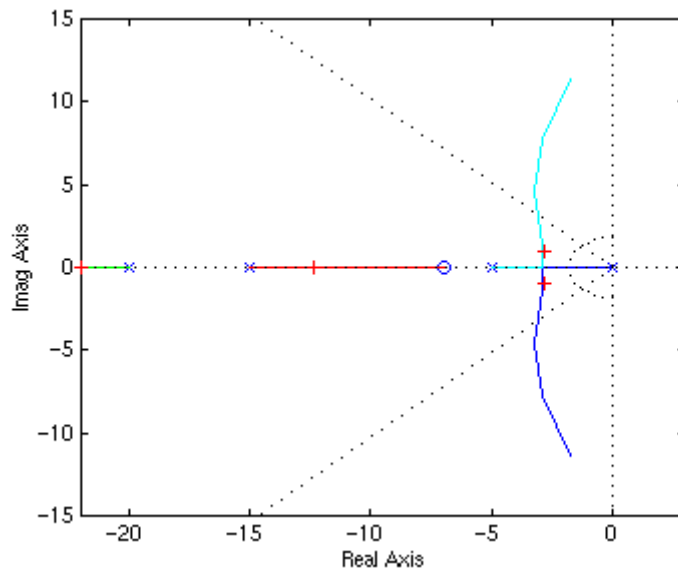
```



Ta thấy 2 đường thẳng nét chấm tạo thành góc 45° biểu diễn hệ số suy giảm σ ; phía trong hai đường là ζ ; phía ngoài hai đường ω_d . Nửa đường tròn nét chấm biểu diễn $\omega_n=1.8$ rad/s; phía trong đường tròn là $\omega_n < 1.8$ rad/s và ngoài đường tròn là $\omega_n > 1.8$ rad/s. Như vậy để thỏa mãn yêu cầu thiết kế, ta phải chọn các điểm cực ở phía ngoài đường tròn và phía trong hai đường thẳng như sau

$$[kd, poles] = rlocfind(num, den)$$

Nhấp chuột vào vùng thích hợp ta xác định được giá trị của K :

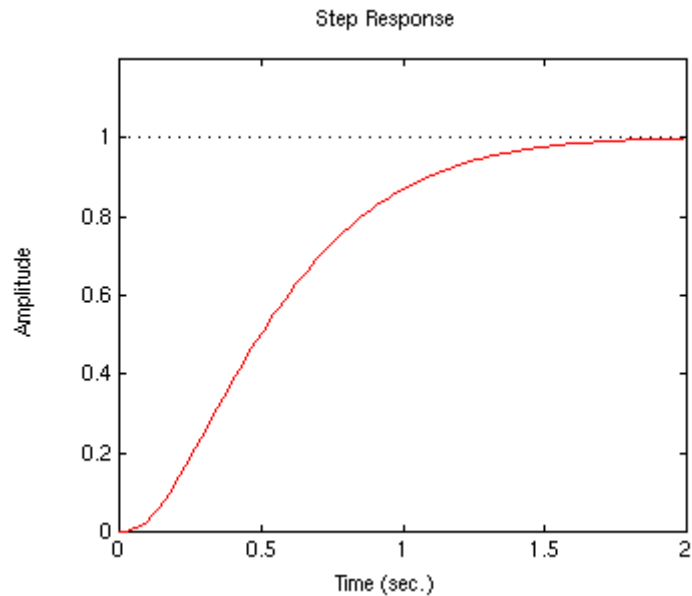


3) Khảo sát chất lượng hệ thống

Sau khi xác định được hệ số khuếch đại của bộ điều khiển ta khảo sát chất lượng hệ thống như sau

$$[numCL, denCL] = cloop((kd)*num, den)$$

$$\text{step}(numCL, denCL)$$



Kết quả như ta mong muốn là quá điều chỉnh nhỏ hơn 5% và thời gian tăng nhỏ hơn 1s.

2.4.5 Thiết kế bộ điều khiển sử dụng đáp ứng tần số (frequency response) - đồ thị Bode

1) Nhận xét :

-Phương pháp đáp ứng tần số (frequency response method) có thể ít trực quan hơn các phương pháp khác, nhưng nó sát với mô hình vật lý. Đáp ứng tần số của hệ thống có thể được biểu diễn bằng hai cách : đường cong Nyquist và đồ thị Bode. Cả hai đồ thị đều cho ta biết các thông tin như nhau, nhưng cách thể hiện khác nhau. Đáp ứng tần số là phản ứng của hệ thống với tín hiệu vào sin, biến thay đổi là tần số và tín hiệu ra có tần số giống tín hiệu vào nhưng khác về biên độ và pha. Đáp ứng tần số (frequency response) xác định sự khác nhau giữa biên độ và pha của tín hiệu ra so với tín hiệu vào. Trong phần này, ta sử dụng đáp ứng tần số của hệ hở để dự đoán hành vi của hệ kín.

-Để dự đoán hệ kín từ đáp tần số hệ hở, ta cần hoàn thành các nội dung sau :

- Hệ thống hở phải ổn định nếu dùng Bode để thiết kế.
- Nếu $W_{gc} < W_{pc}$ (gain cross over frequency < phase cross over frequency) thì hệ thống kín ổn định
- Đối với hệ thống quán tính bậc hai, hệ số suy giảm của hệ kín xấp xỉ bằng dự trữ pha trừ đi 100 nếu độ dự trữ pha từ 0-60 độ.
- Đối với hệ thống dao động bậc hai, quan hệ giữa hệ số suy giảm, W_{bw} , và thời gian quá độ T_s như sau :
- Để ước lượng gần đúng, ta cần chọn W_{bw} xấp xỉ bằng tần số tự nhiên W_n .
- Các công thức thiết kế có thể sử dụng như sau :

2) Nội dung thiết kế thể hiện qua ví dụ sau :

Cho hệ thống có sơ đồ cấu trúc :



Trong đó $G_c(s)$ là hàm truyền đạt bộ điều khiển, $G(s)$ là hàm truyền đạt của đối tượng điều khiển :

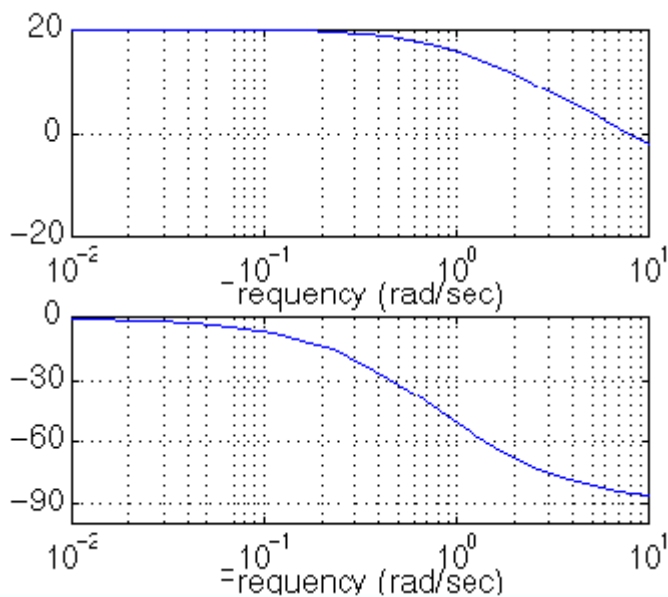
$$1.25s + 1$$

Yêu cầu thiết kế như sau :

- Zero steady state error.
- Maximum overshoot must be less than 40%.
- Settling time must be less than 2 secs.

Có hai cách giải quyết vấn đề này : dùng đồ thị hoặc tính toán. Trong phạm vi Matlab đồ thị là phương pháp tối ưu :

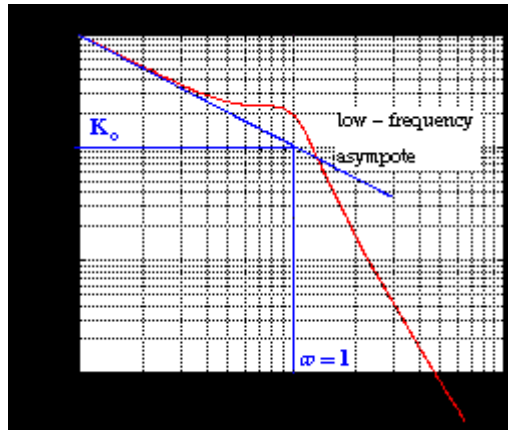
```
num = 10;
den = [1.25,1];
bode(num, den)
```



Các chỉ tiêu chất lượng động học của đối tượng điều khiển ta có thể xác định trực tiếp từ đồ thị Bode như sau .

1. $\omega_{bw} = 10$ rad/s, gần bằng ω_n ,
2. Thời gian tăng $1.8/BW = 1.8/10 = 1.8$ seconds xấp xỉ 2s.
3. Dự trữ pha xấp xỉ 95 độ,
4. Từ đó xác định hệ số suy giảm $PM/100 = 95/100 = 0.95$.
5. Từ quan hệ giữa hệ số suy giảm và quá điều chỉnh ta xác định độ quá điều chỉnh là 1%

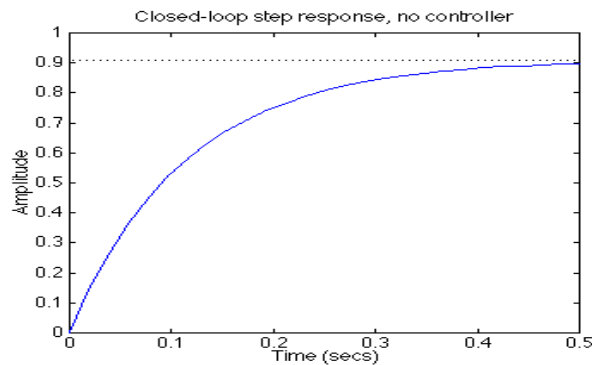
Điểm quan trọng cuối cùng là xác định sai số xác lập. Ta có thể xác định trực tiếp từ đồ thị Bode của hệ kín. Các hệ số K_p , K_v , or K_a được xác định bởi sự cắt nhau giữa đường tiệm cận vùng tần số thấp với đường $\omega = 1$ rad/s. Độ lớn của điểm này là hệ số khuếch đại. Khi đồ thị Bode là đường nằm ngang tại vùng tần số thấp, hệ có bậc vô sai bằng không, ta dễ dàng tìm được điểm cắt. Ví dụ như đồ thị dưới ta có sai số ở trạng thái xác lập là $1/(1+K_p) = 1/(1+10) = 0.091$.



Ta có thể kiểm tra lại bằng hàm quá độ

`[numc,denc] = cloop(num,den,-1);`

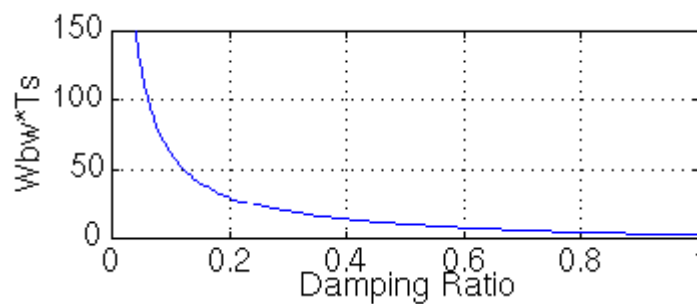
`step(numc,denc)`



Như ta đã dự đoán, hệ thống có $T_r=2s$; không có quá điều chỉnh, sai số trạng thái xác lập 9%. Ta phải chọn bộ điều khiển sao cho hệ thống có chất lượng thỏa mãn yêu cầu thiết kế. ta chọn bộ PI vì nó có thể khử sai số ở trạng thái xác lập. ngoài ra bộ PI có điểm không mà ta có thể đặt. Bộ PI có hàm :

$$G_c(s) = \frac{K^*(s+a)}{s}$$

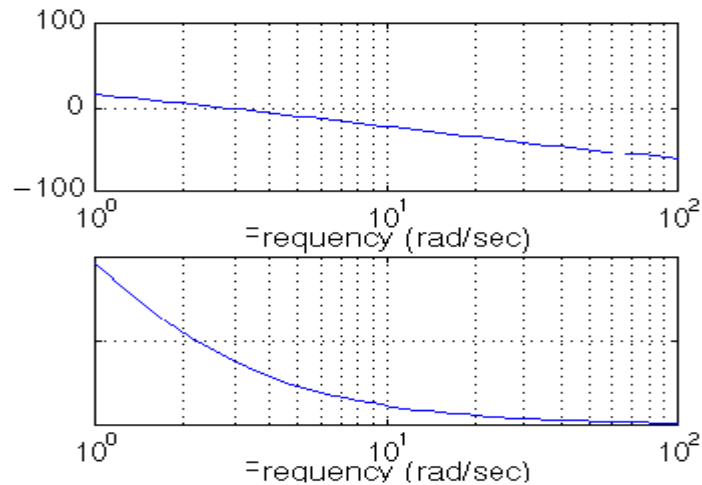
Từ độ quá điều chỉnh 40%, ta xác định được hệ số suy giảm là ≈ 0.28 dự trữ pha xấp xỉ 30 độ. Từ quan hệ [Ts*Wbw vs damping ratio plot](#),



Ta xác định được $T_s*W_{bw} \sim 21$ và ta có $W_{bw} = 12$ rad/s với $T_s < 1.75$ s

Bây giờ ta có đủ thông số để thiết kế đó là độ dự trữ pha và giải thông. Như ta đã biết đối với hệ hở, giải thông tại tần số mà hệ số khuếch đại bằng -3 db. Ta cùng xem ảnh hưởng của bộ PI như thế nào :

```
num = [10];
den = [1.25, 1];
numPI = [1];
denPI = [1 0];
newnum = conv(num,numPI);
newden = conv(den,denPI);
bode(newnum, newden, logspace(0,2))
```

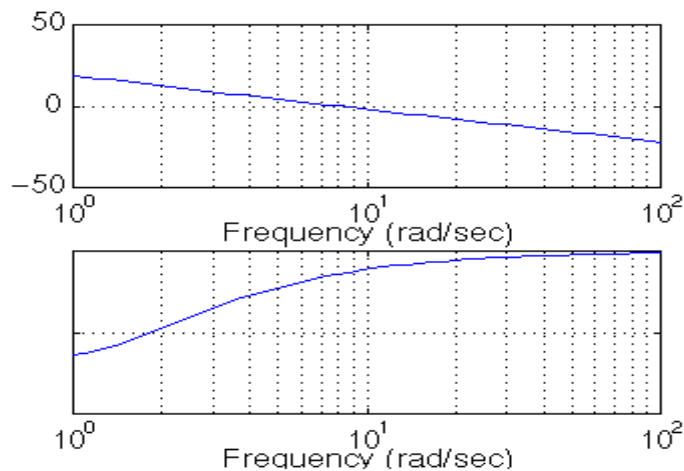


Dự trữ pha và giải thông đều quá nhỏ. Chúng ta thêm zê rô tại 1, dùng Matlab khảo sát lại :

```

num = [10];
den = [1.25, 1];
numPI = [1 1];
denPI = [1 0];
newnum = conv(num,numPI);
newden = conv(den,denPI);
bode(newnum, newden, logspace(0,2))

```

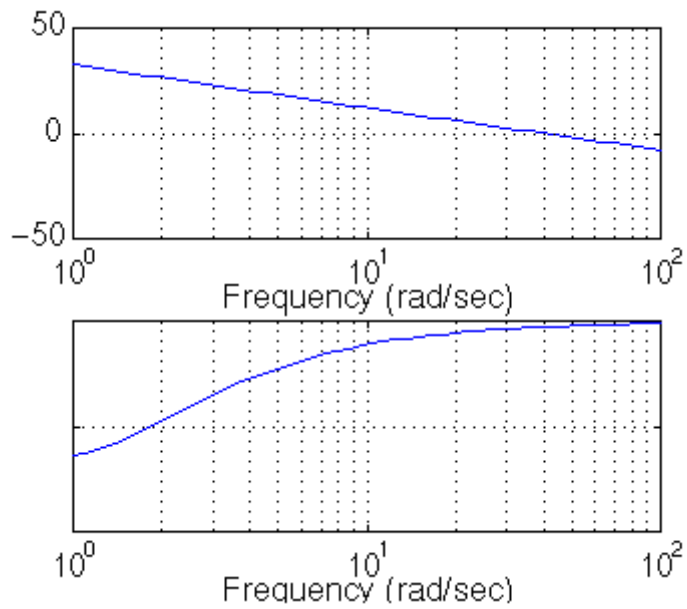


Độ dự trữ pha lớn hơn 60 độ, (thậm chí quá điều chỉnh nhỏ hơn yêu cầu) $W_{bw} = 11$ rad/s cho chúng ta đáp ứng thỏa mãn yêu cầu. Nhưng đáp ứng không hoàn toàn tốt như ta mong muốn, để tăng được W_{bw} mà không ảnh hưởng tới độ dự trữ pha, ta tăng hệ số khuếch đại lên 5 và khảo sát lại :

```

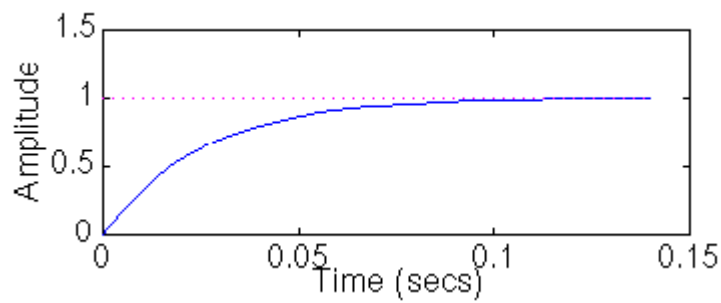
num = [10];
den = [1.25, 1];
numPI = 5*[1 1];
denPI = [1 0];
newnum = conv(num,numPI);
newden = conv(den,denPI);
bode(newnum, newden, logspace(0,2))

```



Đặc tính giờ đã tốt hơn rất nhiều, ta kiểm tra lại :

```
[cnum,clden] =cloop(newnum,newden,-1);
step(cnum,clden)
```



Như ta có thể thấy, đáp ứng tốt hơn mong chờ. Thông thường ta phải thay đổi hệ số khuếch đại và vị trí cực/zero tới khi thỏa mãn yêu cầu thiết kế.

CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 2

a. Câu hỏi ôn tập

Câu hỏi 1: Trình bày phép biến đổi FURIER, LAPLACE và ứng dụng của nó trong môn học

Câu hỏi 2: Hàm truyền đạt và phương pháp xây dựng

Câu hỏi 3: Đặc tính động học : các phương pháp xây dựng và phân tích hệ thống

Câu hỏi 4: Mô hình điểm cực-điểm không : các phương pháp xây dựng và ứng dụng của nó.

Câu hỏi 5: Sơ đồ khối và đại số sơ đồ khối.

Câu hỏi 6: Trình bày nội dung bài toán phân tích hệ thống trong miền phức.

Câu hỏi 7: Xác định tính ổn định của hệ thống từ đa thức đặc tính của nó.

Câu hỏi 8: Phân tích chất lượng hệ thống kín từ đặc tính tần số của hệ hở.

Câu hỏi 9: Phân tích chất lượng hệ thống ở chế độ quá độ

Câu hỏi 10: Đánh giá chất lượng hệ thống ở chế độ xác lập.

Câu hỏi 11: Phân tích hệ thống bằng mô hình điểm cực-điểm không

Câu hỏi 12: Trình bày về bộ điều khiển PID

Câu hỏi 13: Xác định tham số của bộ PID đối với đối tượng điều khiển quán tính bậc nhất có trễ

Câu hỏi 14: Xác định tham số của bộ PID đối với đối tượng điều khiển quán tính bậc cao có hàm quá độ hình chữ s

Câu hỏi 15: Xác định tham số của bộ PID bằng phương pháp thực nghiệm tới hạn

Câu hỏi 16: Xác định tham số của bộ PID bằng phương pháp tổng T của Kuhn

Câu hỏi 17: Xác định tham số của bộ PID theo tối ưu độ lớn.

Câu hỏi 18: Xác định tham số của bộ PID theo tối ưu đối xứng

Câu hỏi 19: Trình bày phương pháp thiết kế bộ điều khiển sử dụng quỹ đạo nghiệm số

Câu hỏi 20: Trình bày phương pháp thiết kế bộ điều khiển sử dụng đặc tính tần số

b. Bài tập

Bài 1:

Tìm tín hiệu $x(t)$ có ảnh Laplace sau:

$$X(s) = \frac{2}{s^2}$$

Đáp số :

$$2 * \text{Dirac}(t) + 7 * \exp(-3*t) - 2 * \exp(-t)$$

$$X(s) = \frac{3}{s}$$

Đáp số :

$$\text{Dirac}(3,t) + 6 * \text{Dirac}(2,t) + 13 * \text{Dirac}(1,t) + 12 * \text{Dirac}(t) + 2 * \exp(-t)$$

$$X(s) = \frac{5}{s^2}$$

$$\text{ĐS} : -2 * \exp(-3*t) + 2 * \exp(-2*t) + 3 * t * \exp(-t)$$

Bài 2:

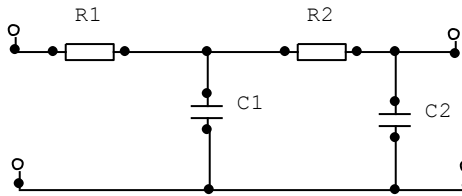
Giải các phương trình vi phân sau:

$$\frac{d^3 y}{dt^3} + \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} \text{ với các điều kiện đầu bằng không}$$

$$\text{Đáp số} : 5/6 - 5/2 * \exp(-2*t) + 5/3 * \exp(-3*t)$$

Bài 3:

Cho mạch điện như hình 2.124b gồm hai điện trở và hai tụ điện R_1, R_2, C_1, C_2 . Thiết lập phương trình vi phân mô tả động học và hàm truyền đạt của mạch điện.



Gợi ý:

Sử dụng các mối quan hệ dưới đây để thiết lập mối quan hệ vào (u) và ra (y)

$$i_2 \quad \blacksquare$$

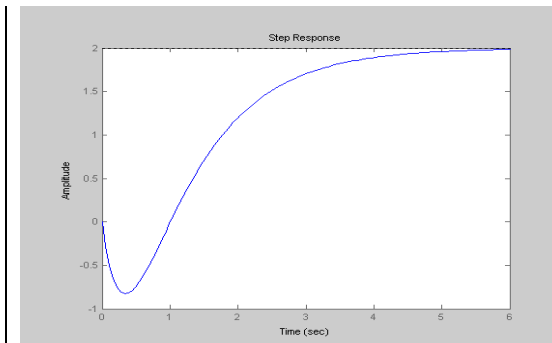
$$i_1 \quad \blacksquare$$

$$i \quad \blacksquare$$

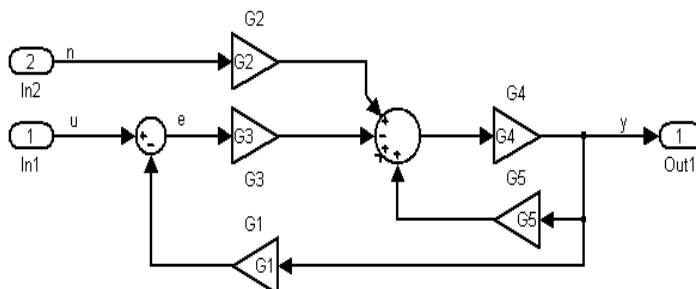
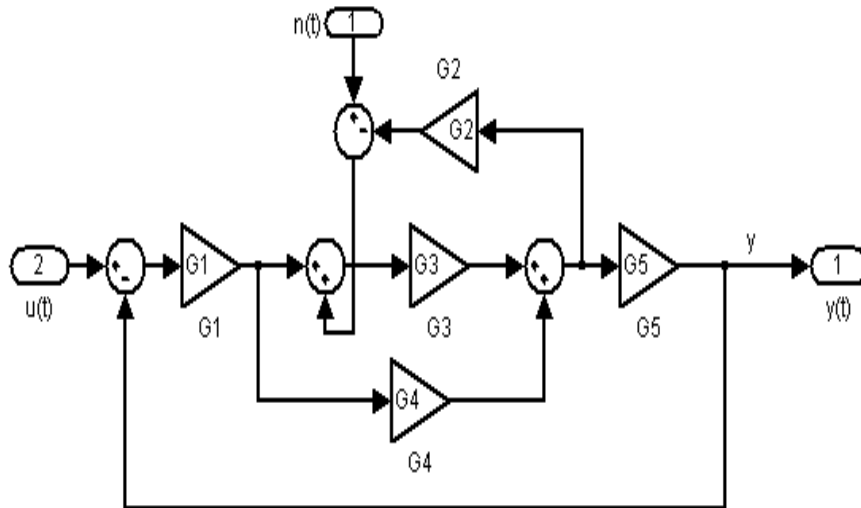
Bài 4:

Xác định hàm truyền đạt của hệ thống có bản đồ điểm cực -3; -1 điểm không 1. Biết $G(0)=2$. Xây dựng hàm quá độ và phân tích động học của hệ thống thông qua hàm quá độ cũng như vị trí các điểm cực điểm không. **Đáp số :**

$$\frac{-6(s-1)}{(s+3)(s+1)}$$



Bài 5: Cho hệ thống có sơ đồ cấu trúc như hình 2.127 a và b



Có tín hiệu vào $u(t)$, tín hiệu ra $y(t)$. $n(t)$ là tín hiệu nhiễu tác động vào hệ thống, $e(t)$ là tín hiệu sai lệch điều khiển. Chúng lần lượt có ảnh Laplace là $U(s)$, $Y(s)$, $N(s)$ và $E(s)$. Hãy xác định :

-Hàm truyền đạt $G(s) = \frac{V_s}{U_s}$ của hệ khi không có nhiễu

-Hàm nhảy của hệ $S(s) = \frac{V_s}{N_s}$

-Hàm truyền đạt sai lệch điều khiển $E_1(s) = \frac{F_s}{U_s}$

Gợi ý:

Khi tính hàm truyền đạt không có nhiễu thì ta xóa tín hiệu nhiễu trong sơ đồ cấu trúc

Khi tính hàm truyền đạt theo nhiễu thì ta xóa tín hiệu vào trong sơ đồ cấu trúc.

Sử dụng phép đại số sơ đồ khối để tính hàm truyền đạt theo nguyên tắc bảo toàn tín hiệu về giá trị cũng như hướng đi.

Bài 6:

Sử dụng Matlab xây dựng đặc tính tần và phân tích động học các hệ thống có hàm truyền đạt sau :

$$G(s) = \frac{1}{s+1}$$

$$G(s) = \frac{1}{s^2+2s+1}$$

$$G(s) = \frac{1}{s^2+1}$$

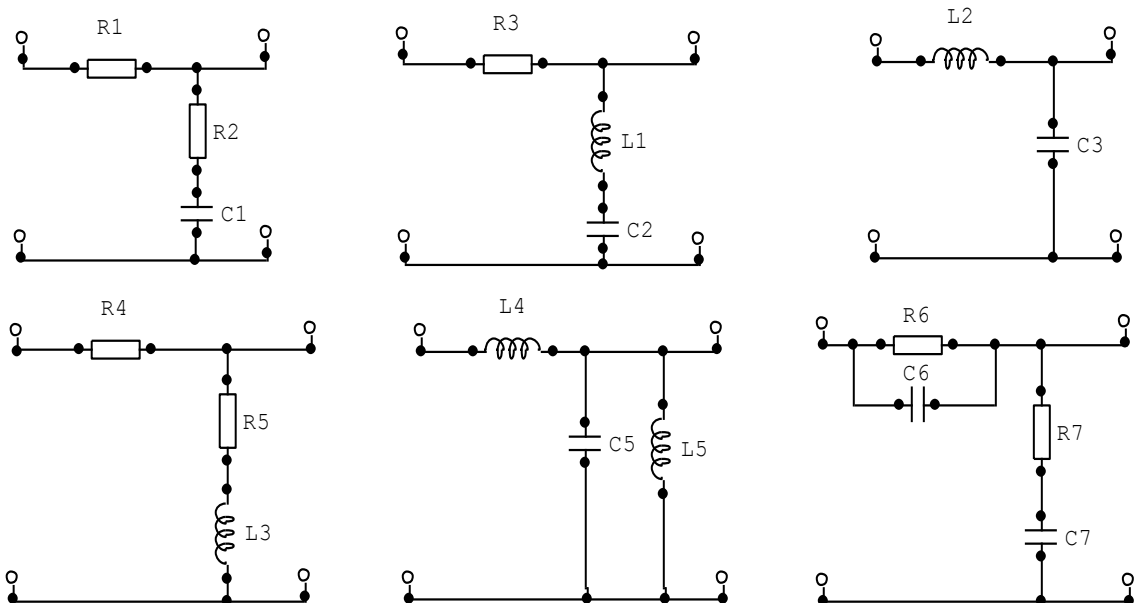
$$G(s) = \frac{1}{s^2+2s+2}$$

Gợi ý:

Sử dụng lệnh nyquist và bode để vẽ đặc tính tần của hệ thống

Bài 7:

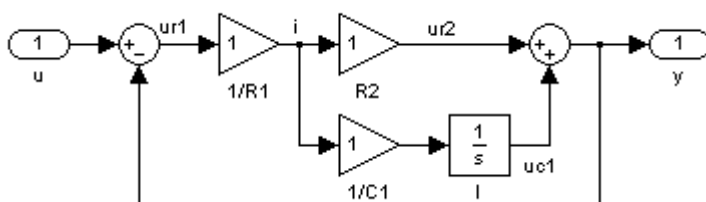
Hãy xác định hàm truyền đạt cũng như các thành phần khuếch đại, vi, tích phân trong sơ đồ khối các mạch điện sau (hình 2.128)



Gợi ý:

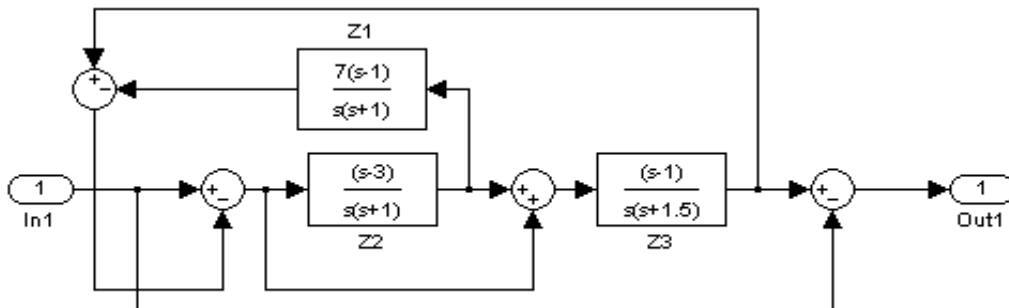
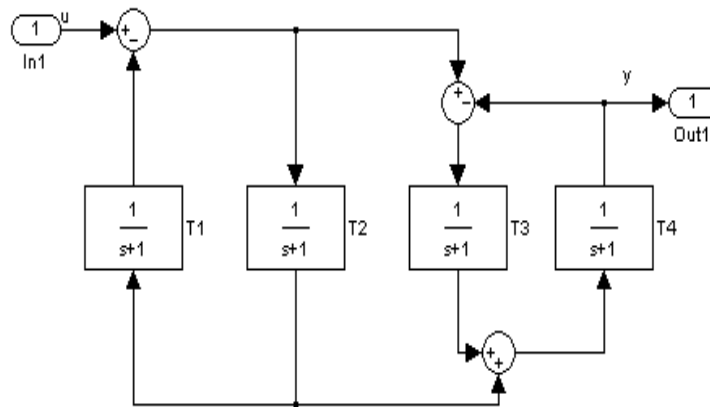
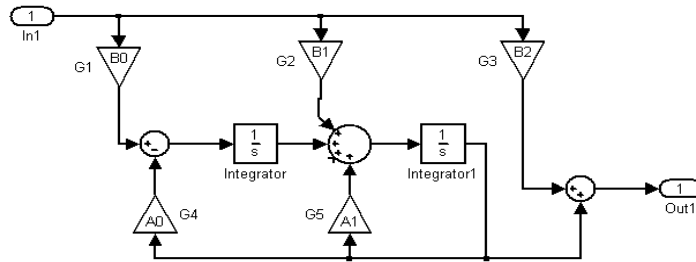
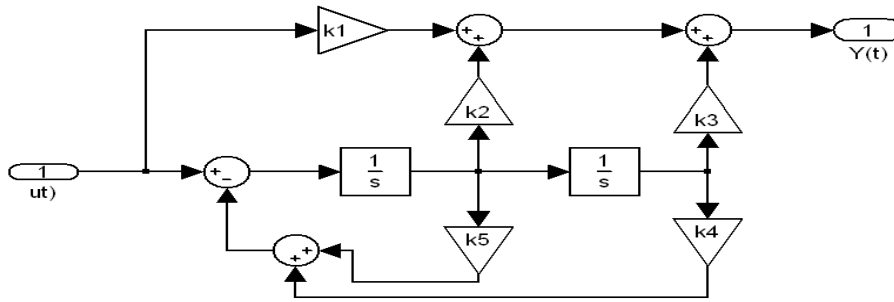
Sử dụng các định luật về mạch điện để thiết lập phương trình vi phân, sau đó xác định hàm truyền đạt.

Sử dụng mối quan hệ các điểm nút tín hiệu để thiết lập sơ đồ cấu trúc mạch điện từ đó xác định các thành phần P,I,D của mạch. Ví dụ mô phỏng mạch điện thứ nhất ta có : 3 khâu khuếch đại và 1 khâu tích phân



Bài 8:

Xác định hàm truyền đạt các hệ thống có sơ đồ khối sau : (hình 2.129)



Gợi ý:

Sử dụng phép đại số sơ đồ khối để tính hàm truyền đạt theo nguyên tắc bảo tồn tín hiệu về giá trị cũng như hướng đi.

Bài 9:

Sử dụng tiêu chuẩn ROUTH hoặc HURWITZ xét tính ổn định các hệ thống có đa thức đặc tính sau

- a) $1.1s^6$ [redacted]
- b) $5s^5$ [redacted]
- c) $25s^5$ [redacted]
- d) s^3 [redacted]
- e) s^4 [redacted]

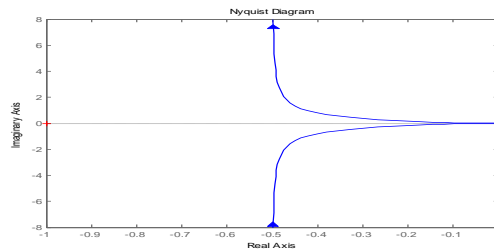
Bài 10:

Sử dụng tiêu chuẩn MICHAÏLOV xét tính ổn định các hệ thống có đa thức đặc tính sau :

- a) s^5 [redacted]
 b) s^5 [redacted]

Bài 11:

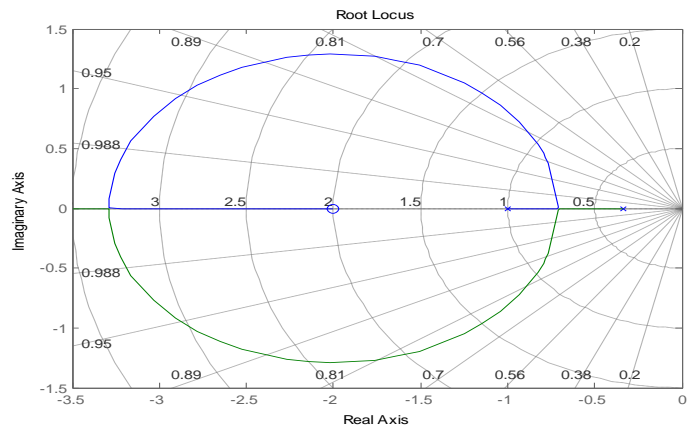
Hệ kín có hàm truyền đạt hệ hở $G_h(s) = \frac{[redacted]}{s^2 [redacted]}$. Sử dụng Matlab xây dựng đặc tính tần số và phân tích chất lượng động học hệ kín thông qua đặc tính tần thu được
Đáp án: đồ thị thu được như hình vẽ



Bài 12:

Sử dụng Matlab vẽ quỹ đạo nghiệm số cho hệ kín có hàm truyền đạt hệ hở sau và dựa vào quỹ đạo nghiệm số biện luận chất lượng hệ kín :

- a) $\frac{k \cdot 2 [redacted]}{1 [redacted]}$
 b) $\frac{k \cdot 1 [redacted]}{s \cdot 2 [redacted]}$
 c) $\frac{k \cdot 1 [redacted]}{6s \cdot 1 [redacted]}$



Quỹ đạo nghiệm số của bài toán a)

Bài 13:

Xác định tham số bộ điều khiển I, PI hoặc PID cho các đối tượng có hàm truyền đạt sau :

$\frac{1}{4s [redacted]}$	$\frac{2}{0.2 [redacted]}$
$\frac{2}{3s [redacted]}$	$\frac{2}{3s [redacted]}$

Gợi ý: sử dụng các công thức được học để tính. Sau đó khảo sát lại chất lượng

Bài 14:

Xác định tham số tối ưu đối xứng cho bộ điều khiển PID cho các đối tượng điều khiển có hàm truyền đạt sau và ước lượng độ quá điều chỉnh :

- a) $\frac{2}{s \cdot 1 [redacted]}$ ứng với $a=2$
 b) $\frac{3}{2s \cdot 1 [redacted]}$ ứng với $a=4$
 c) $\frac{2}{s \cdot 1 [redacted]}$ ứng với $a=6$

Gợi ý: sử dụng các công thức được học để tính. Sau đó khảo sát lại chất lượng

CHƯƠNG 3: ĐIỀU KHIỂN LIÊN TỤC TRONG MIỀN THỜI GIAN

3.1 CÔNG CỤ TOÁN HỌC

3.1.1 Những cấu trúc đại số cơ bản

1. Nhóm

Nhóm bao gồm một tập hợp V và ánh xạ \cdot được ký hiệu là (V, \cdot)

Tùy thuộc vào bản chất của phép ánh xạ mà (V, \cdot) có tên gọi khác nhau. ví dụ như nhóm cộng nếu ánh xạ \cdot là phép cộng, nhóm nhân nếu \cdot là phép nhân.

Trong nhóm bao giờ cũng tồn tại phần tử đơn vị e và phần tử nghịch đảo x^{-1} , $e \cdot x = x$; $x \cdot x^{-1} = e$

2. Vành

Vành là tập hợp V với hai phép ánh xạ cộng và nhân : $(V, +, \cdot)$

3. Trường

Trường là tập hợp F với hai phép ánh xạ cộng và nhân : $(F, +, \cdot)$

4. Không gian véc tơ

Cho một nhóm Abel $(V, +)$ và một trường F . Nếu có ánh xạ được định nghĩa $F \times V \rightarrow V$ tức là một phần tử của F nhân với một phần tử của V ánh xạ xang V thì $(V, +)$ được gọi là không gian véc tơ trên trường F và được ký hiệu là (V, F)

5. Đại số

Cho một không gian véc tơ (V, F) trên trường F và \circ là ánh xạ giữa một phần tử x của V với phần tử a của F thoả mãn một số điều kiện thì (V, F, \circ) được gọi là đại số V xác định trên trường F

3.1.2 Đại số ma trận

1. Khái niệm

Ma trận A là một tập hợp hữu hạn các phần tử được sắp xếp thành m hàng, n cột. ký hiệu $A(m \times n)$ với phần tử là a_{ij}

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

Người ta còn ký hiệu $A = (a_{ij})$

-Ma trận có $n=m$ thì gọi là ma trận vuông

-Đường chéo nối các phần tử a_{ii} gọi là đường chéo chính, còn lại là đường chéo phụ

-Ma trận có các phần tử không nằm trên đường chéo chính bằng 0 gọi là ma trận đường chéo ký hiệu $A = (a_{ij})$

-Ma trận đường chéo I được gọi là ma trận đơn vị

-Ma trận cột là một véc tơ n phần tử $x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$

-Nếu mỗi một cột là một véc tơ m phần tử $c_j = \begin{pmatrix} c_{1j} \\ c_{2j} \\ \vdots \\ c_{mj} \end{pmatrix}$ thì ma trận A có thể viết $A = [c_1 \ c_2 \ \dots \ c_n]$

2. Phép tính ma trận

1) Phép cộng, trừ hai ma trận :

Cho hai ma trận cùng kích thước (mxn) ta có thể thực hiện phép tính cộng, trừ :
A [redacted]

2) phép nhân với một số thực (phức) :

A [redacted]

3) phép chuyển vị : là phép chuyển tạo ra ma trận mới : ta có ma trận A (mxn) thì ma trận chuyển vị A^T (nxm) (tức hàng thành cột và cột thành hàng) : A [redacted]

Nếu $A=A^T$ thì A Là ma trận đối xứng và nó phải là ma trận vuông.

Các phần tử trên cùng một cột được gọi là véc tơ hàng

4) Phép nhân hai ma trận : điều kiện để thực hiện được phép nhân : là hai ma trận kích thước hàng của ma trận thứ nhất (mxp) phải bằng hàng ma trận thứ hai (pxn) và ta có ma trận C có kích thước (mxn):

A [redacted]

$$c_{ij} = \sum_k a_{ik} b_{kj}$$

Tập hợp tất cả các ma trận có cùng số hàng, số cột kết hợp với phép nhân tạo thành nửa nhóm.

Tập hợp tất cả các ma trận vuông cùng kích thước kết hợp với phép cộng và phép nhân tạo thành một vành.

Một ma trận vuông được gọi là trực giao nếu $A^T A = A A^T = I$

Hai véc tơ a, b được gọi là trực giao nếu : $a^T b = 0$

3. Hạng của ma trận

Ta có thể biểu diễn lại ma trận A thành một ma trận cột gồm m véc tơ hàng hoặc thành một ma trận hàng với n véc tơ cột. Ta giả sử có nhiều nhất p véc tơ hàng độc lập tuyến tính, q véc tơ cột độc lập tuyến tính thì hạng của ma trận được hiểu là $\text{Rank}(A) = \min p, q$

Một ma trận vuông nxn được gọi là không suy biến nếu $\text{Rank}(A) = n$

4. Định thức ma trận

Ký hiệu $\det(A)$

5. Ma trận nghịch đảo

$AB = BA = I$ thì B là ma trận nghịch đảo của A. ký hiệu là A^{-1} và $\det(A) \neq 0$ nên A là ma trận không suy biến.

6. Vết của ma trận

Ký hiệu là $\text{trace}(A)$ là tổng giá trị các phần tử trên đường chéo chính.

7. Ma trận là một ánh xạ tuyến tính

ta có hệ phương trình vi phân m phương trình và n ẩn. Tức n trạng thái và có m đầu ra ta có $Ax = y$.

Như vậy ma trận A có vai trò ánh xạ tuyến tính một điểm gốc x trong không gian n chiều xang điểm ảnh y trong không gian m chiều.



A là ánh xạ một điểm n chiều xang ảnh m chiều

3.2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC

3.2.1 Phương trình trạng thái

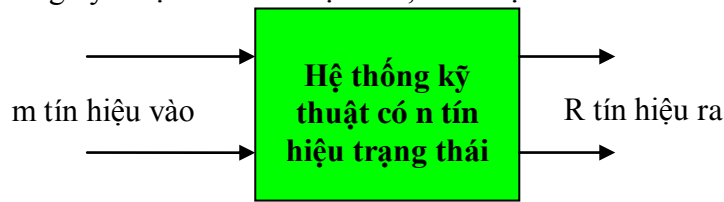
1. Cấu trúc chung

Trạng thái của một hệ thống động học là một tập hợp nhỏ nhất các biến (biến trạng thái) sao cho với giá trị các biến tại $t=t_0$ (hệ dừng thì $t=0$) và quan hệ cửa vào khi $t \geq t_0$ thì ta hoàn toàn xác định tín hiệu ra khi $t \geq t_0$

Biến trạng thái : là tập hợp nhỏ nhất các biến mà chúng xác định trạng thái của hệ động lực. Nó có thể là các đại lượng không đo được quan sát được. Thông thường có n biến

Véc tơ trạng thái : n biến trạng thái mô tả đầy đủ đáp ứng của hệ thống thì n biến này là n phần tử của véc tơ trạng thái x

Ta xét một hệ thống kỹ thuật có m tín hiệu vào, r tín hiệu ra và n biến trạng thái như sơ đồ khối



Nó được mô tả bởi phương trình vi phân dạng tổng quát như sau :

$$\frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{du}{dt} + b_0 u$$

Ký hiệu đặt biến trạng thái để hạ bậc phương trình ta có :

x_1 từ đây ta có hệ phương trình :

$$\dot{x}_1 = a_{n-1} x_1 + a_{n-2} x_2 + \dots + a_0 x_n + b_m u^{(m)} + b_{m-1} u^{(m-1)} + \dots + b_1 \dot{u} + b_0 u$$

và $y = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$ từ đây ta có

thể viết dạng tổng quát của mô hình không gian trạng thái :

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

trong đó :

A là ma trận hệ thống

B là ma trận điều khiển

C ; D là ma trận đầu ra

Nếu các ma trận A,B,C,D đều là những ma trận hằng thì nó được gọi là mô hình trạng thái tham số hằng. ngược lại nó là mô hình tham số biến đổi.

Mô hình này thường được dùng để mô tả hệ MIMO (multi input - multi output)

Ví dụ 3.5 trang 245 : cho một hệ giảm xóc cơ bao gồm một lò xo có độ cứng c, một vật khối lượng m và bộ giảm chấn động có hệ số d. Xây dựng mô hình trạng thái với tín hiệu vào là lực tác động từ bên ngoài lên vật m, tín hiệu ra là quãng đường vật m dịch chuyển.

$$x_1 = t$$

Trước hết ta đặt biến :

$$x_2 = \frac{dx_1}{dt} = \dot{x}_1$$

Khi có lực tác động $u(t)$, hệ sẽ sinh ra lực chống lại sự chuyển động đó : F_c, F_d, F_m do lò so, bộ giảm

chấn động và vật m sinh ra. Ta có hệ phương trình :

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = u(t)$$

Sử dụng định luật Newton ta có : $F_c = kx$, $F_d = b \frac{dx}{dt}$, $F_m = m \frac{d^2 x}{dt^2}$

Tổng hợp ta có mô hình :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = \frac{1}{m} u(t)$$

2. Quan hệ giữa mô hình không gian trạng thái và mô hình HTĐ

-Xác định hàm truyền đạt từ mô hình trạng thái : quan hệ giữa HTĐ và các ma trận được mô tả

qua công thức $G(s) = \frac{C(sI - A)^{-1}B + D}{s}$

công thức này được thực hiện bởi lệnh **ss2tf : [n,d]=ss2tf(A,B,C,D)**

Ví dụ :

```
>>a=[-0.5 -1;1 0] | >>b=[1;0] | >>c=[0 100] | >>d=0
a = | b = | c = | d =
-0.5000 -1.0000 | 1 | 0 100 | 0
1.0000 0 | 0 | |
```

```
>> [n,d]=ss2tf(a,b,c,d)
```

```
n =
0 0 100
d =
1.0000 0.5000 1.0000
```

```
>> sys=tf(n,d)
```

Transfer function:

$$\frac{100}{s^2 + 0.5s + 1}$$

-Xác định mô hình trạng thái chuẩn điều khiển từ hàm truyền đạt :

Ta có hàm truyền đạt : $G(s) = \frac{b_0 s^2 + b_1 s + b_2}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2}$ chuyển qua mô hình trạng thái ta có

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

và

$$y = Cx + Du$$

công thức này được thực hiện bởi lệnh **tf2ss : [A,B,C,D]=tf2ss(n,d)**

Ví dụ :

```
>> n=[100]
n =
100
```

```

>> d=[1 0.5 1]
d =
    1.0000    0.5000    1.0000
>> [a,b,c,d]=tf2ss(n,d)
a =
-0.5000 -1.0000
 1.0000    0
b =
 1
 0
c =
 0 100
d =
 0

```

3.2.2 Quy đạo trạng thái

1.Khái niệm

Quy đạo trạng thái được hiểu là nghiệm của hệ phương trình vi phân

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

Ứng với một kích thích u(t) và một trạng thái đầu $x(0)$ cho trước.

Quy đạo trạng thái : tại t=t₀ ta có véc tơ trạng thái đầu x(t₀), khi cho t₀ chạy từ 0 đến VC x(t₀) vẽ lên một đường cong theo chiều tăng của t. Đường cong này gọi là quỹ đạo trạng thái.

Với mỗi một trạng thái đầu hệ thống có một quỹ đạo trạng thái.

Tập hợp tất cả các quỹ đạo trạng thái của hệ thống được gọi là **không gian trạng thái** và không gian trạng thái mang đầy đủ thông tin động học của hệ thống

2.Khái niệm ma trận hàm mũ và cách xác định

Ma trận hàm mũ được dùng để xác định nghiệm của hệ phương trình vi phân bậc nhất nên ta phải nghiên cứu nó.

-Định nghĩa : Ma trận hàm mũ e^{At} là giá trị tới hạn của chuỗi $E(t)$

-Xác định ma trận hàm mũ ta có thể sử dụng một trong ba phương pháp sau dùng toán tử Laplace, phương pháp modal, định lý Cayley-Hamilton (trang 256-259)

3.Nghiệm của phương trình trạng thái có tham số không phụ thuộc thời gian

Được xác định theo công thức sau : $x(t) = e^{At}x(0) + \int_0^t e^{A(t-\tau)}Bu(\tau)d\tau$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

4.Nghiệm của phương trình trạng thái có tham số phụ thuộc thời gian

5.Quá trình cưỡng bức và quá trình tự do

-**Quá trình cưỡng bức** là đáp ứng của hệ ứng với tín hiệu đầu vào $u(t)$ và tại thời điểm kích thích hệ có trạng thái bằng 0 ứng với nghiệm của phương trình ứng với trạng thái đầu $x(0) = 0$

-**Quá trình tự do** được biểu diễn đáp ứng đầu ra y(t) của hệ khi không bị kích thích nhưng có trạng thái đầu khác không 0 ứng với nghiệm của phương trình với tín hiệu vào $u(t) = 0$

3.3 PHÂN TÍCH HỆ THỐNG

3.3.1 Nhiệm vụ cơ bản của công việc phân tích

Các nhiệm vụ cơ bản của công việc phân tích chất lượng động học của hệ thống là xét tính ổn định, sai lệch tĩnh, độ quá điều chỉnh, thời gian quá độ, chất lượng bền vững ... Nhưng ở mô hình không gian

trạng thái :

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

Ta cần phải nghiên cứu thêm :

1) **Hiểu biết về sự phân bố các điểm cân bằng của hệ thống** : đó là trạng thái mà nếu hệ không chịu tác động từ bên ngoài thì nó đứng nguyên tại đó. Như vậy nếu x_e là điểm cân bằng hệ thống thì nó là nghiệm của phương trình $\frac{dx}{dt} = 0$. Như vậy đối với hệ tuyến tính thì điểm cân bằng là gốc toạ độ.

2) **Hiểu biết về tính ổn định Lyapunov** của hệ thống. Một hệ thống ổn định Lyapunov là hệ thống có khả năng tự trở về lân cận điểm cân bằng x_e ban đầu khi bị nhiễu đánh bật ra khỏi vị trí cân bằng. Hệ không những tự trở về lân cận điểm cân bằng x_e ban đầu mà còn tiến thẳng tới x_e thì được gọi là ổn định tiệm cận Lyapunov tại x_e . Đối với hệ tuyến tính thì khái niệm ổn định Lyapunov và ổn định BIBO (đầu vào chặn thì đầu ra cũng chặn) là hoàn toàn đồng nhất.

3) **Hiểu biết về tính điều khiển được** của hệ thống tại một điểm ở trạng thái cho trước.

4) **Hiểu biết về tính quan sát được** của hệ thống tại một điểm ở trạng thái cho trước.

3.3.2 Phân tích tính ổn định

1. Phân tích tính ổn định BIBO

Từ mối quan hệ giữa mô hình trạng thái và mô hình HTĐ : $G(s)$ hệ ổn định BIBO khi và chỉ khi ma trận A có tất cả các giá trị riêng nằm bên trái trục ảo. Điều này tương đương với nghiệm của đa thức $p(s)$ nằm bên trái trục ảo.

Để xét tính ổn định BIBO đầu tiên ta phải xác định được đa thức $p(s)$ bằng lệnh **poly(A)**.

Ví dụ : cho ma trận A xác định đa thức đặc tính :

```
a=[-0.5 -1;1 0]
```

```
a =
```

```
-0.5000 -1.0000
```

```
1.0000 0
```

```
>> poly(a)
```

```
ans =
```

```
1.0000 0.5000 1.0000
```

Đa thức đặc tính : $p(s)$

Sau đó ta dùng các tiêu chuẩn Routh, Hurwitz, Michailov để xét tính ổn định. Ta có thể tính nghiệm trực tiếp của đa thức để kết luận tính ổn định BIBO : ta dùng lệnh **roots(p)**:

```
p=[1 0.5 1]
```

```
p =
```

```
1.0000 0.5000 1.0000
```

```
>> roots(p)
```

```
ans =
```

```
-0.2500 + 0.9682i
```

```
-0.2500 - 0.9682i
```

Nó có 2 nghiệm có phần thực âm ta kết luận hệ thống này ổn định BIBO

2. Tiêu chuẩn ổn định Lyapunov-hàm Lyapunov

Xuất phát điểm của tiêu chuẩn là ổn định BIBO khi và chỉ khi nó ổn định tiệm cận Lyapunov tức là khi và chỉ khi các quỹ đạo trạng thái tự do hướng về gốc toạ độ và kết thúc tại đó.

Bản chất của phương pháp Lyapunov là giả sử bao quanh gốc 0 có các hộ đường cong v khép kín. Các đường cong này có thể coi là biên của các lân cận 0 và nếu tất cả các quỹ đạo trạng thái tự do cắt tất cả các đường cong thuộc hộ v từ ngoài vào trong thì ta có thể kết luận là các quỹ đạo trạng thái này tiến về gốc 0 và kết thúc tại đó. Từ đó kết luận tính ổn định Lyapunov của hệ.

Như vậy nếu tồn tại hàm $v(x)$ thoả mãn các điều kiện :

-Khả vi, xác định dương

$-\frac{dv}{dt}$ là đạo hàm của $v(x)$ dọc theo quỹ đạo trạng thái tự do

Thì hệ ổn định tiệm cận Lyapunov tại gốc 0 và hàm $v(x)$ là hàm Lyapunov

để sử dụng tiêu chuẩn Lyapunov ta phải thực hiện hai bước :

1) Xây dựng họ đường cong v khép kín chứa gốc 0 bên trong

2) Kiểm tra xem quỹ đạo trạng thái $x(t)$ có cắt mọi đường cong thuộc v từ ngoài vào trong hay không.

Từ đây người ta đưa ra hệ quả Lyapunov như sau :

Cho một hệ thống được mô tả $\dot{x} = Ax$. Hệ sẽ ổn định nếu một trong hai điều kiện sau thỏa

mãn :

a) Tồn tại một ma trận vuông P xác định dương sao cho ma trận $PA + A^T P$ xác định âm, tức $PA + A^T P$ xác định dương.

b) Tồn tại một ma trận đối xứng xác định dương Q sao cho phương trình $PA + A^T P = -Q$ có nghiệm P cũng đối xứng xác định dương. **Đây là phương trình Lyapunov**

Định lý Sylvester là công cụ để xác định một ma trận vuông đối xứng xác định dương : cho ma trận

Q :

Xác định dương khi ma trận đường chéo có định thức dương :

$$q_{11} \begin{vmatrix} q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & \dots & q_{nn} \end{vmatrix} > 0$$

3.3.3 Phân tích tính điều khiển được

1. Khái niệm điều khiển được và điều khiển được hoàn toàn

Trong bài toán điều khiển gồm hai phần :

- Xác định những tín hiệu điều khiển $u(t)$ để đưa hệ từ một trạng thái ban đầu không mong muốn tới một điểm trạng thái mong muốn khác

- Xác định trong số các tín hiệu $u(t)$ đó một tín hiệu để đưa hệ từ một trạng thái ban đầu không mong muốn tới một điểm trạng thái mong muốn khác với một chất lượng chuyển đổi mong muốn.

Nếu thực hiện được như thế thì gọi là hệ điều khiển được hoàn toàn.

Một hệ thống tuyến tính liên tục được gọi là điều khiển được nếu tồn tại ít nhất một tín hiệu điều khiển đưa được hệ từ một điểm trạng thái ban đầu x_0 tùy ý về gốc tọa độ 0 trong một khoảng thời gian hữu hạn.

Một hệ thống tuyến tính liên tục được gọi là điều khiển được hoàn toàn nếu tồn tại ít nhất một tín hiệu điều khiển đưa được hệ từ một điểm trạng thái ban đầu x_0 tùy ý đến một điểm trạng thái đích tùy ý x_T trong một khoảng thời gian hữu hạn.

2. Các tiêu chuẩn xét tính điều khiển được cho hệ tham số hằng

Theo định lý Kalman điều kiện cần và đủ để hệ có tính điều khiển được là $\text{Rank}(C_0) = n$

- Tính ma trận điều khiển được $C_0 = [B \ AB \ A^2B \ \dots \ A^{n-1}B]$

- Nếu C_0 có hạng đầy đủ như ma trận hệ thống ($=n$) thì hệ điều khiển được hoàn toàn

- Để tính C_0 (controllability matrix) ta dùng lệnh $C_0 = \text{ctrb}(A, B)$

- Để kiểm tra hạng ma trận ta dùng lệnh $\text{Rank}(C_0)$

3.3.4 phân tích tính quan sát được

1. Khái niệm quan sát được và quan sát được hoàn toàn

Một hệ thống có tín hiệu vào $u(t)$ và tín hiệu ra $y(t)$ được gọi là :

- **Quan sát được tại thời điểm t_0** nếu tồn tại ít nhất một giá trị hữu hạn $T > t_0$ để điểm trạng thái $x(t)$ xác định một cách chính xác thông qua việc quan sát các tín hiệu vào, ra trong khoảng thời gian $[t_0, T]$

-Quan sát được hoàn toàn tại thời điểm t_0 nếu với mọi giá trị hữu hạn $T > t_0$ để điểm trạng thái $x(t)$ xác định một cách chính xác thông qua việc quan sát các tín hiệu vào, ra trong khoảng thời gian $[t_0, T]$

2. Một số kết luận chung

Theo định lý Kalman điều kiện cần và đủ để hệ có tính quan sát được là $\text{Rank}(Ob) = n$

-Tính ma trận quan sát được Ob (observability matrix) = $[C; CA; \dots; CA^{n-1}]$

-Nếu ma trận Ob có hạng đầy đủ (=n) như ma trận hệ thống thì hệ quan sát được hoàn toàn

-Để tính ma trận Ob (Observability matrix) ta dùng lệnh **Ob=obsv(A,C)**

-Để kiểm tra hạng ma trận ta dùng lệnh **Rank(Ob)**

ví dụ cho hệ $\frac{dx}{dt}$

xét tính điều khiển được và quan sát được của hệ :

$$\begin{array}{l}
 a = [0 \ 0 \ -2; 1 \ 0 \ -4; 0 \ 1 \ -3] \\
 a = \begin{array}{ccc} 0 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -4 \\ 0 & 1 & -3 \end{array} \\
 b = [0 \ 1; 1 \ 2; -1 \ 1] \\
 b = \begin{array}{cc} 0 & 1 \\ 1 & 2 \\ -1 & 1 \end{array} \\
 c = [1 \ 0 \ -1; 0 \ 1 \ 1] \\
 c = \begin{array}{ccc} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \end{array} \\
 \begin{array}{l} \gg d = 0 \\ d = 0 \end{array}
 \end{array}$$

\gg **co=ctrb(a,b)**

co =

$$\begin{array}{cccccc}
 0 & 1 & 2 & -2 & -8 & 2 \\
 1 & 2 & 4 & -3 & -14 & 2 \\
 -1 & 1 & 4 & -1 & -8 & 0
 \end{array}$$

\gg **rank(co)**

ans =

3

\gg **ob=obsv(a,c)**

ob =

$$\begin{array}{ccc}
 1 & 0 & -1 \\
 0 & 1 & 1 \\
 0 & -1 & 1 \\
 1 & 1 & -7 \\
 -1 & 1 & 1 \\
 1 & -7 & 15
 \end{array}$$

\gg **rank(ob)**

ans = 3

Kết luận : hệ có tính điều khiển được và quan sát được

3.3.5 Phân tích tính động học không (Sinh viên tự nghiên cứu)

3.4 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

3.4.1 Bộ điều khiển phản hồi trạng thái gán điểm cực

1. Bài toán

Xét hệ có mô hình không gian trạng thái :

Chúng ta thấy rằng các điểm cực của đa thức đặc tính chính là các giá trị riêng của ma trận A. mà Chất lượng hệ thống phụ thuộc nhiều vào vị trí các điểm cực, do đó để có được chất lượng hệ thống mong muốn người ta thiết kế các bộ điều khiển căn cứ vào vị trí các điểm cực cho trước (coi như cho trước yêu cầu chất lượng hệ thống). Phương pháp thiết kế bộ điều khiển như thế người ta gọi là phương pháp cho

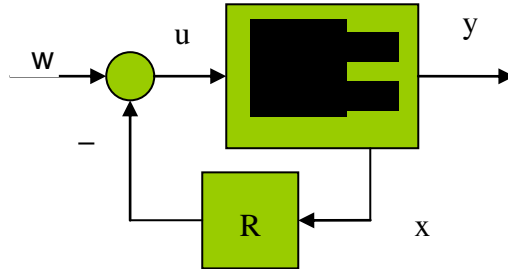
trước điểm cực hay phương pháp gán điểm cực (pole placement). Với phương pháp này ta có thể thiết kế được véc tơ $R(k)$ / ma trận $R(k)$ phản hồi trạng thái hoặc phản hồi tín hiệu ra.

Bản chất của phương pháp là chọn các tham số của bộ điều khiển xuất phát từ một dạng đáp ứng cho trước (yêu cầu chất lượng điều khiển cho trước).

-Nếu dùng bộ phản hồi trạng thái thì hệ thống sẽ có mô hình



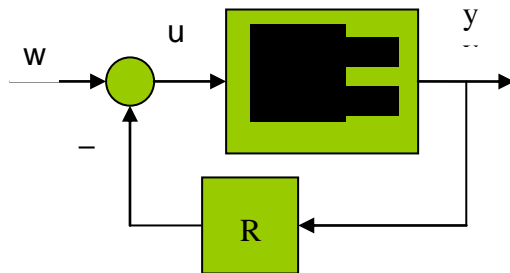
trong đó $R(k)$ là bộ phản hồi trạng thái có sơ đồ như hình vẽ :



-Nếu dùng bộ phản hồi tín hiệu ra thì hệ thống sẽ có mô hình :



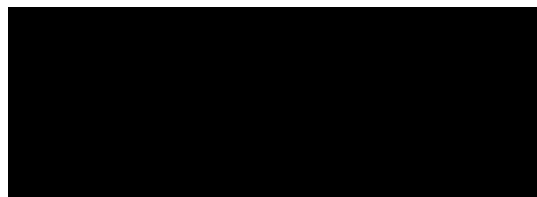
với $D=0$



2. Phương pháp Ackermann

Phương pháp Ackerman là phương pháp thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái cho đối tượng chỉ có một tín hiệu vào.

Đối tượng có mô hình :



Thì hệ kín sẽ có A mô hình

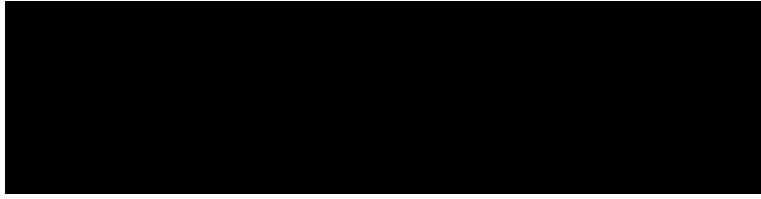
VIỆC TA TÌM MA TRẬN R (BỘ ĐIỀU KHIỂN PHẢN HỒI TRẠNG THÁI R) DỰA VÀO CÁC ĐIỂM CỰC CHO TRƯỚC (GIÁ TRỊ RIÊNG CỦA MA TRẬN A)

THUẬT TOÁN TÌM BỘ R :

1. GIẢ SỬ TA CÓ BỘ ĐIỀU KHIỂN R
2. XÁC ĐỊNH MÔ HÌNH KÍN CỦA HT CÓ BỘ R THAM GIA
3. THAY CÁC GIÁ TRỊ RIÊNG CỦA MA TRẬN A -BR VÀO MA TRẬN HỆ THỐNG VỪA XÁC ĐỊNH
4. ĐỒNG NHẤT HÓA CÁC HỆ SỐ TA SẼ TÌM ĐƯỢC MA TRẬN R



hay



Ví dụ : cho hệ SISO có mô hình : $\frac{dx}{dt}$



Tìm véc tơ k để hệ có điểm cực $s_1=-3; s_2=-4; s_3=-5$. Sử dụng lệnh Matlab ta có :

```

a=[0 1 0;0 0 1;-1 2 3] | >> b=[0;0;1] | >> p1=-3 | >> p2=-4 | >> p3=-5
a = | b = | p1 = | p2 = | p3 =
  0  1  0 |  0 | -3 | -4 | -5
  0  0  1 |  0 |   |   |   |
 -1  2  3 |  1 |   |   |   |

```

>> k=place(a,b,[p1 p2 p3]) : xác định ma trận K phản hồi trạng thái

```

k =
  59.0000  49.0000  15.0000

```

Mô hình hệ thống kín khi có bộ phản hồi trạng thái K :

```

>> [a]=(a-b*k) | b=[0;0;1] | c=[1 0 0] | >> d=0
a = | b = | c = | d =
  0  1.0000  0 |  0 | 1  0  0 |  0
  0  0  1.0000 |  0 |   |   |
 -60.0000 -47.0000 -12.0000 |  1 |   |   |

```

>> [n,d]=ss2tf(a,b,c,d)

```

n =
  0 -0.0000 -0.0000  1.0000

```

```

d =
  1.0000  12.0000  47.0000  60.0000

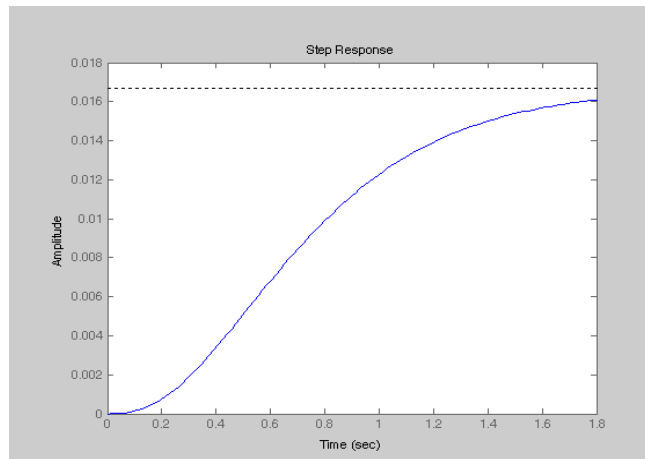
```

>> sys=tf(n,d)

Transfer function:

$$\frac{-3.553e-015 s^2 - 2.842e-014 s + 1}{s^3 + 12 s^2 + 47 s + 60}$$

>> step(a,b,c,d)



3. Phương pháp Roppenecker

Phương pháp này giống phương pháp trên nhưng mạnh hơn ứng dụng cho cả hệ MIMO. để thiết kế ta cũng dùng lệnh **place**

ví dụ : cho đối tượng có mô hình : $\frac{dx}{dt}$ [] với các điểm cực cho trước $s_1=-1; s_2=-2$.

tìm bộ điều khiển R.

$a=[0 \ 1; 0 \ 2]$	$\gg b=[0;1]$	$\gg c=[1 \ 0]$	$\gg d=[0]$	$\gg p_1=-1$	$\gg p_2=-2$
$a =$	$b =$	$c =$	$d =$	$p_1 =$	$p_2 =$
0 1	0	1 0	0	-1	-2
0 2	1				

```
>> [k,prec,message]=place(a,b,[p1 p2])
```

```
k =
```

```
2 5
```

prec = độ chính xác của vị trí ĐCực của hệ mới so với vị trí ĐCực cho trước.

```
15
```

```
>> a=(a-b*k)
```

```
a =
```

```
0 1  
-2 -3
```

```
>> [n,d]=ss2tf(a,b,c,d)
```

```
n =
```

```
0 0.0000 1.0000
```

```
d =
```

```
1 3 2
```

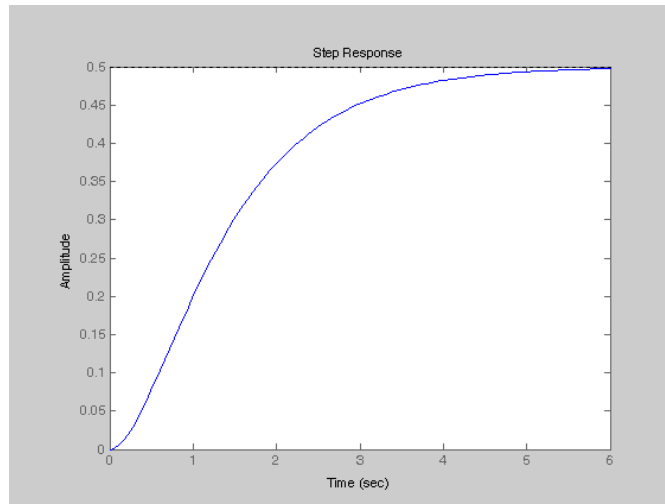
```
>> sys=tf(n,d)
```

Transfer function:

```
8.882e-016 s + 1
```

```
-----
```

```
s^2 + 3 s + 2
```




3.4.2 Điều khiển tách kênh

Điều khiển tách kênh là việc can thiệp sơ bộ vào hệ MIMO để hệ MIMO thành nhiều hệ SISO. ở đây ta giả thiết số lượng tín hiệu vào và tín hiệu ra bằng nhau và là $m : u_1, u_2, \dots, u_m; va; y_1, y_2, \dots, y_m$. được

mô tả 

1. Bộ điều khiển phản hồi trạng thái tách kênh Falb-Wolovich

Nhiệm vụ thiết kế đặt ra là phải xác định hai bộ điều khiển tĩnh (véc tơ hoặc ma trận hằng) M và R

để ma trận hàm truyền đạt thành ma trận đường chéo : $G s$  với


$G_i s$ 

Thuật toán xác định R và M được thể hiện ở ví dụ sau :
Cho đối được mô tả như sau :

$$\frac{dx}{dt} \text{  }$$

Hệ này có $m=2$ (hai vào hai ra)

1) Xác định bậc tương đối của các HTĐ thành phần r1,r2 như sau :

Theo công thức $\underline{c}^T A^k \underline{b}$ . Như vậy ta cứ thay $k=0$ vào sau đó bắt đầu tính

$\underline{c}^T A^k \underline{b}$, khi nào nó khác 0 thì nhận giá trị k đó và tính bậc $r=k+1$

Như trong ví dụ :

-ma trận \underline{c}_1 

Ta tính với k  nên không nhận giá trị này

Với k  nên nhận $k=1$ do vậy $r1=k+1=2$

-ma trận c_2

Ta tính với k nên nhận giá trị này $k=0$ do vậy

$$r_2=k+1=1$$

-Ma trận E trong ví dụ ta tính

E

2) Chọn tùy ý các tham số :

-Chọn $a_{ik}; \forall i; i$ để có :

$a_{i,0}$

Với các điểm cực $s_{i,k}$ là được chọn trước cho kênh thứ i

-Chọn b_i để kênh thứ i không có sai lệch tĩnh

Trong ví dụ ta có

$$m=2 \text{ nên } i=1,2;$$

$$r_1=2; r_2=1$$

$$b_i : b_1; b_2$$

b_2

nên $\forall i/i$ và ta chọn a_{11}

$$\forall i/i$$

b_1

3) Tính ma trận F, L rồi tính M, R

-Tính ma trận F : F trong ví dụ

F

Ma trận L

Từ đây ta tính M

R

2. Bộ điều khiển tách kênh nhờ phép biến đổi Smith-McMillan

3.4.3 Điều khiển phản hồi trạng thái tối ưu

1. Bài toán :

Đây là bài toán tìm bộ điều khiển tĩnh (véc tơ hoặc ma trận hằng) để hệ kín có chất lượng là khi bị nhiễu đánh bật khỏi vị trí cân bằng đến một trạng thái nào đó, bộ điều khiển sẽ kéo hệ về gốc toạ độ với tổn hao năng lượng của quá trình quay trở lại : $\int_0^{\infty} x^T Q x + u^T R u dt$ là nhỏ nhất. Bài

toán này gọi là LQR (linear quadratic regulator). Bản chất của phương pháp này là ta chọn các tham số của bộ điều khiển xuất phát từ quá trình tìm cực tiểu của một hàm chất lượng (hàm mục tiêu) nào đó.

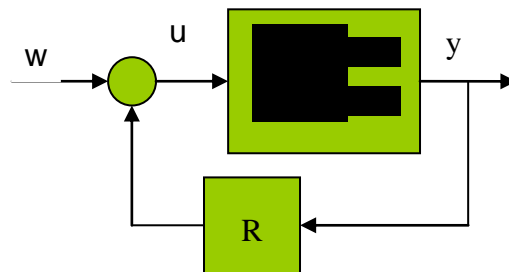
Trong đó E là ma trận trọng lượng của các biến trạng thái và F là ma trận trọng lượng của các biến đầu vào. Với giả thiết E là ma trận đối xứng xác định không âm và F là ma trận đối xứng xác định dương.

Bài toán này có 2 dạng : phản hồi tối ưu trạng thái dương và phản hồi tối ưu trạng thái âm

2. Thiết kế bộ điều khiển LQR phản hồi dương

Cho hệ

Có sơ đồ cấu trúc :



Giả sử ta có bộ điều khiển R thì lúc đó mô hình trạng thái của hệ kín :

Thuật toán tìm R như sau :

1) Giải phương trình Riccati : $KBF - D^T K - K(A - BK) - Q = 0$ để tìm được K

2) Tính $R^{-1} K$: là luật điều khiển tối ưu

Ví dụ : cho hệ $\frac{dx}{dt} = Ax + Bu$

Tìm bộ điều khiển phản hồi dương tối ưu trạng thái R :

$$\begin{array}{c}
 a=[0 \ 0; 1 \ 0] \\
 a = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} \\
 \gg b=[1; 0] \\
 b = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \end{vmatrix} \\
 \gg e=[5 \ 0; 0 \ 4] \\
 e = \begin{vmatrix} 5 & 0 \\ 0 & 4 \end{vmatrix} \\
 \gg f=1 \\
 f = 1
 \end{array}$$

>> [k,s,e]=lqr(a,b,e,f) : trong đó k là ma trận phản hồi; S là nghiệm của phương trình Ricati; e là vết của (A-B*K)

k = (luật điều khiển R)

3.0000 2.0000

s = (nghiệm ricati)

3.0000 2.0000

2.0000 6.0000

e =

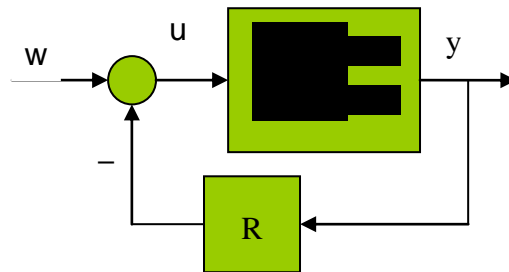
-2.0000

-1.0000

Vậy bộ điều khiển R

3.Thiết kế bộ điều khiển LQR phản hồi âm

Cho hệ



Giả sử ta có bộ điều khiển R thì lúc đó mô hình trạng thái của hệ kín :

Thuật toán tìm R như sau : R

1)Giải phương trình Ricati : $LBF - B^T L$ để tìm được L

2)Tính R : là luật điều khiển tối ưu

$\frac{dx}{dt}$ và Q

a=[0 2;1 0]	>> b=[0 ;1]	>> e=[3 4;4 13]	>> f=1
a =	b =	e =	f =
0 2	0	3 4	1
1 0	1	4 13	

>> [R,L,e]=lqr(a,b,e,f)

R = luật điều khiển

3.0000 5.0000

L = nghiệm phương trình Ricati

3.0000 3.0000

3.0000 5.0000

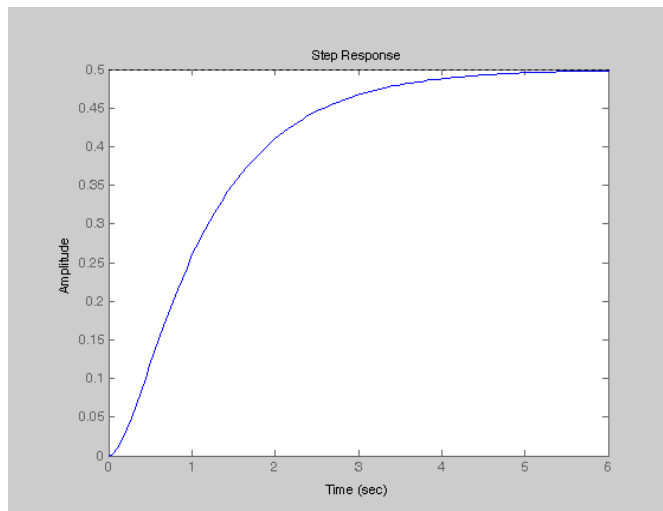
[a]=[a-b*R]

a =

0 2.0000

-2.0000 -5.0000

>> step(a,b,c,d)



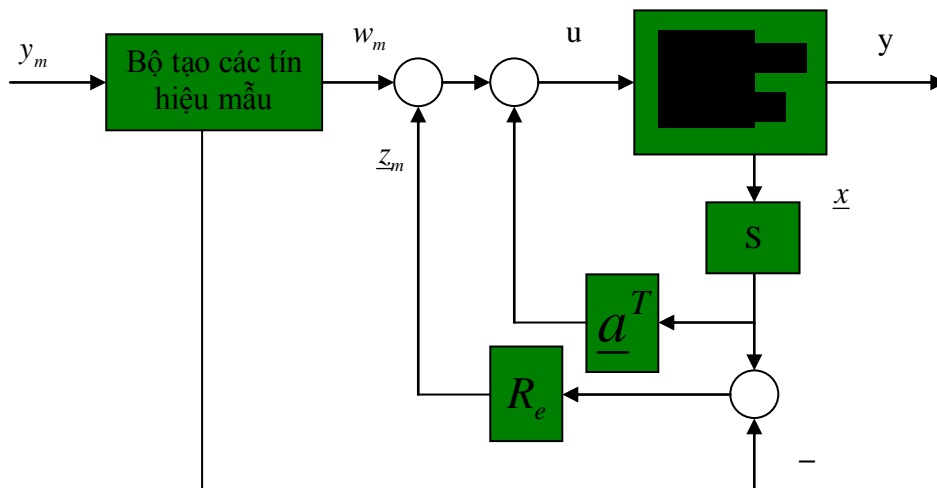
3.4.4 Điều khiển bám bằng phản hồi trạng thái (tracking control)

Bài toán : cho hệ SISO được mô tả bởi mô hình



Ta phải thiết kế bộ điều khiển R sao cho tín hiệu ra $y(t)$ của nó luôn bám được theo tín hiệu mẫu $y_m(t)$ mong muốn. Bộ R có thể là bộ phản hồi trạng thái hoặc bộ phản hồi tín hiệu ra. Để giải quyết bài toán này ta phải thiết kế bộ điều khiển R có khả năng vừa giải quyết nhiệm vụ trên đồng thời phải xác định tín hiệu đặt $u_m(t)$ (mẫu) thích ứng ở đầu vào.

- Sơ đồ cấu trúc hệ thống như hình 3.20 trang 343.



Trong đó bộ tạo mẫu với tín hiệu vào là mẫu tín hiệu ra là mẫu điều khiển và mẫu trạng thái. Ma trận S là ma trận quy chuẩn mô hình từ mô hình không chuẩn về mô hình chuẩn. \underline{a}^T là bộ phản hồi trạng thái và R_e là bộ điều khiển sai lệch trạng thái.

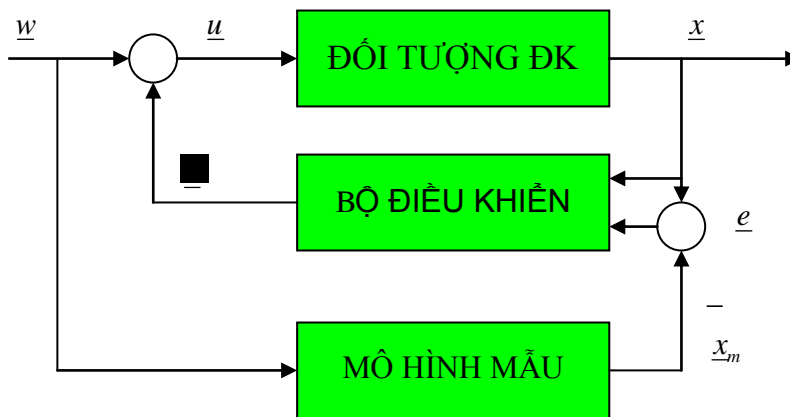
3.4.5 Điều khiển phản hồi trạng thái thích nghi

Bài toán : Trong điều khiển ta thường gặp những bài toán mà đối tượng có chứa những thành phần bất định. Nguồn gốc của những thành phần bất định này có thể là sai lệch mô hình, hoặc do tác động của nhiễu ngoài (disturbance). Mô hình MIMO của chúng như sau :



Trong đó $G(x)$ là ma trận của các phân tử phụ thuộc vào trạng thái x , $d(t)$ là véc tơ nhiễu (thành phần bất định). Bài toán này còn gọi là bài toán điều khiển thích nghi kháng nhiễu : thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái điều khiển đối tượng trên để hệ thống có chất lượng như mong muốn không phụ thuộc vào nhiễu.

Hệ thống có sơ đồ cấu trúc như 3.22b trang 347 :



Trong

đó $w, u, x, \underline{\quad}$: véc tơ tín hiệu vào, tín hiệu điều khiển, trạng thái của hệ thống, luật điều khiển thích nghi kháng nhiễu, sai lệch giữa mô hình mẫu và thực, trạng thái mô hình mẫu.

3.4.6 Điều khiển phản hồi tín hiệu ra

1. Bài toán

Cho đối tượng được mô tả :



Ta phải thiết kế bộ điều khiển R phản hồi tín hiệu ra sao cho hệ kín thu được



có các điểm cực là những giá trị cho trước. Để giải quyết bài toán này người ta

thiết kế các bộ quan sát trạng thái

2. Thiết kế bộ quan sát Luenberger

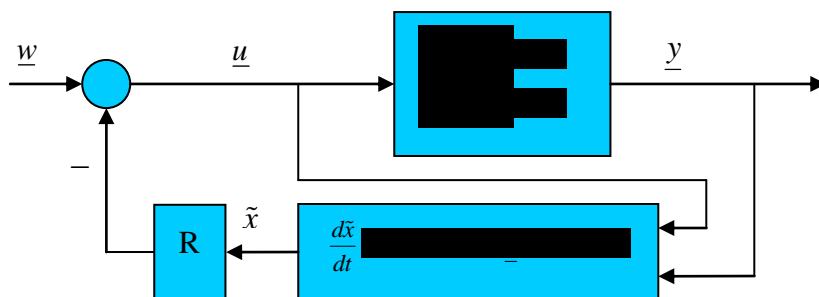
Cho đối tượng có mô hình :



Ý tưởng chính của phương pháp là dùng khâu có mô hình :



làm bộ quan sát như hình 3.26 trang 354.



Vấn đề mấu chốt là xác định được ma trận L . thuật toán tìm L theo các bước sau :

1) Chọn n giá trị điểm cực tương ứng với thời gian quan sát T : càng xa trục ảo về trái thì T càng nhỏ, sai số quan sát càng nhanh tiến về 0

2) Dùng phương pháp thiết kế bộ phản hồi trạng thái bằng gán cực để xác định L^T với n điểm cực

cho đối tượng :



3) Xác định lại L

4) Thông thường bộ quan sát trạng thái bao giờ cũng đi kèm bộ phản hồi trạng thái R

Nói cách khác bài toán xác định bộ quan sát Luenberger chính là bài toán thiết kế bộ điều khiển cho trước điểm cực ứng với hệ đối ngẫu của đối tượng đã cho. Ví dụ : cho đối tượng được mô tả

$S = \frac{100}{s^2 + 10s + 100}$. Thiết kế bộ quan sát.

sys=ss(tf([100],[1 2 100]))

$$\begin{array}{c}
 a = \\
 \begin{array}{cc}
 & x1 & x2 \\
 x1 & -2 & -3.125 \\
 x2 & 32 & 0
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 b = \\
 \begin{array}{c}
 u1 \\
 x1 & 2 \\
 x2 & 0
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 c = \\
 \begin{array}{cc}
 & x1 & x2 \\
 y1 & 0 & 1.563
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 d = \\
 \begin{array}{c}
 u1 \\
 y1 & 0
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

> po=3*real(pole(sys))+imag(pole(sys))/3*i xác định cực của bộ quan sát

po = cực của bộ quan sát

-3.0000 + 3.3166i

-3.0000 - 3.3166i

>> L=place(sys.a',sys.c',po) : xác định ma trận độ sai lệch quan sát L

>> est=estim(sys,L) : xác định mô hình bộ quan sát

$$\begin{array}{c}
 a = \\
 \begin{array}{cc}
 & x1 & x2 \\
 x1 & -2 & -0.375 \\
 x2 & 32 & -4
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 b = \\
 \begin{array}{c}
 u1 \\
 x1 & -1.76 \\
 x2 & 2.56
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 c = \\
 \begin{array}{cc}
 & x1 & x2 \\
 y1 & 0 & 1.563 \\
 y2 & 1 & 0 \\
 y3 & 0 & 1
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 d = \\
 \begin{array}{c}
 u1 \\
 y1 & 0 \\
 y2 & 0 \\
 y3 & 0
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

Ví dụ 2 : cho hệ có đối tượng : $S = \frac{100}{s^2 + 10s + 100}$. Thiết kế bộ điều khiển

1) xác định điểm cực của bộ quan sát và của khâu điều khiển

sys=ss(tf([100],[1 2 100]))

$$\begin{array}{c}
 a = \\
 \begin{array}{cc}
 & x1 & x2 \\
 x1 & -2 & -3.125 \\
 x2 & 32 & 0
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 b = \\
 \begin{array}{c}
 u1 \\
 x1 & 2 \\
 x2 & 0
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 c = \\
 \begin{array}{cc}
 & x1 & x2 \\
 y1 & 0 & 1.563
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 d = \\
 \begin{array}{c}
 u1 \\
 y1 & 0
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

>> po=10*real(pole(sys))+imag(pole(sys))/10*i : điểm cực của bộ quan sát

po =

-10.0000 + 0.9950i

-10.0000 - 0.9950i

>> pc=5*real(pole(sys))+imag(pole(sys))/5*i : điểm cực của bộ điều khiển

pc =

2) Xác định ma trận sai lệch quan sát và ma trận phản hồi trạng thái

L=place(sys.a',sys.c',po): xác định ma trận sai lệch quan sát L

L =

-0.7002

11.5200

>> k=place(sys.a,sys.b,pc) : xác định ma trận điều khiển phản hồi trạng thái

k = 4.0000 -1.1100

3) xác định bộ quan sát và bộ điều khiển phản hồi trạng thái

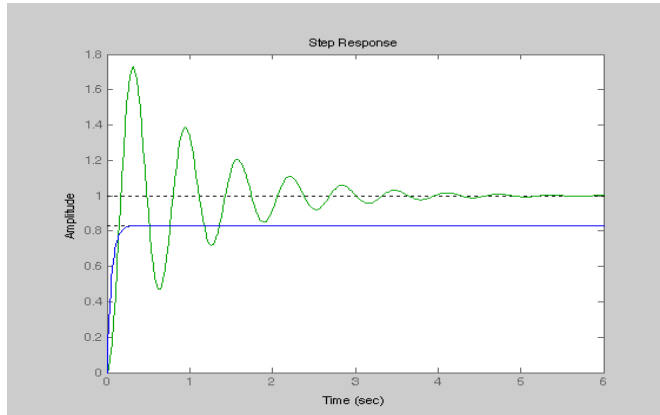
>> est=estim(sys,L) : xác định bộ quan sát

$$\begin{array}{c}
 a = \\
 \begin{array}{cc}
 & x1 & x2 \\
 x1 & -2 & -2.031 \\
 x2 & 32 & -18
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 b = \\
 \begin{array}{c}
 u1 \\
 x1 & -0.7002 \\
 x2 & 11.52
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 c = \\
 \begin{array}{cc}
 & x1 & x2 \\
 y1 & 0 & 1.563 \\
 y2 & 1 & 0 \\
 y3 & 0 & 1
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 d = \\
 \begin{array}{c}
 u1 \\
 y1 & 0 \\
 y2 & 0 \\
 y3 & 0
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

>> rsys=reg(sys,k,L) : xác định mô hình bộ điều khiển khi có cả bộ quan sát

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{a} = \begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} x1 & x2 \end{array} \\ \begin{array}{c} x1 \\ x2 \end{array} & \begin{array}{cc} -10 & 0.1891 \\ 32 & -18 \end{array} \end{array} \quad \left| \quad \mathbf{b} = \begin{array}{c} u1 \\ x1 \\ x2 \end{array} \begin{array}{cc} -0.7002 \\ 11.52 \end{array} \quad \left| \quad \mathbf{c} = \begin{array}{cc} x1 & x2 \\ y1 & -4 \quad 1.11 \end{array} \quad \left| \quad \mathbf{d} = \begin{array}{c} u1 \\ y1 \end{array} \begin{array}{c} 0 \end{array}
 \end{array}$$

Kết quả ta thu được quá trình quá độ :




Đường xanh lá cây là đáp ứng của đối tượng. đường xanh da trời là đáp ứng của hệ thống kín có bộ quan sát và điều khiển. Như vậy về động học hệ thống đã được cải thiện rất nhiều, không có quá điều chỉnh, thời gian quá độ ngắn, nhưng sai số xác lập lớn.

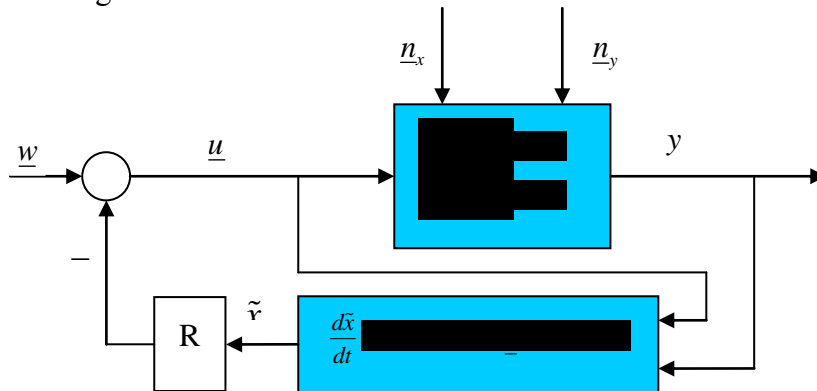
Sai lệch tĩnh lớn có thể là do sự thay đổi hàm truyền đạt của mạch kín. Để khắc phục hiện tượng này thông thường người ta sử dụng khâu điều khiển trạng thái có thêm khâu tích phân đầu vào hoặc bộ tiền sử lý.

3. Thiết kế bộ quan sát Kalman

Cho đối tượng có mô hình :  với n_x, n_y là nhiễu tác động

Ý tưởng chính của phương pháp là dùng khâu có mô hình :  làm bộ



quan sát như hình 3.28 trang 359.



Vấn đề mấu chốt là xác định được ma trận L . Thuật toán tìm L :

1) Xác định hai ma trận N_x, N_y là hai ma trận hàm hồi tương quan của $n_x, t; n_y, t$ (phương sai của tạp âm).

2) Thiết kế bộ điều khiển tối ưu phản hồi trạng thái L^T phản hồi âm cho đối tượng đối ngẫu

 với phiếm hàm mục tiêu Q_k 

3) Tìm L thay vào ta có bộ quan sát Kalman

Ví dụ cho hệ thống có đối tượng được mô tả : $S \begin{array}{c} 1 \\ s \end{array} \begin{array}{c} 1000 \\ s \end{array}$. Thiết kế bộ quan sát

Kalman.

$$\begin{array}{l}
 \text{sys}=\text{ss}(\text{tf}([1000],[1\ 10\ 1000])) \\
 \mathbf{a} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} x1 \quad x2 \\ \hline x1 \quad -10 \quad -15.63 \\ x2 \quad 64 \quad 0 \end{array} \\ \hline \end{array} \quad \mathbf{b} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} u1 \\ \hline x1 \quad 4 \\ x2 \quad 0 \end{array} \\ \hline \end{array} \quad \mathbf{c} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} x1 \quad x2 \\ \hline y1 \quad 0 \quad 3.906 \end{array} \\ \hline \end{array} \quad \mathbf{d}=0
 \end{array}$$

```

>> Qn=1 : phương sai tạp âm
Qn =
    1
>> Rn=1 : phương sai tạp âm
Rn =
    1
>> [kest,L,P]=kalman(sys,Qn,Rn)

```

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{a} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} x1_e \quad x2_e \\ \hline x1_e \quad -10 \quad -18.9 \\ x2_e \quad 64 \quad -20.47 \end{array} \\ \hline \end{array} \quad \mathbf{b} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} y1 \\ \hline x1_e \quad 0.8381 \\ x2_e \quad 5.24 \end{array} \\ \hline \end{array} \quad \mathbf{c} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} x1_e \quad x2_e \\ \hline y1_e \quad 0 \quad 3.906 \\ x1_e \quad 1 \quad 0 \\ x2_e \quad 0 \quad 1 \end{array} \\ \hline \end{array} \quad \mathbf{d} = \begin{array}{c} y1 \\ \hline y1_e \quad 0 \\ x1_e \quad 0 \\ x2_e \quad 0 \end{array}
 \end{array}$$

L = ma trận khuếch đại bộ quan sát Kalman

```

0.8381
5.2403

```

P = ma trận phương sai sai lệch tĩnh

```

0.4297  0.2145
0.2145  1.3415

```

```

>> Q=[3 4;4 12]

```

Q = ma trận trọng lượng của các biến trạng thái

```

3  4
4  12

```

```

>> R=1

```

R = ma trận trọng lượng của biến đầu vào

```

1

```

```

>> [k]=lqr(sys.a,sys.b,Q,R) : ma trận phản hồi tối ưu trạng thái

```

```

k =

```

```

4.6639  1.3147

```

```

>> rlqg=lqgreg(kest,k) : mô hình bộ điều khiển dùng lọc Kalman

```

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{a} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} x1_e \quad x2_e \\ \hline x1_e \quad -13.91 \quad -20 \\ x2_e \quad 39.56 \quad -27.36 \end{array} \\ \hline \end{array} \quad \mathbf{b} = 0 \quad \mathbf{c} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} x1_e \quad x2_e \\ \hline y1 \quad -4.664 \quad -1.315 \end{array} \\ \hline \end{array} \quad \mathbf{d} = 0
 \end{array}$$

4.Kết luận

- -Thiết kế bộ điều khiển sử dụng khâu quan sát Luenberger xác định theo nguyên tắc cho trước điểm cực, tức là dựa vào dạng đáp ứng cho trước.
- -Thiết kế bộ điều khiển sử dụng khâu quan sát Kalman xác định theo cực tiểu phiếm hàm mục tiêu.
- -Khâu quan sát trạng thái Luenberger và Kalman không làm thay đổi vị trí các điểm cực cũ của $\det sI$, nó chỉ đưa thêm vào hệ các điểm cực mới là nghiệm của $\det sI$. Điều này cho thấy ở hệ tuyến tính, **việc thiết kế bộ điều khiển phản hồi tín hiệu ra có thể được coi là hai bài toán riêng biệt gồm bài toán thiết kế bộ phản hồi trạng thái và bài toán thiết kế bộ quan sát trạng thái** (nguyên lý tách).

3.4.7 Loại bỏ sai lệch tĩnh bằng bộ tiền sử lý

Loại bỏ sai lệch tĩnh là vấn đề mà người thiết kế rất quan tâm. Ta thấy rằng sai lệch tĩnh vẫn có thể tồn tại ngay cả khi hệ kín ổn định. Nhất là đối với những hệ điều khiển phản hồi trạng thái. Để loại bỏ sai lệch tĩnh, thông thường tiến hành một trong hai giải pháp :

1) **Tạo cho hệ hở có thành phần tích phân.** Giải pháp này thường được áp dụng cho hệ SISO. Giải pháp này tuy đơn giản nhưng có nguy cơ làm thay đổi vị trí cực của hệ thống tức làm thay đổi chất lượng hệ thống.

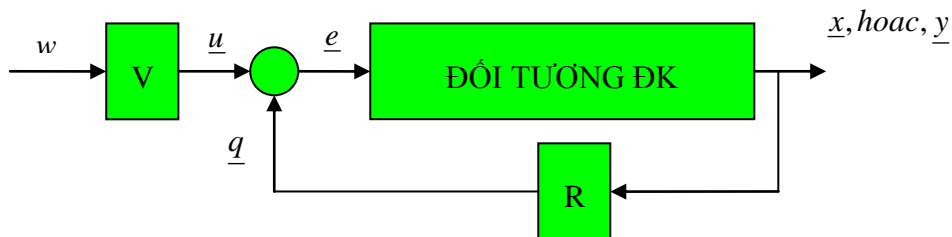
2) **Sử dụng thêm bộ tiền sử lý.** Giải pháp này thường áp dụng cho hệ MIMO, nó thể hiện rõ ưu việt của mình đối với hệ điều khiển được thiết kế theo phương pháp gán điểm cực.

Ta có bài toán như sau :

Giả sử ta có đối tượng được mô tả :



Đối tượng được điều khiển bởi hồi tiếp trạng thái hoặc tín hiệu ra .
Hệ thống có sơ đồ khối như sau :



Ta có được bộ tiền sử lý $V(s)$ để loại bỏ sai lệch tĩnh như sau :



Ví dụ cho hệ có đối tượng được mô tả :

$$\begin{array}{c|c|c|c|c|c|c}
 \mathbf{a}=[0 \ 1 \ 0; 0 \ 0 \ 1; -1 \ 2 \ 3] & \mathbf{b}=[0;0;1] & \mathbf{c}=[1 \ 0 \ 0] & \mathbf{d}=0 & \mathbf{p1}=-3 & \mathbf{p2}=-4 & \mathbf{p3}=-5 \\
 \mathbf{a} = & \mathbf{b} = & \mathbf{c} = & \mathbf{D} = & \mathbf{p1} = & \mathbf{p2} = & \mathbf{p3} = \\
 \begin{array}{ccc} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 2 & 3 \end{array} & \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 1 \end{array} & \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \end{array} & \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} & \begin{array}{c} -3 \\ -3 \end{array} & \begin{array}{c} -4 \\ -4 \end{array} & \begin{array}{c} -5 \\ -5 \end{array} \\
 \end{array}$$

```

>> k=place(a,b,[p1 p2 p3])
k =
    59.0000    49.0000    15.0000
>> [a]=(a-b*k)
a =
     0    1.0000     0
     0     0    1.0000
   -60.0000  -47.0000  -12.0000
>> [aa]=(b*k-a)
aa =
     0   -1.0000     0
     0     0   -1.0000
  119.0000  96.0000  27.0000
>> [aaa]=inv(aa)
aaa =
    0.8067    0.2269    0.0084
   -1.0000     0         0
     0   -1.0000     0
>> [cc]=(c*aaa)
cc =

```

```

0.8067  0.2269  0.0084
>> [ccc]=(cc*b)
ccc =
    0.0084
>> [v]=inv(ccc)
v =
    119.0000
(>> [v]=rscale(a,b,c,d,k)
v =
    60.0000 )
>> [a]=(a-b*k)
a =
     0  1.0000     0
     0   0  1.0000
    -60.0000 -47.0000 -12.0000

```

```

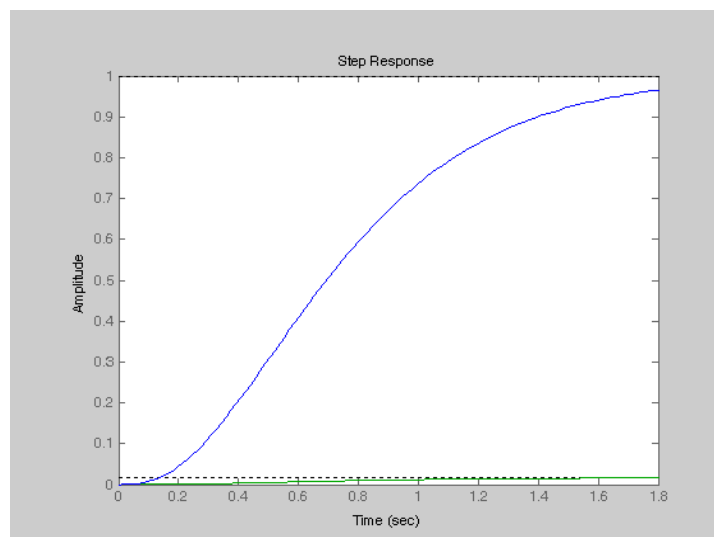
>> [sys]=ss(a,b,c,d)
a =          | b =          | c =          | d =
   x1  x2  x3 |   u1          |   x1  x2  x3 |   u1
   x1  0  1  0 |  x1  0          |   y1  1  0  0 |   y1  0
   x2  0  0  1 |  x2  0          |                   |
   x3 -60 -47 -12 |  x3  1          |                   |

```

```

>> step(v*sys); hold
>> step(sys)

```



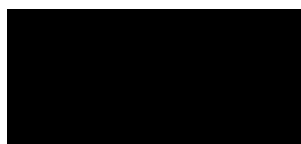
Nhìn vào đáp ứng $h(t)$ ta thấy khi chưa có bộ tiền sử lý, giá trị xác lập là 0,02 (tức sai lệch tĩnh quá lớn). Khi có bộ tiền sử lý V tham gia ta thấy giá trị xác lập là 0.97, độ chính xác đã cải thiện vượt bậc.

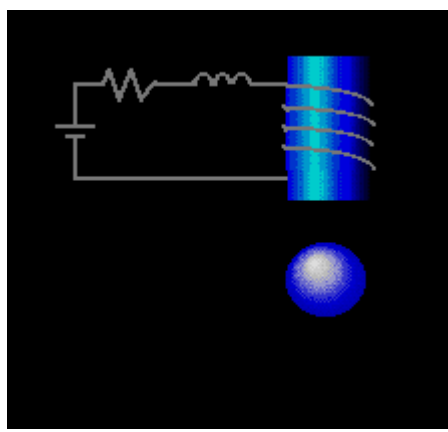
Chú ý : bộ tiền sử lý chỉ cải thiện độ sai lệch tĩnh, còn chất lượng động học hệ thống do bộ phản hồi trạng thái quyết định.

3.4.8 Sử dụng Matlab thiết kế bộ điều khiển (State space)

1. Mô hình không gian trạng thái

Mô tả hệ tuyến tính bằng mô hình không gian trạng thái như sau :





Trong đó x là véc tơ mô tả trạng thái (thông thường là vị trí và tốc độ trong hệ cơ khí); u là hàm vô hướng tín hiệu vào (thường là lực hoặc mô men), y là tín hiệu ra vô hướng. Ma trận A ($n \times n$); B ($n \times 1$); C ($1 \times n$) xác định quan hệ giữa trạng thái và biến vào /ra. Mô hình có được nhờ n phương trình vi phân mô tả động học của hệ. Thông thường mô hình không gian trạng thái dùng mô tả hệ MIMO, trong ví dụ ta nghiên cứu hệ SISO.

Để giới thiệu phương pháp thiết kế không gian trạng thái, ta nghiên cứu hệ gồm bi treo bằng lực điện từ như hình vẽ. Dòng điện chạy trong cuộn dây tạo ra lực điện từ, cân bằng với trọng lực của viên bi. Phương trình vi phân mô tả hệ như sau :



Trong đó h là chiều cao của viên bi, i là dòng điện chạy trong cuộn dây, v là điện áp nguồn, M là khối lượng viên bi, g là gia tốc trọng trường, L là độ tự cảm, R là điện trở, k là hệ số xác định lực tác dụng lên viên bi. Để đơn giản ta chọn $M=0.05\text{Kg}$, $K = 0.0001$; $L=0.1\text{H}$; $R=1\text{ohm}$; $g=9,81\text{m/s}^2$. Hệ sẽ cân bằng khi

$h = \frac{K i^2}{Mg}$. Chúng ta tuyến tính hóa phương trình tại $h=0.01\text{m}$ (dòng điện khoảng 7 A), ta có :



Trạng thái của hệ có ba biến :

U là tín hiệu vào, y là tín hiệu ra ta có các ma trận

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 980 & 0 & -2.8 \\ 0 & 0 & -100 \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 100 \end{bmatrix};$$

$$C = [1 \quad 0 \quad 0];$$

Để tìm được cực của hệ thống ta sử dụng lệnh sau :

$$\text{poles} = \text{eig}(A)$$

Kết quả ta được

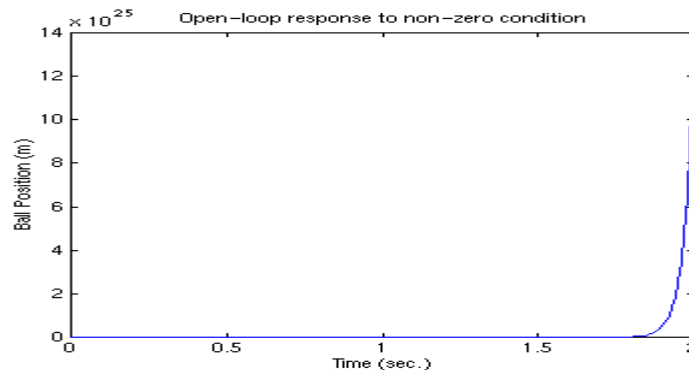
$$\text{poles} = \begin{bmatrix} 31.3050 \\ -31.3050 \\ -100.0000 \end{bmatrix}$$

Có một nghiệm nằm bên phải mặt phẳng nên hệ hở không ổn định

```

t = 0:0.01:2;
u = 0*t;
x0 = [0.005 0 0];
[y,x] = lsim(A,B,C,0,u,t,x0);
h = x(:,2); %Delta-h is the output of interest
plot(t,h)

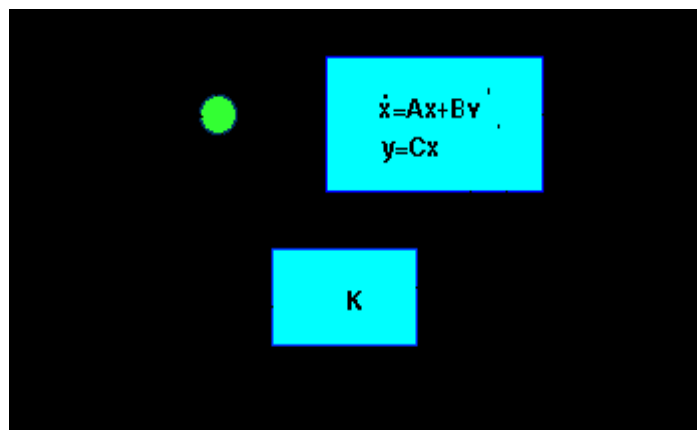
```



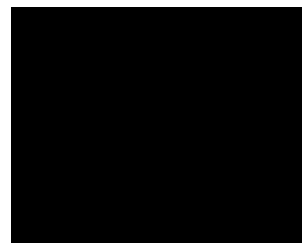
Như vậy khoảng cách giữa viên bi và cuộn dây ngày càng tiến ra vô cùng

2. Thiết kế bộ điều khiển bằng gán cực (pole placement)

Hệ thống đầy đủ, bộ điều khiển được thiết kế bằng phương pháp gán cực có sơ đồ như sau :



Từ công thức



Trong đó

- ω_n =Natural frequency (rad/sec)
- ζ =Damping ratio
- T_r =Rise time
- M_p =Maximum overshoot

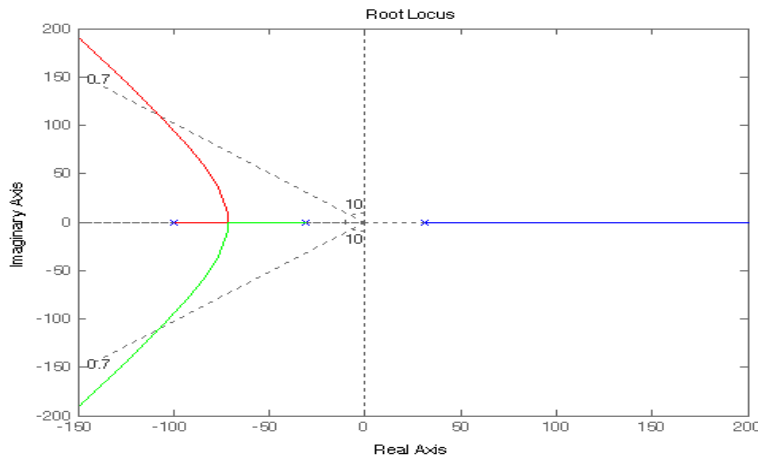
Với yêu cầu chất lượng hệ thống : $T_s < 0.5s$; quá điều chỉnh $< 5\%$; ta xác định được hệ số suy giảm phải lớn hơn 0.7 và tần số tự nhiên lớn hơn 10 rad/s; Dựa vào rlocus như hình vẽ ta xác định được vùng thiết kế và có thể chọn ba điểm cực -50 và $-10 \pm 10i$ và từ đó ta tìm véc tơ phản hồi trạng thái k như sau :

```

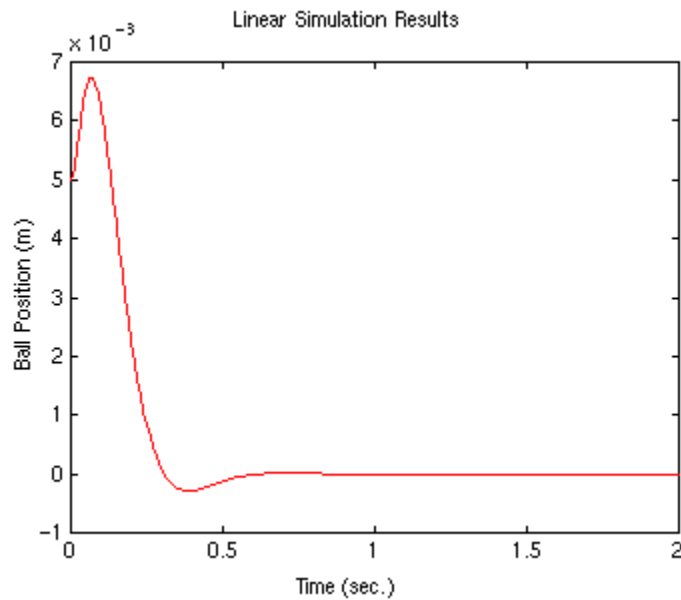
p1 = -10 + 10i;
p2 = -10 - 10i;
p3 = -50;
K = place(A,B,[p1 p2 p3]);
lsim(A-B*K,B,C,0,u,t,x0);

```

Ta có quỹ đạo nghiệm số của hệ như sau :



Đáp ứng của hệ có :

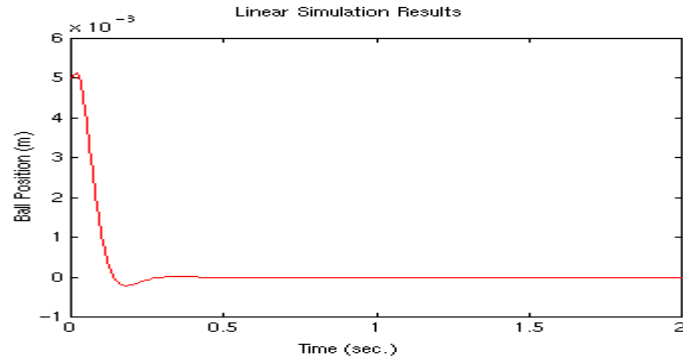


Độ quá điều chỉnh quá lớn, (có thể do zê ro gây ra) ta chọn lại các điểm cực dịch sang trái :

```

p1 = -20 + 20i;
p2 = -20 - 20i;
p3 = -100;
K = place(A,B,[p1 p2 p3]);
lsim(A-B*K,B,C,0,u,t,x0);

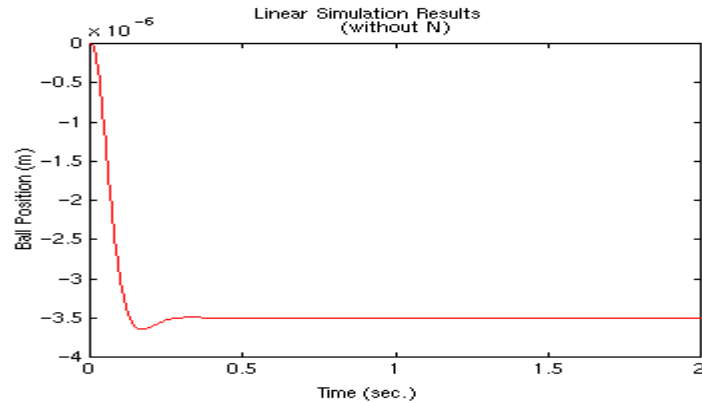
```



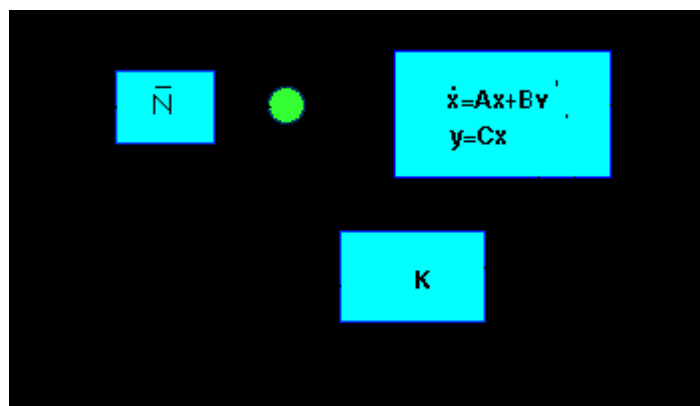
3. Xác định véc tơ KĐ của bộ tiền xử lý (Introducing the reference input)

Bây giờ, ta xác định đáp ứng hệ thống với tín hiệu vào bước nhảy nhỏ :

```
t = 0:0.01:2;
u = 0.001*ones(size(t));
lsim(A-B*K,B,C,0,u,t)
```



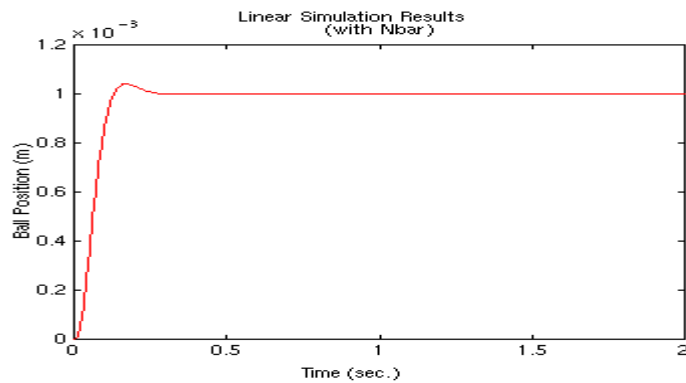
Như vậy hệ thống bám tín hiệu vào không được tốt, mà chúng ta không thể lấy tín hiệu ra bù cho tín hiệu vào được bởi ta đã đo tất cả các trạng thái của hệ thống phản hồi trở về thông qua véc tơ K. đây không phải là nguyên nhân để hy vọng $K*x$ giống tín hiệu ra mong muốn. Để khử vấn đề này ta tìm véc tơ Nbar sao cho $Nbar*u$ cân bằng với $K*x$ ở trạng thái xác lập. Sơ đồ hệ thống như sau :



$$Nbar = rscale(A, B, C, 0, K)$$

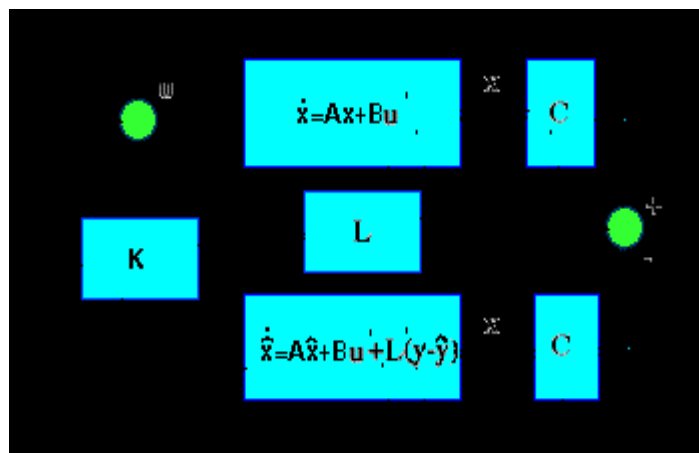
Khảo sát ta có kết quả : Hệ thống bám đầu vào hợp lý.

```
lsim(A-B*K,B*Nbar,C,0,u,t)
```



4. Thiết kế bộ quan sát trạng thái (observer design)

Khi chúng ta không thể đo được tất cả các trạng thái của hệ (thông thường là không đo được hết), ta có thể xây dựng bộ quan sát (observer) để ước lượng chúng, khi chỉ đo được $y=cx$. Đối với ví dụ ta có sơ đồ khối sau :



Bộ quan sát (observer) cơ bản giống đối tượng điều khiển, nó có cùng đầu vào, phương trình vi phân gần giống và đặc biệt nó so sánh tín hiệu ra thực đo được với tín hiệu ra ước lượng, đó là cơ sở ước lượng trạng thái gần giống với trạng thái thực. Sai số động học của bộ quan sát được xác định bởi cực của $(A - L * C)$.

Đầu tiên ta cần chọn véc tơ khuếch đại bộ quan sát L . Yêu cầu động học của bộ quan sát phải nhanh hơn hệ thống, cần thiết ít nhất cực của nó xa về bên trái năm lần so với cực của hệ thống. Như trong ví dụ, thì ta phải chọn :

```
op1 = -100;
op2 = -101;
op3 = -102;
```

```
L = place(A',C',[op1 op2 op3]);
```

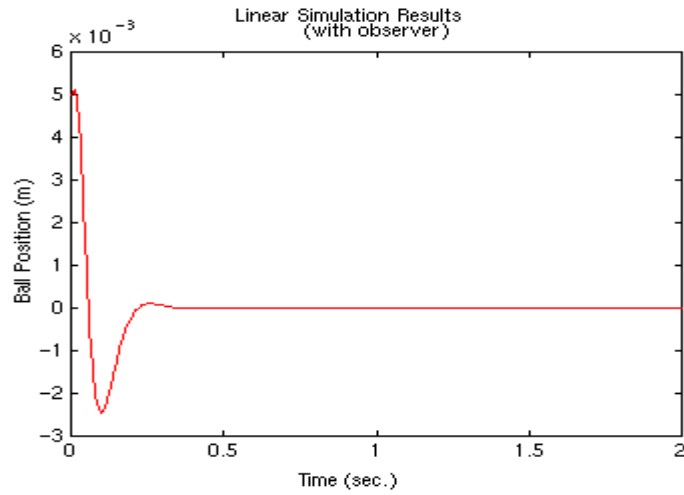
Kết hợp cả hệ thống và bộ quan sát ta có sai số trạng thái $e = x - \hat{x}$ và phản hồi trạng thái về điều khiển là $u = -K\hat{x}$. biến đổi đại số phương trình sai số, phản hồi và bộ quan sát ta được ma trận hệ thống :

```
At = [A - B*K      B*K
      zeros(size(A))  A - L*C];
Bt = [ B*Nbar
      zeros(size(B))];
Ct = [ C      zeros(size(C))];
```

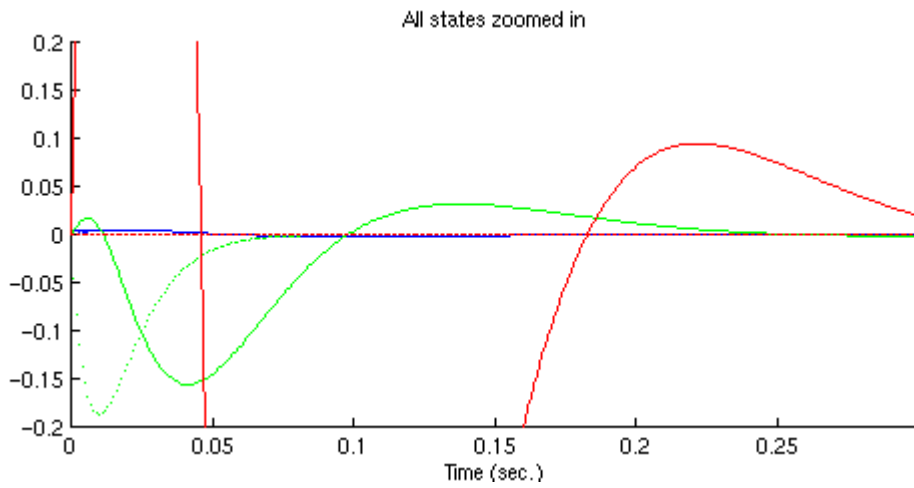
Sử dụng lệnh sau để xác định đáp ứng hệ thống với điều kiện đầu khác không, đầu vào bằng không, với giả thiết điều kiện đầu bộ quan sát bằng không, như vậy sai số ban đầu chính là điều kiện đầu của trạng thái hệ thống.

`lsim(At,Bt,Ct,0,zeros(size(t)),t,[x0 x0])`

Ta có đáp ứng của hệ như sau :



Cụ thể ta có thể xác định được các đáp ứng :



Đường xanh lá cây liền là vị trí của viên bi `xi(1)`;

Đường xanh lá cây chấm là vị trí của viên bi được ước lượng bởi bộ quan sát `xi_hat(1)`;

Đường xanh da trời liền là tốc độ của viên bi `xi(2)`;

Đường xanh da trời chấm là tốc độ của viên bi được ước lượng bởi bộ quan sát `xi_hat(2)`;

Đường đỏ và chấm đỏ là dòng điện `u` và `u_hat`.

CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 3

a. Câu hỏi ôn tập

Câu hỏi 1: Ma trận và ứng dụng trong việc xây dựng mô hình toán học trong không gian trạng thái.

Câu hỏi 2: Mô tả việc thiết lập mô hình không gian trạng thái từ phương trình trạng thái hệ thống

Câu hỏi 3: Mối quan hệ giữa mô hình hàm truyền đạt và mô hình không gian trạng thái

Câu hỏi 4: Mô tả động học hệ thống thông qua Quỹ đạo trạng thái

Câu hỏi 5: Trình bày nhiệm vụ cơ bản của bài toán phân tích hệ thống sử dụng mô hình không gian trạng thái

Câu hỏi 6: Trình bày bài toán phân tích tính ổn định hệ thống qua mô hình không gian trạng thái

Câu hỏi 7: Sử dụng mô hình không gian trạng thái phân tích tính điều khiển được và quan sát được của hệ thống.

Câu hỏi 8: Trình bày bài toán thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái bằng phương pháp gán điểm cực

Câu hỏi 9: Trình bày bài toán điều khiển tách kênh

Câu hỏi 10: Trình bày bài toán điều khiển phản hồi trạng thái tối ưu.

Câu hỏi 11: Trình bày bài toán điều khiển bám bằng phản hồi trạng thái.

Câu hỏi 12: Trình bày bài toán điều khiển phản hồi tín hiệu ra bằng bộ quan sát LUENBERGER

Câu hỏi 13: Trình bày bài toán điều khiển phản hồi tín hiệu ra bằng bộ quan sát KALMAN

Câu hỏi 14: Trình bày bài toán điều khiển có sử dụng bộ tiền sử lý loại bỏ sai lệch tĩnh.

b. Bài tập

Bài tập 1: Phân tích tính điều khiển được và quan sát được của hệ có mô hình không gian trạng thái sau:

a) $\frac{dx}{dt}$

Đáp số:

$$\begin{array}{ccc|ccc} \text{co} = & & & \text{ob} = & & \\ & 0 & -75 & 0 & 0 & 3 & -1 \\ & 3 & 60 & 0 & 45 & 56 & -1 \\ & 1 & 13 & 28 & -7 & -9 & -1 \end{array}$$

b) $\frac{dx}{dt}$

Đáp số:

$$\begin{array}{cccccc|ccc} \text{co} = & & & & & & \text{ob} = & & \\ & 0 & 1 & 2 & -2 & -8 & 2 & 1 & 0 & -1 \\ & 1 & 2 & 4 & -3 & -14 & 2 & 0 & 1 & 1 \\ & -1 & 1 & 4 & -1 & -8 & 0 & 1 & 1 & -7 \\ & & & & & & & -1 & 1 & 1 \\ & & & & & & & 1 & -7 & 15 \end{array}$$

Bài tập 2: Cho hệ mô tả bởi:

$$\frac{dx}{dt}$$

Với $k=40$ hệ có quan sát được hay không
 Đáp số:

$$ob = \begin{array}{cccc|c} 1 & 10 & 10 & 0 & \text{rank}(ob) \\ 0 & 1 & 10 & 10 & \text{ans} = 4 \\ -60 & -400 & -109 & -40 & \\ 240 & 1540 & 40 & 91 & \end{array}$$

Bài tập 3: Cho đối tượng có mô hình không gian trạng thái :

$$\frac{dx}{dt}$$

a) Thiết kế bộ phản hồi trạng thái sao cho hệ thống kín có hai điểm cực s_1

Đáp số: $k = 6 \quad 3$

b) Thiết kế bộ quan sát LUENBERGER với hai điểm cực cho trước

Đáp số: mô hình bộ quan sát :

$$L = \begin{array}{c} 6.0000 \\ 9.0000 \end{array} \left| \begin{array}{cc} a = & x1 \ x2 \\ x1 \ 0 \ -5 \\ x2 \ 4 \ -9 \end{array} \right| \begin{array}{c} b = \\ u1 \\ x1 \ 6 \\ x2 \ 9 \end{array} \left| \begin{array}{cc} c = & x1 \ x2 \\ y1 \ 0 \ 1 \end{array} \right| \begin{array}{c} d = \\ u1 \\ y1 \ 0 \\ y2 \ 0 \\ y3 \ 0 \end{array}$$

Mô hình bộ điều khiển

$$a = \begin{array}{cc} x1 \ x2 \\ x1 \ 0 \ -5 \\ x2 \ -2 \ -12 \end{array} \left| \begin{array}{c} b = \\ u1 \\ x1 \ 6 \\ x2 \ 9 \end{array} \right| \begin{array}{cc} c = & x1 \ x2 \\ y1 \ -6 \ -3 \end{array} \left| \begin{array}{c} d = \\ u1 \\ y1 \ 0 \end{array} \right.$$

c) Xây dựng sơ đồ cấu trúc của hệ với hai bộ điều khiển trên. Khảo sát quá trình quá độ của hệ ứng với hai bộ điều khiển.

Bài tập 4: Cho đối tượng có mô hình:

$$\frac{dx}{dt}$$

Thiết kế bộ điều khiển LQR sao cho hệ thỏa mãn phiếm hàm mục tiêu :

$$Q$$

Đáp số: $k = [-3.2361 \quad -5.7397]$

CHƯƠNG 4: ĐIỀU KHIỂN HỆ KHÔNG LIÊN TỤC

4.1 CÔNG CỤ TOÁN HỌC

4.1.1 Dãy và chuỗi số

1. Dãy số

- -Định nghĩa : Một tập con đếm được gồm các phần tử $x_k; k \in \mathbb{Z}$ thuộc không gian X, được sắp xếp theo một thứ tự nhất định được gọi là dãy số và ký hiệu $\{x_k\}$
- -Để biểu diễn dãy số người ta có hai cách
- Sử dụng ánh xạ K và có thể viết $x_k = K(k)$
- Viết dưới dạng dãy cộng : $x_k = a + kd$ với a là hằng số
- Viết dưới dạng dãy nhân : $x_k = ar^k$

2. Chuỗi số

- -Định nghĩa : Cho dãy số $\{x_k\}$, chuỗi được hiểu là $\sum_{k=-\infty}^{\infty} x_k z^k$. Và chuỗi cũng được hiểu là dãy s_n với mỗi phần tử $s_n = \sum_{k=-\infty}^n x_k z^k$

4.1.2 Toán tử Fourier không liên tục

Cho tín hiệu $x(t)$ và dãy $x_k, k \in \mathbb{Z}$ với mỗi phần tử $x_k = \int_{t_0}^{t_0+T} x(t) \delta(t - t_0 - kT) dt$ với T_a là chu kỳ cắt mẫu.

Thì ảnh Fourier của $x(t)$ là $X(j\omega)$ và ảnh của x_k là $X(j\omega)$ DFT (discrete Fourier transformation)

được định nghĩa như sau : $X(j\omega) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x_k e^{-j\omega k T_a}$

Hàm $\tilde{X}_a(j\omega)$ được gọi là ảnh Fourier không liên tục của tín hiệu $x(t)$. giữa $X(j\omega)$ và $\tilde{X}_a(j\omega)$ có sự sai lệch ảnh.

4.1.3 Phép biến đổi Z thuận

1. Định nghĩa :

Ta có dãy xung x_k . Gọi $X^*(s)$ là ảnh L của x_k thì :

$$X^*(s) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x_k e^{-ks}$$

Có ảnh $X(z)$ với $z = e^s$. Như vậy mỗi phần tử x_k là hệ số ảnh của $X(z)$ với một bước trễ tương ứng.

2. Tính chất : có 13 tính chất trang 377-378

- -Tính tuyến tính
- -phép dịch trái : phép biến đổi z của một chuỗi trễ n bước
- -Phép dịch phải : biến đổi z của một chuỗi vượt trước n bước
- -ảnh của tín hiệu tiến
- -ảnh của tín hiệu lùi

4.1.4 Phép biến đổi Z ngược

Để thực hiện phép biến đổi ngược, ta có thể sử dụng nhiều cách, đơn giản nhất là ta dùng **phương pháp biến đổi ngược hàm hữu tỷ** :

- -Phân tích hàm thành tổng các phân thức tối giản
- -Tra bảng ảnh dịch về thành tổng các hàm gốc cơ bản
- -Tính tổng các hàm gốc đã tìm được

Hoặc ta dùng phương pháp phân tích chuỗi

Ví dụ : $X(s) = \frac{1}{s^2 + 1}$ tra bảng ta được hàm ảnh

$$X(z) = \frac{z^{-2}}{z^2 - 1}$$

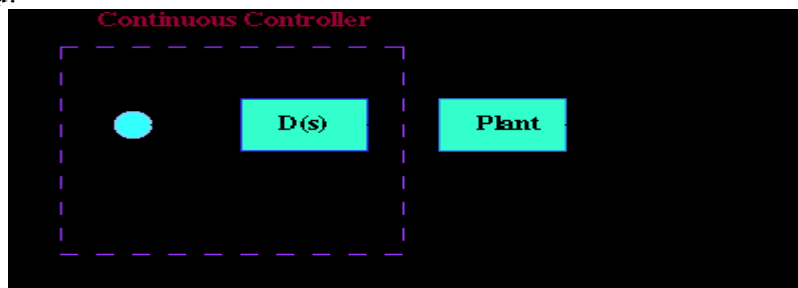
4.1.5 Quan hệ giữa toán tử Z và Laplace : trang 384-386

4.2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC

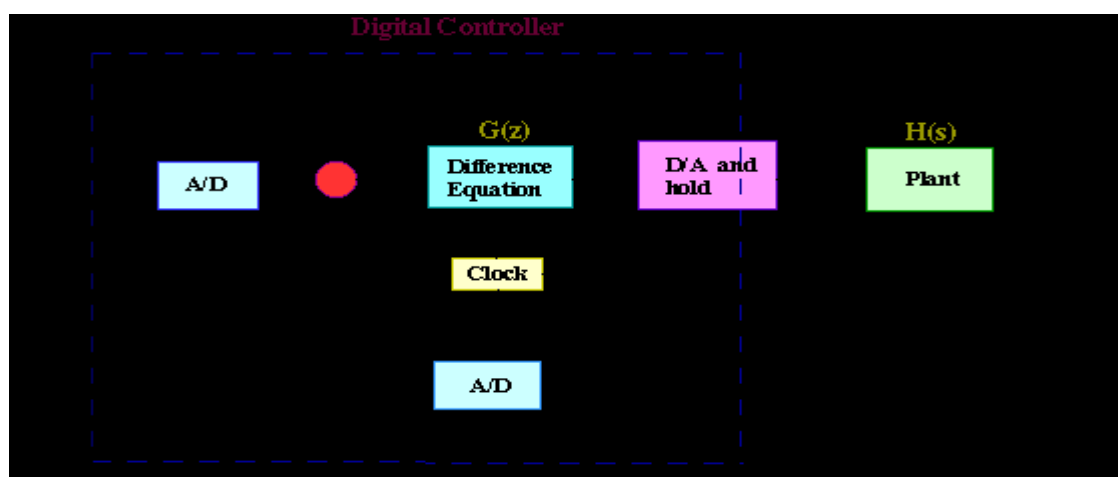
4.2.1 Khái niệm hệ không liên tục

1. Khái niệm hệ không liên tục

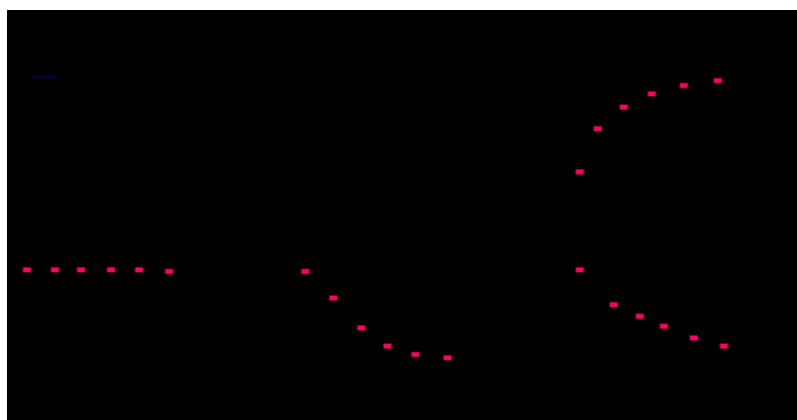
Hệ liên tục kín cơ bản được thể hiện như hình vẽ. hầu như tất cả các bộ điều khiển có thể sử dụng linh kiện bán dẫn tương tự.



Bộ điều khiển liên tục $D(s)$ có thể được thay thế bằng bộ điều khiển số, như hình dưới, chức năng tương tự như bộ điều khiển liên tục. Sự khác nhau cơ bản của hai bộ điều khiển là hệ thống số làm việc với tín hiệu rời rạc nhiều hơn tín hiệu liên tục.



Giản đồ của các dạng tín hiệu trên thể hiện như hình vẽ



Mục đích của phần này cho ta biết hàm truyền đạt, không gian trạng thái của hệ rời rạc và thiết kế hệ thống số

2. Bộ biến đổi A/D (Analog-Digital)

Bộ A/D là bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số. Ví dụ như tín hiệu vào điện áp được chuyển thành tín hiệu ra là số.

Bộ A/D thực hiện ba chức năng : lấy mẫu (lượng tử hóa theo thời gian), lượng tử hóa theo mức và mã hóa thành nhị phân.

3. Bộ vi xử lý (G(z))

Bộ vi xử lý thực hiện các thuật toán như dịch chuyển, cộng, nhân, lưu giữ ... tạo nên một tín hiệu điều khiển u_k [redacted] với các hệ số a_i, b_j cho ta đáp ứng của hệ thống có chất lượng như mong muốn.

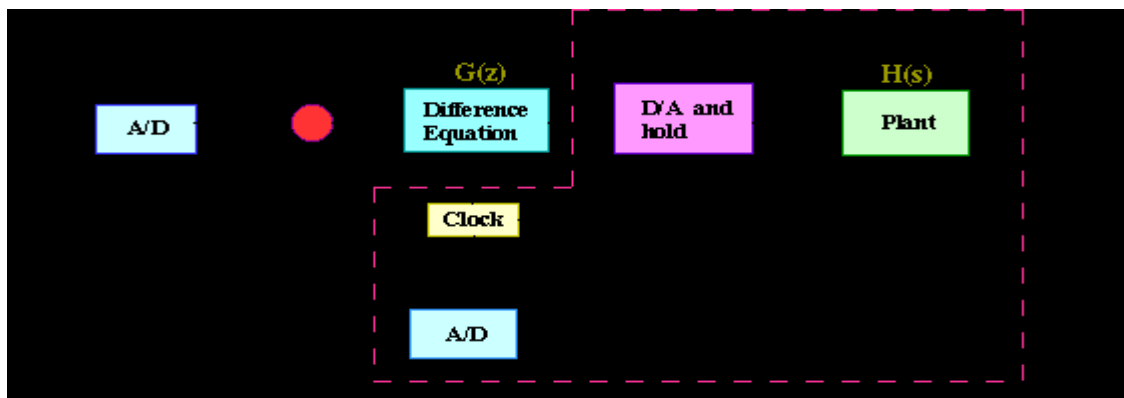
Chú ý thời gian lấy mẫu phải đủ lớn so với thời gian tính u_k (khoảng 20 lần). Nếu thời gian lấy mẫu T quá lớn làm hệ mất ổn định, nếu T quá bé thì thành hệ liên tục

4. Bộ chuyển đổi D/A (Digital - analog)

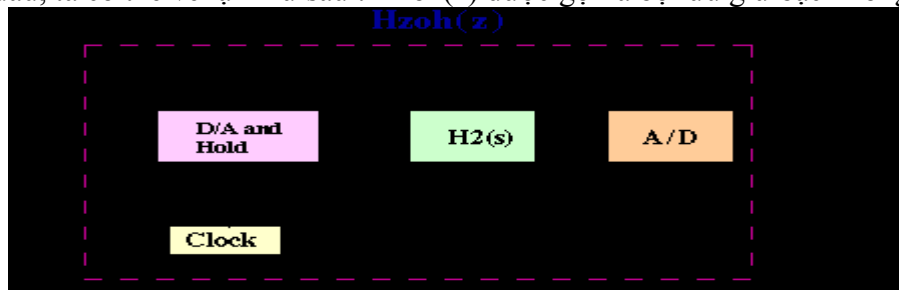
Bộ chuyển đổi số - tương tự biến đổi chuỗi số $u(kT)$ thành tín hiệu liên tục $u(t)$ để điều khiển hệ thống. Đây chính là bộ lưu giữ bậc không, tín hiệu vào là chuỗi xung $u(kT)$, tín hiệu ra là $\hat{u}(t)$

5. Bộ lưu giữ bậc không

Trong giản đồ của hệ thống số trên, ta thấy hệ thống bao gồm cả rời rạc và một phần liên tục. Khi chúng ta thiết kế hệ thống số, ta cần phải chuyển phần liên tục sang rời rạc và phải đánh giá đúng vai trò của nó so với phần rời rạc của hệ thống. Về kỹ thuật, chúng ta sẽ xem xét hệ thống và được bố trí như sau :

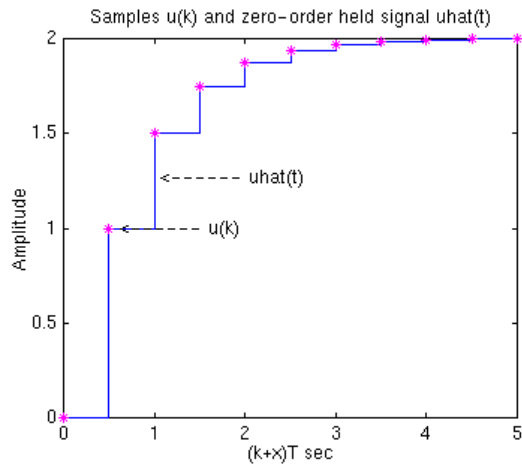


Phần được đánh dấu, ta có thể vẽ lại như sau : $H_{zoh}(z)$ được gọi là bộ lưu giữ bậc không.

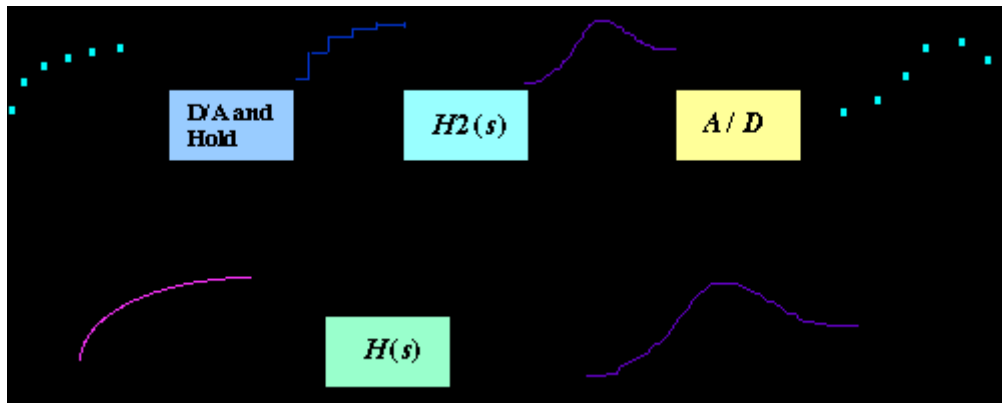


Đồng hồ được nối đến bộ biến đổi D/A và A/D cung cấp xung sau mỗi thời gian T, các bộ A/D và D/A gửi tín hiệu khi xuất hiện xung. Mục đích là bộ H_{zoh} chỉ cho tín hiệu ra $y(k)$ khi có tín hiệu vào $u(k)$, như vậy H_{zoh} thực sự là một hàm rời rạc

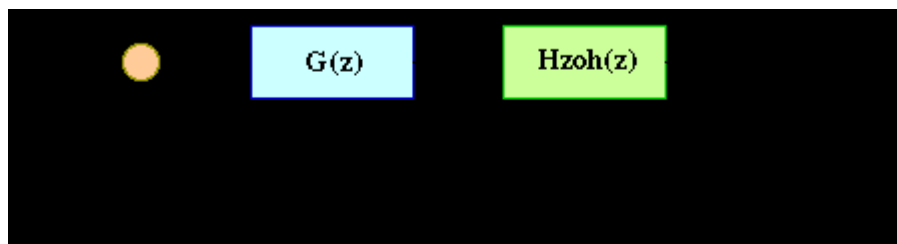
Chúng ta cần tìm một hàm rời rạc $H_{zoh}(z)$ làm việc với tín hiệu $u_{hat}(t)$ và giữ nguyên tín hiệu $u(k)$ khi chuyển từ kT sang $(k+1)T$ thì $H_{zoh}(z)$ được gọi là bộ lưu giữ bậc không



Bộ lưu giữ bậc không $H_{zoh}(z)$ khi tín hiệu $uhat(t)$ đi qua $H2(s)$ cho tín hiệu ra $y(k)$ như $u(t)$ qua $H(s)$ cho ra $y(t)$



Với $H_{zoh}(z)$, hệ thống được vẽ lại như sau :



6. Các khái niệm khác

- 1. Lượng tử hoá : là quá trình biến đổi tín hiệu từ liên tục thành gián đoạn (continuous – discrete)
- 2. Lượng tử hoá theo thời gian : là phương pháp lấy tín hiệu tại các thời điểm nhất định. Thông thường cách nhau một khoảng thời gian là chu kỳ cắt mẫu.
- 3. Lượng tử hoá theo mức : là phương pháp lấy tín hiệu ở các mức mà tín hiệu đạt được. Thông thường cách nhau một đại lượng q
- 4. Hệ xung số là hệ làm việc với tín hiệu xung số
- 5. Tín hiệu xung số : là tín hiệu được lượng tử hoá cả theo mức và thời gian.
- 6. Phân loại hệ rời rạc : tùy thuộc vào dạng lượng tử hoá mà hệ rời rạc được phân làm ba loại :

-Hệ xung : ít nhất một trong các đại lượng đặc trưng cho trạng thái của hệ được lượng tử hoá theo thời gian

-Hệ rơ le : ít nhất có làm việc với tín hiệu được lượng tử hoá theo mức

-Hệ xung số : Hệ làm việc với tín hiệu được lượng tử hoá theo hỗn hợp

4.2.2 Mô hình trong miền phức

1. Dãy trọng lượng

Một hệ thống có tín hiệu vào và ra là u_k & y_k với T_a là chu kỳ trích mẫu thì ta có thể viết :

y_k : là dãy trọng lượng thu được bằng cách trích mẫu $g(t)$

$$G_s = \frac{Y(s)}{U(s)}$$

ví dụ cho

$$G_s = \frac{1}{s+1}$$

2. Mô hình hàm truyền đạt TF (transfer function)

1. Mô hình hàm truyền đạt được xây dựng theo định nghĩa :

Theo định nghĩa, một dãy xung $\{x_k\}$ có ảnh laplace : $X^*(s) = \sum_{k=0}^{\infty} x_k e^{-skT_a}$

Hàm truyền đạt của hệ rời rạc mô tả theo toán tử laplace : $G^*(s) = Y^*(s)/U^*(s)$
 Như vậy muốn tìm được G^* ta phải tìm được ảnh Y^* của dãy xung $\{y_k\}$ và X^* của $\{x_k\}$
 Và để xây dựng được mô hình này ta phải biết trước được tín hiệu vào và đáp ứng ra của hệ thống

Sử dụng công thức $z=e^{-skT}$ thay vào $G^*(s) = Y^*(s)/U^*(s)$ ta có $G(z)=Y(z)/U(z)$
 vậy Hàm truyền đạt $G(z)=Y(z)/U(z)$: là tỷ số ảnh z của tín hiệu ra $\{y_k\}$ và tín hiệu vào $\{u_k\}$

2. HTĐ xây dựng từ phương trình sai phân

Từ phương trình sai phân : sử dụng phép dịch của phép biến đổi z

y_k có ảnh $Y(z)$ thì y_{k-1} có ảnh $z^{-1}Y(z)$

y_{k-n} có ảnh $z^{-n}Y(z)$ tương tự ta sẽ có hàm truyền không liên tục

$$G(z) = [b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}] / [a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}]$$

3- Xác định HTĐ khi biết trước HTĐ liên tục $G(s)$:

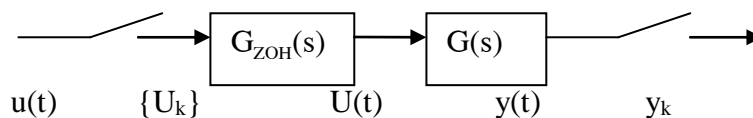
phân tích $G(s)$ thành tổng tuyến tính của những thành phần đơn giản

$$G(s) = \sum_i G_i(s)$$

Tra bảng ảnh để có $a_i G_i(z)$ từ đó tính được $G(z)$

4- Xác định hàm truyền đạt của hệ có bộ lưu giữ bậc 0 ZOH:

Hệ xung số thường làm việc với máy tính nên phải có bộ lưu giữ bậc không ZOH (zero order holding) bởi trong khoảng thời gian của chu kỳ cắt mẫu T_s máy tính làm việc với tín hiệu không đổi. Ta có sơ đồ như sau :



$u(t)$: tín hiệu vào

$\{U_k\}$: tín hiệu không liên tục được lượng tử hoá

$U(t)$: tín hiệu liên tục rời rạc

$Y(t)$ tín hiệu ra liên tục

$\{Y_k\}$ tín hiệu ra rời rạc

$G_{ZOH}(s)=[1- e^{-sT_s}]/s$ do đó HTĐ liên tục là $G^*(s)= [1- e^{-sT_s}] G(s)/s$

HTĐ rời rạc $G(z) = [1-z^{-1}] Z[G(s)/s]$

Ngoài ra ta còn thu được các mô hình rời rạc khác do dạng xung

5. Các dạng biểu diễn của mô hình

1). mô hình TF (transfer function) : $\text{systf}=\text{tf}(n,d,T_s)$

2). Mô hình ZPK (zero pole gain) $\text{syszpk}=\text{zpk}(n,d,T_s)$

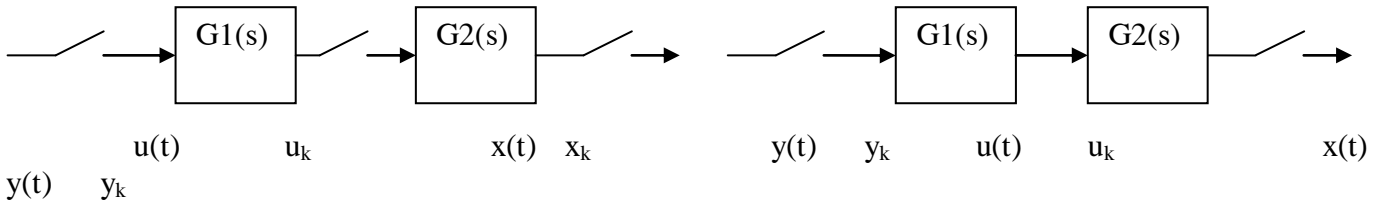
3). Mô hình DSP (digital signal processing) $\text{h}=\text{filt}(n,d,T_s)$

ví dụ 4.14 : cho hệ có



3.Đại số sơ đồ khối hệ không liên tục

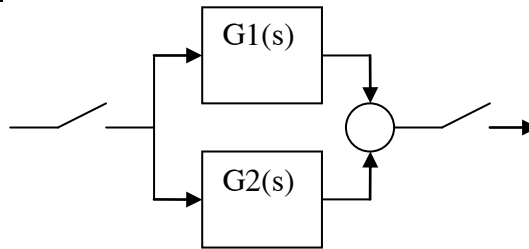
1.Hai khối nối tiếp



$$G(z)=L\{G1(s)\} L\{G2(s)\}$$

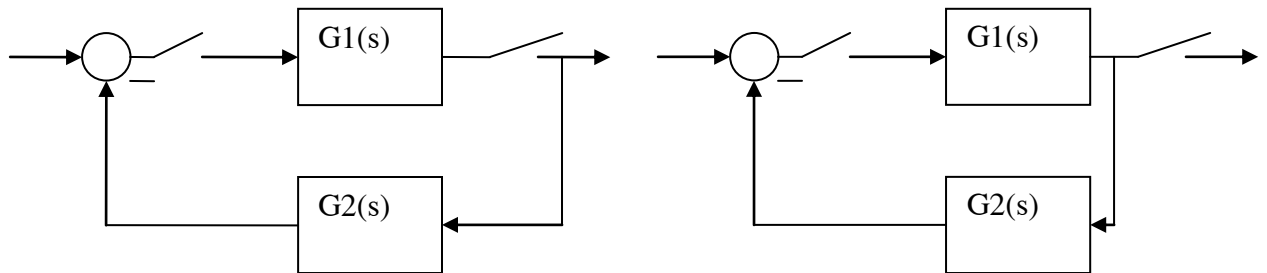
$$G(z)=L\{G1(s)G2(s)\}$$

2.Hai khối mắc song song



$$G(z)= G1(z) + G2(z)$$

3.Hệ hồi tiếp



$$G(z)=[L\{G1(s)\}]/[1+L\{G1(s)\}L\{G2(s)\}]$$

$$G(z)=[L\{G1(s)\}]/[1+L\{G1(s)G2(s)\}]$$

4.2.3 Mô hình trong miền thời gian

1.Phương trình sai phân

Một hệ thống được mô tả bởi

- Dãy xung $\{y_k\}$ là dãy xung tín hiệu ra
- $\{u_k\}$ là dãy xung tín hiệu vào với $t=kT_a$ ta có phương trình mô tả động học của hệ thống như sau :

$$y_k + a_1 y_{k-1} + \dots + a_n y_{k-n} = b_0 u_k + b_1 u_{k-1} + \dots + b_n u_{k-n}$$

Đó là phương trình sai phân. phương trình này dùng để mô tả hệ xung số . Nó cho phép ta xác định

được giá trị y_k tại thời điểm t theo công thức truy hồi sau : y_k từ n+1 giá trị vào và n giá trị ra trước nó

2.Mô hình trạng thái

Xét một hệ thống MIMO có dạng tín hiệu vào dạng liên tục rời rạc như hình 4.14 và tín hiệu ra dạng không liên tục. Hệ thống này có thể được mô tả bởi mô hình liên tục hoặc mô hình không liên tục như hình 4.15 trang 398

-Mô hình liên tục : ; với $\tilde{u}(t)$: là tín hiệu vào dạng liên tục rời rạc

- Mô hình không liên tục :

Mô hình này ta có thể triển khai thành dạng chính tắc với điều khiển như sau :
 Để đơn giản ta chọn b_0

$$x_1 \quad k$$

Và biến trạng thái ta chọn :

$$x_2 \quad k$$

$$\dots\dots\dots$$

$$x_n \quad k$$

Từ đây ta có thể xác định được các ma trận của mô hình dưới dạng chính tắc đối với điều khiển :

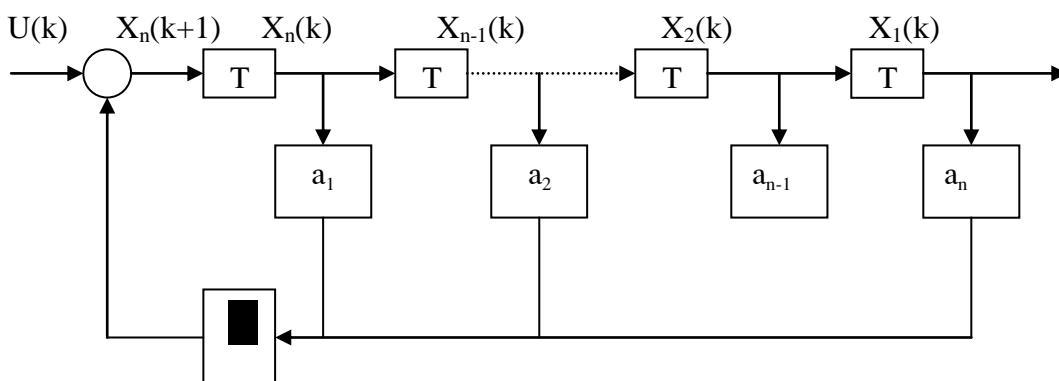
$$A$$

$$B$$

$$C = 0$$

$$D$$

Triển khai dưới dạng sơ đồ khối như sau :



- Các phương pháp tính các ma trận của mô hình không liên tục từ mô hình liên tục :

+ Theo định nghĩa : $\tilde{A} = e^{A T_s}$

+ Theo mô hình xấp xỉ :

1) Mô hình loại 1 : thay $\frac{dx}{dt}$ vào mô hình liên tục để tính mô hình không liên tục

trong Matlab dùng lệnh

```
[A,B,C,D]=c2dm(a,b,c,d,Ts,'zoh'); [nd,dd]=c2dm(n,d,Ts,'zoh')
```

2) Mô hình loại 2 : thay $\frac{dx}{dt}$ vào mô hình liên tục để tính mô hình không liên tục

trong Matlab dùng lệnh

```
[A,B,C,D]=c2dm(a,b,c,d,Ts,'foh'); [nd,dd]=c2dm(n,d,Ts,'foh')
```

3) Mô hình Tustin thay s vào mô hình liên tục để tính mô hình không liên tục. trong

Matlab dùng lệnh

$[nd,dd]=c2dm(n,d,Ts,'tustin')$

-Khai báo trong Matlab : $sys=ss(A,B,C,D,Ts)$

Ví dụ : cho mô hình liên tục $\frac{dx}{dt}$ [redacted]

Tính mô hình không liên tục :

$a=[-1 \ 0; 0 \ -2]$	$\gg b=[1;1]$	$\gg c=[1 \ 1]$	$\gg d=0$
$a =$	$b =$	$c =$	$d =$
-1 0	1	1 1	0
0 -2	1		

$\gg [A,B,C,D]=c2dm(a,b,c,d,0.1)$

$A =$	$B =$	$C =$	$D =$
0.9048 0	0.0952	1 1	0
0 0.8187	0.0906		

4.2.4 Chuyển đổi mô hình không liên tục của hệ SISO

1.Chuyển từ mô hình trạng thái sang HTĐ

Muốn chuyển mô hình từ dạng [redacted] sang mô hình hàm truyền đạt được liên hệ bởi

công thức sau : $G(z) = \frac{V(z)}{U(z)}$ [redacted]

2.Chuyển từ mô hình HTĐ sang mô hình trạng thái

Dùng công thức hạ bậc để tính mô hình trạng thái dạng chuẩn quan sát

4.3 PHÂN TÍCH HỆ KHÔNG LIÊN TỤC

4.3.1 Phân tích tính ổn định

Để đánh giá tính ổn định của hệ ta có rất nhiều các tiêu chuẩn về tần số cũng như đại số. Trong giới hạn chương trình ta chỉ xét hai tiêu chuẩn đại số : đó là lập bản đồ phân bố nghiệm của đa thức đặc trưng, sau đó xét vị trí nghiệm và chuyển từ miền ảnh Z của hệ gián đoạn sang miền ảnh P của hệ liên tục sau đó dùng các tiêu chuẩn của hệ liên tục để xét.

1. Phân tích nghiệm của đa thức đặc trưng trên mặt phẳng Z và dùng quỹ đạo nghiệm số đánh giá tính ổn định của hệ thống

+Hệ MIMO có tín hiệu vào liên tục rời rạc và tín hiệu ra dạng rời rạc với mô hình không gian trạng thái. Hệ sẽ ổn định khi tất cả các giá trị riêng của ma trận A nằm bên trong đường tròn đơn vị. Có nghĩa là $\det(zI-A)=0$ có nghiệm nằm trong đường tròn đơn vị

+Hệ SISO có tín hiệu vào ra không liên tục với hàm truyền G(z). hệ sẽ ổn định khi tất cả các điểm cực nằm bên trong đường tròn đơn vị

+Dùng Matlab để xét nghiệm :

-Mô tả hệ thống

-Tìm nghiệm bằng lệnh Root(sys)

+Dùng Matlab xây dựng quỹ đạo nghiệm số để phân tích tính ổn định của hệ như hệ liên tục

2.Sử dụng các tiêu chuẩn ổn định của hệ liên tục :

Chuyển từ ảnh Z sang P : $Z=(p+1)/(p-1)$: phép chuyển đổi từ một điểm Z nằm trong đường tròn đơn vị thành một điểm P nằm bên trái trục ảo. $A(z)=a_0 + a_1z + \dots + a_nz^n$ có nghiệm trong đường tròn đơn vị khi

$(p-1)^n A^*(p) = a_0 (p-1)^n + a_1 (p-1)^{n-1} (p+1) + a_2 (p-1)^{n-2} (p+1)^2 + \dots + a_n (p+1)^n$ có nghiệm nằm bên trái mặt phẳng phức. Dùng các lệnh Matlab như sau :


-Nhập đa thức A(z)

-Thay biến z bằng biến p : subs(A, {z}, {p})

- Biến đổi bằng expand
- Lấy tử và mẫu : numden(k)
- Dùng tiêu chuẩn routh xét ổn định đối với tử số

4.3.2 Tính điều khiển được và quan sát được

1. Phân tích tính điều khiển được

Cho hệ được mô tả :  với tín hiệu vào dạng liên tục rời rạc $\tilde{u}(t)$. Hệ được gọi là :

-Điều khiển được : nếu ứng với mọi điểm trạng thái đầu cho trước ta cũng tìm được dãy gồm N giá trị tín hiệu $[u_0 \dots u_{n-1}]$ tín hiệu vào để đưa hệ từ X_0 về gốc toạ độ

-Đạt tới được : nếu ứng với mọi điểm trạng thái cuối x_n cho trước bao giờ ta cũng tìm được dãy gồm N giá trị tín hiệu $[u_0 \dots u_{n-1}]$ tín hiệu vào để đưa hệ từ gốc toạ độ tới được x_n

-Điều khiển được hoàn toàn : nếu ứng với mọi điểm trạng thái đầu và mọi điểm trạng thái cuối x_n cho trước ta cũng tìm được dãy gồm N giá trị tín hiệu $[u_0 \dots u_{n-1}]$ tín hiệu vào để đưa hệ từ X_0 về tới x_n . có nghĩa rằng hệ phải có tính điều khiển được và đạt tới được

-Ma trận điều khiển được (controllability matrix) của hệ có n trạng thái :

$$Co = [B \ AB \ A^2B \ \dots \ A^{n-1}B]$$

để tính được Co ta dùng lệnh $Co = \text{ctrb}(A,B)$ hoặc $Co = \text{ctrb}(\text{sys})$. nếu Co có hạng đầy đủ như ma trận hệ thống thì hệ điều khiển được hoàn toàn.

-kiểm tra điều kiện tính điều khiển được hoàn toàn là hạng của Co có bằng n hay không. nếu bằng thì hệ điều khiển được hoàn toàn. thực hiện nhờ lệnh **rank(Co)=n**

2. Phân tích tính quan sát được

-Giả sử tại thời điểm $k=0$ hệ đang ở trạng thái x_0 nào đó. Nếu thông qua việc quan sát(đo) các tín hiệu vào ra trong một khoảng thời gian hữu hạn ta xác định được trạng thái x_0 thì hệ được gọi là quan sát được

-ĐN: Hệ với bậc n được gọi là quan sát được nếu điểm trạng thái x_0 của nó có thể xác định một cách chính xác thông qua hữu hạn các giá trị tín hiệu vào ra $[u_0 \dots u_{n-1}]$, $[y_0 \dots y_{n-1}]$

-Ma trận quan sát được của hệ bậc n (observability matrix) $Ob = [C; CA; \dots ; CA^{n-1}]$

-Nếu ma trận Ob có hạng đầy đủ(=n) như ma trận hệ thống thì hệ quan sát được hoàn toàn

-Để tính ma trận Ob (Observability matrix) ta dùng lệnh $Ob = \text{obsv}(A,C)$

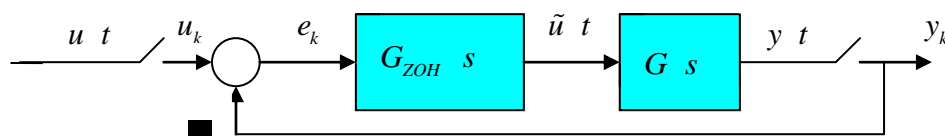
-Để kiểm tra hạng ma trận ta dùng lệnh $\text{Rank}(Ob)$

4.3.3 Phân tích chất lượng hệ thống trong quá trình quá độ

1. Chế độ xác lập

Việc đánh giá sai số xác lập của hệ xung tùy thuộc vào vị trí của các bộ lấy mẫu. Ở đây ta giới hạn việc khảo sát với cơ cấu lấy mẫu đặt trước khâu so sánh.

Ta có sơ đồ như sau :



$u(t)$: tín hiệu vào

e_k  : tín hiệu không liên tục được lượng tử hoá

$\tilde{u}(t)$: tín hiệu liên tục rời rạc

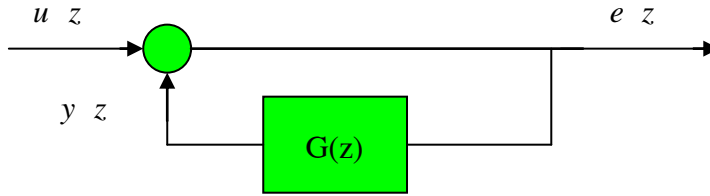
$y(t)$: tín hiệu ra liên tục

y_k : tín hiệu ra rời rạc

$G_{ZOH}(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s}$ do đó ta có HTĐ liên tục $G^*(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s} G(s)$ vậy HTĐ dạng rời rạc :

$$G(z) = \mathcal{Z}\{G^*(s)\}$$

Chuỗi u_k có ảnh $U(z)$, y_k có ảnh $Y(z)$ chuyển qua miền z ta có sơ đồ khối như sau :



Chúng ta có thể tính toán sai số ở trạng thái xác lập nhờ sử dụng định lý giá trị cuối (định lý chỉ ứng dụng cho mẫu số không có cực ở bên phải mặt phẳng phức). :

$$e^* = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1) E(z)$$

Với các dạng tín hiệu đầu vào khác nhau ta có công thức tính :

■ Step Input $R(t)=1(t)$ ($R(s) = 1/s$):

$$e^* = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1) \frac{1}{s} G^*(s) = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1) \frac{1 - e^{-sT}}{s} G(s)$$

■ Ramp Input $R(t)=t$; ($R(s) = 1/s^2$):

$$e^* = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)^2 \frac{1}{s^2} G^*(s) = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)^2 \frac{1 - e^{-sT}}{s^2} G(s)$$

■ Parabolic Input $R(t)=t^2/2$ ($R(s) = 1/s^3$):

$$e^* = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)^3 \frac{1}{s^3} G^*(s) = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)^3 \frac{1 - e^{-sT}}{s^3} G(s)$$

qua sau :

	$K_p = \lim_{z \rightarrow 1} G(z)$	$K_v = (1/T) \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)G(z)$	$K_a = (1/T^2) \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)^2 G(z)$
$x(t)=1(t)$	$1/(1+k_p)$	0	0
$X(t)=t$	VC	$1/k_v$	0
$X(t)=t^2/2$	Vc	Vc	$1/k_a$

Phần tính sai số có chương trình tính sau

2. Quá trình quá độ

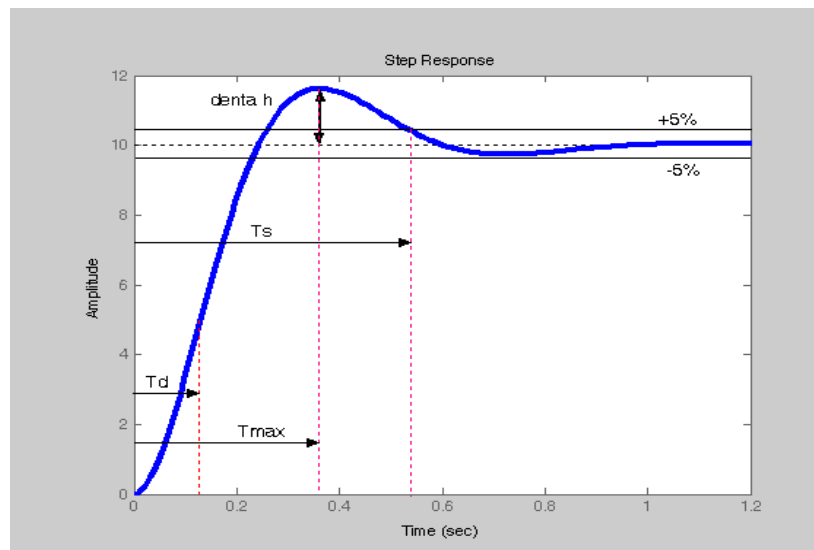
Các tiêu chuẩn đánh giá chất lượng của hệ ở quá trình quá độ giống như hệ liên tục.

Quá trình quá độ là giai đoạn hệ thống đang chuyển đổi từ trạng thái cũ sang một trạng thái mới mong muốn.

Chế độ xác lập là chế độ mà hệ thống đã đạt được trạng thái mới mong muốn.

Thông số (chỉ tiêu) của quá trình quá độ được thể hiện rõ nét qua hai đặc tính : **hàm quá độ $h(t)$** và **hàm trọng lượng $g(t)$** . Dựa vào hai đặc tính này ta tìm các chỉ tiêu chất lượng như :

- Thời gian giữ chậm T_d : được định nghĩa là từ thời điểm hệ thống bị kích thích đến thời điểm hệ thống đạt 50% giá trị trạng thái mới mong muốn
- Thời gian tăng T_r : được định nghĩa là từ thời điểm hệ thống đạt 10% đến thời điểm hệ thống đạt 90% giá trị trạng thái mới mong muốn.
- Độ quá điều chỉnh δ_{denta} $\frac{h_{\text{max}} - 100\%}{h_{\text{max}}}$
- Thời gian quá độ T_s : được định nghĩa là từ thời điểm hệ thống nằm trong khoảng $\pm 5\%$ giá trị xác lập
- Và hệ thống khi bị xung nó trở về trạng thái đầu hay không.



4.4 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

4.4.1 Chọn tham số cho bộ PID số

1.Cấu trúc bộ điều khiển PID số

Để xác định cấu trúc bộ PID số ta căn cứ từ phương trình vi phân :

$u(t)$ ta sử dụng một trong ba loại mô hình xấp xỉ ta thu được mô hình của bộ PID số :

1)Loại 1 : u_k sử dụng lệnh Matlab

$$[\text{dencz}, \text{numcz}] = \text{c2dm}([1 \ 0], [\text{Kd} \ \text{Kp} \ \text{Ki}], T_s, 'zoh');$$

2)Loại 2 : u_k sử dụng lệnh Matlab

$$[\text{dencz}, \text{numcz}] = \text{c2dm}([1 \ 0], [\text{Kd} \ \text{Kp} \ \text{Ki}], T_s, 'foh');$$

3)Loại 3 : u_k sử dụng lệnh Matlab

$$[\text{dencz}, \text{numcz}] = \text{c2dm}([1 \ 0], [\text{Kd} \ \text{Kp} \ \text{Ki}], T_s, 'tustin');$$

Muốn sử dụng các lệnh này ta phải chuyển R_s thành

Với $k_i = k_p/T_i$; $k_D = k_p \cdot T_D$

2. Xác định tham số bộ PID

Tương tự như liên tục ta có thể xác định các tham số của bộ điều khiển từ đường cong quá độ hoặc từ giá trị tới hạn.

+Xác định từ đường cong quá độ $h(t)$. giả sử đối tượng điều khiển có hàm quá độ như hình 4.20 trang 421

-Xác định từ L nếu $T/L < 12$ thì $L/5$

-Xác định từ T $T_a = \frac{T}{10}$

-Xác định từ $T_{95\%}$: $\frac{T_{95\%}}{20}$. Nói chung nếu thỏa mãn T_a thì có thể chọn tham số bộ

PID như sau

4.4.2 Thiết kế bộ điều khiển trong không gian trạng thái

4.4.2.1 Bộ điều khiển phản hồi trạng thái gán điểm cực

1. Bài toán :

Cho hệ có mô hình :

Yêu cầu thiết kế bộ điều khiển có chất lượng cho trước thỏa mãn có các vị trí cực cho trước. Điều này có nghĩa ta phải tìm được một luật điều khiển : u để hệ thống có các điểm cực trùng với các điểm cực cho trước (chất lượng hệ thống thỏa mãn yêu cầu).

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(k) &= \mathbf{F}\mathbf{x}(k-1) + \mathbf{G}\hat{\mathbf{u}}(k-1) \\ \mathbf{y}(k-1) &= \mathbf{H}\mathbf{x}(k-1) + \mathbf{J}\hat{\mathbf{u}}(k-1) \end{aligned}$$

\mathbf{K}

Để giải quyết bài toán trên, trước hết ta có sơ đồ như hình vẽ

Phân tích theo sai phân lùi ta có

Từ đây ta xác định được phương trình đặc trưng của hệ đã có véc tơ \mathbf{K} là : $\det |z\mathbf{I} - \mathbf{F} + \mathbf{G}\mathbf{K}|$ phải có nghiệm trùng với điểm cực cho trước.

Như vậy bài toán đưa về việc xác định k_i để có nghiệm z_i mong muốn.

Việc thêm véc tơ \mathbf{K} vào mạch hồi tiếp làm thay đổi đại lượng riêng của ma trận \mathbf{F} bằng các đại lượng riêng của ma trận $\mathbf{F}-\mathbf{G}\mathbf{K}$

2. Giải bài toán

Ta có thể sử dụng phương pháp Ackerman để thiết kế bộ điều khiển. Phương pháp giải quyết bài toán thông qua ví dụ sau :

Cho hệ liên tục được mô tả như sau :

y

Sau khi chuyển qua gián đoạn ta có :

$y k$

Với $T=0.1$ s, sử dụng các lệnh Matlab ta có kết quả như sau :

```
>> f=[1 0.1;0 1]
```

f =

```
1.0000 0.1000
0 1.0000
```

```
>> g=[0.1^2/2;0.1]
```

g =

```
0.0050
0.1000
```

```
>> z1=0.8+j*0.25
```

z1 =

```
0.8000 + 0.2500i
```

```
>> z2=0.8-j*0.25
```

z2 =

```
0.8000 - 0.2500i
```

```
>> k=place(f,g,[z1 z2])
```

k =

```
10.2500 3.4875
```

u

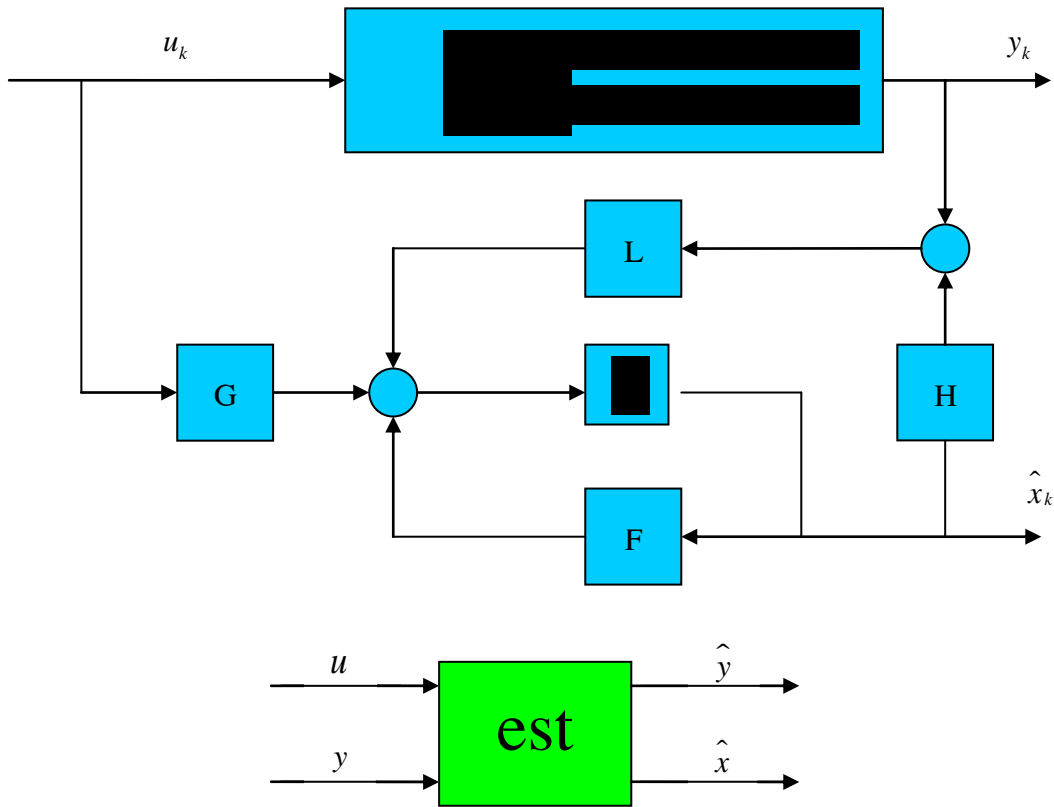
```
5
```

4.4.2.2 Bộ điều khiển có bộ quan sát trạng thái

Để tổng hợp được bộ điều khiển phản hồi trạng thái như bài toán trên, ta phải hiểu rõ đối tượng điều khiển, có nghĩa phải xác định được tất cả các trạng thái của hệ. Trong trường hợp có những trạng thái ta không đo được thì ta sử dụng phương pháp ước lượng toàn bộ trạng thái theo đại lượng đo được đối với một trong các thành phần trạng thái.

Bộ quan sát kinh điển là sử dụng một mô hình tương đương với đối tượng điều khiển và một ma trận L phản hồi sai lệch giữa tín hiệu ra thật của hệ thống và tín hiệu ra quan sát, ma trận L này có nhiệm

vụ hiệu chỉnh đặc tính của mô hình tương đương phù hợp với đặc tính của đối tượng thật. có nghĩa là phải làm sao giảm sai lệch quan sát.



1. Bài toán :

Cho hệ thống được mô tả như hình vẽ. Ta phải thiết kế bộ quan sát có điểm cực của hệ thống cho trước

2. Giải bài toán

Từ sơ đồ khối ta có thể viết phương trình trạng thái của bộ quan sát như sau

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + B(u - \hat{y}) \\ \hat{y} &= C\hat{x} \end{aligned}$$

Với sai lệch quan sát : e

Ta có phương trình trạng thái mới của bộ quan sát

$$\dot{e} = (A - LC)e + B(u - y)$$

hoặc mô hình của bộ quan sát được mô tả dưới dạng :

$$\dot{e} = (A - LC)e + B(u - y)$$

$$\hat{y} = C\hat{x}$$

Để giải quyết bài toán ta dùng phương pháp Ackerman để thiết kế bộ quan sát **tức xác định ma trận quan sát L.**

Phương pháp thông qua ví dụ sau :

Cho hệ liên tục được mô tả như sau :

y

Sau khi chuyển qua gián đoạn ta có :

y k

Với $T = 0.1$ s, sử dụng các lệnh Matlab ta có kết quả như sau :

```
sys=ss([1 0.1;0 1],[0.1^2/2;0.1],[1 0],0,0.1)
```

a =

```
    x1  x2
x1  1  0.1
x2  0   1
```

b =

```
    u1
x1  0.005
x2  0.1
```

c =

```
    x1  x2
y1  1   0
```

d =

```
    u1
y1  0
```

```
>> z1=0.8+j*0.25
```

z1 =

```
0.8000 + 0.2500i
```

```
>> z2=0.8-j*0.25
```

z2 =

```
0.8000 - 0.2500i
```

```
>> po1=3*real(z1)+imag(z1)/3*i
```

po1 =

```
2.4000 + 0.0833i
```

```
>> po2=3*real(z2)+imag(z2)/3*i
```

po2 =

```
2.4000 - 0.0833i
```

```
>> l=place(sys.a',sys.c',[po1 po2])'
```

L =

```
-2.8000  
19.6694
```

Từ đây ta tính mô hình bộ quan sát bằng lệnh estim như sau :

```
est=estim(sys,L)
```

a =

```
    x1  x2
x1  3.8  0.1
x2 -19.67  1
```

b =

```
    u1
x1 -2.8
x2 19.67
```

```

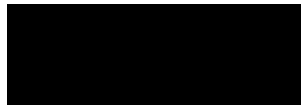
c =
    x1 x2
y1  1  0
y2  1  0
y3  0  1
d =
    u1
y1  0
y2  0
y3  0

```

4.4.3 Sử dụng Matlab thiết kế bộ điều khiển

1. Chuyển đổi hàm truyền đạt từ liên tục sang rời rạc

Giả sử ta có hàm truyền đạt hệ liên tục như sau :



- $M = 1 \text{ kg}$
- $b = 10 \text{ N.s/m}$
- $k = 20 \text{ N/m}$
- $F(s) = 1$

Giả sử tần số giải thông hệ kín lớn hơn 1 rad/s, chọn thời gian cắt mẫu $T = 1/100\text{s}$ ta tạo file trong Matlab như sau :

```

M=1;
b=10;
k=20;
num=[1];
den=[M b k];
Ts=1/100;
[numDz,denDz]=c2dm(num,den,Ts,'zoh')

```

Chạy chương trình, ta có hàm truyền đạt rời rạc của hệ như sau :

```

numDz =
    1.0e-04 *
         0         0.4837         0.4678
denDz =
    1.0000 -1.9029  0.9048

```



2. Chuyển đổi mô hình không gian trạng thái

Ta có mô hình không gian trạng thái hệ liên tục như sau :



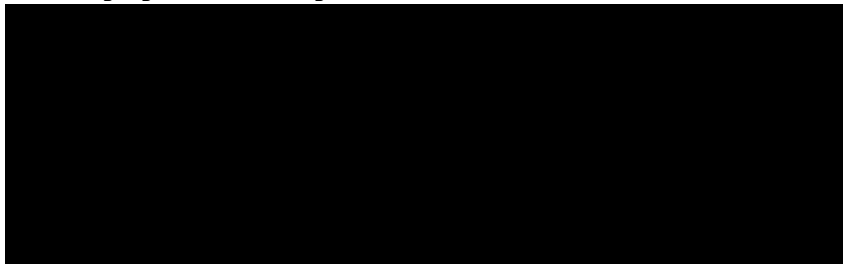
Tạo file trong Matlab như sau :

```
M=1;
b=10;
k=20;
A=[0 1;
  -k/M -b/M];

B=[ 0;
  1/M];

C=[1 0];

D=[0];
Ts=1/100;
[F,G,H,J] = c2dm (A,B,C,D,Ts,'zoh')
F =
    0.9990    0.0095
   -0.1903    0.9039
G =
    0.0000
    0.0095
H = 1 0
J = 0
Mô hình không gian trạng thái rời rạc của hệ :
```



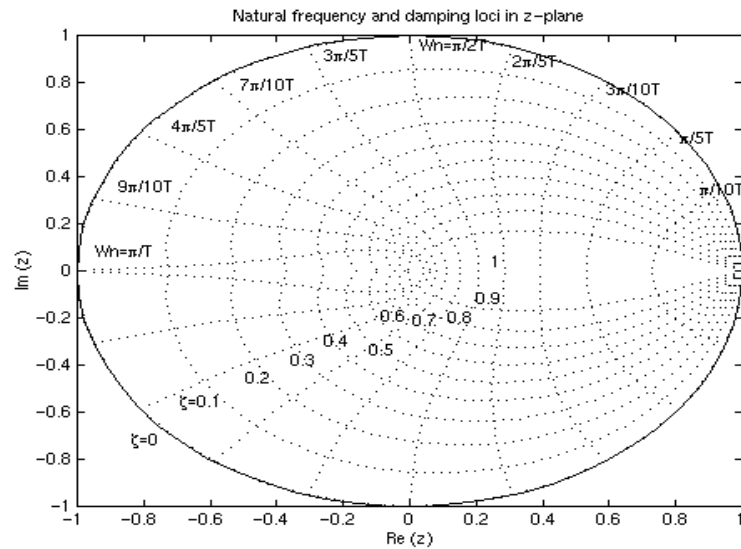
3. Dùng bản đồ cực Phân tích chất lượng hệ thống

Đối với hệ liên tục, vị trí cực trên mặt phẳng S cho ta biết hành vi của hệ thống. đối với hệ rời rạc ta cũng biết chất lượng hệ thống thông qua vị trí cực trên mặt phẳng Z. Mặt phẳng Z có thể thay thế mặt phẳng S thông qua biểu thức



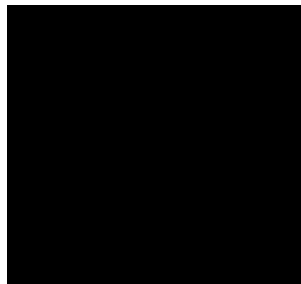
- T = thời gian cắt mẫu (sec/sample)
- s = vị trí trong mặt phẳng s
- z = vị trí trong mặt phẳng z

Hình dưới thể hiện bản đồ hệ số suy giảm zeta và tần số tự nhiên ω_n trên mặt phẳng Z



Trên mặt phẳng Z hệ ở biên giới ổn định nếu có một điểm cực nằm trên đường tròn đơn vị, ổn định nếu tất cả nằm trong đường tròn, không ổn định nếu có một nghiệm nằm ngoài đường tròn đơn vị.

Phân tích tính không nhảy bậc của đáp ứng từ vị trí cực trên mặt phẳng Z, ta có thể áp dụng ba công thức tính của hệ liên tục như sau :



Trong đó :

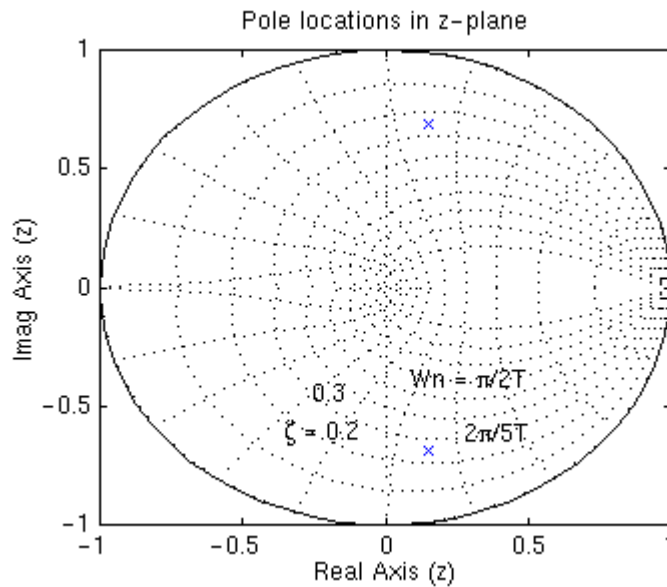
- zeta = hệ số suy giảm
- W_n = tần số tự nhiên (**rad/sec**)
- T_s = thời gian quá độ
- T_r = thời gian tăng
- M_p = độ quá điều chỉnh max

Giả sử ta có hàm truyền đạt



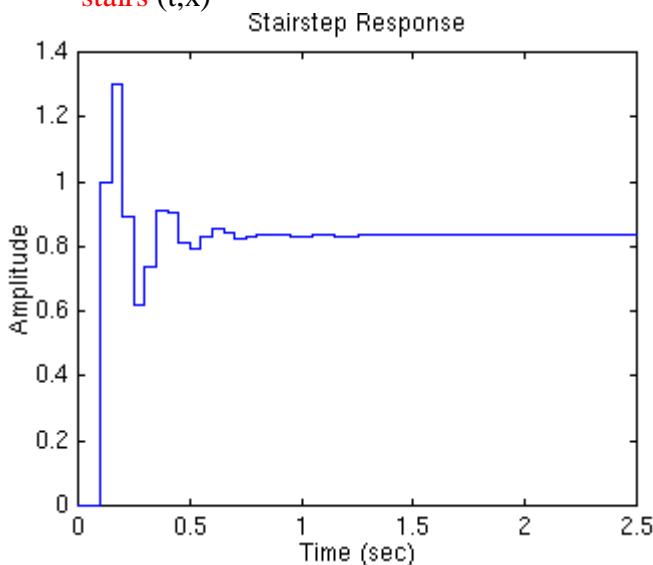
Tạo file và chạy chương trình, ta có hệ số suy giảm và tần số tự nhiên :

```
numDz=[1];
denDz=[1 -0.3 0.5];
pzmap(numDz,denDz)
axis([-1 1 -1 1])
zgrid
```

Từ bản đồ ta thấy vị trí điểm cực xấp xỉ ở tần số $9\pi/20T$ (rad/sample) và hệ số suy giảm 0.25. Giả sử ta có thời gian cắt mẫu $1/20s$ (điều đó dẫn tới $W_n=28.2\text{rad/s}$), sử dụng công thức trên ta xác định $T_r=0.6s$; $T_s=0.65s$ và quá điều chỉnh $Max = 45\%$. Điều này ta có thể kiểm tra lại nhờ đáp ứng quá độ của hệ thống qua đoạn lệnh sau :

```
[x] = dstep(numDz,denDz,51);
t = 0:0.05:2.5;
stairs(t,x)
```



Như vậy, ta có thể sử dụng bản đồ vị trí các điểm cực và ba công thức trên để phân tích chất lượng hệ ở chế độ quá độ

Dùng quỹ đạo nghiệm số rời rạc xác định hệ số KĐ

Quỹ đạo nghiệm số là quỹ tích các điểm nghiệm của phương trình đặc tính khi có một hệ số khuếch đại được thay đổi từ không ra vô cùng. Phương trình đặc tính của hệ kín như sau :

$$1 + K G(z) H(z) = 0$$

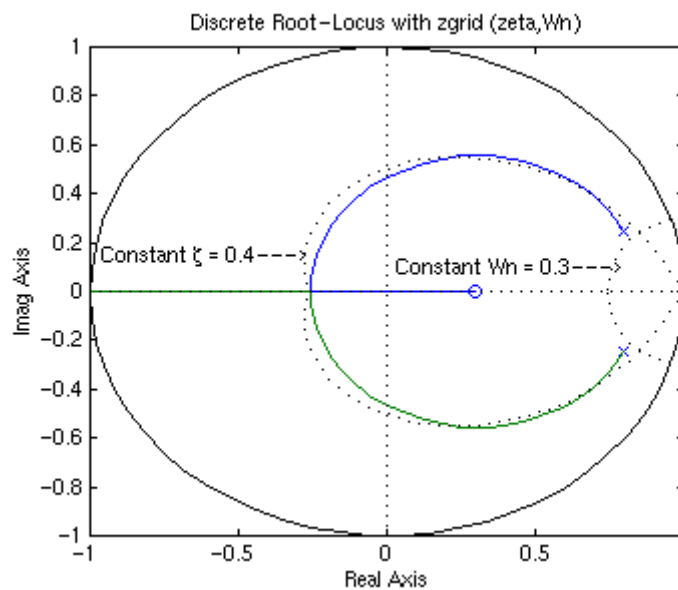
$G(z)$ là bộ bù của bộ điều khiển $H(z)$ là hàm truyền của đối tượng điều khiển

Giả sử ta có hệ thống:



Yêu cầu xác định hệ số khuếch đại K sao cho hệ có chất lượng là hệ số suy giảm lớn hơn 0.6; tần số tự nhiên lớn hơn 0.4 rad/sample (từ đây a có thể sử dụng các công thức trên để xác định thời gian cất mẫu).
Viết trong Matlab như sau :

```
numDz=[1 -0.3];  
denDz=[1 -1.6 0.7];  
rlocus (numDz,denDz)  
axis ([-1 1 -1 1])  
zeta=0.4;  
Wn=0.3;  
zgrid (zeta,Wn)
```



Dựa vào hình vẽ, ta có thể thấy rõ hệ thống ổn định vì tất cả các điểm cực đều nằm phía trong đường tròn đơn vị. hai đường nét chấm là đường hệ số suy giảm và tần số tự nhiên. Tần số tự nhiên lớn hơn 0.3 nằm ngoài đường chấm, vùng có hệ số suy giảm lớn hơn 0.4 nằm trong đường chấm. trong ví dụ ta có đường quỹ đạo nghiệm nằm trong vùng thiết kế. Do vậy ta có thể chọn K từ một trong các quỹ tích trên đều thỏa mãn yêu cầu thiết kế.

CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 4

a. Câu hỏi ôn tập

Câu hỏi 1: Khái niệm về hệ thống không liên tục và cấu trúc chung của nó

Câu hỏi 2: Trình bày phương pháp mô tả không liên tục một hệ thống điều khiển bằng dây trọng lượng

Câu hỏi 3: Mô tả toán học hệ không liên tục ở dạng phương trình sai phân

Câu hỏi 4: Mô hình không gian trạng thái của hệ không liên tục, cho ví dụ

Câu hỏi 5: Khái niệm về phép biến đổi Z và ứng dụng trong việc mô tả và phân tích hệ thống không liên tục

Câu hỏi 6: Nêu các tính chất của phép biến đổi Z

Câu hỏi 7: Trình bày về mô hình hàm truyền đạt của hệ không liên tục

Câu hỏi 8: Đại số sơ đồ khối hệ không liên tục

Câu hỏi 9: Trình bày mối quan hệ giữa việc mô tả liên tục và mô tả không liên tục một hệ thống điều khiển

Câu hỏi 10: Trình bày phương pháp Tustin chuyển đổi hàm truyền liên tục sang hàm truyền số

Câu hỏi 11: Phân tích tính ổn định và điều kiện ổn định của hệ không liên tục

Câu hỏi 12: Tiêu chuẩn ổn định đại số áp dụng cho hệ không liên tục, cho ví dụ

Câu hỏi 13: Phân tích chất lượng điều khiển trong quá trình quá độ cũng như xác lập của một hệ không liên tục bằng mô hình không liên tục của nó.

Câu hỏi 14: Phân tích tính điều khiển được và quan sát được của hệ không liên tục

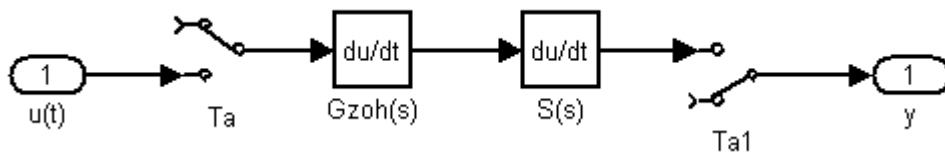
Câu hỏi 15: Trình bày các phương pháp xác định tham số của một bộ PID số.

Câu hỏi 16: Trình bày bài toán thiết kế bộ điều khiển số bằng phương pháp gán điểm cực

Câu hỏi 17: Thiết kế bộ điều khiển số có bộ quan sát trạng thái.

b. Bài tập

Bài tập 1: Xác định hàm truyền đạt không liên tục của hệ có sơ đồ khối sau:

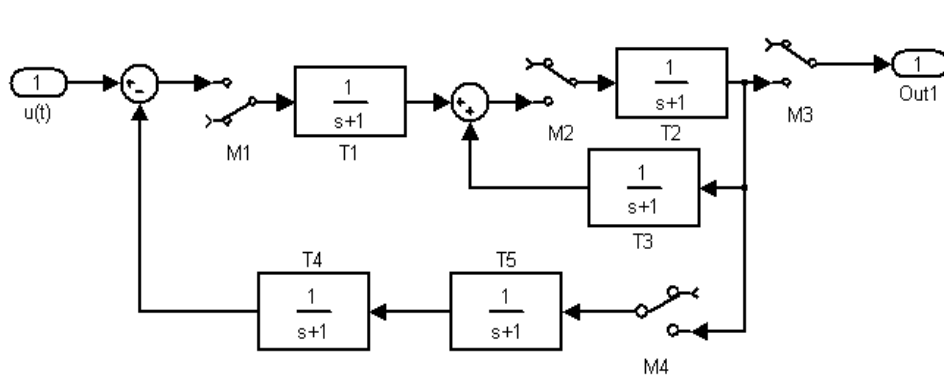


Với đối tượng $S(s)$:

$$S(s) = \frac{1}{0.2s + 1} \quad \left| \quad S(s) = \frac{1}{s + 1} \quad \left| \quad S(s) = \frac{1}{2s + 1} \right.$$

Gợi ý: tính hàm truyền đạt liên tục đối với bộ lưu giữ bậc không và đối tượng sau đó chuyển qua mô tả rời rạc ta có hàm cần tìm.

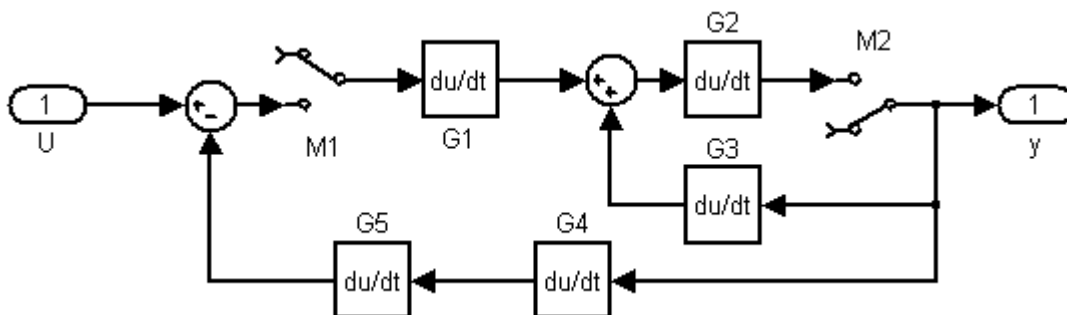
Bài tập 2: Xác định hàm truyền đạt không liên tục cho các hệ có sơ đồ khối sau:



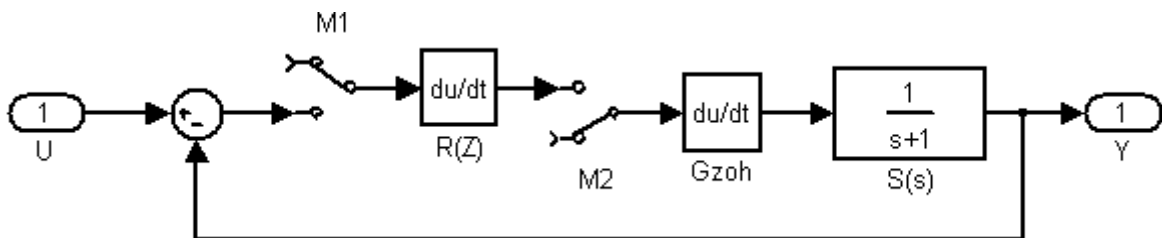
a)

Gợi ý: mỗi quan hệ T2 và T3 sử dụng công thức $G = \frac{Tz}{T_3 s}$; T4 và T5 nối tiếp liên tục sau đó được rời rạc; T1 và khối tương đương 1 rời rạc độc lập.

b)



Gợi ý: tương tự bài trên



c)

Bài tập 3: Cho hệ điều khiển rời rạc được miêu tả bằng phương trình sai phân sau:

$$a_0 y(i) + a_1 y(i-1) + a_2 y(i-2) + a_3 y(i-3) = u(i)$$

trong đó $u(i)$ - tín hiệu rời rạc vào, $y(i)$ - tín hiệu rời rạc ra của hệ. Xác định mô hình trạng thái của hệ.

Hướng dẫn giải:

- Đặt các biến trạng thái cho hệ rời rạc bậc 3, chẳng hạn:

$$x_1(i) = y(i); \quad x_2(i) = y(i-1); \quad x_3(i) = y(i-2).$$

- Sử dụng phương trình sai phân ban đầu, biến đổi để viết ra hệ gồm 3 phương trình trạng thái cho 3 biến trạng thái trên, sau đó chuyển sang viết ở dạng chính tắc theo phép toán ma trận.

- Đối với đầu ra của hệ, từ cách đặt biến trạng thái thứ nhất chuyển sang viết ở dạng ma trận sẽ thu được phương trình đầu ra của mô hình trạng thái.

Đáp số:

Mô hình trạng thái của hệ rời rạc có dạng sau:

$$\begin{bmatrix} 1(i) \\ 2(i) \\ 3(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 3/a_0 & 2/a_0 & 1/a_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1(i) \\ 2(i) \\ 3(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ /a_0 \end{bmatrix} u(i)$$

$$y(i) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1(i) \\ 2(i) \\ 3(i) \end{bmatrix}$$

Bài tập 4: Cho hệ điều khiển liên tục có mô hình trạng thái sau:

$$\begin{bmatrix} 1(t) \\ 2(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0.1 & 0.01 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1(t) \\ 2(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0.1 \end{bmatrix} u(t)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1(t) \\ 2(t) \end{bmatrix}$$

Chuyển đổi hệ đã cho sang hệ rời rạc tương ứng.

Hướng dẫn giải:

- Áp dụng phương pháp tính đạo hàm gần đúng bằng cách thay thế:

$$\dot{x}(t) \approx \frac{x(i) - x(i-1)}{T}$$

trong đó T - bước cắt mẫu.

- Biến đổi mô hình trạng thái ban đầu sử dụng phép thay thế trên thu được công thức tổng quát của mô hình trạng thái hệ rời rạc như sau:

$$\begin{aligned} \underline{x}(i) &= \mathbf{A} \underline{x}(i-1) + \mathbf{B} u(i) \\ y(i) &= \mathbf{C} \underline{x}(i) + \mathbf{D} u(i) \end{aligned}$$

trong đó **A, B, C, D** – Các ma trận hệ số của mô hình trạng thái ban đầu.

- Chọn bước cắt mẫu cụ thể để tính ra các ma trận hệ số của mô hình trạng thái rời rạc.

Đáp số:

Với bước cắt mẫu T=0.5 (s) thu được mô hình trạng thái rời rạc như sau:

$$\begin{bmatrix} 1(i) \\ 2(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ 0.95 & 0.005 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1(i) \\ 2(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0.005 \end{bmatrix} u(i)$$

$$y(i) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1(i) \\ 2(i) \end{bmatrix}$$

Bài tập 5: Cho hệ điều khiển liên tục có hàm truyền đạt như sau:

$$G(s) = \frac{k}{s^2 + 2s}$$

Tìm hàm truyền đạt và phương trình sai phân của hệ rời rạc tương ứng.

Hướng dẫn giải:

- Áp dụng phương pháp Tustin thay toán tử Laplace $s \rightarrow \frac{2}{T} \frac{Z-1}{Z+1}$ vào biểu thức của hàm truyền liên tục đã cho

- Biến đổi và đưa về dạng chính tắc của hàm truyền rời rạc $W(Z)$

- Từ hàm truyền đạt $W(Z)$ chuyển đổi ra phương trình sai phân của hệ rời rạc

Đáp số:

Hàm truyền rời rạc: $W(Z) = \frac{AZ^2 + AZ + Ak}{BZ^2 + CZ + D}$, trong đó:

$$A = T^2; B = aT^2; C = 2kT^2; D = T^2 + aT.$$

Phương trình sai phân: $By(i) - \Delta y(i) - \Delta^2 y(i) = Au(i)$, trong đó: $u(i)$ - tín hiệu rời rạc vào, $y(i)$ - tín hiệu rời rạc ra của hệ.

Bài tập 6: Cho hệ điều khiển rời rạc có hàm truyền đạt:

$$W(Z) = \frac{Z}{3Z^2 - 2Z + 1}$$

Xác định tính ổn định của hệ.

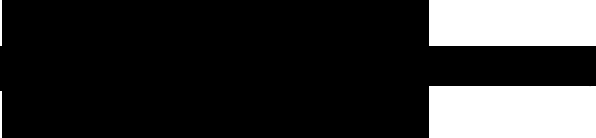
Hướng dẫn giải:

- Đưa ra phương trình đặc tính của hệ rời rạc từ đa thức mẫu số của hàm truyền Z
- Giải phương trình đặc tính bậc 2
- Xét các nghiệm của phương trình đặc tính so với vòng tròn đơn vị trên mặt phẳng phức để kết luận về tính ổn định của hệ

Đáp số:

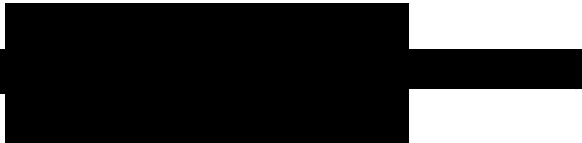
Hai nghiệm của phương trình đặc tính: $Z_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{11}}{6}$ có $|Z_{1,2}| < 1$, cả 2 nghiệm đều nằm bên trong vòng tròn đơn vị. Như vậy hệ rời rạc đã cho ổn định.

Bài tập 7: Xét tính điều khiển được và quan sát được của hệ không liên tục có mô hình không gian trạng thái sau:

a) \underline{x}_k 

Đáp số :

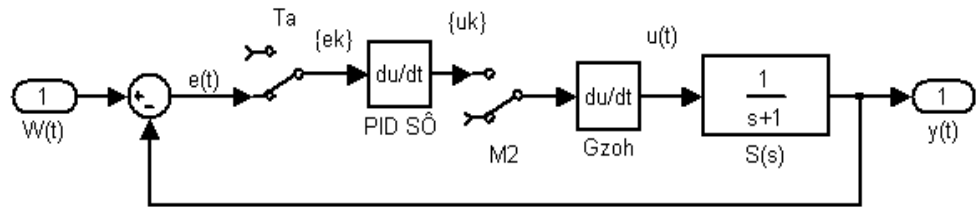
$$\begin{array}{ccc|ccc} \text{co} = & & & \text{ob} = & & \\ 0 & 0.5000 & 1.2500 & 1.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0000 & 1.0000 & 0.5000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 0.5000 & 0 & 0 & 0.2500 & 1.5000 & 2.5000 \end{array}$$

b) \underline{x}_k 

Đáp số :

$$\begin{array}{ccc|ccc} \text{co} = & & & \text{ob} = & & \\ 0 & 0 & 1 & 1.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0.3333 & 1.0000 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0.1111 & 0.3333 & 1.0000 \end{array}$$

Bài tập 8: Xác định tham số của bộ điều khiển PID số đối với hệ thống có sơ đồ khối như sau:



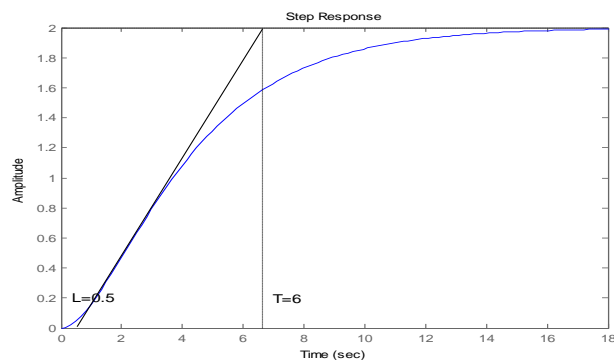
Với các đối tượng sau:

$$b) S(s) \frac{3}{1} \quad \left| \quad c) S(s) \frac{1}{1}$$

Gợi ý:

1. Chọn mô hình rời rạc loại 'zoh'; 'foh' hay 'tustin'
2. Xây dựng hàm quá độ của đối tượng điều khiển
3. Sử dụng các công thức trang 421 xác định tham số bộ PID

Ví dụ: sử dụng Matlab ta xác định được $L=0.5$; $T=6$ đối với đối tượng thứ nhất

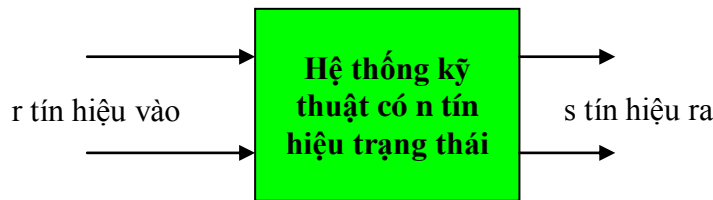


CHƯƠNG 5: HỆ PHI TUYẾN

5.1 MÔ HÌNH TOÁN CỦA HỆ PHI TUYẾN

5.1.1 Tính không thoả mãn nguyên lý xếp chồng

Cho một hệ thống có véc tơ tín hiệu vào r phân tử : $\underline{u} \ t$ [redacted]
 có s tín hiệu ra : $\underline{y} \ t$ [redacted] và có n biến trạng thái $\underline{x} \ t$ [redacted]
 Sơ đồ khối như sau :



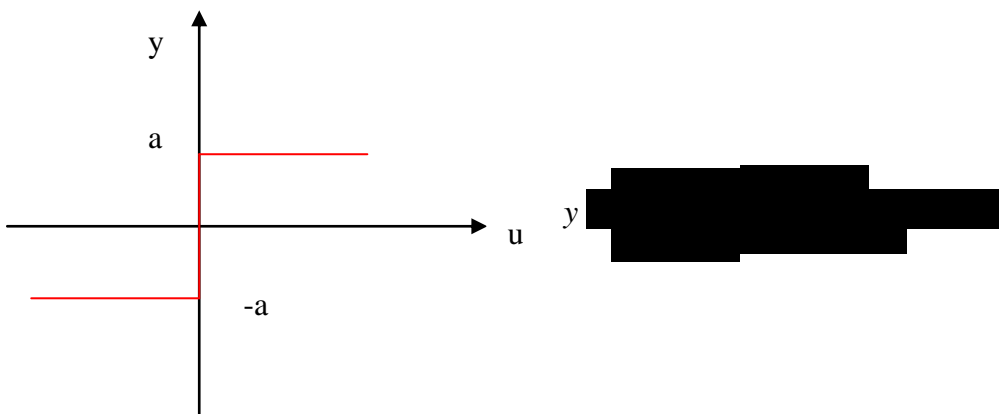
- Đối với hệ phi tuyến, mô hình toán học mô tả quan hệ giữa véc tơ tín hiệu vào $\underline{u} \ t$ và véc tơ tín hiệu ra $\underline{y} \ t$ được viết như sau : $\underline{y} \ t$ [redacted]. Trong đó T được gọi là ánh xạ (toán tử : operator)
- Hệ thống phi tuyến là hệ thống không thoả mãn tính xếp chồng, nghĩa là nếu đầu vào có hai véc tơ $\underline{u}_1 \ t, \underline{u}_2 \ t$ đối tượng cho hai véc tơ tín hiệu ra tương ứng : $\underline{y}_1 \ t, \underline{y}_2 \ t$. Nhưng khi đầu vào là một véc tơ $a\underline{u}_1 \ t$ [redacted] thì tín hiệu ra khác $a\underline{y}_1 \ t$ [redacted]. Phần lớn đối tượng điều khiển trong tự nhiên là phi tuyến.
- Hệ thống phi tuyến thông thường chứa một hay nhiều các khâu phi tuyến cơ bản.

5.1.2 Các khâu phi tuyến cơ bản

Trong kỹ thuật ta thường gặp một số thành phần phi tuyến đặc trưng phổ biến, chúng được xếp vào thành các khâu cơ bản :

1. Khâu hai vị trí

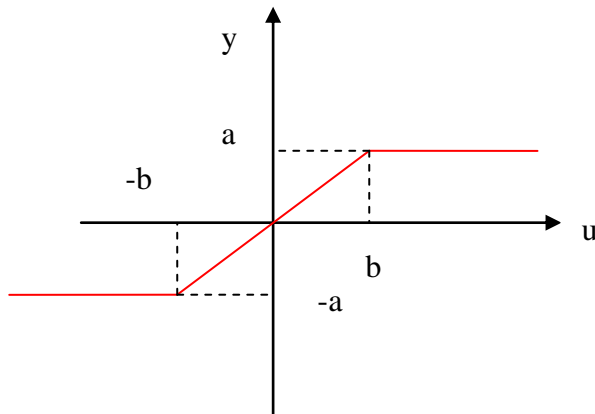
Thực chất là một khâu rơ le. Nó được mô tả như sau :
 Đặc tính vào ra biểu diễn như sau:



Trong thực tế khâu hai vị trí được dùng rất nhiều ví dụ như bộ điều khiển nhiệt, bộ điều khiển tối ưu tác động nhanh

2. Khâu khuếch đại bão hòa

Là khâu SISO phi tuyến tính, có đặc tính vào ra như hình vẽ.

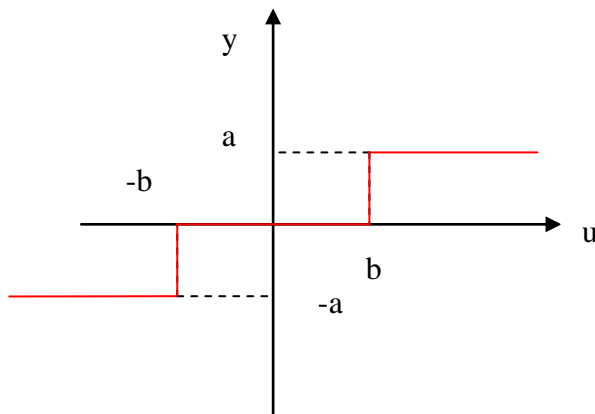


$$y = \begin{cases} a, & \text{khi } |u| > b \\ u, & \text{khi } |u| \leq b \\ -a, & \text{khi } |u| > b \end{cases}$$

Trong khoảng $|u| \leq b$, đáp ứng của khâu là tuyến tính. Ngoài khoảng này, đáp ứng bằng $\pm a$ không đổi. Như vậy nếu $|b|$ rất nhỏ thì khâu khuếch đại bão hòa trở thành khâu rơ le.

3. Khâu ba vị trí

Đặc tính vào ra như hình vẽ

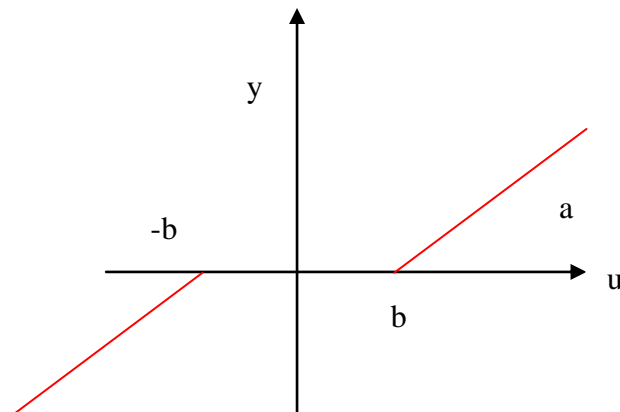


$$y = \begin{cases} a, & \text{khi } |u| > b \\ 0, & \text{khi } |u| \leq b \\ -a, & \text{khi } |u| > b \end{cases}$$

Với những hệ sử dụng bộ điều khiển hai vị trí có nhiều nhỏ, người ta thường dùng khâu ba vị trí thay cho khâu hai vị trí để loại nhiễu.

4. Khâu khuếch đại có miền chết

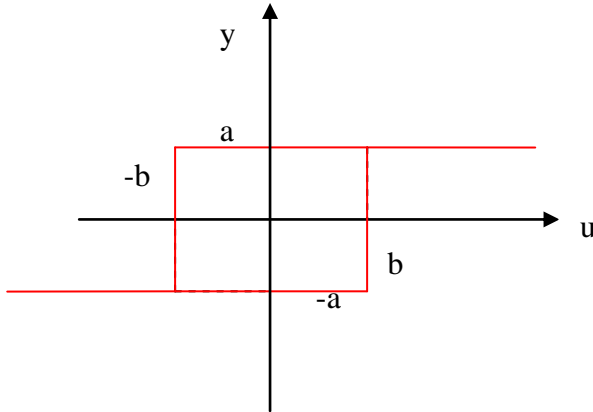
Thực chất đây là khâu khuếch đại có vùng không nhạy. Đặc tính như hình vẽ, mô hình toán như sau :



$$y = \begin{cases} u - b, & \text{khi } u > b \\ 0, & \text{khi } |u| \leq b \\ u + b, & \text{khi } u < -b \end{cases}$$

5. Khâu có hai vị trí có trễ

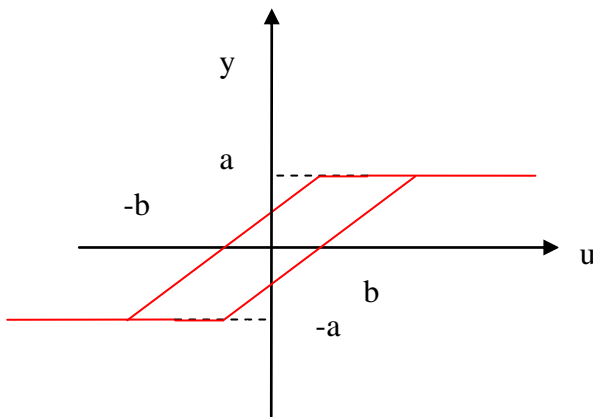
Đây là bộ điều khiển rơ le thực tế, thể hiện tính quán tính của thiết bị. Mô hình toán mô tả như sau :



$$y = \begin{cases} 0 & \text{when } |u| < b \\ a & \text{when } u \geq b \\ -a & \text{when } u \leq -b \end{cases}$$

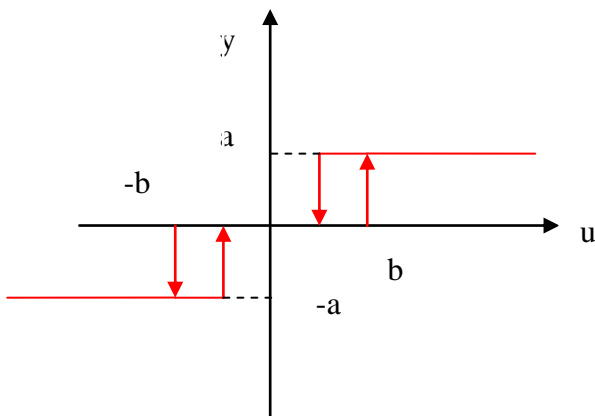
6. Khâu khuếch đại bão hòa có trễ

Quan hệ vào ra của khâu như hình vẽ. Nó được mô tả như sau :



$$F u = \begin{cases} -a & \text{when } |u| < b \\ \frac{a}{b-a} u & \text{when } b < |u| < a \\ a & \text{when } |u| > a \end{cases}$$

7. Khâu ba vị trí có trễ



$$F u = \begin{cases} -a & \text{when } |u| < b \\ \frac{a}{b-a} u & \text{when } b < |u| < a \\ 0 & \text{when } |u| > a \end{cases}$$

5.1.3 Mô hình trạng thái và quỹ đạo trạng thái

a. Mô hình trạng thái :

Giống như mô hình trạng thái của hệ tuyến tính, nó là hệ phương trình bao gồm véc tơ đầu vào, ra và các biến trạng thái của hệ :

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

Trong đó véc tơ $\underline{u}(t)$ là tín hiệu vào;

$\underline{y}(t)$ là véc tơ tín hiệu ra

và $\underline{x}(t)$ là véc tơ trạng thái của hệ thống.

Từ đây ta có các khái niệm :

■ Nếu hệ mô tả được ở dạng như sau

■ ***thì gọi là mô hình trạng thái tương minh autonom***

■ Nếu hệ mô tả được ở dạng như sau

■ ***thì gọi là mô hình trạng thái tương minh không autonom***

■ Nếu hệ mô tả được ở dạng như sau

■ ***thì gọi là mô hình trạng thái không tương minh không autonom***

b, Quỹ đạo trạng thái

Với một hệ thống, khi có một tín hiệu vào $\underline{u}(t)$ cho trước, với một điểm trạng thái ban đầu cho trước \underline{x}_0 , theo thời gian trạng thái hệ thống thay đổi dưới sự kích thích của tín hiệu đầu vào. Sự thay đổi này vạch trong không gian một đường cong : quỹ đạo trạng thái.

Như vậy mỗi trạng thái đầu ta có một đường cong, tất cả các trạng thái đầu dưới tác động một tín hiệu vào ta sẽ có nhiều đường cong : họ các quỹ đạo trạng thái

c. Không gian trạng thái

Nếu hệ thống có trạng thái là véc tơ n chiều thì không gian được xác định bởi n trục tương đương n biến trạng thái gọi là không gian trạng thái

d. Quỹ đạo pha và cách xây dựng

Do dạng quỹ đạo trạng thái (không gian trạng thái có hai trục gọi là không gian pha) nói lên rất nhiều tính chất động học của hệ thống nên ta phải tìm cách xây dựng họ các quỹ đạo trạng thái của hệ ứng với tín hiệu vào $\underline{u}(t)$. Chỉ dựa vào dạng quỹ đạo ta có thể biết :

■ Điểm cân bằng \underline{x}_e sẽ là điểm mà tại đó tốc độ của các quỹ đạo trạng thái bằng 0

■ Hệ ổn định tại \underline{x}_e nếu tất cả các quỹ đạo trạng thái đều hướng về \underline{x}_e và kết thúc tại đó.

■ Hệ có dao động Autonom nếu tồn tại một dạng quỹ đạo khép kín....

Để xây dựng quỹ đạo pha ta có rất nhiều phương pháp như phương pháp đường đẳng tà, phương pháp tách biến.

5.2 PHÂN TÍCH HỆ PHI TUYẾN

5.2.1 Điểm cân bằng và điểm dừng của hệ thống

a. Định nghĩa điểm cân bằng : Một điểm trạng thái x_e được gọi là điểm cân bằng nếu hệ đang ở x_e và không có một tác động nào từ ngoài vào thì hệ nằm nguyên tại đó. Như vậy x_e sẽ là nghiệm của phương trình : $\frac{dx}{dt} = 0$

Một hệ phi tuyến có thể có nhiều điểm cân bằng hoặc không có khác với hệ tuyến tính bao giờ cũng cân bằng tại gốc tọa độ.

b. Định nghĩa điểm dừng : Một điểm trạng thái được gọi là điểm dừng x_d nếu hệ đang ở x_d , với tác động đầu vào $u(t)$ không đổi thì hệ nằm nguyên tại x_d . Như vậy x_d sẽ là nghiệm của phương trình : $\frac{dx}{dt} = 0$

5.2.2 Tính ổn định tại một điểm cân bằng

Một hệ thống được gọi là ổn định (tiệm cận) tại điểm cân bằng x_e nếu như có một tác động tức thời như nhiễu chẳng hạn đánh bật hệ ra khỏi x_e và đưa tới điểm x_o lân cận của x_e thì sau đó hệ có khả năng tự quay trở về điểm cân bằng x_e .

Chú ý : tính ổn định của hệ phi tuyến chỉ có ý nghĩa khi đi cùng với điểm cân bằng x_e . Có thể hệ ổn định với điểm cân bằng này mà không ổn định với điểm cân bằng khác. Hệ muốn ổn định tại điểm cân bằng x_e thì mọi đường quỹ đạo trạng thái thì xuất phát từ x_o đều kết thúc tại x_e .

5.2.3 Tính điều khiển được tại một điểm trạng thái

Cho các điểm trạng thái x_o & x_T . Hệ thống : $\dot{x} = Ax + Bu$ được gọi là điều khiển được hoàn toàn tại điểm trạng thái x_o : Nếu với điểm đích x_T bất kỳ cho trước, tồn tại một tín hiệu $u(t)$ để có đường quỹ đạo trạng thái $x(t)$ tương ứng xuất phát từ x_o kết thúc tại x_T trong một khoảng thời gian hữu hạn.

5.2.4 Tính quan sát được tại một thời điểm

Cho hệ thống $\dot{x} = Ax + Bu$ được gọi là Quan sát được hoàn toàn tại thời điểm t_o : Nếu với mọi giá trị thời gian $T > t_o$, điểm trạng thái x_o luôn xác định được một cách chính xác từ việc quan sát véc tơ các tín hiệu vào $u(t)$ và véc tơ tín hiệu ra $y(t)$ trong khoảng thời gian hữu hạn $[T - t_o]$.

5.2.5 Dao động điều hoà heteronom và autonom

Dao động điều hoà he te ro nom: là dao động điều hoà cưỡng bức có nghĩa là hệ dao động điều hoà khi có tín hiệu tác động đầu vào.

Dao động điều hoà au to nom là hệ có khả năng tự dao động điều hoà khi tín hiệu vào bằng 0

Như vậy quỹ đạo trạng thái của hệ dao động điều hoà là đường cong kín. Dao động điều hoà (Heteronom hoặc Autonom) được gọi là ổn định nếu bị tác động tức thời đánh bật ra khỏi chế độ dao động đưa tới vùng lân cận nào đó của quỹ đạo thì nó tự quay được trở về chế độ dao động điều hoà này.

5.2.6 Tập giới hạn và hiện tượng hỗn loạn (Sinh viên tự nghiên cứu tài liệu)

5.2.7 Hệ phân nhánh (Sinh viên tự nghiên cứu tài liệu)

Từ mô hình mô tả hệ thống, ta phải phân tích rút ra một số kết luận cơ bản về tính chất động học của hệ thống. Tất nhiên không phải là tất cả, ta thống nhất cần hiểu biết hệ thống những điểm như sau :

- a. **Hiểu biết về sự phân bố các điểm cân bằng của hệ thống.**
- b. **Hiểu biết về tính ổn định của hệ thống tại điểm cân bằng cho trước**
- c. **Hiểu biết về tính điều khiển được của hệ thống tại một điểm trạng thái cho trước.**
- d. **Hiểu biết về tính quan sát được của hệ thống tại một thời điểm**
- e. **Hiểu biết về khả năng tồn tại dao động heteronom hoặc autonom trong hệ**
- f. **Hiểu biết về khả năng có hay không hiện tượng hỗn loạn (chao) trong hệ**
- g. **Hiểu biết về khả năng phân nhánh trong hệ**

5.2.8 Tiêu chuẩn ổn định Lyapunov

Bản chất của phương pháp Lyapunov là giả sử bao quanh gốc 0 có các hộ đường cong v khép kín. Các đường cong này có thể coi là biên của các lân cận U và nếu tất cả các quỹ đạo trạng thái tự do cắt tất cả các đường cong thuộc hộ v từ ngoài vào trong thì ta có thể kết luận là các quỹ đạo trạng thái này tiến về gốc 0 và kết thúc tại đó. Từ đó kết luận tính ổn định Lyapunov của hệ.

Như vậy nếu tồn tại hàm $v(x)$ thỏa mãn các điều kiện :

-Khả vi, xác định dương

- $\frac{dv}{dt}$ là đạo hàm của $v(x)$ dọc theo quỹ đạo trạng thái tự do

Thì hệ ổn định tiệm cận Lyapunov tại gốc 0 và hàm $v(x)$ là hàm Lyapunov

để sử dụng tiêu chuẩn Lyapunov ta phải thực hiện hai bước :

1)Xây dựng hộ đường cong v khép kín chứa gốc 0 bên trong

2)Kiểm tra xem quỹ đạo trạng thái $x(t)$ có cắt mọi đường cong thuộc v từ ngoài vào trong hay không.

Từ đây người ta đưa ra hệ quả Lyapunov như sau (dùng cho hệ tuyến tính) :

Cho một hệ thống được mô tả $\dot{x} = Ax$. Hệ sẽ ổn định nếu một trong hai điều kiện sau thỏa

mãn :

a)Tồn tại một ma trận vuông P xác định dương sao cho ma trận $PA + A^T P$ xác định âm, tức $PA + A^T P$ xác định dương.

b)Tồn tại một ma trận đối xứng xác định dương Q sao cho phương trình $PA + A^T P = -Q$ có nghiệm P cũng đối xứng xác định dương. **Đây là phương trình Lyapunov**

Định lý Sylvester là công cụ để xác định một ma trận vuông đối xứng xác định dương : cho ma trận

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & & \\ & \ddots & \\ & & q_{nn} \end{bmatrix}$$

Xác định dương khi ma trận đường chéo có định thức dương :

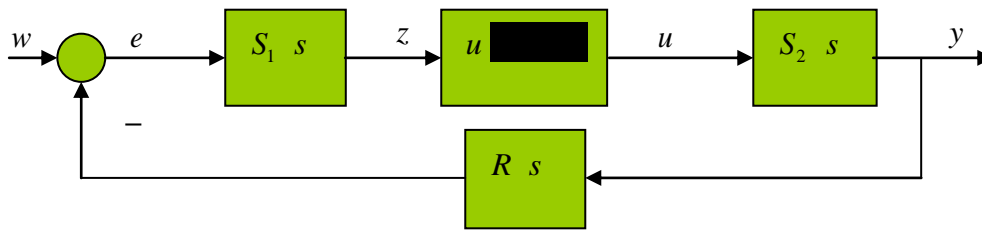
$$q_{11} > 0, \begin{vmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{12} & q_{22} \end{vmatrix} > 0, \dots, \begin{vmatrix} q_{11} & \dots & q_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{1n} & \dots & q_{nn} \end{vmatrix} > 0$$

5.3 HỆ SISO CÓ KHẤU PHI TUYẾN CƠ BẢN

5.3.1 Giới thiệu hệ thống

5.3.1.1 Sơ đồ khối

Thường gặp trong thực tế các hệ phi tuyến là hệ SISO, tính phi tuyến của chúng thường chỉ quy tụ ở một khâu đơn giản duy nhất. Như hình vẽ

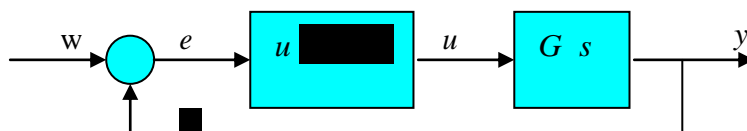


Tính phi tuyến thể hiện ở một trong hai đặc điểm :

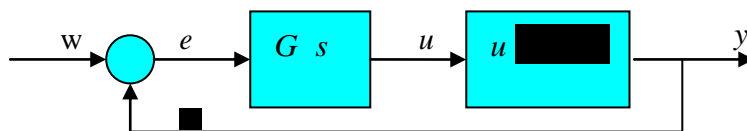
- Giá trị của tín hiệu vào $u(t)$ phụ thuộc vào tín hiệu vào z cùng thời điểm t tức là $u(t) = f(z(t))$. Trong đó $f(z)$ là hàm đại số không có thành phần vi tích phân, $u(t)$ phụ thuộc tính vào tín hiệu $z(t)$ gọi là **các khâu phi tuyến tĩnh**.
- Hệ thống có các khâu phi tuyến cơ bản đã đề cập.

5.3.1.2 Mô hình NL và LN

Mô hình mà khâu phi tuyến tĩnh đứng trước khâu tuyến tính được gọi là mô hình Hammerstein hay NL (nonlinear-linear) :



Mô hình mà khâu phi tuyến tĩnh đứng sau khâu tuyến tính được gọi là mô hình Wiener hay LN (linear-nonlinear) :



5.3.2 Phương pháp phân tích mặt phẳng pha

Ở mục này ta sử dụng phương pháp mặt phẳng pha để phân tích những hệ thống phi tuyến mà tính phi tuyến của nó nằm ở một khâu cơ bản duy nhất. Nguyên tắc chung để có được quỹ đạo pha là ta dùng phương pháp phân điểm mặt phẳng pha. Ta chia mặt phẳng pha thành những vùng sao cho trong mỗi vùng đó, khâu phi tuyến được thay thế bằng một khâu khuếch đại hoặc một giá trị hằng số tín hiệu ra.

5.3.2.1 Hệ với khâu hai vị trí

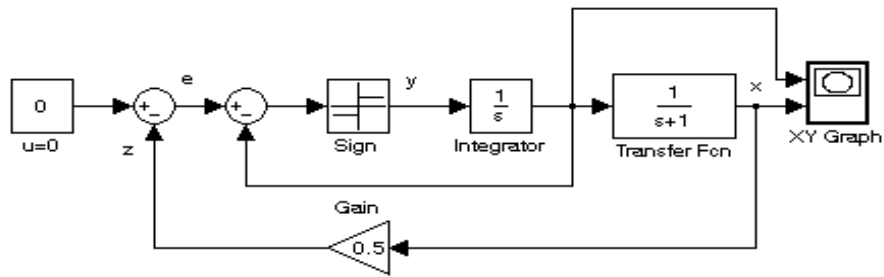
Ta thấy rằng chất lượng của hệ hai vị trí không chỉ phụ thuộc vào cấu trúc, mà còn phụ thuộc vào số lượng, loại khâu tuyến tính. Do đó ta không thể đưa ra kết luận chung được, mà thông qua ví dụ cụ thể ta nắm bắt được phương pháp phân tích hệ mà thôi. Ta xét ví dụ sau :

Hệ thống có sơ đồ cấu trúc như sau :

$R(s) = \frac{1}{s}$ là thành phần tuyến tính của bộ điều khiển

$S(s) = \frac{1}{1+s}$ là đối tượng điều khiển

$M(s) = k$ là bộ phản hồi. Ta có sơ đồ cấu trúc hệ thống như sau :



Như vậy ta có y [redacted];

$$T \frac{d^2 x}{dt^2}$$

$$e$$

Từ đây ta có : $\frac{d^2 x}{dt^2}$ [redacted] kx [redacted]

Như vậy, trong mặt phẳng pha với trục tung là \dot{x} [redacted] và trục hoành là x , đường thẳng

kx [redacted] sẽ phân mặt phẳng pha làm hai miền : miền trên ứng với kx [redacted] có gia tốc không đổi âm bằng $\frac{d^2 x}{dt^2}$ [redacted] và miền dưới ứng với kx [redacted] có gia tốc không đổi dương bằng

$$\frac{d^2 x}{dt^2} \frac{1}{T}$$

Xét miền trên của mặt phẳng pha :

$$\frac{d^2 x}{dt^2} \frac{1}{T} = -kx$$

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{2k_1} \left(\frac{T}{2} - x \right)$$

$$\frac{dx}{2k_1} = \frac{T}{2} \left(\frac{T}{2} - x \right)$$

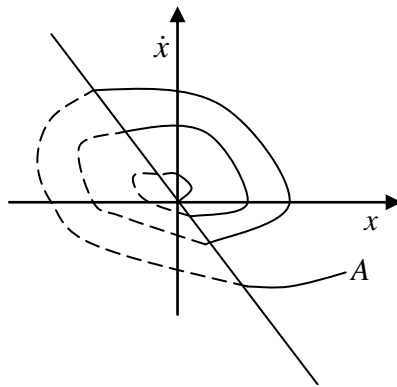
Trong đó k_1 là hằng số phụ thuộc vào trạng thái đầu.

Kết luận :

Quan hệ x [redacted] là một họ parabol nét liền, phụ thuộc vào các trạng thái đầu khác nhau như hình vẽ.

Tương tự ở miền dưới của mặt phẳng pha, ta có quan hệ x [redacted] là một họ parabol nét đứt, phụ thuộc vào các trạng thái đầu khác nhau như hình vẽ.

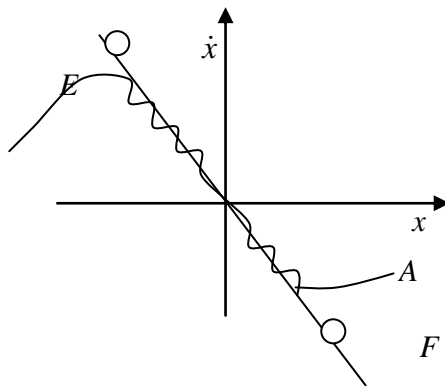
Khi quỹ đạo pha xuất phát từ một trạng thái đầu nào đó đường nét liền, qua đường phân cách chuyển sang đường nét rời, rồi lại qua đường phân cách về nét liền, cứ như thế, nó có xu hướng tiến về gốc tọa độ và ổn định tại đó.



Dựa vào quỹ đạo pha ta có kết luận như sau :

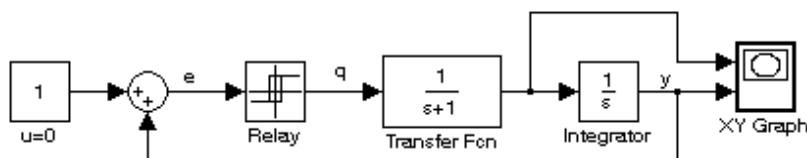
- Hệ có một điểm cân bằng là gốc tọa độ trong mặt phẳng pha $x, dx/dt$
- Hệ không có dao động điều hoà, không có hiện tượng hỗn loạn
- Hệ ổn định tại gốc tọa độ
- Hệ có miền ổn định là toàn bộ mặt phẳng pha
- Ngoài ra hệ còn có hiện tượng trượt hay còn gọi là bang bang.

Ta quy định đường quỹ đạo bên dưới là nét rời, trên là nét liền. Hiện tượng trượt xảy ra khi quỹ đạo pha đi vào đường phân điểm nét rời không còn nằm bên dưới cũng như nét liền không còn nằm bên trên như hình vẽ và lúc này hệ sẽ đi từ trạng thái đầu đến đường phân cách và trượt dọc theo đường phân cách về gốc tọa độ. Dựa vào hiện tượng này người ta thiết kế bộ điều khiển trượt làm ổn định tuyệt đối đối tượng. Ta xác định đoạn EF như sau : lúc này EF được gọi là khoảng trượt. Ta xét hệ đang ở trạng thái đầu nào đó nh hình vẽ, nó tiến tới đoạn EF và trượt về không như hình vẽ thì gọi là hiện tượng trượt. độ dốc T/K của đường phân điểm quy định độ dài khoảng trượt. T/K càng lớn thì khoảng trượt càng dài. đường trượt càng trơn khi thời gian chuyển đổi bằng không



5.3.2.2 Hệ với khâu hai vị trí có trễ

Giống như đã làm với hệ hai vị trí, ta nắm bắt phương pháp phân tích thông qua ví dụ cụ thể Hệ thống có sơ đồ cấu trúc như hình vẽ.



Với khâu phi tuyến : q [redacted], khi $|e|$ [redacted]

Khâu tuyến tính có : $G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ với tín hiệu vào bằng không.

Vì $\frac{d^2y}{dt^2}$ nên mặt phẳng pha ta chọn trục hoành là y và trục tung là \dot{y} . Do có $y=-e$ nên bây giờ ta chia mặt phẳng pha thành từng vùng riêng biệt với các giá trị q không đổi :

1. Vùng $q=1$ khi :

a) $e > 0$ (vùng I)

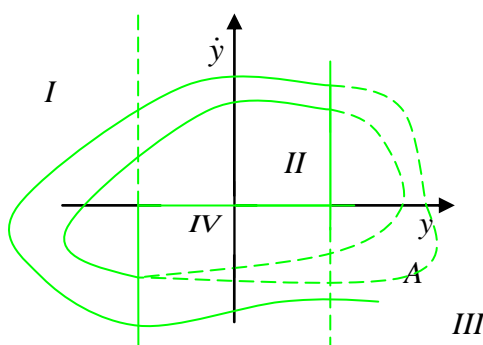
b) hoặc hoặc $|e| < 0$ (vùng 2)

2. Vùng $q=-1$ khi :

a) $e < 0$ (vùng 3)

b) Hoặc $|e| > 0$ (vùng 4)

như vậy mặt phẳng pha được phân thành hai miền : vùng 1,2 với $q=1$ và vùng 3,4 với $q=-1$ như hình vẽ :



- Xét ở vùng 1,2 $\frac{d^2y}{dt^2} > 0$

- Tương tự vùng 3,4 ta có $\frac{d^2y}{dt^2} < 0$

Trong đó k được xác định từ điều kiện đầu

Kết luận :

- Hệ có dao động điều hoà autonom

- Dao động là ổn định. Miền ổn định là toàn bộ mặt phẳng pha

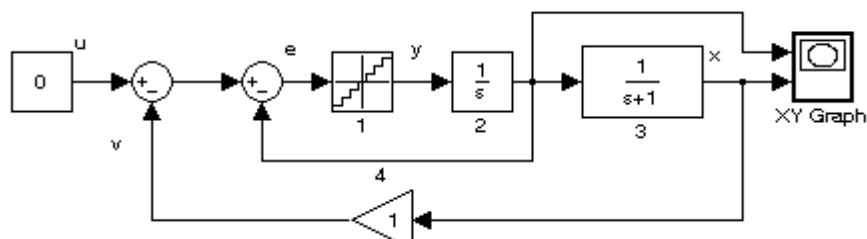
5.3.2.3 Hệ với khâu ba vị trí

Để làm quen việc phân tích khảo sát hệ phi tuyến có khâu ba vị trí ta xét ví dụ sau :

Cho đối tượng là khâu bậc nhất có hàm truyền đạt : $G(s) = \frac{1}{Ts+1}$ bộ điều khiển bao gồm khâu phi tuyến ba vị trí và khâu tích phân : $1/s$

Như vậy thành phần tuyến tính gộp lại là : $1/s(Ts+1)$

Khâu phi tuyến là khâu ba vị trí . Sơ đồ cấu trúc hệ thống :



Như vậy quan hệ vào ra của bộ điều khiển như sau

$$e \int_0^t y dt - T \frac{dx}{dt} (t)$$

Mặt phẳng pha được định nghĩa trục tung là \dot{x} và trục hoành là x . Mặt phẳng pha được chia làm ba

miền : I; II; III bởi hai đường thẳng

$$T \frac{dx}{dt} = \dots$$

$$T \frac{dx}{dt} = \dots$$

Và $T \frac{d^2x}{dt^2} = \dots$ trong miền I;

$T \frac{d^2x}{dt^2} = \dots$ trong miền III;

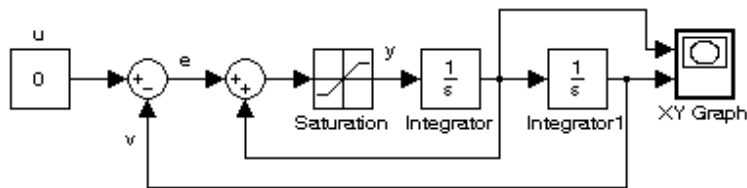
$T \frac{d^2x}{dt^2} = \dots$ trong miền II;

Từ quỹ đạo trạng thái của hệ ta rút ra kết luận động học của hệ :

- Hệ có điểm cân bằng là toàn bộ đoạn trục hoành nằm giữa hai đường phân cách
- Hệ không ổn định tại bất cứ điểm cân bằng nào vì khi bị đánh bật khỏi vị trí cân bằng nó có xu hướng về một điểm cân bằng khác trong khu vực lân cận.
- Mọi quỹ đạo pha khác đều có xu hướng kết thúc tại một điểm cân bằng.

5.3.2.4 Hệ có khâu khuếch đại bão hoà

Cho hệ phi tuyến có sơ đồ cấu trúc :



Trong đó đối tượng điều khiển $S = \frac{1}{s^2}$; khâu khuếch đại bão hòa được mô tả :

$$y = \begin{cases} k|e| & |e| \leq 1 \\ k & |e| > 1 \end{cases}$$

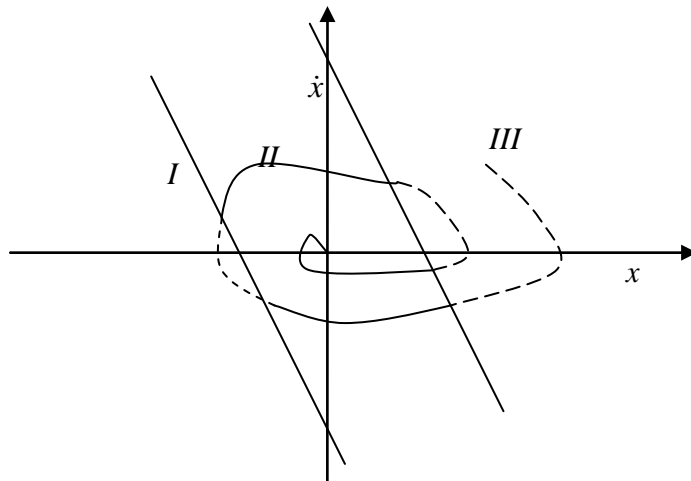
Ta cũng định nghĩa mặt phẳng pha gồm trục tung là \dot{x} và trục hoành là x . Mặt phẳng pha được chia làm ba miền bởi hai đường thẳng :

■ Trong miền 1 hệ được mô tả : $\ddot{x} = -\frac{2}{T}x$

■ Trong miền 3 hệ được mô tả : $\ddot{x} = -\frac{2}{T}x$

■ Trong miền 2 hệ được mô tả : $\ddot{x} = 0$

Quỹ đạo pha của hệ từ một điểm trạng thái đầu được vẽ như sau :

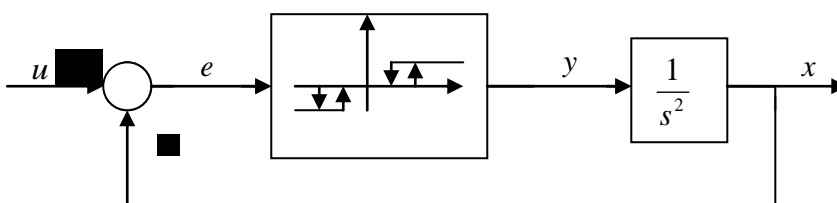


Căn cứ theo dạng các đường quỹ đạo pha thu được ta có những kết luận về chất lượng hệ thống :

- Hệ có một điểm cân bằng duy nhất là gốc tọa độ
- Hệ ổn định tại điểm cân bằng và có miền ổn định là toàn bộ mặt phẳng pha.
- Hệ không còn hiện tượng trượt.

5.3.2.5 Hệ có khâu ba vị trí có trễ

Xét hệ thống có sơ đồ cấu trúc :



Với $y = \int \int e dt dt$

Đối tượng điều khiển là khâu tích phân bậc hai : $S \rightarrow \frac{1}{s^2}$. Tín hiệu vào bằng không nên $e = -x$. Mặt

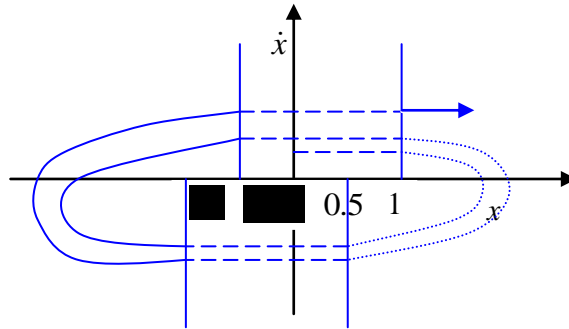
phẳng pha với trục tung là $\frac{dx}{dt}$; trục hoành là x thì ta có :

Như vậy mặt phẳng pha bị chia làm ba miền:

- -Miền I : quỹ đạo pha có dạng $x = \frac{1}{2} \omega^2 t^2$

- -Miền I : quỹ đạo pha có dạng \dot{x} ■
- -Miền I : quỹ đạo pha có dạng x ■

Quỹ đạo pha có dạng như sau :



Căn cứ theo dạng các đường quỹ đạo pha thu được ta có những kết luận về chất lượng hệ thống :

- Hệ có điểm cân bằng là toàn bộ trục hoành nằm giữa hai đường chuyển đổi
- Hệ không ổn định tại bất cứ điểm cân bằng nào
- Mọi quỹ đạo pha đều xoay quanh gốc tọa độ và ngày càng tiến ra xa vô cùng, tức hệ có biên độ dao động ngày càng tăng

5.4 PHƯƠNG PHÁP CẬN TUYẾN TÍNH VÀ THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

Trong thực tế, khá nhiều trường hợp, khi điều kiện cho phép, người ta thường tìm cách chuyển thể gần đúng mô hình phi tuyến sang một mô hình tuyến tính xấp xỉ tương đương để phân tích và điều khiển. Phương pháp này, trong một khuôn khổ nào đó người ta gọi là phương pháp cận tuyến tính.

5.4.1 Tuyến tính hoá trong lân cận điểm làm việc

5.4.1.1 Tuyến tính hóa mô hình trạng thái

Về bản chất là ta xấp xỉ mô hình phi tuyến thành mô hình tuyến tính trong lân cận điểm trạng thái cân bằng hoặc dừng của nó, giống như ta thay một đoạn đường cong trong lân cận x_0 bằng một đoạn thẳng tiếp xúc với đường cong tại x_0 . Để nắm bắt được phương pháp ta xét ví dụ sau : cho hệ :

$$\frac{dx}{dt} = \dots$$

Trong đó x ■. Hệ có điểm cân bằng là nghiệm của

$$\frac{dx}{dt} = \dots$$

$$x_{e1} = \dots$$

Từ phương trình trạng thái ta có ma trận JACOBI :



Thay các giá trị điểm cân bằng x_{ei} ta có các mô hình tuyến tính gần đúng tại các lân cận của các điểm cân bằng x_{ei} :

■ 1) Trong lân cận điểm cân bằng x_{e1}, u_o : $\frac{d\tilde{x}}{dt}$

■ Với \tilde{x}

■ 2) Trong lân cận điểm cân bằng x_{e2}, u_o : $\frac{d\tilde{x}}{dt}$

■ Với \tilde{x}

■ 3) Trong lân cận điểm cân bằng x_{e3}, u_o : $\frac{d\tilde{x}}{dt}$

■ Với \tilde{x}

5.4.1.2 Phân tích hệ thống

Với mô hình tuyến tính tương đương trong lân cận điểm làm việc x_v, u_o , ta có thể sử dụng lý thuyết điều khiển tuyến tính nghiên cứu hệ thống. Mọi kết luận về chất lượng hệ thống từ việc phân tích đều đúng trong vùng lân cận điểm làm việc. Tuy nhiên việc xác định có các hiện tượng hỗn loạn, chao ... hay không thì không xét được.

■ Cho hệ phi tuyến với điểm cân bằng x_e có mô hình tuyến tính

tương đương trong lân cận x_e . Giả sử ma trận A không có giá trị riêng nằm trên trục ảo, khi đó hệ phi tuyến ổn định tiệm cận tại x_e khi và chỉ khi tất cả các giá trị riêng của A nằm bên trái trục ảo.

5.4.1.3 Thiết kế bộ điều khiển

Hệ phi tuyến có dạng : [redacted] và có mô hình tuyến tính tương đương [redacted] trong

lân cận x_e . Nếu hệ phi tuyến điều khiển được trong lân cận x_e và bộ điều khiển phản hồi âm trạng thái R làm cho hệ tuyến tính tương đương của nó tại x_e là ổn định thì nó cũng làm cho hệ phi tuyến ổn định tiệm cận tại x_e

Như vậy ta có thể sử dụng các phương pháp thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái của lý thuyết điều khiển tuyến tính để thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái cho hệ phi tuyến tại lân cận x_e

5.4.2 Kỹ thuật Gain-scheduling

Phương pháp tuyến tính hóa điểm làm việc cho ta tại mỗi điểm làm việc của hệ thống là một bộ điều khiển và người ta đưa ra ý tưởng ghép tất cả các bộ điều khiển thành một bộ thống nhất chung, khi hệ thống làm việc ở điểm nào thì dùng chuyển mạch chuyển đến làm việc ở bộ điều khiển tương đương. Nhưng vấn đề này nó có những nhược điểm sau :

- Muốn thực hiện bằng chuyển mạch, hệ thống phải thêm bộ quan sát trạng thái, làm hệ thống phức tạp rất nhiều.

- Không thể sử dụng cho hệ thống có nhiều điểm làm việc.

Để khắc phục nhược điểm này, người ta đã nghĩ tới việc xác định một bộ điều khiển R thống nhất chung có đặc tính như sau :

Giả sử ta có hệ phi tuyến, tại điểm làm việc [redacted] có mô hình tuyến tính tương đương và có bộ điều khiển tuyến tính R_v tương ứng. Tại điểm làm việc này, bộ điều khiển chung nhất R, sau khi được tuyến tính hóa tại điểm làm việc [redacted] cũng là R_v . Kỹ thuật điều khiển hệ phi tuyến như thế gọi là **kỹ thuật Gain-scheduling**.

Các bước thực hiện kỹ thuật Gain-scheduling :

- Xác định tất cả các điểm làm việc [redacted] cũng như tất cả các tham số khác

- Sử dụng LTTT xác định các bộ điều khiển tuyến tính R_v ứng với mỗi điểm làm việc

- Xác định bộ $R(v)$ sao cho mô hình tuyến tính tương đương của nó tại mỗi điểm làm việc chính là R_v

- Thay quan hệ (quan hệ tham số hóa điểm làm việc) v [redacted] vào R_v ta được bộ điều khiển $R(x, u, y)$.

Bộ điều khiển Gain-scheduling là bộ điều khiển phi tuyến thu được từ họ các bộ điều khiển tuyến tính. Yếu tố quyết định chất lượng công việc này là **công thức tham số hóa điểm làm việc** của đối tượng. Việc tham số hóa điểm làm việc được thực hiện theo kinh nghiệm là chính.

Kỹ thuật Gain-scheduling chỉ tập trung quan tâm động học của hệ thống tại lân cận điểm làm việc riêng lẻ, chứ không quan tâm tới sự thay đổi trạng thái hệ thống khi chuyển điểm làm việc, nên các kết luận về bản chất động học hệ thống có bộ điều khiển Gain-scheduling chỉ đúng trong lân cận điểm làm việc.

Việc chọn hình thức tham số hóa điểm làm việc ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng hệ thống. Tham số hóa điểm làm việc là xác định quan hệ phần tử của véc tơ điểm làm việc với các thông số đầu vào, biến trạng thái, tín hiệu ra :

Quan hệ v [redacted] phải đảm bảo :

- Véc tơ tham số v phải phản ánh tương đối đầy đủ mức độ phi tuyến của hệ thống.

- Các đại lượng [redacted] có mặt trong quan hệ tham số hóa điểm làm việc phải là những đại lượng biến đổi chậm theo thời gian

5.4.3 Điều khiển tuyến tính hình thức

Một hệ phi tuyến được mô tả

$$\dot{x} = f(x, u, t)$$

Với véc tơ tín hiệu vào có r phần tử $\underline{u}(t)$

$$\underline{u}(t) = [u_1, u_2, \dots, u_r]^T$$

Tín hiệu ra s phần tử : $\underline{y}(t)$

$$\underline{y}(t) = [y_1, y_2, \dots, y_s]^T$$

Véc tơ trạng thái n biến $\underline{x}(t)$

$$\underline{x}(t) = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$$

Nếu biến đổi được về dạng :

$$\dot{\underline{x}} = \underline{A}(x, u, t) \underline{x} + \underline{B}(x, u, t) \underline{u}$$

trong đó các ma trận

$$\underline{A}(x, u, t) = [a_{ij}(x, u, t)]$$

là các ma trận thích hợp (kích thước phải phù hợp) có phần tử là hàm số của $\underline{x}, \underline{u}, t$.

Mô hình này gọi là **mô hình tuyến tính hình thức** (formal linear) vì khi các ma trận trên có lúc nào đó không phụ thuộc vào $\underline{x}, \underline{u}$ thì nó trở thành mô hình tuyến tính không dừng $\underline{A}(t), \underline{B}(t), \underline{C}(t)$

Hoặc có thể biến đổi mô hình hệ thành

$$\dot{\underline{x}} = \underline{A}(t) \underline{x} + \underline{B}(t) \underline{u}$$

trong đó

$$\underline{A}(t) = [a_{ij}(t)]$$

là những ma trận

hàm giải tích thì được gọi là **mô hình giải tích tuyến tính** (analytic linear) có thể còn có tên **ALI** (analytic linear inputs). Từ đây ta có **bài toán điều khiển tuyến tính hình thức** như sau : là bài toán điều khiển, tìm cách can thiệp vào hệ thống có mô hình tuyến tính hình thức ví dụ như thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái để hệ có chất lượng như mong muốn.

5.4.4 Kỹ thuật điều khiển bù phi tuyến

5.4.4.1 Bài toán điều khiển bù phi tuyến

Bài toán này được áp dụng chủ yếu cho các đối tượng có thành phần phi tuyến tương đối yếu được

mô tả như có mô hình :

$$\dot{\underline{x}} = \underline{A}(x, u, t) \underline{x} + \underline{B}(x, u, t) \underline{u}$$

Với véc tơ tín hiệu vào có r phần tử $\underline{u}(t)$; Tín hiệu ra s phần tử $\underline{y}(t)$; Véc tơ

trạng thái n biến $\underline{x}(t)$.

Nhiệm vụ của bài toán là thiết kế bộ điều khiển $\underline{h}(\underline{u}, \underline{y})$ sao cho hệ kín có chất lượng mong muốn và chất lượng này hoàn toàn không phụ thuộc vào thành phần phi tuyến $\underline{n}(\underline{x}, t)$.

Giải quyết bài toán theo hai bước:

- Nhận dạng thành phần phi tuyến bằng một mô hình tuyến tính
- Thiết kế bộ $\underline{h}(\underline{u}, \underline{y})$ để loại bỏ thành phần phi tuyến trong hệ kín và mang lại cho hệ một chất lượng mong muốn.

5.4.4.2 Nhận dạng thành phần phi tuyến

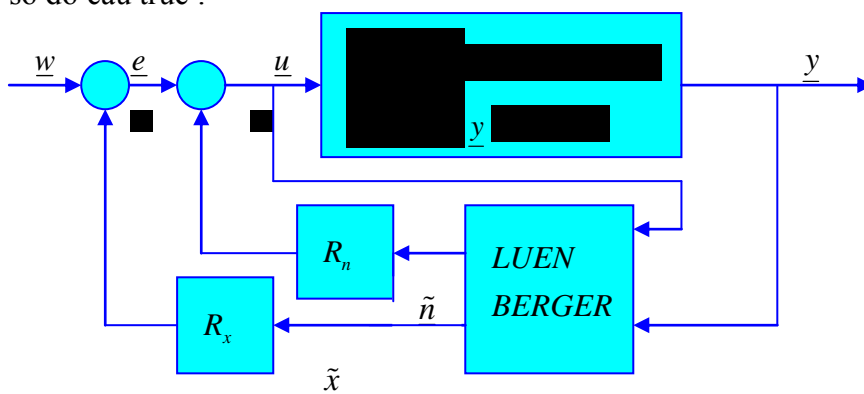
Giả sử ta có thành phần phi tuyến không biết trước $\underline{n}(\underline{x}, t)$, sau một khoảng thời gian đủ lớn T, thông qua véc tơ đầu ra

$$\tilde{\underline{n}}(t) \text{ với } \underline{y}(t) = \underline{h}(\underline{u}(t), \underline{y}(t)) + \underline{n}(\underline{x}(t), t)$$

của bộ quan sát Luenberger ta sẽ xác định được thành phần phi tuyến $\underline{n}(\underline{x}, t)$

5.4.4.3 Bộ điều khiển bù phi tuyến

Sau khi nhờ bộ quan sát luenberger, thành phần phi tuyến $\underline{n}(\underline{x}, t)$ có trong mô hình của đối tượng được xác định bởi **véc tơ tín hiệu ra** $\underline{n}(\underline{x}, t)$. Từ đây ta có thể thiết kế bộ điều khiển phản hồi trạng thái R như sơ đồ cấu trúc:



- Bộ điều khiển R_x là bộ điều khiển phản hồi trạng thái thành phần tuyến tính
- Bộ điều khiển R_n là bộ điều khiển phản hồi trạng thái thành phần phi tuyến

CÂU HỎI ÔN TẬP VÀ BÀI TẬP CHƯƠNG 5

a. Câu hỏi ôn tập

- Câu hỏi 1: Khái niệm về hệ điều khiển phi tuyến, cho ví dụ
 Câu hỏi 2: Trình bày về mô hình tĩnh và các khâu phi tuyến điển hình
 Câu hỏi 3: Mô hình trạng thái của hệ điều khiển phi tuyến
 Câu hỏi 4: Quỹ đạo trạng thái của hệ phi tuyến
 Câu hỏi 5: Khái niệm về điểm dừng và điểm cân bằng của hệ phi tuyến
 Câu hỏi 6: Mặt phẳng pha và quỹ đạo pha của hệ điều khiển phi tuyến
 Câu hỏi 7: Tính ổn định của hệ điều khiển phi tuyến
 Câu hỏi 8: Tiêu chuẩn ổn định Lyapunov cho hệ phi tuyến
 Câu hỏi 9: Hệ phi tuyến SISO với khâu hai vị trí
 Câu hỏi 10: Hệ phi tuyến SISO với khâu khuếch đại bão hòa
 Câu hỏi 11: Tổng hợp bộ điều khiển ổn định hệ phi tuyến theo phương pháp Modal
 Câu hỏi 12: Tổng hợp bộ điều khiển bù phi tuyến.

b. Bài tập

Bài tập 1: Cho hệ điều khiển phi tuyến được miêu tả bằng phương trình trạng thái sau:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_1^3 x_2 \\ \dot{x}_2 = x_2 \end{cases}$$

Xác định tính ổn định của hệ.

Hướng dẫn giải:

- Áp dụng tiêu chuẩn ổn định Lyapunov chọn hàm năng lượng dạng toàn phương:

$$V(x) = \frac{1}{2} x^T Q x$$

trong đó $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ - véc tơ trạng thái của hệ.

- Áp dụng tiêu chuẩn Sylvester nếu Q là ma trận vuông xác định dương, chẳng hạn có thể chọn

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & q_2 \end{bmatrix} \quad q_1, q_2 > 0 \quad \text{thì } V(x) > 0 \quad \text{với } x \neq 0.$$

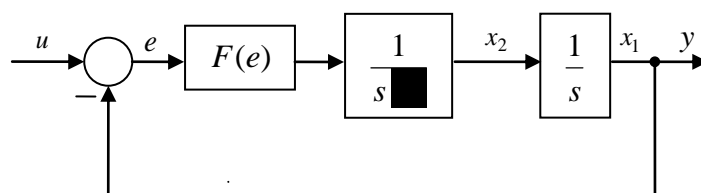
- Sử dụng phương trình trạng thái ban đầu tính đạo hàm của hàm năng lượng $\dot{V}(x)$
- Nếu $\dot{V}(x) < 0$ với $x \neq 0$ thì hệ phi tuyến đã cho ổn định, từ đó xác định điều kiện ổn định của hệ.

Đáp số:

Hệ phi tuyến đã cho ổn định địa phương tại gốc tọa độ với miền ổn định:

$$S = \{ (x_1, x_2) \mid x_2 > 0, x_1^2 < 2x_2 \}$$

Bài tập 2: Cho hệ điều khiển phi tuyến có sơ đồ khối như sau:



trong đó $F(e)$ là khâu phi tuyến tĩnh có dạng:

- $F(e)$ là hàm lẻ: $F(e) = -F(-e)$

- bị chặn: $k_1 F(e)/e$ k_2

Xác định miền k_1, k_2 để hệ ổn định.

Hướng dẫn giải:

- Từ sơ đồ khối viết ra phương trình trạng thái của hệ phi tuyến bậc 2

- Xét hệ khi chưa bị kích thích u

- Chọn hàm năng lượng Lyapunov dạng toàn phương:

$$V(x) = x^T Q x$$

trong đó $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$ - véc tơ trạng thái của hệ.

- Áp dụng tiêu chuẩn Sylvester chọn Q là ma trận đối xứng xác định dương, chẳng hạn:

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & \\ & 2 \end{bmatrix} \text{ thì } V(x) = x^T Q x \text{ với } x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}.$$

- Sử dụng phương trình trạng thái ban đầu tính đạo hàm của hàm năng lượng $\dot{V}(x)$, biến đổi đưa về dạng toàn phương đối với biến $k = F(x_1)/x_1$.

- Nếu $\dot{V}(x) < 0$ với $x \neq 0$ thì hệ phi tuyến đã cho ổn định, từ đó xác định miền thay đổi của k để hệ ổn định.

Đáp số:

Hệ phi tuyến đã cho ổn định tại gốc tọa độ với k thay đổi trong miền: $0.38 F(e)/e < k < 2.62$

Bài tập 3: Cho hệ điều khiển phi tuyến có phương trình trạng thái sau:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = k_2 \\ \dot{x}_2 = k_2(x_1^2) \end{cases}$$

Tổng hợp bộ điều khiển Modal ổn định hóa hệ phi tuyến.

Hướng dẫn giải:

- Tuyến tính hóa hệ phi tuyến trong lân cận gốc tọa độ bằng cách bỏ đi hàm phi tuyến $x_2 x_1$, viết ra phương trình trạng thái dạng ma trận của hệ tuyến tính hóa:

$$\dot{x} = A x + B u$$

- Đưa ra véc tơ các hệ số phản hồi trạng thái $K = [k_1 \quad k_2]$

- Xác định phương trình đặc tính của hệ kín mới theo công thức:

$$\det(sI - A_c) = 0$$

với $A_c = A - BK$

- Chọn các điểm cực mong muốn cho hệ kín mới sao cho các điểm cực này đều nằm bên trái trục ảo trên mặt phẳng phức. Khi đó phương trình đặc tính mong muốn có dạng:

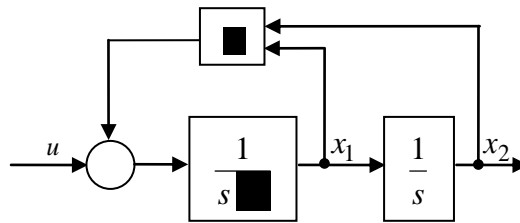
$$(s - s_1)(s - s_2) = 0$$

- Đồng nhất 2 phương trình đặc tính trên sẽ tìm được các hệ số phản hồi trạng thái làm ổn định hóa hệ phi tuyến.

Đáp số:

Với các điểm cực mong muốn là: $s_1 = -1$, $s_2 = -2$ thì bộ điều khiển modal có các hệ số phản hồi trạng thái là: $k_1 = 2$, $k_2 = 5$.

Bài tập 4: Cho hệ phi tuyến có sơ đồ khối như sau:



Tổng hợp bộ điều khiển Modal ổn định hóa hệ phi tuyến với các điểm cực của hệ tuyến tính hóa là s_1 , s_2 . Vẽ sơ đồ của hệ thống.

Hướng dẫn giải:

- Từ sơ đồ khối viết ra phương trình trạng thái của hệ phi tuyến sử dụng phép biến đổi Laplace ngược

- Tuyến tính hóa hệ phi tuyến trong lân cận gốc tọa độ bằng cách bỏ đi thành phần phi tuyến, viết ra phương trình trạng thái dạng ma trận của hệ tuyến tính hóa:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

- Đưa ra véc tơ các hệ số phản hồi trạng thái $K = [k_1 \quad k_2]$

- Xác định phương trình đặc tính của hệ kín mới theo công thức:

$$\det(sI - A_c)$$

với $A_c = A - BK$

- Xác định phương trình đặc tính mong muốn có dạng:

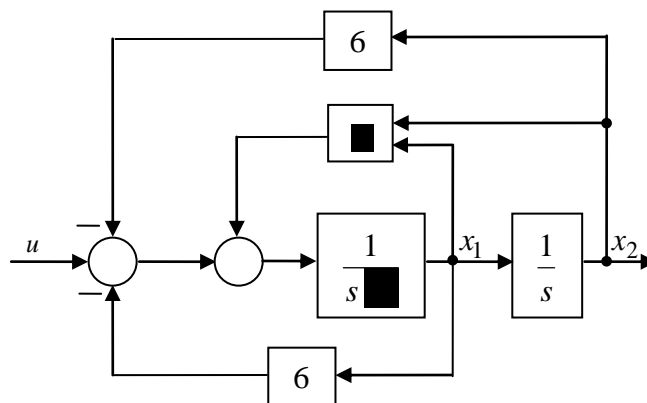
$$(s - \alpha_1)(s - \alpha_2) = s^2 + \beta s + \gamma$$

- Đồng nhất 2 phương trình đặc tính sẽ tìm được các hệ số phản hồi trạng thái làm ổn định hóa hệ phi tuyến.

Đáp số:

$$k_1 = 5, \quad k_2 = 5.$$

Sơ đồ khối của hệ điều khiển modal như sau:



CÁC ĐỀ THI THAM KHẢO

<p>PHIẾU THI Số 1</p> <p>Môn học: Lý thuyết điều khiển tự động Lớp:</p>	<p>Chữ ký Tổ trưởng bộ môn</p>
<p>Câu 1: Những cấu trúc cơ bản của hệ thống điều khiển (4 điểm)</p> <p>Câu 2: Mô hình trạng thái của hệ không liên tục, cho ví dụ (3 điểm)</p> <p>Câu 3: Cho hệ ĐKTD có sơ đồ khối như sau:</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> </div> <p>Tìm hàm truyền tương đương của hệ (3 điểm).</p>	
<p><i>Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi</i></p>	

<p>PHIẾU THI Số 2</p> <p>Môn học: Lý thuyết điều khiển tự động Lớp:</p>	<p>Chữ ký Tổ trưởng bộ môn</p>
<p>Câu 1: Trình bày về các phép biến đổi sơ đồ khối (4 điểm)</p> <p>Câu 2: Quỹ đạo trạng thái của hệ phi tuyến (3 điểm)</p> <p>Câu 3: Tìm hàm truyền số $G(Z)$ và phương trình sai phân của hệ ĐKTD có hàm truyền Laplace như sau: (3 điểm)</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> $G(s) = \frac{s}{s^2(2s + \dots)}$ </div>	
<p><i>Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi</i></p>	

PHIẾU THI	Số 3	Chữ ký Tổ trưởng bộ môn
Môn học: Lý thuyết điều khiển tự động Lớp:		
<p>Câu 1: Cấu trúc của bộ điều khiển PID (3 điểm)</p> <p>Câu 2: Trình bày về mô hình tĩnh và các khâu phi tuyến điển hình (4 điểm)</p> <p>Câu 3: Cho hệ ĐKTD có sơ đồ khối như sau:</p>		
Xác định tính điều khiển được và quan sát được của hệ (3 điểm).		
<i>Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi</i>		

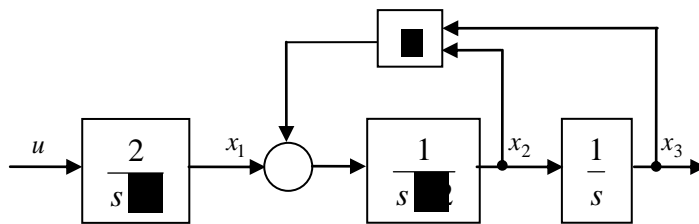
PHIẾU THI	Số 4	Chữ ký Tổ trưởng bộ môn
Môn học: Lý thuyết điều khiển tự động Lớp:		
<p>Câu 1: Tính ổn định và tiêu chuẩn ổn định Gerschgorin của hệ thống liên tục tuyến tính trong miền thời gian (3 điểm)</p> <p>Câu 2: Khái niệm về phép biến đổi Z và các tính chất của nó (4 điểm)</p> <p>Câu 3: Cho hệ ĐKTD có hàm truyền đạt như sau:</p>		
$G(s) = \frac{2s^3 + 2s^2 + 2s + 1}{s^6 + 2s^5 + 2s^4 + 2s^3 + 2s^2 + 2s + 1}$		
Xác định tính ổn định của hệ (3 điểm).		
<i>Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi</i>		

Môn học: Lý thuyết điều khiển tự động
Lớp:

Câu 1: Đánh giá sai lệch tĩnh của hệ thống điều khiển (3 điểm)

Câu 2: Khái niệm về điều khiển tối ưu và phương pháp tối ưu dạng toàn phương (4 điểm)

Câu 3: Cho hệ điều khiển phi tuyến có sơ đồ khối như sau:



Thiết kế bộ điều khiển Modal ổn định hóa hệ phi tuyến với các điểm cực của hệ tuyến tính hóa mới là $s_1=-1$, $s_2=-2$, $s_3=-3$.

Vẽ sơ đồ của hệ thống (3 điểm).

Học sinh không được chữa xóa, làm bản phiếu thi

Trường Đại học Công nghiệp Tp. Hồ Chí Minh
Khoa Công nghệ Điện tử

Bài giảng

THÍ NGHIỆM ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Biên soạn: Th.S Huỳnh Minh Ngọc

LƯU HÀNH NỘI BỘ
2008

MỤC LỤC

Lời nói đầu

Bài 1: Khảo sát hệ thống điều khiển tự động dùng MATLAB 5

1.1. Mục tiêu

1.2. Nội dung

1.2.1. Phần mềm MATLAB và cách sử dụng

1.2.2. Hàm truyền đạt, phương pháp biến trạng thái

1.2.3. Đáp ứng của hệ thống

1.2.4. Đặc tính của hệ thống điều khiển.

1.2.5. Phân tích ở miền tần số.

1.2.6. Phân tích quỹ đạo nghiệm số.

1.3. Thí nghiệm

1.3.1. Hàm truyền đạt, phương pháp biến trạng thái

1.3.2. Khảo sát hệ thống tự động dùng giản đồ Bode và Nyquist.

1.3.3. Khảo sát hệ thống bằng phương pháp quỹ đạo nghiệm số

1.4. Kiểm tra đánh giá

1.5. Phần mềm ACSYS2002

Bài 2: Thiết kế hệ thống điều khiển tự động dùng MATLAB 44

2.1. Mục tiêu

2.2. Nội dung

2.2.1. Công cụ Sisotool

2.2.2. Thiết kế hệ thống điều khiển dùng phương pháp quỹ đạo nghiệm số bằng Matlab.

2.2.3. Thiết kế ở miền tần số

2.2.4. Chuyển từ mô hình liên tục theo thời gian ra rời rạc và ngược lại.

2.3. Thí nghiệm

2.3.1. Thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha

2.3.2. Thiết kế bộ hiệu chỉnh trễ pha.

2.3.3. Thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha.

2.3.4. Thiết kế bộ điều khiển PID

2.4. Kiểm tra đánh giá

Bài 3: Khảo sát và mô phỏng hệ thống tự động dùng SIMULINK 75

3.1. Mục tiêu

3.2. Nội dung

3.2.1. Giới thiệu về Simulink.

Các bước tiến hành mô phỏng.

3.3. Thí nghiệm

3.3.1. Khảo sát hệ thống ổn định nhiệt độ.

3.3.2. Khảo sát mô hình hệ thống điều khiển tốc độ và vị trí động cơ DC.

3.4. Kiểm tra đánh giá

Bài 4: Hệ thống điều khiển nhiệt độ	91
4.1.Mục tiêu	
4.2.Nội dung	
4.2.1.Sơ đồ khối, nguyên lí hoạt động của hệ thống điều khiển nhiệt độ.	
4.2.2.Hàm truyền đạt lò điện và mô hình của Ziegler-Nichols	
4.2.3.Nguyên lý điều khiển ON-AFF (dùng khâu role có trễ)	
4.2.4.Nguyên lý điều khiển tuyến tính	
4.3. Thí nghiệm	
4.3.1. Đo quá trình quá độ hệ hở, đầu vào hàm nấc	
4.3.2. Điều khiển ON-OFF	
4.3.3. Điều khiển tuyến tính.	
4.4. Kiểm tra đánh giá	
4.5.Điều khiển nhiệt độ bằng các phương pháp điều khiển cổ điển.	
Bài 5: Hệ thống điều khiển tốc độ và vị trí động cơ một chiều	99
5.1.Mục tiêu	
5.2.Nội dung	
5.2.1. Phần điều khiển tốc độ.	
5.2.2. Phần điều khiển vị trí.	
5.2.3. Truyền động điện động cơ DC điều chỉnh áp phản ứng	
5.3.Thí nghiệm	
5.4.Kiểm tra đánh giá.	
Bài 6: Điều khiển số động cơ một chiều	109
6.1.Mục tiêu	
6.2.Nội dung	
6.3.Thí nghiệm	
6.4.Hệ thống điều khiển tốc độ động cơ	
6.5.Nhận xét đánh giá.	
Bài 7: Hệ thống điều khiển mực nước	111
7.1.Mục tiêu	
7.2.Nội dung	
7.3.Thí nghiệm	
7.4.Nhận xét đánh giá.	
Phụ lục	115
Tài liệu tham khảo	118

LỜI NÓI ĐẦU

Thí nghiệm điều khiển tự động là môn học minh họa và bổ sung phần thực tế cho giáo trình Lý thuyết điều khiển tự động. Sinh viên tiếp cận công cụ Matlab để khảo sát và thiết kế hệ thống tự động và khảo sát các hệ thống điều khiển tự động thực tế. Điều khiển tự động ngày nay có mặt trong các lĩnh vực điện -điện tử, cơ khí, hóa, giao thông, qui trình sản xuất ở nhà máy.

Giáo trình gồm có bảy bài thí nghiệm:

1. Khảo sát hệ thống tự động dùng Matlab.
2. Thiết kế hệ thống tự động dùng Matlab.
3. Khảo sát và mô phỏng hệ thống tự động dùng Simulink.
4. Hệ thống điều khiển nhiệt độ.
5. Hệ thống điều khiển vị trí và tốc độ động cơ DC.
6. Hệ thống điều khiển số động cơ một chiều.
7. Hệ thống điều khiển mực nước.

Giáo trình dùng để giảng dạy cho sinh viên ngành Điện tử tự động hệ đại học. Chắc hẳn giáo trình còn nhiều thiếu sót. Tác giả chân thành cảm ơn các ý kiến đóng góp của các thầy cô giáo trong bộ môn Điều khiển tự động, các đồng nghiệp, và bạn đọc để giáo trình ngày hoàn thiện hơn. Thư góp ý xin gửi về bộ môn Điều khiển tự động, Khoa Công nghệ Điện tử, trường Đại học Công nghiệp Tp. HCM, ĐT:8940390.

Tp. HCM ngày 15-7-2008

Tác giả

Th.S Huỳnh Minh Ngọc

Bài 1

KHẢO SÁT HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG DÙNG MATLAB

1.1. Mục tiêu:

- Căn bản Matlab: giới thiệu,mô tả toán học hệ thống dùng hàm truyền đạt, phương pháp biến trạng thái, đặc tính động học, khảo sát tính ổn định hệ, sai số xác lập.
- Phân tích ở miền tần số: Biểu đồ Bode, Nyquist.
- Khảo sát hệ dùng phương pháp quỹ đạo nghiệm số .

1.2. Nội dung

1.2.1.Phần mềm MATLAB và cách sử dụng

1.2.1.1.Giới thiệu về Matlab

Matlab được phát triển bởi công ty Math Works Inc, là một chương trình phân tích ma trận, thiết kế điều khiển, nhận dạng hệ thống và đồ thị kỹ thuật.

Gõ đường dẫn : MATLAB khi đó sẽ xuất hiện dấu nhắc ">>" hoặc double-click vào biểu tượng Matlab trên màn hình nền.

Matlab cũng có khả năng thi hành một dãy lệnh chứa trong một tập tin, tập tin file.M. Một chương trình có thể được viết và ghi lại ở dạng ASCII với tên tập tin có phần mở rộng ra trong thư mục mà Matlab đang chạy. Tên tập tin phải ở dạng chữ thường. Dạng tập tin file.M này được coi như là tập tin hay tập lệnh nguyên bản. Để chạy chương trình tại dấu nhắc ">>"đánh tên tập tin không có phần mở rộng .m.

1.2.1.2.Lệnh và Biến số:

Lệnh có dạng ở hình 1.1. Matlab dùng phép gán để dấu « = » chỉ ra rằng gán biểu thức vào một biến.

>>biến= biểu thức

Dạng lệnh Matlab

>>: dấu nhắc lệnh

Biểu thức nhập vào mà không có tên biến thì Matlab tính toán và kết quả được nhớ và hiển thị sau từ ans. Kết quả một biểu thức gán vào một tên biến để tiện cho việc sử dụng khác. Tên biến có thể đến 19 ký tự (bao gồm chữ và số), tuy nhiên ký tự đầu tiên của một tên biến phải bắt đầu bằng một chữ.

Chuỗi ký tự:

Một chuỗi ký tự nối tiếp nhau trong các câu sau được gọi là một chuỗi ký tự hoặc biến câu.

>>C='Good'

Kết quả sẽ là :

C=Good

Bảng 1.1. Các phép toán học

+	Cộng
-	Trừ
*	Nhân
/	Chia
^	lũy thừa

1.2.1.3. Các phép tính toán vector:

Một vector bậc n là một dãy hàng hay dãy cột của n số hạng. Để biểu diễn vector cột ta nhập : các phần tử nằm trong dấu ngoặc vuông [], cách nhau bởi dấu chấm phẩy (;). Ví dụ :

```
>>X=[2;-4;8]
```

Kết quả là :

```
X=
     2
    -4
     8
```

Nếu các phần tử được phân cách bởi các dấu phẩy hoặc khoảng trắng thì đó là vector hàng. Ví dụ :

```
>>R=[tan(pi/4) sqrt(9) -5]
```

Kết quả sẽ là :

```
R=
     1.0000     3.0000    -5.0000
```

Chuyển vị một vector. Ví dụ :

```
>>Y=R'
```

sẽ cho ra :

```
Y=
     1.0000
     3.0000
    -5.0000
```

Các vector có cùng kích thước có thể cộng hoặc trừ. Ví dụ :

```
>>P=5*R sẽ cho ra kết quả sau :
```

```
P=
     5.0000    15.0000   -25.0000
```

Toán tử * thực hiện phép tính nhân tương ứng các phần tử với nhau. Ví dụ : với X và Y ở trên ta có :

```
>>E=X*Y
```

Kết quả sẽ là :

```
E=
     2
    -12
    -40
```

Tích vô hướng của 2 vector X và Y là số vô hướng được xác định bởi $\sum_{i=1}^n X_i.Y_i$. Nếu X và Y

là hai vector cột được xác định ở trên thì tích vô hướng của chúng là : $S=X'*Y$.

Kết quả sẽ là:

```
S=
    -50
```

Có các hàm của Matlab để tính chuẩn của vector. Ví dụ tính Norm Euclid

```
>>N=norm(X)
```

Đưa ra kết quả

```
N=
     9.1652
```

Góc giữa hai vector X và Y được xác định bằng $X.Y/(ModunX. ModunY)$. Dòng lệnh:

```
» theta=acos(X'*Y/(norm(X)*norm(Y)))
```

Kết quả là :

```
theta =
     2.7444
```

trong đó theta được đo bằng radian.

Biểu diễn một vector zero. Ví dụ:

» Z=zeros(1,4)

Z =

0 0 0 0

Trong MATLAB(:) có thể sử dụng để tính vector hàng. Ví dụ như :

» x=1:8

cho ra một vector hàng của các số nguyên từ 1 đến 8.

x =

1 2 3 4 5 6 7 8

1.2.1.4. Ma trận

Trong MATLAB một ma trận được tạo bởi một dãy số trong ngoặc vuông. Các phần tử trong mỗi hàng được phân biệt bởi các khoảng trống hoặc dấu phẩy. Dấu chấm phẩy được dùng để kết thúc một hàng. Ví dụ:

» A=[6 1 2;-1 8 3;2 4 9]

Kết quả là :

A =

6 1 2
-1 8 3
2 4 9

Một cột hoặc hàng của một ma trận có thể được ký hiệu bằng (:). Ví dụ:

» r3=A(3,:)

Kết quả là :

r3 =

2 4 9

Tương tự A(:,2) biểu thị tất cả các phần tử của cột thứ 2 trong A.

» A(:,2)

ans =

1
8
4

Cộng 2 ma trận A và B. Ví dụ :

» A=[6 1 2;-1 8 3;2 4 9]

A =

6 1 2
-1 8 3
2 4 9

» B=[1 2 3;-2 4 6;1 3 7]

B =

1 2 3
-2 4 6
1 3 7

» D=A+B

D =

```

7   3   5
-3  12   9
3   7  16
    
```

Trừ hai ma trận A và B. Ví dụ :

» C=A-B

C =

```

5  -1  -1
1   4  -3
1   1   2
    
```

Nhân hai ma trận A và B từ phép tính A*B nếu chúng tương thích. Ví dụ :

» E=A*B

E =

```

6  22  38
-14 39  66
3  47  93
    
```

Hai ký hiệu được sử dụng để chia ma trận. A\B tương ứng $A^{-1}*B$ và A/B tương ứng với $A*B^{-1}$. Ví dụ:

AX=B

$$\begin{bmatrix} 4 & -2 & -10 \\ 2 & 10 & -12 \\ -4 & -6 & 16 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -10 \\ 32 \\ -16 \end{bmatrix}$$

» A=[4 -2 -10;2 10 -12;-4 -6 16]

A =

```

4  -2  -10
2  10  -12
-4  -6   16
    
```

» B=[-10;32;-16]

B =

```

-10
32
-16
    
```

» X=A\B

Kết quả là :

X =

```

2.0000
4.0000
1.0000
    
```

Ngoài ra còn rất nhiều hàm toán học khác trong file.m.

Nên sử dụng chức năng **inv** để xác định nghịch đảo của ma trận A rồi sau đó xác định ma trận X.

» A=[4 -2 -10;2 10 -12;-4 -6 16]

A =

```
4 -2 -10
2 10 -12
-4 -6 16
```

» B=[-10;32;-16]

B =

```
-10
32
-16
```

» C=inv(A)

C =

```
2.2000 2.3000 3.1000
0.4000 0.6000 0.7000
0.7000 0.8000 1.1000
```

» X=C*B

X =

```
2
4
1
```

1.2.1.5. Giá trị riêng:

Nếu ma trận A là một ma trận có (nxn) phần tử, thì có n số λ thoả mãn $Ax=\lambda x$ là giá trị riêng của A. Chúng tìm được bằng cách sử dụng lệnh **eig(A)**. Giá trị riêng và vector riêng của A cũng có thể tìm được bằng lệnh **[X,D]=eig(A)**. Các phần tử trên đường chéo chính của ma trận chéo D là các λ , còn các cột của ma trận X là các vector riêng thoả mãn $AX=XD$. Ví dụ: Tìm giá trị riêng và vector riêng của ma trận A cho bởi:

» A=[0 1 -1;-6 -11 6;-6 -11 5]

A =

```
0 1 -1
-6 -11 6
-6 -11 5
```

» [X,D]=eig(A)

X =

```
0.7071 -0.2182 -0.0921
0.0000 -0.4364 -0.5523
0.7071 -0.8729 -0.8285
```

D =

```
-1.0000    0    0
    0 -2.0000    0
    0    0 -3.0000
```

1.2.1.6.Số phức :

Hầu hết các phép tính số phức đều có thể sử dụng được trong chương trình Matlab. Số ảo $\sqrt{-1}$ được ngầm định trước bởi hai biến số I và j trong chương trình. Nếu i và j được sử dụng cho các giá trị khác thì ta phải định nghĩa phần ảo như sau:

» j=sqrt(-1)

j =

0 + 1.0000i

hoặc :

» i=sqrt(-1)

i =

0 + 1.0000i

Ví dụ: Tính $Z_c \cosh g + \sinh g/Z_c$, với $Z_c=200+ i300$ và $g=0.02 +j1.5$

» i=sqrt(-1)

i =

0 + 1.0000i

» Zc=200+300*i;

» g=0.02+1.5*j;

» V=Zc*cosh(g)+sinh(g)/Zc

Kết quả là :

V =

8.1672 +25.2172i

1.2.1.7. Đồ thị :

Chương trình MATLAB có thể tạo ra các loại đồ thị 2-D, 3-D, đường log, semilog, đồ thị cực, đồ thị khối và đường viền trên máy vẽ, máy in kim, máy in laser. Một số đồ thị 2-D có thể vẽ bằng các lệnh **plot**, **loglog**, **semilogx**, **semilogy**, **polar('text')**, **ylabel('text')** và **text('text')** có thể được sử dụng để đặt tên và thêm các chú thích trên đồ thị. Cú pháp của các câu lệnh trên bao gồm các ký hiệu (.,+,*), (0,x) và màu sắc (r,h,g,w). Ví dụ: dòng lệnh sau


```

» plot(t,y1,'r',t,y2,'+b')
sẽ cho màu đỏ trên đường cong thứ nhất và màu xanh trên đường cong thứ hai.
Lệnh plot(x,y)- vẽ đồ thị y theo x.
Ví dụ : Vẽ đồ thị quan hệ x-y với nhiều biến khác nhau :
X 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Y 0 0.5 1 2 4 7 11 14 15.5 16 16 16 16
» x=[0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];
» y=[0 0.5 1 2 4 7 11 14 15.5 16 16 16 16];
» plot(x,y)
» grid
» meta EX18
    
```

Đồ thị x-y của ví dụ.

Lệnh meta cho phép mở file EX18.MET và ghi đồ thị vào đó.

Đồ thị mặt lưới 3 chiều :

Lệnh mesh(Z) tạo một đồ thị 3 chiều của các phần tử trong ma trận Z. Bề mặt mặt lưới được định nghĩa bởi tọa độ Z của các điểm ở trên một ô lưới trong mặt phẳng X-Y. Biểu đồ được hình thành bởi sự liên kết các điểm gần kề với các đường thẳng. Meshdom làm biến đổi phạm vi định rõ bởi vector x và y vào trong các dãy X và Y.

Ví dụ : Để có đồ thị 3D của hàm Bessel $j_0 \sqrt{x^2 + y^2}$ trong khoảng $-12 < x < 12$, $-12 < y < 12$.

Ta có các dòng lệnh sau:

```

» clf;% thay cho clg
» [x,y]=meshgrid(-12:.6:12,-12:.6:12);% thay cho meshdom
» r=sqrt(x^2+y^2);
» z=bessel(0,r);
» m=[-45 60];
» mesh(z,m)
    
```

1.2.1.8. Script -T ập tin .m

Matlab cho phép thực hiện một chuỗi lệnh trong một tập tin . Tập tin này gọi là M-file vì tên có dạng filename.m. Một scripts là một loại M-file. Một script là một chuỗi các lệnh thông thường và hàm được dùng ở đầu nhắc lệnh.

Hộp công cụ hệ thống điều khiển (Control systems Toolbox) là tập hợp các hàm để mô hình hóa, phân tích và thiết kế hệ thống điều khiển. Nó cung cấp các công cụ cổ điển như là vẽ Bode, biểu đồ Nichols, quỹ đạo nghiệm số, cũng như các kỹ thuật hiện đại như không gian trạng thái LQG và thiết kế đặt cực.

Thí dụ :

```

>>alpha=50;
>>plotdata
plotdata.m
%Day la script ve ham y=sin(alpha*t)
%Gia tri alpha phai ton tai trong workspace truooc de kich hoat script.
T=[0:0.01:1];
Y=sin(alpha*t);
Plot(t,y)
Xlabel('Time(sec)')
Ylabel('y(t)=sin(\alpha t)')
Grid on
    
```

Matlab có các lệnh vòng lặp như for, while và logic như là if. Cách sử dụng chúng tương tự trong ngôn ngữ Pascal hay C.

Lệnh điều kiện: if và switch

Cú pháp:

If term command [elseif term command...] [else command] end

Switch term case term command[...] [otherwise command] end

Trong đó term là điều kiện, command là lệnh.

Thí dụ:

```
>> test=5;
```

```
>> if test<=2;a=2,elseif test<=5; a=5,else a=10, end;
```

a =

5

```
>> switch test case 2;a=2,case {3,4,5};a=5,otherwise a=10,end;
```

a =

5

Trong cả hai trường hợp trên, các lệnh có được ngăn cách bởi dấu (;) và dấu (,).

Trong các Scripts, thường ta hay viết mỗi lệnh con trong một dòng riêng. Thí dụ :

```
>> if test<=2,
```

```
    a=2;
```

```
elseif test<=5,
```

```
    a=5;
```

```
else a=10;
```

```
end;
```

```
>> a
```

a =

5

Vòng lặp và logic: for và while

Bằng vòng lặp ta có thể thực hiện lặp lại nhiều lần một số lệnh nhất định. Cú pháp:

For variable=term command end

While term command end

Trong cả hai trường hợp lệnh break đều có tác dụng kết thúc vòng lặp.

Thí dụ:

```
>> for k=0:1, k^2, end;
```

ans =

0

ans =

1

```
>> n=1;
```

```
>> while 1,n=n+1;m=n^2;if m>10, break;end;end
```

m =

4

m =

9

m =

16

>>

Bài tập :

1.Cho hai ma trận sau :

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 2\pi \\ 6j & 10 + \sqrt{2}j \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 6j & -13\pi \\ \pi & 16 \end{bmatrix}$$

Dùng Matlab tính toán sau :

- a)A+B b)AB
- c)A² d)A'
- e)B⁻¹ f)B'A'
- g) A² + B² -AB

2.Cho hệ phương trình đại số tuyến tính :

$$\begin{aligned} 5x+6y+10z &= 4 \\ -3x+14z &= 10 \\ -7y+21z &= 0 \end{aligned}$$

Xác định giá trị x,y, và z để tập phương trình đại số thỏa mãn.

3.Viết một Matlab Script (Tập tin .m) để vẽ hàm sau :

$$y(x) = \frac{4}{\pi} \cos \omega x + \frac{4}{9\pi} \cos 3\omega x$$

trong đó ω là ngõ vào biến ở dòng lệnh. Đặt nhãn trục x là time(sec) và trục y là y(x).

1.2.2.Hàm truyền đạt, phương pháp biến trạng thái

1.2.2.1.Hàm truyền đạt :

Khai báo hàm truyền :

-Sử dụng lệnh tf(num, den) : Nhập đa thức tử số num và đa thức mẫu số den dưới dạng vector tham số của s theo trình tự số mũ của s bé dần.

>> h=tf([2 -3], [1 1])

Transfer function:

$$2 s - 3$$

$$\frac{\text{-----}}{s + 1}$$

>>

-Khai báo dưới dạng hàm hữu tỷ của s. Trước hết ta phải khai báo s là biến mô hình TF, sau đó nhập hàm truyền đạt dưới dạng hàm hữu tỷ của s.

>> s=tf('s')

Transfer function:

s

>> h=(s+2)/(s^2+5*s+4)

Transfer function:

s + 2

s^2 + 5 s + 4

>>

Hàm truyền:

Nếu P là một vector hàng chứa các hệ số của đa thức, thì hàm **roots(P)** sẽ cho ta một vector cột các phần tử của nó là nghiệm của đa thức.

Ví dụ: Tìm nghiệm của đa thức sau:

$$S^6 + 9s^5 + 31.25s^4 + 61.25s^3 + 67.75s^2 + 14.75s + 15$$

Nhập:

» P=[1 9 31.25 61.25 67.75 14.75 15]

P =

1.0000 9.0000 31.2500 61.2500 67.7500 14.7500 15.0000

» R=roots(P)

Được :

R =

-4.0000
-3.0000
-1.0000 + 2.0000i
-1.0000 - 2.0000i
0.0000 + 0.5000i
0.0000 - 0.5000i

Nếu r là vector cột chứa các nghiệm của đa thức thì hàm **poly(r)** cho vector hàng, các phần tử là hệ số của đa thức.

Ví dụ: Nghiệm của đa thức là : -1,-2,-3+4i,-3-4i. Hãy xác định phương trình đa thức.

» i=sqrt(-1);

» R=[-1 -2 -3+4*i -3-4*i]

R =

-1.0000 -2.0000 -3.0000 + 4.0000i -3.0000 - 4.0000i

» P=poly(R)

P =

1 9 45 87 50

Từ đó phương trình đa thức là;

$$S^4 + 9s^3 + 45s^2 + 87s + 50 = 0$$

Nghiệm và zero của hàm truyền:

Ta sử dụng hàm **tf2zp** để tìm zero, nghiệm và độ lợi của hàm truyền.

Ví dụ: tìm nghiệm và zero của hàm truyền sau:

$$H(s) = \frac{(s^3 + 11s^2 + 30s)}{(s^4 + 9s^3 + 45s^2 + 87s + 50)}$$

Nhập :

```
» num=[1 11 30 0]
```

num =

```
1 11 30 0
```

```
» den=[1 9 45 87 50]
```

den =

```
1 9 45 87 50
```

```
» [z,p,k]=tf2zp(num,den)
```

Ta có :

z =

```
0
-6
-5
```

p =

```
-3.0000 + 4.0000i
-3.0000 - 4.0000i
-2.0000
-1.0000
```

k =

```
1
```

Hàm **zp2tf** dùng để xác định hàm truyền từ nghiệm và xem hệ số khuếch đại của hệ thống.

```
» z=[-6; -5; 0];k=1
```

```
» i=sqrt(-1);
```

```
» p=[-3+4*i;-3-4*i;-2;-1];
```

```
» [num,den]=zp2tf(z,p,k)
```

num =

```
0 1 11 30 0
```

den =

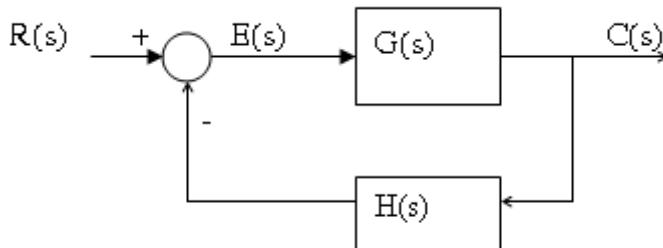
1 9 45 87 50

Lệnh đơn giản hàm truyền : minreal

Tính hàm truyền của hệ thống nối tiếp: lệnh series.

Tính hàm truyền của hệ song song: lệnh parallel.

Cho hệ thống hồi tiếp âm như sau:



Hình 1.1

Hồi tiếp âm : $G_k = G/(1+G.H)$

Hồi tiếp dương : $G_k = G/(1-G.H)$

$G_k = \text{feedback}(G,H)$ tính hàm truyền hệ thống hồi tiếp âm.

$G_k = \text{feedback}(G,H,+1)$ tính hàm truyền hệ thống hồi tiếp dương

Thí dụ:

```
>> G=tf([1 1],[1 3 2])
```

Transfer function:

$$\frac{s + 1}{s^2 + 3s + 2}$$

```
>> H=tf(1,[1 5])
```

Transfer function:

$$\frac{1}{s + 5}$$

```
>> Gk=feedback(G,H) % Hàm truyền kín hệ hồi tiếp âm.
```

Transfer function:

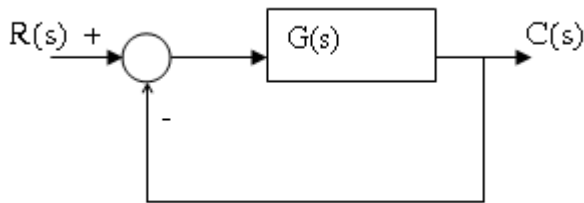
$$\frac{s^2 + 6s + 5}{s^3 + 8s^2 + 18s + 11}$$

```
>> Gk=feedback(G,H,+1) % hàm truyền kín hệ hồi tiếp dương
```

Transfer function:

$$\frac{s^2 + 6s + 5}{s^3 + 8s^2 + 16s + 9}$$

```
>> Gk=feedback(G,1) %hàm truyền kín hệ hồi tiếp âm đơn vị.
```



Hình 1.2

Transfer function:

$$\frac{s + 1}{s^2 + 4s + 3}$$

$$s^2 + 4s + 3$$

1.2.2.2. Phương pháp biến trạng thái:

Phương trình vi phân:

$$\frac{dx}{dt} = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y = Cx(t)$$

là hệ phương trình vi phân bậc nhất của hệ thống và x gọi là biến trạng thái. Ưu điểm của phương pháp biến trạng thái là các phương trình mô tả hệ được giải dễ dàng nhờ máy tính. Ngoài ra phương pháp biến trạng thái có thể mở rộng để khảo sát hệ phi tuyến. Ta lập các phương trình biến trạng thái từ một phương trình vi phân bậc n bằng cách chỉ định các biến trạng thái thích hợp.

Ví dụ: lập phương trình biến trạng thái cho phương trình vi phân dưới đây:

$$2\frac{d^3y}{dt^3} + 4\frac{d^2y}{dt^2} + 6\frac{dy}{dt} + 8y = 10u(t)$$

Ta sử dụng hàm **ode2phv.m** để chuyển phương trình vi phân bậc n thành phương trình biến trạng thái.

Cú pháp : [A,B,C]=ode2phv(ai,k)

» ai=[2 4 6 8]

ai =

2 4 6 8

» k=10

k =

10

» [A,B,C]=ode2phv(ai,k)

Hàm truyền-mô hình biến trạng thái :

Hàm [A,B,C]=tf2ss(num,den) sẽ biến đổi hàm truyền thành mô hình biến trạng thái.

Ví dụ : Cho hàm truyền $\frac{s^2 + 7s + 2}{s^3 + 9s^2 + 26s + 24}$

» num=[1 7 2]

num =

1 7 2

» den=[1 9 26 24]

den =

1 9 26 24

» [A,B,C,D]=tf2ss(num,den)

A =

-9 -26 -24
1 0 0
0 1 0

B =

1
0
0

C =

1 7 2

D =

0

Mô hình biến trạng thái-Hàm truyền:

Cho hệ $dx/dt=Ax + Bu$

$$Y=Cx + Du$$

Áp dụng biến đổi Laplace suy ra $G(s)=C(sI-A)^{-1}B +D$

Hàm [num,den]=ss2tf(A,B,C,D,i) sẽ biến đổi phương trình biến trạng thái thành hàm truyền.

Ví dụ : Hệ thống được biểu diễn bằng phương trình biến trạng thái sau :

$$dx/dt=Ax+Bu$$

$$A=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & -3 \end{bmatrix}$$

$$B=\begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$y=[1 \ 0 \ 0]x$$

Tìm hàm truyền $G(s)=Y(s)/X(s)$

» A=[0 1 0;0 1 1;-1 -2 -3]

A =

0 1 0
0 1 1
-1 -2 -3

» B=[10; 0;0]

B =

10
0
0

» C=[1 0 0]

C =

1 0 0

» D=[0]

D =

0

» [num,den]=ss2tf(A,B,C,D,1)

num =

0 10.0000 20.0000 -10.0000

den =

1.0000 2.0000 -1.0000 1.0000

Do đó hàm truyền là :

$$G(s)=(10s^2 + 20s -10)/(s^3 +2s^2 -s +1)$$

1.2.3.Đáp ứng của hệ thống

Hàm truyền chuẩn của hệ thống bậc 2:

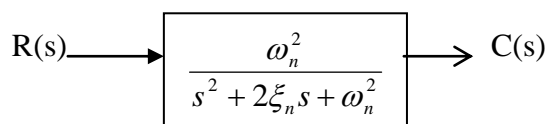
$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi_n s + \omega_n^2}$$

1.2.3.1. Đáp ứng miền thời gian :

Ta có thể dùng hàm `c=stepzwn(z,ω,R,a,T,t)` để tính đáp ứng của hệ . Ở đây z- thông số suy giảm, ωn-tần số tự nhiên, R-biên độ hàm bậc thang. Đối với hệ bậc 2 thì a=0, T=0 còn t-khoảng thời gian cần khảo sát. Đáp ứng của hệ suy giảm nhanh và có vọt lố cũng được khảo sát bằng hàm trên.. Các hàm **c=impulse(num,den)**, **c=step(num,den,t)** và **c=lsim(num,den,u,t)** cũng có thể được sử dụng để khảo sát đáp ứng chuyển tiếp hệ thống.

Ví dụ: Xác định đáp ứng bậc thang của hệ thống với $\xi=0.6$ và $\omega_n=5$.

$$G(s)=(\omega_n^2)/(s^2 + 2\xi_n s + \omega_n^2)$$



Cách 1:

```
Num=25;
Den=[1 6 25];
Gs=tf(num,den)
T=0:0.02:2;
C=step(gs,t);
Plot(t,c)
Xlabel('t-sec'),ylabel('c(t)'),grid,pause
```

Cách 2:

```
>> den=[1 6 25]
```

den =

```
1 6 25
```

```
>> t=0:0.02:2;
```

```
>> c=step(num,den,t);
```

```
>> plot(t,c);
```

```
>> xlabel('t-sec'),ylabel('c(t)');
```

```
>> grid,pause
```

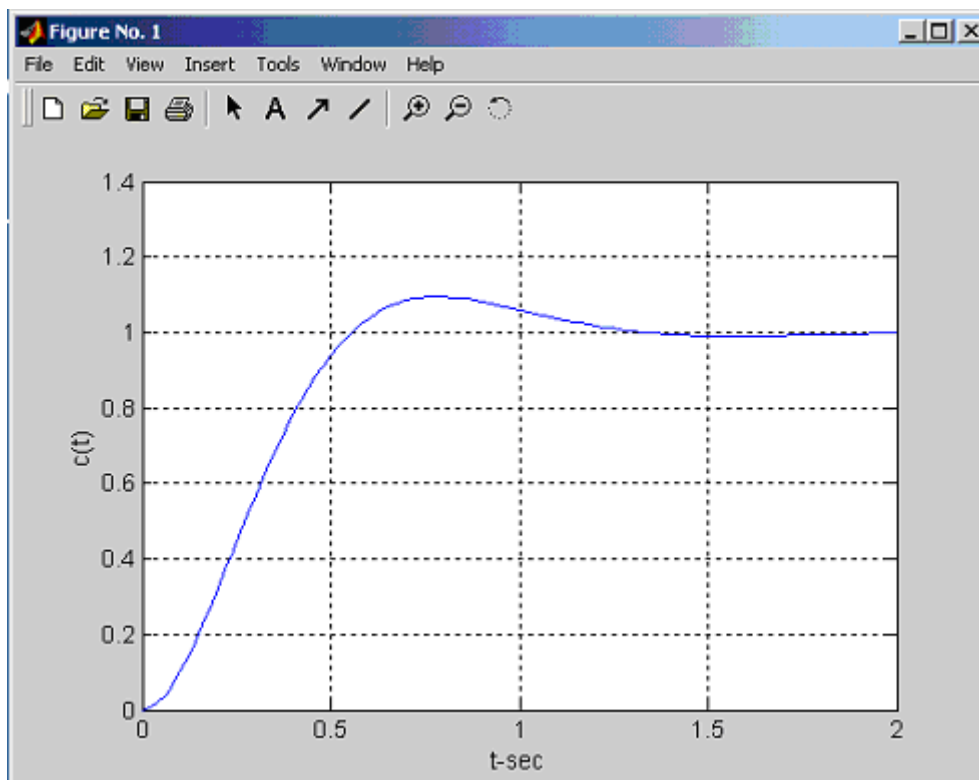
```
>>
```

Kết quả là :

$T_p=0.776667$ Phần trăm vọt lô=9.47783

$T_r=0.373333$

$T_s=1.18667$



Hình 1.3.Đáp ứng thời gian

Lệnh step: Cho hàm truyền đạt của hệ sau: $G(s) = \frac{30}{s^2 + 4s + 30}$. Lệnh Matlab vẽ đáp ứng nấc là :

```
num=30;den=[1 4 30]; G=tf(num,den)
```

step(G)

Lệnh impulse: vẽ đáp ứng xung

Cho hàm truyền đạt của hệ sau: $G(s) = \frac{30}{s^2 + 4s + 30}$. Lệnh Matlab vẽ đáp ứng xung là :

```
num=30;den=[1 4 30]; G=tf(num,den)
impulse(G)
```

1.2.3.2. Đáp ứng tần số của hệ thống:

Khi $\xi < 0.707$ thì tần số cộng hưởng ω_r được tính bởi:

$$\omega_r = \omega_n \sqrt{1 - 2\xi^2} \quad (1)$$

Biên độ cộng hưởng được ký hiệu $M_{p\omega}$ và bằng :

$$M_{p\omega} = \frac{1}{2\xi\sqrt{1 - \xi^2}} \quad (2)$$

Đáp ứng tần số của hệ thống được xác định bằng hàm $g = \text{freqs}(\text{num}, \text{den}, w)$. Đối với hệ thống bậc 2 với $\xi < 1$ thì phương trình (1) và (2) có thể kết hợp để tính $\omega_r, M_{p\omega}$. Tuy nhiên, ta có thể sử dụng hàm $\text{frqspec}(w, \text{mag})$ để xác định $\omega_r, M_{p\omega}, \omega_B$.

Ví dụ: Cho hệ thống được mô tả bởi hàm truyền vòng kín

$$G(s) = \frac{4}{s^2 + 2s + 4}$$

Xác định đáp ứng tần số với các thông tin $\omega_r, M_{p\omega}, \omega_B$.

Cách giải:

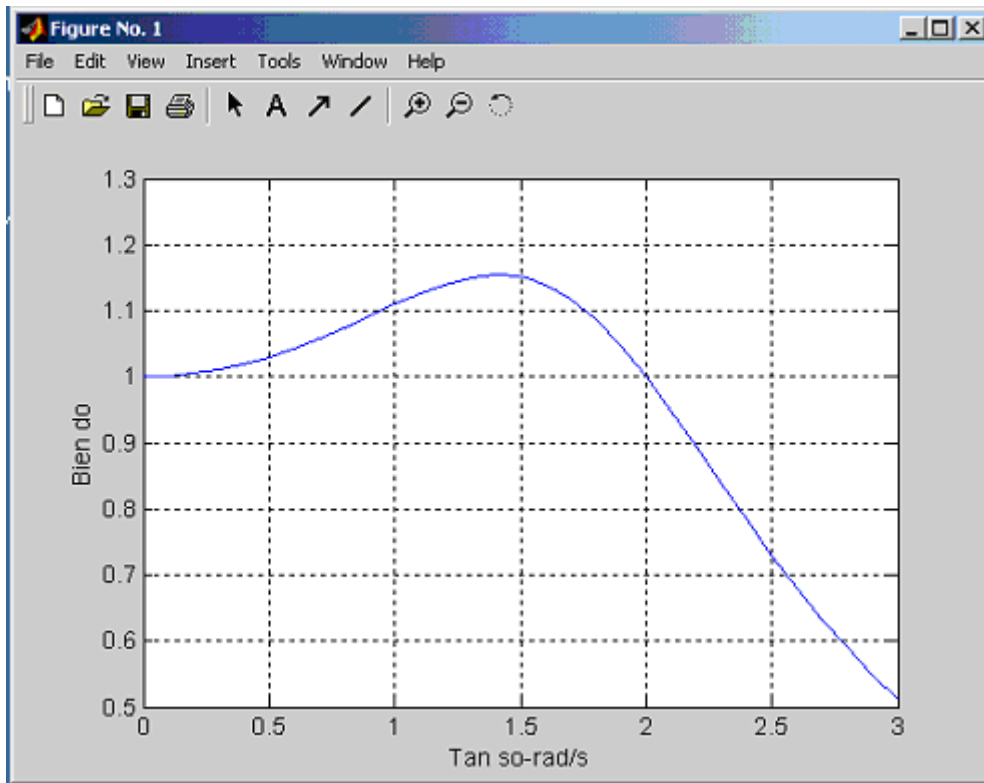
```
>> num=4;
>> den=[1 2 4];
>> w=0:0.1:3;
>> g=freqs(num,den,w);
>> mag=abs(g);
>> frqspec(w,mag)

>> plot(w,mag);
>> ylabel('Biên độ'),xlabel('Tần số-rad/s')
>> grid
>>
```

Kết quả là:

$\omega_r=1.41, M_{p\omega}=1.15, \omega_B=2.55$

Kết quả được biểu diễn trên hình:



Hình 1.4. Đáp ứng biên độ tần số

1.2.4. Đặc tính của hệ thống điều khiển:

1.2.4.1. Tiêu chuẩn ổn định Routh-Hurwitz:

Hàm roots(a) được xây dựng dựa vào tiêu chuẩn Routh-Hurwitz sẽ giúp khảo sát tính ổn định tuyệt đối của hệ.

Ví dụ: Cho hệ với phương trình đặc tính:

$$S^4 + 10s^3 + 35s^2 + 50s + 24 = 0$$

» a=[1 10 35 50 24]

a =

1 10 35 50 24

» routh(a)

Hệ ổn định.

1.2.4.2. Sai số xác lập:

Hai hàm errorzp(z,p,k) và errortf(num,den) được viết để tính toán sai số xác lập của hệ thống khi tín hiệu vào là tín hiệu bậc thang đơn vị, dốc đơn vị và parabolic đơn vị. Hàm errorzp(z,p,k) tính được sai số xác lập khi hệ thống được biểu diễn bằng các zero, các nghiệm và độ lợi. Ở đây z là vector cột chứa các zero của hàm truyền, p là vector cột bao gồm các nghiệm cực và k là độ lợi. Nếu bậc của tử số nhỏ hơn mẫu số, tức là $n < m$ thì ta có $n-m$ số $\inf(\omega)$ để chiều cao của 2 vector p và z như nhau. Hàm errortf(num,den) tìm được sai số xác lập khi hệ thống được mô tả bởi hàm truyền.

Ví dụ: Xác định hằng số sai số và sai số xác lập của hệ:

$$G(s) = \frac{10(s+4)}{s(s+1)(s+2)(s+5)}$$

» k=10

k =

10

```
» z=[-4;inf;inf;inf]
```

```
z =
```

```
-4  
Inf  
Inf  
Inf
```

```
» p=[0;-1;-2;-5]
```

```
p =
```

```
0  
-1  
-2  
-5
```

```
» errorzp(z,p,k)
```

Ví dụ : $G(s)=10/(s^2 +14s+50)$

```
>>num=10
```

```
>>den=[1 14 50]
```

```
>>errortf(num,den)
```

1.2.5.Phân tích ở miền tần số:

1.2.5.1. Biểu đồ Bode

Hàm [mag, phase]= bode(num,den,ω) cho ta biết biên độ và góc pha của hàm truyền trong dãy tần số ω đang khảo sát.

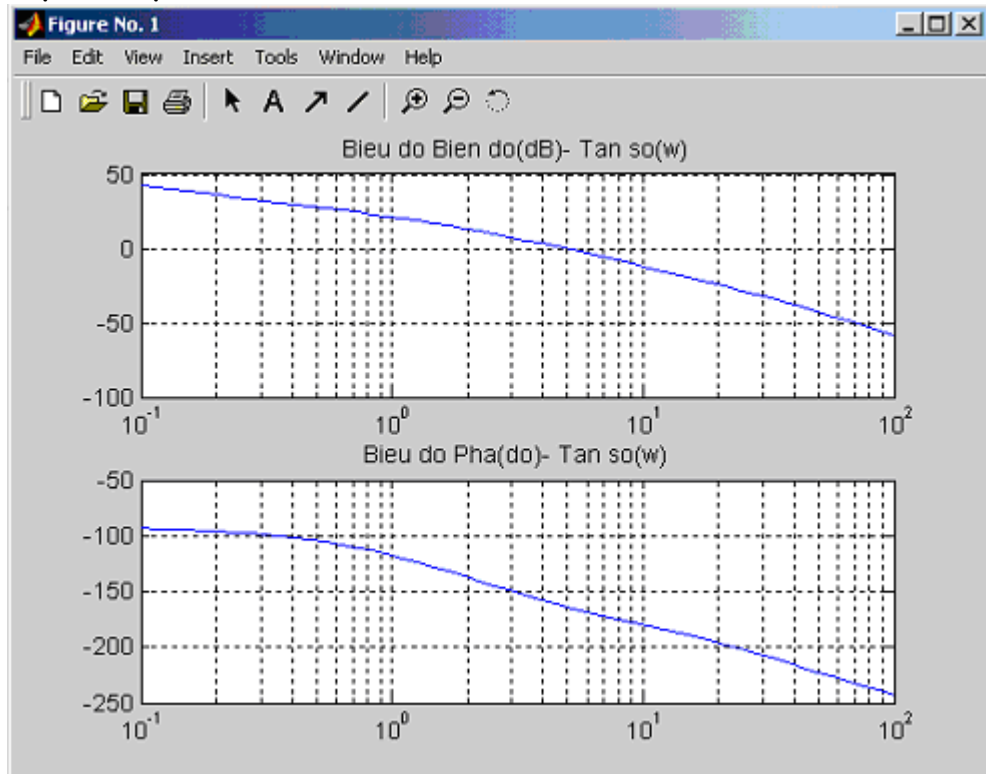
Ví dụ 1: Vẽ biểu đồ Bode cho hệ thống điều khiển hồi tiếp đơn vị với hàm truyền hở.

$$GH(s) = \frac{K}{s(s+2)(s+50)} = \frac{K}{s^3 + 52s^2 + 100s}$$

Cho K=1300 chúng ta sử dụng dòng lệnh sau:

```
>> clf  
>> k=1300;  
>> num=[k];  
>> den=[1 52 100 0];  
>> w=logspace(-1,2);  
>> [mag,phase]=bode(num,den,w);  
>> dB=20*log10(mag);  
>> subplot(211),semilogx(w,dB)  
>> title('Bieu do Bien do(dB)- Tan so(w)'),grid  
>> subplot(212),semilogx(w,phase)  
>> title('Bieu do Pha(do)- Tan so(w)'),grid  
>>
```

Kết quả được thể hiện trên hình sau:



Hình 1.5. Đáp ứng biên độ-tần số và pha-tần số

1.2.5.2. Biểu đồ nghiệm (Biểu đồ Nyquist)

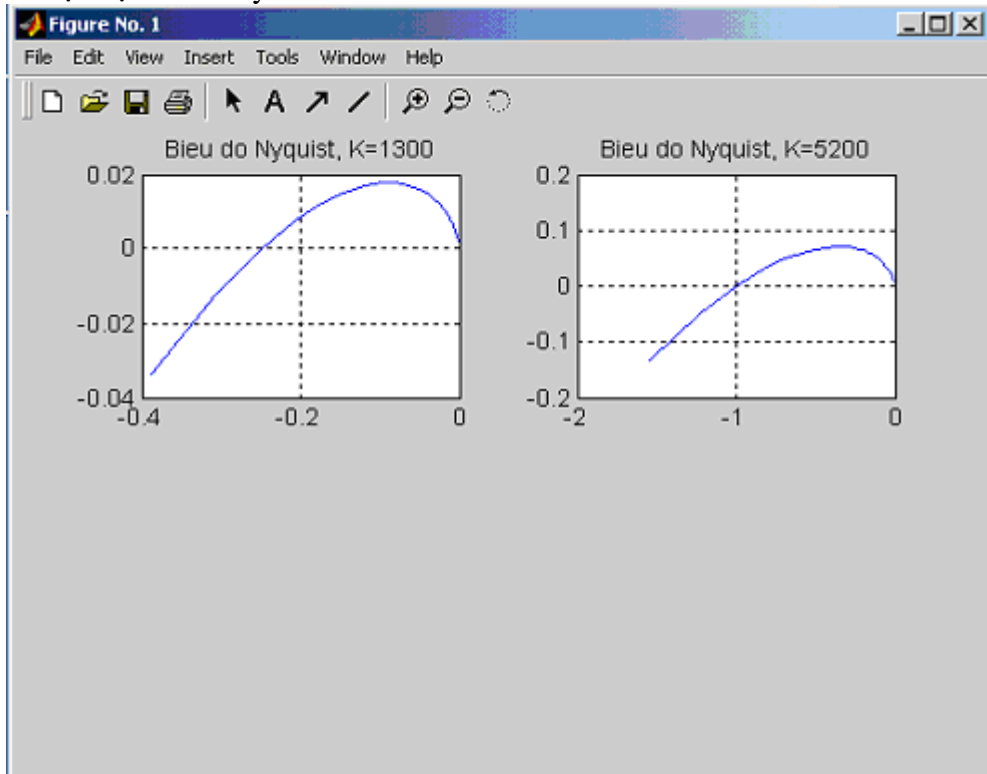
Hàm $[Re, Im]=Nyquist(num,den,\omega)$ của MATLAB cho biết phần thực và phần ảo của hàm truyền khi tần số thay đổi trong khoảng được chỉ định.

Ví dụ 2: Vẽ biểu đồ nghiệm Nyquist cho hệ thống của ví dụ 1 với $K=1300$ và $K=2500$.

Lệnh Matlab:

```
>> clf
>> k1=1300;
>> k2=5200;
>> w=8:1:80;
>> num1=[k1];
>> num2=[k2];
>> den=[1 52 100 0];
>> [Re1, Im1]=Nyquist(num1,den,w);
>> [Re2, Im2]=Nyquist(num2,den,w);
>> subplot(221),plot(Re1,Im1);
>> title('Bieu do Nyquist, K=1300')
>> grid,subplot(222),plot(Re2,Im2)
>> title('Bieu do Nyquist, K=5200')
>> grid
>>
```

Đồ thị được trình bày ở hình vẽ sau :



Hình 1.6. Biểu đồ Nyquist

1.2.5.3. Độ ổn định tương đối

Độ lợi và pha tới hạn

Hàm $[G_m, P_m, \omega_{pc}, \omega_{gc}] = \text{margin}(\text{mag}, \text{phase}, w)$ có thể được sử dụng với hàm Bode để ước lượng độ lợi và pha tới hạn ω_{pc} và ω_{gc} .

Ví dụ: Trong ví dụ 1 cho $K=1300$ hãy tính độ lợi tới hạn ω_{pc} và pha tới hạn ω_{gc} :

Tập tin **doloi_pha.m**

% Tính do loi toi han, Wpc va pha toi han, Wgc

k=1300;

num=[k];

den=[1 52 100 0];

w=.1:1:20;

[mag,phase]=bode(num,den,w);

[Gm,Pm,wpc,wgc]=margin(mag,phase,w);

fprintf('Do loi toi han=%7.3g',Gm),fprintf('Do loi cat w=%7.3g\n',wgc)

fprintf('Pha toi han=%7.3g',Pm),fprintf('Pha cat w=%7.3g\n\n',wpc)

Kết quả thực hiện :

>> doloi_pha

Do loi toi han= 4Do loi cat w= 4.89

Pha toi han= 16.6Pha cat w= 10

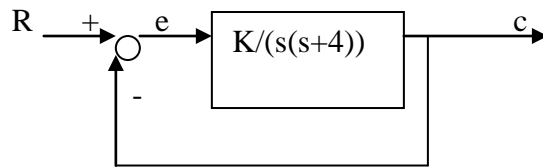
>>

1.2.6. Phân tích quỹ đạo nghiệm số

Xem tài liệu [1] về 11 quy tắc vẽ quỹ đạo nghiệm số.

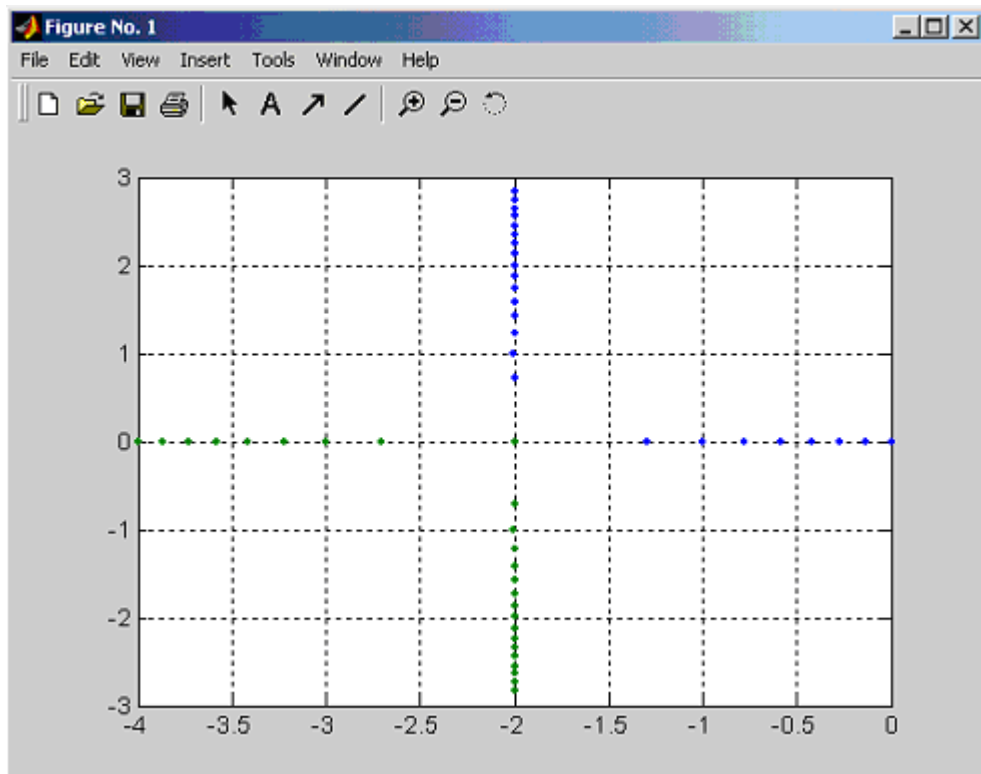
Hàm rlocus : vẽ quỹ đạo nghiệm

Thí dụ : Tìm quỹ đạo nghiệm số ($K > 0$) cho hệ thống đơn giản



Hàm truyền vòng hở: $G(s)H(s) = K/(s(s+4))$

- » axis([-6,0,-3,3])
- » axis('square')
- » K=0:0.5:12;
- » num=1
- » den=[1 4 0]
- » r=rlocus(num,den,K);
- » plot(r, 'b')
- » grid



Hình 1.7. Quỹ đạo nghiệm số

1.3.Thí nghiệm:

1.3.1.Hàm truyền đạt, phương pháp biến trạng thái:

Mục đích: biểu diễn hệ bằng hàm truyền và hệ phương trình trạng thái.

Thí nghiệm:

1.Cho hàm truyền $\frac{10}{s^3 + 8.5s^2 + 20.5s + 15}$. Biểu diễn hệ dùng hàm truyền và hệ phương trình biến trạng thái.

Lệnh Matlab:

» num=[10]

» den=[1 8.5 20.5 15]

» G=tf(num,den)

» [A,B,C,D]=tf2ss(num,den)

A =

```
-8.5000 -20.5000 -15.0000
 1.0000    0    0
    0  1.0000    0
```

B =

```
1
0
0
```

C =

```
0  0  10
```

D =

```
0
```

2. Hệ thống được biểu diễn bằng phương trình biến trạng thái sau:

$$\frac{dx}{dt}=Ax+Bu$$

```
A=[ 0  1  0
    64.4  0  -16
    0  0  -100]
```

```
B=[0
    0
    100]
```

```
y=[1 0 0]x
```

Tìm hàm truyền $G(s)=Y(s)/X(s)$

» A=[0 1 0;64.4 0 -16;0 0 -100]

» B=[0; 0;100]

» C=[1 0 0]

» D=[0]

» [num,den]=ss2tf(A,B,C,D,1)

num =

```
1.0e+003 *
    0  0.0000  0.0000 -1.6000
```

den =

1.0e+003 *

0.0010 0.1000 -0.0644 -6.4400

Do đó hàm truyền là :

$$G(s) = (-1600) / (s^3 + 100s^2 - 64.4s - 6440)$$

3. Lệnh ss:

Lệnh Matlab tạo ra hệ thống mô tả bởi phương trình trạng thái có các ma trận a,b,c,d : a=[0 1;-3 -2]; b=[0;1]; c=[1 0]; d=0

>>PTTT=ss(a,b,c,d)

Biến đổi mô tả toán học từ dạng phương trình trạng thái về dạng hàm truyền : a=[0 1;-3 -2]; b=[0;1]; c=[1 0]; d=0;. Lệnh Matlab là:

>>PTTT=ss(a,b,c,d)

>>g=tf(PTTT)

4. Dùng tiêu chuẩn Routh-Hurwitz xét ổn định các hệ thống cho 3 hàm truyền được khảo sát trong thí nghiệm.

$$\text{Hệ thống 1: } G(s) = \frac{20}{s(1+0,1s)(1+0,5s)}$$

$$\text{Hệ thống 2: } G(s) = \frac{K(s+5)}{s(s+2)(s+1)} \text{ khi } K=1.$$

$$\text{Hệ thống 3: } G(s) = \frac{K(s+1)}{s(s+3)(s^2+8s+20)} \text{ khi } K=1.$$

1.3.2. Khảo sát hệ thống tự động dùng giản đồ Bode và Nyquist

1.3.2.1. Khảo sát hệ thống tự động dùng giản đồ Bode:

Mục đích: Vẽ biểu đồ biên độ và pha theo tần số hàm truyền hệ hở của hệ thống phản hồi âm đơn vị. Trên đồ thị đo độ dự trữ pha, biên độ suy ra sự ổn định và chất lượng hệ thống kín.

Thí nghiệm :

1. Khảo sát hệ thống có hàm truyền hở:

$$G(s) = \frac{20}{s(1+0,1s)(1+0,5s)}$$

$$\text{Ta có: } G(s) = \frac{20}{(0,05s^3 + 0,6s^2 + s)}$$

Hàm Bode (num,den) vẽ bode biên và bode pha.

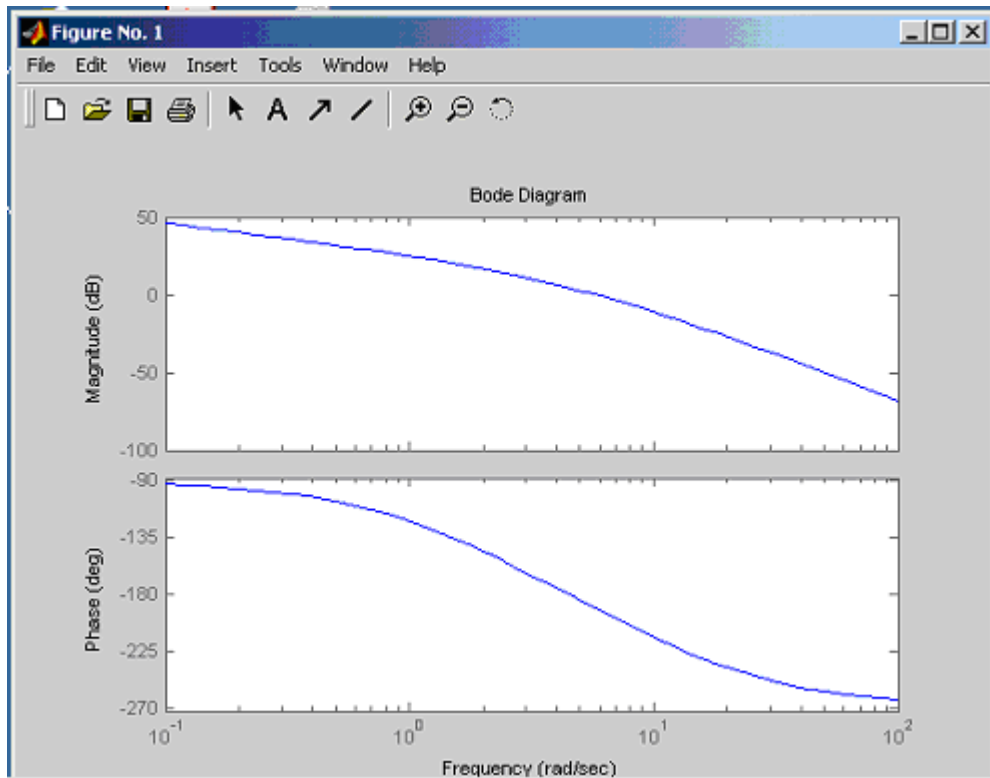
Lệnh Matlab:

>> num=[20]

>> den=[0.05 0.6 1 0]

>> bode(num,den)

>>



Hình 1.8. Biểu đồ Bode

2. Cho hệ có hàm truyền là :

$$G(s) = \frac{10s^2 + 20s - 10}{s^3 + 2s^2 - s + 1}$$

Lệnh Matlab:

```
>> num=[10 20 -10]
>> den=[1 2 -1 1]
» bode(num,den)
```

3. Cho hàm truyền $G(s) = \frac{s+4}{s^2+3s+2}$, lệnh MATLAB vẽ đồ thị biên độ-tần số và pha-tần số

là:

```
num=[1 4]
den=[1 3 2]
bode(num,den)
```

4. Xét hệ sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -25 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 25 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Hệ có một ngõ vào u và một ngõ ra y . Bằng cách dùng lệnh `bode(A,B,C,D)` của Matlab vẽ biểu đồ bode biên độ và pha.

Lệnh Matlab:

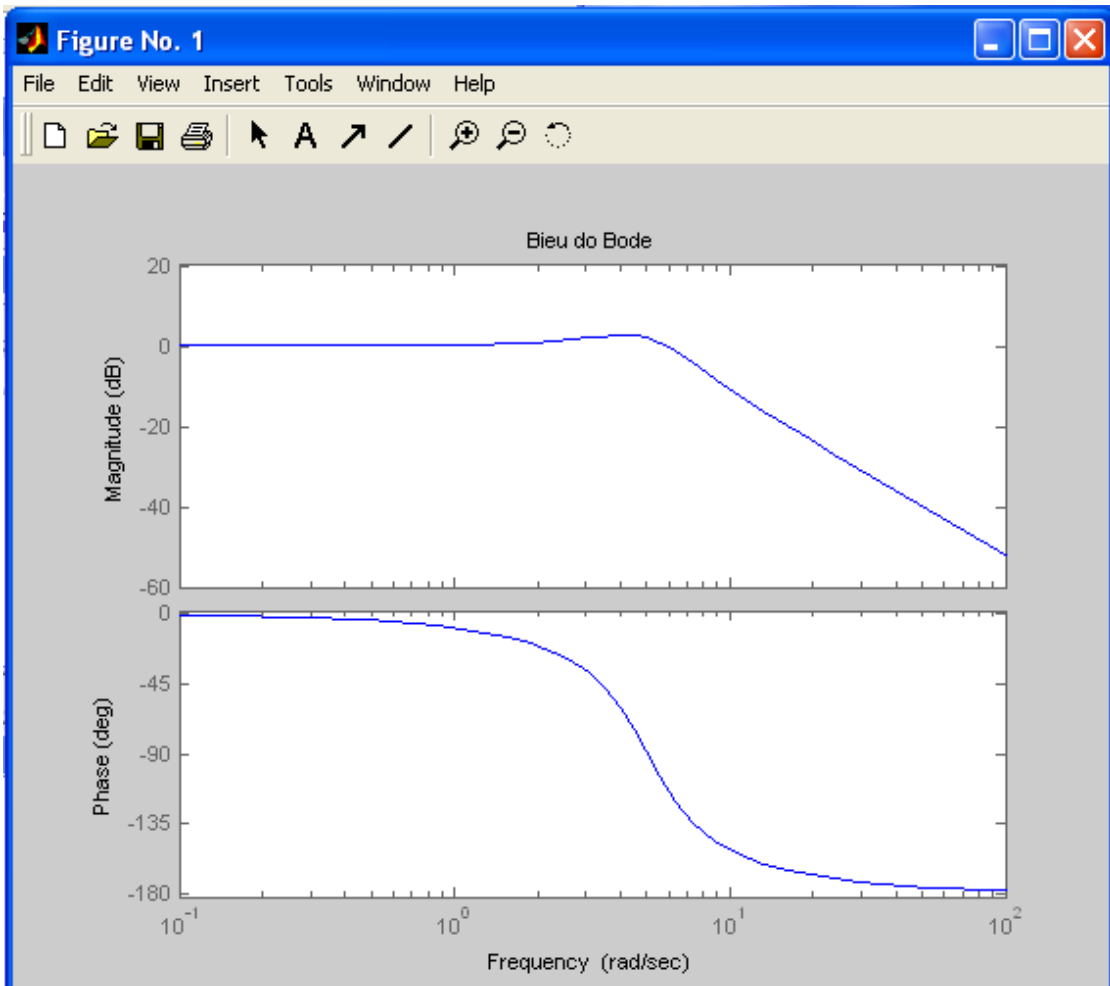
```
>> A=[0 1;-25 -4];
```

```
>> B=[0;25];
```

```
>> C=[1 0];
```

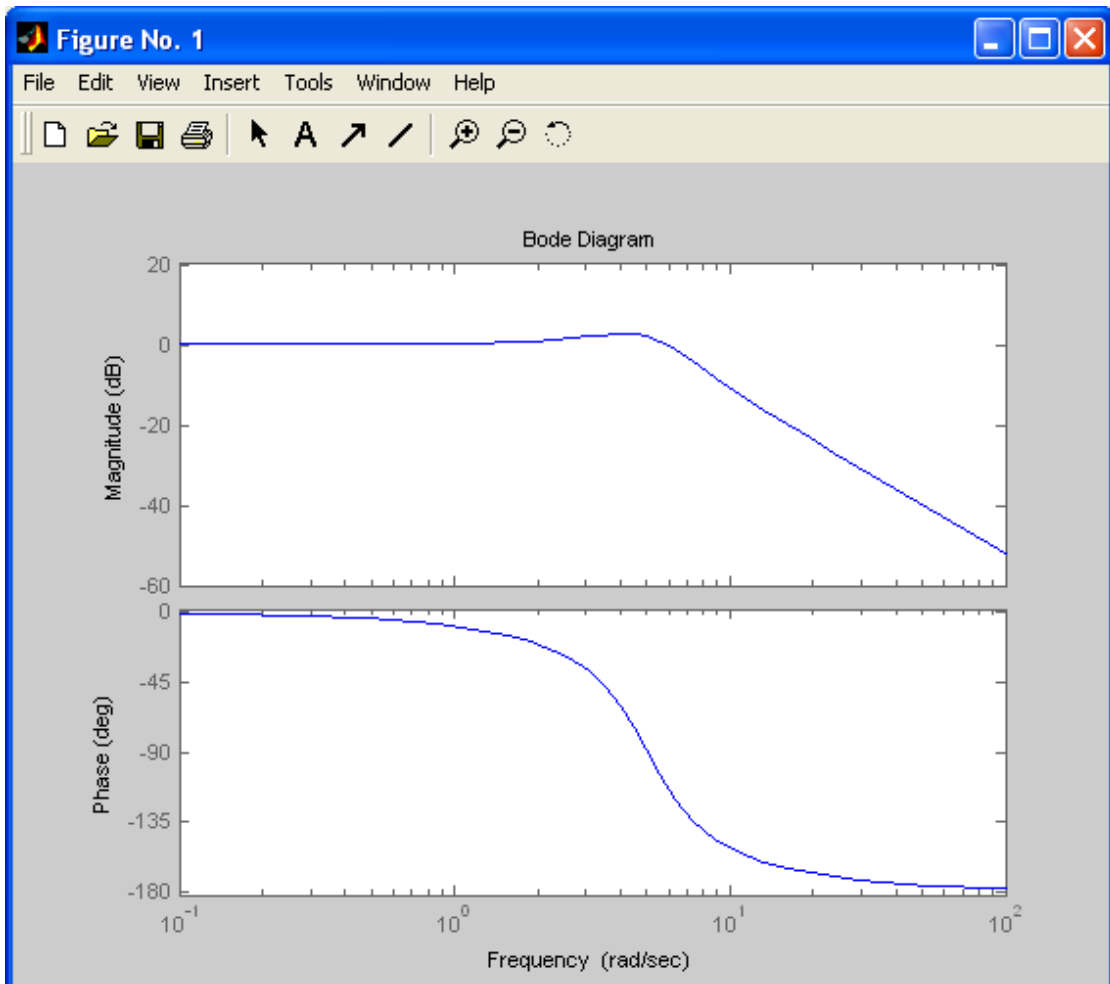
```
>> D=[0];
```

```
>> bode(A,B,C,D)  
>> title('Bieu do Bode')
```



Hình 1.9. Biểu đồ Bode

Nếu ta thay lệnh `bode(A,B,C,D)` bằng lệnh `bode(A,B,C,D,1)` thì MATLAB tạo ra giản đồ bode giống như ví dụ trên.



Hình 1.10

1.3.2.2. Khảo sát hệ thống tự động dùng giản đồ Nyquist

Mục đích: tương tự như biểu đồ Bode, từ bản in biểu đồ Nyquist của hàm truyền hệ hở của hệ thống phản hồi âm đơn vị, ta cũng có thể đo độ dự trữ về pha, biên độ suy ra sự ổn định chất lượng của hệ thống kín.

Thí nghiệm:

1. Xét ổn định hệ thống các hàm truyền hở:

$$G(s) = \frac{K(s+5)}{s(s+2)(s+1)} \quad \text{với } K=1$$

Lệnh Nyquist: vẽ biểu đồ Nyquist

2. Cho hàm truyền đạt của hệ sau: $G(s) = \frac{30}{s^2 + 4s + 30}$. Vẽ biểu đồ Nyquist.

Lệnh Matlab:

```
num=30;den=[1 4 30]; G=tf(num,den)
nyquist(G)
```

1.3.3. Khảo sát hệ thống dùng phương pháp quỹ đạo nghiệm số:

Mục đích:

-Khảo sát đặc tính của hệ thống tuyến tính có hệ số khuếch đại K thay đổi, tìm giá trị K giới hạn K_{gh} để hệ thống ổn định. K_{gh} là hệ số khuếch đại để hệ thống có nghiệm số nằm trên trục ảo.

-Cũng trong phần này, Ta tính chọn K để hệ thống có cặp nghiệm số không chẵn (các cực của hàm truyền hệ kín ảnh hưởng chủ yếu đến đặc tính quá độ) có thông số cho trước.

Với mỗi hệ thống, ta đều vẽ đặc tính quá độ hệ thống kín với đầu vào hàm nấc để kiểm tra.

Thí nghiệm:

1. Vẽ quỹ đạo nghiệm số (QĐNS) của hệ có hàm truyền hở:

$$G(s) = \frac{K(s+1)}{s(s+3)(s^2+8s+20)}, 0 \leq K \leq \infty$$

Tìm Kgh và giá trị K để quá trình quá độ của hệ thống kín có tính dao động với tần số dao động riêng $\omega_n = 4$.

Hàm rlocus(num,den,K) dùng để vẽ quỹ đạo nghiệm số.

2. Xem xét hệ thống mà hàm truyền vòng hở $G(s)H(s)$ là :

$$G(s)H(s) = \frac{K}{s(s+0.5)(s^2+0.6s+10)}$$

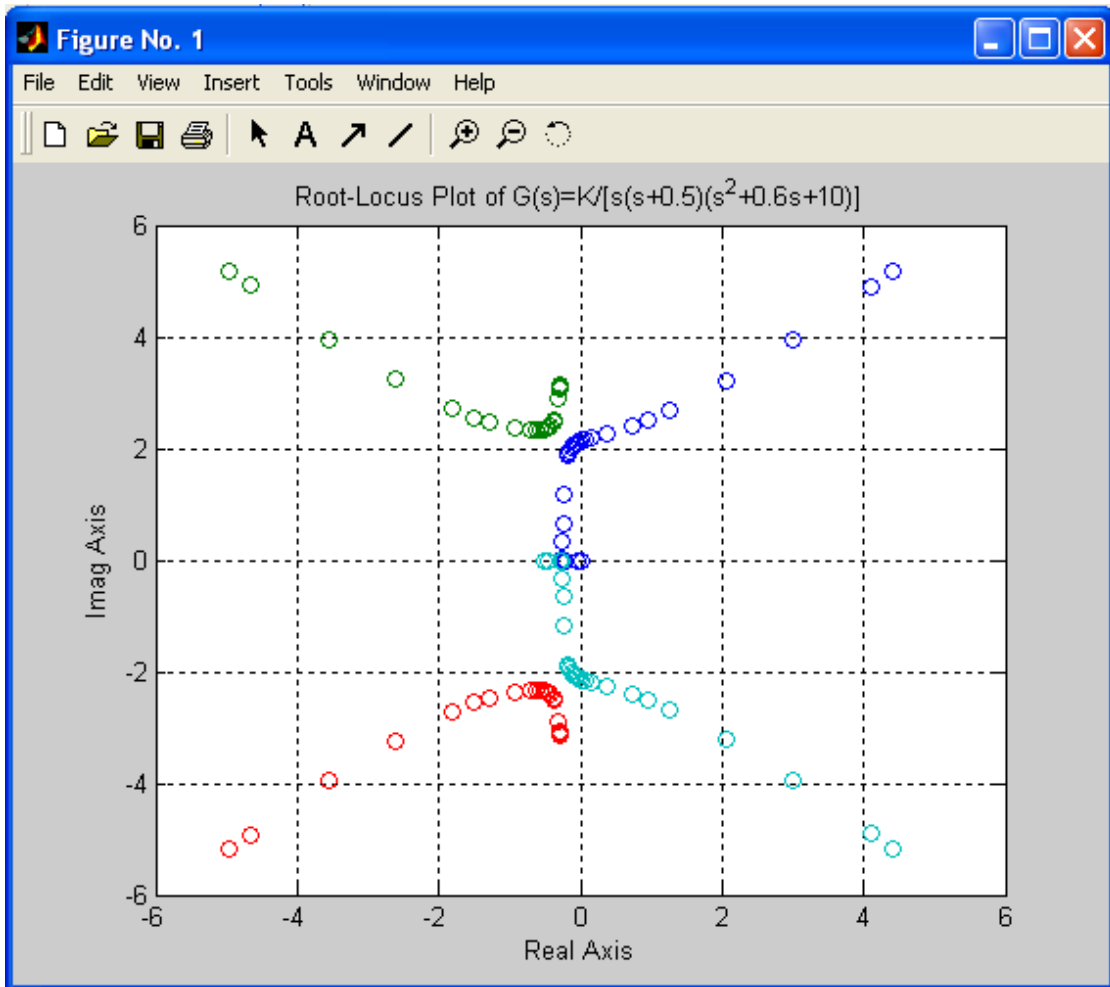
$$= \frac{K}{s^4 + 1.1s^3 + 10.3s^2 + 5s}$$

Viết lệnh Matlab vẽ quỹ đạo nghiệm.

Không có zero vòng hở, cực vòng hở là $s=-0.3+j3.1480$, $s=-0.3-j3.1480$, $s=-0.5$ và $s=0$.

Lệnh Matlab :

```
>> num=[0 0 0 0 1];
>> den=[1 1.1 10.3 5 0];
>> r=rlocus(num,den);
>> plot(r,'o')
>> v=[-6 6 -6 6];axis(v)
>> grid
>> title('Root-Locus Plot of G(s)=K/[s(s+0.5)(s^2+0.6s+10)]')
>> xlabel('Real Axis')
>> ylabel('Imag Axis')
>>
```



Hình 1.11. Quỹ đạo nghiệm số bài 2.

3. Xem xét hệ sau:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

$$u = y - r$$

trong bài này ta vẽ quỹ đạo nghiệm trong không gian trạng thái. Trong ví dụ trên cho các ma trận A, B, C, và D như sau:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -160 & -56 & -14 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -14 \end{bmatrix}$$

$$C = [1 \ 0 \ 0], D = [0]$$

Dùng Matlab vẽ quỹ đạo nghiệm.

Lệnh Matlab:

Lệnh rlocus(A,B,C,D) vẽ quỹ đạo nghiệm. Lệnh này tương đương với lệnh rlocus(num,den) trong đó num, den đạt được từ lệnh sau:

$$[\text{num}, \text{den}] = \text{ss2tf}(A, B, C, D)$$

như sau:

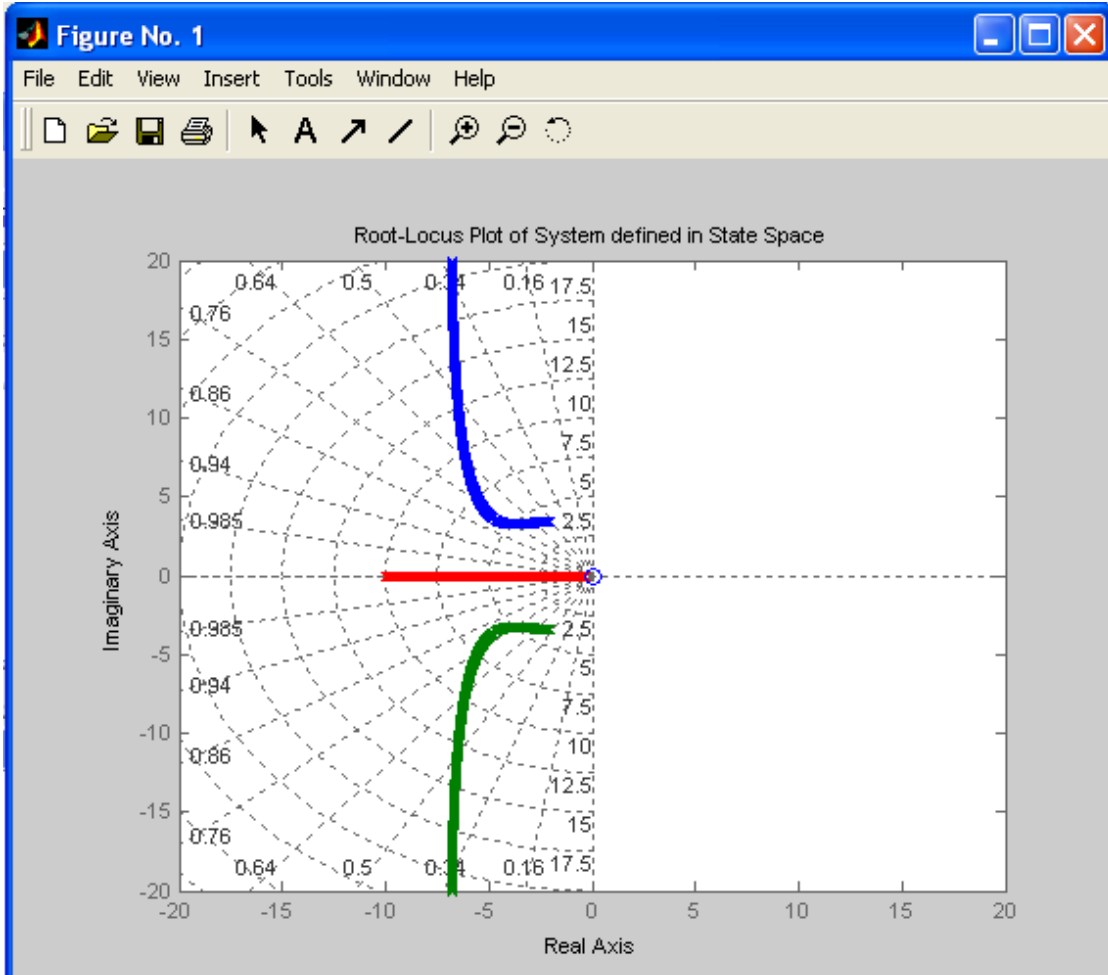
$$\text{num} = [0 \ 0 \ 1 \ 0]$$

$$\text{den} = [1 \ 14 \ 56 \ 160]$$

Lệnh Matlab:

```
>> A=[0 1 0;0 0 1;-160 -56 -14];
```

```
>> B=[0;1;-14];  
  
>> C=[1 0 0];  
  
>> D=[0];  
  
>> K=0:0.1:400;  
>> rlocus(A,B,C,D,K);  
>> v=[-20 20 -20 20];axis(v)  
>> grid  
>> title('Root-Locus Plot of System defined in State Space')  
>>
```



Hình 1.12. Quỹ đạo nghiệm số bài 3.

1.4. Kiểm tra đánh giá

1.5. Phần mềm ACSYS2002

Phần này mô tả và giới thiệu công cụ (toolbox) ACSYS (Automatic Control Systems).

1.5.1. Cài đặt ACSYS

Đầu tiên người sử dụng phải làm theo bước 1 và bước 2 trước khi sử dụng ACSYS:

1. Tạo thư mục C:\ACSYS2002.

2. Sao chép tất cả các tập MATLAB và ảnh từ thư mục ACSYS2002 trong CDROM đi kèm sách vào thư mục C:\ACSYS2002.

Đề chạy ACSYS2002, đơn giản khởi động MATLAB R12 hay cao hơn (Matlab version 6.0 hay cao hơn 6.1, 6.5, 7.0).

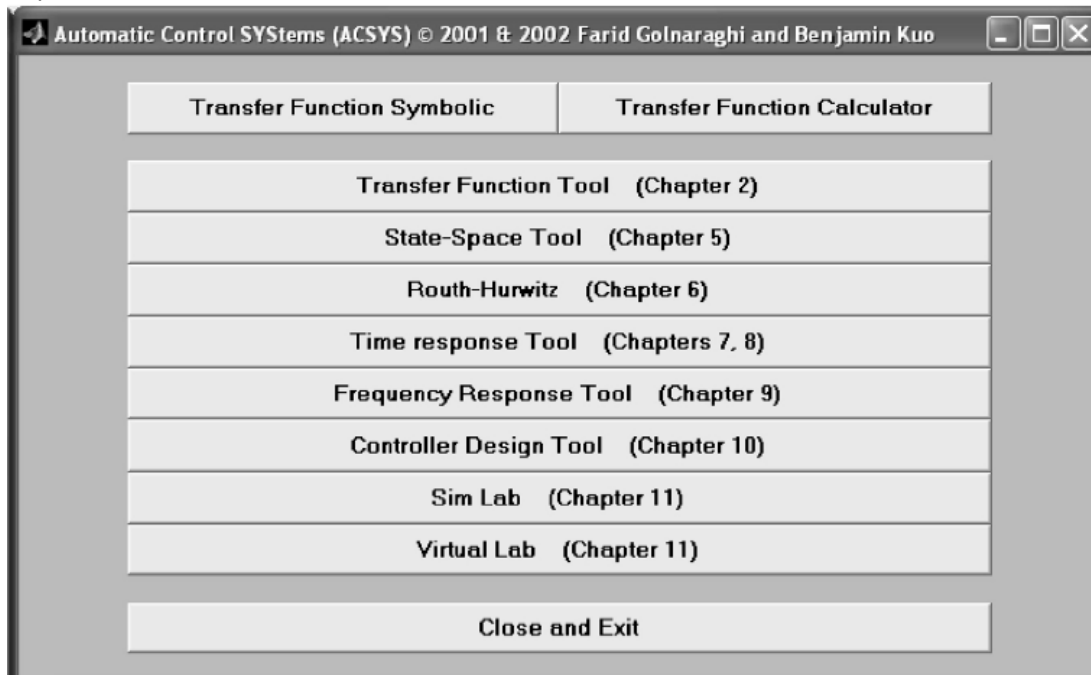
Từ dấu nhắc MATLAB, gõ lệnh:

```
>>cd C:\ACSYS2002
```

Bạn có thể sử dụng Matlab Directory Browser để chuyển đến thư mục ACSYS2002. Từ dấu nhắc ">>" trong cửa sổ lệnh Matlab, ta gõ :

```
>>acsys (hay ACSYS).
```

Hình 1.13 xuất hiện. Dựa trên việc nhấn chuột vào bất cứ nút nào, công cụ tương ứng xuất hiện.



Hình 1.13 : Cửa sổ chính toolbox Automatic Control Systems(ACSYS)

1.5.2. Mô tả phần mềm:

Công cụ ACSYS gồm có một số m-files và GUI (graphical user interfaces) để phân tích 10 hàm truyền kỹ thuật điều khiển đơn giản.

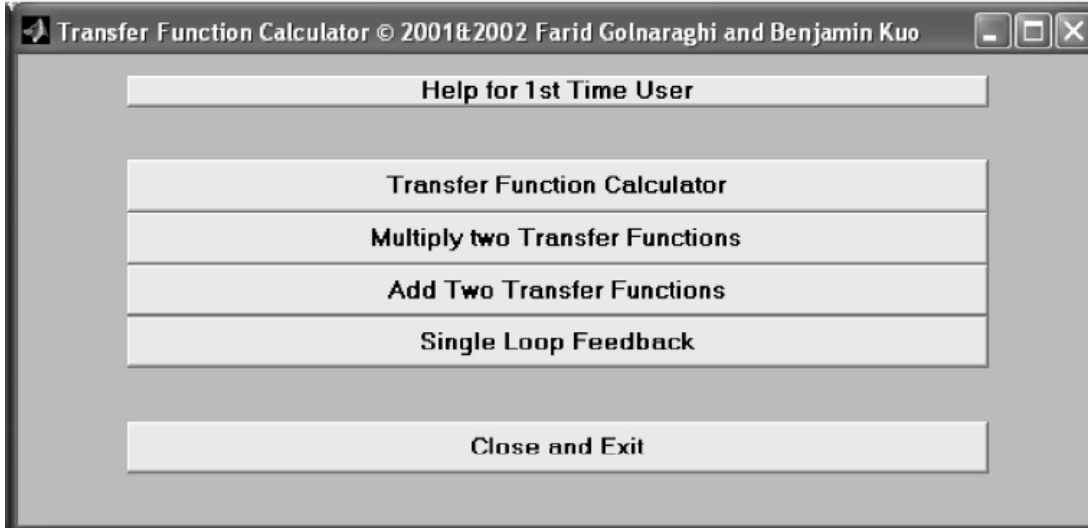
Cụ thể ACSYS gồm có 10 công cụ khác nhau và một công cụ cho chuyển đổi đại lượng kỹ thuật giữa hệ SI và đơn vị khác.

Những thành phần này bao gồm các chủ đề khác nhau trong nghiên cứu hệ thống điều khiển. Chúng bao gồm:

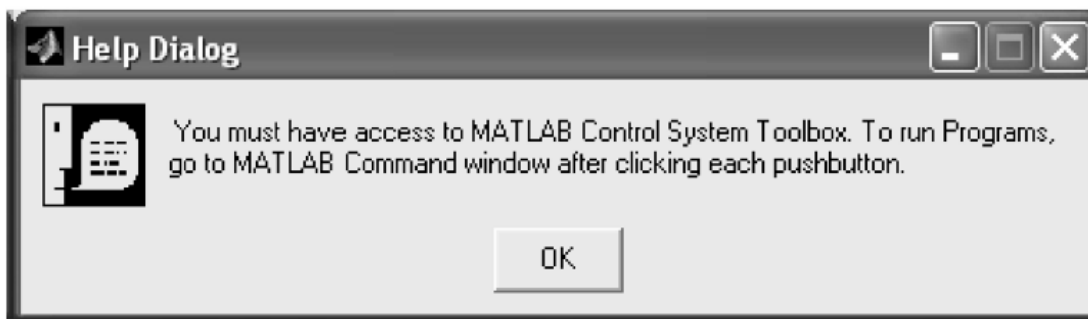
- . Tính toán hàm truyền : tfcal.
- . Mô hình ký hiệu hàm truyền : tfsym.
- . Công cụ hàm truyền : tftool.
- . Công cụ không gian trạng thái : statetool.
- . Công cụ Routh-Hurwitz: stabtool.
- . Công cụ phân tích đáp ứng thời gian: timetool.
- . Công cụ phân tích đáp ứng tần số: freqtool.
- . Công cụ thiết kế bộ điều khiển: controls.

.Thí nghiệm mô phỏng SIM : simlab.

.Thí nghiệm ảo Virtual : virtuallab.



Hình 1.14: Cửa sổ tính toán hàm truyền.



Hình 1.15: Hộp thoại trợ giúp MATLAB cho công cụ tfcal.

Các thành phần ACSYS hay toolbox có thể gọi trực tiếp bằng cách gõ tên ở đầu nhắc lệnh MATLAB.

1.5.3.Sử dụng công cụ phân tích không gian trạng thái:

Mục đích : sử dụng công cụ phân tích không gian trạng thái để khảo sát hệ phương trình trạng thái, biểu diễn hệ phương trình trạng thái, tính trị riêng và vector riêng, xác định hàm truyền đạt, cực và zero và xét tính điều khiển được và quan sát được.

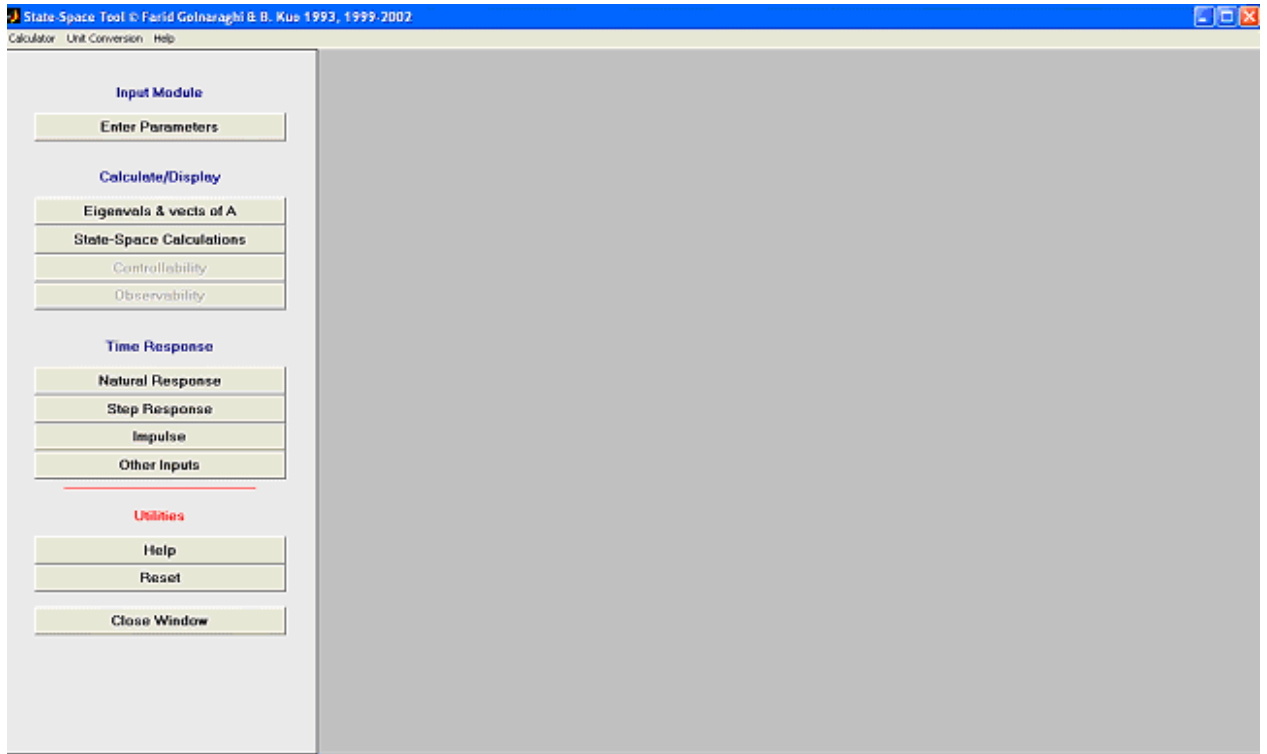
Thí nghiệm:

Bước 1: Khởi động ACSYS

```
>> acsys
```

Bước 2: Chọn State-Space Tool từ màn hình menu ACSYS

Cửa sổ State-Space Tool xuất hiện:



Hình 1.16

Thí nghiệm : Xét hệ sau:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 64.4 & 0 & -16 \\ 0 & 0 & -100 \end{bmatrix}$$

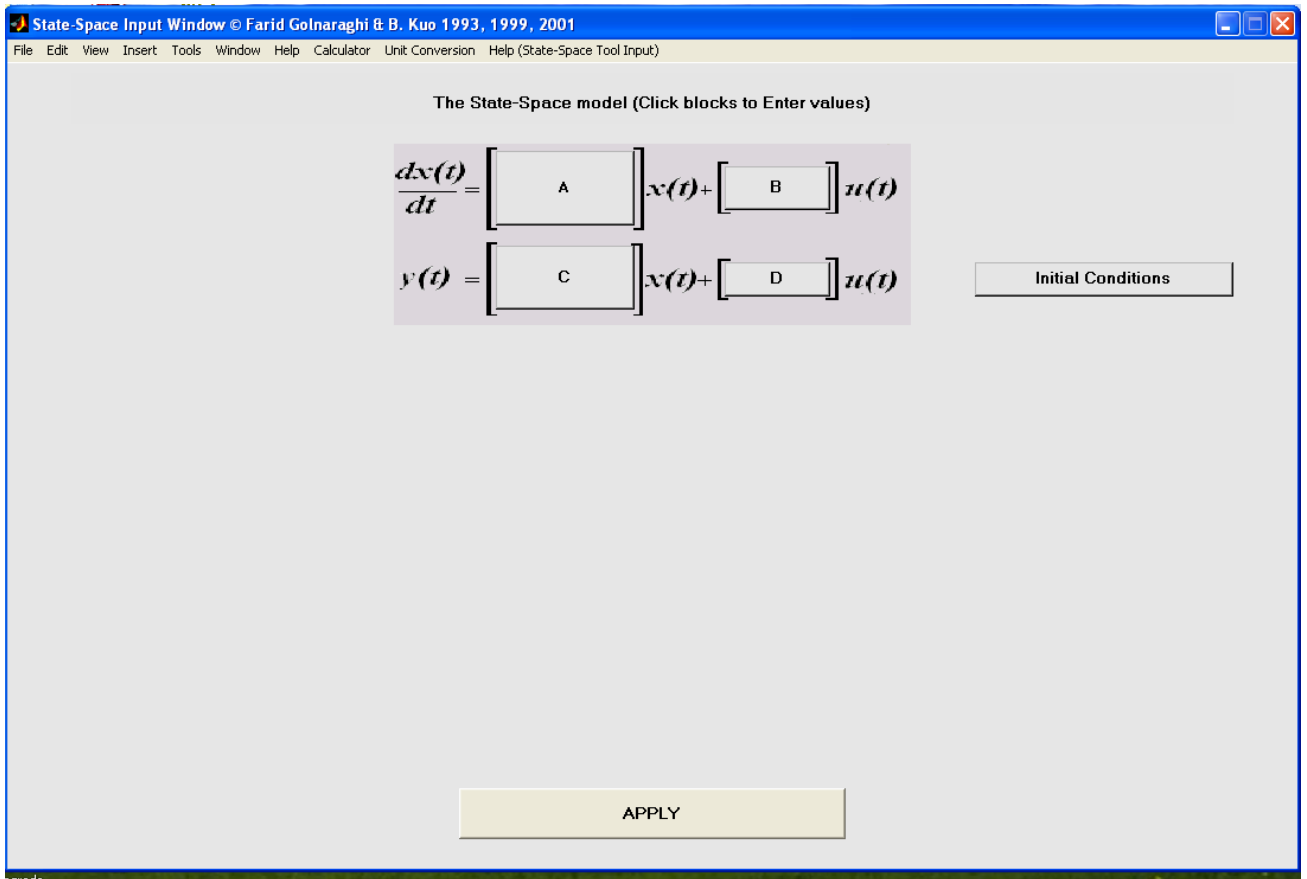
$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 100 \end{bmatrix}$$

$$y = [1 \ 0 \ 0]x$$

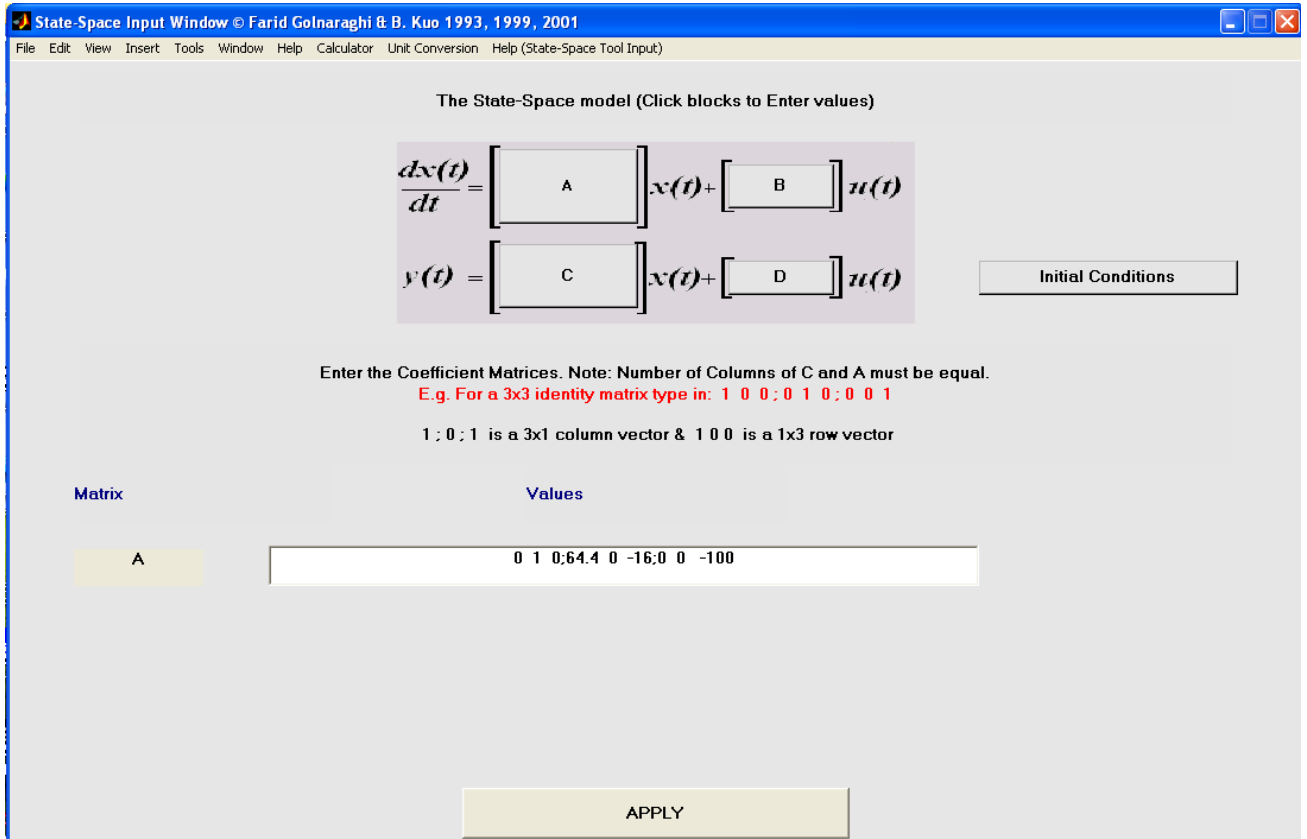
Bước 3: Nhấp chuột vào Enter Parameter để nhập thông số ma trận A và B như sau:

Ma trận A: 0 1 0; 64.4 0 -16; 0 0 -100

Ma trận B : 0 ; 0 ; 100

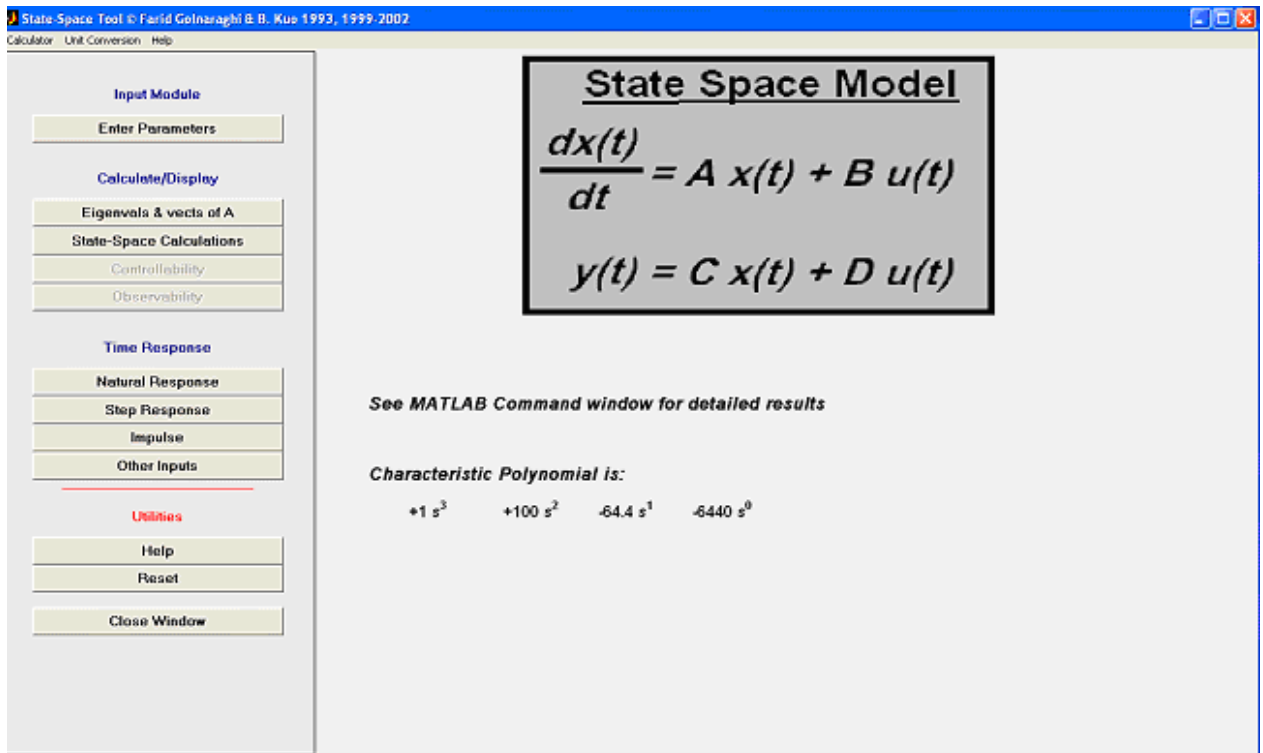


Hình 1.17



Hình 1.18 : Nhập ma trận A trong cửa sổ Input State-Space

Bước 4: Nhập vào “Eigenval & vects of A” (Trị riêng và vector riêng của A”):



Hình 1.19

Cửa sổ lệnh Matlab sau khi ta nhấp vào “Eigenval &vects of A”:
The A matrix is:

Amat =

$$\begin{bmatrix} 0 & 1.0000 & 0 \\ 64.4000 & 0 & -16.0000 \\ 0 & 0 & -100.0000 \end{bmatrix}$$

Characteristic Polynomial:

ans =

$$s^3 + 100*s^2 - 2265873562520787/35184372088832*s - 6440$$

Eigenvalues of A = diagonal canonical form of A is:

Aeigs =

$$\begin{bmatrix} 8.0250 & 0 & 0 \\ 0 & -8.0250 & 0 \\ 0 & 0 & -100.0000 \end{bmatrix}$$

Eigenvectors are

T =

$$\begin{bmatrix} 0.1237 & -0.1237 & -0.0016 \\ 0.9923 & 0.9923 & 0.1590 \\ 0 & 0 & 0.9873 \end{bmatrix}$$

Bước 5: Nhấp chuột vào State-Space Calculation (tính toán không gian trạng thái). Cửa sổ lệnh Matlab:

State-space model is:

a =

$$\begin{array}{cccc} & x1 & x2 & x3 \\ x1 & 0 & 1 & 0 \\ x2 & 64.4 & 0 & -16 \\ x3 & 0 & 0 & -100 \end{array}$$

b =

$$\begin{array}{cc} & u1 \\ x1 & 0 \\ x2 & 0 \\ x3 & 100 \end{array}$$

c =

$$\begin{array}{ccc} x1 & x2 & x3 \\ y1 & 1 & 0 & 0 \end{array}$$

d =

$$\begin{array}{cc} & u1 \\ y1 & 0 \end{array}$$

Continuous-time model.

Characteristic polynomial:

ans =

$$s^3 + 100s^2 - 2265873562520787/35184372088832s - 6440$$

Equivalent transfer function model is:

Transfer function:

$$4.263e-014 s^2 + 8.527e-014 s - 1600$$

$$s^3 + 100 s^2 - 64.4 s - 6440$$

pole, zero form:

Zero/pole/gain:

$$4.2633e-014 (s+1.937e008) (s-1.937e008)$$

$$(s+100) (s+8.025) (s-8.025)$$

Bước 6: Nhấp chuột vào “Controllability”(tính điều khiển được). Cửa sổ lệnh Matlab:

The controllability matrix [B AB A^2B ...] is =

Smat =

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1600 \\ 0 & -1600 & 160000 \\ 100 & -10000 & 1000000 \end{bmatrix}$$

The system is therefore controllable, rank of S matrix is =

rankS =

3

Mmat =

$$\begin{bmatrix} -64.4000 & 100.0000 & 1.0000 \\ 100.0000 & 1.0000 & 0 \\ 1.0000 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

The controllability canonical form (CCF) Transformation matrix is:

Ptran =

$$\begin{bmatrix} -1600 & 0 & 0 \\ 0 & -1600 & 0 \\ -6440 & 0 & 100 \end{bmatrix}$$

The transformed matrices using CCF are

Abar =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 0 & 0.0010 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0010 \\ 6.4400 & 0.0644 & -0.1000 \end{bmatrix}$$

Bbar =

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Cbar =

$$\begin{bmatrix} -1600 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dbar =

0

Bước 7: Nhấn chuột vào “Observability”(tính quan sát được). Cửa sổ lệnh Matlab:

The observability matrix (transpose:[C CA CA^2 ...]) is =

Vmat =

```
1.0000    0    0
    0 1.0000    0
64.4000    0 -16.0000
```

The System is therefore observable, rank of V matrix is =

rankV =

3

Mmat =

```
-64.4000 100.0000 1.0000
100.0000 1.0000    0
1.0000    0    0
```

The observability canonical form (OCF) Transformation matrix is:

Qtran =

```
0    0 1.0000
0 1.0000 -100.0000
-0.0625 6.2500 -625.0000
```

The transformed matrices using OCF are

Abar =

1.0e+003 *

```
0.0000 -0.0000 6.4400
0.0010 -0.0000 0.0644
0 0.0010 -0.1000
```

Bbar =

```
-1600
0
0
```

Cbar =

```
0 0 1
```


Dbar =

0

>>

Tham khảo:

- [1]. B.C. Kuo, M.F. Golnaraghi, Automatic Control Systems, Wiley, 2003
- [2].Appendix K : ACSYS2002: Description of the Software, của sách Automatic Control Systems, tác giả : B. C. Kuo và M.F. Golnaraghi, 8th ed. ,NXB : Wiley, 2003.

Bài 2

THIẾT KẾ HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG DÙNG MATLAB

2.1. Mục tiêu

Trong bài thí nghiệm này sinh viên sẽ tìm hiểu cách thiết kế một bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha theo phương pháp dùng QĐNS theo yêu cầu chất lượng cho trước. Matlab hỗ trợ một công cụ rất mạnh dùng để thiết kế hệ thống điều khiển tuyến tính một đầu vào một đầu ra đó là công cụ **sisotool**. Dựa vào công cụ này, sinh viên sẽ thiết kế được bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha và nhiều bộ hiệu chỉnh khác một cách dễ dàng nhờ giao diện dễ hiểu, dễ sử dụng và hỗ trợ nhiều chức năng mạnh có trong **sisotool**.

2.2. Nội dung

2.2.1. Công cụ Sisotool:

Để thực hiện các yêu cầu trong bài thí nghiệm này, sinh viên cần chuẩn bị kỹ và hiểu rõ trình tự các thao tác tiến hành thiết kế một bộ điều khiển trong Sisotool.

Sinh viên cần tham khảo phần phụ lục của chương 6 trong sách Lý thuyết điều khiển tự động [1] để làm quen và hiểu rõ trình tự các bước thiết kế một bộ điều khiển trong Sisotool. Chú ý, sinh viên phải đọc kỹ phần này để nắm rõ trình tự thiết kế. Nếu sinh viên không hiểu kỹ thì sẽ không thực hiện được các yêu cầu trong bài thí nghiệm này.

Để kích hoạt công cụ Sisotool, từ cửa sổ Command Window gõ lệnh sisotool. Tiến hành thao tác từ bước 1 đến bước 3, cửa sổ SISO Design Tool xuất hiện như sau:

Trình tự thiết kế như sau:

Bước 1: Khai báo đối tượng điều khiển

$G=tf(20,conv([1\ 1\ 0],[1\ 2]))$

Transfer function:

20

 $s^3 + 3s^2 + 2s$

$H=tf(1,1)$

Bước 2: Kích hoạt SiSotool

Cửa sổ SISO Design Tool xuất hiện

Bước 3: Nhập đối tượng điều khiển vào sisotool.

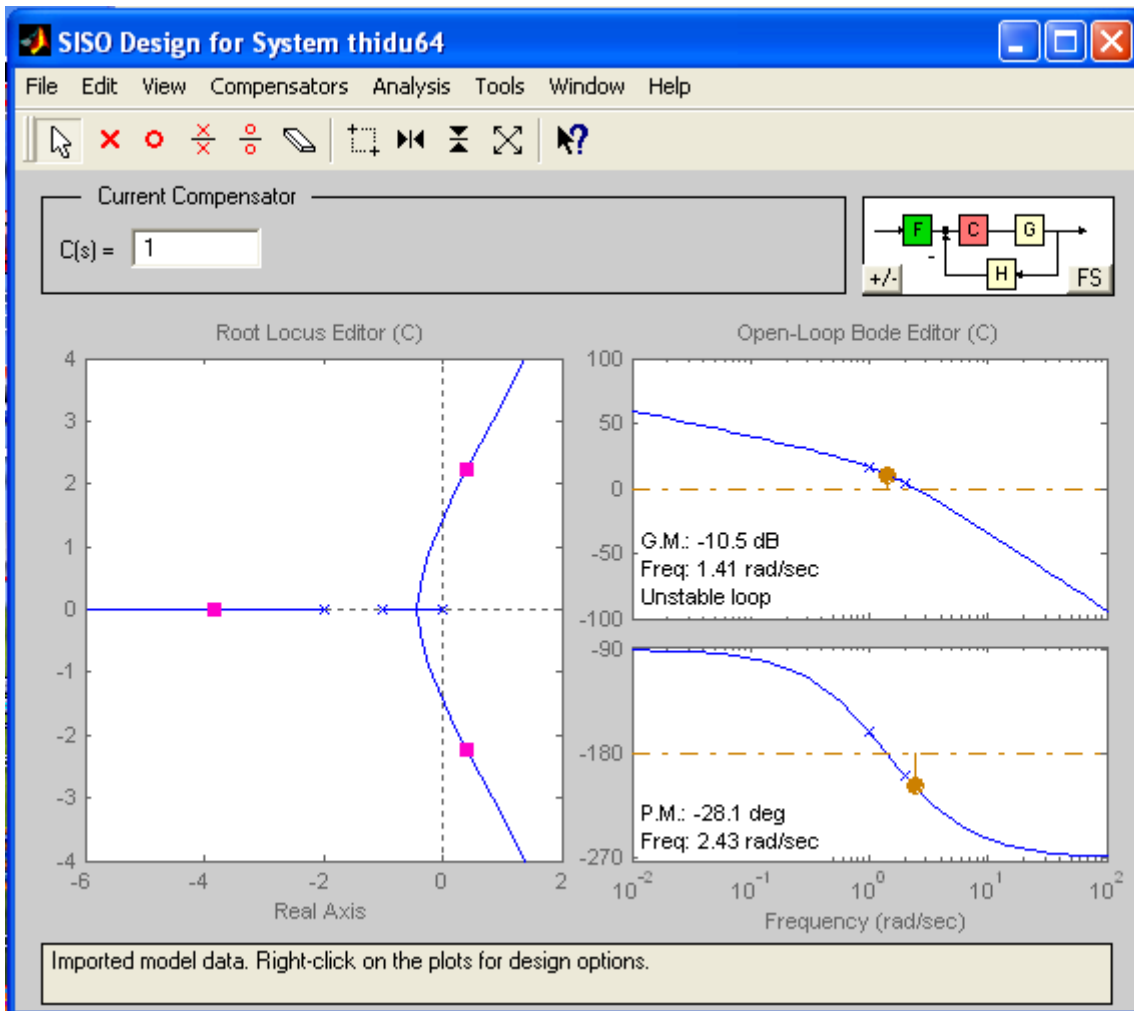
Trong cửa sổ SISO Design Tool chọn [File]→[Import...]. Cửa sổ Import Data xuất hiện.

Đặt tên hệ thống tùy ý, như là thidu64. Ban đầu tất cả các khối trong hệ thống điều khiển đều có hàm truyền bằng 1, ta thay đổi đối tượng điều khiển (plant) là G, cảm biến (sensor) là H, bộ lọc F(prefilter) bằng 1, khâu hiệu chỉnh (compensator) C chưa thiết kế nên cũng bằng 1. Sau khi thực hiện xong nhấp chuột vào nút Ok.

Bước 4: Khảo sát hệ thống trước khi hiệu chỉnh.

Bước 5: Thiết kế khâu hiệu chỉnh.

Bước 6: Kiểm tra lại đáp ứng của hệ thống.



Hình 2.1

Cửa sổ gồm các vùng:

-Vùng hiển thị sơ đồ cấu trúc của hệ thống đang thiết kế. Có thể thay đổi cấu trúc bằng cách kích chuột vào nút [+/-] và [FS] ở góc trái bên dưới. trong bài thí nghiệm này ta sử dụng cấu trúc như hiển thị.

G: đối tượng điều khiển(plant).

H: cảm biến hồi tiếp(sensor).

F: bộ lọc(prefilter).

C: bộ hiệu chỉnh cần thiết kế.

-Hàm truyền của bộ hiệu chỉnh C(s).

-Cửa sổ hiển thị kết quả trong quá trình thao tác.

-Quỹ đạo nghiệm số của hệ thống vòng kín sau khi hiệu chỉnh .

-Biểu đồ Bode biên độ và pha của hệ thống vòng hở sau khi hiệu chỉnh.

2.2.2. Thiết kế hệ thống điều khiển dùng phương pháp quỹ đạo nghiệm số bằng Matlab

.

1. Thiết kế quỹ đạo nghiệm : dùng hàm `sisotool.m` hoặc `rltool.m`

Thí dụ: Cho hệ thống hồi tiếp âm đơn vị có hàm truyền vòng hở

$$G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+4)}$$

Dùng `sisotool.m`:

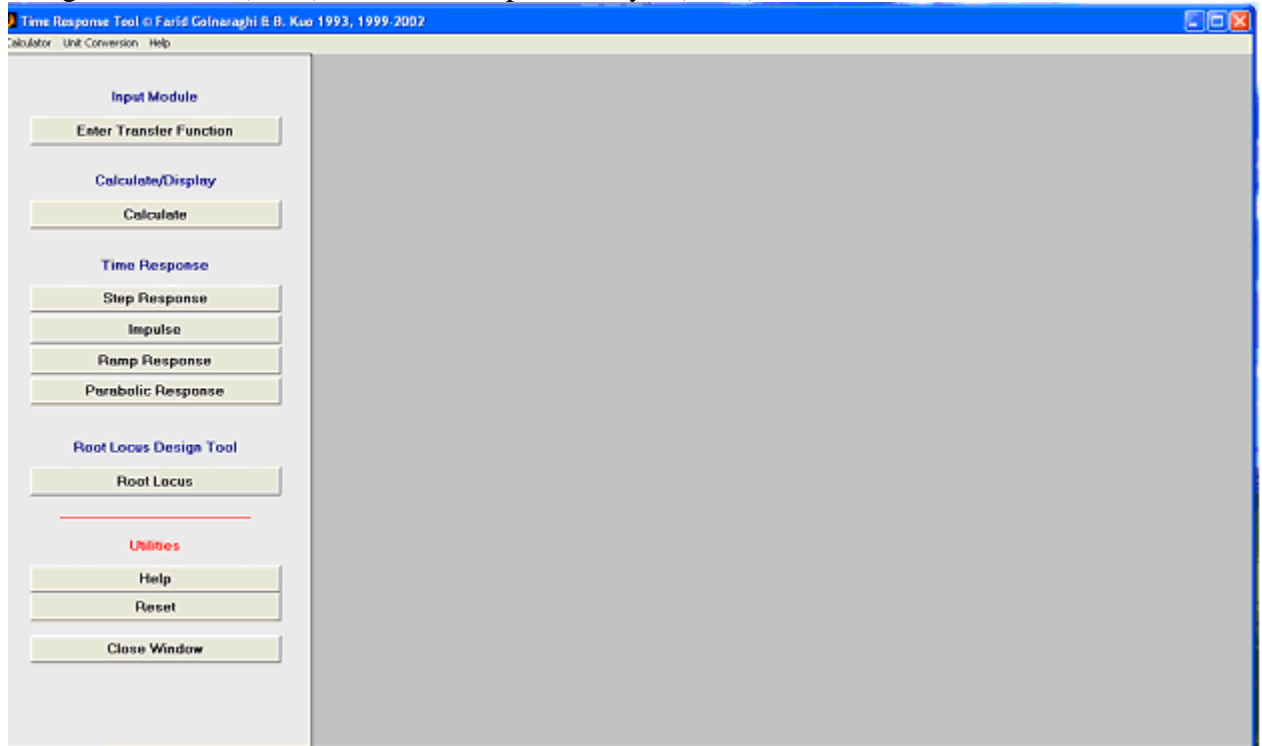
`>>Num=1;`

```
>>Den=[1 5 4 0];  
>> sysc=tf(num,den);  
>>sisotool('rlocus', sysc)  
hoặc dùng rltool.m:  
>>Num=1;  
>>Den=[1 5 4 0];  
>> sysc=tf(num,den);  
>>rltool(sysc)
```

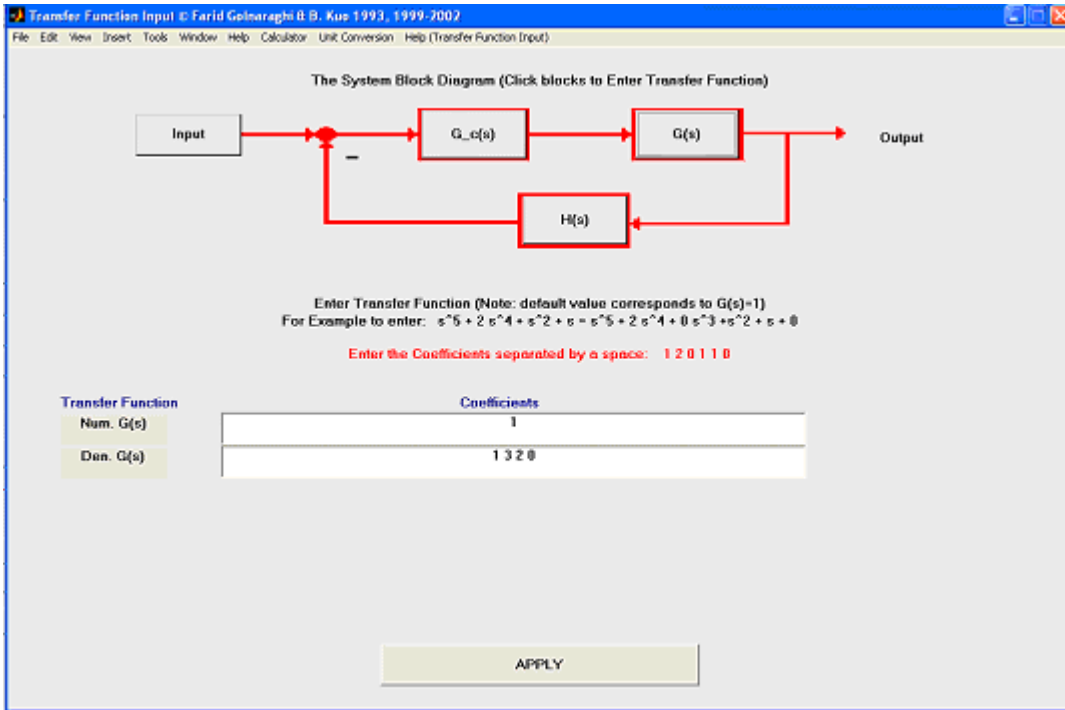
2. Quỹ đạo nghiệm số với toolbox ACSYS:

Công cụ timetool: đạt đáp ứng thời gian của hệ thống điều khiển và giới thiệu công cụ thiết kế quỹ đạo nghiệm số. Công cụ timetool có thể dùng để giải các bài toán bao gồm xây dựng quỹ đạo nghiệm số. Bạn có thể dùng công cụ tftool để chuyển hàm truyền từ dạng cực-zero sang dạng đa thức.

Công cụ timetool (H2.2) và cửa sổ nhập hàm truyền(H2.3):



Hình 2.2



Hình 2.3 : Cửa sổ nhập hàm truyền

Xét hàm truyền hở của hệ thống điều khiển vòng kín đơn:

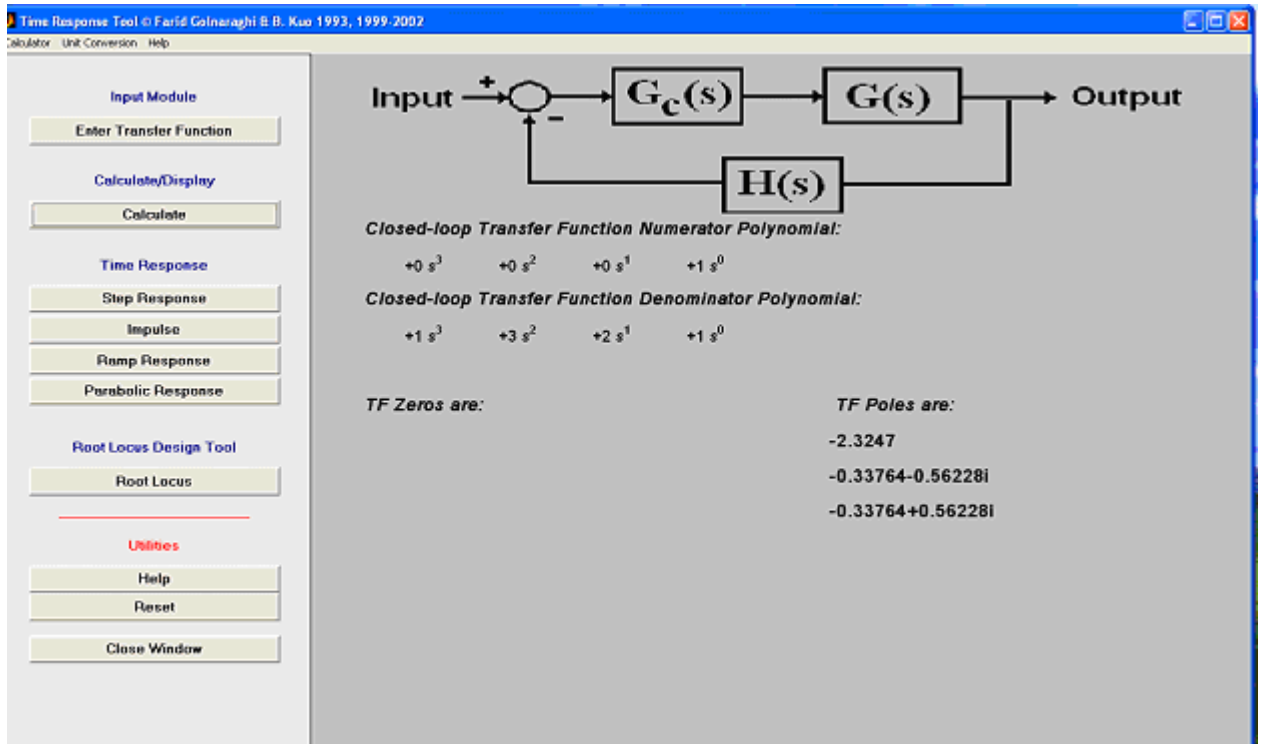
$$G(s)H(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+2)} = \frac{K}{s^3 + 3s^2 + 2s}$$

Để tìm quỹ đạo nghiệm, kích hoạt timetool và nhấn vào nút “Enter Transfer Function”. Nhập giá trị của G(s) và H(s). Có thể gán H(s)=K, nghĩa là K=1, trong trường hợp này G(s) là:

$$G(s) = \frac{1}{s^3 + 3s^2 + 2s}$$

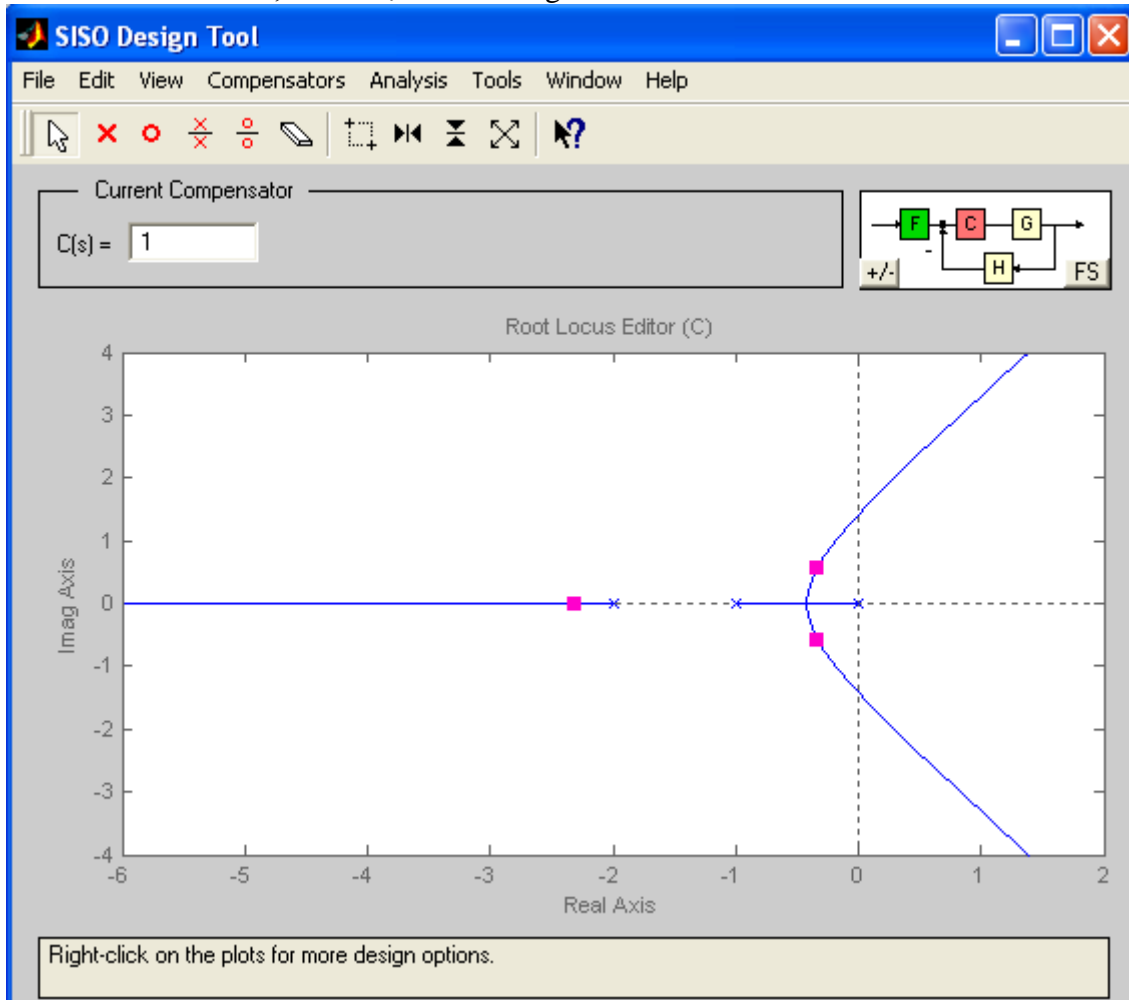
G_c(s)=1, H(s)=1, K=1. Hình vẽ trên minh họa modul nhập hàm truyền sau khi nhập giá trị G(s). Tiếp theo nhấn nút “APPLY” để trở về cửa sổ Time Response Analysis, nhấn nút “Calculate” để tính hàm truyền.

Để vẽ quỹ đạo nghiệm, ta nhấn “Root Locus”. Hình vuông đồ định nghĩa cực vòng kín, ta có thể xem bằng cách kích hoạt Closed-Loop Pole Viewer từ menu View.

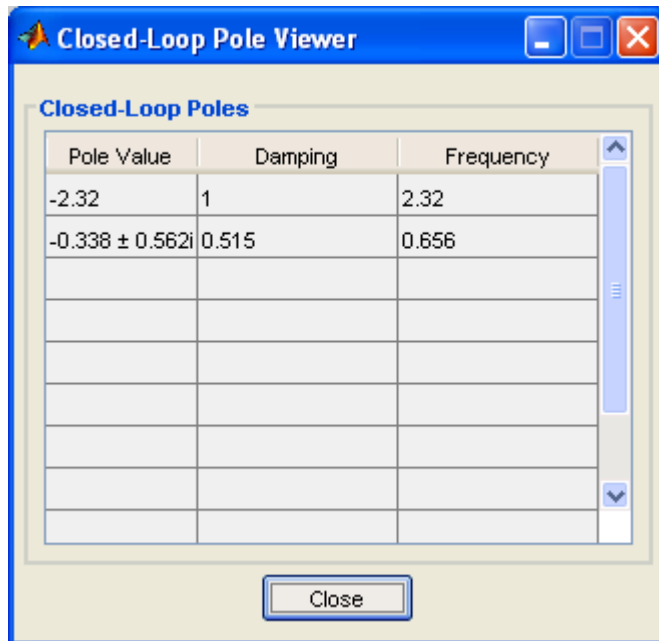


Hình 2.4: Tính toán hàm truyền

Nhấn vào “Root Locus”, kích hoạt SISO design tool của Matlab.



Hình 2.5: Quỹ đạo nghiệm số



Hình 2.6: Cực của hệ thống vòng kín với K=1.

Cửa sổ lệnh Matlab thể hiện hàm truyền :

```
>> acsys
G=
```

Transfer function:

$$\frac{1}{s^3 + 3s^2 + 2s}$$

```
Gc=
```

Transfer function:

$$1$$

```
H=
```

Transfer function:

$$1$$

```
G*G_c ==>open loop
```

Transfer function:

$$\frac{1}{s^3 + 3s^2 + 2s}$$

```
G*G_c*H ==>loop
```

Transfer function:

$$\frac{1}{s^3 + 3s^2 + 2s}$$

```
G*G_c/(1+G*G_c*H) ==> closed loop
```

Transfer function:

$$\frac{1}{s^3 + 3s^2 + 2s + 1}$$

system Coefficients are
Closed Loop TF in zero/pole format

Zero/pole/gain:

$$\frac{1}{(s+2.325)(s^2 + 0.6753s + 0.4302)}$$

System Zeros are

zeroTF =

Empty matrix: 1-by-0

System Poles are

poleTF =

-2.3247 -0.3376 - 0.5623i -0.3376 + 0.5623i

>>

2.2.3. Thiết kế ở miền tần số

Ví dụ : Vẽ biểu đồ Bode, độ lợi pha tới hạn của hệ thống điều khiển.
Cho hệ thống hồi tiếp âm đơn vị, có hàm truyền vòng hở

$$G_p(s) = \frac{8}{s(s+1)(s+4)} = \frac{8}{s^3 + 5s^2 + 4s}$$

Dùng hàm sisotool.m để thiết kế tần số.

>> num=1;

>> den=[1 5 4 0];

>> sysc=tf(num,den);

>>sisotool('bode', sysc)

Thí dụ :

Cho hàm truyền hở : $G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+4)}$

Lệnh Matlab:

>> num=1

num =
1


```
>> den=[1 5 4 0]

den =

    1    5    4    0

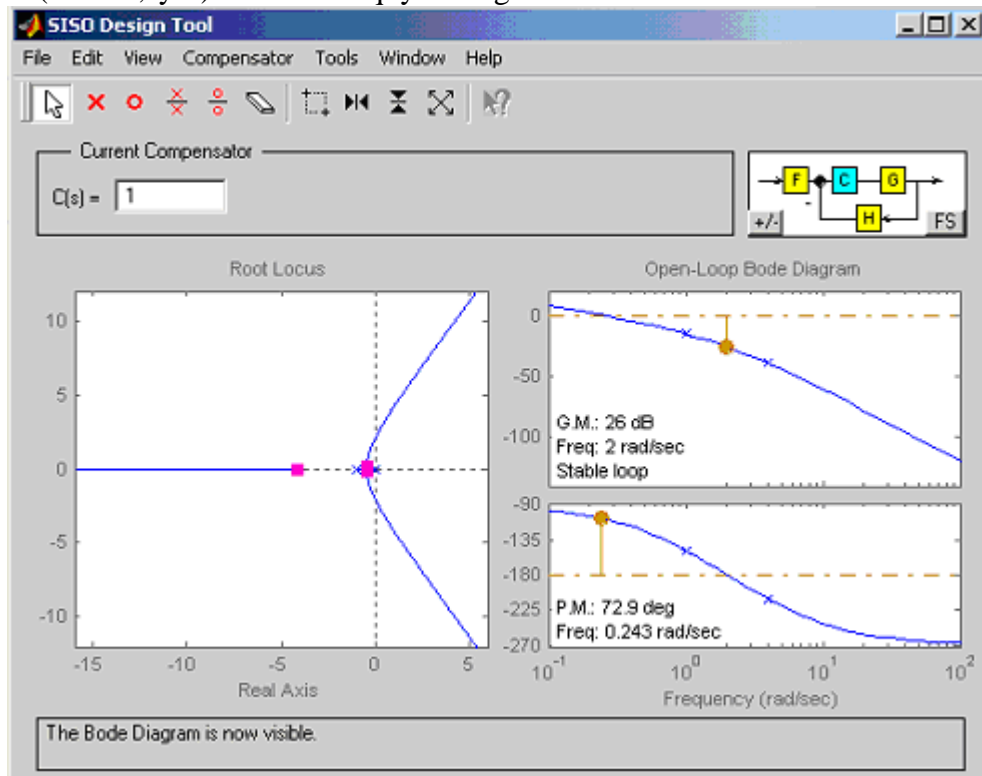
>> sysc=tf(num,den)
```

Transfer function:

$$\frac{1}{s^3 + 5s^2 + 4s}$$

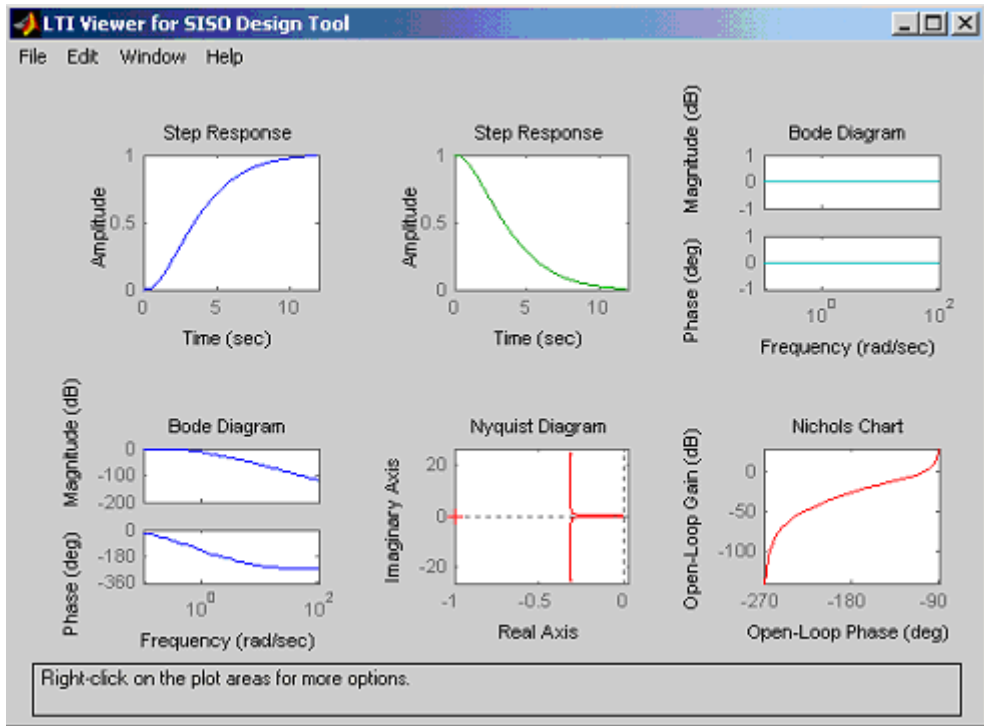
```
>> rltool(sysc) % Thiet ke quy dao nghiem

>>
>> sisotool('bode',sysc) % Thiet ke tan so
>> sisotool('rlocus',sysc) % Thiet ke quy dao nghiem
```



Hình 2.7: Quỹ đạo nghiệm và biểu đồ Bode

Minh họa kết quả :
 Plant Output(step)
 Control signal (step)
 Compensator(Bode)
 Closed-loop Bode
 Open-loop Nyquist
 Open-loop Nichols



Hình 2.8

2.2.4. Chuyển từ mô hình liên tục theo thời gian ra rời rạc và ngược lại:

Hàm c2d.m

Cú pháp :

$$SYSD = C2D(SYSC, TS, METHOD)$$

chuyển mô hình LTI liên tục thời gian SYSC ra mô hình rời rạc thời gian SYSD với thời gian lấy mẫu TS. Chọn lựa phương pháp rời rạc hóa METHOD.

- 'zoh' Zero-order hold on the inputs.
- 'foh' Linear interpolation of inputs (triangle appx.)
- 'tustin' Bilinear (Tustin) approximation.
- 'prewarp' Tustin approximation with frequency prewarping.
The critical frequency W_c is specified as fourth input by C2D(SYSC, TS, 'prewarp', W_c).
- 'matched' Matched pole-zero method (for SISO systems only).
The default is 'zoh' when METHOD is omitted.

Thí dụ:

```
» num=[0 314 0]
```

num =

```
0 314 0
```

```
» den=[1 155.15 197.192]
```

den =

```
1.0000 155.1500 197.1920
```

Chuyển sang hàm truyền $G(s)$

```
» gs=tf(num,den)
```

Transfer function:

```
314 s
```

$$s^2 + 155.2 s + 197.2$$

Chuyển sang hàm rời rạc bằng biến đổi song tuyến tính:

» c2d(gs,0.1,'tustin')

Transfer function:

$$1.697 z^2 - 1.697$$

$$z^2 - 0.1096 z - 0.6772$$

Sampling time: 0.1

Hàm **d2cm**: đổi từ rời rạc về liên tục

Biến đổi từ liên tục sang rời rạc và ngược lại dùng Matlab :

Thí dụ 1 : Cho hệ : $G_1(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ Tìm $G_1(z)$

Hàm vd2_14a.m :

numc1=[1];

denc1=[1 1 0];

T=1;

[numz,denz]=c2dm(numc1,denc1,T,'ZOH') ;

printsys(numz,denz,'z')

>> vd2_14a

num/den =

$$0.36788 z + 0.26424$$

$$z^2 - 1.368 z + 0.3679$$

$$G(z) = \frac{0,369z + 0,2642}{z^2 - 1,368z + 0,3679}$$

Thí dụ 2: Đổi $G(z)$ sang $G(s)$

Hàm vd2_14.m :

numz=[0.369 0.2642];

denz=[1 -1.368 0.3679];

T=1;

[numc1,denc1]=d2cm(numz,denz,T,'zoh');

printsys(numc1,denc1)

>> vd2_14

num/den =

$$0.00078371 s + 1.0017$$

$$s^2 + 0.99994 s - 0.00015819$$

$$G_1(s) = \frac{1}{s(s+1)}$$

2.3.Thí nghiệm:

Dùng công cụ Sisotool trong Matlab

Nguyên tắc thiết kế hệ thống điều khiển dùng phương pháp quỹ đạo nghiệm số là dựa vào phân tích tính chất của hệ thống sau khi hiệu chỉnh:

$$1 + G_c(s).G(s) = 0$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} |G_c(s).G(s)| = 1 \\ \angle G_c(s).G(s) = -180^\circ \end{cases} (*)$$

Ta cần tính toán các thông số của bộ hiệu chỉnh $G_c(s)$ sao cho đáp ứng ngõ ra của hệ thống đạt được các chất lượng về đáp ứng quá độ và sai số xác lập nhưng phải thỏa mãn điều kiện biên độ và điều kiện pha ở (*). Chú ý, trong công cụ sisotool thì hàm truyền bộ hiệu chỉnh $C(s)$ chính là $G_c(s)$ ở (*).

2.3.1.Thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha:

Mục đích :

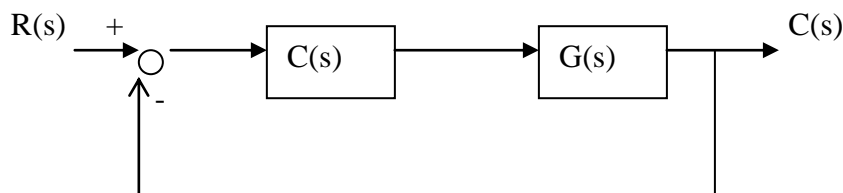
Trong phần này sinh viên sẽ thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha để hệ thống đạt được các tiêu chuẩn về đáp ứng quá độ như độ vọt lố và thời gian xác lập. Hàm truyền sớm pha có dạng:

$$C(s) = K_c \frac{1 + \alpha Ts}{1 + Ts}, \text{ với } \alpha > 1.$$

Từ các yêu cầu về đáp ứng quá độ ta tìm được vị trí của cặp cực quyết định trên QĐNS. Sau đó ta tính các thông số của bộ hiệu chỉnh $C(s)$ để sao cho QĐNS của hệ thống sau khi hiệu chỉnh đi qua cặp cực quyết định này.

Thí nghiệm:

Cho hệ thống như hình vẽ (H2.9):



Hình 2.9

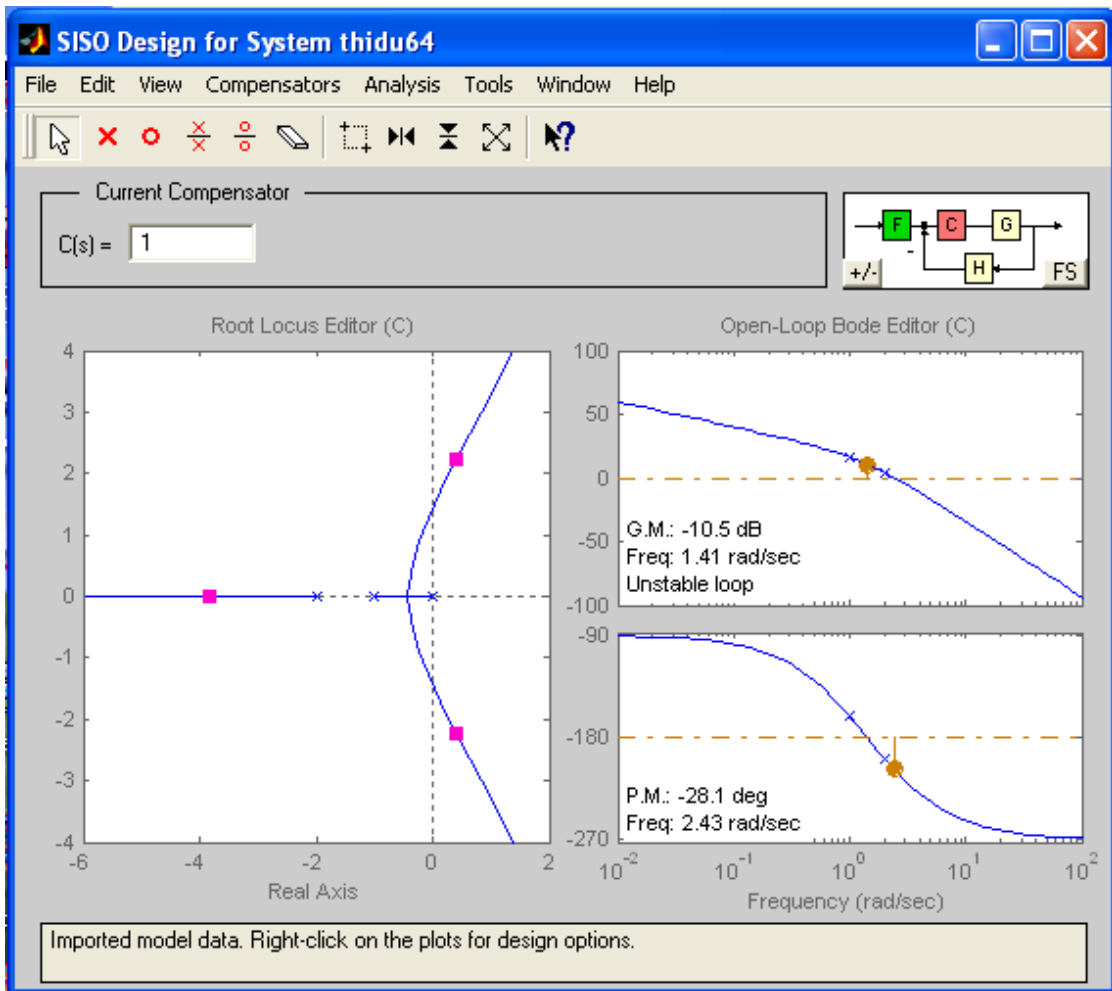
$$G(s) = \frac{20}{s(s+1)(s+2)}.$$

- Dùng công cụ sisotool nhập hàm truyền hệ thống. Dựa vào QĐNS của hệ thống khảo sát hệ thống có ổn định hay không. Giải thích. Vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống với đầu vào hàm nấc để minh họa hệ thống có ổn định hay không. Lưu hình vẽ này để so sánh với đáp ứng hệ thống sau khi hiệu chỉnh.
- Thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha để hệ thống có độ vọt lố POT nhỏ hơn 20% và thời gian xác lập nhỏ hơn 8s. Trình bày rõ quá trình thiết kế này.
- Vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống sau khi hiệu chỉnh để chứng minh hệ thống đạt được các yêu cầu ở câu b. Lưu hình vẽ này để viết báo cáo.

Hướng dẫn :

Nhập hàm truyền và khởi động siso để import G và H vào sisotool với chú ý: $G=tf(20,conv([1 1 0],[1 2]))$ và $H=tf(1,1)$.

Cửa sổ sisotool hiện ra như sau:



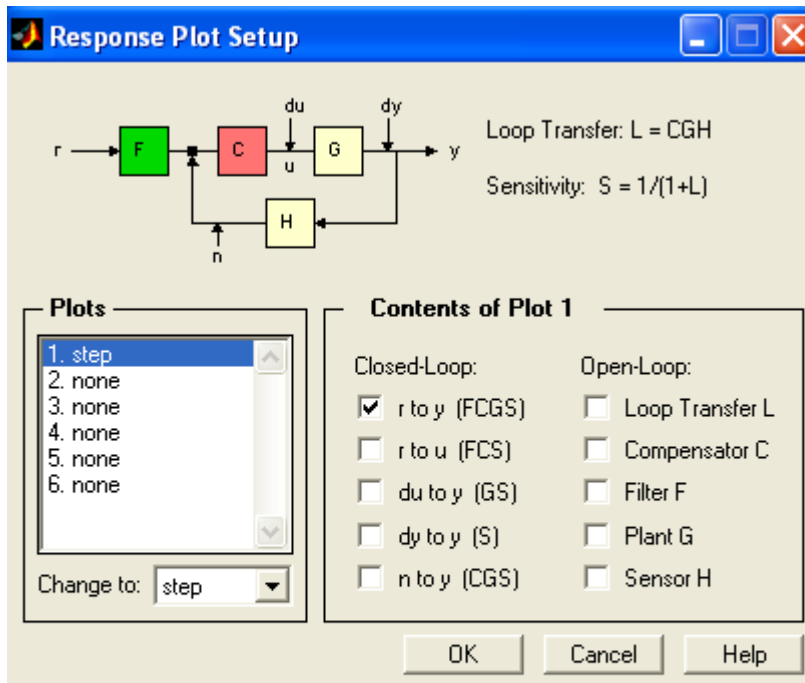
Hình 2.10

Quan sát QĐNS ta thấy phương trình đặc tính vòng kín có 3 nghiệm (đấu vuông màu đỏ):

$$s_1 = -3.84, \quad s_2 = 0.419 + j2.24, \quad s_3 = 0.419 - j2.24$$

Nhận thấy hệ thống có 2 nghiệm s_2 và s_3 nằm bên phải mặt phẳng phức nên hệ thống không ổn định. Ta cũng có thể quan sát trên biểu đồ Bode và nhận thấy $GM = -10.5 \text{ dB} < 0$ và $PM = -28.1^\circ < 0$ nên kết luận hệ thống không ổn định. Tuy nhiên, ở phần thí nghiệm này ta dùng phương pháp quỹ đạo nghiệm số nên sẽ không dựa vào biểu đồ Bode để đánh giá mà chỉ dựa vào QĐNS.

Để xem đáp ứng quá độ của hệ thống với đầu vào hàm nấc, vào menu [Analysis] → [Other Loop Responses]. Cửa sổ Response Plot Setup hiện ra. Tiến hành cài đặt các tín hiệu cần vẽ đáp ứng. Ở đây ta chọn như hình bên dưới:



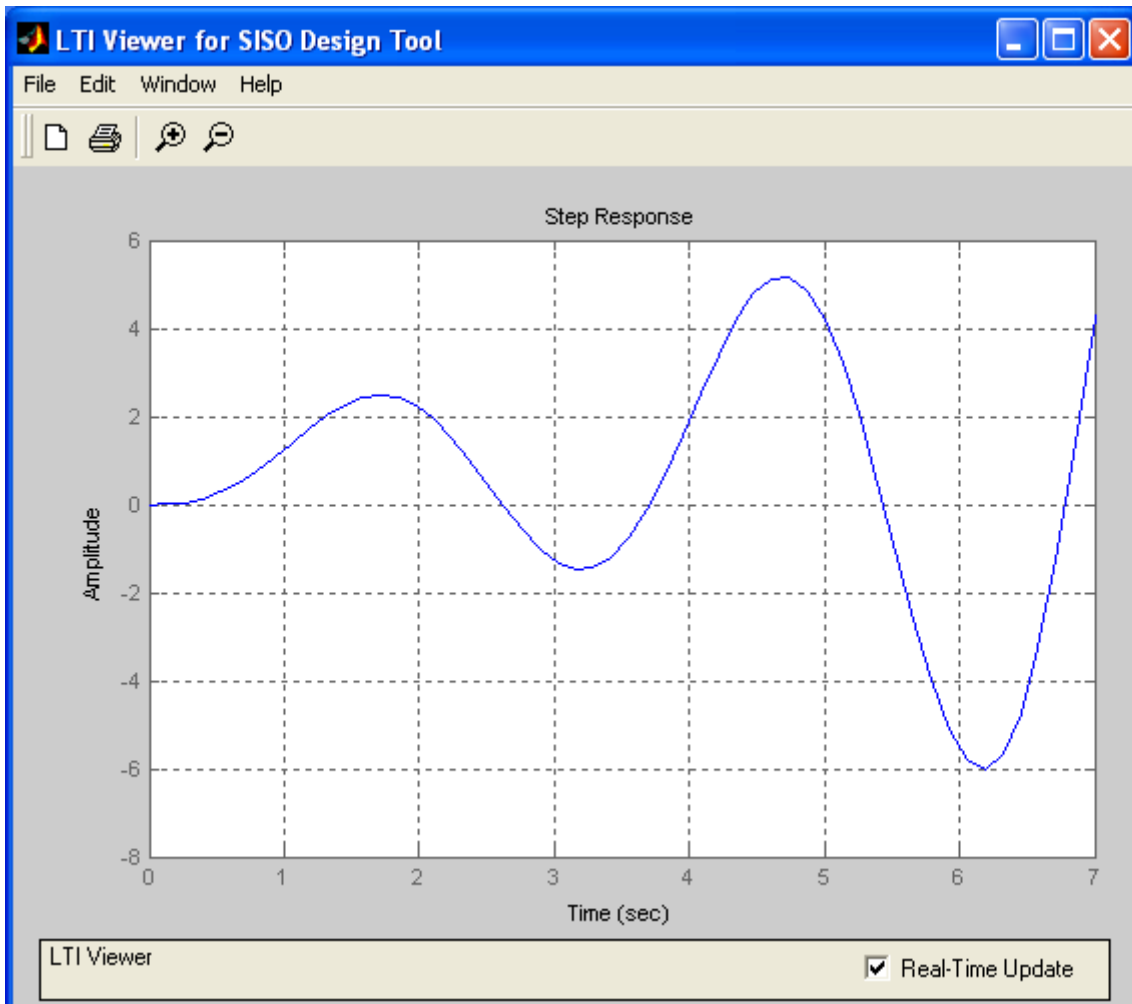
. r to y: vẽ đáp ứng của ngõ ra $y(t)$ theo tín hiệu đầu vào $r(t)$. Đây chính là đáp ứng quá độ cần vẽ.

. r to u : vẽ đáp ứng của tín hiệu điều khiển $u(t)$.

...

Hình 2.11

Vì cửa sổ LTI Viewer này không hỗ trợ việc lưu hình vẽ nên phải chuyển sang cửa sổ Figure bằng cách vào menu [File]→[Print to Figure]. Cửa sổ Figure hiện ra và sau đó tiến hành lưu hình vẽ.



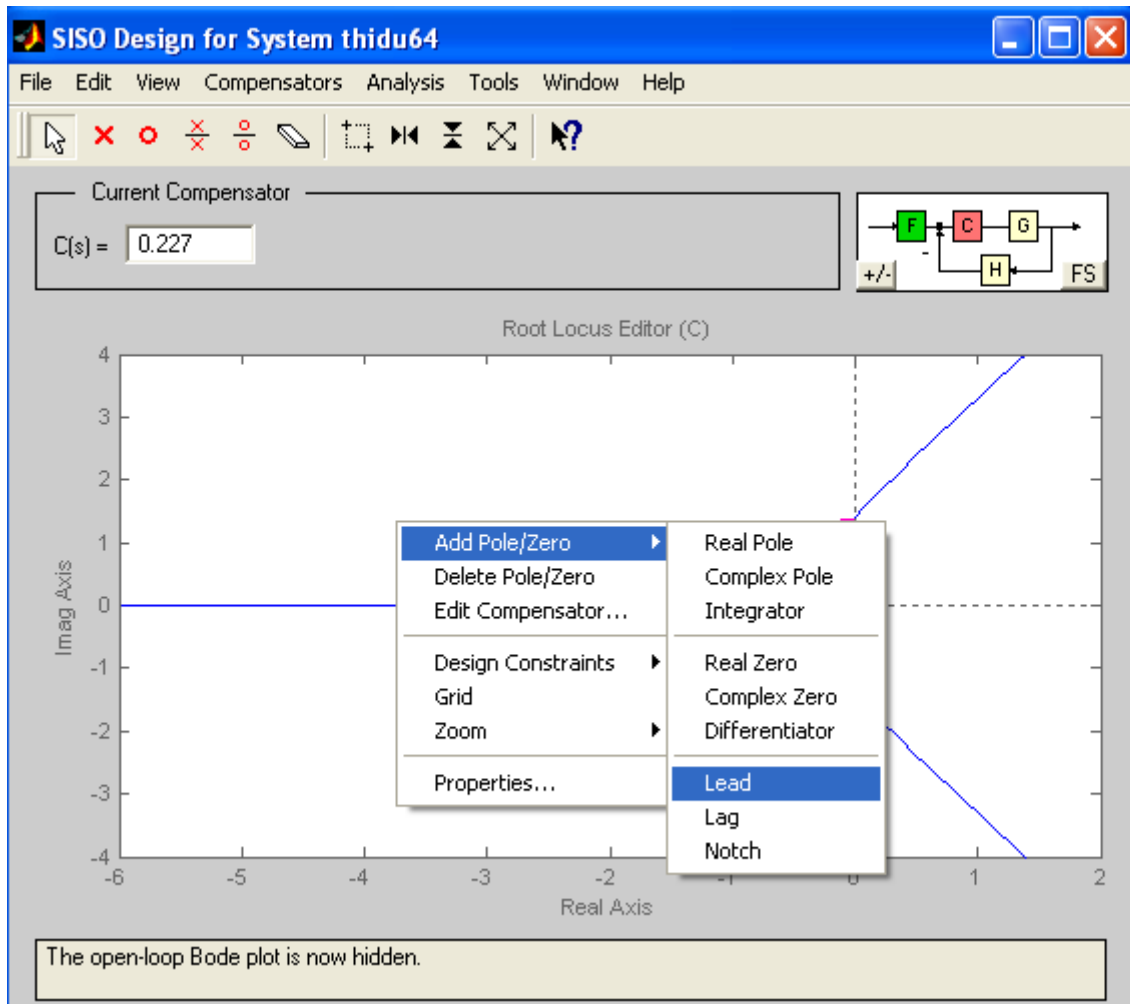
Hình 2.12

Bây giờ thiết kế bộ hiệu chỉnh để hệ thống có $POT < 20\%$ và $t_{x1} < 8s$. Ta quay trở lại với cửa sổ sisotool. Vì trong phần này ta không sử dụng biểu đồ Bode và để mở rộng vùng QĐNS nên ta xóa vùng biểu đồ Bode đi bằng cách vào menu [View] bỏ dấu chọn mục [Open –Loop Bode].

Kích chuột phải vào vùng QĐNS, menu kiểu pop-up xuất hiện:

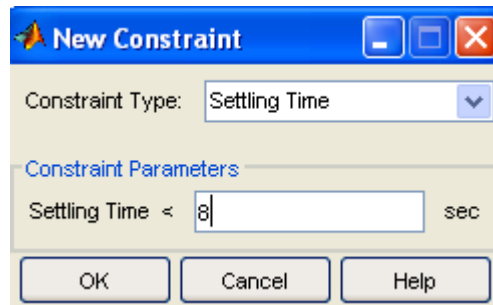
- Lead: bộ hiệu chỉnh sớm pha.
- Lag: bộ hiệu chỉnh trễ pha.
- Notch: bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha.
- Delete Pole/Zero: xóa các cực và zero của bộ hiệu chỉnh.
- Edit Compensator...: thay đổi các thông số của bộ hiệu chỉnh.
- Design Constraints: giới hạn vùng thỏa mãn các tiêu chuẩn chất lượng.

Chọn [Add Pole/Zero] → [Lead] để thêm khâu hiệu chỉnh sớm pha vào hệ thống. Nhấp chuột vào một vị trí bất kỳ trên trục thực của QĐNS để xác định vị trí cực và zero của bộ hiệu chỉnh, sisotool sẽ gán tự động vị trí của zero nằm gần gốc tọa độ hơn cực.

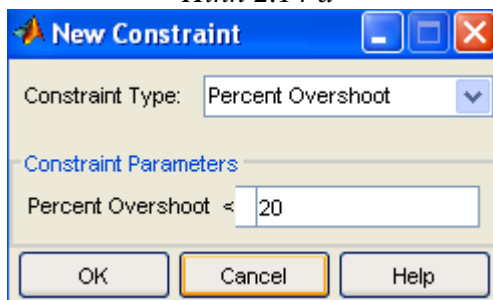


Hình 2.13

Kích chuột phải vào vùng QĐNS, ta chọn [Design Constraints] → New để cài độ vọt lố và thời gian xác lập như sau:

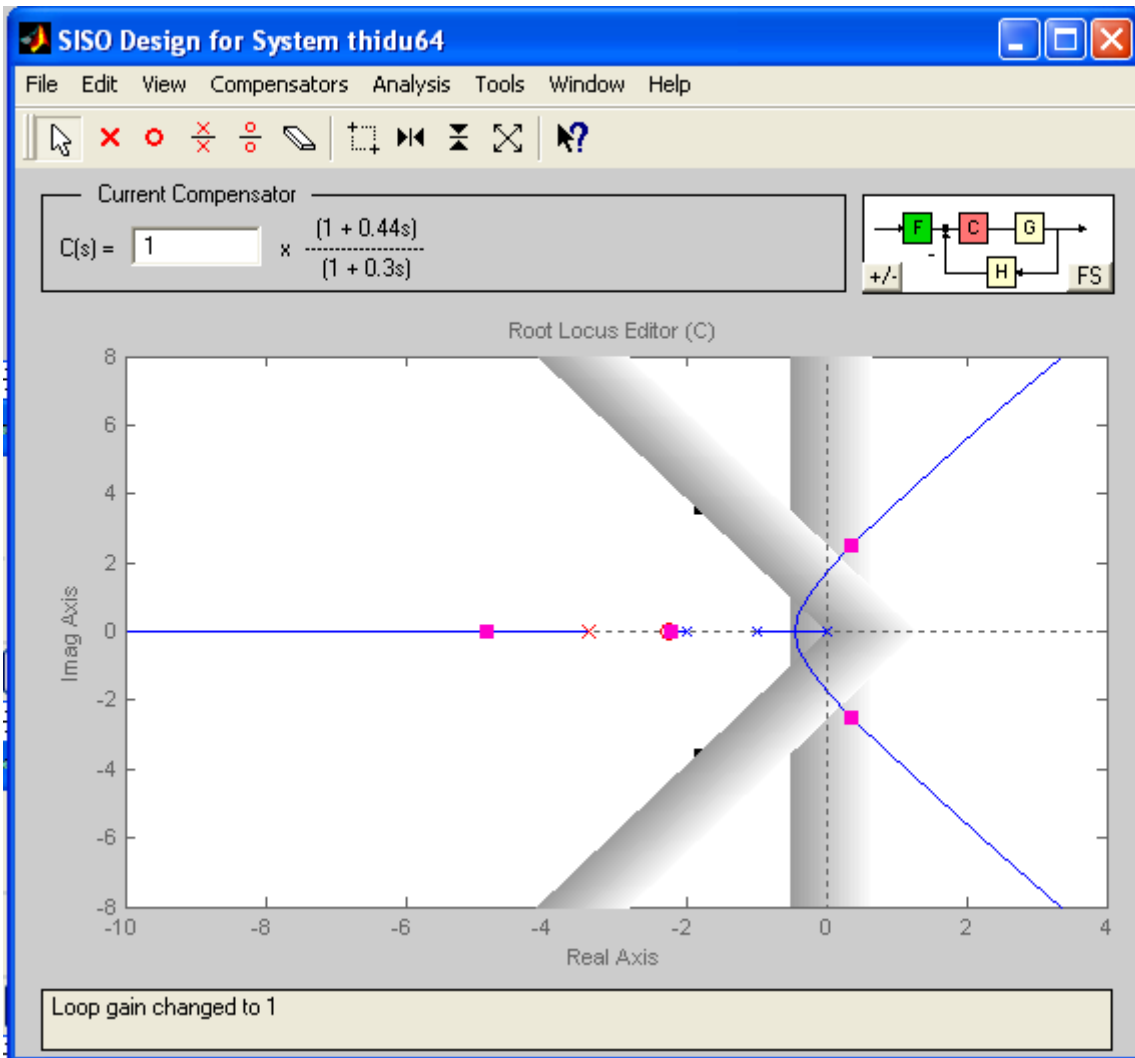


Hình 2.14 a



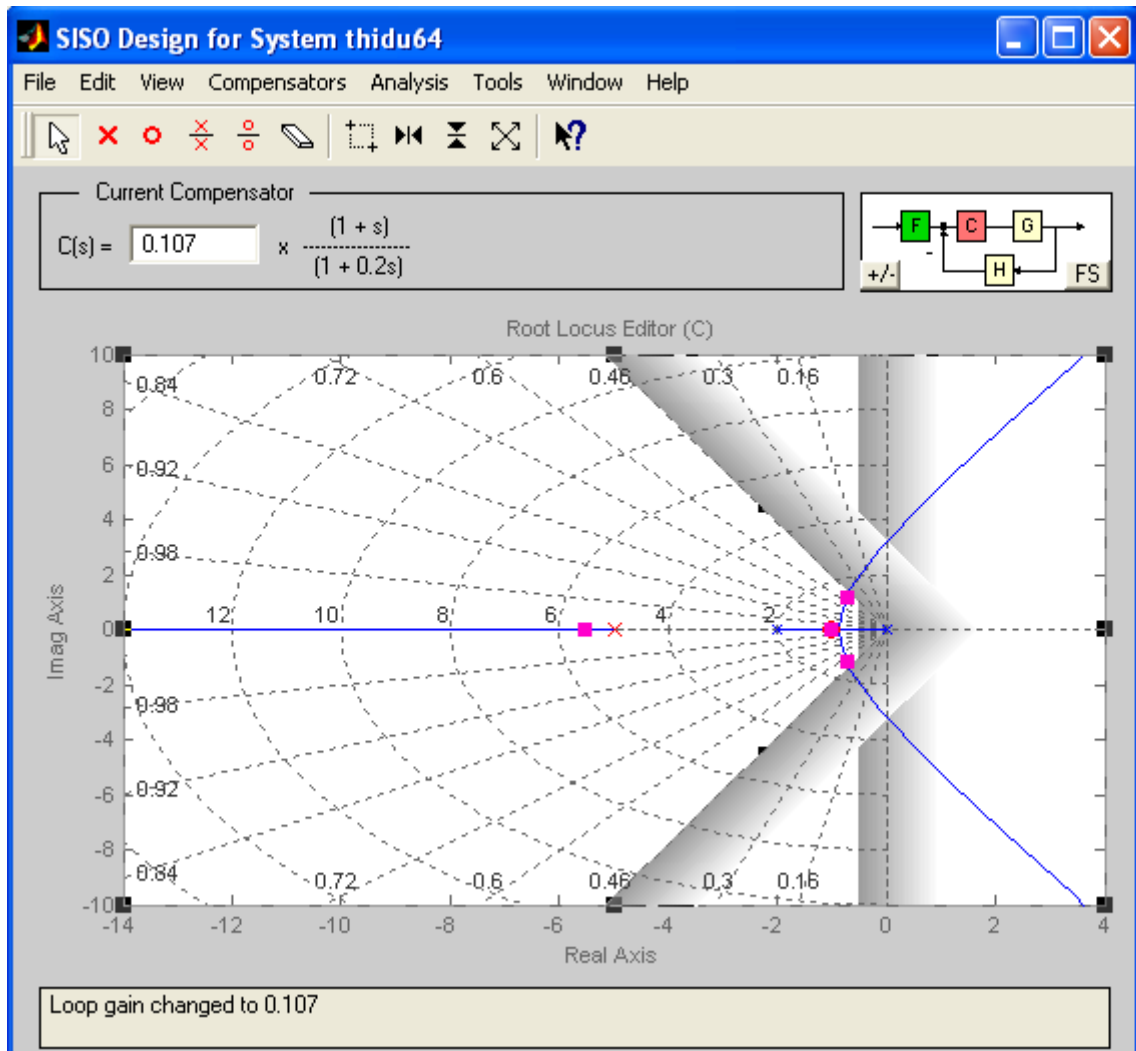
Hình 2.14b

Sau khi tiến hành cài đặt xong, QĐNS lúc này sẽ thay đổi như sau:

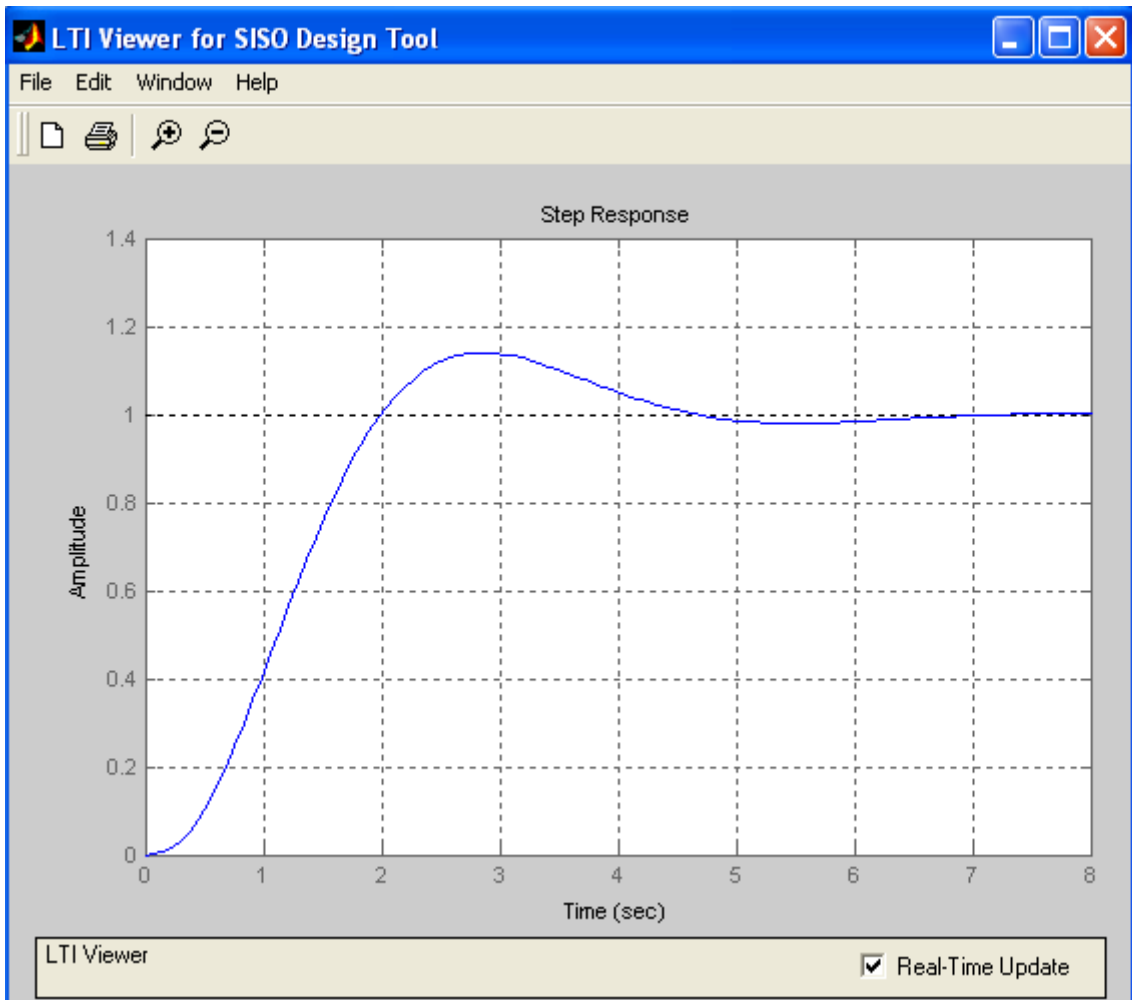


Hình 2.15

Bây giờ ta sẽ di chuyển các cực và zero của bộ hiệu chỉnh $C(s)$ trên trục thực sao cho nhánh QĐNS(A) kéo vào vùng thỏa mãn thiết kế. Có 2 phương pháp tìm cực và zero của bộ hiệu chỉnh là phương pháp đường phân giác và phương pháp khử cực (sinh viên xem lại sách lý thuyết để hiểu 2 phương pháp này). Ở đây ta chọn phương pháp khử cực vì dễ thao tác và trực quan trên cửa sổ QĐNS.



Hình 2.16



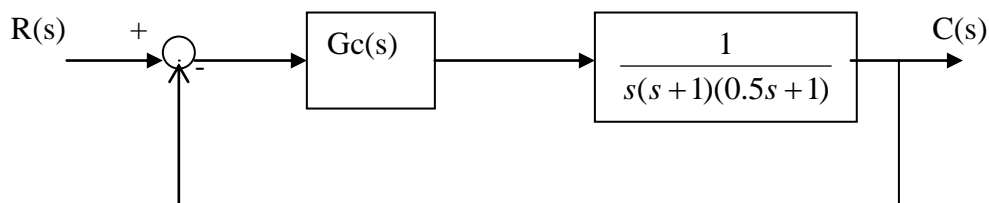
Hình 2.17

2.3.2. Thiết kế bộ hiệu chỉnh trễ pha:

Thí dụ: Thiết kế khâu hiệu chỉnh trễ pha dùng phương pháp biểu đồ Bode

Hãy thiết kế khâu hiệu chỉnh trễ pha sao cho hệ thống sau khi hiệu chỉnh có :

$$K_v^* = 5; \phi M^* \geq 40; GM^* \geq 10dB.$$



Hình 2.18

Giải :

Hàm truyền khâu hiệu chỉnh trễ pha cần thiết kế là :

$$G_c(s) = K_c \frac{1 + \alpha Ts}{1 + Ts}, (\alpha < 1)$$

Bước 1: Xác định K_C .

Hệ số vận tốc của hệ sau khi hiệu chỉnh là:

$$K_v^* = \lim_{s \rightarrow 0} s G_c(s) G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} s K_c \frac{1 + \alpha Ts}{1 + Ts} \cdot \frac{1}{s(s+1)(0.5s+1)} = K_c$$

$$\Rightarrow K_c = K_v^* \Rightarrow K_c = 5.$$

Bước 2:

Hàm truyền hệ $G(s)$:

>> G1=tf(1,conv([1 1 0],[0.5 1]))

Transfer function:

$$\frac{1}{0.5s^3 + 1.5s^2 + s}$$

Đặt $G_1(s) = K_c G(s) = 5 \cdot \frac{1}{s(s+1)(0,5s+1)}$

$$\Rightarrow G_1(s) = \frac{5}{s(s+1)(0,5s+1)}$$

Bước 3: Xác định tần số cắt mới

Cách 1: Tìm ω'_c bằng phương pháp giải tích. Ta có:

$$\varphi_1(\omega'_c) = -180^\circ + \Phi M^* + \theta$$

$$\Rightarrow -90^\circ - \arctan(\omega'_c) - \arctan(0,5\omega'_c) = -180^\circ + 40^\circ + 5^\circ$$

$$\Rightarrow \arctan(\omega'_c) + \arctan(0,5\omega'_c) = 45^\circ$$

$$\Rightarrow \frac{(\omega'_c) + (0,5\omega'_c)}{1 - 0,5(\omega'_c)^2} = \tan(45^\circ) = 1$$

$$\Rightarrow 0,5(\omega'_c)^2 + 1,5(\omega'_c) - 1 = 0$$

$$\Rightarrow \omega'_c = 0,56(\text{rad/sec})$$

Cách 2: dựa vào biểu đồ Bode

Ta có :

$$\varphi_1(\omega'_c) = -180^\circ + \Phi M^* + \theta$$

$$\Rightarrow \varphi_1(\omega'_c) = -180^\circ + 40^\circ + 5^\circ$$

$$\Rightarrow \varphi_1(\omega'_c) = -135^\circ$$

Vẽ đường thẳng có hoành độ -135° . Hoành độ giao điểm của đường thẳng này với biểu đồ Bode về pha $\varphi_1(\omega)$ chính là giá trị tần số cắt mới. Theo hình vẽ ta có $\omega'_c = 0,5(\text{rad/sec})$.

Bước 4:

Cách 1: Tính α từ điều kiện:

$$|G_1(j\omega'_c)| = \frac{1}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \left| \frac{5}{s(s+1)(0,5s+1)} \right|_{s=j\omega'_c} = \frac{1}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \left| \frac{5}{j0,56(j0,56+1)(0,5 \cdot j0,56+1)} \right| = \frac{1}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \frac{5}{0,56(\sqrt{0,56^2+1})(\sqrt{0,28^2+1})} = \frac{1}{\alpha}$$

$$\Rightarrow \frac{5}{0,56 \times 1,146 \times 1,038} = \frac{1}{\alpha} \Rightarrow \alpha = 0,133.$$

Cách 2: Tính α từ điều kiện: $L_1(\omega'_c) = -20 \lg \alpha$

Dựa vào biểu đồ Bode ta thấy : $L_1(\omega'_c) = 18 \text{dB}$

Suy ra: $\lg \alpha = -0,9$

$$\alpha = 10^{-0,9}$$

$$\alpha = 0,126$$

Ta thấy giá trị α sai khác không đáng kể ở hai cách. Ở các bước thiết kế tiếp theo ta chọn $\alpha = 0,133$.

Bước 5: Chọn zero của khâu trễ pha

$$\frac{1}{\alpha T} \ll \omega_c = 0,56$$

Chọn $\frac{1}{\alpha T} = 0,05$

$$\Rightarrow \alpha T = 20$$

Bước 6: Tính thời hằng T

$$\frac{1}{T} = \alpha \frac{1}{\alpha T} = 0,133 \times 0,05 = 0,067$$

$$\Rightarrow T = 150$$

Vậy: $G_c(s) = 5 \cdot \frac{(20s + 1)}{(150s + 1)}$

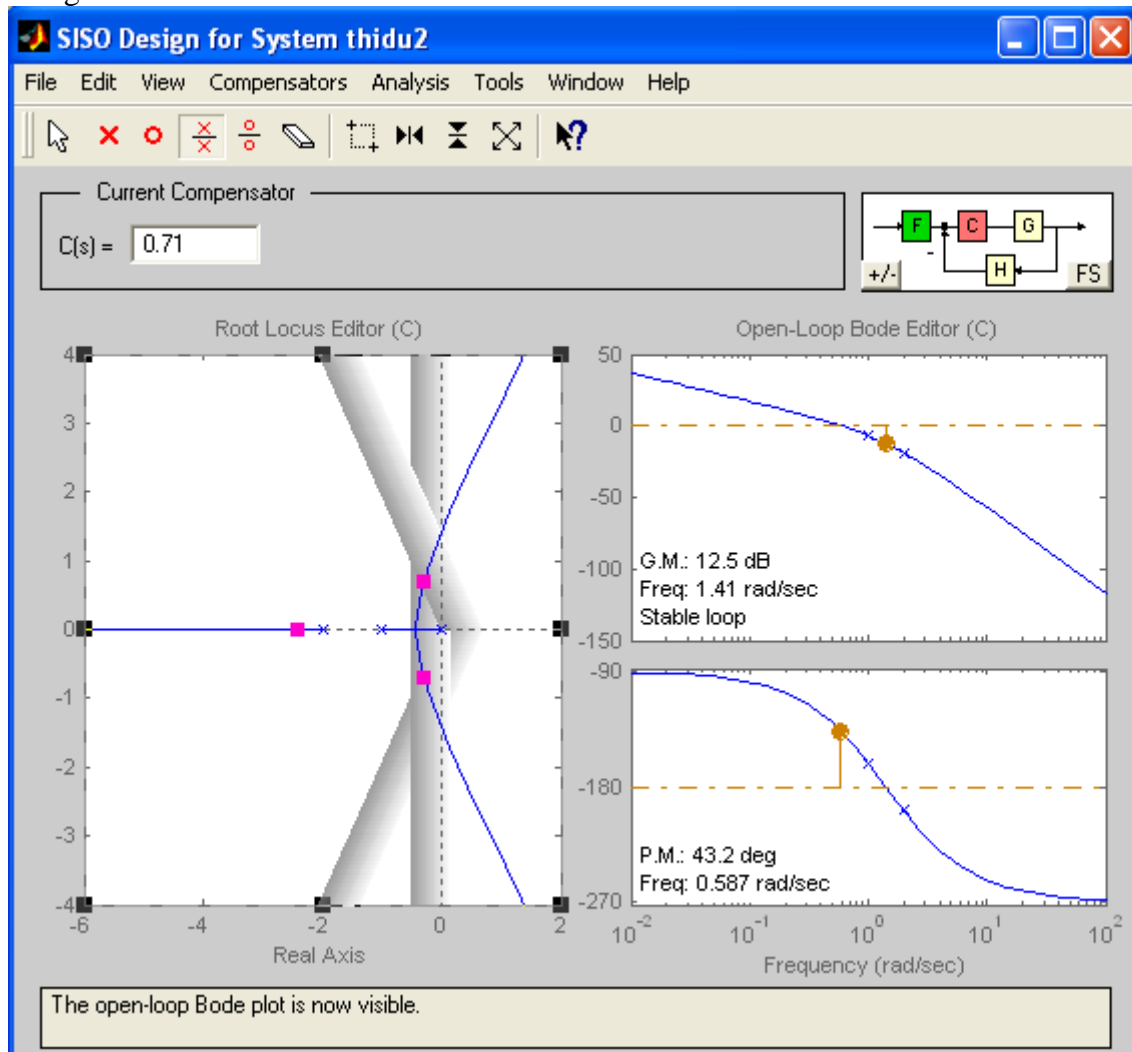
Bước 7: Kiểm tra lại điều kiện biên độ

Dựa vào biểu đồ Bode ta thấy độ dự trữ biên sau khi hiệu chỉnh là : $GM^* = 10$ dB.

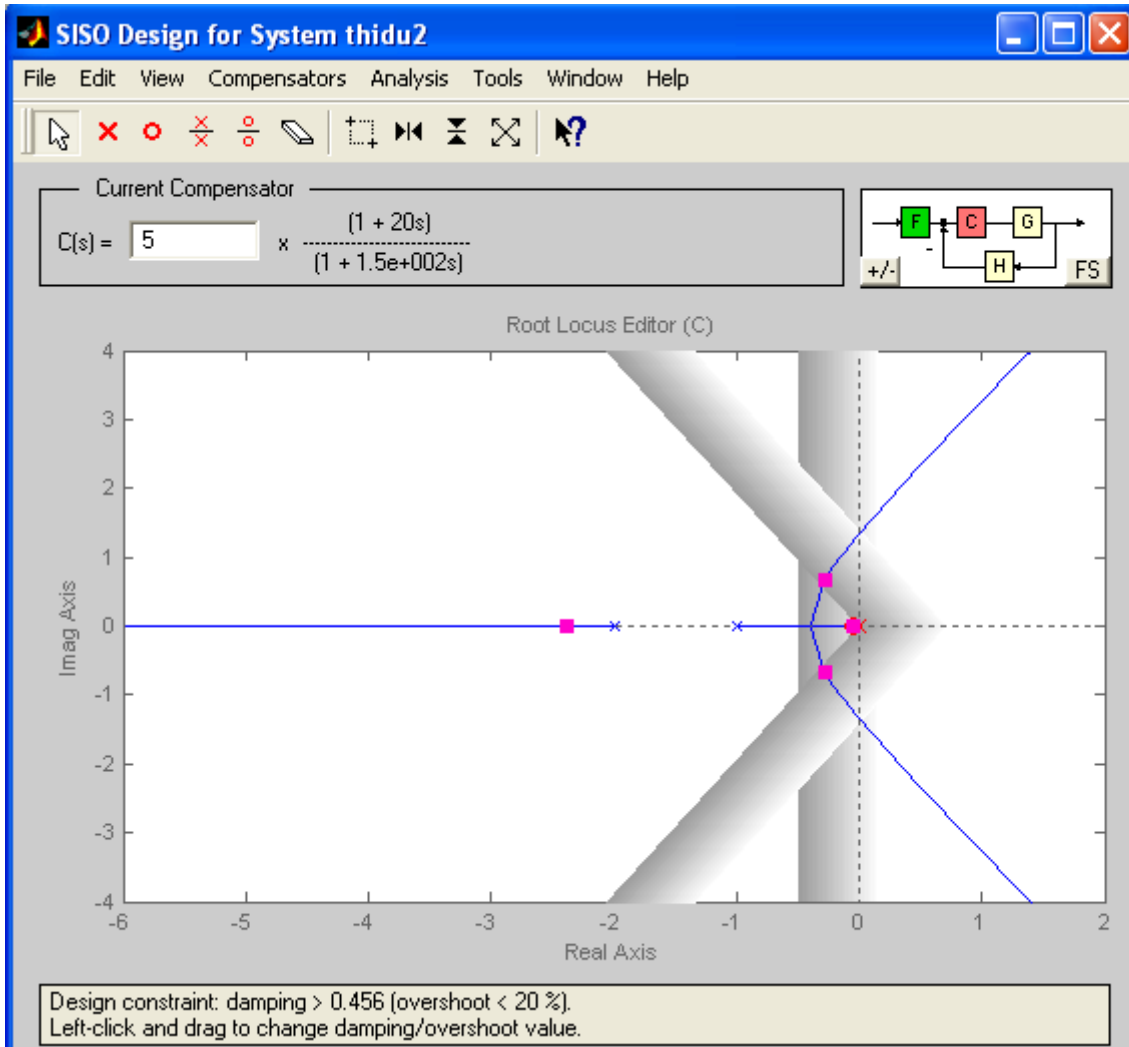
Kết luận: Khâu hiệu chỉnh vừa thiết kế đạt yêu cầu về độ dự trữ biên.

Kết quả:

Dùng Sisotool vẽ biểu đồ Bode



Hình 2.19



Hình 2.20

2.3.3. Thiết kế bộ điều khiển sớm trễ pha:

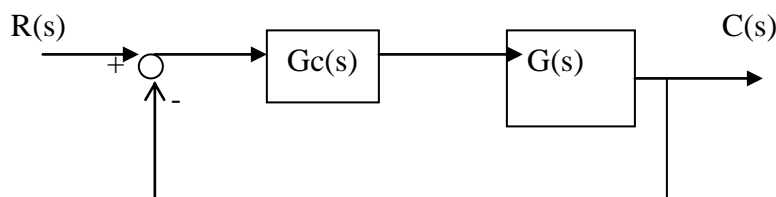
Mục đích:

Trong phần này sinh viên sẽ thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha để hệ thống đạt được các tiêu chuẩn về đáp ứng quá độ và chất lượng xác lập. Hàm truyền sớm trễ pha có dạng:

$$C(s) = K_{c1} \frac{1 + \alpha T_1 s}{1 + T_1 s} \cdot K_{c2} \frac{1 + \beta T_2 s}{1 + T_2 s} \quad (\alpha > 1, \beta < 1)$$

Thí nghiệm:

Cho hệ thống như hình vẽ:



$$G(s) = \frac{4}{s(s + 0.5)}$$

- Thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha để hệ thống có $\xi=0.5$, $\omega_n=5$ (rad/sec) và hệ số vận tốc $K_v=80$. Trình bày rõ quá trình thiết kế.

- b. Vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống sau khi hiệu chỉnh với đầu vào hàm dốc để chứng minh hệ thống đạt được các yêu cầu ở câu a. Lưu hình vẽ này để báo cáo.

Hướng dẫn:

Trước tiên ta thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha $C_1(s) = K_{c1} \frac{1 + \alpha T_1 s}{1 + T_1 s}$ để hệ thống có

$\xi=0.5, \omega_n=5$ cho đối tượng $G(s)$. Sau đó, thiết kế bộ hiệu chỉnh trễ pha $C_2(s) = K_{c2} \frac{1 + \beta T_2 s}{1 + T_2 s}$

cho đối tượng mới $G1(s)=G(s).C1(s)$. Chú ý, sau khi thiết kế xong bộ hiệu chỉnh sớm pha ta phải khởi động lại sisotool và nhập lại hàm truyền G và H với hàm truyền G lúc này chính là $G1(s)$ và $H=1$.

với $\xi=0.5, \omega_n=5 \rightarrow s_{1,2}^* = -2.5 \pm j4.33$

Do đó, khi thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha $C1(s)$, để hệ thống có $\xi=0.5, \omega_n=5$ ta sẽ di chuyển zero của $C1(s)$ tới vị trí -0.5 (vị trí cực của $G(s)$ để khử cực này) và di chuyển cực của $C1(s)$ (phải cách xa gốc tọa độ hơn zero) sao cho QĐNS đi qua hai nghiệm $s_{1,2}^*$. Sau đó dùng chuột di chuyển nghiệm s_2 (dấu vuông màu đỏ) lại vị trí $s_{1,2}^*$ này.

Kết quả: Hàm truyền khâu sớm pha

$$C1(s)=0.251x(1+2s)/(1+0.2s)$$

2.3.4. Thi ết kế bộ điều khiển PID bằng ACSYS

Thí dụ 1: Thiết kế PD

Xét hệ có hàm truyền sau:

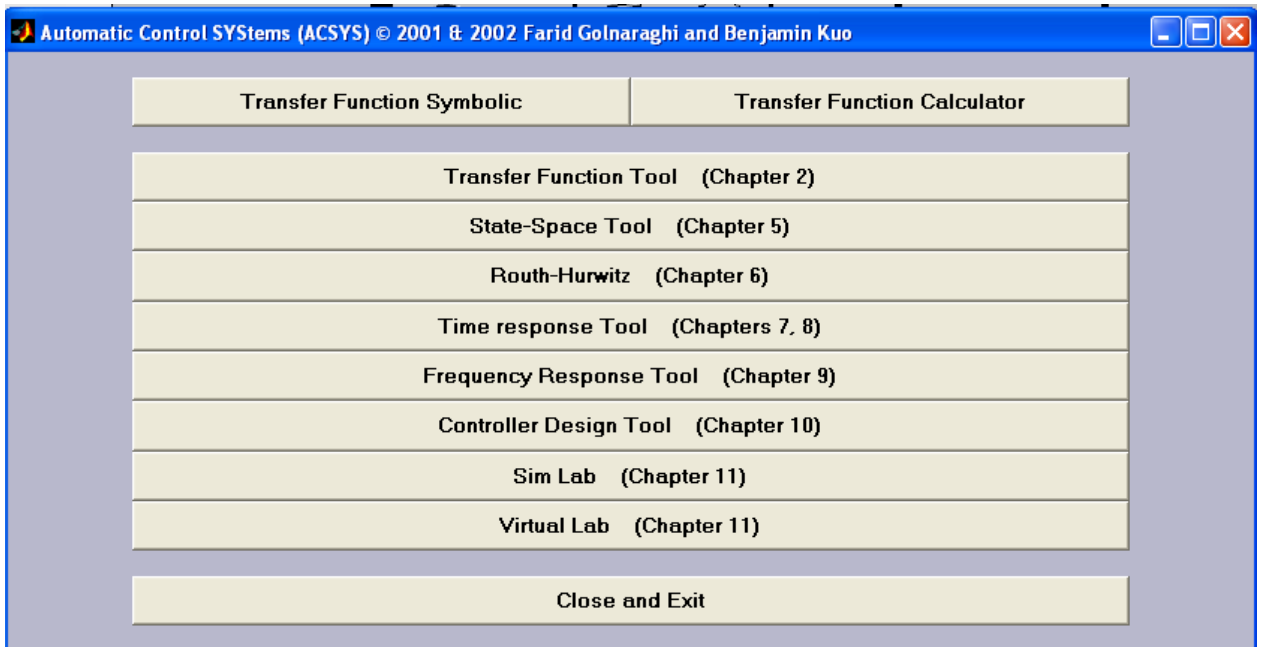
$$G(s) = \frac{4500}{s(s + 361.2)}$$

Thiết kế miền thời gian : Thiết kế bộ điều khiển để hệ thống vòng kín thỏa mãn yêu cầu sau:

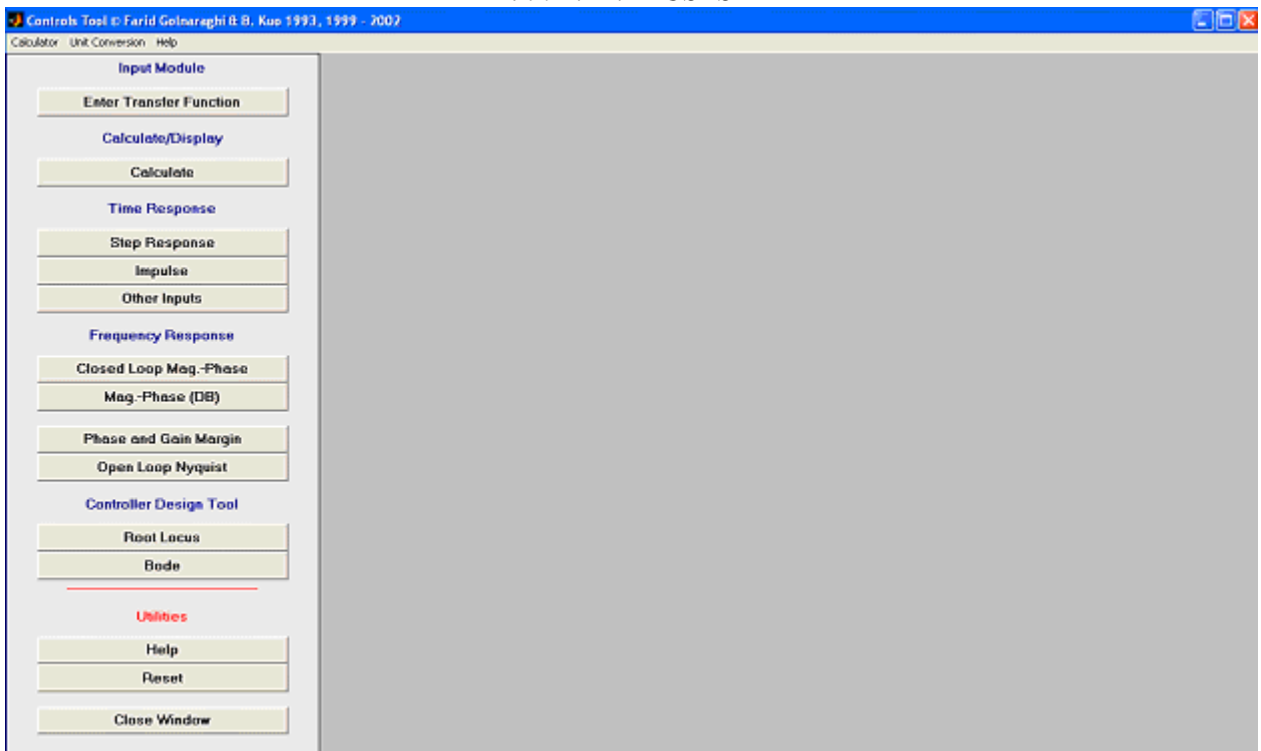
- Sai số xác lập với ngõ vào hàm unit-ramp ≤ 0.000443 .
- Vọt lố cực đại $\leq 5\%$.
- Thời gian lên : $t_r \leq 0.005$ sec.
- Thời gian thiết lập $t_s \leq 0.005$ sec.

Dùng ACSYS

Để xem xét chất lượng của hệ ta bắt đầu dùng bộ điều khiển tỉ lệ. Khởi động ACSYS, kích chọn Controller Design tool bằng cách gõ controls ở dòng lệnh Matlab hay nhấp vào nút trong ACSYS.



Hình 2.21: ACSYS



Hình 2.22: Cửa sổ chính thiết kế bộ điều khiển.

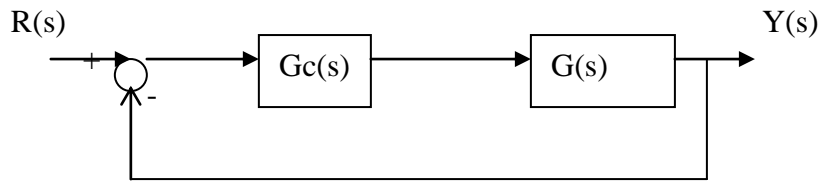
Chọn “Enter Transfer Function” và nhập vào hàm truyền $G(s)$:

Num $G(s)$: 4500

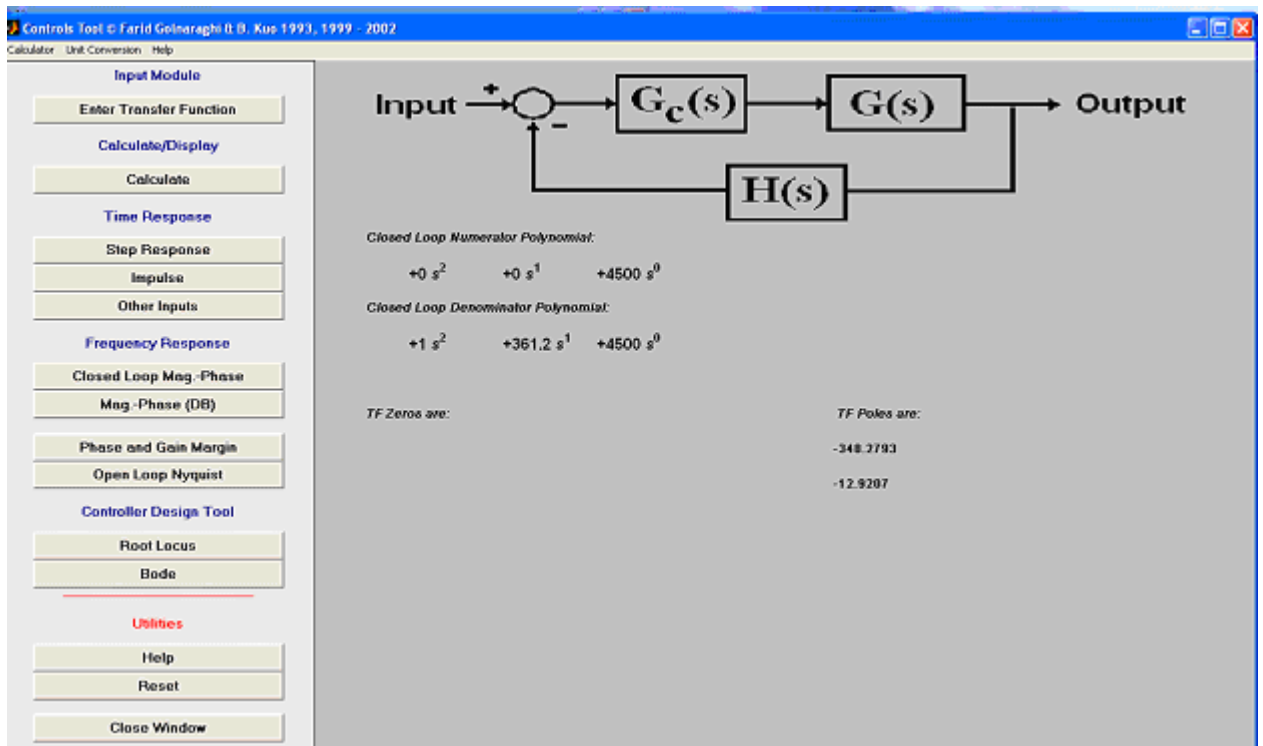
Den $G(s)$: 1 361.2 0

Kế tiếp nhập $G_c(s)=1$ và $H(s)=1$.

Nhấp nút “APPLY” trở về cửa sổ chính và nhấn “Calculate” để đánh giá hàm truyền vòng kín. Chú ý rằng bạn luôn tham khảo cửa sổ lệnh Matlab để xem thể hiện chính xác hàm truyền.



Hình 2.23: hệ thống điều khiển hồi tiếp âm đơn vị.



Hình 2.24 : Cửa sổ chính bộ điều khiển minh họa hàm truyền vòng kín.

Cửa sổ lệnh Matlab:

```
>> acsys
```

```
G=
```

```
Transfer function:
```

```
4500
```

```
-----  
s^2 + 361.2 s
```

```
Gc=
```

```
Transfer function:
```

```
1
```

```
H=
```

```
Transfer function:
```

```
1
```

```
G*G_c ==>open loop
```

Transfer function:

4500

 $s^2 + 361.2 s$

$G*G_c*H ==> \text{loop}$

Transfer function:

4500

 $s^2 + 361.2 s$

$G*G_c/(1+G*G_c*H) ==> \text{closed loop}$

Transfer function:

4500

 $s^2 + 361.2 s + 4500$

system Coefficients are
 Closed Loop TF in zero/pole format

Zero/pole/gain:

4500

 $(s+348.3) (s+12.92)$

System Zeros are

zeroTF =

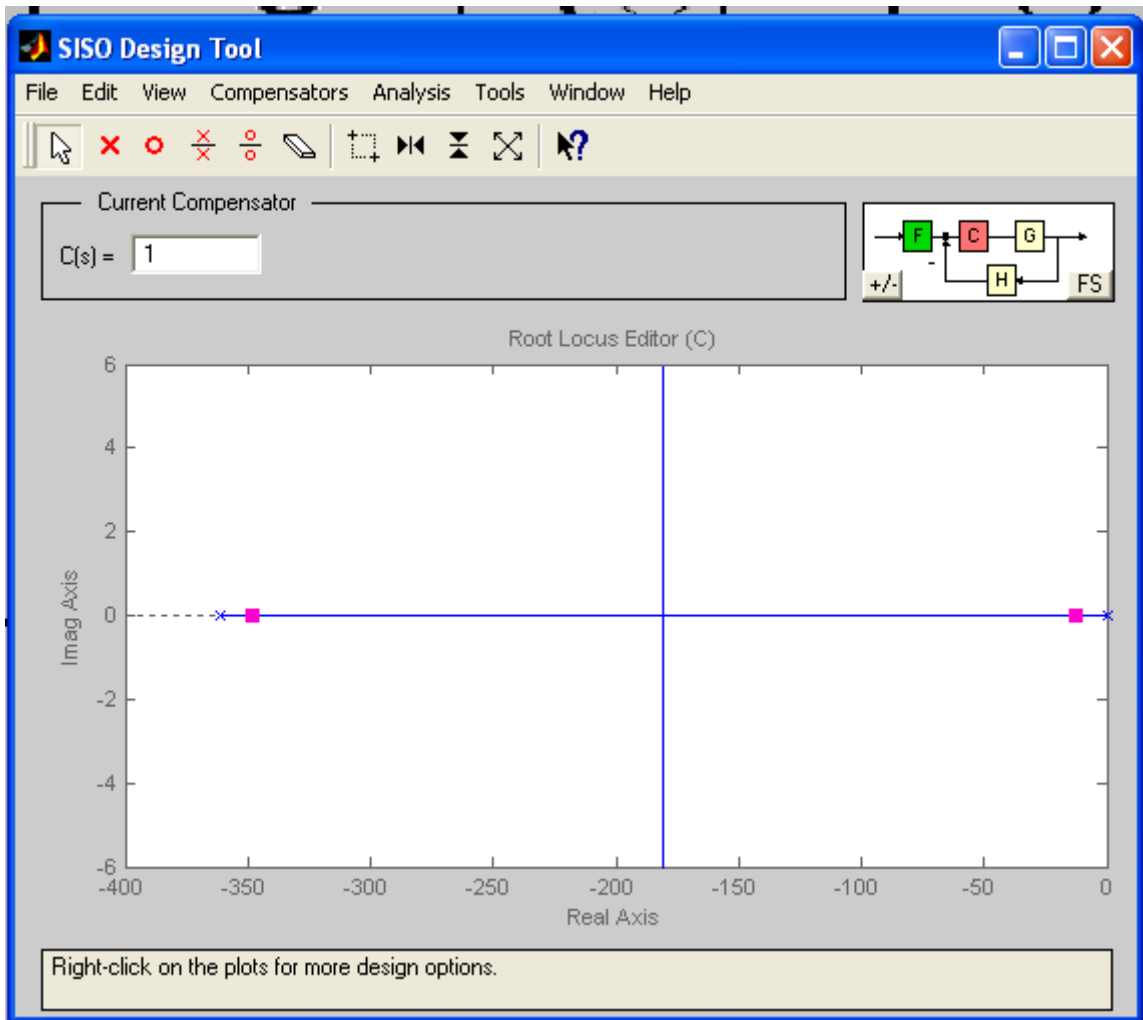
Empty matrix: 1-by-0

System Poles are

poleTF =

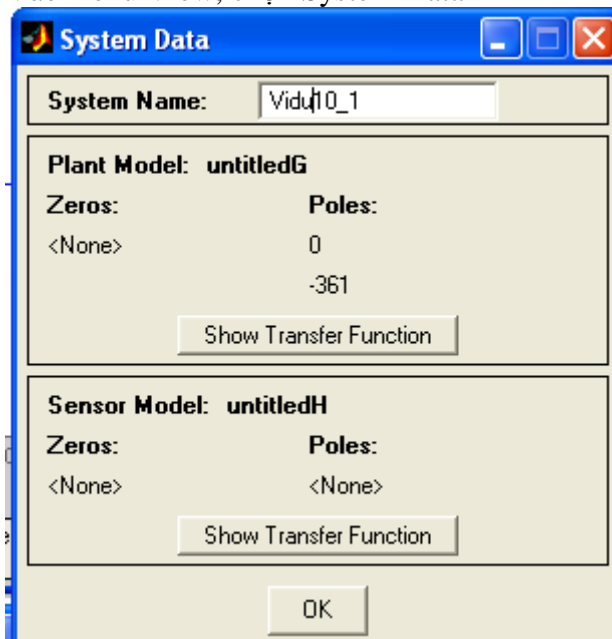
-348.2793 -12.9207

Để xem chất lượng của bộ điều khiển tỉ lệ, ta cần tìm quỹ đạo nghiệm hệ thống. Nhấn vào nút “Root Locus” trong cửa sổ chính điều khiển. Điều này kích hoạt công cụ thiết kế SISO của Matlab.



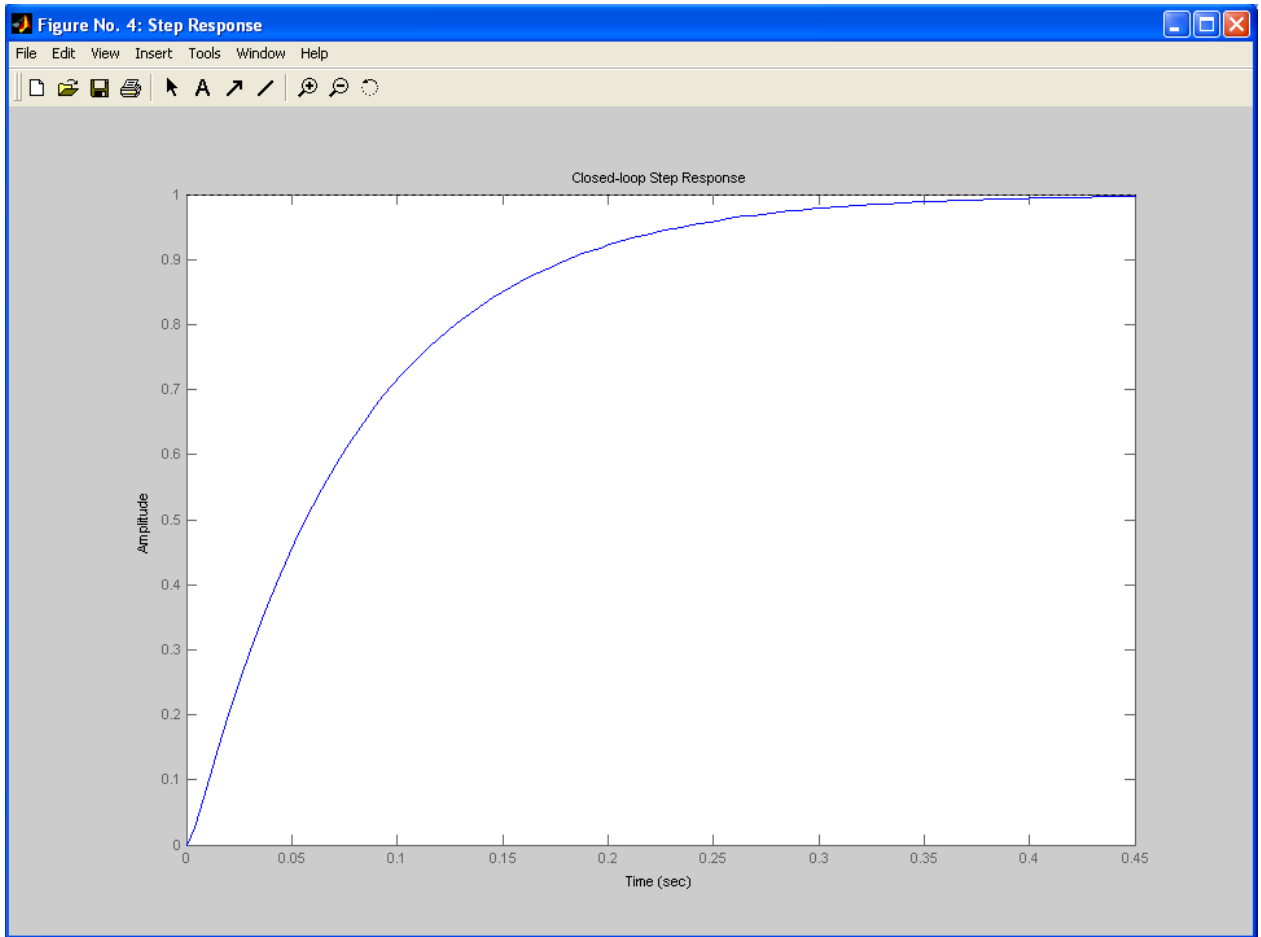
Hình 2.25: Quỹ đạo nghiệm số.

Hình vuông màu đỏ trong hình thể hiện cực của hệ vòng kín với $K=1$. Vào menu View, chọn System Data

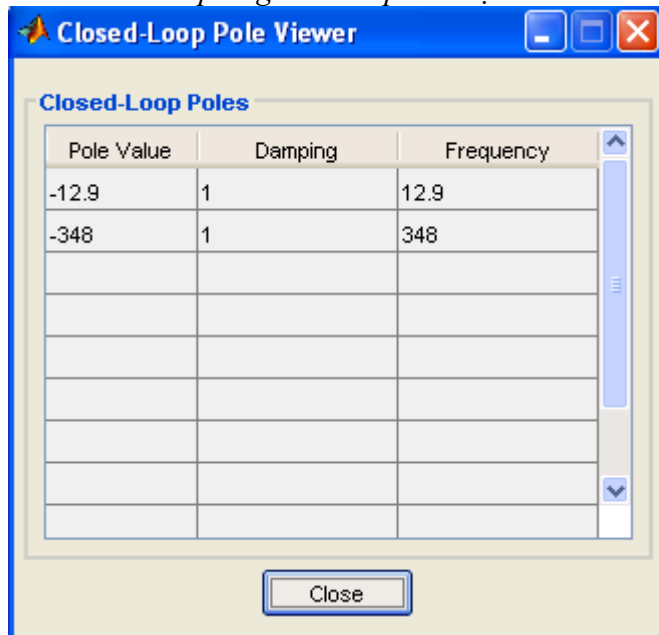


Hình 2.26: cực và zero của G và H.

Chọn Step Response : xem đáp ứng thời gian hệ kín với ngõ vào hàm nấc đơn vị.

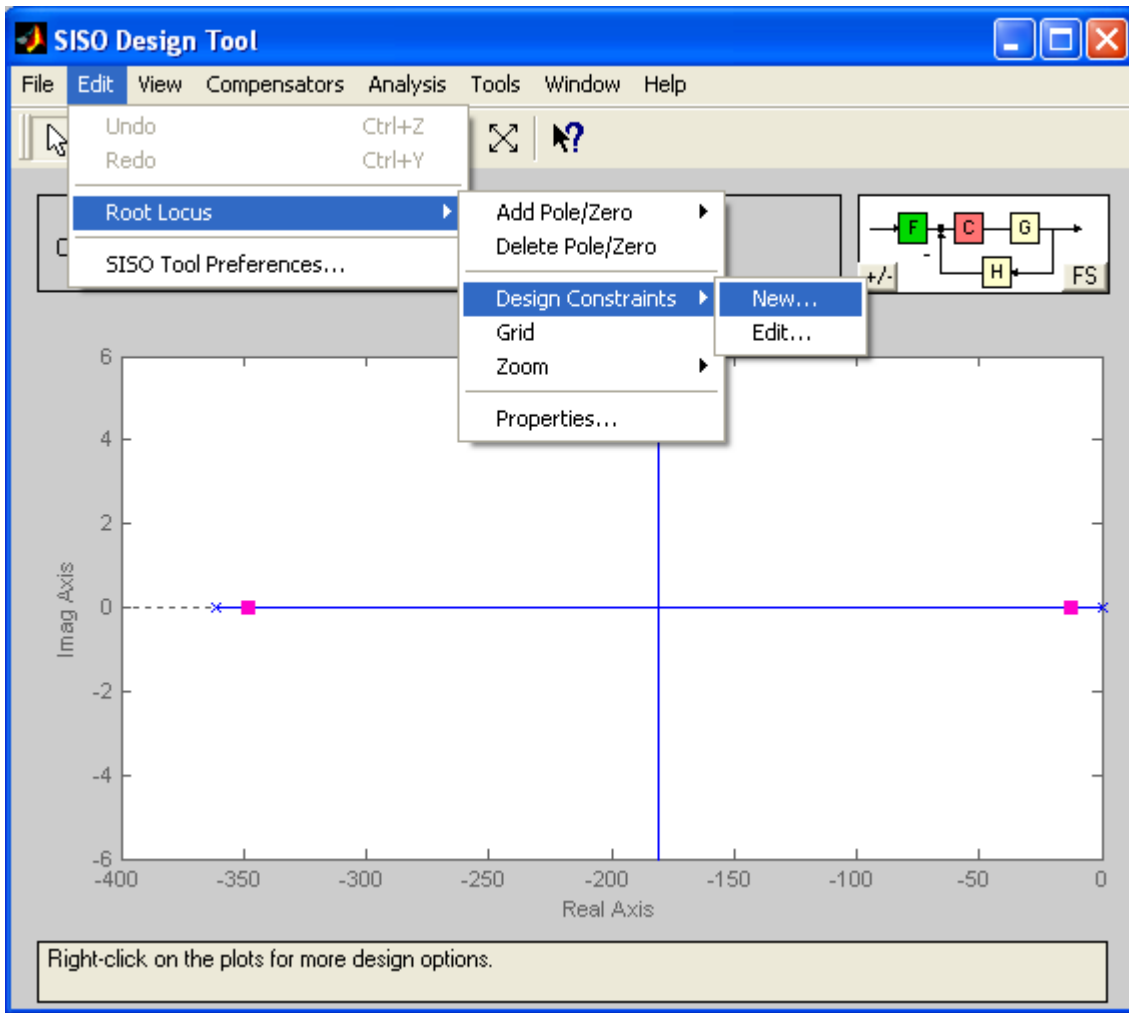


Hình 2.27: Đáp ứng unit-step của hệ kín với $K=1$.

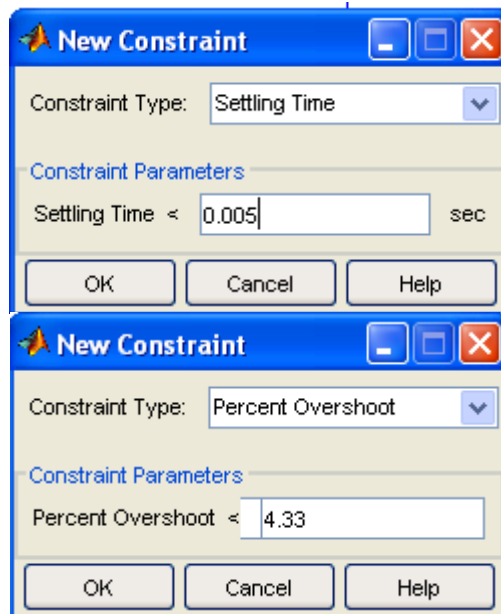


Hình 2.28: cực và zero của hệ với $K=1$.

Tích hợp tiêu chuẩn thiết kế: Khi bắt đầu thiết kế bộ điều khiển, ta xây dựng tùy chọn tiêu chuẩn thiết kế có sẵn bên trong công cụ SISO Design để thiết lập vùng cực mong muốn trên quỹ đạo nghiệm. Để thêm ràng buộc thiết kế, sử dụng menu Edit và chọn Root Locus, mục New và sau đó chọn tùy chọn Design Constrains như hình sau:



Hình 2.29a



Hình 2.29b: Sử dụng Design Constrains tùy chọn cho ví dụ thiết kế (H2.29a) và Thời gian lên <math>< 0.005\text{ sec}</math> và phần trăm vọt lố <math>< 4.33</math> (H2.29b).

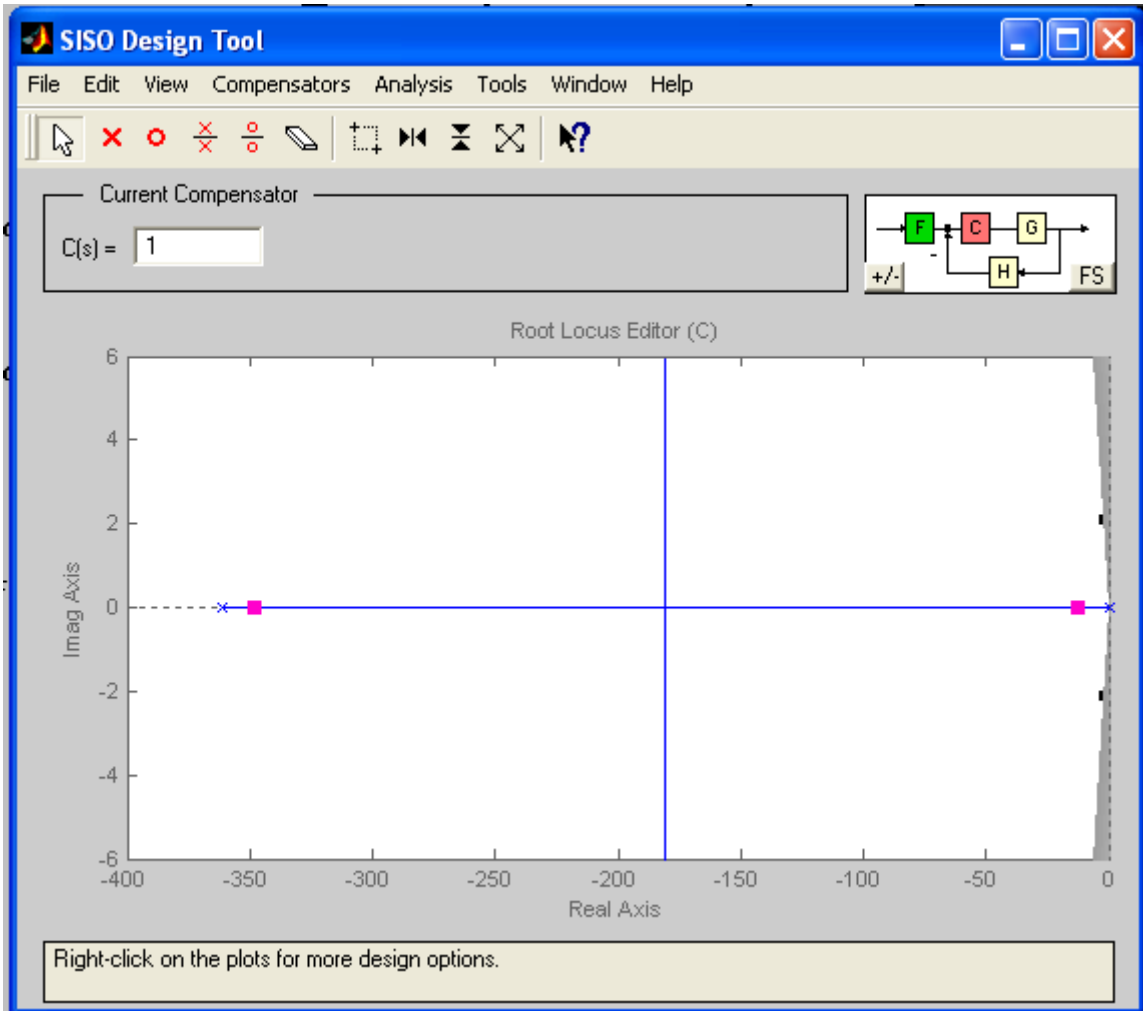
Tùy chọn ràng buộc gồm:

- . Settling time (thời gian thiết lập).
- . Percent Overshoot (phần trăm vọt lố).
- . Damping ratio (tỉ số suy giảm).

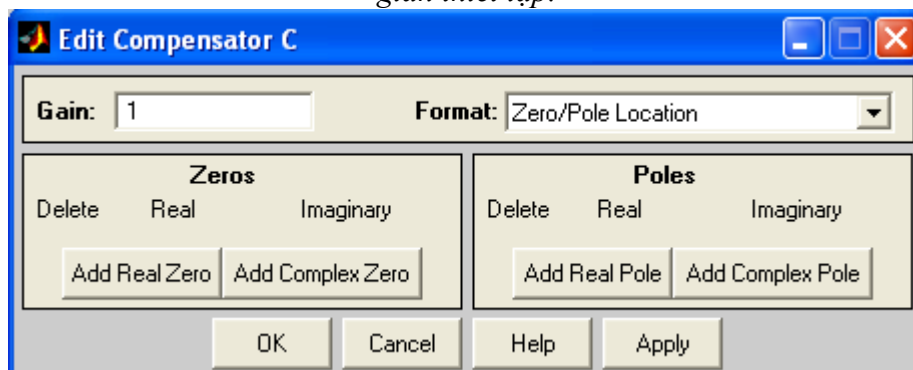
. Natural frequency (tần số tự nhiên).

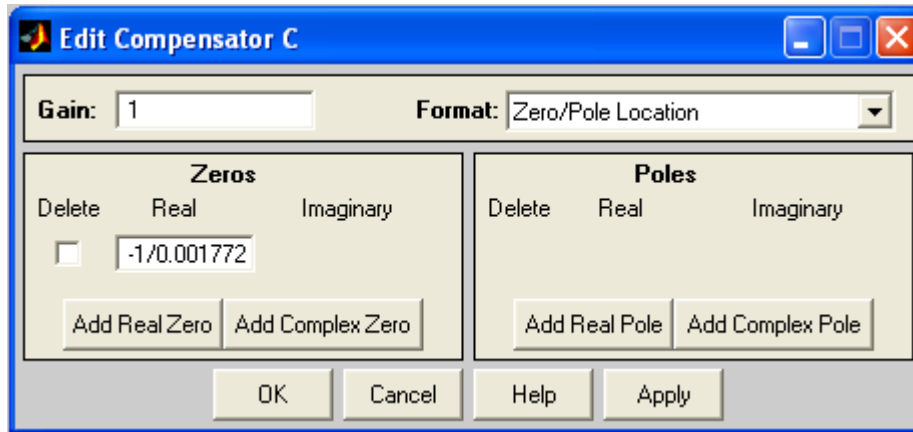
Trong ví dụ này, ta đưa vào ràng buộc thiết kế là thời gian thiết lập và phần trăm vọt lố.

Hình sau minh họa vị trí cực của hệ kín trên quỹ đạo nghiệm sau khi đưa vào ràng buộc thiết kế. Rõ ràng là cực của hệ khi $K=1$ không nằm trong vùng mong muốn. Không thể dùng bộ điều khiển tỉ lệ để di chuyển cực của hệ kín xa hơn về mặt phẳng trái. Do đó ta dùng bộ điều khiển PD để đạt được điều này, bộ điều khiển PD có zero tại $z=-1/0.001772$. Thành phần tỉ lệ $K_p=1$, sai số xác lập với ngõ vào unit-ramp là $ess=0.000443$ với $K_d=0.001772$.

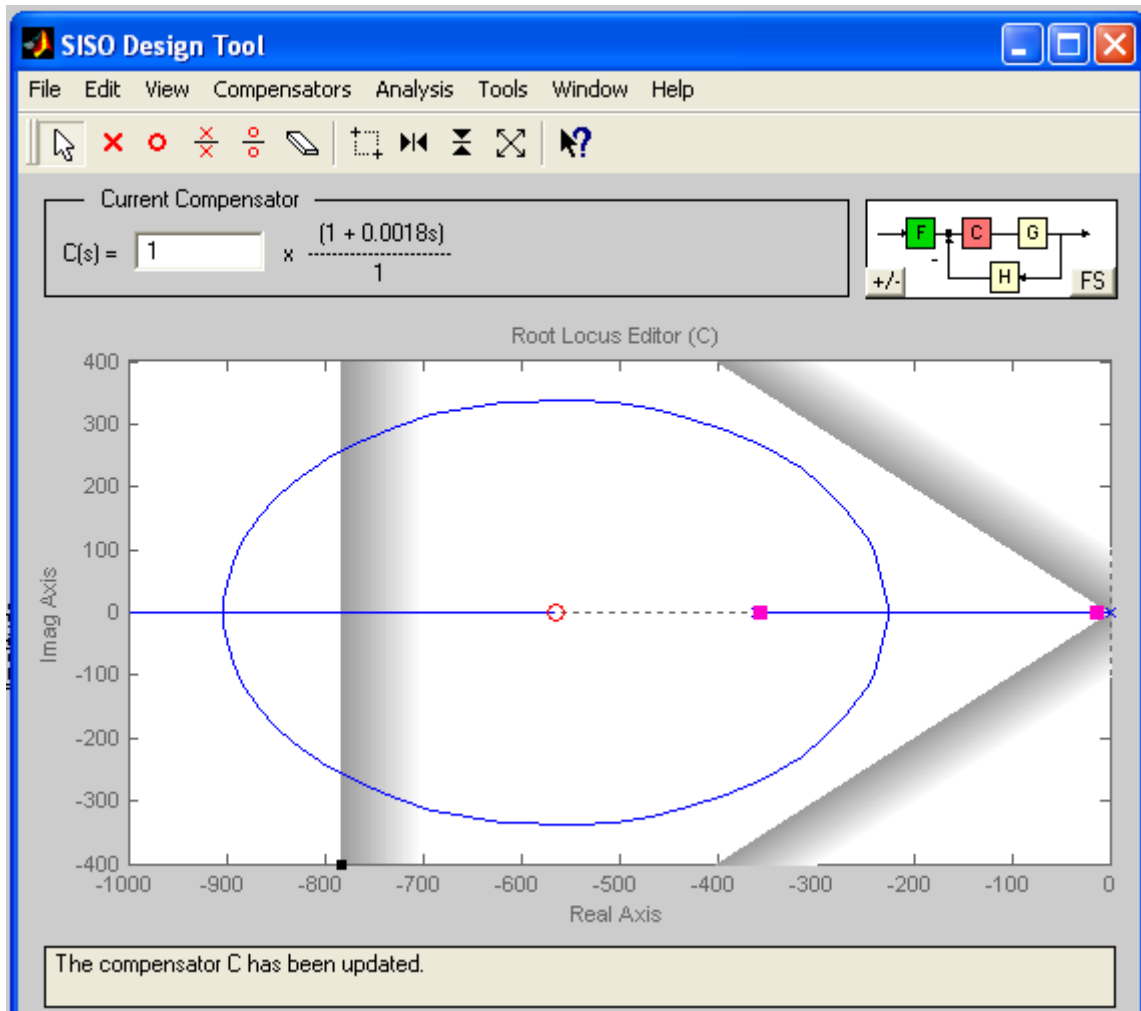


Hình 2.30: Quỹ đạo nghiệm sau khi tích hợp ràng buộc thiết kế là phần trăm vọt lố và thời gian thiết lập.





Hình 2.31 : Sự thêm vào zero của bộ điều khiển $C(s)$ để tạo ra bộ điều khiển PD Quỹ đạo nghiệm mới xuất hiện như hình sau:



Hình 2.32: Quỹ đạo nghiệm sau khi tích hợp zero trong bộ điều khiển PD ở $-1/0.001772$.

Các bài thực tập:

1. Thiết kế mẫu:

Mục đích: sinh viên hãy thiết kế bộ bù sớm trễ pha hệ thống sau:

$$G(s) = \frac{A}{s(s+1)(s+2)} \text{ v ới } A=20$$

Sao cho : $K_v=10$, đ độ d ự tr ữ bi ên=12 dB, đ độ d ự tr ữ pha là 50° .

Thí nghiệm :

2. Thiết kế hiệu chỉnh sớm trễ pha hệ thống 2:

Có hàm truyền sau :

$$G(s) = \frac{80}{s(0.02s + 1)(0.05s + 1)}$$

Sao cho : $K_v=80$, độ dự trữ biên=10 dB, độ dự trữ pha là 50° .

Thí nghiệm :

3. Xem xét mô hình bậc 2 của hệ thống điều khiển hành vi máy bay. Hàm truyền của đối tượng là :

$$G_p(s) = \frac{4500K}{s(s + 361,2)}$$

Thiết kế bộ điều khiển PD với hàm truyền $G_c(s)=K_p + K_D.s$ để các tiêu chuẩn chất lượng sau thỏa mãn:

- Sai số xác lập với ngõ vào unit-ramp $\leq 0,001$.
- Vọt lố cực đại $\leq 5\%$.
- Thời gian lên $t_r \leq 0,005$ sec.
- Thời gian thiết lập $t_s \leq 0,005$ sec.

2.4. Kiểm tra đánh giá

Bài 3

KHẢO SÁT VÀ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG DÙNG SIMULINK

3.1. Mục tiêu

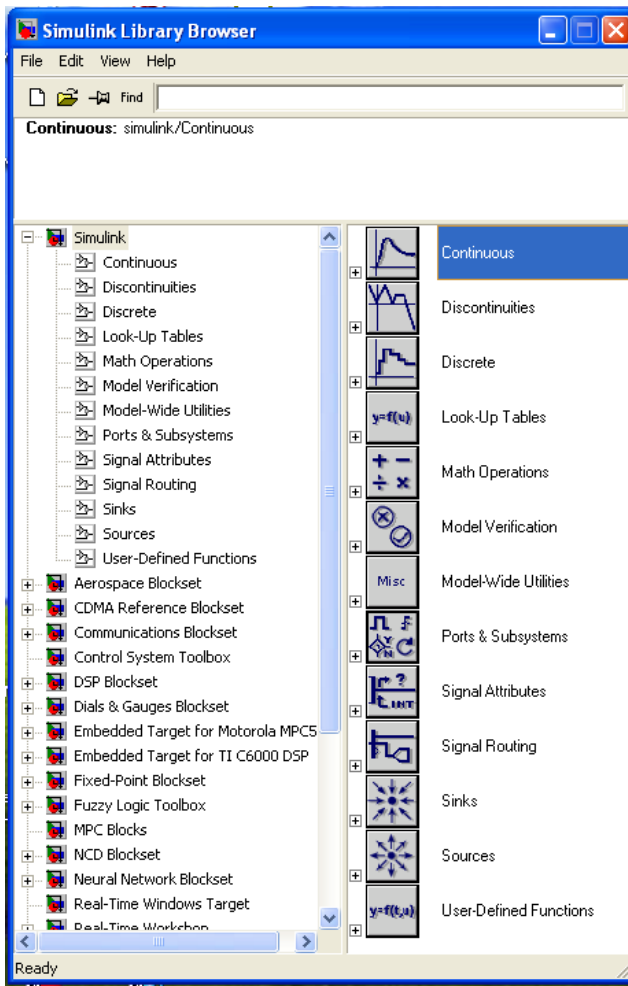
Simulink là một công cụ rất mạnh của Matlab để xây dựng các mô hình một cách trực quan và dễ hiểu. Để mô tả hay xây dựng hệ thống ta chỉ cần liên kết các khối có sẵn trong thư viện của simulink lại với nhau. Sau đó tiến hành mô phỏng hệ thống để xem xét ảnh hưởng của bộ điều khiển đến đáp ứng quá độ của hệ thống và đánh giá chất lượng hệ thống. Sau đó sinh viên thực hiện mô phỏng, khảo sát hệ thống điều khiển nhiệt độ và hệ thống điều khiển tốc độ và vị trí động cơ một chiều.

3.2. Nội dung

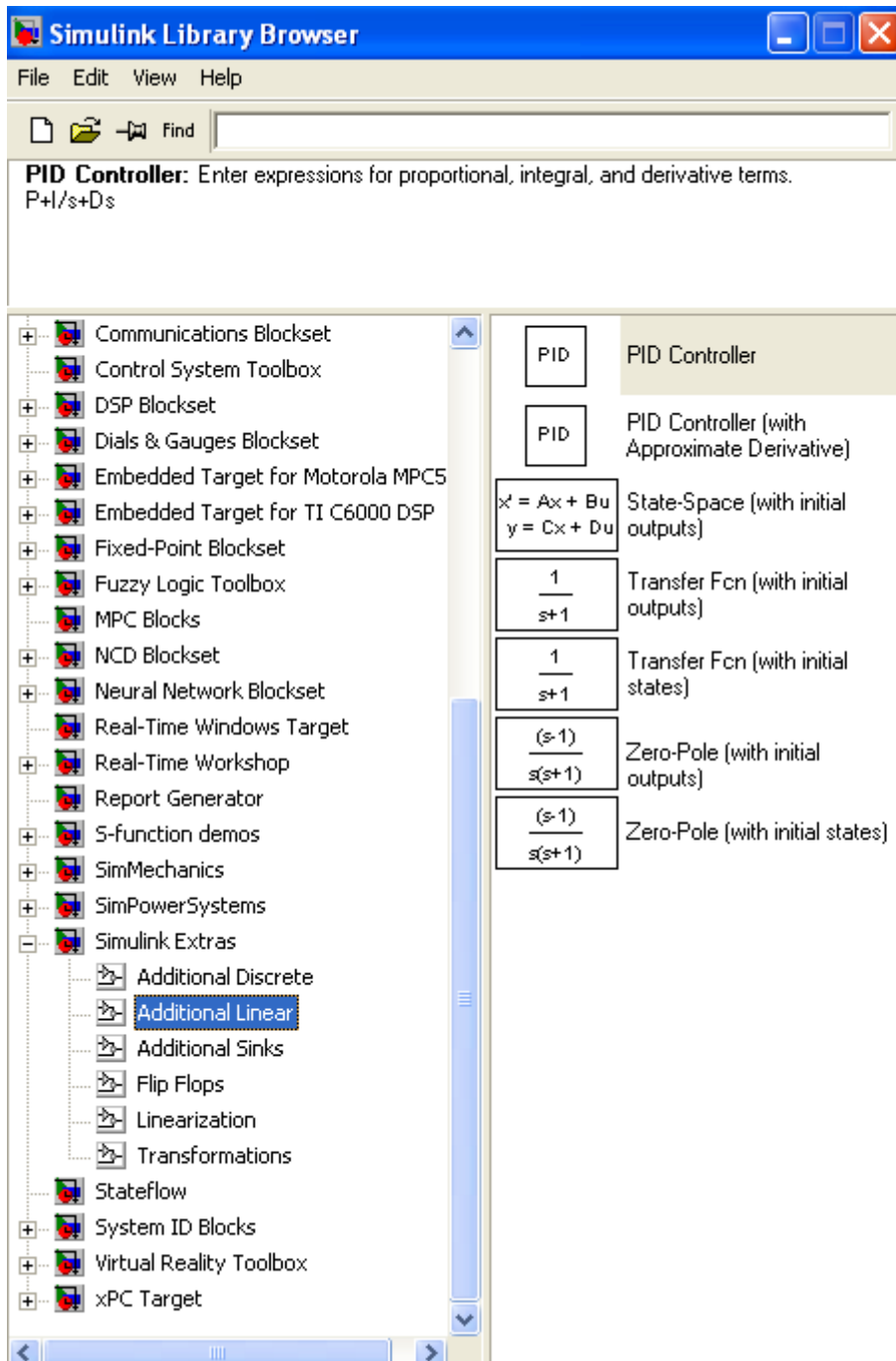
3.2.1. GIỚI THIỆU VỀ Simulink

Khởi động Simulink:

- Khởi động Matlab.
 - Gõ lệnh simulink từ dấu nhắc lệnh.
- Cửa sổ đầu tiên được trình bày bởi Simulink.



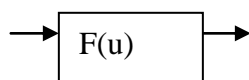
Hình 3.1: Cửa sổ Simulink.



Hình 3.2: Simulink Extras

Khối chức năng

Khối thư viện Continuous gồm có vi phân, tích phân, hàm truyền, và không gian trạng thái,...
 Thí dụ : khối Transfer Fcn (hàm truyền)



Fcn

Tạo mới và soạn thảo lưu đồ tín hiệu:

-Sao chép, di chuyển, đánh dấu, xoá, hệ thống con, nối hai khối, di chuyển đường nối,...

Simulink có các thư viện khối chuẩn, được tổ chức thành các khối con theo chức năng.

Các khối thông dụng là :

- . Sources.
- .Sinks.
- .Discrete.
- Continuous.
- .Math Operations.

Tín hiệu và các loại dữ liệu:

Đối với Simulink, khái niệm tín hiệu chỉ nhằm vào dữ liệu xuất hiện ở đầu ra của các khối chức năng trong quá trình mô phỏng. Ta tạm hình dung rằng các tín hiệu (các dữ liệu) đó chạy dọc theo đường nối từ đầu ra của khối chức năng này tới đầu vào của các khối chức năng khác mà không tốn thời gian.

Mỗi tín hiệu thuộc sơ đồ cấu trúc Simulink đều được gán một loại số liệu nhất định, và do đó quyết định đến dung lượng bộ nhớ dành cho một tín hiệu. Simulink hỗ trợ tất cả các loại số liệu của Matlab: double, single, int8, uint8, int16, uint16, int32, uint32, v Boolean.

Thư viện sources và Sinks:

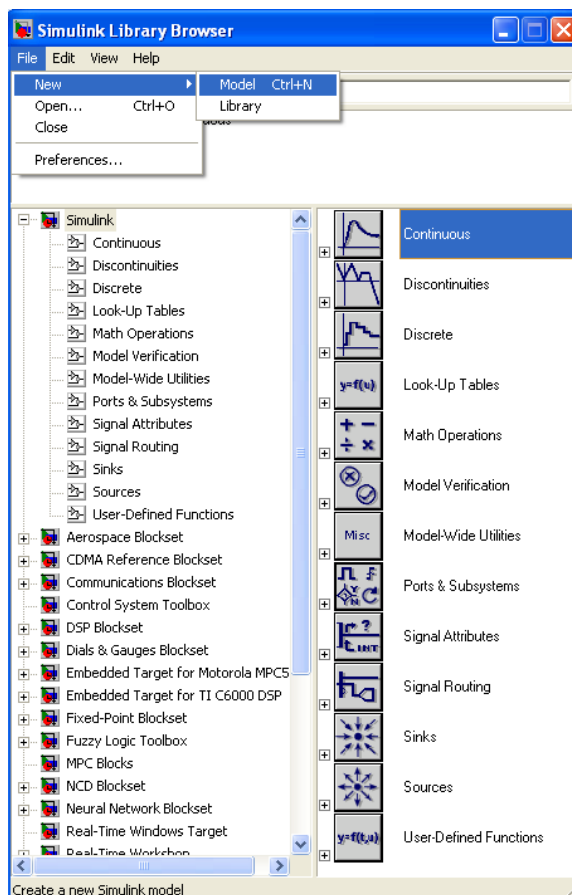
- Sources như là Constant, Step và Ramp, Signal Generator và Pulse Generator,..
- Sinks: Scope, XYGraph, ToWorkspace,..

Thư viện Math:

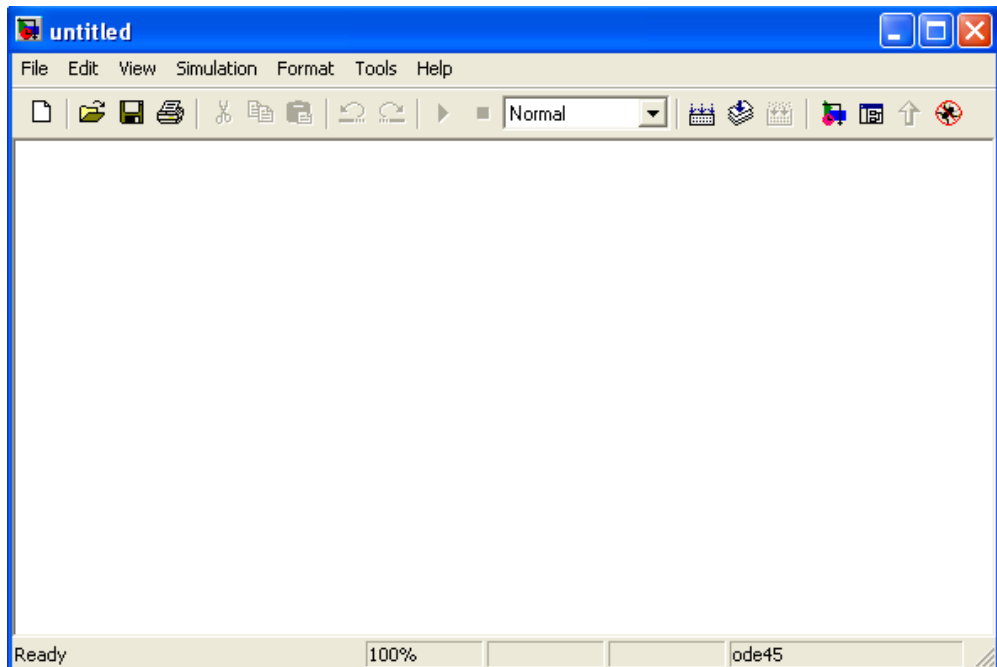
- Sum, Product và Dot Product, Math Function, Gain,..

3.2.1. Các bước tiến hành mô phỏng:

Từ cửa sổ thư viện khối, ta tạo mới bằng File, New hay mở file có sẵn File, Open. Untitled được tạo ra đầu tiên và có thể đặt tên lại bằng chọn Save As từ menu File.

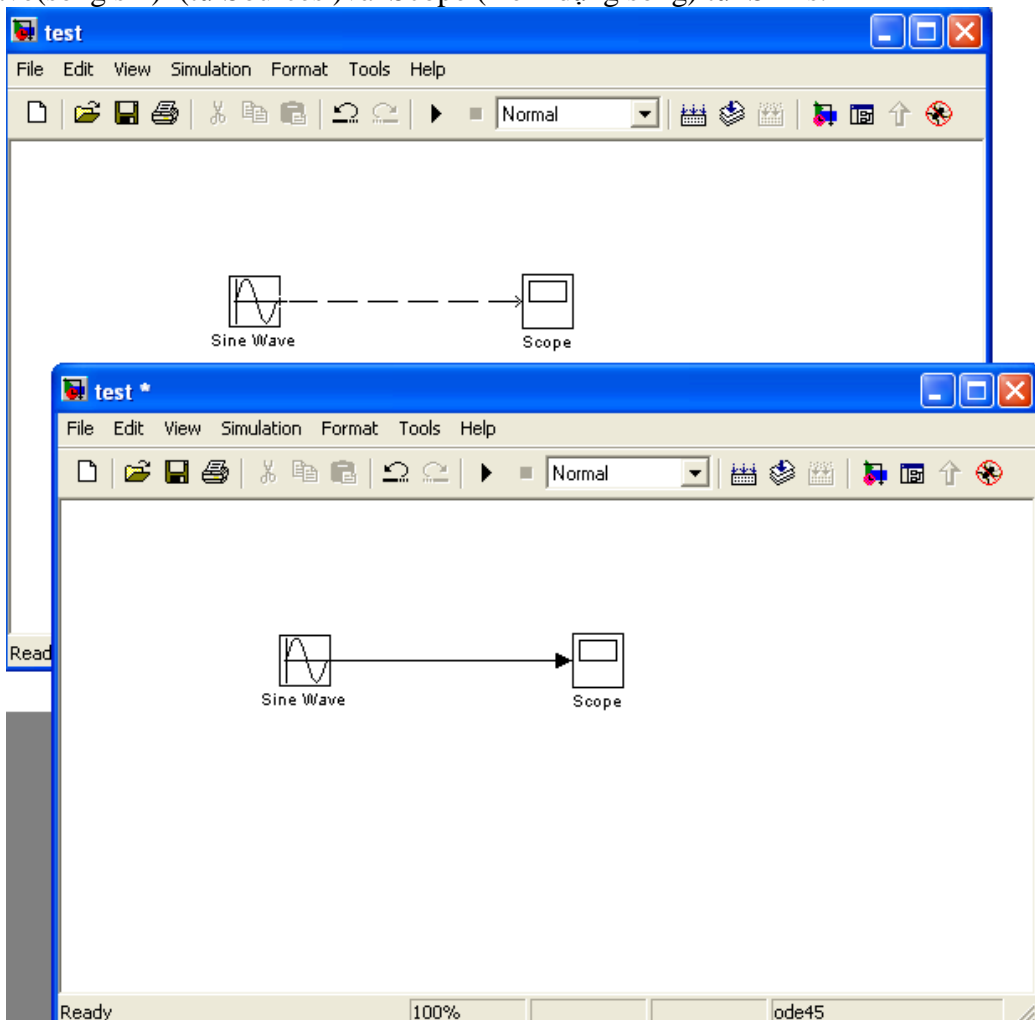


Hình 3.3



Hình 3.4

Để tạo mô hình, ta bấm và thả (drag and drop) các khối từ thư viện khối chuẩn vào mô hình. Trong mô hình đơn giản vừa tạo ra ở trên, ta sẽ định vị và sao chép khối Sine Wave (sóng sin) (từ Sources) và Scope (Xem dạng sóng) từ Sinks.

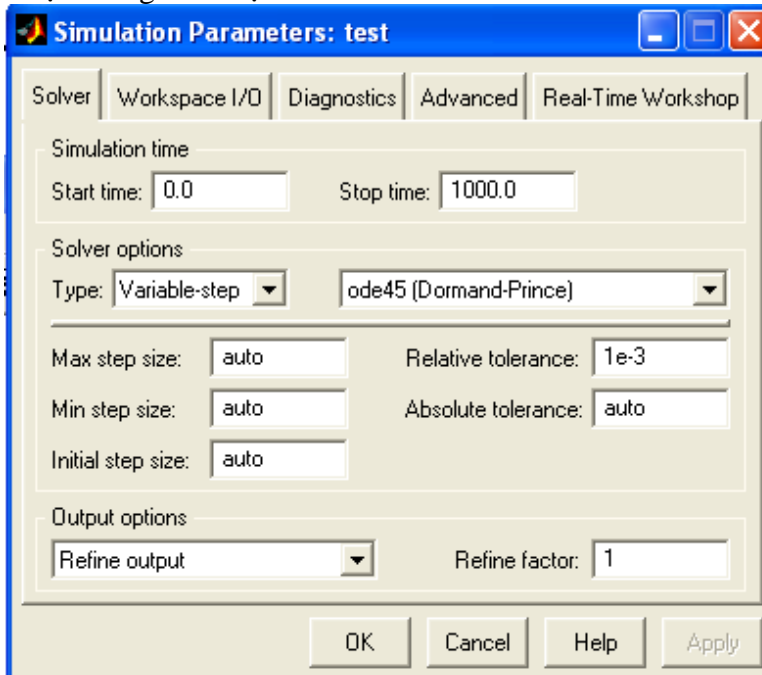


Hình 3.5 và 3.6

Sine Wave 1 là output port, v à Scope là Input port.

Chuẩn bị mô phỏng: khai báo tham số và phương pháp tích phân.

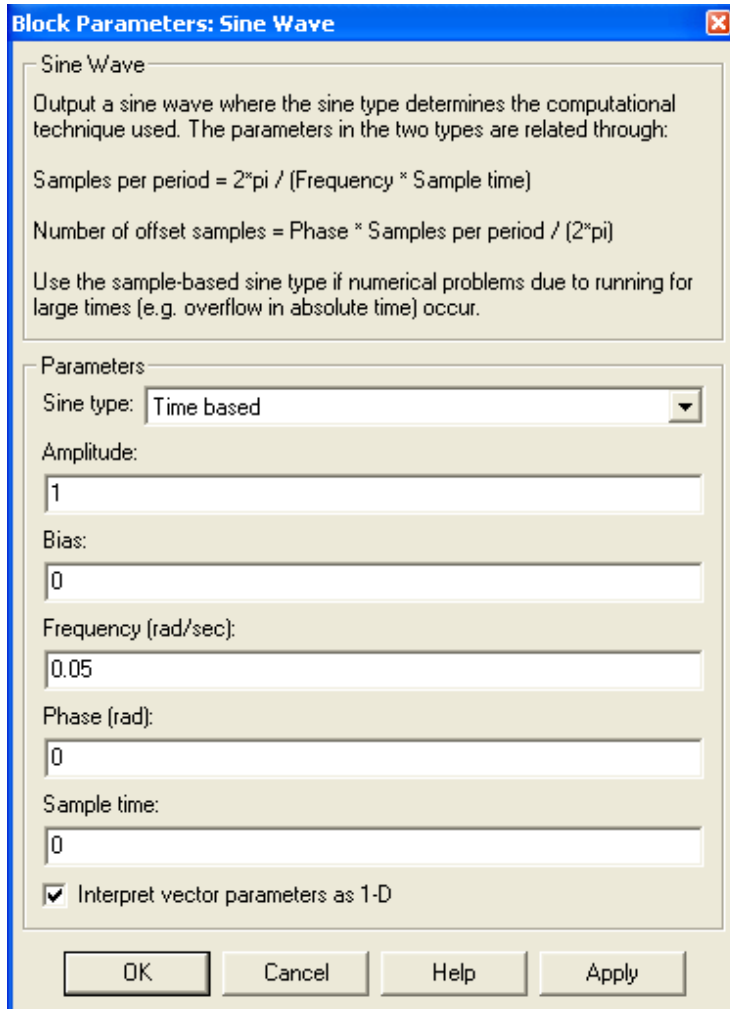
Chọn thông số : chọn Simulation Parameters từ menu Simulation.



Hình 3.7.

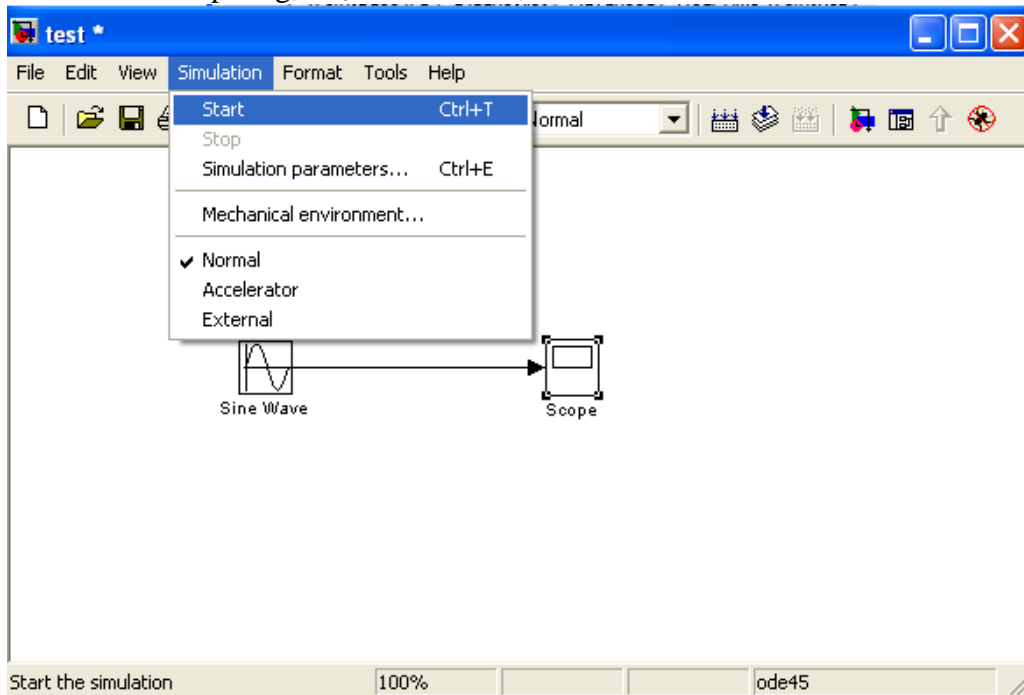
Thời gian mô phỏng bắt đầu từ 0 v à kết thúc là 1000. Nhấn vào nút Ok khi làm xong.

Nhấp đúp chuột vào khối Sine Wave để hiệu chỉnh thông số, chọn tần số là 0.05 rad/sec.



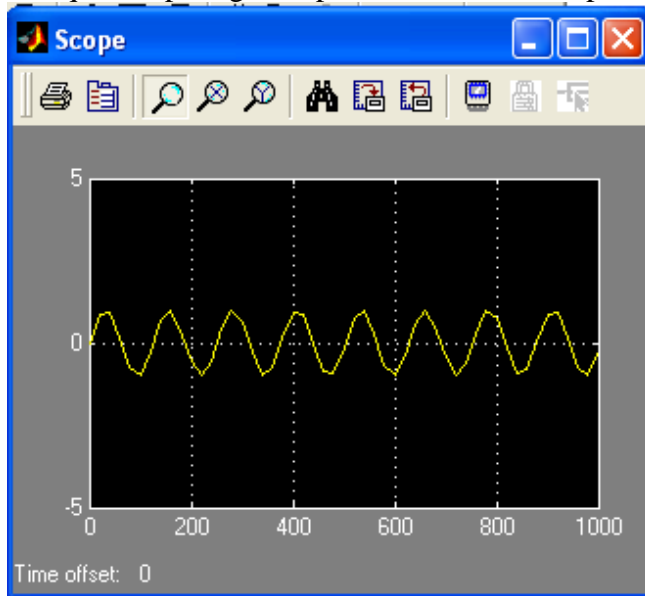
Hình 3.8

Để bắt đầu mô phỏng, chọn Simulation, start.



Hình 3.9.

Kết quả mô phỏng : nhấp chuột vào khối Scope



Hình 3.10

Để kết thúc Simulink chọn Close từ menu File và trở về dấu nhắc lệnh Matlab để tiếp tục với Matlab. Để kết thúc phiên Simulink mà không rời Matlab, ta chỉ cần đóng tất cả cửa sổ Simulink. Để thoát cả Matlab và Simulink, chọn Exit Matlab.

Trong phân tích và thiết kế hệ thống điều khiển hồi tiếp, Simulink cung cấp tập các khối mô hình hàm truyền và không gian trạng thái. Hình vẽ sau minh họa các thư viện khối Simulink của các mô hình liên quan đến điều khiển như là Continuous và Simulink Extras. Thí dụ bộ điều khiển PID nằm trong Simulink Extras.

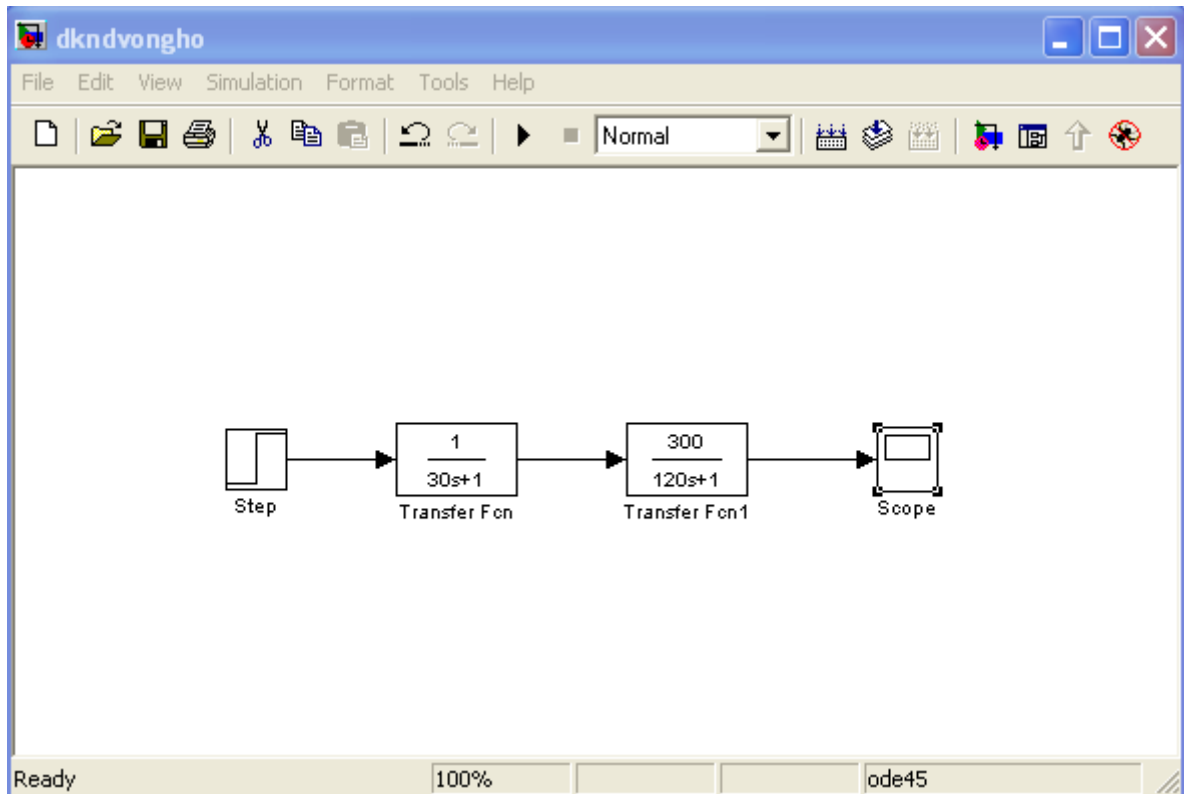
3.3. Các bài thực tập:

3.3.1. Khảo sát hệ thống ổn định nhiệt độ

3.3.1.1. Khảo sát hệ hở, nhận dạng hệ thống theo mô hình Ziegler-Nichols:

Mục đích: khảo sát khâu quán tính bậc hai, dùng để so sánh với mô hình Ziegler-Nichols (xem bài 4).

Thí nghiệm: Dùng Simulink xây dựng mô hình hệ thống lò nhiệt vòng hở như sau:



Hình 3.11. Mô hình khảo sát vòng hở.

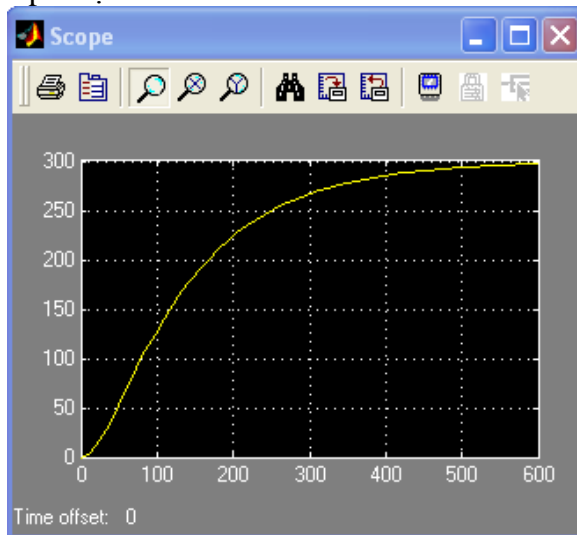
Step: là tín hiệu hàm nấc thể hiện phần trăm công suất cung cấp cho lò nhiệt.
 Giá trị của hàm nấc từ $0 \rightarrow 1$ tương ứng công suất cung cấp $0\% \rightarrow 100\%$.

Transfer Fcn-Transfer Fcn1: mô hình lò nhiệt tuyến tính hóa.

- Chỉnh giá trị của hàm nấc bằng 1 để công suất cung cấp cho lò là 100% (Step time=0, Initial time=0, Final time=1). Chỉnh thời gian mô phỏng Stop time=600 s. Mô phỏng và vẽ quá trình quá độ của hệ thống trên.
- Trên hình vẽ ở câu trên, vẽ tiếp tuyến tại điểm uốn để tính thông số L và T theo như hướng dẫn trong bài thí nghiệm 4. Chỉ rõ các giá trị này trên hình vẽ. So sánh giá trị L, T vừa tìm được với giá trị của mô hình lò nhiệt tuyến tính hóa.

Hướng dẫn:

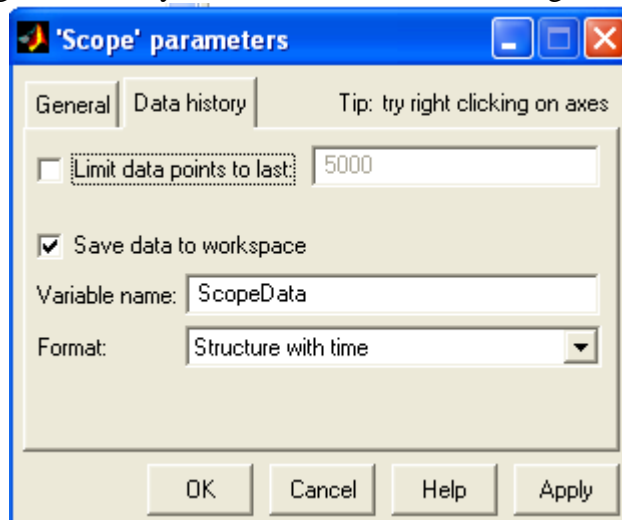
Sau khi chạy xong mô phỏng, để xem quá trình quá độ của tín hiệu ta nhấp đúp chuột vào khối Scope. Cửa sổ Scope hiện ra như sau:



Hình 3.12

Bài 3: Khảo sát và mô phỏng hệ thống tự động dùng SIMULINK

Vì cửa sổ Scope chỉ có thể xem đáp ứng hoặc in trực tiếp ra máy in nhưng không lưu hình vẽ thành file *.bmp được nên ta phải chuyển Scope này sang cửa sổ Figure để lưu. Thực hiện điều này bằng cách nhấp chuột vào ô Parameters. Cửa sổ Parameters hiện ra, nhấp chuột vào trang Data history và tiến hành cài đặt các thông số như hình bên dưới:



Hình 3.13

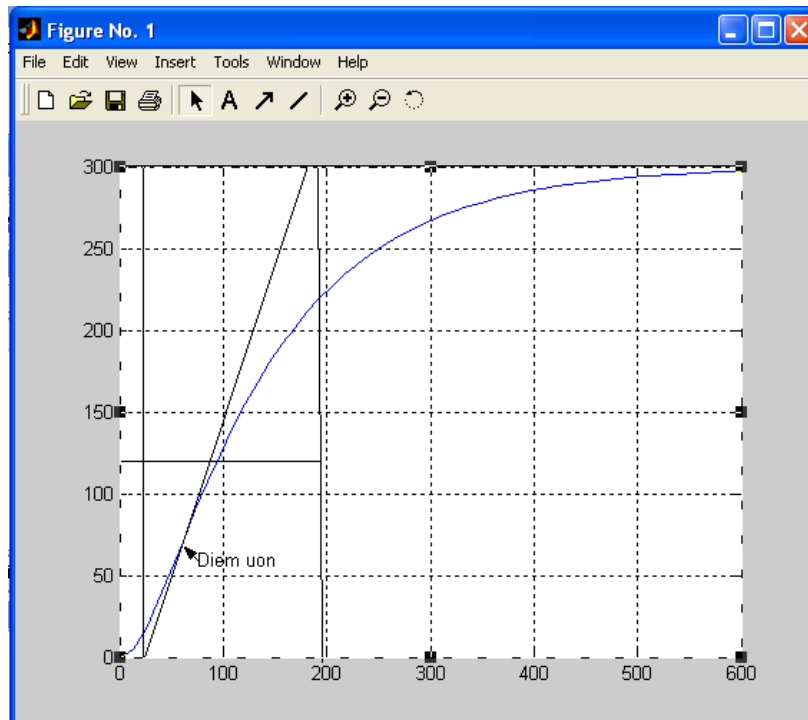
Tiến hành chạy mô phỏng lại để tín hiệu lưu vào biến ScopeData. Chú ý là nếu sau khi khai báo mà không tiến hành mô phỏng lại thì tín hiệu sẽ không lưu vào biến ScopeData mặc dù trên cửa sổ Scope vẫn có hình vẽ.

Sau đó vào cửa sổ Command Window nhập lệnh sau:

```
>> plot(ScopeData.time,ScopeData.signals.values) %ve dap ung
```

```
>> grid on % ke luoi
```

Lúc này cửa sổ Figure hiện ra với hình vẽ giống như hình vẽ ở cửa sổ Scope. Vào menu Insert/Line, Insert/Text để tiến hành kẻ tiếp tuyến và chú thích cho hình vẽ. Kết quả cuối cùng như hình bên dưới.



Hình 3.14

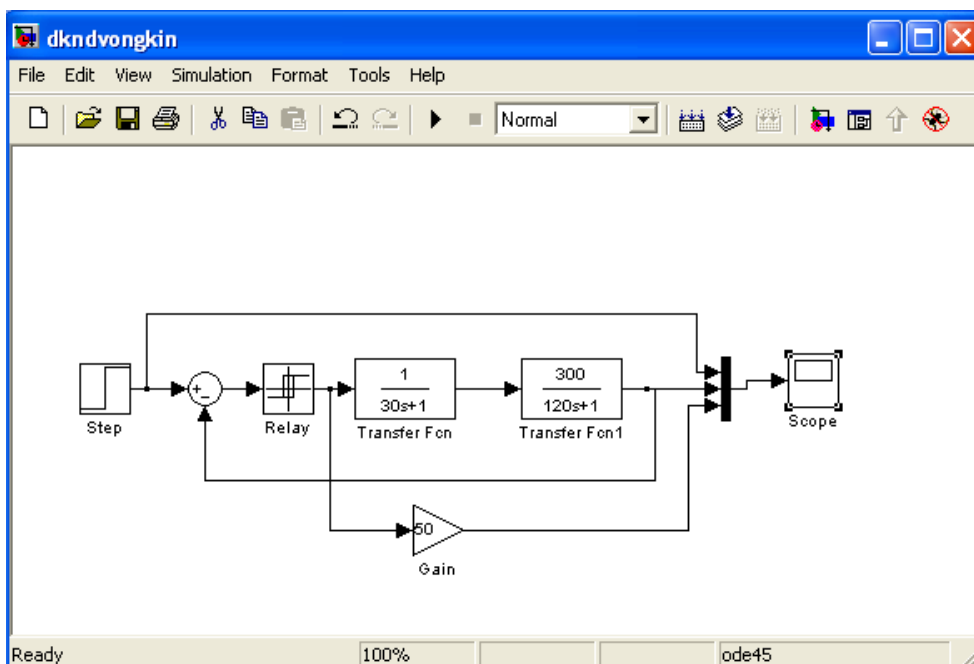
Vào menu [File] → [Export] để lưu thành file *.bmp như ở bài thí nghiệm 1.

3.3.1.2. Khảo sát mô hình hệ thống ổn định nhiệt, điều khiển ON-OFF:

Mục đích: khảo sát hệ thống (HT) ổn định nhiệt độ điều khiển ON-OFF, xét ảnh hưởng của đặc tính rơle có trễ.

Thí nghiệm:

Mô hình được khảo sát tương tự với HT ổn định nhiệt độ của bài 4 (với thông số khác). Sơ đồ khối như sau:



Hình 3.15

Trong đó:

- lò nhiệt được biểu diễn bằng hai khâu quán tính nối tiếp.
- Đầu vào: u = hàm nấc, đặt 100 (nhiệt độ đặt 1000C).
- Tín hiệu ra đo ở Scope.
- Sum lấy hiệu số tín hiệu đặt và phản hồi.
- Relay là khâu rơle có trễ (Smith trigo), điều khiển On-off..
- Giá trị độ lợi ở khối Gain = 50 dùng để khuếch đại tín hiệu ngõ ra khỏi Relay để quan sát cho rõ. Lưu ý rằng giá trị này không làm thay đổi cấu trúc của hệ thống mà chỉ hỗ trợ việc quan sát tín hiệu.

a. Chính thời gian mô phỏng Stop time = 600s để quan sát được 5 chu kỳ điều khiển. Khảo sát quá trình quá độ của hệ thống với các giá trị của khâu rơle theo bảng sau:

Vùng trễ (Switch on/off point)	Ngõ ra cao (Output when on)	Ngõ ra thấp (Output when off)
+1/-1	1 (Công suất 100%)	0 (công suất 0%)
+5/-5	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)
+10/-10	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)
+20/-20	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)

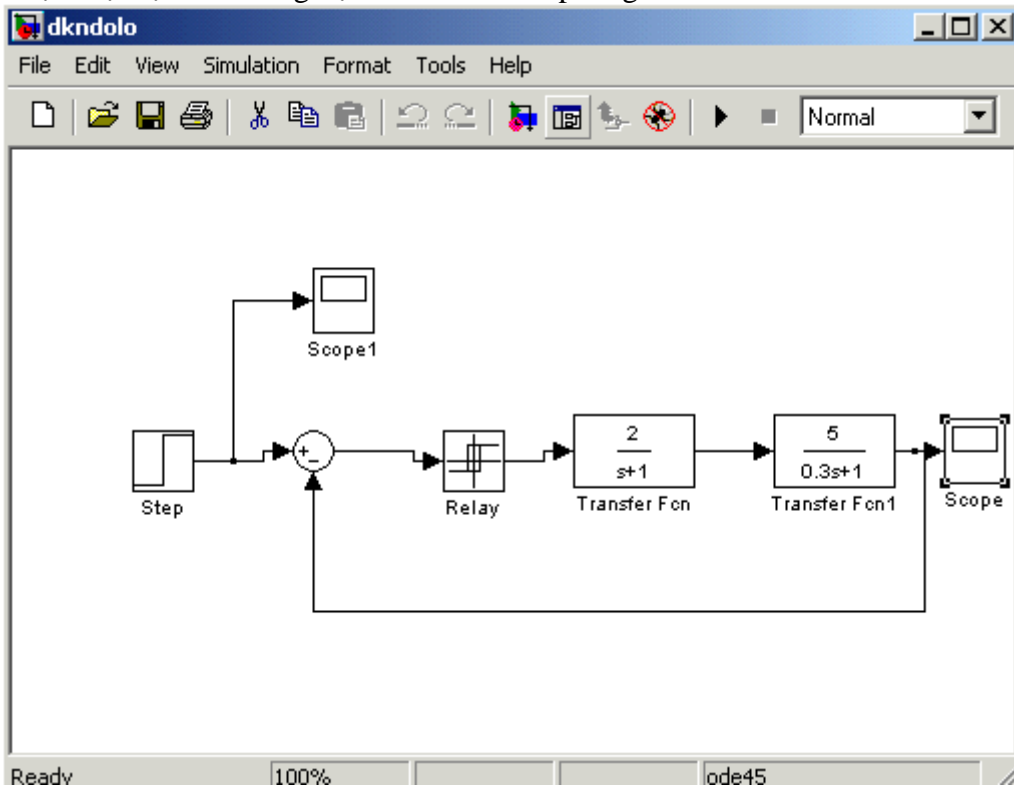
b. Tính sai số ngõ ra so với tín hiệu đặt và thời gian đóng ngắt ứng với các trường hợp của khâu Role ở câu a theo bảng sau:

Vùng trễ	$\Delta e1$	$\Delta e2$	Chu kỳ đóng ngắt (s)
+1/-1			
+5/-5			
+10/-10			
+20/-20			

Nhận xét ảnh hưởng của vùng trễ đến sai số ngõ ra và chu kỳ đóng ngắt của khâu rơle (khoảng thời gian ngõ ra khâu rơle thay đổi 1 chu kỳ).

Bài tập:

Thực hiện lại bài thí nghiệm với sơ đồ mô phỏng như sau:



Hình 3.16

3.3.1.3. Hệ thống điều khiển nhiệt độ hiệu chỉnh Ziegler-Nichols (điều khiển PID):

Mục đích: Sử dụng hiệu chỉnh Ziegler-Nichols (PID) cho HT điều khiển nhiệt độ đang khảo sát. Từ đó so sánh chất lượng của hệ thống ở hai bộ điều khiển PID với bộ điều khiển On/off.

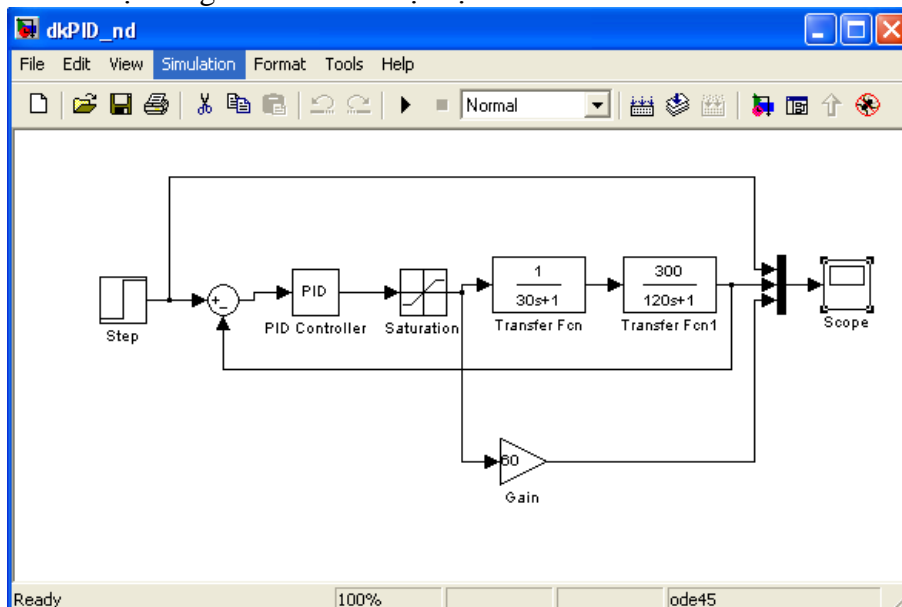
Thí nghiệm:

Bộ hiệu chỉnh có hàm truyền: $PID = K_p + K_i/s + K_d \cdot s$

Trong đó: $K_p = (1.2 \cdot T)/LK$; $K_i = K_p/(2 \cdot L)$; $K_d = 0.5 \cdot K_p \cdot L$

Trong đó L, T, K là các giá trị đã tìm được ở phần 3.3.1.1. Chú ý giá trị K đã cho trước ở mô hình hàm truyền lò nhiệt $K=300$.

Xây dựng mô hình hệ thống điều khiển nhiệt độ PID như sau:



Hình 3.17

trong đó:

. Tín hiệu đầu vào hàm nấc $u(t)=100$ (tương trưng nhiệt độ đặt 100°C).

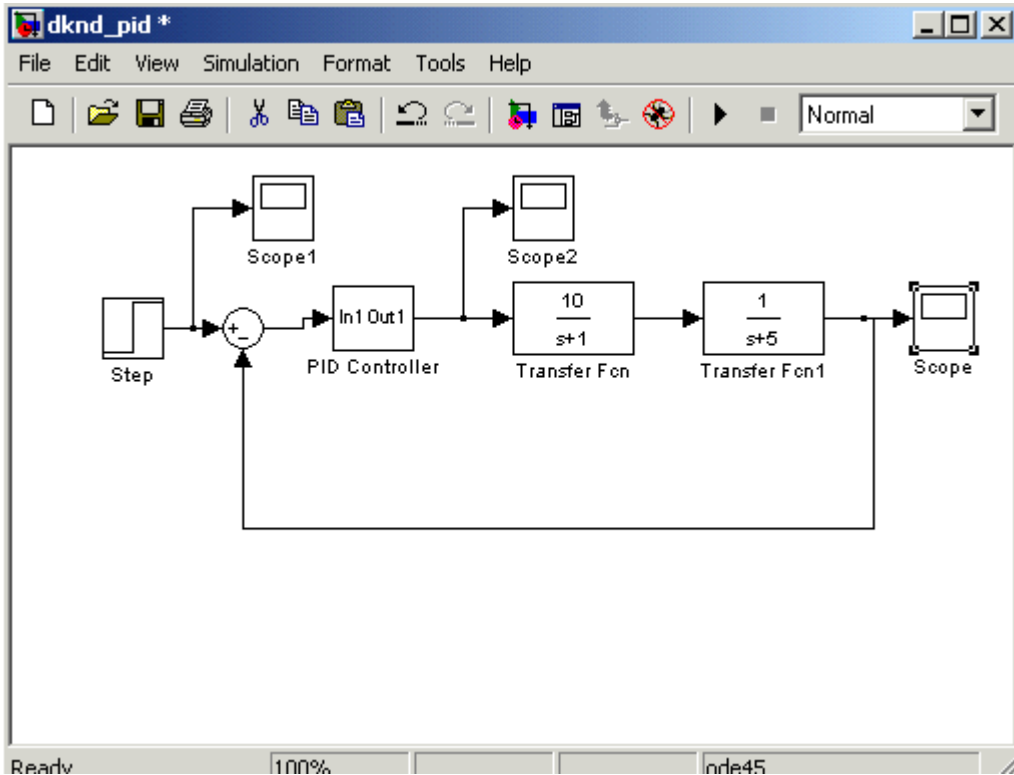
. Khâu bảo hoà Saturation có giới hạn upper limit=1, lower limit=0 (tương trưng ngõ ra bộ điều khiển có công suất cung cấp từ 0% đến 100%).

. Bộ điều khiển PID có thông số cần tính toán.

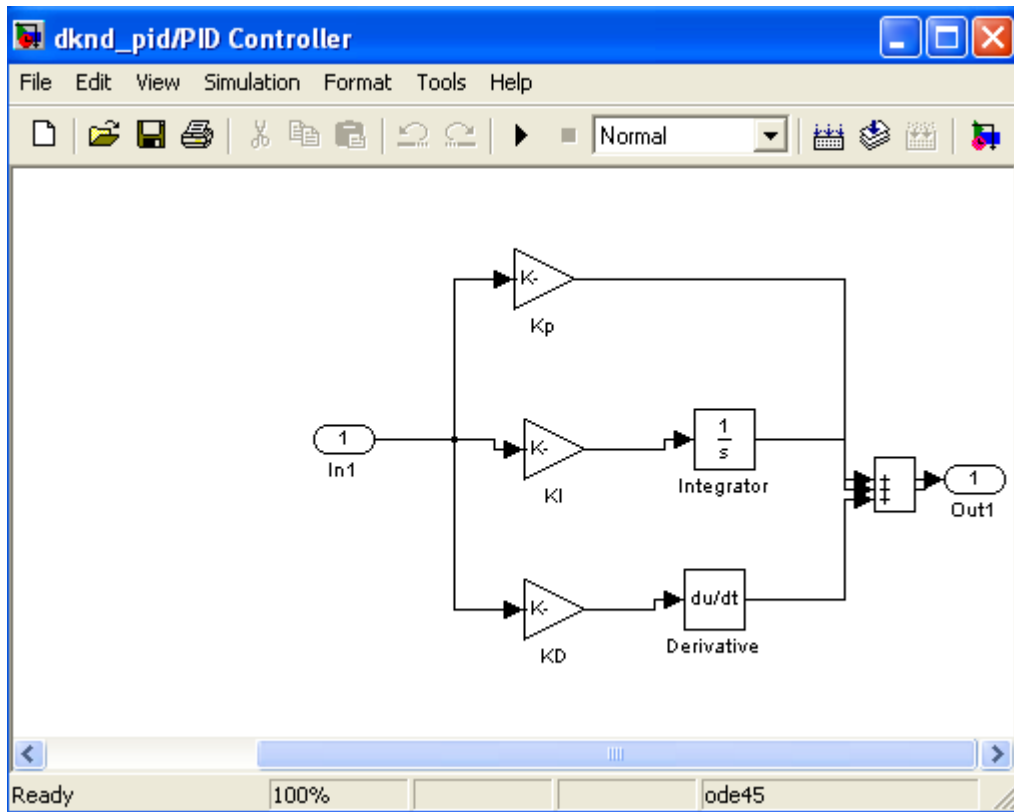
. Transfer Fcn-Transfer Fcn1 : mô hình lò nhiệt tuyến tính hóa.

Bài tập :

Thực hiện lại bài thí nghiệm theo sơ đồ mô phỏng như sau (H3.18):



Hình 3.18
Bên trong bộ điều khiển PID(H3.19)

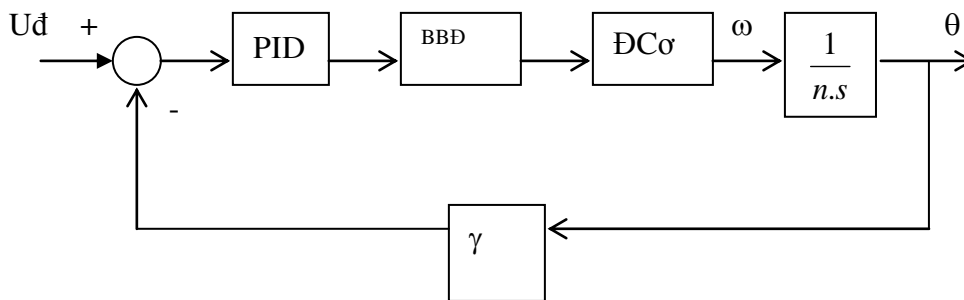


Hình 3.19

3.3.2. Khảo sát mô hình hệ thống điều khiển vị trí và tốc độ động cơ DC:

3.3.2.1. HT điều khiển dùng một khâu hiệu chỉnh PID vị trí:

Khảo sát mô hình tuyến tính có sơ đồ khối sau:



Trong đó : U_d là tín hiệu đặt; PID là bộ hiệu chỉnh; BBĐ là bộ biến đổi cung cấp điện áp thay đổi được cho động cơ một chiều kích từ độc lập ĐC σ ; ω, θ là tốc độ trục động cơ và vị trí của tải, quan hệ qua hệ số giảm tốc n ; γ là hệ số phản hồi vị trí.

a. Khảo sát HT điều khiển vị trí hiệu chỉnh PD có tính đến sự bão hòa của bộ biến đổi BBĐ với các ngõ vào khác nhau.

b. Khảo sát HT khi hiệu chỉnh PD và PID với ngõ vào hàm dốc.

Sinh viên tham khảo bài thí nghiệm 5 để biết rõ phương trình mô tả động cơ DC. Từ phương trình mô tả động cơ, ta có sơ đồ khối biểu diễn mô hình động cơ như sau:

Trong đó:

. Phần ứng : $R=1 \text{ Ohm}, L=0.03\text{H} \rightarrow T_{dt}=0.03\text{s}$.

. Ce: hằng số điện từ, $C_e=0.2\text{V.s/rad}$.

. M : moment động cơ, M_c : moment cản.

U : giá trị điện áp đặt vào động cơ.

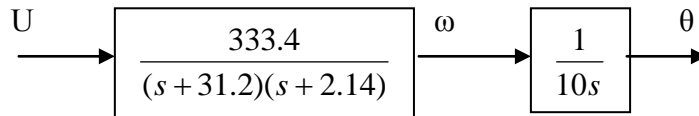
J : moment quán tính của các phần chuyển động, $J=0.02 \text{ kgm/s}^2$.

Ω : tốc độ quay của động cơ (rad/s).

θ : vị trí góc quay của động cơ (rad).

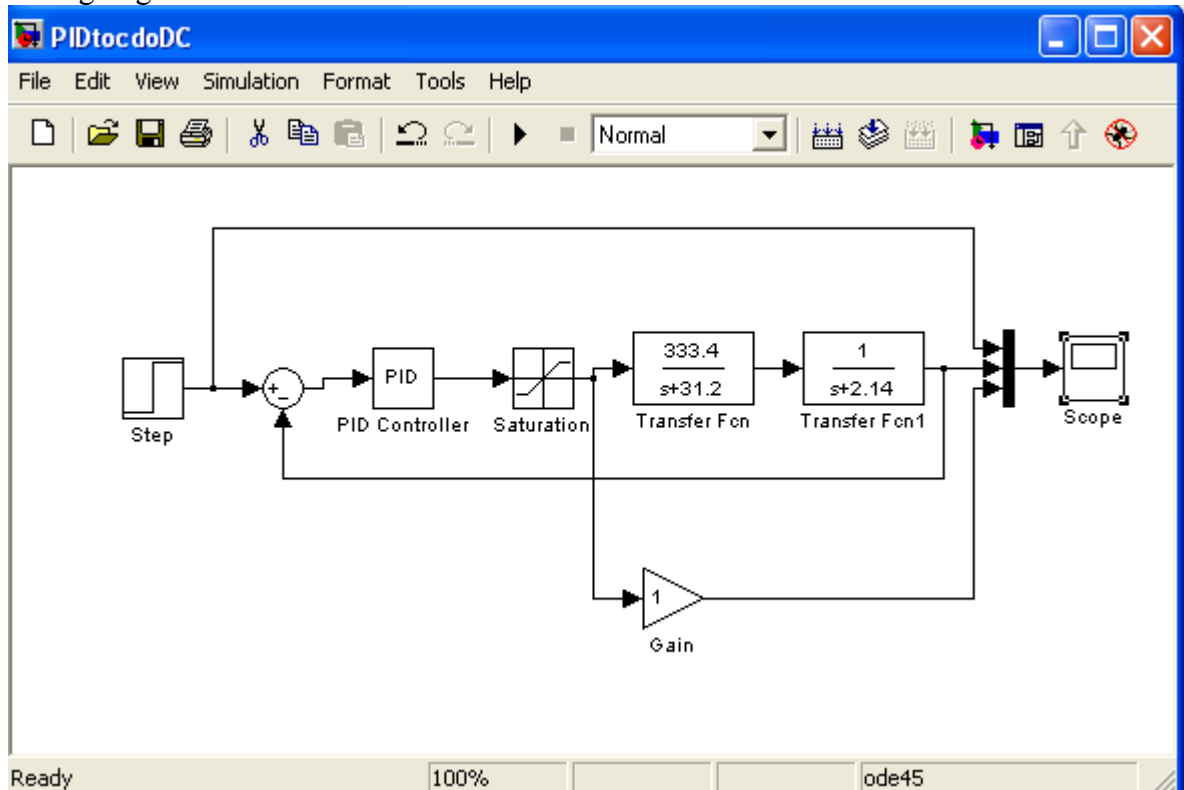
N : tỉ số truyền, trong khảo sát : $n=10$.

Với điều kiện không tải $M_c=0$, thu gọn sơ đồ khối thành :



Khảo sát mô hình điều khiển tốc độ động cơ DC :

Tương ứng sơ đồ Simulink:



Hình 3.20

Trong đó :

.Tín hiệu đặt đầu vào hàm nấc $u(t)=100$ (tương trưng tốc độ đặt 100).

.Khâu bão hòa Saturation có giới hạn là $+30/-30$ (tương trưng điện áp cung cấp cho phần ứng động cơ từ $-30V$ đến $+30V$).

.Transfer Fcn-Transfer Fcn1 thể hiện mô hình tốc độ động cơ DC.

- a. Chính thời gian mô phỏng Stop time =10s. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển P($K_i=0, K_d=0$) và tính độ vọt lố., sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_P	1	10	20	50	100
POT					
E_{xl}					
t_{xl}					

Nhận xét chất lượng của hệ thống thay đổi như thế nào khi K_p thay đổi. Giải thích.

b. Thực hiện khảo sát với bộ điều khiển PI ($K_p=2, K_d=0$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_I	0.1	0.5	0.8	1	2
POT					
E_{xl}					
t_{xl}					

Nhận xét chất lượng của hệ thống thay đổi thế nào khi K_i thay đổi. Giải thích. So sánh chất lượng bộ điều khiển PI với bộ điều khiển PI.

c. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển PID ($K_p=2, K_i=2$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_D	0.1	0.2	0.5	1	2
POT					
E_{xl}					
t_{xl}					

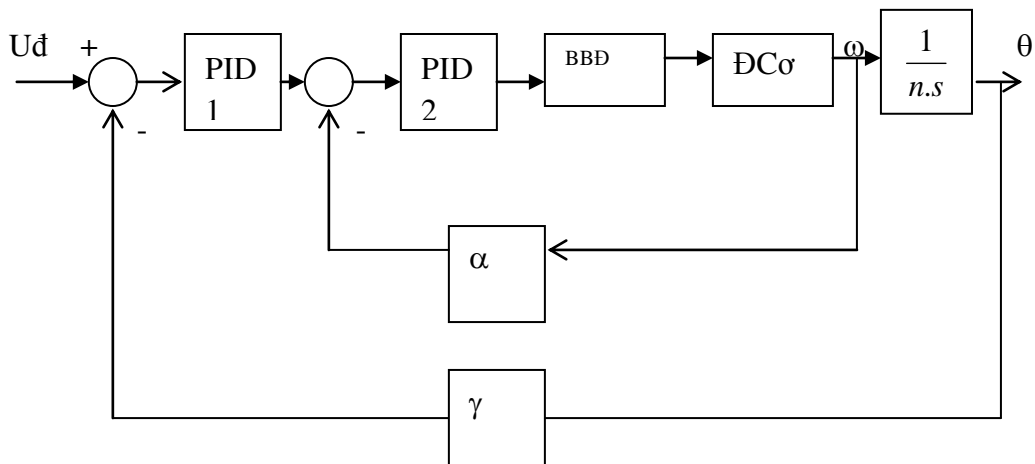
Nhận xét chất lượng của hệ thống thay đổi thế nào khi K_d thay đổi. Giải thích. So sánh chất lượng bộ điều khiển PID với bộ điều khiển P và PI.

d. Nhận xét ảnh hưởng của các khâu P, I, D lên chất lượng hệ thống.

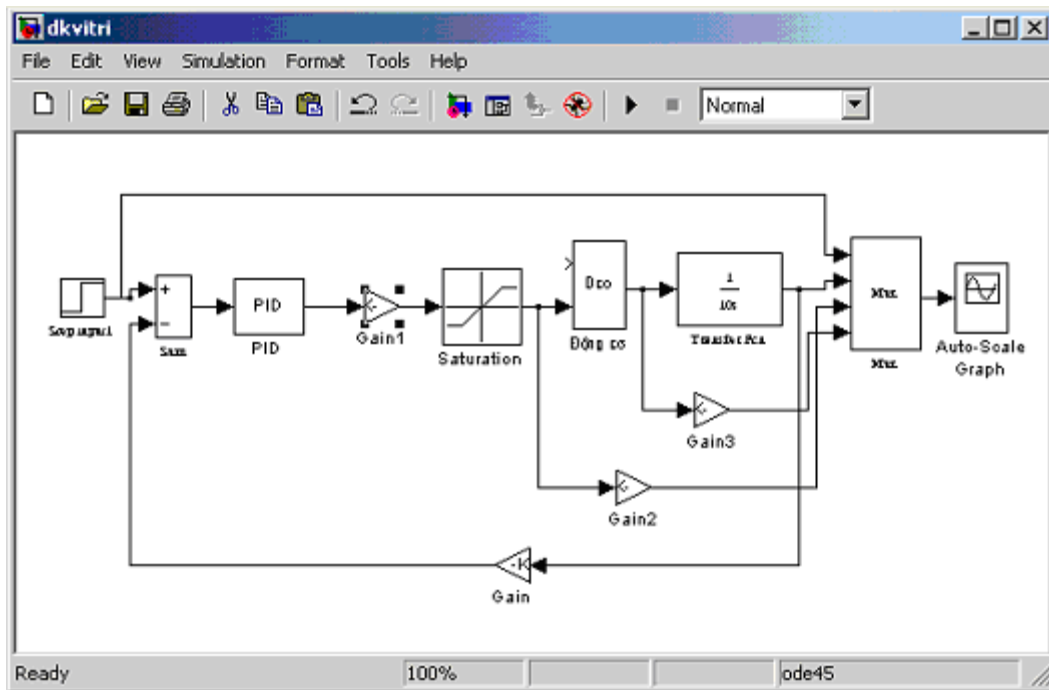
3.3.2.2. Hệ thống điều khiển dùng hai hiệu chỉnh PID vị trí và tốc độ:

Mục đích: Khảo sát HT điều khiển vị trí hiệu chỉnh PID với ngõ vào hàm dốc có phản hồi tốc độ, so sánh với hệ thống không có phản hồi tốc độ.

Sơ đồ khối như hình sau: trong đó BBĐ và bộ hiệu chỉnh vòng vị trí PID1 bị bão hoà (giới hạn biên độ); α là hệ số phản hồi tốc độ.



Tương ứng sơ đồ Simulink.



Hình 3.21

Bài tập ứng dụng

3.4. Kiểm tra đánh giá

Bài 4

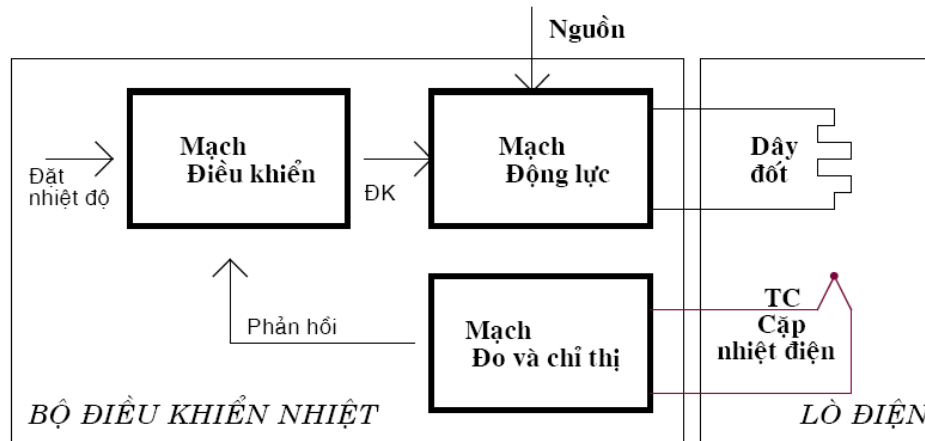
HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ

4.1. Mục tiêu

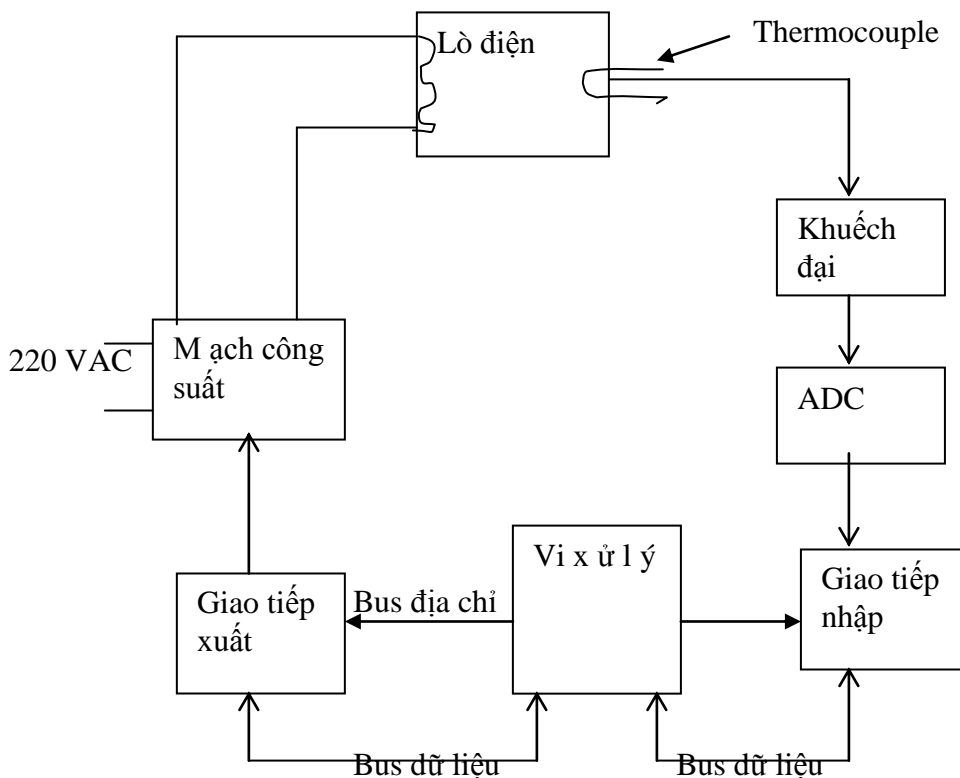
- Làm quen với đối tượng lò điện.
- So sánh nguyên lý điều khiển ON-OFF và tuyến tính trong điều khiển nhiệt độ.

4.2. Nội dung

Gồm có bộ điều khiển và lò điện có sơ đồ sau:



Hình 4.1a: Hệ thống điều khiển nhiệt độ



Hình 4.1b : Hệ thống điều khiển nhiệt độ dùng vi xử lý

Lò điện ở đây dùng loại lò nướng dân dụng 220 V đã bị loại bỏ phần điều khiển nhiệt độ.

Bộ điều khiển gồm mạch đo nhiệt độ sử dụng cặp nhiệt điện (Thermo Couple - có điện áp ra thay đổi theo nhiệt độ), mạch điều khiển dùng khuếch đại thuật toán và bộ chấp hành (mạch động lực) dùng TRIAC đóng ngắt nguồn điện lưới cung cấp cho lò khi áp qua zero (zero switching).

Với bộ điều khiển này, có thể chọn một trong hai nguyên tắc điều khiển ON-OFF (dùng rơle có trễ) hay tuyến tính (PID). Trong trường hợp sau, bộ chấp hành hoạt động theo nguyên tắc điều chỉnh xung, đảm bảo cung cấp công suất cho lò tỉ lệ với tín hiệu điều khiển tương ứng bộ điều khiển là hệ số khuếch đại (khâu P).

4.2.1. Hàm truyền lò điện và mô hình của Ziegler-Nichols:

Lò nhiệt có đầu vào là điện áp (hay công suất) cung cấp cho dây điện trở và ngõ ra là nhiệt độ bên trong lò. Để lập hàm truyền lò nhiệt ta phải khảo sát phương trình vi phân mô tả các quan hệ nhiệt độ và năng lượng. Đây là một bài toán phức tạp nếu muốn mô tả chính xác hàm truyền phi tuyến của hệ thống.

Một cách gần đúng, ta có thể xem môi trường nung là đồng chất, đẳng nhiệt. Từ phương trình cân bằng năng lượng: điện năng cung cấp sẽ được dùng để bù vào năng lượng nhiệt truyền ra bên ngoài và tích nhiệt vào môi trường nung, ta tính được hàm truyền lò là bậc nhất, có dạng như sau:

$$P \rightarrow \left[\frac{K}{Ts + 1} \right] \rightarrow \theta$$

Trong đó:

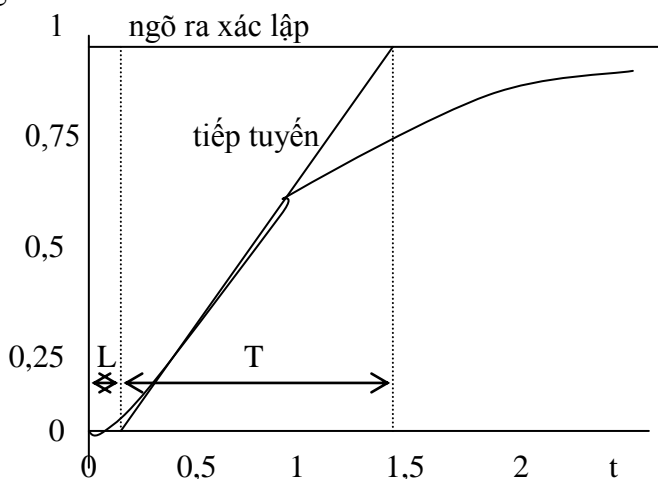
P: công suất cung cấp.

θ : là độ tăng nhiệt độ ngõ ra so với nhiệt độ môi trường.

K: là hệ số tỉ lệ cho biết quan hệ vào ra ở chế độ xác lập.

T: là thời hằng, thể hiện quán tính nhiệt hệ thống.

Mô hình hàm truyền này cho thấy quá trình quá độ với đầu vào hàm bậc có dạng hàm mũ. Thực tế cho thấy mô hình trên chỉ là gần đúng, hệ thống có bậc cao hơn nhưng quá trình quá độ đầu vào hàm bậc vẫn là không vọt lố, có dạng như hình sau khi cho nhiệt độ đầu bằng 0.



Theo Ziegler-Nichols thì một hệ thống như vậy có thể được biểu diễn dưới dạng hàm truyền sau:

$$H(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts + 1}$$

bao gồm một khâu quán tính hệ số khuếch đại K và thời hằng T, và khâu trễ thời gian L, các thông số này có thể lấy được khi kẻ tiếp tuyến ở điểm uốn cho đồ thị quá độ hàm nấc như hình vẽ bên. Hệ số khuếch đại K được tính như sau :

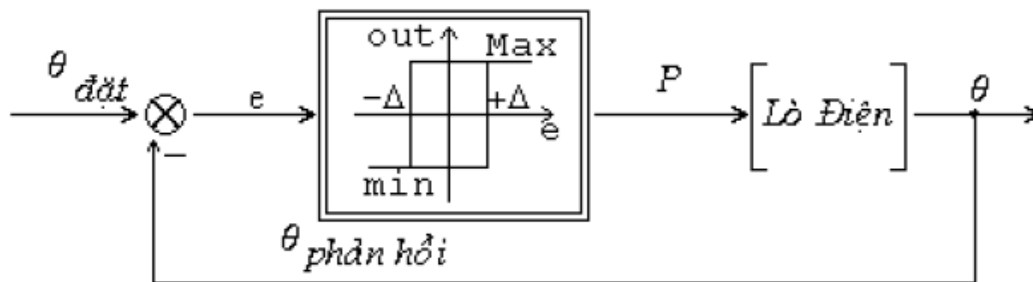
$$K = \frac{\text{Nhiệtdovac lap}}{\% \text{cong suat}}$$

Khi nhiệt độ ban đầu khác không, K được tính từ độ tăng nhiệt độ ngõ ra so với môi trường. Để áp dụng cho hệ tuyến tính, ta lấy khai triển Taylor của e^{-LS} , hàm truyền trở nên :

$$H(s) = \frac{K}{(Ts + 1)(Ls + 1)}$$

Tóm lại, Ziegler-Nichols xấp xỉ hàm truyền lò với hệ bậc nhất có trễ hay hệ tuyến tính bậc hai, và cho phép tìm hàm truyền bằng thực nghiệm khi vẽ quá trình quá độ hệ thống với ngõ vào là hàm nấc.

4.2.2. Nguyên lý điều khiển ON-OFF (dùng khâu role có trễ) :



Hình 4.2

Phương pháp điều khiển ON-OFF còn được gọi là phương pháp đóng ngắt hay dùng khâu role có trễ : cơ cấu chấp hành sẽ đóng nguồn để cung cấp cho năng lượng ở mức tối đa cho thiết bị tiêu thụ nhiệt nếu nhiệt độ đặt $\theta_{\text{đặt}}$ lớn hơn nhiệt độ lò $\theta_{\text{phản hồi}}$, ngược lại mạch điều khiển sẽ ngắt mạch cung cấp năng lượng khi nhiệt độ đặt nhỏ hơn nhiệt độ thực của lò.

Một vùng trễ được đưa vào để hạn chế tần số đóng ngắt như sơ đồ khối trên : nguồn chỉ được đóng khi sai lệch nhiệt độ e lớn hơn một lượng Δ và ngắt khi e bé hơn Δ . Như vậy, nhiệt độ phản hồi $\theta_{\text{phản hồi}}$ sẽ dao động quanh giá trị đặt $\theta_{\text{đặt}}$ và 2Δ còn được gọi là vùng trễ của role.

Khâu role có trễ còn gọi là mạch so sánh Smith trong mạch điện tử, và như vậy Δ là giá trị thêm hay ngưỡng.

Điều khiển ON-OFF có ưu điểm là :

- Thiết bị tin cậy, đơn giản, chắc chắn, hệ thống luôn hoạt động được với mọi tải.
- Tính toán thiết kế ít phức tạp và cân chỉnh dễ dàng.

Nhưng có khuyết điểm là sai số xác lập sẽ lớn do hệ chỉ cân bằng động quanh nhiệt độ đặt và thay đổi theo tải. Khuyết điểm này có thể được hạn chế khi giảm vùng trễ bằng cách dùng phần tử đóng ngắt điện tử ở mạch công suất.

Việc điều khiển nhiệt độ với chất lượng cao có thể thực hiện bằng sơ đồ điều khiển tuyến tính với hàm truyền hiệu chỉnh thích hợp.

4.2.3. Nguyên lý điều khiển tuyến tính:

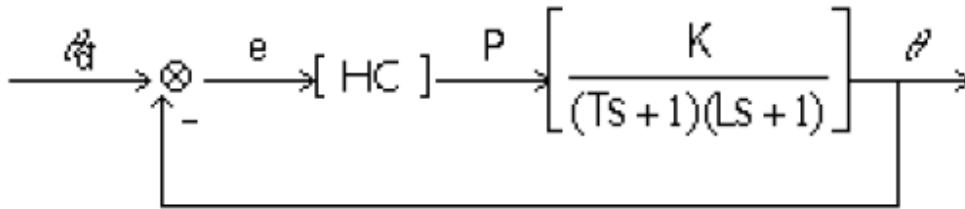
Khác với nguyên lý ON-OFF chỉ có hai giá trị công suất ở ngõ ra, sơ đồ điều khiển tuyến tính cung cấp công suất cho tải thay đổi một cách liên tục theo sai lệch giữa nhiệt độ đặt và nhiệt độ thực. Bộ hiệu chỉnh xử lý tín hiệu sai lệch đặt - phản hồi, cho ra tín hiệu điều khiển làm sai lệch tiến về zero với đặc tính quá độ mong muốn. Như vậy ở chế độ xác lập, nhiệt độ lò và công suất cung cấp cho lò sẽ có một giá trị xác lập, phụ thuộc vào đặc tính hệ thống.

Chất lượng hệ thống như vậy sẽ phụ thuộc vào thông số của sơ đồ hiệu chỉnh. Một trong những nguyên lý hiệu chỉnh thường dùng là PID (vi phân tích phân tỉ lệ), và trong bài

thí nghiệm ta dùng P (điều khiển tỉ lệ) vì không thể thực hiện các thời hằng của mạch vi tích phân (ở đây có trị số khá lớn) bằng mạch analog.

Như vậy, khâu hiệu chỉnh chỉ là mạch khuếch đại có hệ số thích hợp, dung hoà giữa độ chính xác và chất lượng quá độ vì nếu tăng hệ số khuếch đại, sai số sẽ giảm nhưng sẽ xuất hiện dao động và vọt lố ở ngõ ra.

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tuyến tính như sau:



Hình 4.3

HC: hàm truyền bộ hiệu chỉnh, trong thí nghiệm này chỉ là bộ khuếch đại.

Phương pháp điều khiển công suất được dùng là điều rộng xung. Tải sẽ nhận công suất trong khoảng T_{on} của chu kì T không đổi. Công suất trên tải có thể điều khiển được bằng cách thay đổi độ rộng xung tương đối a :

$$A = T_{on} / T.$$

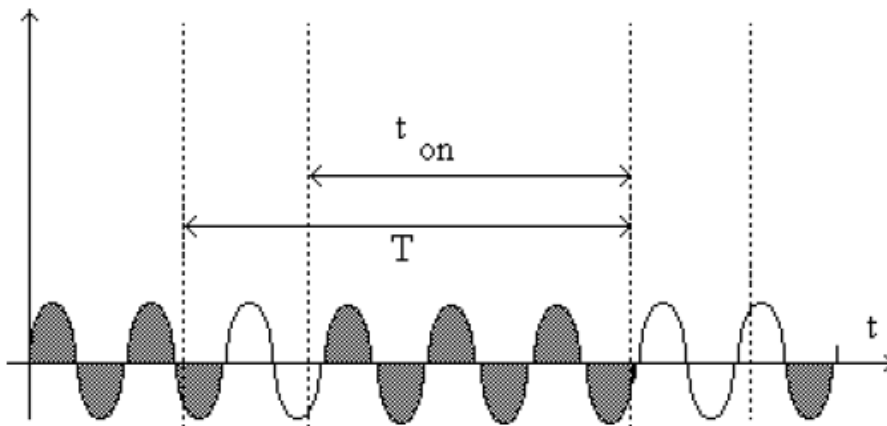
Và công suất cung cấp cho tải :

$$P = a * P_{max}.$$

P_{max} : công suất cực đại ứng với trường hợp $a=1$, khi phần tử điều khiển công suất là TRIAC đóng mạch liên tục.

Vì TRIAC chỉ ngắt mạch khi dòng qua nó về zero, chu kì T phải đủ lớn để cho TRIAC có thể dẫn điện trong nhiều chu kì điện áp lưới (tần số lưới điện là 50 Hz).

Trong bài thí nghiệm, T khoảng 3 giây, bộ thí nghiệm có chỉ thị hệ số a theo đơn vị % gọi là % công suất.



t_{on} : thời gian TRIAC đóng

T : chu kỳ điều khiển

Hình 4.4

4.3. Thí nghiệm: Sinh viên đọc tham khảo [2]

4.3.1. Đo quá trình quá độ hệ hở, đầu vào hàm nấc

. Mục đích:

Vẽ đặc tính quá độ hệ hở, suy ra hàm truyền lò điện theo mô hình Ziegler-Nichol.

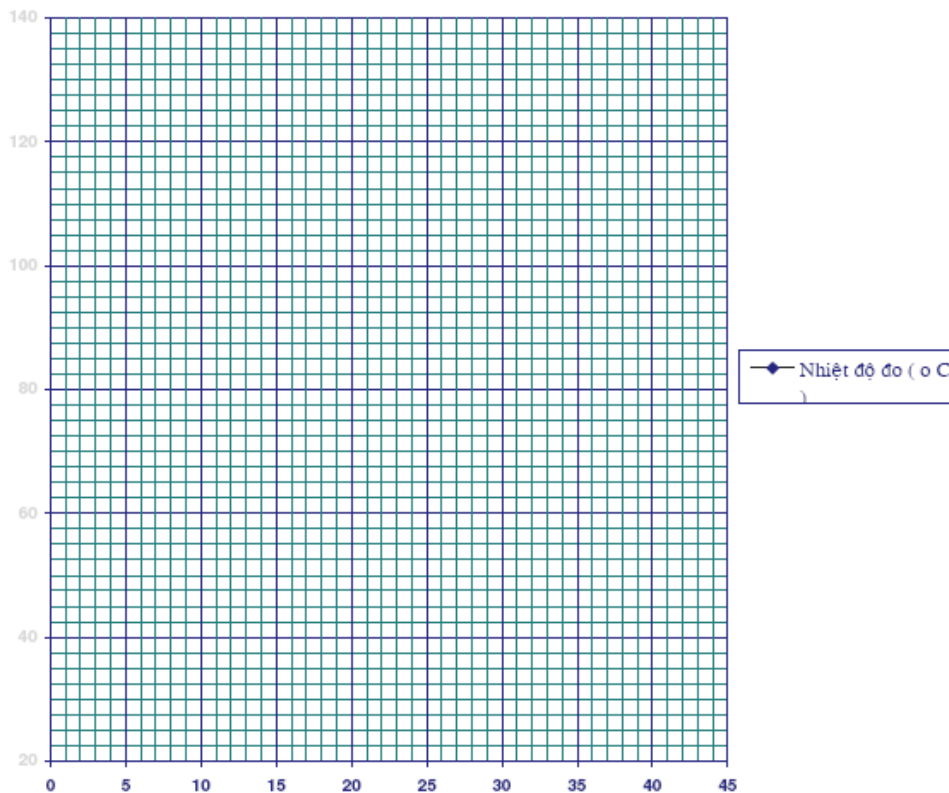
. Thí nghiệm:

Đặt chế độ vòng hở (công tắc chọn chế độ HỞ-KÍN bật qua hở), dùng biến trở đặt chỉnh công suất ra bằng 20%, ghi nhiệt độ lò từng 1 phút trong khoảng 30 phút vào bảng 1, vẽ đặc tính quá độ nhiệt độ ngõ ra trên hình 1 của cáo cáo và trả lời các câu hỏi trong báo cáo. (xem lại phần hướng dẫn).

Bảng 1: Quá trình quá độ hệ hở khi cung cấp 20% công suất.

T(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T°C													
$\Delta T^{\circ}\text{C}$													
T(min)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
T°C													
$\Delta T^{\circ}\text{C}$													
T(min)	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
T°C													
$\Delta T^{\circ}\text{C}$													

Hình vẽ 4.5: Quá trình quá độ hệ hở, đầu vào hàm nấc.



Tính toán các hệ số của hàm truyền lò theo kiểu mẫu của Ziegler-Nichol:

4.3.2. Điều khiển ON-OFF

. Mục đích:

Khảo sát hệ thống điều khiển nhiệt độ theo nguyên tắc điều khiển ON-OFF.

. Thí nghiệm:

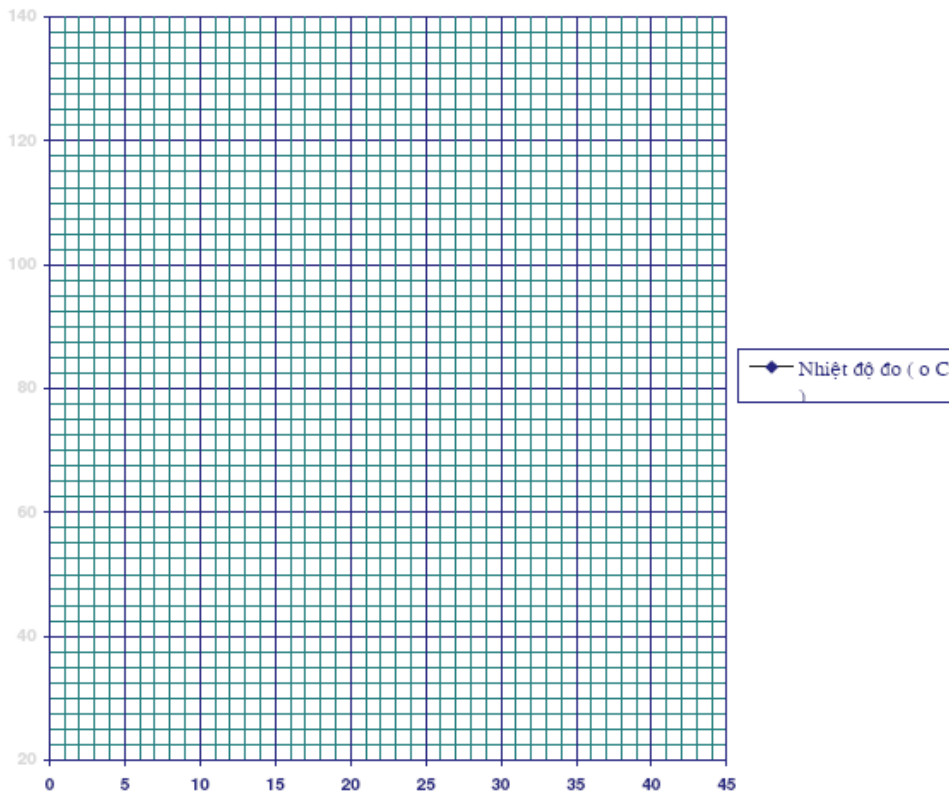
Mở cửa lò, dùng quạt để hạ nhiệt độ lò xuống dưới 50°C, đặt chế độ vòng kín(công tắc chọn chế độ), chuyển công tắc phương pháp điều khiển sang ON-OFF, bật công tắc ĐO-ĐẶT

sang ĐẶT, chỉnh biến trở để có nhiệt độ đặt là $T(^{\circ}\text{C})=100^{\circ}\text{C}$. Bật công tắc Đo-Đặt sang Đo để thí nghiệm. Đóng điện lò, ghi quá trình tăng nhiệt trong 30 phút.

Kết quả ghi theo bảng 2 và vẽ QTQĐ nhiệt độ lò, % công suất cung cấp trên cùng đồ thị. Sai số nhiệt độ của hệ thống được điều khiển ON-OFF tính bằng sai lệch dương +e1 và âm -e2 (viết ở dạng +e1/-e2) của biên độ đường cong dao động nhiệt độ ngõ ra so với giá trị đặt khi nhiệt độ ngõ ra có dao động ổn định, còn gọi là chế độ tựa xác lập.

Bảng 2: Bảng kết quả điều khiển ON-OFF, nhiệt độ đặt 100°C .

T(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T $^{\circ}\text{C}$													
%CS													
T(min)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
T $^{\circ}\text{C}$													
%CS													
T(min)	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
T $^{\circ}\text{C}$													
%CS													



Từ hình vẽ QTQĐ, xác định vùng trễ của khâu role và sai số thực tế. Giải thích lý do tại sao sai số điều khiển lại khá lớn so với vùng trễ.

4.3.3. Điều khiển tuyến tính.

. Mục đích:

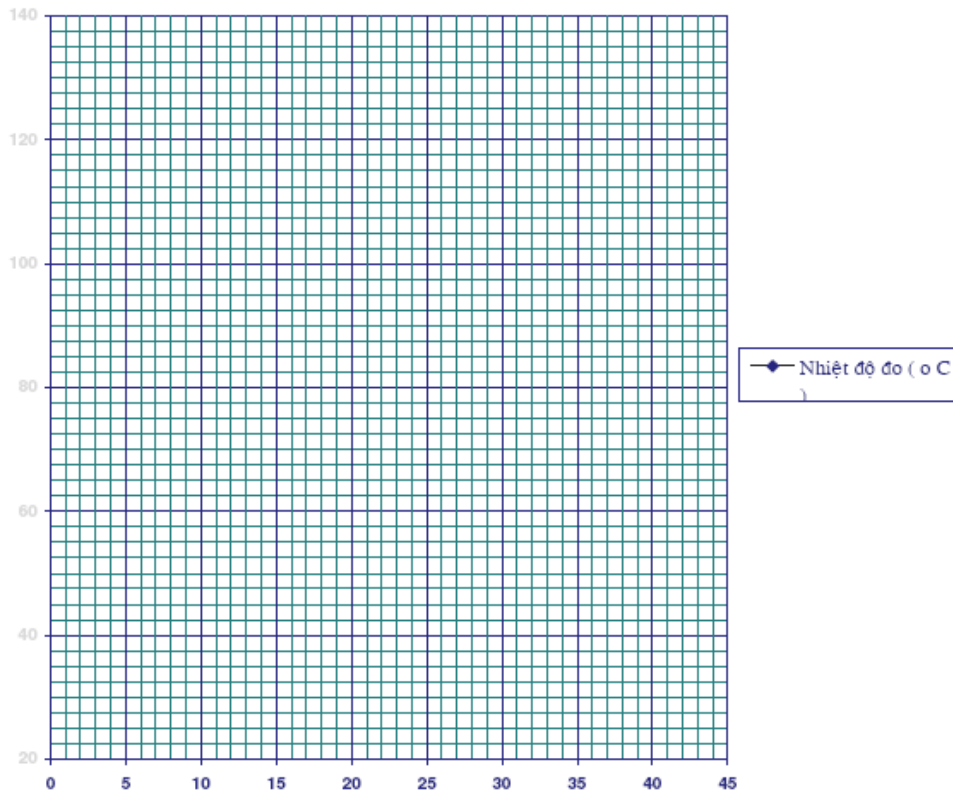
Khảo sát hệ thống điều khiển tuyến tính nhiệt độ với hiệu chỉnh P (bộ hiệu chỉnh là bộ khuếch đại tín hiệu sai số nhiệt độ).

. Thí nghiệm:

Mở cửa lò để hạ nhiệt độ xuống dưới 50°C , vẫn giữ nhiệt độ đặt là 100°C , chuyển công tắc phương pháp điều khiển sang tuyến tính (PI). Đo như phần 4.3.2 trong 30 phút. Báo cáo kết quả ghi theo bảng 3 và vẽ QTQĐ nhiệt độ lò, % công suất trên cùng đồ thị.

Bảng 3:

T(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T ^o C													
%CS													
T(min)	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
T ^o C													
%CS													
T(min)	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
T ^o C													
%CS													



Đánh giá thời gian quá độ, độ vọt lố và sai số xác lập.

Nhận xét về chất lượng điều khiển (sai số xác lập và đặc tính quá độ).

Kết luận : So sánh kết quả điều khiển tuyến tính (hiệu chỉnh P) với điều khiển ON-OFF, giải thích.

4.4. Kiểm tra đánh giá

-Sinh viên nộp báo thí nghiệm cuối mỗi buổi học.

-Giảng viên đánh giá và cho điểm.

Trích dẫn : bài thí nghiệm Hệ thống điều khiển nhiệt độ , của Bộ môn Điều khiển tự động, Khoa Điện - Điện tử, Đại học Bách Khoa Tp. HCM,

4.5. ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ BẰNG CÁC PHƯƠNG PHÁP

ĐIỀU KHIỂN CỖ ĐIỆN

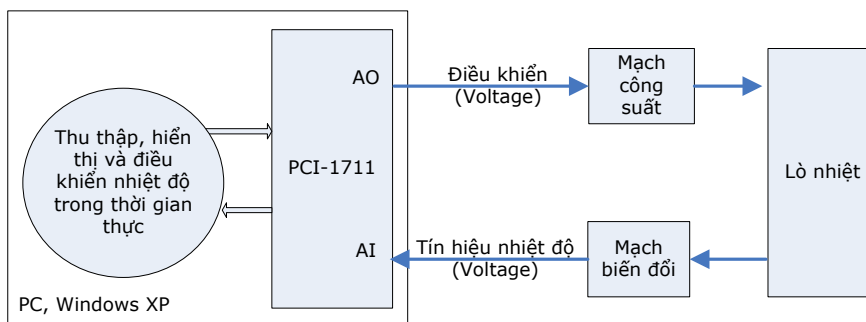
Mục tiêu:

Bài thí nghiệm này giúp sinh viên làm quen với đối tượng lò nhiệt, một đối tượng hay gặp trong công nghiệp và phương thức điều khiển chúng bằng các phương pháp điều khiển cổ điển đồng thời biết cách viết chương trình thực hiện thuật toán điều khiển và giao diện dùng ngôn ngữ lập trình Borland C++ Builder 5.0/Visual C++ 6.0 trên cơ sở hệ thống máy tính, card PCI 1718H/DU/PCI 1711 và đối tượng lò nhiệt.

Nội dung :

- Điều khiển ON-OFF.
- Điều khiển PID.

Sơ đồ khối và kết nối của hệ thống điều khiển nhiệt độ dùng PC:



Hình 4.6

Thí nghiệm:

1. Viết chương trình điều khiển nhiệt độ dùng ngôn ngữ lập trình Borland C++ Builder 5.0.
2. Viết chương trình điều khiển nhiệt độ dùng ngôn ngữ lập trình Visual C++6.0.
3. Viết chương trình điều khiển nhiệt độ dùng ngôn ngữ lập trình Borland Delphi 5.0.
4. Viết chương trình điều khiển nhiệt độ dùng ngôn ngữ lập trình Visual Basic 6.0.

Trích dẫn : bài thí nghiệm Điều khiển nhiệt độ bằng các phương pháp điều khiển cổ điển, của Bộ môn Điều khiển tự động, Khoa Điện - Điện tử, Đại học Bách Khoa Tp. HCM, 2008.

Bài 5

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ VÀ TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU

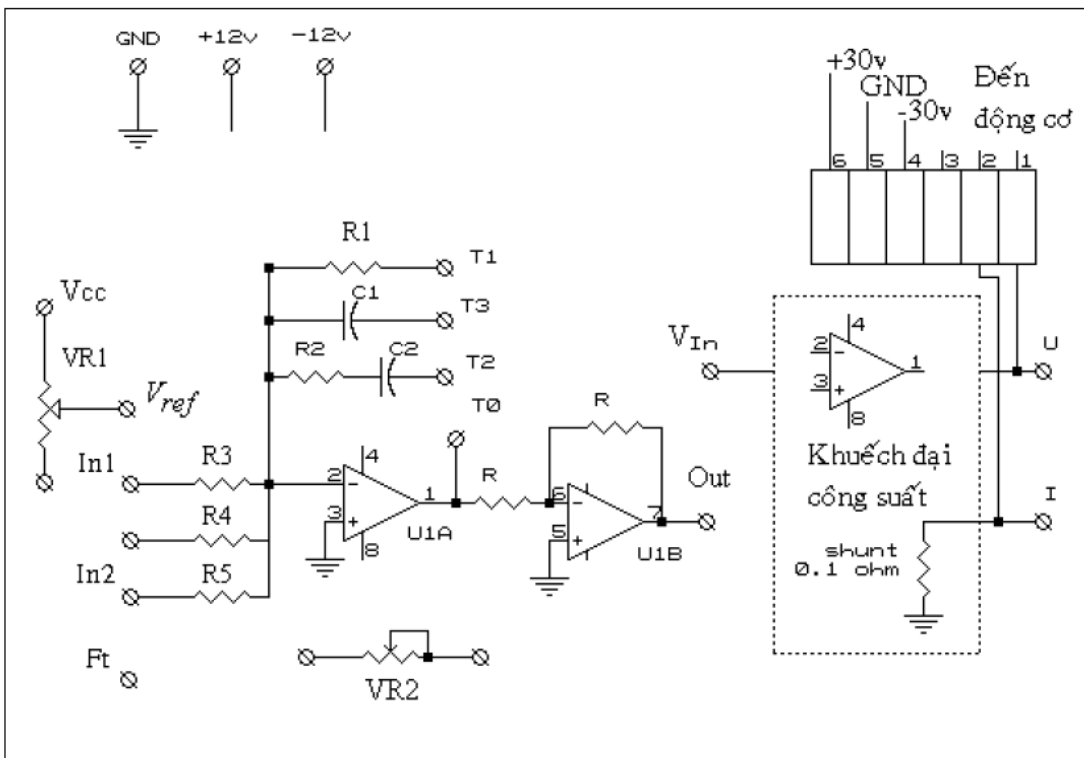
5.1. Mục tiêu

Khảo sát trong chế độ xác lập hệ thống truyền động điện động cơ một chiều kích từ bằng nam châm vĩnh cửu (động cơ chấp hành một chiều) khi:

- . Điều khiển tốc độ: đặc tính cơ hệ hở và vòng kín.
- . Điều khiển vị trí: có và không có phản hồi tốc độ với các bộ hiệu chỉnh khác nhau.

5.2. Nội dung

5.2.1. Phần điều khiển tốc độ:



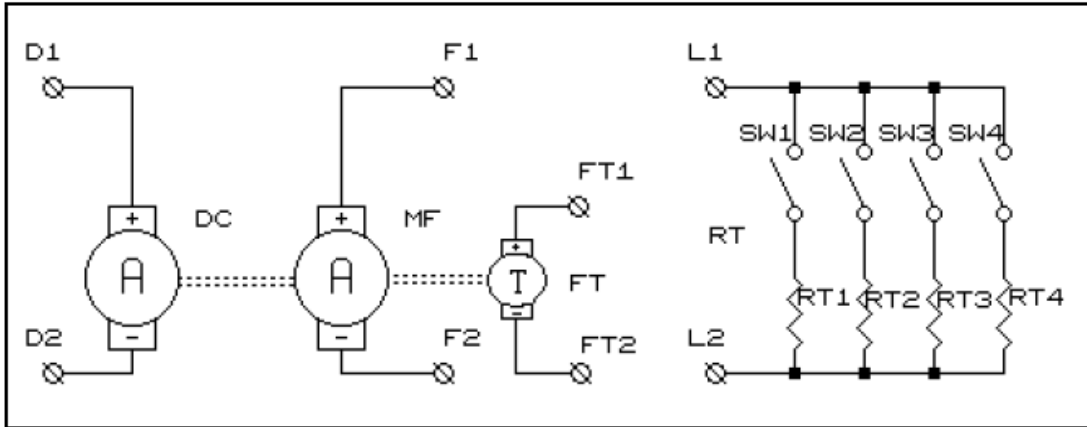
Hình 5.1: Sơ đồ nguyên lý bộ điều khiển động cơ chấp hành

5.2.1.1. Bộ điều khiển tốc độ

Có sơ đồ nguyên lý như hình 1, bao gồm:

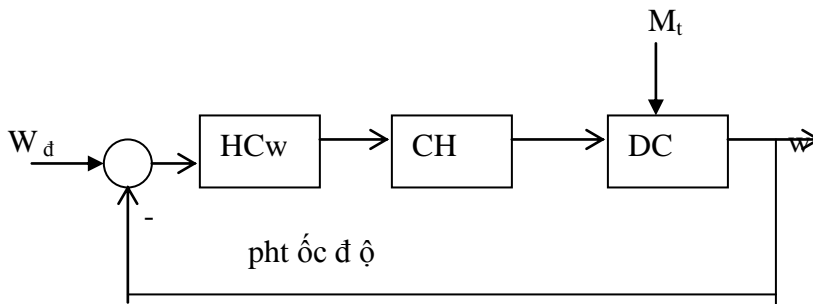
- . Mạch động lực là một bộ khuếch đại một chiều công suất, cấp điện $\pm 30V$ từ bên ngoài, ngõ ra nối với động cơ một chiều qua trạm nối. U và I là các trạm dùng để đo.
- . VR1 là biến trở đặt tín hiệu tốc độ.
- . U1 làm chức năng điều khiển.
- . Ngoài ra còn có đầu ra $\pm 12V$ làm tín hiệu đặt.

5.2.1.2. Nhóm động cơ máy phát : (hình 5.2)



Hình 5.2 : Sơ đồ nguyên lý nhóm động cơ máy phát

Hình 5.3 cho ta sơ đồ khối bộ điều khiển tốc độ, tín hiệu phản hồi tốc độ lấy từ máy phát tốc FT :



Hình 5.3 : Sơ đồ khối bộ điều khiển tốc độ

Trong đó :

w_d : tốc độ đặt , w : tốc độ động cơ.

HCw : khối hiệu chỉnh tốc độ.

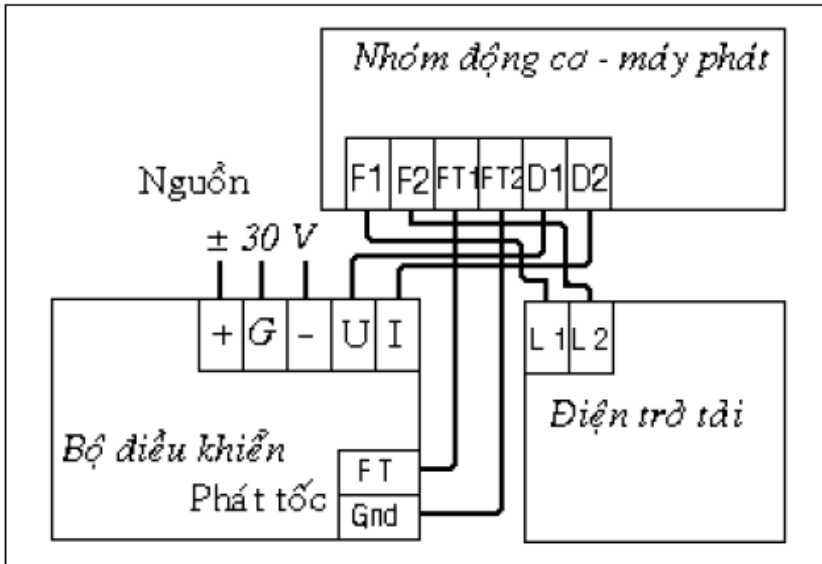
CH : khối chấp hành, là mạch khuếch đại công suất.

DC : động cơ có tải- tương ứng moment cản M_t .

5.2.1.3. Thiết bị đo để khảo sát HT điều khiển tốc độ :

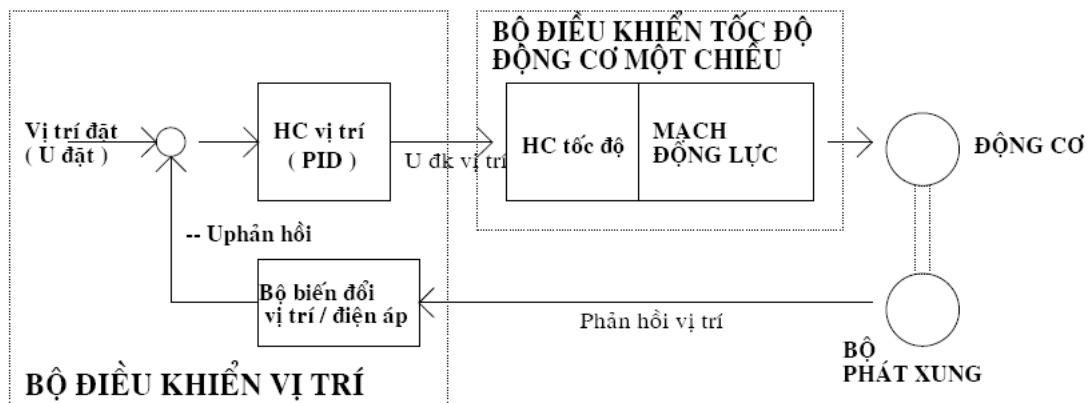
Gồm bộ hiển thị số dòng điện, điện áp động cơ trên mặt bộ thí nghiệm và một volt kế số để đo các điện áp cần thiết khác (tín hiệu đặt và phản hồi tốc độ).

Bộ điều khiển tốc độ, động cơ , và tải đã nối sẵn theo hình 5.4 cho cả bài thí nghiệm :



Hình 5.4 : Sơ đồ nối dây cho thí nghiệm điều khiển tốc độ động cơ :

5.2.2. Phần điều khiển vị trí :



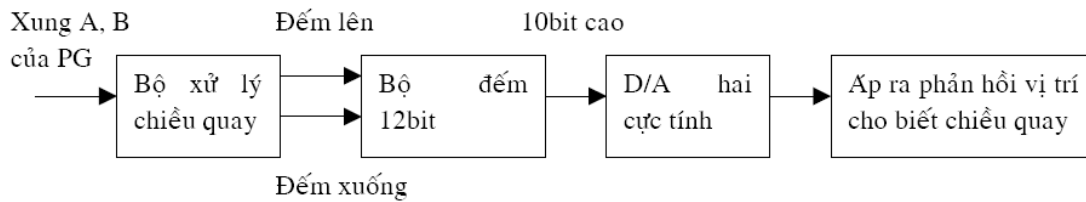
Hình 5.5 : Sơ đồ khối bộ điều khiển vị trí.

Để điều khiển vị trí, ta thêm vào phía trước bộ điều khiển tốc độ của phần 5.2.1 bộ điều khiển vị trí như trên hình 5.5. Bộ điều khiển vị trí xử lý sai lệch vị trí đặt và phản hồi, cho ra tín hiệu điều khiển động cơ sao cho sai lệch này tiến về zero với quá trình quá độ mong muốn.

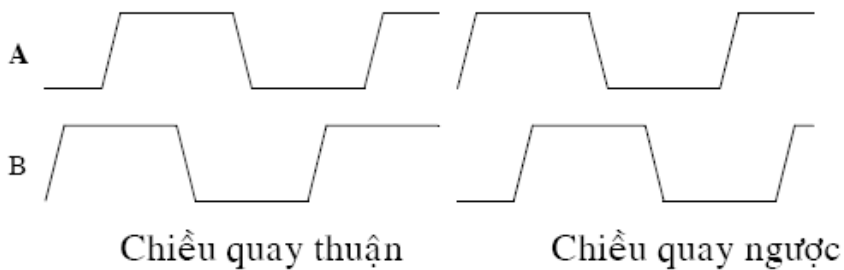
5.2.2.1. Bộ điều khiển vị trí:

- . Khối hiệu chỉnh vị trí (PID vị trí).
- . Khối biến đổi vị trí/ điện áp.(hình 5.6)

Bài 5: Hệ thống điều khiển tốc độ và vị trí động cơ một chiều
Bộ phản hồi vị trí



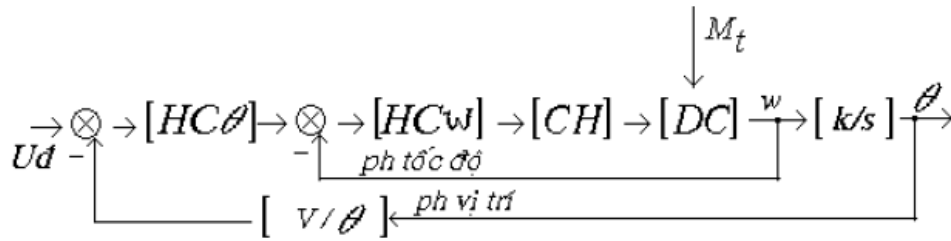
Hình 5.6 : Sơ đồ khối bộ biến đổi xung PG ra áp.



Hình 5.7 : Dạng xung ra của bộ phát xung PG.

5.2.2.2. Thiết bị đo cho thí nghiệm điều khiển vị trí:

- . Trục động cơ mang kim chuy ền động trước bảng chia 200 vạch/vòng cho phép đánh giá chuyển động thực của hệ thống.
- . Trong bài thí nghiệm ta dùng một vôn kế số để đo điện áp đặt và điện áp phản hồi để kiểm tra sai số.



Hình 5.8: Sơ đồ khối hệ thống điều khiển vị trí.

Sơ đồ khối bộ điều khiển vị trí được cho ở hình 5.8, trong đó:

HC θ : bộ hiệu chỉnh vị trí.

HC ω : hiệu chỉnh tốc độ.

U đ: tín hiệu đặt.

θ : vị trí, là tích phân của tín hiệu tốc độ ω .

V/ θ : khối biến đổi vị trí điện áp.

5.2.3. Truyền động điện động cơ DC điều chỉnh áp phản ứng:

5.2.3.1. Hàm truyền động cơ:

Khi bỏ qua phản ứng phân ứng và giả sử các phần tử trong hệ thống là tuyến tính, có các phương trình sau:

$$U = E + Ri + L \frac{di}{dt}$$

$$M_{dc} - M_t = J \frac{d\varpi}{dt}$$

$$M_{dc} = C_e i$$

$$E = C_e \varpi$$

trong đó:

U : điện áp hai đầu phần ứng.

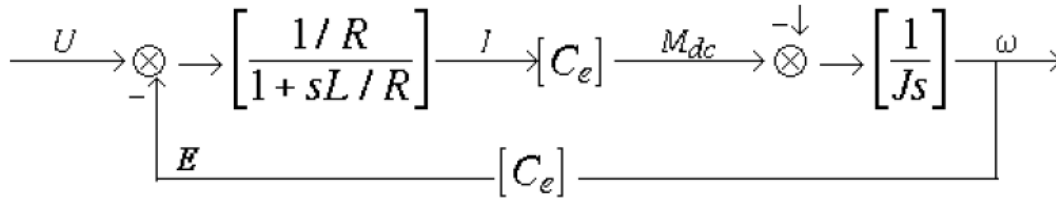
I : dòng điện qua động cơ.

R,L: điện trở, t ự cảm mạch điện phần ứng.

E, M_{dc}: sức điện động, moment quay của động cơ.

J: moment quán tính của các phần quay và M_t là moment cản.

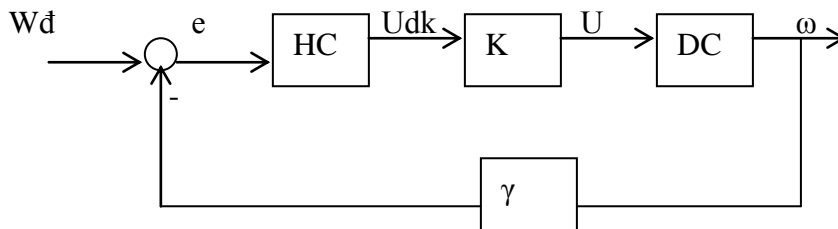
Từ phương trình trên, có thể suy ra hàm truyền động cơ như hình sau :



Hình 5.9 : Sơ đồ khối động cơ một chiều khi từ thông không đổi.

5.2.3.2. Đặc tính cơ của động cơ :

Trong chế độ xác lập, moment động cơ bằng moment cản, sụt áp qua tự cảm L bằng zero.



Hình 5.10 : Hàm truyền hệ thống điều khiển tốc độ.

Trong đó :

- K : hàm truyền bộ chấp hành CH, là hằng số.
- wd : là tín hiệu tốc độ đặt, có dạng điện áp.
- γ : hệ số phát tốc.

5.2.3.3. Hàm truyền của khâu hiệu chỉnh PI trong bài thí nghiệm :

Từ hình vẽ có thể tính tín hiệu ra Out của khâu điều khiển PI theo hai tín hiệu vào In1 và In2 (khi T0 nối với T2).

$$HC(s) = \frac{sR_2C_2 + 1}{sRC_2} \left(In_1 + \frac{R_5}{R_3} In_2 \right)$$

Để có hiệu số giữa tín hiệu tốc độ đặt ω_d và phản hồi $\gamma \cdot \omega$ khi dùng mạch điện trên, ta phải đảo cực tính áp ra của máy phát tốc.

5.3. Thí nghiệm : Sinh viên đọc tham khảo [2]

Trong bài thí nghiệm, chỉ cần nối dây giữa các bộ điều khiển theo sơ đồ kèm theo từng phần, các dây nối bên ngoài thiết bị đã được nối sẵn.

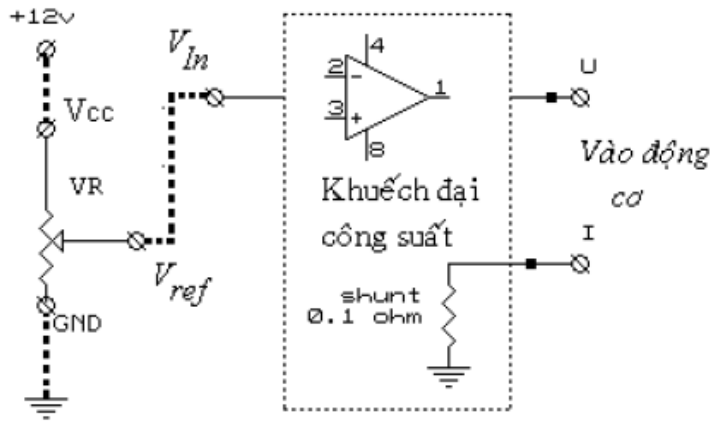
5.3.1. Thí nghiệm điều khiển tốc độ:

5.3.1.a. Thí nghiệm hệ hở:

. **Mục đích:** Vẽ đặc tính tốc độ $\omega=f(I)$ khi áp đặt vào động cơ không đổi, suy ra các thông số tĩnh của hệ thống.

. **Thí nghiệm:**

-Nối nguồn 12 V, GND cho biến trở đặt tốc độ như H5.11.



Hình 5.11: Nối dây thí nghiệm hệ hở.

-Nối ngõ ra biến trở đặt tốc độ Vref đến ngõ vào bộ khuếch đại công suất Vin. Chỉnh Vref =1,5 V, đo U,I động cơ, điện áp ra máy phát tốc Uf trên trạm FT khi thay đổi điện trở tải RT của máy phát. (Xem phần mô tả thiết bị thí nghiệm).

-Ghi kết quả vào theo như bảng 1 để viết báo cáo. Trong đó tốc độ động cơ ω tính bằng rad/giây, suy ra từ tỉ lệ : $\omega=Uf/\gamma$.

. γ : hệ số phát tốc tính bằng V/(rad/giây), tính từ quan hệ : áp phát tốc 8,2 V tương ứng tốc độ quay 1000 vòng /phút.

- Vẽ đặc tính tốc độ $\omega=f(I)$ trong đồ thị theo như ở bảng 2, với chú ý ω tính bằng rad/sec; suy

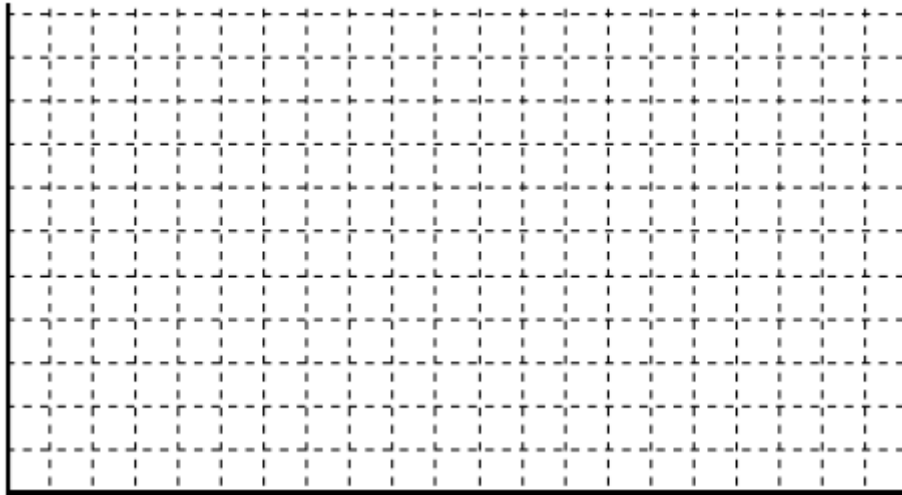
ra hệ số $C_e = \frac{U}{\omega_0}$, ω_0 : là tốc độ động cơ khi không tải lí tưởng (lúc dòng qua động cơ bằng

không-tương ứng tung độ giao điểm đặc tính tốc độ với trục tung).

I(A)						
U(V)						
Uf(V)						
ω (rad/sec)						

Bảng 1: Kết quả thí nghiệm hệ hở Vref=1,5 V.

Bảng 2: Đặc tính tốc độ $\omega=f(I)$ (tốc độ theo dòng điện) của hệ hở, trục hoành là dòng điện.



Điện áp: $U=?$

Suy ra ở tốc độ không tải lý tưởng (khi $I=0$): $\omega_0=?$

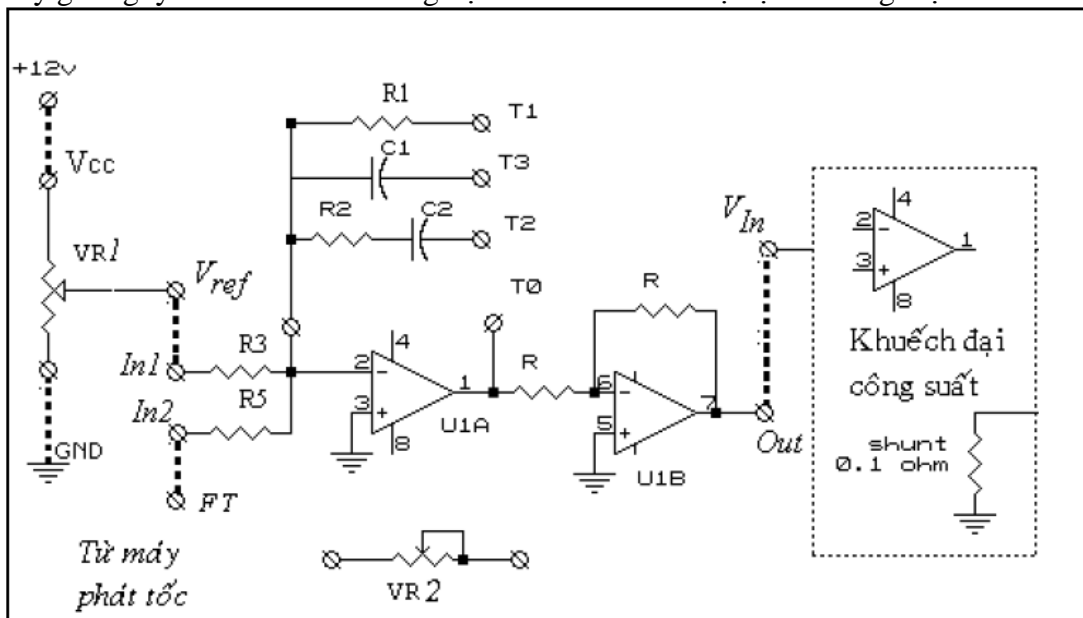
Hằng số điện từ của động cơ: $C_e=?$

5.3.1.b. Thí nghiệm hệ vòng kín:

. **Mục đích** : khảo sát đặc tính tốc độ hệ thống kín với các khâu hiệu chỉnh khác nhau.

. **Thí nghiệm:**

Nối sơ đồ điều khiển tốc độ như hình 5.12, đặt $V_{ref}=3$ V, tín hiệu đặt tốc độ này giữ nguyên cho đến hết thí nghiệm điều khiển tốc độ hệ kín trong mục 5.3.1.b



Hình 5.12: Nối dây bộ điều khiển hệ kín.

i) Khảo sát đặc tính của hệ thống khi điều khiển tỉ lệ (P): đặt $V_{ref}=3$ volt.

Nối T1 và T0 để U1A là mạch khuếch đại DC. Thay đổi tải R_T của máy phát, ghi giá trị điện áp, dòng điện của động cơ, điện áp máy phát tốc (đo tại trạm FT) theo như bảng 3 để viết báo cáo.

I(A)					
U(V)					
Uf(V)					
ω (rad/sec)					

Bảng 3 : Đặc tính tốc độ khi điều khiển tỉ lệ (P).

Nhận xét về khả năng cải thiện độ sụt dọc theo tải khi có phản hồi tốc độ.

ii) Khảo sát đặc tính của hệ thống khi thay đổi Kp: đặt $V_{ref} = 3V$.

Nối hai đầu biến trở VR2 vào T1 và T0 để có thể thay đổi hệ số khuếch đại bộ hiệu chỉnh (hệ số Kp). Chỉnh biến trở theo chiều kim đồng hồ đến cuối để có hệ số khuếch đại lớn nhất. Thay đổi tải RT của máy phát để lấy số liệu, kết quả ghi theo bảng 4 để viết báo cáo.

I(A)						
U(V)						
Uf(V)						
ω (rad/sec)						

Bảng 4 : Đặc tính tốc độ khi điều khiển tỉ lệ (P) với Kp lớn.

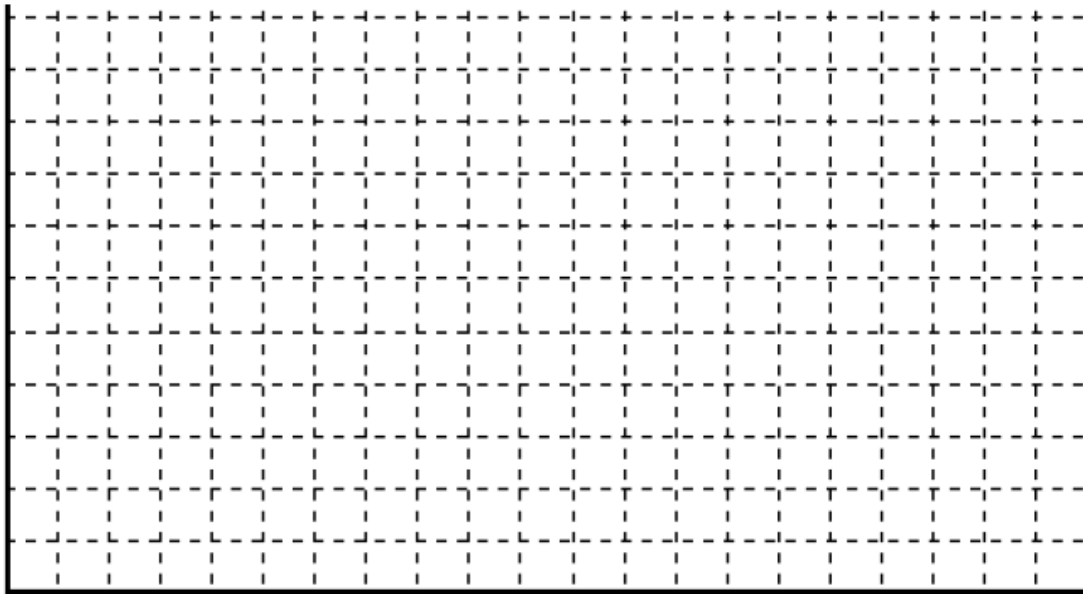
iii) Khảo sát đặc tính của hệ thống khi điều khiển tích phân tỉ lệ (PI): đặt $V_{ref} = 3V$.

Nối T2 vào T0 để U1A là một khâu PI. Thay đổi tải RT của máy phát để lấy số liệu, kết quả ghi theo bảng 5 để viết báo cáo.

I(A)						
U(V)						
Uf(V)						
ω (rad/sec)						

Bảng 5 : Đặc tính tốc độ khi điều khiển tích phân tỉ lệ (PI).

Vẽ đặc tính tốc độ các khảo sát trong phần i), ii), iii) trên cùng một hình vẽ như ở bảng 6. Nên sử dụng cùng tỉ lệ để dễ so sánh các trường hợp. Cho nhận xét và giải thích kết quả về sai số xác lập của hệ thống điều khiển tốc độ với các bộ hiệu chỉnh khác nhau khi tải thay đổi.



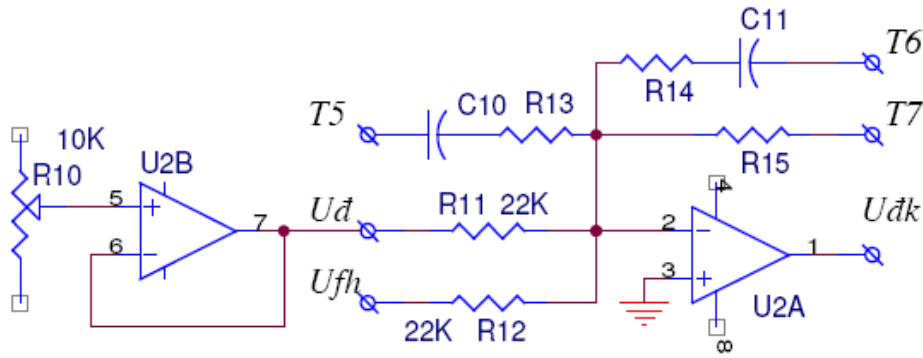
Bảng 6: Đồ thị đặc tính tốc độ (tốc độ theo dòng điện) khi hiệu chỉnh P, PI.

(trục hoành là dòng điện, trục tung là các đặc tính tốc độ).

5.3.2. Thí nghiệm điều khiển vị trí:

Nội dung sử dụng chung cho tất cả các phần thí nghiệm ở mục 5.3.2.

- . Cấp điện 220 VAC cho bộ điều khiển vị trí.
- . Hệ thống được khảo sát ở chế độ không tải (các công tắc điện trở tải của máy phát ở vị trí hở mạch).
- . Công tắc RESET/RUN ở vị trí RESET, để reset bộ phản hồi vị trí và không cho hệ thống hoạt động. Bộ phát xung PG đã được nối sẵn, tại chân U_{TH} có điện áp phản hồi vị trí (phản ánh sai lệch vị trí hiện tại so với vị trí ban đầu-khi RESET hệ thống-xem lại 5.2.2.1 giới thiệu đặc tính cảm biến vị trí).



Hình 5.13: Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển vị trí.

5.3.2.1. Khảo sát hệ thống điều khiển vị trí không có phản hồi tốc độ:

. Mục đích: Khảo sát đặc tính tĩnh và động của hệ thống điều khiển vị trí với các bộ hiệu chỉnh P và PI với ngõ vào là hàm nấc.

. Thí nghiệm:

Nội dung chung cho mục này: sử dụng cả hai bộ điều khiển tốc độ và vị trí.

i) Khảo sát khâu hiệu chỉnh P (tỉ lệ) cho bộ điều khiển vị trí:

ii) Khảo sát khâu hiệu chỉnh PI (tích phân tỉ lệ) cho bộ điều khiển vị trí:

5.3.2.2. Khảo sát hệ thống điều khiển vị trí có vòng phản hồi tốc độ:

. Mục đích: khảo sát ảnh hưởng của vòng tốc độ đến chất lượng của hệ điều khiển vị trí.

. Thí nghiệm:

Thực hiện nội dung cho 2 vòng hồi tiếp với vòng vị trí điều khiển PI và vòng tốc độ điều khiển P như sau:

Nhận xét về độ chính xác của hệ thống điều khiển vị trí và vọt lố của HT với đầu vào hàm nấc khi có và không có vòng phản hồi tốc độ. Từ đó nêu tác dụng của vòng phản hồi tốc độ.

Chú ý: Do tầm phản hồi vị trí bị hạn chế ở xấp xỉ 2V (xem lý thuyết phần 5.2), vọt lố lớn có thể làm sai tín hiệu phản hồi dẫn đến hệ thống không hoạt động được ở giá trị đặt lớn, phân biệt với sự mất ổn định của hệ thống.

5.3. Nhận xét đánh giá

Trích dẫn: bài thí nghiệm Hệ thống điều khiển tốc độ và vị trí động cơ một chiều, của Bộ môn Điều khiển tự động, Khoa Điện - Điện tử, Đại học Bách Khoa Tp. HCM.

Bài 6

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU

6.1. Mục tiêu

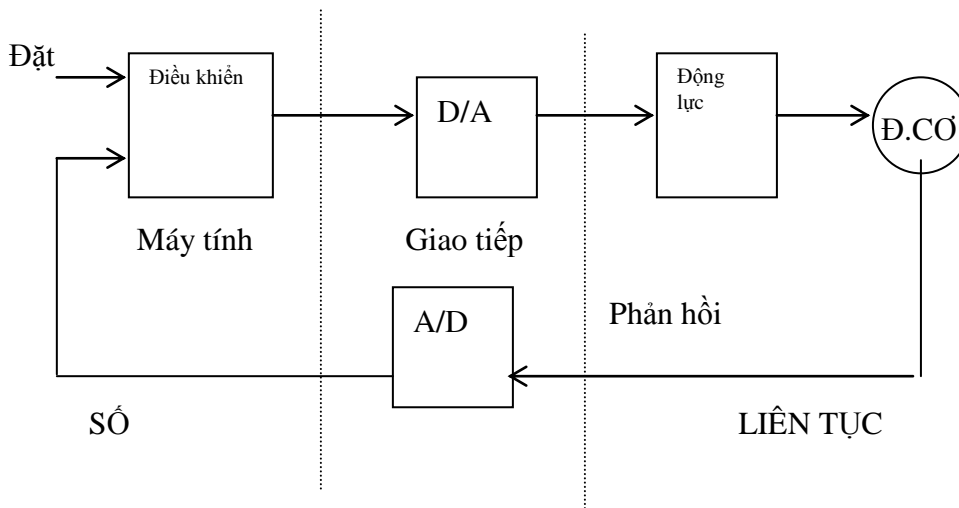
-Làm quen với hệ thống sử dụng máy tính số(PC) để điều khiển vòng kín một đối tượng cụ thể trong bài là động cơ một chiều.

-Khảo sát ảnh hưởng của các thành phần điều khiển PID trên đặc tính tĩnh và động của hệ thống điều khiển tốc độ động cơ một chiều bằng cách quan sát ảnh hưởng của từng thông số trên quá trình quá độ của hệ thống với đầu vào hàm nấc.

6.2. Nội dung

Bộ thí nghiệm bao gồm :

- Bộ điều khiển bao gồm mạch giao tiếp , máy tính và mạch động lực.
- Động cơ một chiều có bộ phát tốc xung.
- Bộ cấp điện một chiều $\pm 24V$.
- Chương trình điều khiển.



Hình 6.1 : Sơ đồ khối bài thí nghiệm

6.2.1. Bộ điều khiển :

Bộ điều khiển động cơ chứa trong hộp riêng, có sơ đồ khối như hình 6.2, bao gồm :

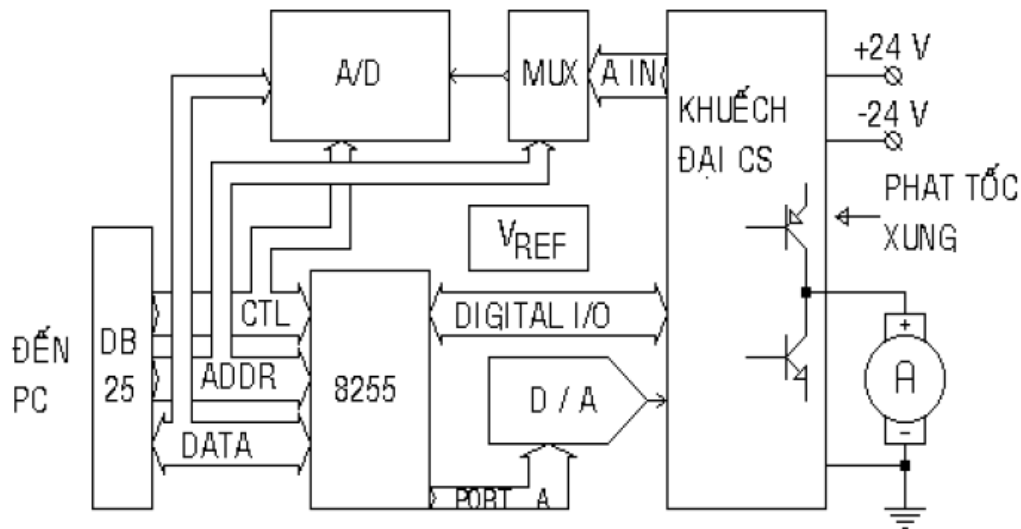
-Card giao tiếp tương tự và số gồm có :

. Bộ chuyển đổi tương tự-số ADC0809 8bit cho phép máy tính thu thập và tính toán số liệu điều khiển động cơ. Trong thí nghiệm này, tốc độ, dòng điện, và điện áp động cơ được đọc về máy tính số. Máy tính cũng ghi lại và trình bày đồ thị quá trình quá độ để ta phân tích đặc tính hệ thống.

Chuyển đổi số-tương tự (DAC) 8 bit AD7520 nối port A của PIA 8255, biến đổi tín hiệu điều khiển từ số ra điện áp, giữ nguyên trong chu kỳ lấy mẫu làm thành bộ giữ bậc 0 (ZOH).

-Máy tính AT có card giao tiếp PROTOTYPE ADAPTER(TK-1), địa chỉ \$300-\$31F(có thể dùng card PCI 1711/PCI 1718HDU).

-Bộ khuếch đại công suất có mạch bảo vệ dòng điện, sử dụng nguồn $\pm 24V$ khuếch đại tín hiệu điều khiển (từ ngõ ra DAC) để cung cấp cho động cơ DC.



Hình 6.2 : Sơ đồ khối bộ điều khiển động cơ.

6.2.2. Động cơ một chiều.

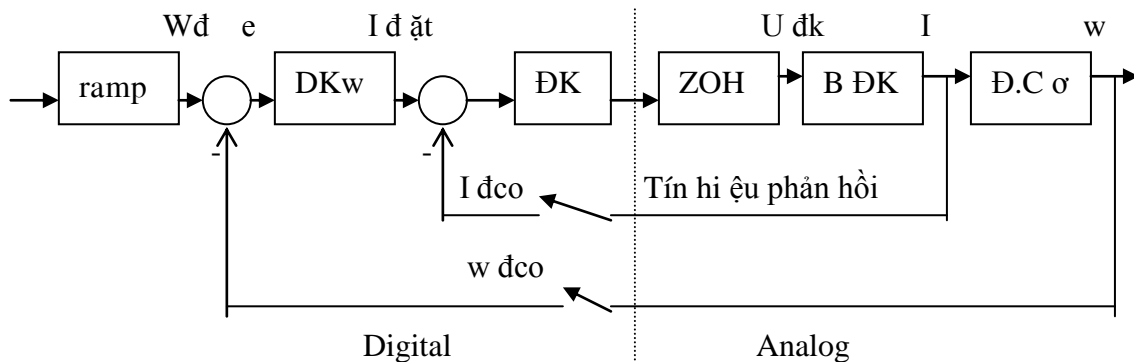
6.2.3. Chương trình điều khiển.

6.3. Thí nghiệm : sinh viên đọc tham khảo [2]

6.3.1. Thí nghiệm khảo sát hệ hở :

6.3.2. Thí nghiệm hệ vòng kín 1(Không có phản hồi dòng điện)

6.4. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tốc độ động cơ :



Hình 6.3 Sơ đồ khối HT điều khiển động cơ

6.5. Nhận xét đánh giá :

Trích dẫn : bài thí nghiệm Điều khiển số động cơ DC, của Bộ môn Điều khiển tự động, Khoa Điện - Điện tử, Đại học Bách Khoa Tp. HCM.

Bài 7

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MỰC NƯỚC

7.1.Mục tiêu

Sinh viên xây dựng mô hình toán học bồn đơn và dùng Simulink mô phỏng hệ bồn đơn; và khảo sát hệ thống điều khiển mực nước cụ thể.

7.2.Nội dung

Dùng máy tính có sử dụng card giao tiếp PCL818L/PC I 1711 để điều khiển bồn nước. Card dùng đọc giá trị từ cảm biến và xuất ra điện áp điều khiển bơm nước vào bồn. Có sử dụng XPC-target trong Matlab và có viết chương trình kết nối bằng Visual C hay Borland C++ Builder.

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển bồn nước:

xPC-Target:

xPC Target là giải pháp của Matlab nhằm đưa các kết quả mô hình hệ thống dùng Simulink vào hệ thống chạy thời gian thực. xPC target cần có một máy tính chủ và máy tính đích ghép nối với nhau qua cổng RS-232 hay mạng Ethernet, chương trình điều khiển dạng mã thực thi, tạo ra bởi Real Time Workshops và Visual C++, xPC target được chuyển từ máy chủ đến máy đích, máy tính đích có các card giao tiếp với đối tượng sẽ điều khiển đối tượng theo thời gian thực, các đáp ứng được gửi lên máy chủ và các tính chỉnh gửi xuống máy đích. Máy tính chủ cài hệ điều hành Windows 95, 98, 2000, Xp hay NT4. Máy tính đích không cần cấu hình mạnh (CPU 386, RAM 8MB), không cần hệ điều hành nhưng BIOS phải tương thích máy PC, mainboard có sẵn các slot gắn card giao tiếp và có cổng COM(dùng chipset tương thích UART) hay card mạng, chỉ cần ổ đĩa mềm còn ổ cứng và màn hình không cần thiết. Sự giao tiếp giữa hai máy tính thực hiện qua cổng COM hay mạng Ethernet.

xPC Target hỗ trợ giao tiếp qua cổng COM và một số card giao tiếp của các hãng Advantech, ADDI-DATA, National Instruments, Real time devices,... Sinh viên đọc thêm trong tài liệu[4].

7.3.Thí nghiệm

7.3.1.Mô phỏng bồn chứa I

$u(t)$: tín hiệu vào, $h(t)$: tín hiệu ra là chiều cao cột nước, tối đa 40cm.

$$dh(t)/dt = (1/A).(K.u(t) - C.a.\sqrt{2gh(t)}) \quad (1)$$

Cho:

A: tiết diện ngang của bồn chứa=100cm².

a: tiết diện van=0,5 cm².

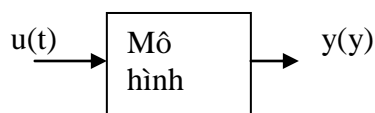
C: hệ số xả=0,6.

g: gia tốc trọng trường=981 cm/s²

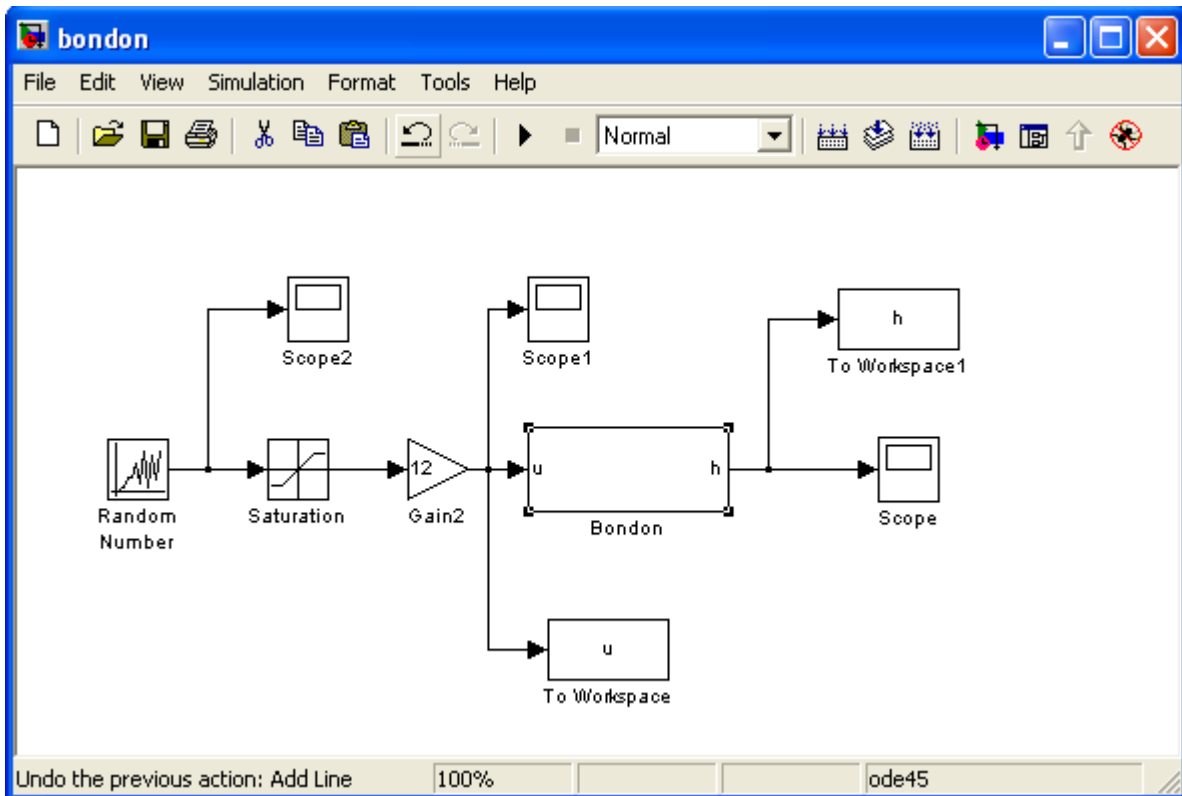
$u(t)$: [0->1]; tối đa 12V, ngẫu nhiên.

K: hệ số đặc trưng cho công suất lớn=18 lit/phút=300 cm³/s.

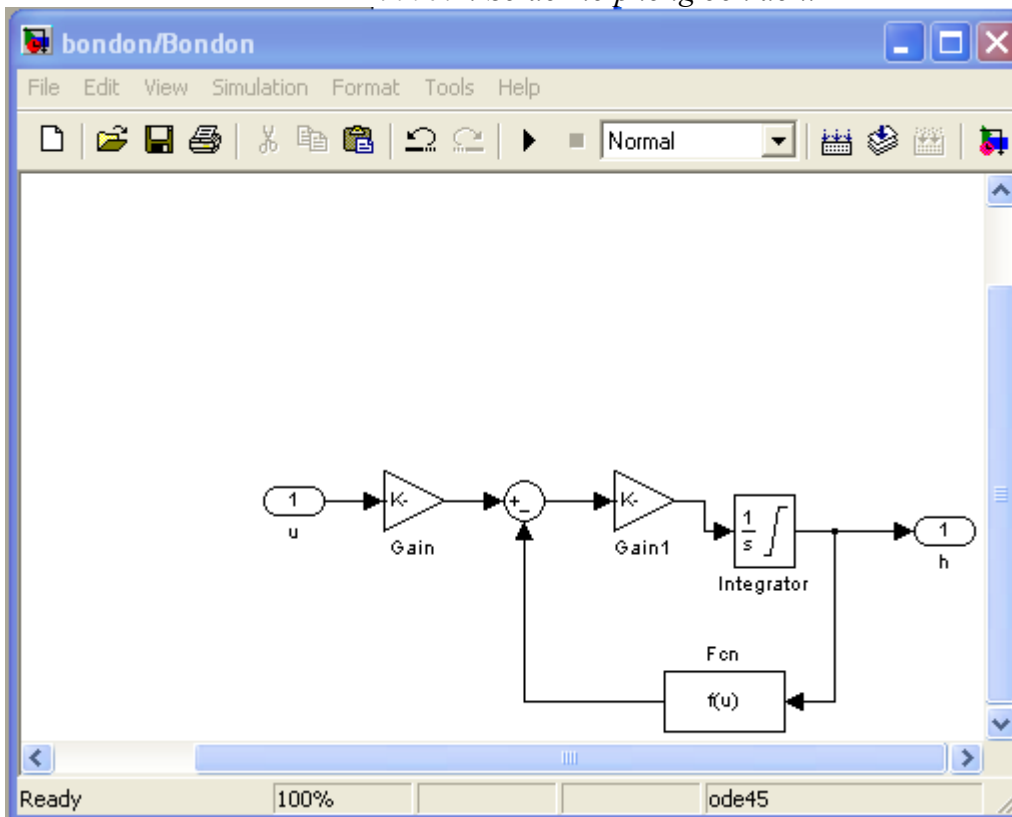
Xây dựng mô hình mô phỏng :



Sơ đồ mô phỏng lưu ở tập tin bondon.mdl
 Mô phỏng hệ thống với $u(t)$ ngẫu nhiên



Hình 7.1: Sơ đồ mô phỏng bồn đơn.



Hình 7.2 : Bên trong subsystem “Bondon”

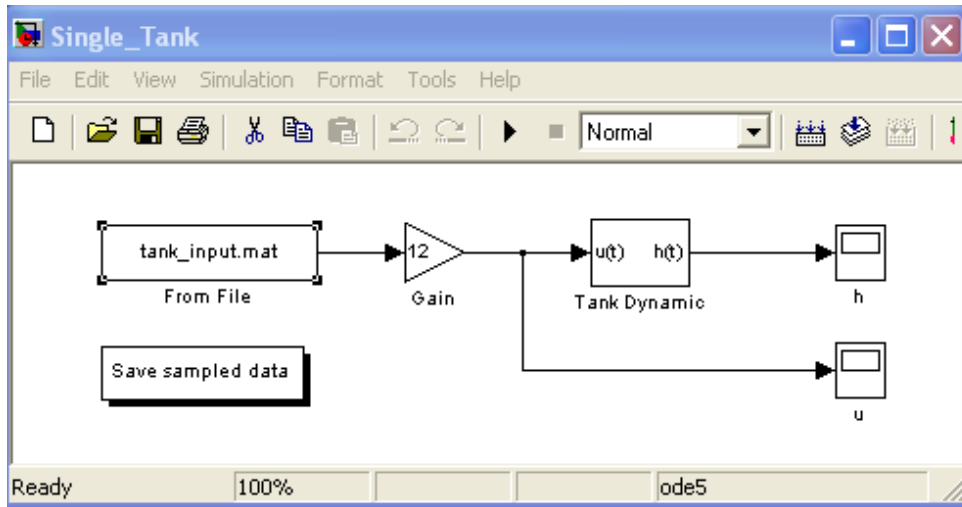
Gain là $K=300$, Gain1 là $1/A=1/100$, Khối Fcn là $C*a*\sqrt{2*981*u[1]}=0.6*0.5*\sqrt{2*981*u[1]}$. Khối tích phân có giới hạn cao nhất là 40.

Kết quả mô phỏng

Ngõ vào $u(t)$

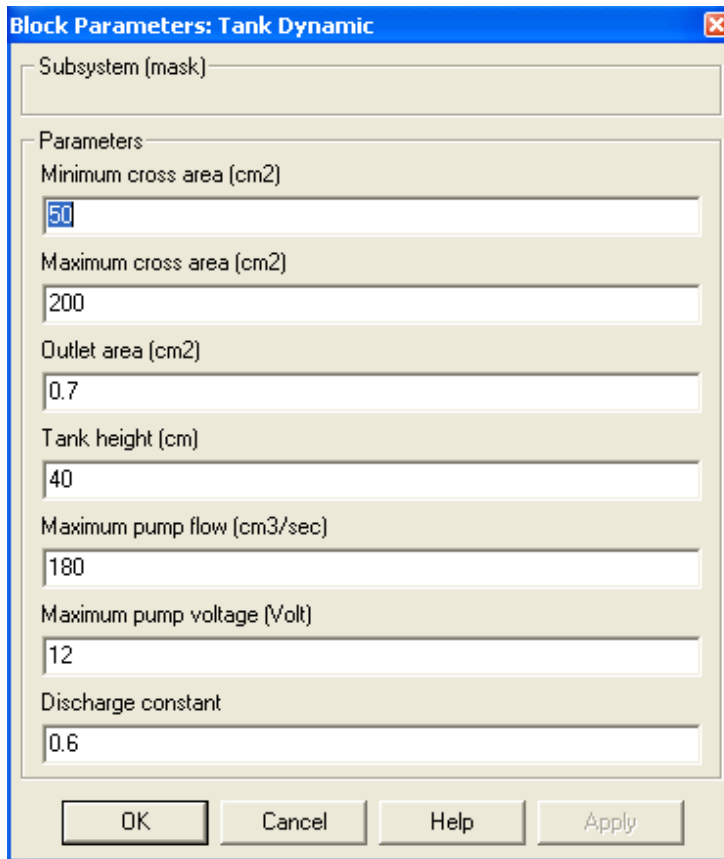
Ngõ ra $h(t)$

7.3.2. Sơ đồ mô phỏng II:



Hình 7.3.

Thông số bồn nước :



Hình 7.4

Kết quả mô phỏng:

$U(t)$:

$H(t)$:

7.4. Nhận xét đánh giá.

7.5. Khảo sát mô hình điều khiển bồn nước của hãng Festo.

PHỤ LỤC

Bảng biến đổi Laplace

<i>STT</i>	<i>Ảnh laplace F(s)</i>	<i>Hàm thời gian f(t)</i>
1	1	Hàm Dirac $\delta(t)$
2	$\frac{1}{s}$	Hàm nấc đơn $u_s(t)=1(t)$
3	$\frac{1}{s^2}$	Hàm dốc (hàm RAMP)= $t.1(t)$
4	$\frac{n!}{s^{n+1}}$	t^n ($n=$ số nguyên dương)
5	$\frac{1}{s+\alpha}$	$e^{-\alpha t}$
6	$\frac{1}{(s+\alpha)^2}$	$t.e^{-\alpha t}$
7	$\frac{n!}{(s+\alpha)^{n+1}}$	$t^n.e^{-\alpha t}$, ($n=$ số nguyên dương)
8	$\frac{1}{(s+\alpha)(s+\beta)}$	$\frac{1}{(\beta-\alpha)}(e^{-\alpha t} - e^{-\beta t})$ ($\alpha \neq \beta$)
9	$\frac{1}{s(s+\alpha)}$	$\frac{1}{\alpha}(1 - e^{-\alpha t})$
10	$\frac{1}{s(s+\alpha)^2}$	$\frac{1}{\alpha^2}(1 - e^{-\alpha t} - \alpha t e^{-\alpha t})$
11	$\frac{1}{s^2(s+\alpha)}$	$\frac{1}{\alpha^2}(\alpha t - 1 + e^{-\alpha t})$
12	$\frac{1}{s^2(s+\alpha)^2}$	$\frac{1}{\alpha^2}[t - \frac{1}{\alpha} + (t + \frac{2}{\alpha})e^{-\alpha t}]$

13	$\frac{s}{(s + \alpha)^2}$	$(1 - \alpha t)e^{-\alpha t}$
14	$\frac{\omega_n^2}{s^2 + \omega_n^2}$	$\sin \omega_n t$
15	$\frac{s}{s^2 + \omega_n^2}$	$\cos \omega_n t$
16	$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + \omega_n^2)}$	$1 - \cos \omega_n t$
17	$\frac{\omega_n^2(s + \alpha)}{s^2 + \omega_n^2}$	$\omega \sqrt{\alpha^2 + \omega_n^2} \sin(\omega_n t + \theta)$ với $\theta = \tan^{-1}(\omega_n / \alpha)$
18	$\frac{\omega_n}{(s + \alpha)(s^2 + \omega_n^2)}$	$\frac{\omega_n}{\alpha^2 + \omega_n^2} e^{-\alpha t} + \frac{1}{\alpha^2 + \omega_n^2} \sin(\omega_n t + \theta)$, với $\theta = \tan^{-1}(\omega_n / \alpha)$
19	$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$	$\frac{\omega_n}{\sqrt{1 - \xi^2}} e^{-\xi\omega_n t} \sin \omega_n \sqrt{1 - \xi^2} t$ ($\xi < 1$)
20	$\frac{\omega_n^2}{s(s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2)}$	$1 - \frac{\omega_n}{\sqrt{1 - \xi^2}} e^{-\xi\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \xi^2} t + \theta)$, với $\theta = \cos^{-1} \xi$ ($\xi < 1$)
21	$\frac{s\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$	$\frac{-\omega_n^2}{\sqrt{1 - \xi^2}} e^{-\xi\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \xi^2} t - \theta)$ với $\theta = \cos^{-1} \xi$ ($\xi < 1$)
22	$\frac{\omega_n^2(s + \alpha)}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$	$\omega_n \sqrt{\frac{\alpha^2 - 2\alpha\xi\omega_n + \omega_n^2}{1 - \xi^2}} e^{-\xi\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \xi^2} t + \theta)$ với $\theta = \tan^{-1} \frac{\omega_n \sqrt{1 - \xi^2}}{\alpha - \xi\omega_n}$ ($\xi < 1$)
23	$\frac{\omega_n^2}{s^2(s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2)}$	$t - \frac{2\xi}{\omega_n} + \frac{1}{\omega_n^2 \sqrt{1 - \xi^2}} e^{-\xi\omega_n t} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \xi^2} t + \theta)$, với $\theta = \cos^{-1}(2\xi^2 - 1)$ ($\xi < 1$)

Các hàm MATLAB dùng trong Control systems toolbox (một số):

Tên hàm	Mô tả chức năng
abs	Tính giá trị tuyệt đối
Acos	Tính arcos
Ans	biên được tạo ra trong biểu thức
Asin	Tính giá trị arcsin
Atan	Tính giá trị arctan (2 quadrant)
Atan2	Tính giá trị arctan(4 quadrant)
Axis	chỉ ra tỉ lệ trục bằng tay trên đồ thị.
Bode	tạo ra đồ thị đáp ứng tần số Bode.
C2d	chuyển đổi thể hiện hệ thống biến trạng thái liên tục thời gian sang thể hiện hệ thống rời rạc thời gian.
Clear	Xoá workspace
Clf	Xoá xử số đồ thị
Conj	Tính liên hợp phức (complex conjugate)
Conv	Nhân hai đa thức (convolution)
Cos	Tính giá trị cosin
Ctrb	Tính ma trận điều khiển được
diary	Lưu phiên làm việc vào tập tin đĩa
D2c	chuyển đổi hệ biến trạng thái rời rạc thời gian sang hệ liên tục thời gian
Eig	Tính giá trị riêng và vector riêng.
End	kết thúc cấu trúc điều khiển
Exp	Tính lũy thừa với cơ số e.
Expm	Tính lũy thừa ma trận với cơ số e.
eye	tạo ra ma trận đơn vị.
Feedback	Tính kết nối vòng kín của hai hệ .
For	tạo ra vòng lặp
Format	thiết lập định dạng hiển thị ngõ ra.
Grid on	Thêm lưới vào đồ thị hiện hành.
Help	In danh sách của chủ đề HELP(trợ giúp).
Hold on	giữ đồ thị hiện hành trên màn hình
i	$\sqrt{-1}$
imag	Tính phần ảo của số phức.
impulse	Tính đáp ứng xung đơn vị của hệ thống.
Inf	thể hiện không xác định
j	$\sqrt{-1}$
legend	đặt chú thích trên đồ thị hiện hành
lsim	Tính đáp ứng thời gian của hệ.
minreal	Rút gọn hàm truyền
Nichols	Tính toán đồ thị đáp ứng tần số Nichols
Nyquist	Tính toán đáp ứng tần số Nyquist
Plot	vẽ đồ thị tuyến tính.
Pole	Tính cực của hệ
Rlocus	Tính quỹ đạo nghiệm số.
Roots	Tính nghiệm của đa thức.
Ss	tạo ra đối tượng mô hình không gian trạng thái.
Step	Tính đáp ứng nấc đơn vị của hệ thống.
Tf	tạo ra đối tượng mô hình hàm truyền.
Xlabel	Thêm nhãn vào trục x của đồ thị
Ylabel	Thêm nhãn vào trục y của đồ thị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Thị Phương Hà(chủ biên), Huỳnh Thái Hoàng, Lý thuyết điều khiển tự động, NXB ĐHQG Tp. HCM, 2003.
- [2]. ĐHBK Tp. HCM, Bộ môn Điều khiển tự động, Thí nghiệm Điều khiển tự động 1, 2008.
- [3]. B.C. Kuo, Automatic Control Systems, 8th ed. , Wiley, 2003.
- [4]. Nguyễn Đức Thành, Matlab và ứng dụng trong điều khiển, NXB ĐHQG Tp. HCM, 2005.
- [5]. Phần mềm Matlab 6.5 và 7.0 và Simulink.
- [6]. Toolbox ACSYS2002 chạy trên Matlab.
- [7]. William J. Palm III, Introduction to Matlab 6 for Engineers, McGraw-Hill, 2001.

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRUNG ƯƠNG CAO HỌC CÔNG NGHIỆP & XÂY DỰNG
HỒ CHÍ MINH

BÀI CÔNG HÌC PHIN
TRAN GÊ B I Æ N
VÀ À U KHIÂN TỜ Ø Æ Ø Ø Ø Ø

Dùng cộo Chà o i b theo tín chÉ
(L°u hầ h b ù)

Ng Ý i Æ m p r o : Phan c Y ÷ n

Uông Bí, n m 2011

LUI NOI I U

Bài giảng về các vấn đề khi ăn trên ô tô...
học nhiề...
Ứng...
thư...
Xây...
qua.

Núi dung...
g...
c...
k...
q...

Khi bi...
liên...
nh...
t...

Bài giảng về núi dung...

Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...

Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...

Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...

Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...

Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...

Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...

Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...
Ch...

- Là...
ng...

- T...

- T...

Vì...
ch...
q...
t...

M...
ô...

Y...

CHƯƠNG 1: KHÁI QUÁT VỀ THỐNG KÊ VÀ NVT Ô TÔ

Ô tô hiện nay có trang bị nhiều chủng loại và thiết bị khác nhau. Từng nhóm các thiết bị là để phục vụ cho các mục đích sử dụng khác nhau. Các thiết bị này được phân loại như sau:

- 1.1. Các hệ thống điện ô tô
 - 1.1.1. Hệ thống khởi động (starting motor), máy khởi động (starting motor), các chi tiết của hệ thống khởi động. Nồi vôi diesel có hệ thống thắp sáng máy (glow system).
 - 1.1.2. Hệ thống cung cấp điện (charging system): phát điện (alternator), thiết bị điện (voltage regulator), các relay.
 - 1.1.3. Hệ thống ánh sáng (lighting system): bộ phận khởi động (ignition switch), bộ chia điện (distributor), bobine (ignition coil), đầu phun nhiên liệu (injector), bugi (spark plug).
 - 1.1.4. Hệ thống chiếu sáng (lighting and signaling system): các đèn chiếu sáng, các công tắc, các relay.
 - 1.1.5. Hệ thống cảnh báo (warning system): các đồng hồ báo trên tableau và các công tắc cảnh báo (warning indicator). Đồng hồ tốc độ xe (speedometer), đồng hồ mức nhiên liệu (fuel gauge).
 - 1.1.6. Hệ thống điều khiển động cơ (engine control system): hệ thống điều khiển nhiên liệu (fuel injection system), hệ thống điều khiển đánh lửa (ignition control system). Hệ thống điều khiển nhiên liệu diesel (diesel electronic diesel control).
 - 1.1.7. Hệ thống phanh chống khóa (ABS - antilock brake system), hệ thống điều khiển kéo (traction control).
 - 1.1.8. Hệ thống điều hòa không khí (air conditioning system): nén (compressor), giàn nóng (condenser), van giãn nở (expansion valve), giàn lạnh (evaporator), hệ thống điều khiển (control system), thermostat.
- Nếu hệ thống điều khiển nhiên liệu diesel (diesel electronic diesel control) và hệ thống điều khiển đánh lửa (ignition control system) được tích hợp thì gọi là hệ thống điều khiển động cơ (engine control system).

- 1.1. Các hệ thống phụ:
 - Hệ thống gạt mưa và rửa kính (wiper and washer system).
 - Hệ thống điều khiển cửa khóa (door lock control system).
 - Hệ thống điều khiển kính (power window system).
 - Hệ thống điều khiển kính chiếu hậu (mirror control system).
 - Hệ thống định vị (navigation system).

- 1.2. Các hệ thống phụ khác
 - 1.2.1. Các hệ thống phụ khác
 - Tùy theo vùng khí hậu bên ngoài các thành phố:
 - + Vùng ôn đới (ví dụ như Nga, Canada).
 - + Vùng nhiệt đới (ví dụ như Nhật Bản, Mỹ, châu Âu & Nam Á, châu Phi).

+Lợi ích biện pháp cho các xe (sử dụng cho từ 1kg đến 10kg khí- h).

1.2.2. Sự rung xóc

Các bộ phận của động cơ ô tô phải chịu được sự rung xóc với tần số từ 10 Hz đến 100 Hz, với gia tốc không vượt quá 150 m/s².

1.2.3. Chất lượng âm thanh

Các bộ phận của ô tô phải có cấu trúc và vật liệu phù hợp để giảm thiểu tiếng ồn và giảm thiểu các mức độ nhiễu âm thanh.

1.2.4. Độ bền

Các bộ phận của ô tô phải có độ bền cao, đặc biệt là các bộ phận chịu tải trọng lớn.

1.2.5. Độ bền

Tất cả các chi tiết của ô tô phải có độ bền cao, đặc biệt là các chi tiết chịu tải trọng lớn (U = 14 V và 28 V) ít nhất trong hành trình vận hành.

1.2.6. An toàn

Các bộ phận của ô tô phải có cấu trúc và vật liệu phù hợp để đảm bảo an toàn cho người lái và hành khách.

1.3. Nguyên nhân tai nạn

Nguyên nhân tai nạn ô tô có thể do nhiều nguyên nhân khác nhau, chẳng hạn như lỗi kỹ thuật, sai sót của người lái, lỗi của hệ thống phanh, lỗi của hệ thống lái, lỗi của hệ thống giảm xóc (carabô), lỗi của hệ thống treo (single wire, system) của ô tô, lỗi của hệ thống phanh, lỗi của hệ thống lái, lỗi của hệ thống giảm xóc (carabô), lỗi của hệ thống treo (single wire, system) của ô tô, lỗi của hệ thống phanh, lỗi của hệ thống lái, lỗi của hệ thống giảm xóc (carabô), lỗi của hệ thống treo (single wire, system) của ô tô.

1.4. Các phương pháp giảm tai nạn

Các phương pháp giảm tai nạn ô tô có thể bao gồm: sử dụng các thiết bị an toàn, cải thiện cấu trúc khung gầm, sử dụng vật liệu bền bỉ, sử dụng hệ thống phanh, lái, giảm xóc, treo, và các thiết bị khác.

1.4.1. Cải thiện cấu trúc khung gầm: Sử dụng các vật liệu bền bỉ (như thép, nhôm, composite) để giảm trọng lượng và tăng độ bền. Sử dụng các thiết bị an toàn như túi khí, dây an toàn, hệ thống phanh, lái, giảm xóc, treo, và các thiết bị khác.

1.4.2. Cải thiện hệ thống phanh: Sử dụng các loại phanh hiệu quả (phanh đĩa, phanh trống) và hệ thống phanh ABS. Sử dụng các loại lốp an toàn và hệ thống treo phù hợp.

1.4.3. Cải thiện hệ thống lái: Sử dụng các loại hệ thống lái hiệu quả (hệ thống lái trợ lực, hệ thống lái điện tử). Sử dụng các loại lốp an toàn và hệ thống treo phù hợp. Sử dụng các loại đèn chiếu sáng hiệu quả (đèn pha, đèn hậu, đèn xi nhan) và hệ thống âm thanh hiệu quả (âm thanh ô tô, loa ngoài).

Ngoài ra, việc nâng cao trình độ lái của người lái cũng là một trong những biện pháp quan trọng để giảm tai nạn.

1.5. Các biện pháp bảo vệ khi xảy ra tai nạn

Các biện pháp bảo vệ khi xảy ra tai nạn ô tô có thể bao gồm: sử dụng các loại túi khí, dây an toàn, hệ thống phanh, lái, giảm xóc, treo, và các thiết bị khác. Sử dụng các loại lốp an toàn và hệ thống treo phù hợp. Sử dụng các loại đèn chiếu sáng hiệu quả (đèn pha, đèn hậu, đèn xi nhan) và hệ thống âm thanh hiệu quả (âm thanh ô tô, loa ngoài).

ra, Ấ b ẽo v Ợ mịch ỉ Ợmg th ấ p g ch-r-pê m ừ th số ỉ rth Ñng ỉ Ợ n
 ô tô Ỡg ỏ ta sí d ẩ ng b Ừ ng đim c ừ h ỗ Ce Baker) khi quá d ờ
 Trên hình 1.2 ừ On h Ừ p ả y Ờ s ủa xe Honda Accord 1989.

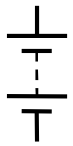
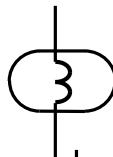
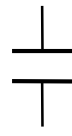
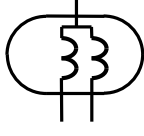
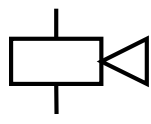
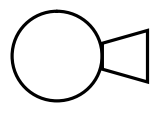

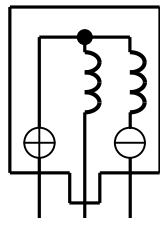
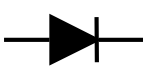
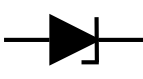
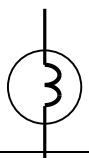
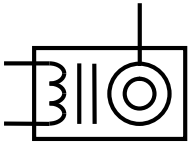






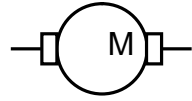
- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. ỉ n máy phát. | 10 H Ợ th Ñng ánh lía. |
| 2. Cassette, Anten. | 11 H Ợ th Ñng kh ể i Ừ ng. |
| 3. Q ự t ầ n ỉ h h (H ỏ c n ờ r) | 12 H Ợ th Ñng phun x ỏ ng. |
| 4. Relay Ầ u khi Ầ n x ỏ ng | 13 C ồ ng ợ tly h ấ p. |
| ho ả ợ tly. | 14 H Ợ th Ñng phun x ỏ ng. |
| 5. i Ầ u khi Ầ n kính chi | 15 ờ n ợ tly sáng trong s |
| làm m ắ ng .c | 16 H Ừ p i Ầ u khi Ầ n s ủa y |
| 6. Tableau. | 17 ờ n Ñ t trái. |
| 7. H Ợ th Ñng g ỉ Ừ , c x ể t h m | 18 ờ n Ñ t ph ể i. |
| kh Ầ n kính cía s Ờ . | 19 ờ n pha trái. |
| 8. T ỉ t ch ỉ ỉ Ợ n th ỉ , | 20 ờ n pha ấ p h |
| Ừ , h Ợ th Ñng phun | 21 Máy phát. |
| 9. H Ợ th Ñng ga t ầ Ừ ng | 32 H Ợ th Ñng khoá cía. |
| 22 Q ự t ầ m m ắ ng ỉ v ả g | 33 Ờ ng h Ờ , cassette, |
| n ỏ ng. | 34 M Ờ i thu ể m , soi sáng. |
| 23 X ỏ ng kính sau. | 35 H Ợ th Ñng ờ n s ủa y. |
| 24 H Ợ th Ñng x p h ỏ ng | 36 H Ợ th Ñng b ả b ả r ½ ng u |
| 25 Motor quay kính (h) sau | 37 C ờ i ờ n t h ỏ g , d ầ y ả n to |
| 26 Motor quay kính sau | 38 Motor quay Ừ c n h ỏ p h ể i |
| 27 Motor quay ừ u ề (ph ể i). | 39 Motor quay Ừ c n h ỏ t ả p |
| 28 Motor quay ừ u ề (trái). | 40 Q ự t ầ n ỉ h h |
| 29 Q ự t ầ n n ỏ ng. | |
| 30 H Ừ p i Ầ u khi Ầ n q ự t | |
| 31. Ợ th Ñng s | |

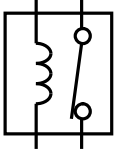

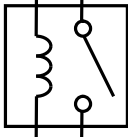
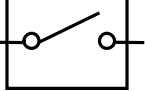
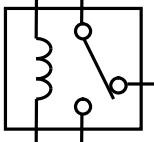
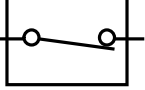

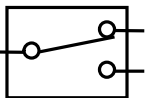

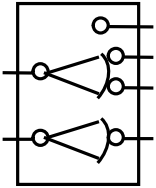


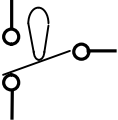
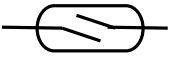
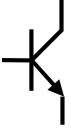
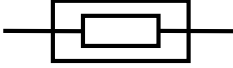
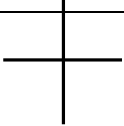

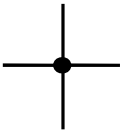
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20

- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30
- 31
- 32
- 33
- 34
- 35
- 36
- 37
- 38
- 39
- 40

Hình 1.2: Ó h ùp c ì§ ec HONDA ACCORD 1989

1.6 Các Quy định trong m ìch ìÇn

	Ngón - c qu		Bón g òn
	Tả i c òn		Bón g òn 2 ti
	MÓi thu Ñ c		Còi
	Cá i ñ g t m i c h (CB)		Bobine
	Diode		
	Diode zene		Bón g òn
	C£ m bi ÷ n trón g ò i c h i a		LED
	C£ u ì c h		Ó n g h Ó l c
	Dây c ñ h y (c Ñ i c h í n h)		Ó n g h Ó h
	NÑ i m a s ñ n (xe)		Ù n g c Ñ n

	Relay Ýt hng óng (NC normally c		Loa
	Relay Ýt hng (NO norma open)		Công t hng mß (NO normally o
	Relay k (Changeov relay)		Công t hng óng (NC normally c
	iÇn trß		Công t ðp (Changeove
	iÇn trß nh nÿc		Công t áy
	Bị n trß		
	Nhçt iÇn t		Công t át Ùn b±ng cam
	Công t ðái àg (Çm biçn t		Transistor
	oìn áy Ñi		K hng Ñi
	Solenoid		Ñi

Hình 1: Các ký hi

2. Quy định về

2.1. Nguyên tắc

Quy định về phân bố và
lưu trữ tài liệu trong hệ thống
thực hiện chức năng của một thiết bị
nguyên tử. Các quy định về phân bố và
quyên trên các tài liệu có ý nghĩa
nghiêm trọng (50%) có liên quan
bên trong hệ thống máy tính và
Hệ thống.

Quy định về phân bố và
hệ thống lưu trữ, cung cấp tài liệu
làm việc hoặc làm việc máy móc
ang là một phần của hệ thống
(parking lights), radio và hệ thống
thông báo.

Ngoài ra quy định về phân bố và
lưu trữ tài liệu trong hệ thống
lưu trữ tài liệu áp dụng máy tính.

Quy định về phân bố và
là 12V và 24V. Quy định về phân bố và
tập các quy định về phân bố và

2.1.2 Phân loại

Trên các tài liệu phân bố và
kích thước. Quy định về phân bố và
các quy định có liên quan
trong hệ thống máy tính và
những ưu tiên.

2.1.3 Quy định về quá trình hóa của các quy định

2.1.3.1 Quy định

Quy định về phân bố và
nguyên tử tùy thuộc vào quy định.

Hình 2. Mu Cộn b c quaxit

Trong hình n .t khNi bên cĩc có h^o a in g o y f a b b a m cĩc
Cá em bên cĩc ghép song song nhau, ng n cách vUi nha
t m ng n. Mxi^o ng hã c h c i d t c quy n. Các quy n đ c nNi
vUi nhau b s u g c h i t v à m h b i n h q u y n g s u à v n g n i c c ó h a i
§ u t ã d ò a g l á s u cĩc c c a u D u n g c h i c n p h a n q t u a n g a x i t
sunfuric c h e a t r o n g t e n g n g n t h e n g m k e h o n g i n g e p h c a t h
cĩc q u o , 1 5 m m

Vĩ c quy a c h i t j o b e n g c a c c o h i t c i c a o s u c e n g , c o
b A n à k h n n g c h e u a x i t e n o t r i n g g a c n g a n t h c a c k h o a n
r i e n g c b i ß á y c ó s n n g á k h a n h b e n g c t r i n g o (g i i n a á y
v à N h i b e n cĩc) n h e m c h n i c g d i c c h e t - p a i c x u a n g g á y
t r o n g q u á i t d a m h g . s

Kh u n g a c c á c t m b a c c m g t j o b e n g h a s p i k i i n (S i b)
t h a n h s p b , 9 5 % + P b , 1 3 % . S o á c u i l c c a b e n i n g i a d c h i t j o t e
h a p k P b S b c ó p h a 1 t , 3 e % S b + 1 0 a 2 v a a c o p h e b ß i l U p b U t d i
P b 2 O 3 d i n g x N i e n t h o t h i c n g . C a c c t c a b e n cĩc 0 a 2 % c G a p h a
+ 0 , 1 % v a u c p h e b ß i . M i t c o n g i a h a i m b o n g m P b i c
v a a s t h e y t i n h c ó t a c d a n g c h N n g o b o n g i c a g i n a r c h a o
c h o a x i t i a q u a .

Hình 2. Cấu tạo khối ben cãn

Dung dịch axit sunfuric có nồng độ 1,27 g/cm³ (1,291,31 g/cm³) và nồng độ khối lượng hình. Nồng độ dung dịch cao làm tăng nhớt và tăng độ dẫn điện, các ben cãn hiện tượng thí nghiệm quy định mà không thể quá yêu cầu.

1. Ben cãn âm
2. Ben cãn dương
3. Vật cãn
4. Khối ben cãn âm
5. Khối ben cãn dương

Hình 2. Cấu tạo chi tiết ben

2.1.3.2 Các quá trình trong quy

Trong quy trình xảy ra hai quá trình thu-nhận điện là quá trình phản ứng và các thành phần như sau:



Trong quá trình phản ứng PbO và Pb bị oxy hóa thành PbSO₄. Khi phóng điện, axit sunfuric bị phân hủy thành nước và khí SO₂ thoát ra, do đó, nồng độ dung dịch giảm. Quá trình pióng

Quá trình nChn

Sĩ thay Õi n Óng ch Û Çi d u p h ã d Ë t r o ñ g h q u h á o t u p v à l ù t
t r o ñ g h d ÷ u h i Ç u Æ x á c Ë n h m á c q u y ó m i g d s i n Ç n c ç a
2.4. Thôn Ñ ã s c á c c t í n h c ç a ÷ c q u y a x í t

2.4.1 Thôn Ñ ã s

a. Séc i Ç n Û ñ g q u y a

Séc i Ç n Û ñ g c ç a ÷ c q u y a ò ñ s ù c h c b ÷ y i Ç u n t h ÷ g i i
h a ñ t m b ê n c ñ c k h i ð k h g ÷ g r á o d

- Séc i Ç n Û ñ g t r o ñ g m Û t ñ g n

$$e_a = \delta^+ - \delta^- \text{ (V)}$$

- N ù c q u y ó n $r E_g = n n_a \cdot e$

Séc i Ç n Û ñ g h c h u ã c Ó ñ g Û d u ñ g d Ë c h , t r o ñ g t h
x á c Ë n h t h e o t ã c ñ g ñ c ñ g h i Ç m :

$$E_o = 0,8 \delta_2 \sigma \quad (2.1)$$

E_o : Séc i Ç n Û ñ g ÷ c m h u y c ç a (t í n h g v o l t) .

ð. Ó ñ g Û c ç a d u ñ g d Ë c h t í n Ç n g ÷ g ñ g (Æ + 2 5 C .

$$\delta_{\Sigma C} = \delta r_o = 0,0007 (t/5)$$

t: nhiệt độ dùng để chỉnh lúc o.

δr_o : sai số dùng để chỉnh lúc o.

b. Hệ số nhiệt độ của các quy

- Khi phóng $U_p = \frac{e}{a} R_a I$ (2.2)

- Khi nạp $U_n = \frac{e}{a} E + \frac{e}{a} R_n I$ (2.3)

Trong đó: e - hằng số điện tích phóng.

I_n - hằng số điện nạp.

R_a - điện trở trong của .

c. Điện trở trong các quy

$$R_{aq} = R_{ion} + R_{batt} + R_{mng} + R_{đng}$$

Điện trở trong các quy phải tính theo công thức trên đây. Các quy có thể vắn tắt là có 1/2 điện trở trong của quy, số có thể có là 1/2 của tổng điện trở trong của quy. Khi nạp, các ion 1/2 điện trở trong quy đang đi qua quy, các ion 1/2 điện trở trong quy đang đi qua quy.

d. Điện trở của các quy
Để đánh giá các quy, ta sử dụng thông số phóng của quy là giá trị $\% Q_{d}$ theo công thức:

$$\% Q_d = \frac{p_n \delta - p_n (25C)}{p_n \delta - p_p} \quad (2.4)$$

$$\delta_n - \delta_p = 0,16^3 \text{ g/cm}$$

Trong đó: δ_n - khối lượng dùng để nạp quy.

δ_r - khối lượng dùng để nạp quy ở 25C.

δ_p - khối lượng dùng để nạp quy ở nhiệt độ quy.

e. Năng lượng các quy

Năng lượng của các quy lúc phóng là:

$$W_p = 3600 \cdot U_p I \quad (2.5)$$

$$W_p = 3600 \cdot \frac{I}{n} \cdot \sum p_i$$

n - số lần phóng.

Năng lượng của quy lúc nạp là:

$$W_n = 3600 \cdot \frac{I}{n} \cdot \sum p_i \quad (2.6)$$

Trong đó: I - dòng phóng của các quy.

U_p - điện thế phóng của các quy.

t_n - thời gian nạp quy.

f. Công suất của các quy

$$P_a = I E = I (I_a R + I R) \quad (2.7)$$

R - điện trở ngoài.

$$P_a = I^2 R + I^2 R_a$$

Công suất của các quy là P_a (đơn vị W)

$$P_a = I \cdot E^2 R_a$$

$$\frac{dP_a}{dI} = E^2 R_a \quad \text{it cũc } i \text{ khi b} \quad \frac{E}{2R_a} \text{ hông (2.8)}$$

Nh^o-y, kRi=a R c quy s 1/2 ch o U c r o m g h s u. ¥

2.1.4.2 tính cạ c quy axit

a. c tuyen phóng níp cạ c quy

c tuyen phóng cạ c k t c i p h y o c m g b i e n g g i c n k h o n g
 O i i t h o n g U d u n g d e c h g i e m t u y g n t h i n g) (t N o n g U
 sulfuric p h u l a o t i n g a x i e t N i t t r o n g t h y i g i a a n r p a m o n g v
 d u n g e c h t r o m g . b

a. Ýh gian phóng

S i Ó p h o á g c v t u y i n p l

b. Ýh gian níp

S i Ó n i p c t u y i n n i

Hình 2.4 c tuyen phóng cạ c quy axit

Trên Ó th E c e n s i c b h g i v a e E f o n g q u á t r i n g n a p l v Ó m g

U d u n g d e c h c h e a t r o n g c h y t t á c d a n g c a b e n c n c b
 d e c h i n c á c b e n c n c c h - m , k h i n n ó n g n g b d a n g b u e m h
 l u o n p h h ó n g U d u n g d e c h t r o n g t e n g n g n .

H c u i c u p t h y g t h a y O i t r o n g p h u o n g t h y i i A m b t
 p h o n g c n u p g i m n h a n h s a u l o n g t i c l c v u i s e c g i e m n ó n
 d e c h . K h i B t r i n g t h i a p s a n h t o m g e t h h . P c i u n h i p h u o n g t r
 (v u n g i A m A) s i u n a c a t t i a n t h t r o n g c r a c o i t a s 1 / 2 g h t i t
 d c n c a c l x t h y r a b a n g t r e c h o n k á k t h c h t a n , k h i n c
 t r i n g t h á i c a n b e n g b e p a a o n g y . U k d u n g u d e c h c h e a
 c n c , s e c i c e a v e i c h i i c u p t h y m n h a n h c ó á c h i u n g g i e m
 i n k h o n g . H i c u i c u t a e g a i Q i A m h A u o n g i c

K h i i p i c n , t r o n g g a c t o k e n c a x i t s u n f u r i c t á i s i n h .
 d u n g e c h c h e a t r o n g c á c e b e m c n c n h t r o e a k h i i p l U n
 h i n e o n u t a n g p n g e , c o n c h i i c n t h i U k h i a e t p l R . P c u n i
 q u á t r i n g p h s e c i c n a i c u n g i c n t h e n t k h g l n h a n h d o c á c

và ^{238}Pu các bên cần sự phân rã để duy trì nhiệt độ
 quyết định trong giai đoạn đầu của chu trình. Khi quá
 trình phân rã các đồng vị các bên cần trở lại
 thì đòi hỏi phải phân rã. Nó chế tạo ra năng lượng và hydro
 thoát ra dưới dạng khí.

b. Dung dịch của các quy

Lưu ý rằng năng lượng sinh ra cho phản ứng trong giai
 đoạn đầu của chu trình

$$Q = P \cdot t \quad (A.9) \quad (2.9)$$

Hình 2.55 phản ứng của các đồng vị phóng xạ

Những dung dịch của các đồng vị phóng xạ được sử dụng
 để nghiên cứu các phản ứng. Hình minh họa
 Q_1, Q_2, Q_3 mang tính chất của các đồng vị phóng xạ
 có chu kỳ 5 ngày, 10 ngày, 20 ngày. Hình minh họa
 quy trình phân rã của các đồng vị phóng xạ.
 Hình minh họa các phản ứng của các đồng vị phóng xạ

$$Q_m = Q = 5,4 \text{ A} \cdot 10 \text{ h} = 54 \text{ Ah}$$

Trên hình 2.55 là các phản ứng thay đổi đồng vị trong
 phản ứng phân rã của các đồng vị phóng xạ. Hình minh họa
 (Hình 2.55) là các phản ứng thay đổi đồng vị trong
 phản ứng phân rã của các đồng vị phóng xạ. Hình minh họa
 (Hình 2.55) là các phản ứng thay đổi đồng vị trong
 phản ứng phân rã của các đồng vị phóng xạ.

Các đồng vị phóng xạ được sử dụng để nghiên cứu

Khi nghiên cứu các phản ứng của các đồng vị phóng xạ

Dung dịch của các đồng vị phóng xạ

Dòng điện của các đồng vị phóng xạ

Những đồng vị phóng xạ

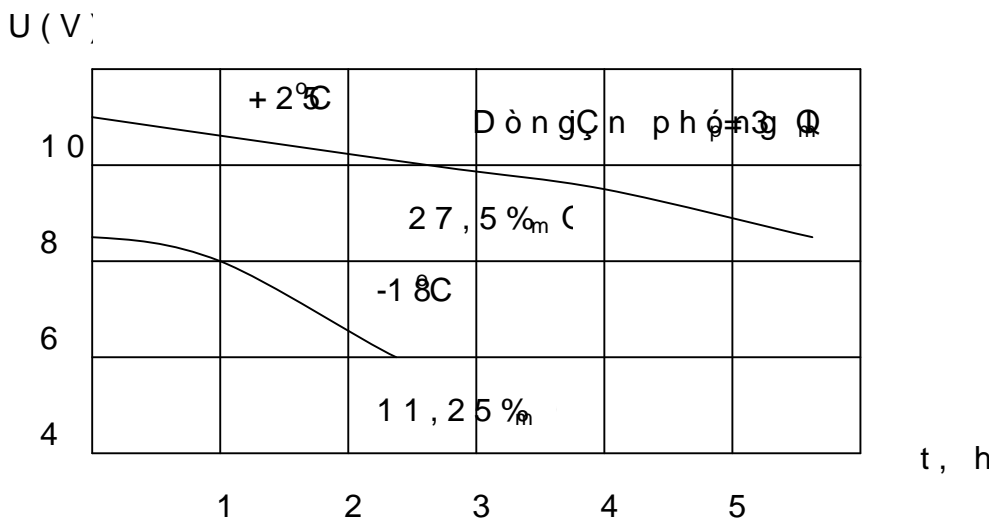
Thay đổi các đồng vị phóng xạ

Dung dịch của các đồng vị phóng xạ thu được từ dòng phóng xạ. Phóng xạ
 được sử dụng để nghiên cứu các phản ứng của các đồng vị phóng xạ

$$I_p \cdot t = \text{const} \quad (2.10)$$

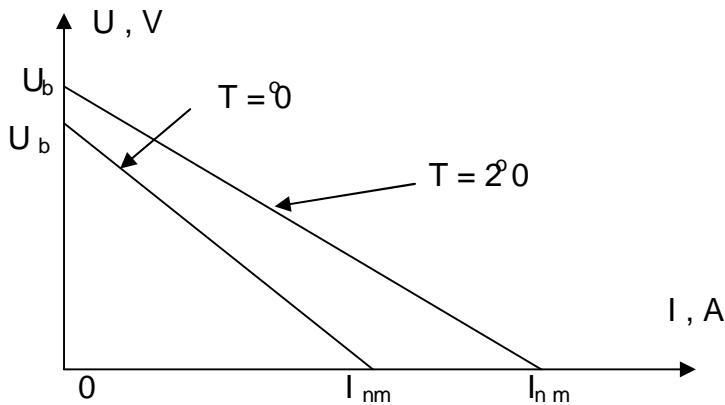
Trong bảng 2.55 là các phản ứng của các đồng vị phóng xạ

Trên hình 2.55 là các phản ứng thay đổi đồng vị trong
 phản ứng phân rã của các đồng vị phóng xạ. Hình minh họa
 của nó giảm nhanh. Khi các đồng vị phóng xạ phân rã
 dung dịch của các đồng vị phóng xạ. Hình minh họa
 những đồng vị phóng xạ. Hình minh họa những đồng vị phóng xạ
 những đồng vị phóng xạ. Hình minh họa những đồng vị phóng xạ



Hình 2.6: Các tuyến phóng của các nhiệt độ khác nhau.

Để nghiên cứu mối quan hệ giữa hiệu suất và ứng dụng phóng nhiệt khác nhau.



Hình 2.7: Các tuyến Vantpeca các quy trình nhiệt độ khác nhau.

Trong đó: U_b - barô xác định theo công thức thực nghiệm

$$I_{nm} - dòng ngắn mạch $U_d = 0$.
 $U_b - I_{nm} R_a = 0$
 $I_{nm} = \frac{U_b}{R_a}$ (2.11)$$

$$U_b = n(2,02 + 0,000016)t$$

$$I_{nm} = \frac{U_b}{R_a}$$

$$I_{nm} = 2,24 + 107,7 \frac{t}{1000}$$
 (2.12)

n : Số vòng quay.
 t : thời gian dùng để phân tích.
 $0,000016$: Hệ số nhiệt độ của điện phân.
 n : Số bên của các ghép song song trong một ngày.
 I_{nm} : cường độ dòng điện đi qua một phân tích.

Để các tuyến Vantpeca xác định điện trở trong của

$$R_a = \frac{U_b}{I_{nm}}$$

d. Các tuyến của các chất khác

® quy là c v i r ô t ô t h e o ù c p h ó n g n i p n l u t a y p h e o t
 c a h c t h ã n g c n i c h i n i p Õ n Ë n h n h ý c ó b ù t i t c h i

$$U_{mf} = 13,2 \text{ và } 14,2 \text{ V}$$

$$I_n = (U - U_0) / R_{\Sigma} \quad (2.13)$$

$$R_{\Sigma} = R_a + R_d + R_{mf}$$

Trong đó: R_d : C i n t r ã d a y d « n .

R_{mf} : C i n t r ã c á c c u ù n s t a t o r m á y p h á t .

Hình 2C8 ù p h ó n g n i p p q u y a n x e
 ã á n h g i á m é c c a ã n g e n g x e , y i n g á x e m x é t h c s ã c a n b

$$K_{cb} = \frac{t_n}{t_p} \cdot \frac{\ddot{\alpha}_0}{\ddot{\alpha}_o}$$

N i K_{cb} > 1 a c c a c o n i p c .

N i K_{cb} < 1 t c q b i y p h ó n g i c n .

đ h k i u s u y t n i p .

2.1. Các ph i n g i p h á i c m c h o c q u y

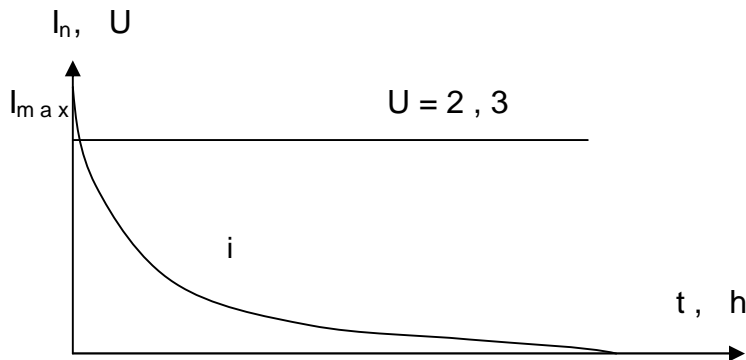
C ó h a i p h á p g m p i c n c h o u y

2.1.5. N i p b ã n g h i c u i c n t h i k h o n g Õ i

Trong c á p h a n y t c l c á q u y á c m c s o n g s o n g v ù i n g
 n i p à ð o £ m i c n t h i c c y h n g ð u n g 3 V 2, 5 (M ê ù t c q u y
 i n ù i i á u U k i c n a U

C ý n g ù n g i p t h a y Õ i t h e o c o n g t h e c :

$$I_n = (U - E) / R_{\Sigma}$$



Hình 2N i p b ã n g h i c u i c n t h i k h o n g
 $I_{max} \gg 1, 5 m_Q$

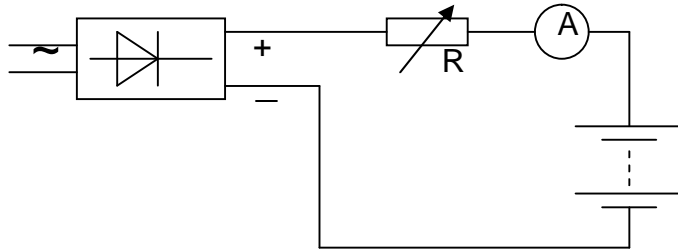
Khi E_a tăng nhanh theo ω tuyến hyperbol.
 Nhắc lại các phương pháp là:

Dòng điện nạp $I_{n\max}$ của IÚn có thể ảnh hưởng b
 Dòng điện giá trị cực tiểu nạp không

2.1. Phương pháp nạp dòng điện không Õi

Theo cách này dòng điện giá trị cực tiểu không
 thay đổi giữa các giá trị tải khác nhau. Vì thế
 người ta nạp dòng điện $I_n = 0,1 \cdot Q$ giá trị nhất định
 có ảnh hưởng đến công thức:

$$R = \frac{U}{I_n} \cdot 0,51$$



Hình 2.10 Sơ đồ nạp dòng điện không Õi

Theo phương pháp này các máy biến áp nối tiếp nhau
 có thể sử dụng chung một biến áp. Khi nạp các
 tế bào $U_n = 2,7$ Các quy tắc có thể áp dụng như sau, không
 cần ý nghĩa dòng điện nạp theo quy định của nhà sản xuất
 quy định dòng điện I_n phải nạp lâu

n : Số quy trình nối tiếp.

0,5: Hệ số dẫn trị.

U_n : Điện áp của từng nguồn nạp.

Trong phương pháp này sự sụt áp ở người ta cần phải
 chú ý rằng U_{1m} khi kết nối với sự sôi, giảm nhiệt độ, vì thế
 phương pháp này có thể áp dụng cho nạp và khi nạp.

Hình 2.11 Sơ đồ nạp 2 tế bào

2.1. Các đặc tính kỹ thuật

Ảnh hưởng của các yếu tố bên trong và ngoài lên các
 đặc tính giữa các thành phần của thiết bị là điều cần chú ý
 Ảnh hưởng của các yếu tố bên ngoài như nhiệt độ, độ ẩm
 dòng nạp và nhiệt độ của máy khi dùng.

Để tránh sự quá nhiệt, máy khi dùng cần phải có
 dây nối từ máy khi dùng quá lâu cần phải có các biện pháp
 tản nhiệt và khi khi là một quy trình kỹ thuật cần phải
 nóng để tránh hỏng hóc thiết bị.

2.2 Máy phát điện

2.2.1. Nhiệm vụ của phân phối điện trong hệ thống điện động cơ của ô tô là cung cấp năng lượng cho các thiết bị điện có bộ phận động cơ có ích. Nguồn năng lượng từ máy phát ô tô. Khi khởi động, máy phát cung cấp cho các thiết bị điện tích trữ năng lượng để cung cấp cho các thiết bị thích hợp với nhau.

Yêu cầu đặt ra cho máy phát điện trên xe là: xác định biên độ biến động của các thông số kỹ thuật quy định. Có hai chế độ phát: máy phát trong chế độ hoạt động bình thường (chế độ hoạt động) và chế độ phát trong chế độ hoạt động khẩn cấp. Các máy phát điện trên xe lắp đặt trong hệ thống điện ô tô - p. 2.

2.2.1.1. Chế độ hoạt động

Máy phát điện xoay chiều hoạt động thêm ô tô. Nó có nhiệm vụ cung cấp điện cho các thiết bị điện của ô tô. Nguồn điện phải được cung cấp cho các thiết bị điện. Khi khởi động, máy phát điện phải cung cấp cho các thiết bị điện. Khi khởi động, máy phát điện phải cung cấp cho các thiết bị điện.

2.2.1.2. Yêu cầu

Máy phát điện phải có nhiệm vụ cung cấp điện cho các thiết bị điện của ô tô. Nó có nhiệm vụ cung cấp điện cho các thiết bị điện. Khi khởi động, máy phát điện phải cung cấp cho các thiết bị điện. Khi khởi động, máy phát điện phải cung cấp cho các thiết bị điện.

2.2.1.3. Thông số kỹ thuật của máy phát điện

Hệ số công suất của máy phát điện là $\cos \phi = 1$ vì vậy những xe sử dụng hệ thống điện 12V, $U = 28V$ và những xe sử dụng hệ thống điện 24V. Công suất của máy phát điện phải đủ để cung cấp cho các thiết bị điện của ô tô. Thông số của các thông số kỹ thuật của máy phát điện là $P_{mf} = 7001500W$.

Dòng điện của các thiết bị điện của ô tô là $I_{max} = 70140A$.

Thông số của các thiết bị điện của ô tô là $\eta = 0,8$ và $i = 1,52$.

Trong đó: η - Hiệu suất truyền tải của máy phát điện.

Hệ số công suất của máy phát điện là $\cos \phi = 1$ vì vậy những xe sử dụng hệ thống điện 12V, $U = 28V$ và những xe sử dụng hệ thống điện 24V.

Hệ số công suất của máy phát điện là $\cos \phi = 1$ vì vậy những xe sử dụng hệ thống điện 12V, $U = 28V$ và những xe sử dụng hệ thống điện 24V.

2.2.4 Phân phối điện trong hệ thống điện động cơ của ô tô

Hình 2.1. Cấu tạo máy phát điện xoay chiều
 a. Bố trí chung: 1. Khung stator; 2. Cực nam; 3. Cực bắc; 4. Cuộn dây; 5. Rotor; 6. Vòng góp.
 b. Số cuộn dây ba pha theo h

Hình 2.2. Rotor máy phát điện xoay chiều kích thước nhỏ
 1. Chốt trục; 2. Cực nam; 3. Cực bắc; 4. Cuộn dây; 5. Rotor; 6. Vòng góp.
 Rotor có 5 cuộn dây quấn trên lõi thép hình móng ngựa và hai đầu nối với các đầu dây kích thích qua vành góp. Hình 2.17

Khi có dòng điện đi qua cuộn dây thì từ trường sinh ra sẽ tác động lên các cực khác nhau của các cực, làm cho rotor quay. Nguyên nhân của hiện tượng này là do tác dụng của từ trường sinh ra bởi dòng điện đi qua cuộn dây.

+ Các số liệu kỹ thuật của máy phát điện xoay chiều
 Vòng góp có nhiệm vụ chuyển đổi dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều. Các máy phát không có vòng góp gọi là máy phát không đồng bộ (không có vòng góp). Các máy phát không đồng bộ có công suất nhỏ (không quá 1000VA) và được dùng để cấp điện cho các thiết bị điện tử.

Nguyên lý của máy phát điện đồng bộ:

Ta sẽ xem xét một nam châm vĩnh cửu (chính là 2 cực từ hút hấp dẫn) đặt trong một khe hở trong góc có cực nam châm. Các cực nam châm này kết nối với nhau giữa các cực rotor và đặt ở một trục chung.

Hình 2.10 Máy phát xoay chiều và số cực từ
 Khi đặt một cuộn dây nam châm (stator) có số cực từ của rotor bằng nhau thì có một từ trường phân bố đều trong stator và từ trường của stator chia đều cho số cực từ của rotor.

Nếu từ trường của rotor quay thì từ trường của cuộn dây từ từ biến đổi khi các cực từ của rotor đi qua các khe hở của stator. Khi các cực từ của rotor đi qua khe hở của stator thì từ trường của stator cũng biến đổi theo. Từ trường của stator biến đổi theo một chu kỳ nhất định.

Khi rotor quay, các cực từ của nó so với các cực từ của stator biến đổi theo một chu kỳ nhất định. Khi các cực từ của rotor đi qua các khe hở của stator thì từ trường của stator cũng biến đổi theo. Từ trường của stator biến đổi theo một chu kỳ nhất định.

Ý nghĩa của từ trường trong khe hở của máy phát đồng bộ là gì? Nó là từ trường của stator biến đổi theo một chu kỳ nhất định. Từ trường của stator biến đổi theo một chu kỳ nhất định.

$$\delta F = \delta F_0 + \delta F_1 \cos \alpha + \delta F_3 \cos 3\alpha + \delta F_5 \cos 5\alpha + \dots$$

Trong đó:

δF_0 - Thành phần của từ trường từ cực từ của stator.

δF_1 - Biên độ của sóng từ trường từ cực từ của rotor.

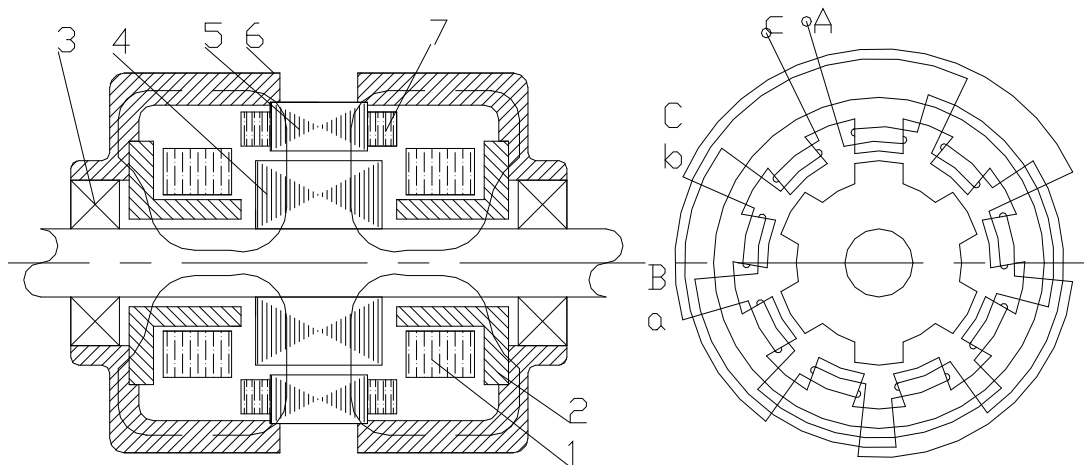
Nếu bỏ qua các thành phần cao cấp thì ta có:

$$\delta F = \delta F_0 + \delta F_1 \cos \alpha$$

Khi rotor quay thì từ trường của stator biến đổi theo một chu kỳ nhất định.

$$\delta F = \delta F_0 + \delta F_1 \cos \omega t$$

Hình 2. Kết cấu máy phát kích thích m



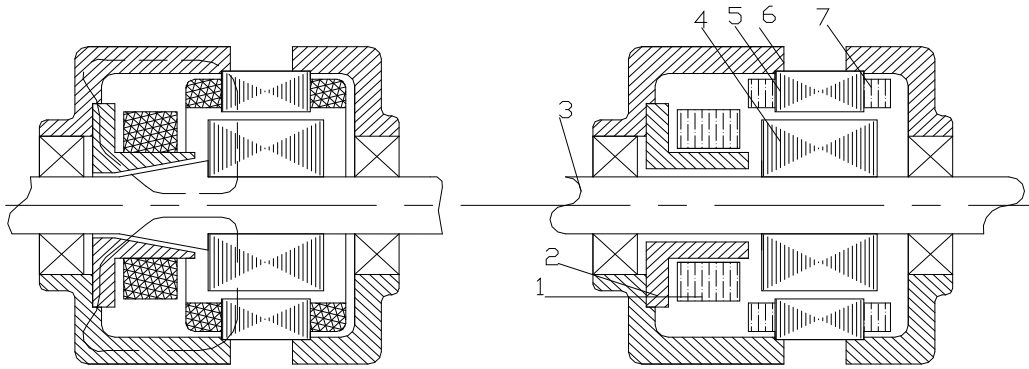
Hình 2. Kết cấu máy phát kích thích h:
 1. Cùndây kích; 2 Đng lót; ò ðg; 4i. Rotor; 5ép L ò ðg; 7 C ùn
 dây pha; A, B, C ù các pha; C ù ð các pha.

Trên trục 3 của máy phát có 6 rãnh xích 6 rãnh
 lõi stator để đặt các cuộn dây phát kích thích
 có 2 nam châm vĩnh cửu. Từ trường do nam châm
 (bộ lõi thép lợp kín chặt) có trục theo trục trục
 Các cuộn dây phát kích thích có khe hở giữa các
 cuộn dây.

Lõi thép (cấu trúc) bằng thép kỹ thuật
 có 9 rãnh nam châm. Các phần thép định hình
 phần thép có cuộn dây ba pha 7. Các cuộn dây
 nhau, hình các pha ở dạng tam giác.

Nam châm vĩnh cửu để v-t lõi thép để lắp kim nhôm
 cuộn kích thích đặt trong mạch từ. Khi rotor
 thông từ và sinh điện áp. Để tránh khi
 đi qua khe hở nam châm, theo trục 3, qua bánh xích 4
 tác rotor và stator để lắp cuộn dây.

Ý nghĩa của từ trường là để
 miễn. Do đó rotor quay thì thay đổi vị trí
 rotor và stator, các cuộn dây của mạch từ để
 máy phát, 1 mm thông tại các nam châm, nam
 không thay đổi, chú ý chú ý để tránh
 12, 25 mm.



Hình 2.2 Cấu tạo máy phát xoay chiều kỳ

Nhóm công nghệ sản xuất kinh doanh của máy phát điện đồng bộ công suất lớn và công suất trung bình, công suất nhỏ và công suất rất nhỏ. Máy phát điện đồng bộ công suất lớn và công suất trung bình và công suất nhỏ và công suất rất nhỏ.

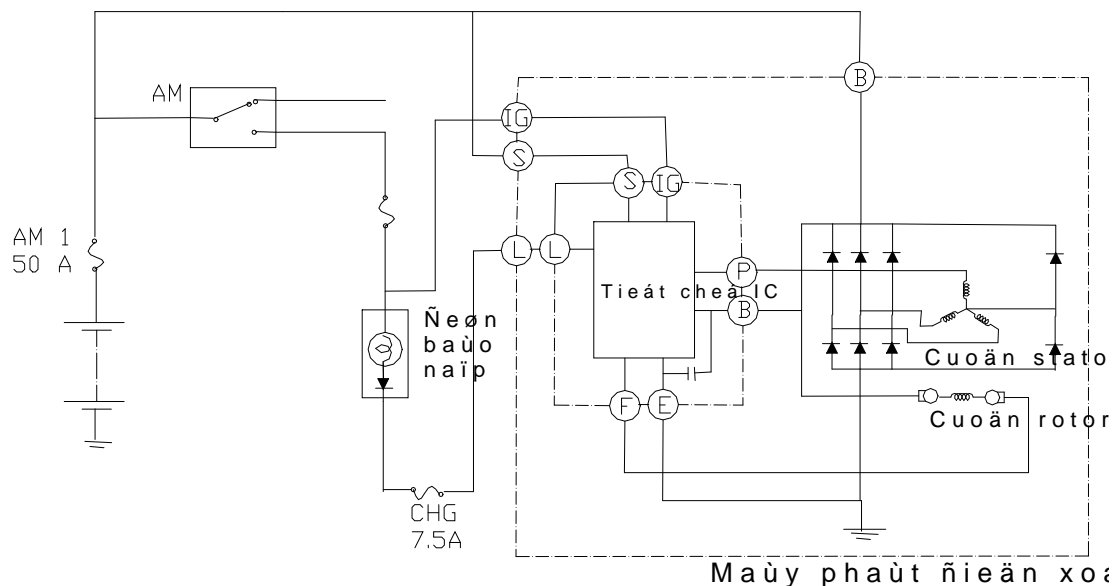
Máy phát điện đồng bộ công suất lớn và công suất trung bình và công suất nhỏ và công suất rất nhỏ. Máy phát điện đồng bộ công suất lớn và công suất trung bình và công suất nhỏ và công suất rất nhỏ.

2.2.51 Bộ chế nh I

a. Sơ nguyên lý acb ù chế nh I

Hình 2.2 Bộ chế nh 6I diode và bộ chế nh 9I iode

Để biến đổi dòng xoay chiều của máy phát thành dòng một chiều, ta dùng bộ chỉnh lưu 6I diode, 8 diode hoặc 9 diode. Nếu với máy công suất lớn (1000 kVA) và điện áp cao thì dùng 3 ar biến áp để hạ điện áp xuống thì phải dùng các cuộn cảm để lọc dòng một chiều công suất máy phát.



Hình 2: Bộ chỉnh lưu 6 diode

Vì vậy thì ta sử dụng các diode bán dẫn có công suất 3, làm tăng công suất phát khi máy phát 2. Trong mỗi máy phát thì ta sử dụng 3 diode nhỏ (diode trio) một để các pha. Ông thì ông báo (hình 2.22)

Hình 2: Bộ chỉnh lưu 14 diode

1. Cầu quy đổi; 2. Cầu kích (G); 3. Cầu chỉnh lưu (H); 4. Diode chỉnh lưu (I); 5. Diode trio; 6. Diode trio; 7. Cầu chỉnh lưu (J); 8. Cầu chỉnh lưu (K); 9. Cầu chỉnh lưu (L); 10. Cầu chỉnh lưu (M).
 Bộ chỉnh lưu

Trên hình là sơ đồ của máy phát 3 pha có dòng m theo số vòng dây của nó, 3 pha. Các cuộn dây được đấu sao. Máy biến áp ở đây là để giảm điện áp và trên đây:

$$U_n = \sqrt{3} U_{\phi} \quad \text{và} \quad I_n = I_{\phi}$$

Ta ghi lại rằng tại các máy phát thì:
 Điện áp tế bào 3 pha A, B, C là:

$$U_A = I_m \sin \omega t$$

$$U_B = I_m \sin(\omega t - 2\pi/3)$$

$$U_C = I_m \sin(\omega t + 2\pi/3)$$

Trong đó:

I_m : Cường độ hiệu dụng của pha;
 $\omega = 2\pi f = 2\pi n \cdot p / 60$ rad/s Góc.

Hình 2.25 Sơ đồ mạch máy phát ba pha áp suất cân bằng.

Ta có giả thiết là dòng điện trong cuộn dây có độ lệch pha ϕ so với từ trường Φ (với $\phi = 0$) thì $i = I_m \sin(\omega t - \phi)$.

Trên sơ đồ hình 2.25 này có 6 diode kết nối thành hai nhóm ba diode gọi là các diode d_1, d_2, d_3 (VD) có các anode nối với nhau; Nhóm diode thứ hai là các diode d_4, d_5, d_6 (VD) có các cathode nối với nhau. Trong mỗi nhóm ba diode «trên» khi anode của nó có điện thế cao hơn thì diode đó «trên» có dòng điện đi ra, thì một thứ tự là một bất kỳ. Như có 2 diode hoạt động trong mỗi chu kỳ của một diode cân bằng thì $i_{\text{ph}} = I_m \sin(\omega t - \phi)$ là dòng điện qua trong 1 chu kỳ (T/3).

Điện thế dây của máy phát ba pha cân bằng có dạng hình sin với biên độ xác định bởi các tung độ $\pm I_m \sin(\omega t - \phi)$ và $\pm I_m \cos(\omega t - \phi)$ (hình 2.2c) của điện áp pha. Vì vậy, điện áp hiệu dụng của máy phát ba pha là $I_m / \sqrt{2}$ thay đổi với tần số xung ứng của cuộn dây. Như vậy, điện áp hiệu dụng là:

Tần số nhĩnh t của cuộn dây là $f = 50 \text{ Hz}$. Điện trở của cuộn dây là $r = 73 \text{ m}\Omega$.
 Số thay đổi của cuộn dây là $\Delta L = 0,23 \text{ mH}$.

$$\Delta L_{mf} = (1,73 + 0,23) \cdot 10^{-3} = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ H} \quad (2.15)$$

Tần số nhĩnh t của cuộn dây là $f = 50 \text{ Hz}$. Điện trở của cuộn dây là $r = 73 \text{ m}\Omega$.

$$U_{mf} = \sqrt{3} U_m \cdot \cos \phi \quad (2.16)$$

Tần số nhĩnh t của cuộn dây là $f = 50 \text{ Hz}$. Điện trở của cuộn dây là $r = 73 \text{ m}\Omega$.

$$U_{mf} = \frac{1}{T} \int_0^T U_m \cos(\omega t) dt = \frac{6}{T} \int_0^T U_m \cos(\omega t) dt = \frac{6}{T} U_m \sin(\omega t) \Big|_0^T = \frac{6}{T} U_m \sin(\omega T)$$

$$U_{mf} = \frac{3\sqrt{3} U_m}{\pi} = 1,65 U_m \quad (2.1)$$

Vũ:

$$\omega = 2\pi f = 1/T$$

$$U_{mf} = 1,65 U_m = 2,34 \text{ V} = 1,35 U$$

U_{mf} : Điện áp hiệu dụng pha.

U_d : Điện áp hiệu dụng dây.

Như vậy, tần số nhĩnh t của cuộn dây là $f = 50 \text{ Hz}$. Điện trở của cuộn dây là $r = 73 \text{ m}\Omega$.
 Số thay đổi của cuộn dây là $\Delta L = 0,23 \text{ mH}$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_d = 2,34 \text{ V}$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.

$$U_{mf} = \frac{0,23 U_{mf}}{1,65} = 0,139 U$$

% xunh của cuộn dây là $\Delta L = 0,23 \text{ mH}$.

$$U_{mf} = \frac{100 U_{mf}}{U_{mf}} = 13,9 \%$$

Giá trị trung bình của điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.

Khi tần số nhĩnh t của cuộn dây là $f = 50 \text{ Hz}$. Điện trở của cuộn dây là $r = 73 \text{ m}\Omega$.

$$i_{mf} = \frac{U_{mf}}{R}$$

Hình dạng của dòng điện trong cuộn dây là $i_{mf} = \frac{U_{mf}}{R}$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.

$$I_m = \frac{U_m}{R}$$

Giá trị trung bình của dòng điện trong cuộn dây là $I_{mf} = \frac{U_{mf}}{R}$.

$$I_{mf} = \frac{6}{T} \int_0^T I_m \cos(\omega t) dt = \frac{6}{T} I_m \sin(\omega t) \Big|_0^T = \frac{6}{T} I_m \sin(\omega T) = 0,955 I_m \quad (2.18)$$

Như vậy, tần số nhĩnh t của cuộn dây là $f = 50 \text{ Hz}$. Điện trở của cuộn dây là $r = 73 \text{ m}\Omega$.
 Số thay đổi của cuộn dây là $\Delta L = 0,23 \text{ mH}$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.

Dòng điện chạy trong các cuộn dây là $i_{mf} = \frac{U_{mf}}{R}$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.
 Điện áp của cuộn dây là $U_{mf} = 1,35 U$.

Nh^o-y, ònh g pha không ts^đ và ng
 Giá trị u đả g p đ a:

$$I_{0F} = \sqrt{\frac{T}{4} \cdot \frac{\sigma}{\sigma_0} \cdot \frac{1}{0.75} \cdot 0.75} \quad (2.19)$$

Tê ó: $I_{0F} = 0.8151$

2.2.2c tính cça máy phát iÇn xoay chiÁu
 .c tuyçn máy phát xoay chiÁu iÇn chiÁu

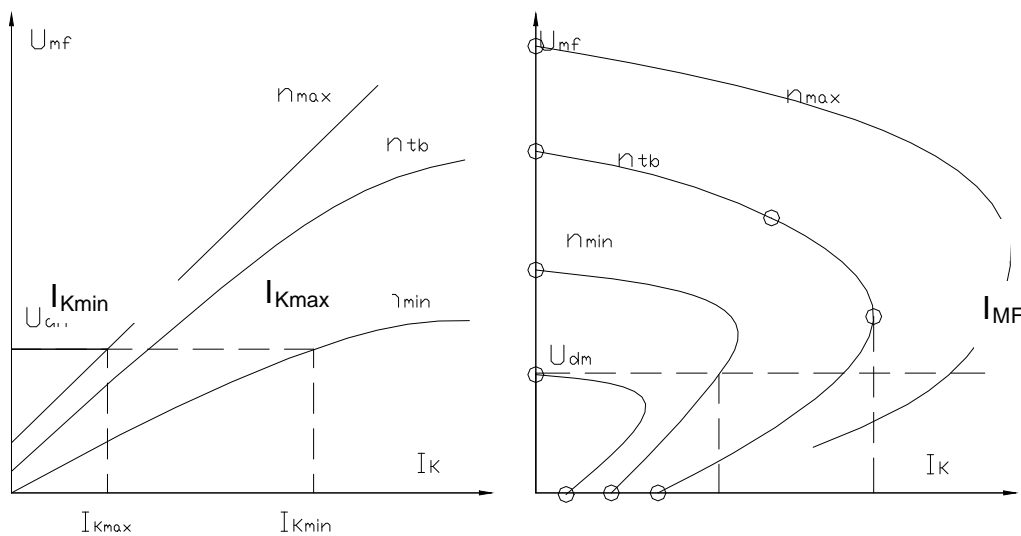
.c tính cça các máy phát xáy iÇn hÁ b±ng các m
 hÇ giãa cá ãng gi đ n sau:

- € i, n thf c,, a pha U_{0F}
- € i, n thf d...y U_d
- € i, n thf ch tnh t u
- € D'ng %õn c,, a pha
- € D'ng %õn tSi m' y ph t
- € D'ng %õn kOEch I_k
- € S' v'ng quay cça m' y ph t n

* • Žc tuyçn không tSi

L' nh'ng %đ'ng cong %Žc t'ng cho ni quan h, %õn thf c,, a m' y ph t
 v' d'ng %õn kOEch thOE d: $I_{mf} = f(x)$ khi s' v'ng quay không %õi $n_{mf} = \text{const}$
 d'ng %õn tSi $I_{mf} = 0$

• Žc tuyçn không tSi %õc x'c %õn h t- ph- ñng ñnh phTM t'c c,, a s' c
 %õn %õng m' y ph t v' s' v'ng quay. V' d'ng %õn kOEch v t- ñng t- ñng
 (cø khe hœ không khOE) phTM th' s' v'ng quay cça m' y ph t %õn, n s' c
 %õn %õng không t t l, thuñ v' i s' v'ng quay cça m' y ph t %õn, n. Do %õ
 %Žc t'Enh không tSi c,, a m' y ph t %õn g' m nh'ng %đ'ng cong t- ñng v' i s' v'ng
 quay (H'nh 2.2).



Hình 2.2 a.c tuyçn không tSi ònh g quã i y s' h' ác
 b. .c tuyçn ãng v' ù ò s' ñ quay khác n
 Theo Žc t'Enh, ta x'c %õn h, s' %õ Žc t'ng s' v'ng c,, a m' y ph t.

$$K_n = n/n_{min} = 10$$

Số hiệu chỉnh pha của máy biến áp:

$$E_{\delta F} = \frac{U_k}{U_n} \cdot \frac{p}{60}$$

Trong đó k H, số pha máy biến áp.

(k = số pha máy biến áp xoay chiều)

δF : Số vòng dây trên trục của máy biến áp

δF : Tổng số vòng dây qua khe hở rotor

* Điều chỉnh tốc độ

Lưu ý rằng công suất cho máy biến áp, giá hiệu chỉnh máy biến áp sau chỉnh lưu và dòng điện tải (hình 2.24b).

$$U_{mf} = f_n \Phi$$

Vậy $n = \text{const}$;

$$U_k = U_n = c \cdot \Phi \cdot n = \text{const}$$

Khi tải máy biến áp tăng hiệu chỉnh máy biến áp giảm nhanh.

Nguyên nhân giảm hiệu chỉnh máy biến áp khi tải tăng do sụt áp trong diode, sụt áp trên cuộn dây (điện trở của cuộn dây), do sụt áp trong cuộn dây pha trong khe hở stator giảm do hiệu chỉnh máy biến áp.

Điện trở của cuộn dây pha trong cuộn dây stator:

$$Z_{\delta F} = \sqrt{R_{\delta F}^2 + X_L^2}$$

$$X_L = \omega L = \frac{2\pi p n L}{60}$$

$$Z_{\delta F} = \sqrt{R_{\delta F}^2 + \left(\frac{2\pi p n L}{60}\right)^2}$$

Trong đó:

$R_{\delta F}$: Điện trở của cuộn dây pha.

X_L : Điện kháng của cuộn dây pha.

L: Điện cảm của cuộn dây pha.

Giá trị của $Z_{\delta F}$ máy biến áp số vòng quay và vận tốc, khi tăng tải thì công suất hiệu chỉnh máy biến áp giảm.

* Điều chỉnh tốc độ theo số vòng quay

• Điều chỉnh tốc độ theo số vòng quay lưu ý rằng công suất cho máy biến áp, giá dòng điện tải và số vòng quay (hình 2.25).

$$I_f = f(n_f) = \text{const}$$

! Số cao, dòng điện pha ra tăng chậm và giá trị của số hiệu chỉnh của máy biến áp không vượt qua giá trị của số hiệu chỉnh, tức là máy biến áp có thể chỉnh tốc độ (hình 2.25).

$$I_{mf} = \frac{2}{3} I$$

Hình 2.2c tuyen txi ðng oqsĩ ãyv

$$I_{mf} = \frac{E_{mf}}{\sqrt{\frac{\omega(R_s + R_L)}{\omega} + \frac{\omega^2 p n L^2}{60 \omega^2}}} = \frac{C_e n \omega F}{\sqrt{\frac{\omega(R_s + R_L)}{\omega} + \frac{\omega^2 p n L^2}{60 \omega^2}}}$$

Vĩi: $C_e = 4KK_1 \omega p / 60$
 $K_1 = 2,34$

ĩ t c %š thçp:

$$\frac{\omega(R_s + R_L)}{\omega} > \frac{\omega^2 p n L^2}{60 \omega^2}$$

Vĩ vzy: $I_{mf} = \frac{C_e n}{R_s + R_L}$

ĩ t c %š cao:

$$\frac{\omega(R_s + R_L)}{\omega} < \frac{\omega^2 p n L^2}{60 \omega^2}$$

Do %š : $I_{mf} = \frac{C_e \omega F}{2 p n L p / 60}$

Nhç vzy mçy phçt sç khš nçng tš hĩn chf ðg cç t c %š cao.

2.3 ÛB iÁu chÉnh iÇn (BÙ tiçt chç)

2.3.1 ÛC | ý s u y iÁu chÉnh à pçñ i á g p Á á p chÉnh

2.3.1.1 ÛC | ý s t h u y ç t

Khi %š ðu chçnh %š, n ç p vççng %š ðng %š c, a mçy phçt trong cçc h, thçng cung cçp %š, n thç tççng %š ðu chçnh mçy phçt vç accu. Hçt %šng %šng thç c, a mçy phçt c çng accu šy ra khi c sš thay %š i vçn t c quay c, a phçn çng (rotor) c, a mçy phçt, c, a tš i vç, a nhiçt %šš trong phĩm vi ršng. • ç cçc bš phçn tççp nhçn %š, n nçng vi, c bĩnh thççng thç %š thç c, a lçĩ %š, n phšĩ khçng %š i. Vĩ vzy, cçn phšĩ c sš %š ðu chçnh %š, n

Trong quç trĩnh vçn hçnh, mçy phçt c thç c nhçng trççng h”p khi tš i vççt quç trç sç %š, n h mçc. • ðu mçy sç d-n %š, n hi, n tççng bç chçy, lçm gišm khš nçng chuyçn %š i mçch hožc quç nhiçt, d-n %š, n tççng tš i ç c chi tççt ç— khç c, a h, thçng d-n %š, n mçy phçt. Vĩ vzy, cçn c thççt bç %š, n bš sš hĩn chf

d'ng %qñ c,,a m'ý ph'ct. T'ct cŠ c'c ch'c n'ng %y œ h, th'ng cung c'p %oi,n cho
 •t•, m'ý k'©o %o'c th'c hi,n t'š %o'sng nh' b's %oi'Eu ch'nh %oi,n th'ng %qñ.

•i ,n th'f c,,a m'ý ph'ct m'st chi'Eu ho'c xoay chi'Eu th' %'c bi-u d'ñ boei c'ng th'c:

$$U_{mf} = e C_n \delta F - 2 U - R \cdot I_{mf} \quad (2.20)$$

Trong %o :

C_e : h'ng s' k'ft c'c c,,a m'ý ph'ct.

$C_e = p n / \phi$ v'yi m'ý ph'ct m'st chi'Eu).

$C_e = 4 p - k \cdot k \cdot p$ v'yi m'ý ph'ct xoay chi'Eu)

k_p : h, s' ch'nh t'u, x'c %o'nh qua t' s' gi'a %oi,n 'p ch'nh t'u trung b'nh v' %qñ 'p pha.

n : v'zn t'c quay c,,a rotor m'ý ph'ct.

$2 U$: %s sTMt 'p tn b's ch'nh t'u c,,a m'ý ph'ct (v'yi m'ý ph'ct m'st chi'Eu $2 U$ l' %s sTMt 'p tn ch'i than).

R_{fd} : %qñ troe t'ng %o't'ng m'ý ph'ct c' t'Enh %ofn sTMt 'p trong m'ý ph'ct v' b's ch'nh t'u (v'yi m'ý ph'ct xoay chi'Eu

R_{fd} l' m'st b'fn s' phTM thu'œ v'zn t'c quay c,,a rotor).

I_{mf} d'ng %qñ c,,a m'ý ph'ct.

K_o : h, s' d...y qu'çn.

K_{of} : h, s' d'ng t- tr'ng.

T- th'ng c,,a m'ý ph'ct %'c k'©ch th'©ch b'ng %oi,n th'© bi-u d'ñ qua d'ng k'©ch th'©ch.

$$\delta F_0 = \frac{\delta F_0 \delta H_k}{(a \delta + b \cdot I_k)}$$

Trong %o :

δF_0 : t- d'.

a, b : b'c h, s' c,,a %'ng cong t- h a.

Hình 2.2c tuy'c' n' t'©i u' i'çn th'ç máy ph'c ph' thu' l' o' v'òng t' k'ich

• - x'c %o'nh c'c h, s'a, t'ron %o'ng %o'c t'Enh kh'ng (t'š nh 226), ta ch'zn hai %oi-m: %oi-m t' th'©n th'ng, %oi-m 2' m' %o'ñ b'©o ho'. B' qua Šnh h'çng c,,a t- d' δF_0 v' %s sTMt 'p tn b's ch'nh t'u $2 U$ v'yi nh'ng %oi-m b' ch'zn, ta c' th' v'ift:

$$U_1 = e C_n k_1 / (a + k_1) b \cdot I$$

$$U_2 = e C_n k_2 / (a + k_2) b \cdot I$$

Gi'Ši h, ph'ng tr'nh n'ý t'©i:

$$a = \frac{[C_e \cdot I_{k1} \cdot I_{k2} \cdot (U_{mf} - U)]}{I_e \cdot [U \cdot (I_{k2} - I_{k1})]}$$

$$b = \frac{[C_e \cdot I_e \cdot (U_{k2} - U_{k1})]}{I_e \cdot [U \cdot (I_{k2} - I_{k1})]}$$

Nếu tăng hiệu suất của phần tử, thì công suất (4.16) sẽ tăng:

$$U_{mf} = \frac{C_e \cdot I_{k1}}{(a + b) \cdot I_{mf}} \quad (2.21)$$

Như vậy, hiệu suất của phần tử có thể không thay đổi khi tăng công suất, và phần tử công suất thay đổi trong phạm vi nhất định, cần phải thay đổi hiệu suất của phần tử để đạt được mục đích (2.21).

$$I_k = \frac{(U + I_{mf} \cdot R_{mf}) \cdot a}{I_e \cdot [C_e \cdot (U_{k1} + I_{mf} \cdot R_{mf}) \cdot b]} \quad (2.22)$$

Vậy, khi tăng công suất phần tử có thể tăng hiệu suất của phần tử để đạt được mục đích, cần khi tăng hiệu suất của phần tử tăng. Phạm vi thay đổi công suất, và tăng công suất phần tử, mà khi đó hiệu suất của phần tử phải giữ ở mức tối đa của phần tử để đạt được mục đích:

$$K_n = \frac{n_{max}}{n_{min}} \quad (K_n = 0,8 \text{ với } \beta = 0, \text{ và } 4 \text{ với } \beta = 1)$$

Hơn nữa, hiệu suất của phần tử có thể tối đa của phần tử suy ra từ phần tử (4.18) là:

$$I_{t \text{ tối đa}}: \quad n_{min} \text{ hiệu suất của phần tử } I_{k \text{ tối đa}}$$

$$I_{t \text{ tối thiểu}}: \quad n_{max} \text{ hiệu suất của phần tử } I_{k \text{ tối thiểu}}$$

Ta có:

$$K_n = \frac{[C_e \cdot n_{max} \cdot (U_{mf} + I_{mf} \cdot R_{mf}) \cdot b]}{[C_e \cdot n_{min} \cdot (U_{mf} + I_{mf} \cdot R_{mf}) \cdot b]}$$

Như vậy, hiệu suất của phần tử có thể tối đa của phần tử theo tăng công suất phần tử. Điều này xảy ra do công suất của phần tử tăng theo hiệu suất của phần tử (số lượng) tăng hiệu suất của phần tử để đạt được mục đích không phải tăng công suất của phần tử để đạt được mục đích; h, số công suất phần tử tối đa của phần tử là 1,5, 2,0

Khi hiệu suất phần tử (4.17) theo tăng công suất phần tử, ta có:

$$n = \frac{(U + I_{mf} \cdot R_{mf}) \cdot (a + b) \cdot I_{mf}}{C_e \cdot U}$$

Tăng phần tử công suất của phần tử khi tăng hiệu suất của phần tử (với $I_{k \text{ tối đa}} \cdot U_{mf} = C_e \cdot U$) tăng công suất phần tử, mà khi đó công suất của phần tử không thay đổi, cùng tăng.

Theo phần tử (4.17), (4.18) khi tăng công suất phần tử, ta có thể thấy rằng hiệu suất của phần tử, và công suất phần tử (hình 2.2).

Hình 2.2. c tính hiệu suất của phần tử

2.3.21. Hình ảnh và phân tích

Các cuộn dây được mắc nối tiếp nhau để tạo thành một mạch kín, các cuộn dây được mắc nối tiếp nhau để tạo thành một mạch kín.

a. Bộ biến áp tự ngẫu

Bộ biến áp tự ngẫu là một loại biến áp đặc biệt, trong đó cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp được mắc nối tiếp nhau. Khi cấp điện áp vào cuộn sơ cấp, dòng điện sẽ chạy qua cả hai cuộn dây, tạo ra từ trường chung cho cả hai cuộn. Điều này cho phép bộ biến áp tự ngẫu có thể hoạt động như một bộ biến áp thông thường hoặc như một bộ biến áp tự ngẫu.

$$I_k = \frac{U}{R_k + R_{\text{đ}}}$$

$$U_{mf} = U = 13,8 \text{ V}$$

Trong đó:

$$R_{\text{đ}} = \frac{U_{\text{đ}}}{I_{\text{đ}}} = \frac{C_e n}{\omega} = \frac{2\pi f C_e n^2}{\omega}$$

Trong đó, \$C_e\$ là hằng số từ của cuộn dây, \$n\$ là số vòng dây của cuộn dây.

Với \$U_{\text{đ}}\$ là điện áp rơi trên cuộn dây, \$I_{\text{đ}}\$ là dòng điện trong cuộn dây. Khi đó, ta có thể tính được điện trở của cuộn dây.

b. Bộ biến áp tự ngẫu

Bộ biến áp tự ngẫu là một loại biến áp đặc biệt, trong đó cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp được mắc nối tiếp nhau. Khi cấp điện áp vào cuộn sơ cấp, dòng điện sẽ chạy qua cả hai cuộn dây, tạo ra từ trường chung cho cả hai cuộn. Điều này cho phép bộ biến áp tự ngẫu có thể hoạt động như một bộ biến áp thông thường hoặc như một bộ biến áp tự ngẫu.

Khi cấp điện áp vào cuộn sơ cấp, dòng điện sẽ chạy qua cả hai cuộn dây, tạo ra từ trường chung cho cả hai cuộn. Điều này cho phép bộ biến áp tự ngẫu có thể hoạt động như một bộ biến áp thông thường hoặc như một bộ biến áp tự ngẫu.

• Các cuộn dây được mắc nối tiếp nhau để tạo thành một mạch kín.

2.3.2. Các đặc tính của biến áp

2.3.2.1. Phân tích các đặc tính

Tổng số cuộn dây của biến áp được chia thành hai phần: cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp.

a. Biến áp tự ngẫu

Việc phân tích biến áp tự ngẫu dựa trên hình ảnh và phân tích của nó. Khi cấp điện áp vào cuộn sơ cấp, dòng điện sẽ chạy qua cả hai cuộn dây, tạo ra từ trường chung cho cả hai cuộn.

Nếu cấp điện áp vào cuộn sơ cấp, dòng điện sẽ chạy qua cả hai cuộn dây, tạo ra từ trường chung cho cả hai cuộn. Điều này cho phép bộ biến áp tự ngẫu có thể hoạt động như một bộ biến áp thông thường hoặc như một bộ biến áp tự ngẫu.

phần hai relay U_2 có tiếp điểm c, a relay F_k của nó. Dòng điện trong cuộn dây của relay F_k được tạo ra bởi dòng điện từ cuộn dây của relay U_2 khi dòng điện I chạy qua tiếp điểm c, a relay F_k có tiếp điểm c, a relay F_k của nó. Khi dòng điện I chạy qua tiếp điểm c, a relay F_k của nó, cuộn dây của relay F_k được tạo ra bởi dòng điện từ cuộn dây của relay U_2 .

Hình 2.2 Sơ đồ nguyên lý tích tụ điện

Việc tích tụ điện trong cuộn dây của relay F_k được thực hiện bằng cách thay đổi thời gian dòng điện chạy qua tiếp điểm c, a của relay F_k . Do vậy phần tích tụ điện của relay F_k được thực hiện bằng cách thay đổi thời gian dòng điện chạy qua tiếp điểm c, a của relay F_k . Khi dòng điện I chạy qua tiếp điểm c, a relay F_k của nó, cuộn dây của relay F_k được tạo ra bởi dòng điện từ cuộn dây của relay U_2 .

$$L \text{ của cuộn dây } F_k: F_{\text{đt}} = 0,5 \cdot \frac{I^2}{\omega_m S}$$

Trong đó :

$\frac{dI}{dt}$: tốc độ thay đổi của dòng điện trong cuộn dây của relay.

S : tiết diện của cuộn dây.

ω_m : tần số của dòng điện.

T : thời gian của dòng điện chạy qua tiếp điểm c, a của relay F_k trong cuộn dây của relay F_k .

$$\frac{dI}{dt} = \frac{U_1}{R_0}$$

Dòng điện I_0 khi relay hoạt động (có tiếp điểm c, a của relay F_k đóng).

R_0 : điện trở của cuộn dây relay.

Thời gian (nếu có) qua tiếp điểm c, a của relay F_k thì, tuy nhiên với khe hở không khí của tiếp điểm c, a của relay F_k :

Như vậy để có dòng điện I chạy qua tiếp điểm c, a của relay F_k thì cần có:

$$F_{\text{đt}} \geq \frac{C \cdot \frac{U_1}{R_0} \cdot \frac{1}{\omega_m S}}{2} \Rightarrow F_k$$

Giới hạn dòng điện I_0 của cuộn dây của relay F_k :

$$U_1 \geq C \cdot \frac{R_0}{\omega_m} \sqrt{F_k}$$

Trong đó :

$$C = C \cdot \sqrt{2 \omega_m S}$$

Như vậy, $\omega_{oi,n}$ \ll $\omega_{o\ddot{s}ng}$ c,,a relay phTM thu \dot{s} c v \dot{o} s \dot{c} c $\ddot{a}ng$ Γ xo F_k khe h $\ddot{o}c$ th $\ddot{o}ng$ s \dot{c} R_p v \dot{o} $\delta \omega$ c,,a cu $\dot{s}n$ ω_{oi} khi n $\dot{r}ng$ relay.

• ω_{oi} v \dot{y} i c \dot{c} relay $\omega_{oi,n}$ t \dot{r} $\dot{a}ng$ trong c \dot{c} $\delta \omega_{oi}$ ch $\dot{t}nh$ d $\dot{u}ng$ rung, h, s \dot{c} ph $\dot{s}n$ h \dot{y} i c,,a relay $K_p = 0,80$, $9_p \in K_2 \cup U$)

Tr \dot{e} trung b $\dot{n}h$ c,,a $\omega_{oi,n}$ \ll do b \dot{s} ω_{oi} ch $\dot{t}nh$ ω_{oi} rung t \dot{r} o ra ω_{oi} c \dot{c} x \dot{c} ω_{oi} theo c $\ddot{a}ng$ th \dot{c} :

$$U_{n,m,t} \dot{\omega} = \frac{(1+K_p) C R \sqrt{F_k}}{\delta \omega} \quad (2.23)$$

• $\omega_{oi,n}$ \ll ω_{oi} ch $\dot{t}nh$ phTM thu \dot{s} c v \dot{o} s \dot{c} c $\ddot{a}ng$ Γ xo v \dot{o} gi \dot{c} tr \dot{e} khe h $\ddot{o}c$ Khi thay ω_{oi} khe h $\ddot{o}c$ kh $\ddot{o}ng$ kh \ddot{o} e s \dot{a} thay ω_{oi} h, s \dot{c} ph $\dot{s}n$ h \dot{y} i relay. Trong th $\dot{s}c$ t \dot{f} , v \dot{i} , c \dot{c} ω_{oi} ch $\dot{t}nh$ ω_{oi} \ll ω_{oi} th $\dot{s}c$ h \dot{y} , n $\dot{r}ng$ c \dot{c} thay ω_{oi} s \dot{c} c $\ddot{a}ng$ Γ xo F_k

Khi kh \dot{s} o s \dot{c} t \dot{r} ho \dot{t} $\omega_{o\ddot{s}ng}$ c,,a b \dot{s} ω_{oi} ch $\dot{t}nh$ $\omega_{oi,n}$ \ll p, ta gi \dot{s} th \dot{c} t \dot{f} p \dot{h} ω_{oi} m \dot{c} c,,a relay ω_{oi} ng $\dot{v}ng$, t \dot{r} c \dot{c} th \dot{i} ω_{oi} U_1 v \dot{o} U_2 . Th $\dot{s}c$ t \dot{f} , do qu $\dot{c}n$ t $\dot{c}nh$ $\omega_{oi,n}$ t \dot{r} c,,a cu $\dot{s}n$ ω_{oi} khi n $\dot{r}ng$ relay qu $\dot{c}n$ t $\dot{c}nh$ c \dot{c} t \dot{f} p \dot{h} ω_{oi} m \dot{c} s \dot{a} b \dot{o} gi \dot{c} th \dot{c} m \dot{c} t kho $\dot{s}ng$ th \dot{i} gian sau khi ng $\dot{v}ng$, t \dot{r} c \dot{c} ω_{oi} ng. ω_{oi} $\dot{r}y$ l \dot{m} gi \dot{s} m h, s \dot{c} ph $\dot{s}n$ h \dot{y} i c,,a relay. V \dot{y} $\delta \omega_m$ t $\dot{r}ng$ v \dot{o} l \dot{m} gi \dot{s} m t $\dot{r}n$ s \dot{c} chuy $\dot{r}n$ ω_{oi} m \dot{c} h. K $\dot{f}t$ qu \dot{s} c,,a c \dot{c} t $\dot{c}nh$ t $\dot{r}n$ cho \dot{t} t $\dot{r}n$ s \dot{c} chuy $\dot{r}n$ ω_{oi} c,,a b \dot{s} b $\dot{i}fn$ ω_{oi} $\omega_{oi,n}$ p \dot{h} ω_{oi} d $\dot{u}ng$ rung l \dot{r} t \dot{r} th \dot{c} : 1 $\dot{\omega}$, 2 0 Hz.

T $\dot{r}n$ s \dot{c} chuy $\dot{r}n$ ω_{oi} th \dot{c} p c,,a $\omega_{oi,n}$ p \dot{h} c \dot{c} b \dot{ng} ω_{oi} 1/2 n $\dot{r}ng$ nh \dot{y} v \dot{o} t \dot{r} o ra t \dot{r} a t \dot{r} i c \dot{c} t \dot{f} p \dot{h} ω_{oi} m \dot{c} do v \dot{i} , c \dot{c} t $\dot{r}ng$ t $\dot{r}ng$ $\omega_{oi,n}$ t $\dot{c}nh$ ω_{oi} qua t \dot{f} p \dot{h} ω_{oi} m \dot{c} ω_{oi} ang m \dot{c} e.

• t \dot{r} t $\dot{r}ng$ t $\dot{r}n$ s \dot{c} ω_{oi} ng m \dot{c} e relay ta c \dot{c} t $\dot{r}ng$ h, s \dot{c} ph $\dot{s}n$ h \dot{y} i ($\delta \omega_m$), t $\dot{r}ng$ ω_{oi} nh \dot{y} c,,a relay ho \dot{z} c $\omega_{oi,n}$ t $\dot{r}e$ phTM. V \dot{i} , c \dot{c} t $\dot{r}ng$ $\omega_{oi,n}$ t $\dot{r}e$ p \dot{h} t $\dot{r}ng$ c $\ddot{a}ng$ su \dot{c} t $\dot{r}ng$, t $\dot{r}n$ c \dot{c} t \dot{f} p \dot{h} ω_{oi} m \dot{c} . t \dot{r} gi \dot{s} m $\delta \omega_m$ ng $\dot{v}ng$ ta d \dot{c} ng c \dot{c} l \dot{r} i m \dot{c} h \dot{y} t \dot{f} p \dot{h} m \dot{c} m \dot{c} v \dot{o} c \dot{c} ng kh \dot{c} nhau.

- C \dot{c} b \dot{s} ω_{oi} ch $\dot{t}nh$ $\omega_{oi,n}$ \ll p c \dot{c} c \dot{c} t \dot{f} p \dot{h} ω_{oi} h \dot{y} ho \dot{z} c t $\dot{r}ng$ t \dot{c} :

V \dot{i} , c \dot{c} gi \dot{s} m ω_{oi} b $\dot{i}fn$ th \dot{i} n $\dot{r}ng$ $\omega_{oi,n}$ \ll p $\delta \omega_m$ c \dot{c} b \dot{s} ω_{oi} ch $\dot{t}nh$ $\omega_{oi,n}$ \ll p d $\dot{u}ng$ rung c \dot{c} th \dot{c} ω_{oi} th $\dot{s}c$ h \dot{y} , n $\dot{r}ng$ c \dot{c} cu $\dot{s}n$ d...y gia t \dot{c} v \dot{o} c \dot{c} ω_{oi} t $\dot{r}e$ gia t \dot{c} .

Hình 2.29. Sơ đồ kết cấu v \dot{u} i cu $\dot{u}n$ g

Cu $\dot{s}n$ d...y gia t \dot{c} v \dot{o} t \dot{c} qu $\dot{c}n$ t $\dot{r}n$ l \dot{r} i s \dot{c} relay $\omega_{oi,n}$ t \dot{r} v \dot{o} t \dot{c} m \dot{c} , c \dot{c} song song v \dot{y} i c \dot{c} t \dot{f} p \dot{h} ω_{oi} m \dot{c} c,,a relay (h \dot{y} nh 2.29a) ho \dot{z} c cu $\dot{s}n$ d...y k \dot{c} nh th \dot{c} t \dot{c} c,,a m \dot{c} y ph \dot{c} t (h \dot{y} nh 2.29b). L \dot{c} n $\dot{r}ng$ s \dot{c} t \dot{r} $\omega_{o\ddot{s}ng}$ c,,a cu $\dot{s}n$ d...y gia t \dot{c} s \dot{c} t \dot{c} v \dot{o}

ph₁—ng v_i s₁c t— %₀šng c,,a cušn d...y chOEnh, a bš bifn %₀“i %₀i,n <p. Nfu cušn d...y gia t₀c t₀c m₁,c song song v_i cušn kOEch thOEch khi t₀ifp %₀i—m %₀ ng, %₀i <p tr₀n cušn gia t₀c v₀ cušn chOEnh b^ong %₀i,n thf m₁y ph<t. Nfu relay v_i cušn gia t₀c c₀ αng %₀i <p l₀m vi,c U₁nh₁æ relay c mšt cušn d...y chOEnh, th₀æ αng nšt %₀š c₀ng₀ ko, s₁c t— %₀šng•m vi,c c,,a hai relay nh₁ nhau.

Khi t₀ifp %₀i—m hœ, %₀i,n th₀ifp cušn d...y gia t₀c giŠm %₀št ngšt mšt gi< tr₀ l₀ l_k R₀•i £u m₁y d-n %₀f n hi,n t₀ng %₀ ng l₀i t₀ifp %₀i—m œ %₀i,n <p c,,a m₁y ph<t cao h—n; t₀ l₀ %₀i n <p phŠn hiji U₂t₀ng l₀n:

Do %₀ : $\delta W_{mf} = \int U \int giŠm \text{ xuong } \hat{c}n \ h, \ s \bullet \text{ phŠn } hiji \ c,,a \ \text{relay } \text{t}ang.$
 Khi δW_m giŠm, t₀ng s₀ %₀ ng mœ s^a t₀ng.

Do c<c cušn d...y (gia t₀c v₀cušn kOEch thOEch) c₀m₁,c song song m œ th₀i %₀i—m bœt k^o, %₀i,n <p c,,a ch₀ng s^a b^ong nha (U_{gt} = kU)

$$Nfu \ \text{xem } U_{gt} = g \int R; \quad U_k = k \int R \ \text{th} \ g_t \neq k \left(\frac{R}{g} \right)$$

Nh₁ v₀zy, đng %₀i trong cušn gia t₀c t₀ l, thušn v₀i đg kOEch thOEch m₁y ph<t, t₀c l₀ œ m₁ch hi,u ch₀nh s^a c m₁ch hiji t₀ifp the₀ng kOEch thOEch.

V₀ v₀zy, khi %₀ v₀ cušn d...y gia t₀c, t₀ng s₀ %₀ ng mœ c,,a relay s^a t₀ng l₀n. Song, khi t₀ng v₀zn t₀c rotor m₁y ph<t (đng kOEch thOEch) th₀ %₀i n <p trung b₀nh tr₀n %₀ ra c,,a m₁y ph<t t₀ng.

•i ,n trœ gia t₀c œ s₀ %₀ i£u ch₀nh %₀i,n <p đ₀ng rung c đ₀ng ršt ph₀ng %₀i n trœ phTM R_p Relay %₀i t— c mšt cušn d...y %₀ i£u khi—n chOEnh %₀ i£u v₀œ v₀œ ra c₀a m₁y ph<t qua %₀i,n trœ gia t₀c. •i,n trœ tOEnh to<n c,,a %₀i,n trœ phTM:

$$R_p = gR + R$$

Th₀ng th₀æ c<c bš %₀ i£u ch₀nh %₀i,n <p c %₀i,n trœ gia t₀c gi< tr₀ R_g < R_p. Khi %₀ i£u m₁ch cušn d...y chOEnh v₀i %₀i,n trœ gia t₀c s^a %₀ i£u bš %₀ vi,c t₀ng t₀ng s₀ %₀ ng mœ relay.

T₀i th₀i %₀i—m c<c t₀ifp %₀i—m %₀ ng, %₀i,n •p trušn d...y chOEnh l

$$U_0 = \int U \int [(RR_p) / (gR + pR)] \delta U_m \int R$$

Khi c<c t₀ifp %₀i—m b₀ng t₀ng %₀i n kOEch thOEch do h₀ng t₀ cŠm s^a bšo ton v£ gi< tr₀ v₀ h₀ng. Đng %₀i qua %₀i,n trœ gia t₀c s^a sinh ra %₀š sTM <p. V₀ v₀zy, %₀i,n thf %₀ i£u cušn d...y chOEnh c,,a bš %₀ i£u ch₀nh s^a giŠm xue₀ng v = $\int U_f \ (o_l + k) \int R$

Nh₁ v₀zy, c<c t₀ifp %₀i—m c,,a relay %₀ ng l₀i œ %₀i,n thf cae₀ m₁,c m₁y ph<t. •i ,n <p phŠn hiji U₂ c,,a relay t₀ng đ₀n c₀n $\delta W_{mf} = \int U \int giŠm \text{ xuong } v \bullet \text{ t}ng \ s \bullet \text{ %} \text{ ng m} \text{œ relay } \text{t}ang.$

Vi,c %₀ i£u trœ gia t₀c %₀ i£u t₀ng t₀ng s₀ %₀ ng mœ relay s^a d-n %₀f n hi,n t₀ng: khi v₀zn t₀c rotor m₁y ph<t t₀ng, gi< tr₀ %₀i,n <p trung b₀nh tr₀n %₀ i£u ra c,,a m₁y ph<t t₀ng. S— %₀ i£u trœ t₀ng t₀c rœt %₀ i£u. N %₀ i£u sTM đ₀ng ršng rœi trong c<c bš %₀ i£u ch₀nh %₀i,n <p đ₀ng rung. •i giŠm h₀ng v—a m₁,c, trong c<c bš %₀ i£u ch₀nh %₀i,n <p đ₀ng rung, cušn d...y c...n b^ong (cušn kh₀) v₀ c<c %₀i n trœ c...n b^ong. Cušn c...n b^ong (h₀nh 2.30) %₀ i£u m₁,c n₀i t₀ifp v₀i cušn kOEch thOEch đ₀n s₁c t— %₀šng F_{c,b} ng đ₀c h₀ng v₀i s₁c t— %₀šng F₀ c,,a cušn chOEnh c,,a bš %₀ i£u ch₀nh %₀i,n <p.

Nfu ta xem xœt bš %₀ i£u ch₀nh %₀i,n <p c cušn chOEnh c...n b^ong m kh₀ng c c<c li₀n k₀ft gia t₀c th₀ s₁c t— %₀šng ton ph₀ng t₀:

$$F_{tp} = \sigma F_{cb} = \frac{U W_c}{R} - I W_{cb}$$

L-c %o tr trung bnh ca %oi,n <p %c duy tr bœi bš %oi£u ch†nh l

$$U_{nmt} = \frac{(1 + K_{ph}) R_o}{2W_o} (\cos \sqrt{F_{lx}} \delta + I_k W_{cb})$$

S§ hi,n di,n c,,a cušn d...y c...n b°ng lgišm %oi,n <p khi tang vžn t°c c,,a rotor. Nh vžy cušn c...n b°ng thšc hi,n†% vi,c b « l'i sai s c,,a vi,c %oi£u ch†nh trong c<c bš %oi£u ch†nh %oi,n <p d'ng rung kft gia t°c.

Hình 2.31 Ó ti t ch v Ûi cu Òn c̄nâ tr b ±c̄râgn v :
 • i ,n trœ R_{cb} (hñh 2.30) %c m_c n°i tíf v° m'ch kœch thœch c,,a m'ý ph†. • i ,n <p m'ý ph† cao h-n %n <p %c %a l°n bš %oi£u ch†nh d'ng rung mšt l†ng I_kR_{cb}

S— %c,,a bš %oi£u ch†nh %oi,n <p m'ý %i trœ c...n b°ng rœt %n đñ. Song nh†c %oi-m c,,a n † vi,c tang %oi,n trœ c,,a m'ch kœch thœch thœm s̄ng t°c %oš kh°ng tš i c,,a m'ý ph†. Nh vžy, bš %oi£u ch†nh d'ng rung %n %oi£u ch†nh chœnh x<c, %ip phš i c cušn %oi£u khi-n chœnh, cušn gia tœ c̄n c...n b°ng.

- Vœn %œ "n %n nhit cho bš %oi£u ch†nh %oi,n <p d'ng rung
 T— ph†ng ãnh (4.31) ta th y hi,u %oi,n thf hi,u ch†nh s^a t† l, vŸi %oi,n trœ R_c,a cušn d...y chœnh. Khi nhit %oš thay %i, %n thœ %b VCE d™ khi tang 100C , Rang l°n 40%. V vžy, %oi,n <p %oi£u ch†nh c̄ng s^a thay %i. • %šm bš %oš "n %n theo nhit c,,a %oi,n <p %oi£u ch†nh, ta m_c %i nhitœ b n°i tíf vŸi cušn d...y nhœm b°ng nicr°m hožc constantan (l°i c %oi,n trœ kh°ng ph™ thušc nhit %oš).

Ngoi c<ch m_c %oi,n trœ ð nhit, ng† i ta c^n d<ng gi< treo relay %n t- b°ng tœm t̄ng kim nhit. Tœm ry cœu t° t- hai kim l°i %c h°n vŸi nhau. Mšt tœm h m t- h"p kim s₃t niken c h, s° dœn ðe nhit thœp v tœm kia t- thœp Cr - Ni hožc Mo- Ni ' c h, s° dœn ðe lŸn. Do s§ bifn d'ng c,,a t††ng kim nhit s^a xuœt hi,n lšc ng† c chi£u vŸi %oš c̄ng ðo. Trong t††ng h"p n°y t'ng lšc t<c d™ ng h m³ treo s^a gišm khi nhit, %š m°i t††ng tang l°n.

• - kh† Šnh ðœng nhit ðn %n <p %oi£u ch†nh ð† ta c^n d<ng c<c sun t- l°m b°ng thœp niken. T- trœ c,,a sun t- tang khi nhit %oš tang. Šam %c gi'a <ch t- v° l> i s₃t. † nhit %oš cao, sun s^a b° kh† t- ð t- th°ng t' i khe hœ khœ ph™ thušc v s<c t- %šng v t- trœ c,,a khe hœ kh°ng khœ. † nhit %oš thœp, sun s^a trœm d-n t- v° mšt ph†n t- th°ng do s<c t- %šng t'oms^a %c khœp mch theo sun ry.

Hình 2.35 Ω à v · c tuy à m Ω c cça tiç t ch ç
 • i ,n trœ phTM t% lša ch±n %o- gi' %oi,n <ph•ng %i ch† %ofn_b
 (hĩnh 2.32) v• %oç x<c %o•nh bœi c•ng th>c:

$$R_p = U/k R$$

Khi tìfp tTMc t•ng vžn t•c rotor t₂ s^a ho"t %ošng. L-c n_y, %qñ <p hi,u
 ch†nh s^a t•ng ph mšt OEt do phŠi t"oth lšc t- %o-†t qua khe hoe.

C•p %oi£u ch†nh th> 2 t_{ouš} m 5 (c > 1 , KDe %o) trœ phTMR_p œ
 bš %oi£u ch†nh hai c•p nh³ n h_u so vŸi mšt c•p chom c•ng suç ng,t t•n
 c<c tìfp %oi-m c•ng th•p-m. •£u ki,n ho"t %ošng c,,a cžp tìfp %oi-m th> hai
 c•ng t•t h—n nřkhi ng,t, d'ng kOEch thOEch kh•ng.

Nh†"c %oi-m c,,a bš %oi£u ch†nh %oi,n <p hai c•p l'n %o•nh th•p. •-
 gišm %oš chh l,ch %oi£u ch†nh %oi,n <p œ 2 n•c, khe hoe phŠi nh³. Do %o , khi mžt
 vOEt•b¹/₄n, tìfp %oi-m s^a b• k•n, cho h•t %ošng c,,a bš %oi£u ch†nh sai l,ch.

Ph†—ng ph<p kh<c-%gišm c•ng suç ng,t c,,a bš %oi£u ch†nh %oi,n <p d'ng
 rung l• s¶ dTMng bš %oi£u ch†nh %oi,n <p %o•i. l• y,i d'ng kOEch^a %oi qua 2 cžp
 tìfp %oi-m m₃c song song.

b. Tift chf b<n d-n

Nh†"c %oi-m e- šn c,,a bš %oi£u ch†nh %oi,n <p tìfp %oi-m d'ng rung
 l• d'ng %qñ kOEch thOE h"n chf v %š b£n c,,a bš %oi£u ch†nh th•p. C•p t•ng
 ph<p gišm c•ng suç ng,t t% s¶ dTMng kh•ng kh₃c phTMt% hft c<c nh†"c
 %oim %o n•u m• ch† c th- mœ ršng ph"m vi s¶ dTMng c<c bš %oi£u ch†nh %oi,n <p
 d'ng rung.

Bš %oi£u ch†nh %oi,n <p d'ng rung trong tr'nh s¶ dTMng c•n phŠi %oi£u
 ch†nh v bšo t³/₄ng th'ng xuy•n do ph•n t¶ quyft %o•nh l' xo c %š %n hji
 phTM thušc•o %£u ki,n vžn h•nh.

• - kh₃c phTMc nh'ng t†ic %oi-m c,,a bš %oi£u ch†nh %oi,n <p d'ng rung,
 ng†i ta sšn xuçt c<c bš %oi£u ch†nh %oi,n h•ng tìfp %oi-m (tift chf b<n d-n),
 s¶ dTMng c<c linh ki,n b<n d-n: diode, diode "n <p (diode zener), transistor. C 2
 lo"i tift chf b<n d-n kh<c bi,t œ transistor m₃c n•i tìfp vŸi cušn kOEch. Nřng d
 transistor l•i PNP thĩ cušn kOEch t% n•i tršc tìfp ra mass, c^n d'ng transistor
 lo"i NPN thĩ mšt %o•u cušn kOEch t% n•i vŸi d†—ng qua c•ngd m•y.

2.3. ŠjÓ c¥u à j o gu y ê n lç d à m; tũn hç t d a n s i s t o r P N P

Bš %oi£u ch†nh %oi,n <p kh•ng tìfp %oi-m k•ng transistor %o† th- hi,n œ
 hĩnh 2.32 Bš %oi£u ch†nh %oi,n <p transistor c•u t"o t- bš phžn %o (m"š R R

VD1) v• thift b• %oi£u ch†nh c d'ng mšt transistor PNP (c'c VT1, VT2, diode VD2, c'c bifn trœ R₄, v• R_o). TŠi c,,a transistor lcušn d...y kŒch thŒch, v m'cy ph†t %o'c m,c songsong Y'i diode VD3.

Nfu %oi,n †p tn %q'n trœ R₄ nh³ h—n %oi †p mœ c,,a diode zener VD1 th diode s kh'ng d-n v• c†'ng %o's đng %q'n trong m'ch R-VD1 g'yn nh† b'ng kh'ng. •i ,n †p %o'Z†h m'oi n'oi BE c,,a transistor:

$$U_{E1} = U_{R4} + U_{R_o} < 0$$

V' v'zy, transistor VT1 s^a œ tr'ng th'i ng,t. •i,n †p U_{EC1} h'yu nh† b'ng v'Yi %q'n †p c,,a m'cy ph†t v• %o'c %o'Z†h I'p t'fp gi'p BE c,,a transistor the†'ng thu'zn. Transistor VT2 s^a œ tr'ng th'c b' ho•%o'c x'c %o'nh bœi %oi,n trœ R

Do %q'n trœ R_o v• %s sTMt †p VD2 nh³, m ta c th' xem %oi,n †p c,,a m'cy ph†t h'yu nh† %o'c %†a l'n cušn kŒch thŒch† N'zy, %o'Šm b'Šo s'§ t'§ kŒch c,,a m'cy ph†t.

Nfu hi,u %oi,n th'f c,,a m'cy ph†t b'ng v'Yi hi,u %oi,n th'f ho't %o'sđg,c,a t'ft ch'f, th' trong m'ch R' VD1 s^a xu†t hi,n đng %q'n I =₂ I

•i ,n †p tr'n I'p chuy-n t'fp BE c,,a transistor th' nh†t %o't gi' t'p'agg
 $U_{OE1} = I R_{R_o} = I R_{R_o}$.

Hình 2.3: Ó t'it ch'z bá n'đ g'nt rlœq' s'istor P

Transistor VT1 %o'† chuy-n t— tr'ng th'i ng,t v'£ tr'ng th'i b' ho• kh'fn %q'n †p U_{EC} gi'Šm v' transistor VT2 † tr'ng th'i b' ho• chuy-n v'£ tr'ng th'i ng,t. Đ'ng %q'n kŒch thŒch gi'Šm t'ng %q'n †p tr'n m'oi n'oi BE c,,a VT1 %o'st ng'st. $U_{E1} = I R_{R_o}$ v• chuy-n n t— tr'ng th'i ng,t v'£ tr'ng th'i b' ho•.

Khi VT1 chuy-n sang tr'ng th'i b' h'a:

$$U_{E2} = U_{EC1} + U_{R_o} < 0$$

N'•n VT2 s^a chuy-n v'£ tr'ng th'i ng,t. S'§ d'ch chuy-n c,,a I'p t'fp gi'p BE c,,a VT2 œ th'Y'ng ng'c %†c th'šc hi,n bœi s'§ I'§a ch'±n c'c th'ng s' c,,a m'ch VT2-R₄.

Vi,c chuy-n VT2 v'£ tr'ng th'i ng,t %o'ing ngh'Áa v'Yi vi,c ng,t cušn kŒch W_{kt} kh'p'i m'cy ph†t. Đ'ng kŒch trong m'ch W_{kt} VD3 gi'Šm xu'ng. S'§ gi'Šm c,,a đ'ng kŒch đ' %o'fn gi'Šm hi,u %oi,n th'f hi,u ch†nh c,,a m'cy ph†t.

Khi %q'n †p c,,a m'cy ph†t %o't t'Yi %oi,n †p ph'Šn h'j'U₂ c,,a t'ft ch'f th' %q'n †p tr'n I'p chuy-n t'fp BE c,,a VT2 s^a %o't gi' t'p'agg, t'c l'•:

$$U_{E2} = U_{C1} \quad U_{C0} = U_{E2}$$

L-c n'oy VT2 b, t %o%u chuy-n t- tr'ng thi ng,t sang tr'ng th' b ho•, l'm t'ng đng kOEch. S't'ng t'n c,,a đ'ng kOEch l'm šim %oi,n < p t'n I'p chuy-n t'f p BE c,,a transistor th' nh'et.

$$U_{E1} = I R_1 R_0 = U_{E1}$$

T- tr'ng thi b' ho•, transistor chuy-n v' tr'ng thi ng,t, c'n VT2 t- tr'ng thi ng,t v' tr'ng thi b' ho•. Nh' v'z, hi,u >ng relay trong b's %oi'U ch'nh %oi,n < p v' %'t %'c l' nh' %oi,n tr'c R_0 %'m b'so %'c li' n k'f t đ'ng ng'c.

i %oi,n < p ho't %o'sng c,,a transistor, ta c'c ph'—ng t'nh sau:

$$U_1 = I (R_1 + R_2 + R_3) \quad (2.24)$$

• i U ki,n transistor %o ng m'c:

$$U_{E1} = I R_1 R_0$$

Gi'š h, ph'—ng t'nh (4.33) %i v'Yi %oi,n < p ho't %o'sng c xem x' t %oi'U ki,n %o ng m'c t'nh %o'c:

$$U_1 = \frac{U_{OZ} (R_1 + R_2 + R_3) + U_{OE1} R_1}{R_1 R_0} \quad (2.25)$$

Trong %o R_2 v' U_{OZ} %o'q'n tr'c v' %o'q'n < p m'c c,,a diode zener VD1.

Nh' v'z %oi,n < p t'm vi,c c,,a transistor ph'™ thu'c'v'c'v' ph...n < p R_1 R_2. Khi t'ng R_1 ho'c gi'š m' R_2 %o'q'n < p l' m vi,c gi'š m' ng'c l'i. •i,n < p l' m vi,c c'ng ph'™ thu'c'v' c'ng %o's đ'ng %o'q'n kOEch th'OEch'v' %o ph'™ thu'c'v' v'zn t'c c,,a rotor m'v ph'.

• i v'Yi %oi,n < p ph'šn h'ji c,,a transistor U_2 khi b' qua %o's s'™t < p tr R_0 (v' R_0 b' t) th' ta c' c'c ph'—ng t'nh:

$$\begin{aligned} U_2 &= U_{OZ} + U_{OE1} \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_1 R_0} \\ U_2 &= U_{D2} + (R_{D2} + R_4) I_{R4} \\ U_2 &= U_{OZ} + (R_1 + R_2 + R_3) I_{R1} \\ U_2 &= U_{OZ} + (R_1 + R_2 + R_3) I_{B1} \\ U_{OE1} &= R_1 R_0 (1 + \beta) I_{BE2} \end{aligned} \quad (2.26)$$

Trong %o I_1, l' c'ng %o's đ'ng %o'q'n ch'y qua R_1, R_2 diode VT2 c' %o'q'n < p ph'šn h'ji U_2. U_Z, U_{D2} %o'q'n < p l' m vi,c c,,a diode zener VD1 v' diode VD2. đ'p' h, s' khufch %o'i c,,a transistor VT1.

Gi'š h, ph'—ng t'nh (4.35) ta x' c'v'nh %'c %oi,n < p ph'šn h'ji c,,a relay transistor:

$$U_2 = C / D$$

Trong %o :

$$\begin{aligned} C &= (R_1 + R_2) U_{OZ} + \frac{U_{OE1}}{R_{E1} (1 + \beta)} [R_1 (R_2 + R_3) + R_2 R_3] + \\ &+ \frac{1}{R_1 R_2 R_3} [(U_{D1} + U_{D2}) (1 + \beta) R_{E1} + \beta R_3 U_{OE1}] A \\ D &= R_1 \frac{R_{E1} (1 + \beta)}{\beta R_3 R} A \\ A &= (R_1 + R_2) \frac{R_2 R}{R_{E1} (1 + \beta)} + R_2 + R_3 \frac{R}{R_{E1} (1 + \beta)} \end{aligned}$$

Như vậy, điện áp phân cực \$U_{2c}\$, ảnh hưởng đến độ rộng kênh dẫn của transistor. Khi \$U_{2c}\$ tăng, độ rộng kênh dẫn tăng, dẫn đến dòng điện \$I_{cđ} = 0,90 I_{cđ0}\$ tăng lên. Ngược lại, khi \$U_{2c}\$ giảm, độ rộng kênh dẫn giảm, dẫn đến dòng điện \$I_{cđ}\$ giảm.

$$U_{mđ} \approx U_{cc} (1 - \beta / \beta_0)$$

c. Mạch bootstrap, ảnh hưởng

Trong hình 2.33 trình bày ảnh hưởng của mạch bootstrap, gồm \$C, R_4, R_5, T_2, D_3\$ đến phân cực của transistor \$T_1\$.

Hình 2.33 Sơ đồ mạch transistor NPN có

Khi cấu trúc của mạch bootstrap \$F\$ bởi transistor \$T_1\$ và \$T_2\$ có \$C\$ và \$D_3\$ nối với \$T_1\$ như sau:

$$i_{cđ} = \frac{U_a}{R_4 + R_5} \cdot R_5 e^{\frac{U_{be}}{U_T}}$$

Trong đó: \$U_a\$: điện áp nguồn cấp

\$U_{be}\$: điện áp thuận của \$T_1\$

$$U_{be} = (R_4 + R_5) C$$

$$U_{be} = U_{BEđ} = \frac{U_a}{R_4 + R_5} \cdot R_5 e^{\frac{U_{be}}{U_T}}$$

\$\bullet\$ Sơ đồ mạch \$T_1\$ và \$T_2\$ có \$T_3\$ ảnh hưởng đến mạch bootstrap, \$T_3\$ sẽ ảnh hưởng đến phân cực của \$T_1\$ như sau:

$$\frac{U_a}{R_4 + R_5} \cdot R_5 e^{\frac{U_{be}}{U_T}} = U_{Ođ}$$

$$\ln \frac{U_a R_5}{(R_4 + R_5) U_{Ođ}}$$

Lưu ý, \$T_2\$ chuyển sang trạng thái bão hòa, \$T_3\$ chuyển sang trạng thái khuếch đại. \$T_3\$ sẽ ảnh hưởng đến phân cực của \$T_1\$ như sau:

d. Mạch phân cực tự động

Trong hình 2.34 trình bày ảnh hưởng của mạch phân cực tự động. Tác dụng của mạch tự động là

Hình 2a.3 SƠ TIẾT CHẾ VI MẠCH XE N

Mạch cung cấp V_{cc} cho các cuộn pha (D_5, D_6)

Khi bắt công tắc máy vào mạng điện qua cầu chỉnh lưu qua các cuộn pha của máy phát. Khi máy phát hoạt động, cầu chỉnh lưu và hai cuộn pha sẽ tạo ra các điện áp xoay chiều có biên độ khác nhau. Nguyên nhân là vì các cuộn pha được nối theo công nghệ, vì vậy các cuộn pha có các linh kiện khác nhau theo công nghệ, vì vậy các cuộn pha khác nhau trong máy phát.

Tiết chế vi mạch xe Nh-t kiẤu M

• là mạch bật V_{cc} cho các cuộn pha của máy phát. Khi máy phát hoạt động, các cuộn pha sẽ tạo ra các điện áp xoay chiều khác nhau. Nguyên nhân là vì các cuộn pha được nối theo công nghệ, vì vậy các cuộn pha khác nhau trong máy phát.

Hình 2b.3 SƠ TIẾT CHẾ VI MẠCH KIẤU I

Mạch tiết chế PP 350 (ZIL)

Trong hình 2.36 trình bày sơ đồ mạch bật V_{cc} cho các cuộn pha của máy phát Zil (Nga). • là một tụ điện trong mạch của máy phát để giảm dòng điện vào các cuộn pha A sang B.

Hoạt động của mạch như sau:

Khi T_1 chuyển mạch, các cuộn pha của máy phát sẽ tạo ra các điện áp xoay chiều khác nhau. Nguyên nhân là vì các cuộn pha được nối theo công nghệ, vì vậy các cuộn pha khác nhau trong máy phát.

Hình 2.35 Sơ đồ kết cấu PP350

Trong trường hợp ngắn mạch, khi T_1 chập mạch V_{T_2} chập mạch, dòng điện thối từ B cao hơn A. Vì vậy, xuất hiện dòng từ A sang B. Dòng này đi qua R_2 khiến D_1 mở nhanh hơn T_1 mở nhanh V_{T_2} ngắn mạch nhanh. Tỉ lệ chuyển mạch ở trên máy phát xe KAMAZ được trình bày trên hình 2.6.

Hình 2.3 Sơ đồ kết cấu vi mạch xe KA

Trong sơ đồ này, do dòng điện phía dưới chập mạch ở mức 28V nên ngắn mạch ta sẽ có dòng 2 diode zener D_1 và D_2 mắc nối tiếp. Dòng điện ngắn mạch chỉ đi từ cuộn dây của cuộn dây kèn hoét dòng ở phía dưới của cuộn dây trung hòa thì dòng điện bắt đầu công tắc máy phát sẽ chia làm hai dòng, cuộn dây của máy phát được cấp một dòng nhỏ qua R_p của cuộn dây kèn.

Trên tỉ lệ chuyển mạch ở trên của công tắc chuyển dòng ở phía dưới của phía dưới theo mạch bằng cách thay đổi giá trị của dòng điện trở của cuộn dây phía dưới của cuộn dây.

2.3.3 Tính toán các thông số máy phát điện ô tô

Để xác định thông số của máy phát cần phải biết về các thông số của máy phát và các thông số của các phần tử của máy phát. Các thông số của máy phát được xác định theo các thông số của máy phát và các thông số của các phần tử của máy phát.

2.3.3.1 Tính toán các thông số thiết kế cho từng cuộn dây các cuộn dây liên lạc

$P_{w1} = 350W$.

Bảng 3.1: Tiêu chuẩn của các cuộn dây liên lạc

Tên cuộn dây	Công suất (W)
H, thông tin	20
B—m nhiên liệu	70

H, thông phun nhện li, u	100
Radio, cassette	12
•1/2n %u (pha ho Żc cos)	110
•1/2n kOEch tñt	10
•1/2n bSng s•	10
•1/2n soi s'ng tableau	10
T'ng công suất	$P_{w1} = 350W$

2.3.3.2 Tính toán tải của hệ thống thiết bị chiếu sáng và điều hòa không khí. Ước lượng giá trị:

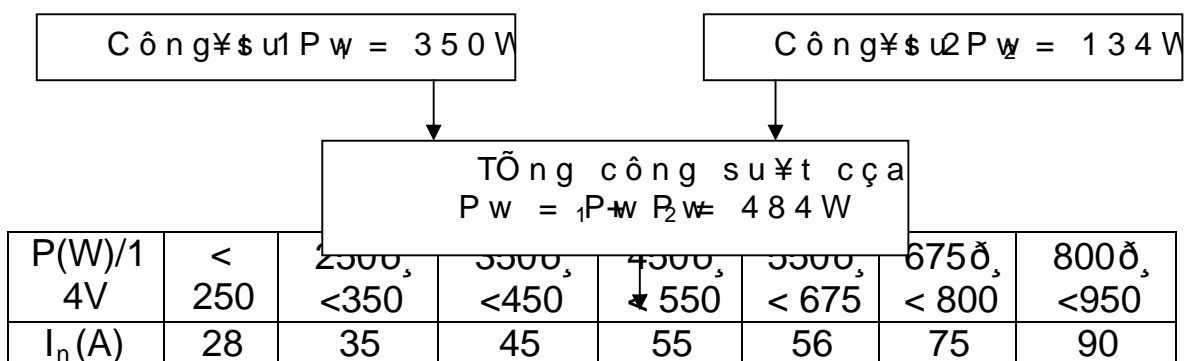
Theo bảng 4.2, ta có $P_{w1} = 350W$.

Bảng 4.2. Tải của các thiết bị chiếu sáng và điều hòa không khí.

Tải chiếu sáng và điều hòa không khí	Giá trị định mức (V)	Hệ số công suất	Công suất định mức (W)
Quạt thông gió phòng ngủ và phòng làm việc	80	0.5	40
Xăng cô	120	0.5	60
Gạt trần	60	0.25	15
Quạt trần nhôm		0.1	
•1/2n ki		0.1	
•1/2n đèn	42	0.1	4.2
•1/2n đèn âm trần	70	0.1	4.2
•1/2n đèn trần	70	0.1	7
•1/2n đèn âm trần	35	0.1	3.5
Tổng công suất			$P_{w2} = 134W$

2.3.3.3 Chọn công suất của hệ thống (ví dụ $P_{w1} = 350W$, $P_{w2} = 134W$) chiếu sáng và điều hòa không khí.

Sử dụng bảng tra hiệu suất của máy biến áp 220V/230V.



Như vậy, ta phải chọn máy biến áp công suất từ 450W đến 550W và dòng điện định mức 55A.

CHƯƠNG 3: HỆ THỐNG KHUẨN ĐỘNG

3.1 Nhiệm vụ và yêu cầu chung của hệ thống khuẩn động

- Trong các máy bơm, thông số quan trọng nhất để truy cập cho các khuẩn động là mô-men xoắn và vận tốc quay. Các thông số khác như công suất, hiệu suất, độ ồn, v.v. cũng rất quan trọng. Các thông số này phụ thuộc vào loại khuẩn động và tải trọng. Các thông số kỹ thuật của khuẩn động phải tuân thủ các tiêu chuẩn quốc tế và các quy định của nhà sản xuất.

Hình 3.1: Sơ đồ mạch khuẩn động tổng quát

Trong sơ đồ mạch 3.1, máy khuẩn động bao gồm: relay các cuộn dây khởi động và dừng, cuộn dây khởi động và dừng, cuộn dây khởi động và dừng, cuộn dây khởi động và dừng.

3.2 Máy biến tần

3.2.1 Yêu cầu phân loại máy biến tần

3.2.1.1 Yêu cầu kỹ thuật của hệ thống khuẩn động

Máy khuẩn động phải có khả năng điều chỉnh vận tốc quay và mô-men xoắn theo yêu cầu của tải.

Nhiệm vụ chính của máy biến tần là điều chỉnh vận tốc quay và mô-men xoắn của động cơ.

Phải đảm bảo rằng máy biến tần phải có khả năng điều chỉnh vận tốc quay và mô-men xoắn theo yêu cầu của tải.

Tần số vận hành của động cơ phải phù hợp với yêu cầu của tải và phải đảm bảo rằng động cơ không quá tải.

Chiều dài của dây cáp phải phù hợp với yêu cầu của tải và phải đảm bảo rằng dây cáp không quá dài.

Moment truy cập phải phù hợp với yêu cầu của tải và phải đảm bảo rằng moment truy cập không quá lớn.

3.2.1.2 Phương pháp

- Phương pháp điều chỉnh vận tốc quay và mô-men xoắn của động cơ bằng máy biến tần. Phương pháp này cho phép điều chỉnh vận tốc quay và mô-men xoắn của động cơ một cách linh hoạt và chính xác.

Motor phải được chọn phù hợp với yêu cầu của tải và phải đảm bảo rằng motor không quá tải.

a. Theo yêu cầu của tải. Tỷ lệ thuận theo yêu cầu của tải và phải đảm bảo rằng tỷ lệ thuận không quá lớn.

- Hình 3C: Cấu trúc máy khβi
- b. Ph...n l...theo c...ch truy...n %...% hai c...ch truy...n %...%
- + Truy...n %...% tr...c t...p v...i b...nh: %...i n...y th...ng d...ng tr...n xe %...% v... nh...ng %...% e... c...ng s...t l...n, %...c chia ra l...m 3 l...i:
 - Truy...n %...% qu...n t...nh r...ng... kh...p truy...n %...% t... %...% v...ng theo qu...n t...nh %...kh...p v...i b...nh %...Sau khi %...ng e... h... b...nh r...ng t... %...% tr...e v... v... tr...e c...p.
 - Truy...n %...% t...ng b...c: kh...p truy...n %...% c...a b...nh r...ng khi ...n kh...p v...o v...ng r...ng ...a b...nh %... ch...u s... %...i...u khi... t...ng b...c c...a m...t e... c...u c...c kh...p.
 - Truy...n %...% t... h...p: b...nh r...ng...kh...p v...i b...nh %...c...ng b...c n...ng vi...c ra kh...p t... %...% t...ki...u ra kh...p c...a truy...n %...% qu...n t...nh.
 - + Truy...n %...% ph...i qua h...p gi...m t...c

Hình 3C: Cấu trúc máy khβi ùng có hÙp

• \bullet $v_{\dot{y}}$ $m_{\dot{y}}$ ω_{oi} ($m_{\dot{y}}$ $ph\grave{a}$ v $\omega_{\dot{y}}$ e), k_{OEch} \dot{y} s^a nh^3 $l'i$ n f_u t_c $\omega_{\dot{y}}$ $ho\grave{t}$ $\omega_{\dot{y}}$ $l\ddot{y}$. \forall v_z , ω_{oi} $gi\grave{S}$ m k_{OEch} \dot{y} t_c , a $motor$ $kh\ddot{o}$ i $\omega_{\dot{y}}$ $th\grave{a}$ $th\grave{a}$ $th\grave{a}$ k_f $ch\grave{a}$ ng $\omega_{\dot{y}}$ $ho\grave{t}$ $\omega_{\dot{y}}$ $v_{\dot{y}}$ t_c $\omega_{\dot{y}}$ $r\grave{e}$ t cao , sau $\omega_{\dot{y}}$ qua $h\grave{s}$ $gi\grave{S}$ m t_c ω_{oi} $t\grave{a}$ ng $moment$

$Lo\grave{i}$ $n_{\dot{y}}$ ω_{oi} $s_{\dot{y}}$ d^{TM} ng $nh\grave{i}$ $l\grave{u}$ tr xe ω_{oi} $m_{\dot{y}}$. $Ph\grave{a}$ n $motor$ ω_{oi} $m\grave{s}$ t $chi\grave{E}$ u c $c\grave{u}$ $t\grave{o}$ nh^3 $g\grave{a}$ v c s $v\grave{a}$ ng $quay$ $kh\grave{c}$ cao . $Tr\grave{o}$ n ω_{oi} tr^{TM} c , a $motor$ ω_{oi} c $l\grave{u}$ p $m\grave{s}$ $b\grave{a}$ nh $r\grave{a}$ ng nh^3 , $th\grave{o}$ ng qua $b\grave{a}$ nh $r\grave{a}$ ng $trung$ $gian$ $truy\grave{E}$ n $xu\grave{o}$ ng $b\grave{a}$ nh $r\grave{a}$ ng c , a $h\grave{o}$ p $truy\grave{E}$ n $\omega_{\dot{y}}$ $(h\grave{s}$ $gi\grave{S}$ m $t_c)$. $Kh\ddot{y}$ p $truy\grave{E}$ n $\omega_{\dot{y}}$ $m\grave{s}$ t $kh\ddot{y}$ p bi $m\grave{s}$ t $chi\grave{E}$ u c ba $r\grave{o}$ nh , $n\grave{a}$ i $c\grave{o}$ nh c hai $b\grave{a}$ nh ω_{oi} $t\grave{i}$ p $nhau$. $B\grave{a}$ nh $r\grave{a}$ ng c , a $kh\ddot{y}$ p ω_{oi} tr^{TM} c , a $kh\ddot{y}$ p $truy\grave{E}$ n $\omega_{\dot{y}}$ $c\grave{o}$ i $v_{\dot{y}}$ $b\grave{a}$ nh $r\grave{a}$ ng c , a $b\grave{a}$ nh ω_{oi} $(khi$ $kh\ddot{o}$ i $\omega_{\dot{y}}$) nh' $m\grave{s}$ t $relay$ $g\grave{o}$ i $kh\ddot{y}$ p . $Relay$ $g\grave{o}$ i $kh\ddot{y}$ p c $m\grave{s}$ t ty ω_{oi} y , $th\grave{o}$ ng $quan$ bi ω_{oi} y $b\grave{a}$ nh $r\grave{a}$ ng ω_{oi} an $kh\ddot{y}$ p $v_{\dot{y}}$ $b\grave{a}$ nh ω_{oi}

$M\grave{s}$ t s $h\grave{o}$ ng $s_{\dot{y}}$ d^{TM} ng $m_{\dot{y}}$ $kh\ddot{o}$ i $g\grave{o}$ c $c\grave{u}$ $gi\grave{S}$ m t_c ki u $b\grave{a}$ nh $r\grave{a}$ ng $h\grave{o}$ nh $t\grave{i}$ nh $tr\grave{o}$ n $h\grave{i}$ nh 3.4

1. \dot{y} c $th\grave{e}$ $c\grave{y}$ p
2. $V\grave{o}$ n ng r
3. $B\grave{a}$ nh $r\grave{a}$ ng $h\grave{i}$
4. $B\grave{a}$ nh rt ng $Y\grave{m}$
5. \dot{y} h \acute{e} ng
6. \acute{O} $g\acute{o}$ p

H\grave{i}nh: 3C4 u $t\grave{i}$ o $h\grave{u}$ p $gi\grave{E}$ m $t\grave{N}$ c $k\grave{a}$ \grave{A} nh $ti\grave{a}$ m h r
 3.2. \dot{y} u $t\grave{i}$ o $m\grave{a}$ y $kh\ddot{o}$ i \grave{U} ng

$Tr\grave{o}$ n $h\grave{i}$ nh 3.5 $tr\grave{i}$ nh $b\grave{o}$ y $c\grave{u}$ $t\grave{o}$ $m_{\dot{y}}$ $kh\ddot{o}$ i $\omega_{\dot{y}}$ c $h\grave{s}$ $gi\grave{S}$ m t_c $s_{\dot{y}}$ d^{TM} ng $ph\grave{a}$ $b\grave{i}$ n $c\grave{c}$ \bullet du $l\grave{c}$ hi , n nay .

H\grave{i}nh: 3C5 u $t\grave{i}$ o $m\grave{a}$ y $kh\ddot{o}$ i \grave{U} ng
 $M_{\dot{y}}$ $kh\ddot{o}$ i $\omega_{\dot{y}}$ hi , n $c\grave{u}$ $sinh$ $moment$ $quay$ $truy\grave{E}$ n cho $b\grave{a}$ nh ω_{oi} , a $\omega_{\dot{y}}$ e . \bullet $v_{\dot{y}}$ $t\grave{a}$ ng $lo\grave{i}$ $\omega_{\dot{y}}$ e $m\grave{c}$ c $m_{\dot{y}}$ $kh\ddot{o}$ i $\omega_{\dot{y}}$ ω_{oi} , n c $th\grave{a}$ c k_f $c\grave{u}$

Lưu ý, hai cuộn dây mắc nối tiếp đang như nhau, đang trong cuộn dây không có chiều, còn đang qua cuộn dây ngược chiều với chiều ban đầu. Vì vậy, từ trường hai cuộn dây trái ngược nhau. Khi quay, dòng điện cảm ứng xoay chiều trong cuộn dây sẽ tạo ra từ trường ban đầu.

• Khi quay xe cần hãm sẽ tạo ra dòng điện ngược chiều với dòng điện ban đầu (Inhibitor switch). Dòng điện này cần khi tay lái về vị trí trung tâm, trên trục xe cần hãm sẽ có chiều ngược lại với chiều ban đầu để ly hợp.

3.2.2 Kết cấu truyền động

Lưu ý — cấu trúc truyền động — phần vỏ ngoài của bánh răng có thể tháo rời, cho phép quay — ngoài trục ly hợp máy chi tiết.

Hình 3.2.3 Cấu trúc hộp truyền động

3.2.3 Đặc tính tải trọng của máy kéo

3.2.3.1 Đặc tính tải trọng

• Khi quay xe cần hãm sẽ tạo ra dòng điện ngược chiều với dòng điện ban đầu (chức năng phanh), ta có thể thấy trên trục máy kéo có dòng điện ngược chiều với dòng điện ban đầu, ta có thể thấy trên trục máy kéo có dòng điện ngược chiều với dòng điện ban đầu. S — trục tải trọng trên hình 3.8.

Hình 3.2.3 Đặc tính tải trọng máy kéo

3.2.23. Các tải trọng ảnh hưởng tổng hợp qua các trục truyền động

a. Tải trọng trục máy kéo $n = f(l)$

Số lượng tải trọng E_{ng} sinh ra trong cuộn dây phụ thuộc vào khi máy kéo quay:

$$e_{\dot{\theta}} = B l v$$

$$e_{\dot{\theta}} = \frac{B l \dot{\rho} n D}{60}$$

$$e_{\dot{\theta}} = B l \dot{\theta} \frac{P \cdot n}{30}$$

$$e_{\dot{\theta}} = \dot{\theta} F \frac{P \cdot n}{30}$$

Trong %_o :

B: cđ'ng %_ođ ± trđ'ng c,,a nam ch...m

l chiđu di khung d...y

v vđn t•c di khung d...y

P s• cđp cđc

đđt- th•ng qua khung d...y

$$v_{\dot{\theta}} = \frac{\dot{\theta} n D}{2} \quad v \bullet \quad \dot{\theta} n \dot{\theta} = \frac{\dot{\theta} p n}{30}$$

$$\dot{\theta} \dot{\theta} = \frac{\dot{\theta} p D}{2 P}$$

$$E_{n g \dot{\theta}} = \frac{N}{2 a} \cdot e_{\dot{\theta}} = \frac{N P}{a \cdot 60} \dot{\theta} F \cdot n$$

$$E_{n g \dot{\theta}} = C_e \cdot n \dot{\theta} F$$

a s• %_o•i mđch mđc song song trong rotor

C_e: hđng s•

$$C_e = \frac{p n}{a \cdot 60}$$

N s• d...yđ-n trong rotor

$$n_{\dot{\theta}} = \frac{E_{n g}}{C_e \dot{\theta} F}$$

T- s— %đtr•n hđnh 3.8 ta c :

$$U_a = e - I_a R_a$$

$$U_{k d} = U_a - I_a R_a$$

• •i vđi s— %đtr•n, theo %đđh luđt Kirchhoff, ta c thđ vđt:

$$E_0 \dot{\theta} - E_{n g \dot{\theta}} = I_a R_a \dot{\theta} + I_d R_d \dot{\theta} + I_{k d} R_{k d} \dot{\theta} - \dot{\theta} \mathcal{W}_{c t}$$

$$E_{n g \dot{\theta}} = E_0 \dot{\theta} - \dot{\theta} \mathcal{W}_{c h} \dot{\theta} - I_a R_a \dot{\theta}$$

Trong %_o :

R_a: %đđh tr•e d...y cđp accu

R_k: %đđh tr•e cđc cuđn d...y rotor stator

đđU_{c h}: %đđ sTMt đp đđn chđi than

đđU_{c h} = 1,3V %đđ vđi mđy khoei %đđđng 12V

đđU_{c h} = 2,5V %đđ vđi mđy khoei %đđđng 24V

E_{n g} %đđ đđ xđc %đđđnh:

$$E_{n g \dot{\theta}} = E_0 \dot{\theta} - \dot{\theta} \mathcal{W}_{c h} \dot{\theta} + I_a R_a \dot{\theta} + I_d R_d \dot{\theta} + I_{k c} R_{k c}$$

$$\dot{\theta} \mathcal{W} \dot{\theta} = I_{c h} r_{c h}$$

$$n_{\dot{\theta}} = \frac{E_{n g \dot{\theta}}}{C_e \dot{\theta}} = \frac{E_0 \dot{\theta} - \dot{\theta} \mathcal{W}_{c h} \dot{\theta} - I_a R_a \dot{\theta}}{C_e \dot{\theta}}$$

Hình 3.9c: tuýc n máy khβi ùng
 i chf %s tSi nh³, ðng %qñ qua mcy khœi %sng nh³ t- thng c,a cušn
 kœch pM thušc tuyfn tœnh c fng %s ðng %qñ ðđ @Kl

$$nđ = \frac{E_0 \delta \delta D_{c,h} \delta - I \delta a R}{C_e K_{df} l}$$

$$nđ = \frac{a}{l \delta - a_2}$$

Vĩ vzy l-c ncy tcc %s phTM thušc c fng %s ðng %qñ theo quy luđt h y p e r b o l :

Vĩi:

$$a_1 \delta = \frac{E_0 \delta \delta D_{c,h}}{C_e K_{df}}$$

$$a_2 \delta = \frac{\delta a R}{C_e K_{df}}$$

i chf %s tSi İYn, ðng qua mcy khœi %sng İYn m ch t- b • k h a. L-c ncy
 %žc tuyfn n = f(r) n tuyfn tœnh:

$$\delta \neq \text{const}$$

$$n = n_1 b b_2 \cdot l$$

Đng %qñ trong mcy khœi %sng İYn nhœt khi bñnh rãng mcy khœi %sng ãn
 khYp vYi bñnh %o L-c %o $E_{ng} = 0 \cdot l = n m l$

b. • Žc tuyfn moment kœo M = f(l)

Moment kœo %c t t o n c do İŒc t c dTM ng t - ng Å gi a t - tr fng c,,a
 c c c cušn kœch v đng %qñ trong c c d...y d-n phYn ÿng (rotor).

$$M = F D / 2$$

Trong %o : F: tñg İŒc t c dTM ng h c c khung d...y

D: %o ðng kœnh c,,a rotor

$$F = N \cdot f$$

vYi f: İŒc t c dTM ng h mšt khung

N: s khung c trong rotor

$$f \delta = B l \quad i \delta = \frac{B l l}{2 a}$$

$i \delta = \frac{l}{2 a}$: đng %qñ chY trong mšt khung

$$M_{\dot{\theta}} = \frac{N \cdot B \cdot l \cdot l}{2a} \times \frac{D}{2}$$

$$M_{\dot{\theta}} = \frac{N \cdot B \cdot l \cdot l \cdot P}{2a \cdot \dot{\rho}} \times \frac{\dot{\rho} \cdot D}{2P}$$

$$M_{\dot{\theta}} = \frac{P \cdot N}{2a \cdot \dot{\rho}} \cdot \dot{\rho} \cdot B \cdot l \cdot l$$

$$M_{\dot{\theta}} = C_M \cdot \dot{F} \cdot l$$

Khi t̄Si nh³: $\dot{\theta} = \dot{\theta}_K l$

$$M = M_{CK} \cdot \dot{F}$$

Khi t̄Si Īn: $\dot{F} = \text{const}$

$$M \propto \dot{F}$$

Moment c̄s̄c̄ %̄i khi n = 0. Nh̄v̄y, l-c t̄Si nh³ %̄c̄ tuȳfnTM thūc v̄o c̄ng %̄s̄ đ̄ng theo quy l̄t parabol v̄ khi t̄Si Īn %̄c̄ tuȳfn chuȳn sang đ̄ng tuȳfn t̄Enh.

c. • Žc tuȳfn c̄ng sūt P = (l)

T̄Ech̄s̄ moment k̄o v̄v̄zn̄ t̄c g c c, a rotor s̄a t̄ c̄ng sūt %̄o, n t̄ P, t̄c l̄ c̄ng sūt do c̄c l̄s̄c̄ %̄o, n t̄ m quay robr̄ t̄o n̄n.

$$P_{\dot{\theta}} = M \cdot \dot{\omega}$$

$$\dot{\omega} = \frac{2\dot{\rho}n}{60}$$

$$P_{\dot{\theta}} = C_M \cdot \dot{F} \cdot l \cdot \frac{\dot{\rho}}{30} \cdot \frac{E_{ng}}{C_e \cdot \dot{F}} \quad \text{v̄ȳi: } n\dot{\theta} = \frac{E_{ng}}{C_e \cdot \dot{F}}$$

$$P_{\dot{\theta}} = \frac{P \cdot N}{2a} \cdot \dot{F} \cdot l \cdot \frac{\dot{\rho}}{30} \cdot \frac{E_{ng}}{P \cdot \dot{F}} \cdot \frac{1}{60 \cdot a}$$

$$P_{\dot{\theta}} = l \cdot E_{ng}$$

$$P_{\dot{\theta}} = l \left(E_0 \cdot \dot{\omega}_{ch} \cdot \dot{\theta} - l \cdot \dot{\theta} \cdot \dot{\theta} \right)$$

$$P_{\dot{\theta}} = l \left(E_0 \cdot \dot{\omega}_{ch} \cdot \dot{\theta} \right) - l^2 \cdot \dot{\theta} \cdot \dot{\theta}$$

L̄y %̄o t̄m ph̄ng t̄nh P %̄o t̄m gīc t̄o c̄s̄c̄ %̄i:

$$\frac{dP}{dl} = E_0 \cdot \dot{\omega}_{ch} \cdot \dot{\theta} - 2 \cdot l \cdot \dot{\theta} \cdot \dot{\theta}$$

$$I_{pmax} \cdot \dot{\theta} = \frac{E_0 \cdot \dot{\omega}_{ch} \cdot \dot{\theta}}{2 \cdot \dot{\theta} \cdot \dot{\theta}} = \frac{I_{nm}}{2}$$

Khi n = t̄ō $E_{ng} = 0$

$$E_0 \cdot \dot{\omega}_{ch} \cdot \dot{\theta} - I_{nm} \cdot \dot{\theta} \cdot \dot{\theta} = 0$$

$$I_{nm} \cdot \dot{\theta} = \frac{E_0 \cdot \dot{\omega}_{ch}}{2 \cdot \dot{\theta} \cdot \dot{\theta}}$$

I_{nm} l̄ đ̄ng %̄o c̄s̄c̄ %̄i m̄ m̄y kh̄oi %̄s̄ng t̄iTM khīn b̄ h̄ōm c̄žt. Thay gīc t̄o I_{pmax} v̄o ph̄ng t̄nh P, t̄ %̄c̄ c̄ng sūt %̄o, n t̄ c̄s̄c̄ %̄i.

$$P_{\max} \dot{\theta} = \frac{\dot{\theta} E_0 \dot{\theta} \dot{\theta} D_{c,h} \dot{\theta}}{2 \dot{\theta} \dot{\theta} R} \dot{\theta} = \frac{\dot{\theta} E_0 \dot{\theta} \dot{\theta} D_{c,h} \dot{\theta}}{4 \dot{\theta} \dot{\theta} R} \dot{\theta} \dot{\theta} R$$

$$P_{\max} \dot{\theta} = \frac{\dot{\theta} E_0 \dot{\theta} \dot{\theta} D_{c,h} \dot{\theta}}{4 \dot{\theta} \dot{\theta} R}$$

$$P \dot{\theta} = U_{k,d} | \dot{\theta} \dot{\theta} [E_{n,g} \dot{\theta} \dot{\theta} (R_s \dot{\theta} + R_r \dot{\theta}) \dot{\theta}] | \dot{\theta} = E_{n,g} | \dot{\theta} \dot{\theta} (R_s \dot{\theta} + R_r \dot{\theta}) \dot{\theta} |^2$$

$$P \dot{\theta} = P \dot{\theta} \dot{\theta} P_d$$

$$\dot{\theta} P \dot{\theta} = I^2 (R_s \dot{\theta} + R_r \dot{\theta}) \dot{\theta} = I^2 \cdot R_{k,d}$$

$$P \dot{\theta} = P_2 \dot{\theta} \dot{\theta} P_{c,k} \dot{\theta} \dot{\theta} P_t$$

Trong %o :

P_1 : công suất accu %a %fn m<y khoei %o%ng.

$\dot{\theta} \dot{e} P_{\%o}$: m<t m<t công suất v< %oi,n do nhi,t sinh r<trd...y.

P_2 : công suất h' u OEch.

$\dot{\theta} \dot{e} P_{c,k}$: công suất m<t m<t do e- khOEch(i, ch"i than).

$\dot{\theta} \dot{e} P_t$: công suất m<t m<t v< t-, ch,, yfu ld'ng Fuc.

$$P_1 = P_2 \dot{\theta} \dot{e} P + \dot{\theta} \dot{e} P_{c,k} + \dot{\theta} \dot{e} P_t$$

$$P_1 = P_2 \dot{\theta} \dot{e} P$$

Hi,u su<t c,,a m<y khoei %o%ng

$$\dot{\theta} / \dot{\theta} = \frac{P_2}{P_1} \dot{\theta} = \frac{P_1 \dot{\theta} \dot{\theta} P}{P_1} \dot{\theta} \approx 0,7$$

•nh gi< h< h'ng qua c<c %o%ng tOEch

C<n e v o c<c %o%ng tuyfn<a chia h<t %o%ng c,,a m<y khoei %o%ng ra B chf %o%ng:

+ Chf %o%ng khong tSi >ng v<Yi m<y khoei %o%ng quay <e t o c %o%ng khong tSi %o%ng công sinh ra, %th,ng $\dot{\theta} \dot{e} P_{\%o}$, $\dot{\theta} \dot{e} P_{c,k}$, $\dot{\theta} \dot{e} P_t$.

+ Chf %o%ng công suất c<sc %o%ng >ng v<Yng %o%ng đng %o%ng g<n b'ng $I_{n,m} / 2$

+ Chf %o%ng <om c<đ >ng v<Yi $I = I_{n,m}$ khi $n = v o M = M_{b,x}$

Tron th<sc tf, ta c th< >ng d<TMng c<c chf %o%ng vi,c th> nh<t v o th> ba %o%ng ch<4n %o%ng <th>ng c,,a m<y khoei %o%ng.

! chf %o%ng th> nh<t, nfu t o c %o%ng khong tSi %o%ng c,,a m<y khoei %o%ng nh< h<n gi< tr cho ph<@p c,,a nh< chf t' o n o v o c<ng %o%ng đng %o%ng khong tSi l<Yn h<n b<nh th<ng th< h< h'ng x<S<y ra ch,, yfu <e ph<@n c xem x<@t c<c %o%ng <4 v<ch"i than.

! chf %o%ng th> ba, nfu đng ng,n m<ch l<Yn h<n gi< tr cho ph<@p trong khi moment k<@o r<h<n th< h< h'ng ch,, yfu x<S<y ra <e ph<@n %o%ng m<ch c<c v<ng d...y h<ch< m< mass.

3.3 Các <@j c<Áu khi <Án trung gian trong h<ç th<N<ng kh<@

3.3.1 Relay khoei %o%ng th<ift b o đng %o%ng m<ch %oi,n cung c<@p %oi,n cho m<y khoei %o%ng.

Th<ift b o n y c t<c d<TMng m gi<S<m đng qua công t<c m<y.

Hình 3. Relay kh ùng

Relay gọi khÿp đng bnh rang m'y khœi trong khÿp vÿi vng rang bnh v ngfp mđng qn fn motor n, gi' n t f p m cho hft th'i gian khœi šng.

3.3.2 Relay kh ùng

3.3.2.1 Cđng d

Relay bš v, khœi šng thft đng bš v, m'y khœi šng trong nh'ng tr'ng h'p sau:

- + Khi t' x f khng th' nghe đ' t f ng e h
- + Khœi šng b'ng u khi-n t- xa.
- + Khœi šng l'i nhi u l'n.

Thft b đng bš v, khœi šng c'n g±i l' relay kh a khœi šng. Relay kh a khœi šng ho't đng th'c v' t' c' quay c,,a c th l' y tEn hi, u n' y t- m'y ph't (d... y L c,,a b' v' diode pM).

Khi khœi šng, n th' f u L c,,a m'y ph't t'ng. Khi đng c' p l' n (šng e f), relay kh a khœi šng s' a ng, đng qn đ' a fn relay c,,a m'y khœi šng, ch' đ' x f v-n c'n b'z t' c' khœi šng. Ng' a, relay kh a khœi šng khng cho ph'p khœi šng khi đng đ' h' šng.

C' u t' o nguyn l' l' m vi , c c,,a relay kh a khœi šng

Relay kh a khœi šng đg t f p m e khE.

Hình.13 Relay ob v Ç kh ùng

Khi b'z t' c' khœi šng, đng qn qua W_{bv} qua c' đ' n kEch m'y ph't v' mass m ng t f p m K, đg qn fn relay khœi šng. Khi đng c' đ' šng, m'y ph't n b' t' u m vi, c (u L c n p b'ng n p accu nh'ng m'y ch' đ' t' c' khœi šng), đng qn qua W_{bv} đ' t' khifn kh a K mœ, ng, t đg fn relay khœi šng cho m'y khœi šng khng ho't đng n'a.

Hình 3.12 Ó s i ch b i c i v ù n g ù n i g ù v í m á y p h á t i Ç u x o a y c
 3.3.2. M á c h b ã o v Ç k h ß i ù n g i Á u k h i Á n b ± n g i Ç n t í

Trong lõi n•y, ng†i ta s¶ d™ng m"ch bifn %o"i t†n s• sang %oi,n thf b°ng c'ch lçy tCE n hi,u t†n s• t– d...y trung (n) c,,a m'cy ph't hoŽc %o"u ...m bobine. TCE hi,u t•c %o"š %o"šng-e th hi,n qua t†n s• %o"nh l¶at%o"ta %†n ng v•o c,,a m"ch bŠo v,, b m thay %i t†n s• %o ng mœ c,,a1.THi,u %oi,n thf trung bñh tron t™ Çph™ thušc• t†n s• n'y. Vĩ vžy, khi %o"šng-e hđ %o"šng, transistor3Tsª œ tr'ng thi %o ng v m"ch khoei %o"šng sª khng ho't %o"šng.

Hình 3.13 M á c h b ã o v Ç k h ß i ù n g ù n i g ù v í m á y p h á t i Ç u x o a y c
 3.3.3. R e l a y i d ÷ u i Ç n á p

Trên mšt s• xe c công suất lYn th'ng s¶ d™ng h, th•ng %oi,n 12/24V. H, th•ng %oi,n 12V đng cung cp cho c'c ph™ tŠnh, th•ng %oi,n 24V đng %o khoei %o"šng. Hình 3.14 tr'nh b'ý-s- %o"u d...y c,,a m"ch %o"i %oi,n c p x e IFA. Trên s— p a y, m'cy khoei %o"šng c hi,u %oi,n thf vi,c l• 24 V trong khi c'c ph™ tŠi %oi,n kh• m'cy ph't c %o in c p %o"nh m'c d 12V. • ñ chuy-ñ %o"i %o"ñ c p trong l-c khoei %o"šng, th'ng b• tCE relay %o"i %oi,n c p, relay c nhi,m v™ %o"u n•i t'p 2h accu 12V%o c 24V khi khoei %o"šng. Khi kft th-c khoei %o"šng hai bñh accu s"t" c m,c song song %o-ñ m'cy ph't n'p %oi,n cho ch-ng.

Hình 3. Máy ch khβi ùng v ùi rela2y4 VÕi i Ç
 3.4 CHth Ñng h x trã khβi ù Ñi chøal ùng c

3.4.1 Nhivã phâ ñi lo

3.4.1N Ñim v ã

Mšt trong nh'ng n@t %Žc bi,t c,,a c'c %šng diesel l• ch-ng c sv'ng quay khoei %šng t' thi-u l'Yn-hn nh'u so v'Yi %šng-exang.

S• v'ng quay khoei %šng a,,%šng c— xang l• 50vÅ 120 v/p'ncœ %šng-e diesel l• 70Å150 v/p! s• v'ng quay n'oy, v'oo cui qu' tr'nh n@n, <p s'it v' nhit %š %šng-e n'yi %'t %oo,, gi' tr' %oo- %o't ch'y d'Yúid'phun phun v'oo bung ch'y. Tuy v'zy, nfu nhit %š khOE tr'i nhit %š %šng c— t'p, vi,c khoei %šng v-n g'p nh'eu kh kh'pn. •- h'ã tr'' vi,c khoei %šng %šng %ag th'i gi'Sm • nhim khi nhit %š t'Yc c'n th'p, t'n c'c %šng c— ng'oy nay th'ng trang b' h, th'ng x'ng m'y ho'Žc x'ng khOE n'p.

3.4.1P. Ñ ã ñi lo

C hai h, th'ng x'ng m'y: x'ng n ng bu'ng %o't v' x'ng n ng khOE'p.

a. X'ng n ng bu'ng %o't

C'c bougie x'ng %'t %Žt trong bu'ng %o't phTM c,,a %šngNh'ng l'ž'ng %oi,n c,,a, c quy c'c d...y %oitroe c,,a bougie t'c nung n ng %ofn nhit %š kho'Sng 800Å1000.

H, th'ng n'oy c hai lo'i bougie: lo'i mšt %oi,n c'šc v' lo'i hai %oi,n c'šc.

Lo'i mšt %oi,n c'šc: Đng %oi,n %t'a tr'šc t'fp %ofn %o'Yu cTMc bougie x'ng qua %o'n tr'oe r'ji v'£ mass. Lo'i n'y th'ž'ng c %oi,n tr'oe l'Yn. C'c bougie t'c m,c song song trong r'oh n'n nfu mšt bougie b' %o't t'c bougie kh'c v-n l'm vi,c b'nh th'ž'ng.

Lo'i hai %oi,n c'šc: •i,n tr'oe bougie t'c n'oi tr'šc t'fp v'Yi %oi,n c'šc ng'oi C'c %o'n tr'oe bougie %o'£ t'c ch %oi,n v' m,c n'oi t'fp trong m'ch. Lo'i n'y c %o'n tr'oe nh³.

b. X'ng n ng kh'ng khOE'p

Dòng điện trở lại từ công tắc sau khi đóng, sẽ được ngưng ngưng lại, nên cần có dòng điện. Loại này có thể phân.

3.4.2. Hình ảnh trong khi khởi động

Hình ảnh trong khi khởi động có hai loại: nhanh và chậm.

3.4.2.1. Hình ảnh khởi động trên hình 3.15.

Hình 3.15. Hình ảnh khởi động

Hình ảnh trong khi khởi động có thể chia thành hai loại. Loại đầu tiên là khởi động bình thường, loại thứ hai là khởi động khẩn cấp. Khi khởi động bình thường, cần phải có dòng điện để khởi động động cơ. Khi khởi động khẩn cấp, cần phải có dòng điện để khởi động động cơ. Trong quá trình khởi động, cần phải có dòng điện để khởi động động cơ. Khi khởi động khẩn cấp, cần phải có dòng điện để khởi động động cơ.

3.4.2.2. Hình ảnh khởi động nhanh

Hình ảnh khởi động nhanh có thể chia thành hai loại. Loại đầu tiên là khởi động nhanh, loại thứ hai là khởi động chậm. Khi khởi động nhanh, cần phải có dòng điện để khởi động động cơ. Khi khởi động chậm, cần phải có dòng điện để khởi động động cơ. Trong quá trình khởi động, cần phải có dòng điện để khởi động động cơ. Khi khởi động khẩn cấp, cần phải có dòng điện để khởi động động cơ.

Hình 3.9 **Ố n gũny l Ợ h h Ñ ng x ô n g l 2 l 3 l 4**
 Khi nhiệt độ đặt ở mức 60°C, công tắc nhiệt chuyển sang vị trí ON nên báo động sau 0,3 giây.

Hình 3.10 **Ố thĩc t Ợ h Ợ th Ñ ng x ô n g n**
3.4.3 H h Ñ ng x ô n g sau khi kh ỉ ù ng
 Trên mặt xe máy, người ta sử dụng hệ thống xăng nhanh (QOS Quick On Start) làm theo nguyên lý như sau (Hình 3.18). Hệ thống xăng này bao gồm hai relay xăng. Relay 1 phục vụ cho việc xăng nhanh giống như trình bày trong phần trên. Sau khi đóng công tắc relay 2 làm việc, dòng điện từ bugie xăng đi qua cuộn trở phục vụ tiếp tục xăng để mở công tắc báo động. Số lượng dầu và không khí khi nhiệt độ đặt ở mức cần thiết.

Các bougie xơng có thể nối song song với nhau và cũng có thể nối với nhau theo chiều dọc. Khi công tắc khời đóng, dòng điện chảy qua các bougie xơng, làm cho bougie nóng lên.

Khi bougie xơng hỏng:

+ Các bougie xơng có thể nối song song.

+ Dòng điện đi qua.

+ Các bộ phận của bougie xơng hỏng.

Nhất yếu, quá trình khời động của động cơ qua các bougie xơng cũng giống, và thời gian yêu cầu qua mạch phân phối điện cũng như, dòng điện trong mạch bộ phận. Vì thế, công suất của động cơ khi khởi động qua các bougie xơng có thể khác nhau khi khời động.

TÊN	CHỨC NĂNG
Bộ phận điều khiển (Controller)	<ol style="list-style-type: none"> Điều khiển mạch xơng của khi nhốt, có thể có bougie xơng có thể 900 Các mạch phân phối điện của các bougie xơng trong 3,5s (hoặc 0,3s khi nhốt, có thể có 60°C). Dựa vào quá trình của các bougie xơng trong các bộ phận của động cơ và các bougie xơng của các bộ phận điều khiển nhốt, có thể có xơng. Điều khiển relay xơng theo nhốt, có thể có xơng.
Relay xơng	Điều khiển mạch xơng nhanh nhất khi khời động của "nhốt" sau khời động.
Điều khiển phân phối	Điều khiển các bộ phận của các bougie xơng trong các bộ phận của "nhốt".
Điều khiển các bộ phận của động cơ	Các bộ phận của các bộ phận của các bougie xơng.
Bougie xơng	Nung nóng dần dần trong bougie.
Công tắc nhốt	Nhốt bộ phận nhốt (các bộ phận của 60°C) và các bộ phận của các bộ phận của các bougie xơng.

Hình 3.18 Ó thu-t toán iÁu khiẤn xông
 D' li,u v£ nhi,t %oš %ošng-e (c hay kh•ng theo gi' tr%Žt tYc) %c
 %ořa %o bš %oi£u khi-n tđi đ'ng tEn hi,u ON OFF. H—n'a, dša v•o gi' tr•
 %ořn trœ c,,a bougie x•ng v%ořn trœ cŠm bifn, c th~m ra nhi,t %oš bougie
 x•ng c %oř lYn cho %ošng-e khi %ošng hay kh•ng. Nh' tEn hi,y, bš %oi£u
 khi-n tEn ra th'i gian x•ng tYc v cho ra quy't %o•nh c m t'p t™c x•ng hay
 kh•ng. Sau khi c•ng t,c khoei %ošng t%o bžt, bš %oi£u khi-n s^a ki-m s•t th'i
 gian x•ng. H•t %ošng c,,a h, th•ng khi nhi,t %oš tYc th•p h—n 60C %oř m• tš
 tr•n giŠn %oř hnh 3.19, c^n s— %oř ch x•ng %c tr~nh b•y tr•n h~nh 3.20.

Hình 3.19 Ó hojt ùng hçnt hãm hng xôn
 khi rçti ÒÚc thçp 60

Hình 3. Sơ đồ mạch hệ thống xông nư

3.4.3.1 Khi khởi động ở 60

a. Khi công tắc máy ON

- 1/2 n b c o s c n g .
- Relay x o n g 1 % o n g , s t d n g % o n l y n % o i q u a b o u g i e x o n g % o n m i c h x o n g n n g l o n n h a n h c h n g .
- 1/2 n b c o x o n g t t s a u k h o s n g 3,5 g i . . . y (k h i % o t b c o h i , u % o s n g e c t h n s / e n g k h o e i % o s n g) .

b. Khi công tắc máy ở vị trí start

- B , t % o y u k h o e i % o s n g h y t h o n g x o n g n h a n h v - n t i p t t m c x o n g % o b c o s c n g l i % o i n g t h i v y i c o n g t , c % o a n g b z t o e t a r
- Relay x o n g 2 p n g % o n g n t n g d n g % o n t r o n g m i c h g i s m b o e i % o i , n t r o e p h t m .
- N h i , t % o s b o u g i e x o n g % o t g n 9 0 0 k h o s n g 7 g i . . . y s a u k h i b , t % o y u x o n g v o r e l a y x o n g 1 t t d i y i % o i l u k h i - n c , a b s % o i l u k h i - n b o n g c o n t r o l % o i , n t r o e c , a % o i , n t r o e c s m b i f n g .

T t - n g s n h t t r o n , d n g % o n c h y q u a r e l a y x o n g 2 v % o n t r o e p h t m % o n d u y t r n h i , t % o s b o u g i e x o n g k h o s n g 9 0 0

S s % o n g n g , t c , a c h f % o s x o n g " n % o o n h n h o m c h o d . . . y n u n g c , a b o u g i e x o n g k h i % o t k h i n h i , t % o s t a n g o n q u o m c b n h t t n g .

- M i c h x o n g t r i y c b o n g , t k h i % o s n g e h v o c o n g t , c % t t r s v e v o t r o e b a n % o u (% o n b c o x o n g p n g t , t) .

3.4.23 Khi khởi động ở 60

a. Khi công tắc máy ON

- 1/2 n b c o x o n g s c n g v o t t s a u k h o s n g 0,3 g i . . . y c h o b i f t % o s n g e n g k h o e i % o s n g .

- C o n g t , c n h i , t v - n c n O N k h i n h i , t % o s % o s n g e t r o n 6 0 C , r e l a y x o n g 1 g i n g u y o n t r i n g t h i t r o n g c h f % o s % o i l u k h i - n x o n g n h a n h .

b. Khi công tắc máy ở vị trí START

- Relay x•ng 2 %• ng, %• t•n%• m•y ph•t %•fn %•i,n tr•e ph™ trong chf %•š x•ng “n %••nh, nh’ v•y %•šng—c th• s•Er•sg cho v•c kh•ei %•šng (%• b•o x•ng s•ng tr•e l•i %•;ng th•i v•Yi c•ng t•,c •e v• tr•E START).

Hình 3.21n Ó ho•t Ùng h•t th•Ñng x•n khi n•ti ÒÙ•c c•m l•0

3.4.3.3Ý n•gr h•p c•ng t•c m•á ySbT-Ù•c•k•ng v•E•t r•x•t•ng t

Khi b•t c•ng t•c kh•ei %•šng t•c khi %•n b•o x•ng t•, nhi•n li,u kh•ng ch•y b•ei v• nh•t %•š bougie x•ng kh•ng %••t %•fn nhi,t %•š cho ph•p kh•ei %•šng. Kft qu•š•%šng c— quay nh•ng kh•ng đ•ho %•fn khi nhi,t %•š bougie x•ng t•ng l•n %•fn m•c y•u c•u v• c•n th•i gian kh•ei %•šngi.dN i c•ch kh•c, l•c b•t c•ng t•,c %•£, %•šng—ckbei %•šng r•t kh• kh•n.

Hình 3.22n Ó ho•t Ùng h•t th•Ñng x•n g•Ù•ch• khi •n báo t•x•ng t

3.4.3.3Ý n•gr h•p c•ng t•c kh•ei Ùng b-t•m l•a•t h•k•hi g•n• báo x•ng

Khi nhi,t %•š bougie %••t%• 900°C v• c•ng t•c kh•ei %•šng t• b•t sang v• tr•E [ST], m•ch b•š• v•, bougie x•ng trong b•š %•i•u khi-n ng,t relay x•ng 1 v nhi,t %•š bougie x•ng gi•m xu•ng. T•p th•đ•i c•ng t•c kh•ei %•šng b•t [ST] v

nhit %oš giŠm xu•ng. Khi c•ng t,c bžt sang [ST] nhit %oš đYi 650C, bš %đu khi-n s^a %oiđu khi-n %o ng relay x•ng 1 %o- tr•ng nhit %oš 650C, chf %đ x•ng “n %o•nh tíf p t™c.



Hình 3.23. Ó hojt Ùngx bđgtm Ñagh khi-tb Á sauèkháo x•ng t

3.4.4. H hÑng xông à smh•ng (Quick Start and Silen

3.4.4.1 ÓS ñ đuny lý

Sš kh•c nhau gi'a Q.O.S v Q.S.S.II • Q.S.S.I c th•m giai %o• x•ng sau khi khœi %ošng.

H, th•ng x•ng tr- gi' ch o m'ch x•ng ho't %ošng mšt khošng th'i gian sau khi %šng c- kbe i %ošng %o- bšo %ošm l'nhich y ho•n to•n, nh thf, l•m giŠm kOEch"rœ t•c %oš c¥m ch-ng, %oing th'i giŠm kh i tr,ng tho't ra sau %šng c- khœi %ošng l'nh %o. myšt bi,n ph•p cŠi thi,n %ožc yfn tr•ng t•c c,,a %ošng-e.

Hình 3.24. Ó hç thÑng xông smh•ng

H, thông xông sau khi khœi %œšng dšantc— œ thift kf c,,a h, thông xông nhanh v• nšt s• phœn bao gĩm:

BÙ p h - n	C lœ c n n g
Bš %œnh th'i; bougie xông	• i œu khi-n khošng th'gian 3 ph-t sau kh bžt cœng t,c %œ
Cšm bifn tœc %œš xe	• ĩng hĳ tœc %œš %œc b'œ dša vœ cšm bifn tœc %œš xe.

Cœng t,c l†œi g %œc g,n trong bš phžn %œœ tœc %œš. N†œg,n bœn phSi gœn nam ch...m c,,a cšm bifn tœc %œšilg sª %œc h-t v• nhš khi nam ch...m quay. Tœn, hixung ON ´ OFF t- sš h-t nhš c,,a l†œi g %œc gœi %œfn bš timer 4 ĩn trong mšt vng c,,a d...y cœp tœc %œš.

3 . 4 . 4 . žt H b n g

a. Khi nhit %œš %œšng-e dšĩ 60°C

H, thông nœy c mšt chœc nœng † v-n tĩp t™c %œiœu khi-n xông thžm chœ sau šng c— kbœ %œšng mi-n ĩ cœn thift. • ĩ chœc nœng %œc thœm vœ trong h, thông nœy so všĩ h, thông Q.O.S. Sš %œiœu khi-n c,,a h, thông ynt†—ngš nh† h thông Q.O.S khi nhit %œš %œšng-œtrœn 60°C v• quœ trnh xông đng khi cœng t,c khœi %œšng†œgi' œ v• trœ ONœ khi khœi %œšng %œšng.c

b. Khi cœng t,c khœi %œšng bžt sang ON

+ •½n b'œ xông sœng.

+ Relay xông [1] œng ho't %œšngœvcho mšt đng %œh ĩn %œi qua m'ch bougie xông cho quœ trnh xông nhanh.

+ •½n b'œ xông t† sau khošng 0,3 gi...y %œœ b'œ rœng %œšngœœœng khœi %œšng.

c. Khi cœng t,c khœi %œšng bžt sang START

+ Khœi %œšng %œšng v• quœ fĩnh xông tĩp t™c (%œœ b'œ xông sœng œ l'ĩ khi cœng t,c v-n œ v• trœ START).

+ Relay xông [2] hœt %œšng nœng đng %œh b• gišm %œi do ĩ-cœy %œh trœ ph™†œœ thœm vœ trong m'ch.

+ Khi bougie xông %œœ %œfn nhit %œš khošng 90,0bš %œiœu khi-n %œiœu khi-n relay xông [1] nœng hœt %œšng nh' vœ tœn ĩ b'œ vœ t- %œi,n trœ cšm bifn đng.

+ Kft qušđ đng %œh chšy qua relay xông [2] vgišm œp qua %œi,n trœ ph™†œœ m'ch vœ chf %œš xông "n %œœnh.

+ Khi nhit %œš bougie xông gišm, relay xông [1] ho't %œšng trœ l'ĩ cho %œfn khi nhit %œš %œœ t' l'ĩ khošng 900.

• i œu œy sª ĩžp %œi ĩžp l'ĩ vnhit %œš bougie xông sª dao %œšng quanh 900°C.

Hình 3. Bản Ó hojt ùng cça hçh am Ñi Ñgà xõmçm

d. Khi ãng c— %õđ khoei %õšng v•ng t,c khoei %õšng trŠ v£ v• trOE ON

- + •½n b•o x•ng tñ nhçng relay x•ng [2] vñ ho“t %õšng.
- + Sau khi c•ng t,c khoei %õšng trŠ v£ v• trOE ON, relay x•ng [1] v-n ho“t ãng cho chf %õš x•ng nhanh trong tñan khošng 15 gi...y khi nhi,t %õš bougie x•ng thçp.
- + Relay x•ng [2] hõt %õšng trong khošng 3 gi...y sau khi c•ng t,c trŠ v£ ON %õ %õi£u khi—n h, th•ng x•ng sau khi khoei %õšng.

H—n ã, khi 4 %õi£u ki,n đYi %õ...đ %õth³a m©n sau khi ãng c— kbei ãng, quç trñh x•ng “n %õ•nh sª hÃ tr” quç trñh chçy tñ h—n trong stuthi gian khoei %õšng ban %õ£u:

- Trong v^ng 3 ph-t sau khi đ %õ£u quç trñh x•ng (t— %õi—m A ã B).
- Nhi,t %õš %õšng-e đYi 60°C (c•ng t,c nhi,t OFF).
- T•c %õš xe sau khi %õšng kbei %õšng 18 km/hhoŽc thçp h—n.
- • šng c— %õang ã %õšng.

CHƯƠNG 4: HỆ THỐNG ÁNH LỬA

4.1 Những vấn đề chung

4.1.1 Nguyên nhân của sự phân phối không đồng đều ánh lửa

4.1.1.1 Nguyên nhân

Hệ thống phân phối nhiên liệu có nhiệm vụ cung cấp nhiên liệu cho các buồng đốt của động cơ. Để đảm bảo quá trình cháy diễn ra đồng đều, hệ thống phải phân phối nhiên liệu một cách chính xác. Các nguyên nhân gây ra sự phân phối không đồng đều nhiên liệu bao gồm: các trục xylanh không thẳng, các van nạp/xả không kín, các bộ phận của hệ thống nhiên liệu bị mòn hoặc hỏng hóc.

4.1.1.2 Nguyên nhân

Một hệ thống phân phối nhiên liệu có thể phát sinh các vấn đề sau:

- Hệ thống phân phối nhiên liệu phát sinh ra sự dao động áp suất, dẫn đến phân phối nhiên liệu không đồng đều qua các buồng đốt trong cùng một xi-lanh.
- Tốc độ phân phối nhiên liệu thay đổi theo tải, dẫn đến sự dao động áp suất.
- Các trục xylanh bị mòn, dẫn đến sự thay đổi thể tích buồng đốt.
- Các trục phân phối nhiên liệu phát sinh nhiệt độ cao, dẫn đến sự thay đổi thể tích nhiên liệu.
- Sự mài mòn của các bộ phận của hệ thống nhiên liệu.

4.1.1.3 Phân loại

Ngày nay, hệ thống phân phối nhiên liệu được trang bị các cảm biến để kiểm soát quá trình phân phối nhiên liệu. Các cảm biến này có thể chia thành hai loại: cảm biến áp suất và cảm biến lưu lượng.

1. Phân loại cảm biến áp suất

- Hệ thống phân phối nhiên liệu sử dụng cảm biến áp suất (Transistor Ignition system).
- Hệ thống phân phối nhiên liệu sử dụng cảm biến áp suất (DI Capacitor Discharged Ignition system).

2. Phân loại cảm biến lưu lượng

- Hệ thống phân phối nhiên liệu sử dụng cảm biến lưu lượng (breaker).
- Hệ thống phân phối nhiên liệu sử dụng cảm biến từ trường (electromagnetic sensor) gồm 2

loại: loại nam châm quay và loại nam châm tĩnh.

- Hệ thống phân phối nhiên liệu sử dụng cảm biến từ trường Hall.
- Hệ thống phân phối nhiên liệu sử dụng cảm biến từ trường quang.
- Hệ thống phân phối nhiên liệu sử dụng cảm biến từ trường từ trường.
- Hệ thống phân phối nhiên liệu sử dụng cảm biến từ trường từ trường.

3. Phân loại theo các phân bố Ñi-En cao áp

- H, thong %o<nh I¶a c bñ chia %oi (delco) (distributor ignition system).

- H, thong %o<nh I¶a trñc tĩp hay khong c delco (distributorless ignition system).

4. Phân loại theo phương pháp khi Ñn góc ánh lía sUm

- H, thong %o<nh I¶a vYi e cu %oi Ñu khi-n g c %o<nh I¶a sYm b°ng khOE (Mechanical Spark advance).

- H, thong %o<nh I¶a vYi bñ %oi Ñu khi-n g c %o<nh I¶a sYm b°ng %oi, n t¶ (ESA - Electronic Spark advance).

5. Phân loại theo kiểu ng Ñpm ĩ ch s

- H, thong %o<nh I¶a s¶ d™ng vOE t I¶a (conventional ignition system).

- H, thong %o<nh I¶a s¶ d™ng Transistor (transistor ignition system).

- H, thong %o<nh I¶a s¶ d™ng Thyristor (CDI)

4.1.2 Lý ĩ t huÁy ánh lía ên Ñbn ĩ pôt t ô

Trong %ng e— xng 4° kh^a khOE, sau k%ĩt %ĩta v•o trong xy lanh v• %ĩt trñn %oi Ñu nh' sñ xo y l• c c,, a ñh khOE, s%ĩt c piston n•n l' i. ĩ mñt th' i %ĩm thOEch h"p cu•i k° n•n, h, thong %o<nh I¶a s¶ c p mñt tia I¶a %oi, n cao thf %ot ch y ña khOE v• sinh c•ng ch%ng e—. t' o %ĩt tia I¶a %oi, n gi'a hai %ĩn cñc c,, a bougie, qu' tĩnh %o<nh I¶a %ĩt chia l•m ba giai %o: qu' trñh tñng trñng c,, a ñh s— cp hay ñn g±i l• qu' trñh tOEch y n•ng l' ñng, qu' trñh ngt d'ng s— cp v• qu' trñh xut hi, n tia I¶a %oi, n oe %oi, n cñc bougie.

4.1.2 Q u á t m ñ h ññ g ñ ñ g ñ ñ p

H ì n h : 4 S ĩ Ó n ĩ n y l ĩ k h Ñ n g ánh lía

Trong s— ĩ %o, a h, thong %o<nh I¶a t m:

R: %ĩn trœ ph™.

Rq: %ĩn trœ ña cuñ s— cp.

L1, ĩ %ĩ tñ cñm c,, a cuñ s— cp v• th> c p c,, a bobine.

T transistor c•ng s¶t %ĩt %oi Ñu khi-n nh' tOEch y n•ng l' ñng, qu' trñh vOE t I¶a.

Hình 4.2: Nguyên lý hoạt động của mạch chỉnh lưu

Khi transistor công suất T_{d-n}, trong mạch sơ cấp dùng i₁ (+) quy định R_đ L_đ T_đ mà dòng i₁ tăng t₊ do sự cộng hưởng của cảm sinh ra trên cuộn sơ cấp L_đ trong lõi sắt từ tăng c_đ dòng i₁ tăng. Ở giai đoạn này, mạch chuyển c_đ h_đ thông qua cuộn cảm L_đ và cuộn cảm L_đ quy định trở kháng của mạch sơ cấp. Khi, u_đ thông qua cuộn cảm L_đ xuất hiện ở mạch chuyển công suất của transistor c_đ coi như mạch chuyển công suất. Vì vậy, ở giai đoạn này sự biến đổi của dòng i₁ trên hình 4.2. Trên sơ đồ nguyên lý trong c_đ quy định b_đ qua, trong đó:

$$R_{đ} = R_1 + r_1$$

$$U = U_a \cos \omega t$$

U_a: hiệu điện thế c_đ của cuộn cảm.

ω: tần số của dòng điện xoay chiều ở transistor công suất ở trạng thái dẫn. Do đó hiệu điện thế của cuộn cảm L_đ là:

Từ sơ đồ hình 5.4, ta có thể viết phương trình vi phân sau:

$$L_{đ} \frac{di_1}{dt} + R_{đ} i_1 = U_a \cos \omega t \quad (4.1)$$

Giải phương trình vi phân (5) ta có:

$$i_1(t) = \frac{U_a}{R_{đ}} \cos \omega t - e^{-\frac{R_{đ}}{L_{đ}} t}$$

Giới hạn của dòng i₁ trong sơ cấp c_đ của mạch.

$$i_1(t) = \frac{U_a}{R_{đ}} (1 - e^{-\frac{R_{đ}}{L_{đ}} t}) \quad (4.2)$$

Lưu ý rằng từ (5.2) theo thời gian t, ta có thể thấy rằng dòng i₁ trong c_đ của cuộn cảm L_đ (hình 4.2). Như vậy, dòng i₁ tăng dần sơ cấp phTM thuộc c_đ, y_đ của t_đ cảm L_đ.

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{U_a}{L_{đ}} e^{-\frac{R_{đ}}{L_{đ}} t} \quad \frac{di_1}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{U_a}{L_{đ}} \quad \frac{di_1}{dt} \Big|_{t=\infty} = 0$$

Hình 4. Quá trình hớt dòng gi $\delta p_{1,i}$

Với bobine x $\%_b$ cuộn với $\%_s$ t $\%_s$ c $\%_s$ S $\%_s$ m l $\%_s$ Yn t $\%_s$ ng 1), t $\%_s$ c $\%_s$ t $\%_s$ ng \hat{d} g s— $\%_s$ c $\%_s$ p ch $\%_s$ zm h—n so $\%_s$ với bobine xe $\%_s$ i m $\%_s$ Yi v $\%_s$ Yi $\%_s$ t $\%_s$ c $\%_s$ S $\%_s$ m n $\%_s$ t $\%_s$ r(2). Ch $\%_s$ Enh $\%_s$ v v $\%_s$ zy, l $\%_s$ l $\%_s$ a s $\%_s$ a y $\%_s$ fu khi t $\%_s$ c $\%_s$ t $\%_s$ ng cao. Tr $\%_s$ o n c $\%_s$ c xe $\%_s$ m $\%_s$ Yi, hi, n t $\%_s$ t $\%_s$ ng n $\%_s$ o y $\%_s$ t $\%_s$ c kh $\%_s$ c ph $\%_s$ TM c nh' s $\%_s$ l $\%_s$ d $\%_s$ TM ng bobine l $\%_s$ nh $\%_s$.

• i th $\%_s$ c cho th $\%_s$ c y $\%_s$ t $\%_s$ c $\%_s$ S $\%_s$ m c,, a cu $\%_s$ šn s— $\%_s$ c $\%_s$ p o $\%_s$ ng l $\%_s$ Yn th $\%_s$ t $\%_s$ c $\%_s$ t $\%_s$ ng tr $\%_s$ o $\%_s$ ng \hat{d} g s— $\%_s$ c $\%_s$ p i $\%_s$ c o $\%_s$ ng gi $\%_s$ S $\%_s$ m.

G $\%_s$ ± t $\%_s$ l $\%_s$ th $\%_s$ i gian transistor c $\%_s$ o $\%_s$ ng su $\%_s$ o $\%_s$ t d-n th $\%_s$ c t $\%_s$ ng $\%_s$ t $\%_s$ ng $\%_s$ o $\%_s$ h s— $\%_s$ c $\%_s$ p l $\%_s$ n $\%_s$ t $\%_s$ i th $\%_s$ i $\%_s$ o $\%_s$ i—m $\%_s$ o $\%_s$ nh l $\%_s$ l $\%_s$ a khi transistor c $\%_s$ o $\%_s$ ng su $\%_s$ o $\%_s$ t n $\%_s$ g, t l

$$I_{ng\delta} = \frac{U}{R_{\delta a}} (1 - e^{-t/\tau_{\delta}}) \quad (4.3)$$

Trong $\%_s$:

$$t = \delta g T \quad \delta g = 120 / (n \cdot Z) \quad (4.3a)$$

T : chu k $\%_s$ $\%_s$ o $\%_s$ nh l $\%_s$ l $\%_s$ a $\%_s$.

n : s $\%_s$ v $\%_s$ ^ng quay tr $\%_s$ TM c khu $\%_s$ Âu $\%_s$ o $\%_s$ šng $\%_s$ (n i $\%_s$ h).

Z : s $\%_s$ xylanh c,, a $\%_s$ o $\%_s$ šng $\%_s$.

δg : Thi gian t $\%_s$ o $\%_s$ ch l $\%_s$ uy n $\%_s$ o $\%_s$ ng t $\%_s$ ng t $\%_s$ ng $\%_s$.

Tr $\%_s$ o n c $\%_s$ c xe $\%_s$ o $\%_s$ cuộn, t $\%_s$ Â l, th $\%_s$ i gian t $\%_s$ o $\%_s$ ch l $\%_s$ uy n $\%_s$ o $\%_s$ ng t $\%_s$ ng $\delta g = 2/3$ o $\%_s$ c $\%_s$ c c $\%_s$ c xe $\%_s$ o $\%_s$ m $\%_s$ Yi nh' c — $\%_s$ c $\%_s$ u hi, u ch $\%_s$ tnh th $\%_s$ i gian t $\%_s$ o $\%_s$ ch l $\%_s$ uy n $\%_s$ o $\%_s$ ng (g c ng $\%_s$ zm) n $\%_s$ n $\delta g < 2/3$.

$$\delta p I_{ng\delta} = \frac{U}{R_{\delta a}} (1 - e^{-\delta g \frac{\delta - 120}{n Z \delta t}}) \quad (4.4)$$

T— bi—u th $\%_s$ c (5.4), ta th $\%_s$ c y l $\%_s$ n $\%_s$ g ph $\%_s$ TM thu $\%_s$ c o $\%_s$ t $\%_s$ ng tr $\%_s$ o $\%_s$ c,, a m $\%_s$ ch s— $\%_s$ c $\%_s$ p ($R_{\delta a}$), $\%_s$ t $\%_s$ c $\%_s$ S $\%_s$ m c,, a cu $\%_s$ šn s— $\%_s$ c $\%_s$ p (L), s $\%_s$ v $\%_s$ ^ng quay tr $\%_s$ TM c khu $\%_s$ Âu $\%_s$ o $\%_s$ šng $\%_s$ (n), v $\%_s$ s $\%_s$ xylanh (Z) n $\%_s$ fu $R_{\delta a}$, l $\%_s$ kh $\%_s$ o $\%_s$ ng $\%_s$ th $\%_s$ khi t $\%_s$ ng s $\%_s$ v $\%_s$ ^ng quay tr $\%_s$ TM c khu $\%_s$ Âu $\%_s$ o $\%_s$ šng $\%_s$ — (n) t $\%_s$ ng $\%_s$ t $\%_s$ ng $\%_s$ o $\%_s$ h $\%_s$ o $\%_s$ h $I_{ng\delta}$ gi $\%_s$ S $\%_s$ m.

T $\%_s$ i th $\%_s$ i $\%_s$ o $\%_s$ i—m $\%_s$ o $\%_s$ nh l $\%_s$ l $\%_s$ a, n $\%_s$ o $\%_s$ ng t $\%_s$ ng $\%_s$ o $\%_s$ t $\%_s$ o $\%_s$ ch l $\%_s$ uy trong cu $\%_s$ šn d...y $\%_s$ c $\%_s$ p d $\%_s$ t $\%_s$ Yi d $\%_s$ ng t— t $\%_s$ ng :

$$W_{nt\delta} = \frac{I_{ng}^2 L}{2} \delta = \frac{L_1}{2} \times \frac{U^2}{R_{\delta a}^2} (1 - e^{-t/\tau_{\delta}})^2$$

$$W_{n\delta} = \frac{L_1 \cdot U^2}{2 R_{\delta a}^2} \delta = \frac{L_1}{2} \times \frac{U^2}{R_{\delta a}^2} (1 - 2e^{-\delta/a} + e^{-2\delta/a}) \quad (4.5)$$

Trong %o :

W_t Năng lượng tƐch lƳ trong cušn s— ƥ.

$$a\delta = \frac{t_n}{\delta f} \delta = \frac{R_{\delta a}}{L_1} t_n$$

H•m $W_t = f$ (5.5) %t %ƥ”c giƥ tr• cšc %o”i, tƥc nhžn %c năng lƳng t— h, thng ƥ %oi, n nhiƥu nhƥt khi:

$$a\delta = \frac{R_{\delta a}}{L_1} t_n \delta \approx 256 \quad (4.6)$$

• i vŷi h, thng %o<nh lƳa tƳng v• h, thng %o<nh lƳa bƥn d-n lo”i khng c m”ch hi, u chƳnh th”i gian tƐch lƳng nƳng t, %ƥu ki, n (5.6) khng th— thšc hi, n %c v~ t • giƥ tr• thay %o”i ph™ thušc v• c %oš n, a %ošng ƥ (5.3a). Su khi %t %ƥ”c giƥ tr• $U / R_{\delta a}$ đ”ng %o”n qua cušn s— ƥ s^a g... y•ti phƐ năng lƳng v• Ɛch, tƳa nhi, t tƳn cušn s— ƥ v• %o”n trƥ ph™. Tr cƥc xe %o mŷi, nhƥ”c %oi—m tƳn %o”c lo”i tr— nh’ m”ch hi, u chƳnh th”i gian tƐch lƳng năng lƳng t (Dwell Control).

LƳng nhi, t tƳa ra tr•n cušn s— ƥ c,, a bobine W_n %o”c xƥc %o”nh bƥi cng thƥc sau:

$$\begin{aligned} W_n \delta &= \int_0^{t_d} i^2 \cdot R_1 \cdot dt \\ W_n \delta &= \int_0^{t_n} \frac{U^2}{R_{\delta a}^2} R_1 (1 - 2e^{-\delta-t/\delta t_1} + e^{-2t/\delta t_1}) dt \\ W_n \delta &= \frac{U^2}{R_{\delta a}^2} R_1 \left[\delta + 2t_1 (1 - e^{-\delta-2t/\delta t_1}) - (\delta + t_1 / 2) (1 - e^{-\delta-2t/t_1}) \right]_0^{t_n} \\ W_n \delta &= \frac{U^2}{R_{\delta a}^2} R_1 (t_n \delta + 2t_1 e^{-\delta-t/\delta t_1} - \delta - t_1 / 2) e^{-\delta-2t/\delta t_1} \end{aligned} \quad (4.7)$$

Cng suƥt tƳa nhi, t P_n tr•n cušn d...y-s ƥ c,, a bobine:

$$\begin{aligned} P_n \delta &= \frac{1}{T_0} \int_0^{t_n} i^2 R_1 dt \\ P_n \delta &= \frac{U^2}{R_{\delta a}^2} R_1 \left[\frac{\delta t_n}{\delta} - 2 \frac{\delta f}{T} (1 - e^{-\delta-t/\delta t_1}) + \frac{\delta f}{2T} (1 - e^{-2t/\delta t_1}) \right]_0^{t_n} \end{aligned} \quad (4.8)$$

Khi cng t, c m”y ƥ v• trƐ ON %šng ƥ— khng hƥ %ošng, cng suƥt tƳa nhi, t tr•n bobine l• ŷn nhƥt:

$$P_{max} \delta \approx \frac{U^2}{R_{\delta a}} R_1$$

Thšc tƳ khi thift kƳ, $P_{n max}$ phš nh³ h—n 3 0 %o trƥnh f”nh tr”ng n ng bobine. V~ tƳu $P_{n max}$ đš 3 0, Whi, t lƳng sinh ra tr•n cušn s— ƥ ŷn h—n nhƥ lƳng ti•u tƳn.

Trong th”i gian tƐch lƳng năng lƳng, tr•n cušn thƥ ƥp cng xuƥt hi, n mšt sƥc %oi, n %ošng tƳng %nh³, chƳ xƥp xƳl . 0 0 0 V

$$e_2 \delta = K_{bb} L_1 \frac{d_1}{d t}$$

Trong %o :

e_2 : S c %oi,n %ošng m cušn th> c p.

K_{bb} : h, s• bif n < p c,,a bobine.

S c %oi,n %ošng m b°ng 0 khi d°ng %oñ s— c p %o°t gi< tr•U / B

4.1.2 Qu á t r ì n th ò n g i s p

Khi transistor c°ng s u t n g , t, đ n g %oñ s— c p v t— th°ng do n sinh ra giŠm %ošt ngšt. T°n cušn th> c p c,,a bobine s sinh ra mšt hi,u %oi,n thf th> khoŠng t— 1 5 K V , 4 0 . B V tr° c,,a hi,u %oi,n thf th> c p ph™ thu s o v c t nhi u th°ng s• c,,a m'ch s— c p v th> c p. • t°Enh to<n hi,u %oi,n thf th> c p cŠc %o°i, ta s t d™ s t t—ng %oñng %c t r ã n h b o y t r o n h ã m 4.4

Trong s—j %o°y:

R_m : %oñ tr°e m c t.

R_f : %oñ tr°e f qua %oñ cŠc bougie.

H ì n h : 4 S 4 Ó ° t ñ g ° i n g a c h C t h Ñ n g á n h l í

B³ qua hi,u %oi,n thf accu v hi,u %oi,n thf accu r c t n h³ s o v ÿ i h i , u % o i , n thf x u c t h i , n t r o n c u š n s— c p l - c t r a n s i s t o r c o n g s u c t n g , t. Ta x © t t r ñ g h " p k h o n g t Š i , c n g h Á a . l d . . . y c a o < p % o c t < c h r a k h ³ i b o u g i e . T " i t h " i % o i - m t r a n s i s t o r c o n g s u c t n g , t, n a n g t r ñ g t— t r ñ g t ° E c h l u y t r o n g c u š n s— c p c ,, a b o b i n e % o t c h u y - n t h ñ n h n a n g l ñ g % o i , n t r ñ g c h > a t r o n t™ % o i , n C 1 v • C 2 v • m š t p h ã n m c t m c t. • x < c % o o n h h i , u % o i , n t h f t h > c p c Š c % o i t a l ã p p h t— n g t r ñ n h c . . . n ° b g n a n g t r ñ g l - c t r a n s i s t o r c o n g s u c t n g , t:

$$\frac{I_{ng} L_1}{2} \delta = \frac{C_1 \cdot U_{1m}^2}{2} \delta + \frac{C_2 \cdot U_{2m}^2}{2} \delta + A$$

Trong %o :

C_1 : %oñ dung c,,a t™ %oi,n m, c song song v ÿ i v c E t l ñ a h o ž c t r a n s i s t o r c o n g s u c t.

C_2 : %oñ dung k¹ sinh t r o n m ' c h t h > c p.

U_{1m} U_m : hi,u %oi,n thf t r o n m ' c h s— c p v t h > c p l - c t r a n s i s t o r c o n g s u c t n g , t.

A n a n g l ñ g m c t m c t d o đ n g r ^ , d ñ g f u c • t r o n g l » i t h © p , a b o b i n e

$$U_{2m} = K_{bb} \cdot U_m$$

$K_{bb} = \frac{W}{W_1}$ h, s• bif n < p c,,a bobine.

W_1, W : s v ^ n g d . . . y , a c u š n s— c p v t h > c p.

$$\delta P I_{ng} L_1 \delta = C_1 \delta + \frac{U_{2m}^2}{K_{bb}^2} \delta + C_2 \cdot U_{2m}^2$$

$$\begin{aligned}
U_{2m}^2 &= \frac{C_1}{C_1 + C_2} \frac{d^2}{dt^2} + \frac{C_2}{C_1 + C_2} f_{ng}^2 L_1 \\
U_{2m} &= K_{bb} I_{ng} \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}} \cdot d \\
U_{2m} &= K_{bb} \sqrt{\frac{L_1 \cdot f_{ng}^2}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}} \cdot d \\
U_{2m} &= K_{bb} \sqrt{\frac{2 W_{dt}}{C_1 + K_{bb}^2 C_2}} \cdot d \quad (4.9)
\end{aligned}$$

đhH, s• tCEnh %ofn s§ mət m<t trong m<ch dao %đđng, 0đ, 70., 8

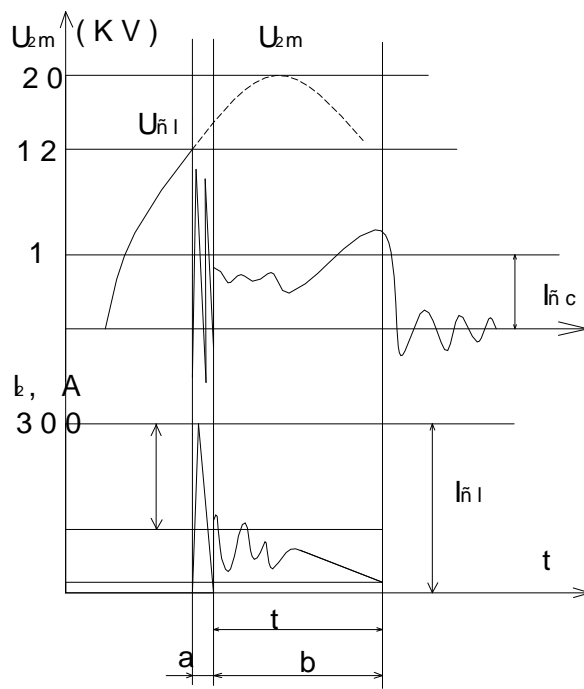
Hình 4.5 Qui-tub i ỉ ñ cđ òn gi C n i sđ p₁ iv à Qủ i C n th ỉ ỉ h (Qui luýt bfn %o“i òng %oñ s— cp i₁ v• hi,u %oi,n thf th> cđ u_{2m} %o“t bi-u dĩ n tñ hĩnh 4.5

Khi transistor c•ng sđ ng,t, cušn s— cp s^a sinh ra mšt s>c %oi,n %ođng khođng 10 0 3 0.0 V

4.1.2 Quá trình pđ rđg i C n cñc bougie

Khi %oñ <p th> cđ u₂ %đ %ofn gi< tr•U , tia I¶a %oi,n cao thf s^a xuýt hi,n gi’a hai %oi,n cđc c,,a bougie. B•ng thCE nghi,m tñga ch>ng minh %đ”c r•ng tia I¶a xuýt hi,n cđ %oi,n cđc bougie gjm hai th phñn b• th•nh phñn %oi,n dung v• th•nh phñn %oi,n cđm.

Th•nh phñn %oi,n dung c,,a tia I¶a do nđ đñg tCEch luy•m m<ch th> cđ %đ”c qui đđc bœi %oi,n dung k¹ sinđ₂ Tia I¶a %oi,n dung đđc %ođc đng bœi sđ sTMt <p v>ng đng %đt ngđt. Đng c th> %o”t v• chTMc Amperđ (hĩnh 4.6).



- a. Thời gian tia lửa i_đ n dung.
- b. Thời gian tia lửa i_đ n c_đ m.

Hình 4. Qui-tính-đơn Ôi hi-đru i_đ n_{2m} và Ý-hệ-c_đ 1
 dòng-đ_đ n th_đ c_đ n pi-transisto_đ t_đ công-g_đ su

Mức đ_đ năng-l_đ ng không-l_đ y n_đ m (đ_đ U_đ 1) / đ_đ h_đ ng công-s_đ t_đ ph_đ t_đ ra b_đ oei
 th_đ nh ph_đ n %o_đ i, n dung c_đ a tia l_đ ả nh' th_đ i gian r_đ t_đ ng_đ n 10_đ n n c th_đ %o_đ t
 h_đ ng ch_đ t_đ m, c khi t_đ y i_đ ng tr_đ m kW. Tia l_đ ả %o_đ i, n dung c_đ m_đ u xanh s_đ ng k_đ 1/2m
 theo t_đ i_đ ng n_đ l_đ ch t_đ ch %o_đ đ_đ t_đ ng.

Đao %o_đ ng v_đ y i_đ t_đ n s_đ cao (10⁶ đ_đ, 1⁷0¹) đ_đ v_đ đ_đ ng l_đ y n, tia l_đ ả %o_đ i, n dung g...y
 nh_đ u v_đ tuy_đ f n v_đ m_đ i m_đ n %o_đ n c_đ s_đ c bougie. đ_đ gi_đ s_đ quy_đ t_đ v_đ c n %o_đ đ_đ v_đ a, n_đ t_đ r_đ n
 m_đ i_đ ch th_đ c_đ p (nh_đ t_đ n_đ p delco, m_đ 3 qu_đ Ắt, đ...y cao < p_đ t_đ i_đ ng %đ_đ c m_đ c th_đ m c_đ c
 %o_đ n tr_đ o. Trong c_đ c đ_đ t_đ %o_đ i m_đ y i, n_đ t_đ i ta đ_đ «ng đ...y cao đ_đ c l_đ i b_đ ng than %o_đ t_đ
 t_đ ng %o_đ n tr_đ o.

Đo tia l_đ ả xu_đ t hi, n t_đ đ_đ y c khi hi, u %o_đ i, n th_đ f th_đ c_đ p %o_đ t gi_đ c t_đ 2 m n_đ n
 năng-l_đ ng c_đ a tia l_đ ả %o_đ i, n dung ch_đ t_đ nh_đ t_đ ph_đ n nh_đ 3 c_đ a năng-l_đ ng ph_đ ng qua
 bougie. Ph_đ n năng-l_đ ng đ_đ n l_đ i s_đ ả h_đ nh th_đ nh tia l_đ ả %o_đ i, n c_đ s_đ m. Đ_đ g qua
 bougie l_đ c n_đ y ch_đ t_đ v_đ o kho_đ s_đ ng 2 0_đ, 4 0 . n_đ i_đ ả %o_đ i, n th_đ f gi_đ ả hai c_đ s_đ c bougie
 gi_đ s_đ m nhanh %o_đ f n gi_đ c t_đ 4 0 0 đ_đ, 5 0 0 T_đ m i gian k_đ o đ_đ i c_đ a tia l_đ ả %o_đ i, n c_đ s_đ m g_đ p
 1 0 đ_đ n 1 . 0 đ_đ t_đ i gian tia l_đ ả %o_đ i, n dung đ_đ th_đ i gian n_đ y ph_đ t_đ m thu_đ c đ_đ lo_đ i
 bobine, h_đ e đ_đ bougie v_đ ch_đ f %o_đ s_đ m vi, c c_đ a %o_đ s_đ ng đ_đ . Th_đ đ_đ ng th_đ thì gian tia
 l_đ ả %o_đ i, n c_đ s_đ m đ_đ kho_đ s_đ ng 1 đ_đ n 1 , 5 . n_đ i_đ ả l_đ ả %o_đ i, n c_đ s_đ m c_đ m_đ u v_đ ng t_đ OEm, đ_đ n
 %o_đ đ_đ c g_đ i l_đ %o_đ u_đ i l_đ ả.

Trong thì gian xu_đ t hi, n tia l_đ ả %o_đ i, n, năng-l_đ ng tia l_đ ả W_p %o_đ đ_đ t_đ OEnh b_đ oei
 công-th_đ c:

$$W_p = \int_0^{t_p} i_2(t) dt$$

t_p thì gian xu_đ t hi, n tia l_đ ả %o_đ i, n t_đ n %o_đ n c_đ s_đ c bougie.
 Tr_đ n th_đ s_đ c t_đ f, ta c_đ th_đ s_đ đ_đ t_đ m ng công-th_đ c g_đ n %o_đ ng:

$W_p \gg 0, 5 P_{tb} \quad U_{P_{tb}} \quad U_{P_{tb}}$

Trong %o : $I_{P_{tb}} U_{P_{tb}} \cdot t_{P_{tb}} \neq t \cdot I \cdot c \cdot f \cdot ng \ %o \ đng \ %o \ n \ trung \ b \ n \ h, \ h \ i \ u \ %o \ i, \ n$
thf trung bñh v• thi gian xuýt hi, n tia l¶a trung bñh gi'a hai %oi, n cŞc c,, a
bougie.

Kft quŞ tCEnh to•n thŞc nghi, m cho thçy r•ng, æ t•c %oŞ thçp c,, a %oŞng
c—, W_p c gi• tr• khoŞng 2 0, 5 0 . m J

4. 2HÇ th Ñ ñ g á n h Ý h í g a t h

4. 21 S Ó à n g u y ê n l ý Q à m v i

Cam 1 ç a b Ş chia %oi quay nh' truy£n %oŞng t— trTM c cam c,, a %oŞng c
l•m nhi, m vTM mœ t i f p %oi—m KKÇ, cụng c nghãt đ•ng %oñ s— çp c,, a
bifn < p %o<nh l¶a 3. Khi %o , t— th•ng %oi qua cuşn th> çp ãt %oñ s— çp
g...y n•n^a smçt %oi %oŞt ngş, m xuýt hi, n mŞt sç %oi, n %oŞng cao thf trong cuşn
th> çp $W_2 \cdot i$, n < p n•y s^a qua con quay chia %oi, n 4 v...y cao < p f% c c
bougie %o<nh l¶a 5 theo th> tŞ th" c,, a %oŞng e. Khi %ai < p th> çp %o"t gi• tr•
%o<nh l¶a, gi'a hai %oi, n cŞc c,, a bougie s^a xuýt hi, n tia l¶a %oi, n %oŞt ch'y h Ñ n
h"p trong xylanh.

H ì n h : 4 S 7 Ó n g u y ê n l ý Q à m v i

Cụng v•o l-c ti f p %oi—m KKÇ chÝm mœ, cuşn d...y-s çp W_1 sinh ra
mŞt s>c %oi, n %oŞng tŞ cŞm. S>c %oi, n %oŞng tŞ cŞm n"p v•o tTM Ç n•n s^a dżp t, t
tia l¶a tron vCet. Khi tCet mœ h²ⁿ, tTM %oi, n s^a xŞ qua cuşn e— çp c,, a bobine.
Đ•ng ph ng c,, a tTM nh"ç chi£u vÝi đng tŞ cŞm khi f n t— th•ng b• tri, t tiu %Şt
ngş. Nhç vzy, tTM Çc^n %o ng vai fr gia t•ng tç %oŞ bifn thñ c,, a t— th•ng,
t>c n...ng cao hi, u %oi, n thf trcuşn th> çp.

4. 2. 2 u t i o c á c c h i t i t

a. Bifn < p %o<nh l¶a (bobine)

•...y l• mŞt lo"i bifn < p cao thf %oŞc bi, t nh"m bifn nh'ng xung %oi, n c
hi, u %oi, n thf thçp (6, 12 hoŞc 24V) nh c c xung %oñ c hi, u %oi, n thf cao
(1 2 , 0 0 0 ÷ 4 0 , 0 0 0 V)TM cho vi, c t"otia l¶a æ bougie.

1. xLc⁻m dây cao áp
2. Lò Ñkio n
3. Cùn gi¥y cách iÇn
4. Lòi tēhép t
5. éScách iÇn
6. Tø cách iÇn
7. ÌV
- 8.Đng thép tē
9. Cùnj s¥p
10. Cùn thé c¥p
11. Çm cách iÇn

Hình: 4C8u tjo bobine

Trên hình 4.8^a mẏt c,t d±c ca mẏt bifn <p %<nh l¶a

L»i th®p t %b" c gh®p b°ng c<c k th®p bifn thf d¥y, 35 m°n° lYp c<ch mẏt %< giŠm Šn p°ng c,,a đhg %<n xo<y (đ°ng Fuc°). L»i th®p %< ch½n cẏt trong °ng c<c t°ng c<ch %<oi,n mtr°n %< ngđi ta qu°n cušn d...y th> c°p, gjm r°t mi£u v°ng d...y $W_2 = 19.000 \div 26 = 730,77$ g07 ÷ 0,1 nGita.c<c lYp d...y c,,a cušn W_2 c hai lYp gi°y c<ch %<oi,n m°ng r°chi£u ršng c,,a lYp gi°y r°t lYn so vYi khoŠng qu°n d...y %< t°ng ch®o c<c lYp d...y v° tr°nh b°<nh %<oi,n qua ph¥n mẏt b,,a cušn d...y. lYp d...y %< mkti t- °ng c<c t°ng trong °ng v° b°n lYp d...y tıfp theo %< điga kh°ng qu°n c<c v°ng d...y sıt nhau m° qu c<ch nhau khoŠng $\div 1,5 \cdot \text{mm}$, a v°ng d...y %<u tın %< %<đ h°n ngay vYi l»i th®p jıi th°ng qua l° xo d-n l°n %<oi,n cŠc trung t...m §c cao thf) c,,a n,p c<ch %<oi,n.

Cušn th> c°p, sau khi c°qu°n xong, %< c° %<°nh trong °ng c<c t°ng c<ch %<oi,n, m° tr°n %< c qu°n cušn d...y s°p vYi s° v°ng d...y kh°ng lYn l,m ($W_1 = 250 \div 400 = 0,625$ d.n.đ) 69 ÷ 0,18št n°m c,,a cušn c°p %< h°n v° mšt v°Et b,t d...y kh°ntn,p. Hai v°Et b,t d...y m°ng trong vto h—n v°Et (v°Et g< hšp %<oi,n tr°e ph™). T°š khi gjm c<c cušn d...y m»i th®p %< %<đ %<đt trong °ng th®p t-, gh®p b°ng nh°ng k th®p bifn thf u°n cong theo mẏt c°p c° khe hoe c,,a nh°ng k th®p %<đt ch, ch nhau. Cušn d...y °ng th®p %<đt trong v³ th®p v° c<ch %<oi,n c° ph°Ea %<oy b°ng mifng s°, m°đ c<ch %<oi,n đm b°ng vẏt li,u c<ch

•a s° c<c bobine tđYc %<...y c d¥u bifn thf trong gŠi nhi,t, nh°ng y°u c¥u l°m k°En tđ—ng %<. Hi,n nay, vi,c %<oi£u khi—n th'i gian ngžm %<oi,n b°ng %<oi,n t¶ gi-p c<c bobine c°t n ng. °ng th'i, %<oi— %<Šm bŠo đđng %<nh l¶a lYn c° t°c %<š cao đđng cđng %<š đng ng,t v° giŠm %<š t§ cŠm cušn d...y s—c Ch°Enñ vzy, c<c bobine ng°y nay c k°Ech tđt r°t nh³, c m'ch t-k°En v° kh°ng đđng d¥u bifn <p %<oi— giŠi nhi,t. C<c bobine loy %<đ g±i l° bobine kh°.

b. Bš chia %<oi,n

Bš chia $\%_{oi,n}$ mšt thift b• quan tr±ng trong h, thng $\%_{oi,n}$ l¶a. N c nhi,m vTM t"o n nhng xung $\%_{oi,n}$ c„a HT•L v• ph...n p $\%_{oi,n}$ cao thf $\%_{oi,n}$ c c xy lanh theo th tš n“ c„a $\%_{oi,n}$. Bš chia $\%_{oi,n}$ c th- chia m ba bš phzn: bš phzn t"o xung $\%_{oi,n}$, bš phzn chia $\%_{oi,n}$ cao thf v c c c— cu $\%_{oi,n}$ chfnh g c $\%_{oi,n}$ l¶a.

Hình: 4.9 Cấu trúc của bộ chia i c n

c. Bš phzn t"o xung $\%_{oi,n}$

Hnh 4.10 gi thi, u bš phzn t"o xung ki-u vEt l¶a, gim nhng chi tift ch,, yfu nh: cam 1, m...m $\%_{oi,n}$, tTM $\%_{oi,n}$.

Hình 4.10 ph-n tjo xung cca bU chia

Cam 1 lp lng tron trTM c bš chia $\%_{oi,n}$ m, c v• o bš $\%_{oi,n}$ chfnh ly t...m. M...m tjp $\%_{oi,n}$ trong c c bš chia $\%_{oi,n}$ gim hai m...m: m. (m.tr.m di s), m...m d (m...m c• $\%_{oi,n}$) gi'a ch-ng c " bi. Trong bš chia $\%_{oi,n}$ c„a mšt s• xe c th- ch c mšt m...m. i m...m : gi c m vEt Anh, c n tift p $\%_{oi,n}$ (gi c m vEt s) $\%_{oi,n}$ t"o n tift p $\%_{oi,n}$; mifng d" b• i trn v• lao cam; ch $\%_{oi,n}$ m, c vYi bš

Hình 4 Cấu tạo bộ iÁu chÉnh góc án

Trên mống c g, n c yn k, m, mšt %uđ% m, c v o ch t c, a m... m tiff %m (m...m). L^ xo lu n @p mng v mšt phCEa s c cng c, a l^ xo %c %đu ch tnh b ng c c %, m. Tobš bš %oiđu ch tnh %b, t v o th n h b n c, a bš chia %đi b ng hai v OEt.

BÙ iÁu chÉnh góc án h lía theo êtr Ęis Ñ octane c Bš %oiđu ch tnh c m Žt tr n mšt s %šng e t c th đng nhđu lo i xng kh c nhau v i tr s octane v t c %š ch y c, a ch ng kh c nhau, do v zy g c %n h a s y m ph Ši thay %i theo tr s octane.

d. Bougie v c ch ch n lŠa bougie

Bougie %o ng vai tr t quan tr ng trong h t %šng c, a %šng c. • l n — i x t hi, n tia l a ban %u %o t ch y kh OE, v zy, n Šnh đng tr Šc tiff %o f n c ng s u t c, a %šng c đng ti o hao nh i n l i u c ng nh t %š • nh i m c, a kh OE th Ši. Do %oi, n c šc bougie %žt trong bu ng %đun ki, n l m vi, c c, a n r t kh c nghi, t: nhi, t %š c k ch y c th r đ %f n 25 00 v < p s u t % t 50 k g . Ngo i ra bougie c n ch s š thay %i %št ngšt v đ < p s u t l n nhi, t %š, c c dao šng c — kh OE, n m n ho c h c v %i n th f cao < p. Ch OE n h v zy, c c h h ng tr n %šng c — x ng th đg li • n quan f n bougie.

Hi, u %oi, n th f c n th i t %žt bougie %o c th ph t sinh tia l a tu... n theo %nh lu žt Pashen. Kh Š n ng x u t hi, n tia l a đ đ c c bougie c e hi, u %oi, n th f cao (kh %n h a) hay th p (đ %n h l a) ph t th u c p s u t trong xy lanh c e cu i qu c tr n h n @n, kh e d bougie v nhi, t %š c, a %oi, n c šc trung t... m c, a bougie. Ęp s u t trong xy lanh c ng cao th c ng kh %n h a. V zy, nh ng %šng e c t Ā s n @n cao đ đ đ i ph Ši s đ t m ng h, th ng %n h l a c %oi, n th f th c c p (c, a bobine) cao h — n. Ęu %o c ng c ng h kh i th bougie c e ngo th y x u t hi, n tia l a nh đng khi g n v o %šng e — ch t c b c l a. Khe h e c ng l y n th qu c tr n h ch y s t h — n nh đng c ng kh %n h a v mau m n %i n c šc. Trong t đ ng h p n o y, ta š nghe th y tiff ng Ę t m p b t m p đ đ đ khi l n ga cao v m c t l a. N f u khe h e nh p qu c, đ i n t OE ch tiff x c c, a tia l a v i h h OE OEt, l n Šgi c ng s u t %šng c (m y y f u), đ ng • nh i m v ti o hao nh i n l i u (v kh ng %t h f t). Khe h e qu c nh p c ng l m bougie đ b • Ę ch f t đ do mu š i than b r m %i n c šc. Khe h e ch p h p c a bougie ph t th u c hi, u %oi, n th f c šc %i c, a cu š n đ... y th c c p trong bol đne %o %đc th i t k f cho t ng lo i %šng e. V zy, ta ph Ši ch tnh khe h e theo th ng s c, a nh • ch f t o.

h"p ng" c l"i, bougie s^a b"m %y mu"i than khi xet hng xuy"n ch"y c" t" c %s th"p, d" g...y Ém"t l" (aÉ).

Ta c th" ph...n bit bougie n ng bougie lnh qua ch" s" nhi,t c,,a bougie. Ch" s" (%t" c ghi tr"n bougie) c"ng t"p h" bougie c"ng Én ngÉ v" t" c l"i.

L"i n"ng L"i lnh
 Hình 4.18: nKmg t"n nhi"t c"ça

+ C"ch %c th"ng s" tr"n bougie

Do k¹ hi,u tr"n c" c lo"i bougie kh" c nhau, trong khu"n kh" quy"n s"ch n"y, ch" gi"i thi,u c"ch %c đng ch' ghi tr"n bougie NGK (N"t) l" lo"i ph" bfn nh"t c"ça ta.

B	P	R	6	E	S	-	11
---	---	---	---	---	---	---	----

Ch' %y u t"n cho ta b"t %'ng k"Enh ren v"™ c gi" c:

C h"i	° Ýng k"nh	L" c gi" c
A	18mm	25.4mm
B	14mm	20.8mm
C	10mm	16.0mm
D	12mm	18mm

Ch' th" hai ch" %c %oi" r"ud" o ch,, yfu l"n quan %n h"nh đng c,,a %n c"çc trung t...m.

Ch' th" ba c th" c ho"ç kh"ng: Nfu c ch' R, b"n trong bougie c %t %n tr"e ch"ng nhi"u.

Ch' th" t " r"t quan tr"ng v"cho ta b"t ch" s" nhi,t c,,a bougie. "i v"i bougie NGK, ch" s" n"y thay %i t- 2 (n ng nh"t) %fn 12 (l"nh nh"t). Xe %ua th"ng s" d"™ng bougie c ch" s" nhi,t t- 9 tr"e l

Ch' th" n"m l" k¹ hi,u c,,a chi"u d"i ph"n ren:

K"y "iu	C h"Á u à d" s"m ren
Kh"ng c ch'	12.0mm %v"i %t"ng k"Enh ren 18mm
	9.5mm %v"i %t"ng k"Enh re 14mm
L	11.2mm
H	12.7mm
E	19.0mm
F (lo"i ren c"n)	A-F : 10.9mm
	B-F: 11.2mm
	BM-F: 7.8mm
	BE-F: 17.5mm

Chí th> s<u> ch† %oŽc %oi-m ch† t“o: lŠ“i th†ng; A hoŽc C- lo“i %oŽc bi,t; G, GP hoŽc GV- d«ng cho xe %oua c, %oŠc l•m b“ng kim lo“i hifm; P- c %ojn cŠc Platin.

Chí th> bŠy k' hi,u khe hoe bougie:

S	Khe hoe
9	0.9mm
11	1.1mm
13	1.3mm
15	1.5mm

+ Sift bougie

Th“ng th†ng, nfu ch±n %o-ng lo“i, mŽt ren %oYu c,,a bougie khi sift xong phŠi tr«ng v“i mŽt n,p m<y. Nfu chiŁu•dph±n ren qu< ng,n bŽc qu< di muĐi than Š b«m v“o g c t“o ra gi’a bougie v n,p m<y (xem h“nh, mui t“n ch† chĂ muĐi than b«m). Nfu chiŁu•dph±n ren l“n qu<, %o†nh piston c th- ch“m v %ođh cŠc bougie.

SAI ÚNG SAI

Hình 4.14: dhín bougie úng ch†

+ Tr• s• lŠc sift

Tr†Yc khi sift b“ng d™ng c™ vŽn tay cho %ofn khi th“y c“ng. MĐt s• xe c bougie Žt s...u, ta phŠi đ† %u n•i %o- %oŽt bougie. Nfu thŠ†i Š l•m chŽp %oYu %oi,n cŠc. Tr• s• lŠc sift c™đm %o<ngđ† 1. Nfu sift qu< l“ng, bougie Š b• n ng (đn %ofn ch<y s“m) do nhi,t tho< t“t. Sift qu< chŽt s• l h“ng ren cŠ c,,a bougie l-n n,p m<y. VvŽy, c±n tu...n theo bŠng tr• s• lŠc sift đ†Yi %o...y:

Lqi bougie	“Yng kí ren	N p máy	N p máy nhôm
Lqi th“ng (có v“o đ†)	18mm	35-45N.m	35-40N.m
	14mm	25-35N.m	25-30N.m
	12mm	15-25N.m	15-20N.m
	10mm	10-15N.m	10-12N.m
	8mm	8-10N.m	8-10N.m
Lqi côn (không v“o đ†)	18mm	20-30N.m	20-30N.m
	14mm	15-25N.m	10-20N.m

Sau khi sift %o-ng tr• s• theo bŠng tr• s• lŠc v“i bougie lo“i th†ng, n“n quay đ†n sift th•m mĐt g c 18“ofu bougie m“i s† d™ng l“n %oYu 4, 5, nfu bougie s† d™ng l“i. Trong tr†ng h“p bougie c“n, g c quay th•m l• 22“o 5

4.3. CH th“ng ánh lía bán đ«n

4.3.1. ÚM s“n cŁm bi¿n trong hČ th“ng H T n L C lía í bán đ«n

Thông thường, trong hệ thống phân phối ta thường dùng các máy biến Hall, các máy biến điện áp, các máy biến quang, các máy biến tần, trong đó, ba loại các máy biến điện áp phân phối là phổ biến nhất. Các loại các máy biến phân phối cũng có thể được dùng trong các hệ thống phân phối theo chế độ truyền tải công suất ở phía sau. Ngoài công dụng phân phối điện áp, các máy biến phân phối cũng có thể dùng để đo lường sự quay của trục, vận tốc chuyển động, thời gian chuyển động, và kim phun.

Trong phần này chúng ta sẽ phân tích một số loại máy biến phân phối.

4.3. Máy biến điện áp phân phối

Hình 4.15 Máy biến điện áp phân phối loại nam châm điện

Các máy biến điện áp trong đó bao gồm một rotor có các răng các máy biến phân phối và một lõi thép xung quanh các răng của nó. Các răng của các máy biến rotor và lõi thép của nó là của delco. Khi rotor quay, các răng các máy biến sẽ làm thay đổi từ trường của nó. Khi rotor quay, các răng các máy biến của rotor sẽ làm thay đổi từ trường của nó. Khi rotor quay, các răng các máy biến của rotor sẽ làm thay đổi từ trường của nó.

Khi rotor vận chuyển hình 4.16 ở vị trí chuyển động các máy biến bên ngoài các răng các máy biến của rotor từ từ thay đổi từ trường của nó. Khi rotor vận chuyển qua các răng của nó thì từ trường của nó sẽ thay đổi từ từ (hình 4.16.b).

$$e = k \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Trong đó :

k: hệ số cảm ứng từ của lõi thép và khe hở giữa các răng của rotor.

$d\Phi$: sự thay đổi từ thông trong các răng.

n: số vòng dây quấn của rotor.

$\frac{d\Phi}{dt}$: tốc độ thay đổi từ thông trong các răng.

Khi các răng các máy biến của rotor vận chuyển qua các răng các máy biến bên ngoài thì từ trường của nó sẽ thay đổi từ từ (hình 4.16).

Khi rotor vận chuyển qua các răng các máy biến bên ngoài thì từ trường của nó sẽ thay đổi từ từ (hình 5.29d). Sự thay đổi từ trường của nó sẽ gây ra dòng điện cảm ứng trong các máy biến phân phối (hình 5.29d).

điện áp sinh ra ở hai đầu dây cuộn cảm biến phụ thuộc vào số vòng dây, số vòng dây càng nhiều thì điện áp sinh ra càng cao.

Để chế tạo lõi thép, số vòng dây phụ thuộc vào công suất, 5 MVA số vòng dây cao hơn 10 lần so với chế tạo 1 MVA.

Hình 4.16 mô tả quá trình biến thiên của từ thông trong lõi thép và xung điện áp ở hai đầu dây cuộn cảm biến. Chiều ngược chiều, xung điện áp sinh ra.

Cảm biến dòng điện loại nam châm có nguyên lý như sau: đặt lõi thép, xung điện áp ở hai đầu dây cuộn cảm biến sinh ra sai lệch từ trường. Tuy nhiên, xung điện áp ở hai đầu dây cuộn cảm biến sinh ra igniter phụ thuộc dòng transistor có số vòng dây cho dòng điện.

Hình 4. Nguyên lý của cảm biến dòng điện loại nam châm quay

Hình 4.7: Cỗ máy biến áp nam châm; 22. Lò biến áp

1. Rotor nam châm; 23. Lò biến áp

• i vÿi lo'i n•y, nam ch...m t•n rotor, c•n cu•n d...y c•m bifn t•n qu•n quanh m•t•i th•p v• e•n•n t•n v• delco. Khi nam ch...m quay, t• tr•ng xuy•n qua cu•n d...y bifn t•i t•o n•n m•t s•c %oi,n %o•ng sinh ra trong cu•n d...y. Do t•ng qua cu•n d...y %o•i d•n s•c %oi,n %o•ng sinh ra trong cu•n d...y l•n. i chf %o•s c•m ch•ng, t•En hi,u %oi,n c•p ra k•o•ng %o•i c•p d•ng nh•t tr•n h•nh 4.17.

Do t•En %oi,n c•p c• chf %o•s khoei %o•ng•n•n d•ng cho l•o n•y t•t b• nhi•u. Tuy nhi•n, xung t•En %oi,n c•p kh•ng nh•n m•n khi t•ng t•c %o•s %o•ng c•, t•n %oi,n %o•n h•a s• thay %o•i.

4.3.3 Lò biến quang

C•m bifn quang bao g•m hai lo'i, kh•c nhau ch•, yfu c• ph•n t• c•m quang:

- Lo'i s• d•m•t c•p E D photo transistor

- Lo'i s• d•m•t c•p L E D photo diode

Ph•n t• ph•t quang (LED lighting emission) c•m quang (photo transistor và photo diode) t•c %o•t trong delco v• tr•t•ng nh•t h•nh 4.18. Áa c•m bifn t•g,n v•o tr•m c•,a delco v• s• r•nh t•ng vÿi s• xylanh %o•ng•e.

•i -m %o•t c•,a hai lo'i ph•n t• c•m quang, khi c• d•ng c•nh s•ng chifu v•o, n s• tr•e m•n d-n %oi,n v• ng•c l•i, khi kh•ng c• d•ng c•nh s•ng, n s• kh•ng d-n %oi,n. •s d-n %oi,n c•,a ch•ng ph•m thu•c t•ng %o•s đ•ng c•nh s•ng.

Hình 4 Nguyên lý Q à m ÷ m ÷ b i ÷ n q u a n g
 Khi ÷ a c ÷ m ÷ b i f n q u a y ÷ n g ÷ n h s ÷ n g p h ÷ t r a ÷ LED s ÷ a b ÷ n g t q ÷ n g
 l ÷ m p h ÷ n t ÷ c ÷ m ÷ q u a n g d ÷ n n g t ÷ h i t ÷ m c, t ÷ o r a c ÷ c x u n g v u ÷ n g ÷ d i g l ÷ m t ÷ e n
 h i, u ÷ o i ÷ u k h i ÷ n ÷ o ÷ n h l ÷ a.

H ÷ n h 4 S i ÷ 9 0 m i c h i ÷ n b ÷ a c ÷ u a n g
 H ÷ n h 4.19 l ÷ s ÷ m ÷ c h c, a m ÷ t l o ÷ i c ÷ m ÷ b i f n q u a n g. C ÷ m ÷ b i f n b a o g i m
 b a ÷ u d ÷ ÷ y: m ÷ t ÷ o ÷ u ÷ c h g (V_c), m ÷ t ÷ o ÷ u ÷ t ÷ e n h i, V_o(t) v ÷ m ÷ t ÷ o ÷ u ÷ m a s s. K h i
 ÷ a c ÷ m ÷ b i f n c h ÷ n ÷ n h s ÷ n g t ÷ LED q u a p h o t o d i o d e ÷ k h ÷ n g d ÷ n, ÷ o i, n ÷ p
 t ÷ i n g ÷ v ÷ o (+) ÷ t h ÷ p h ÷ n ÷ o i ÷ p s o s ÷ n h U_s ÷ n g v ÷ o (-) t r ÷ n O p - A m p A n ÷ n
 n g ÷ r a ÷ a O p - A m p A ÷ e m ÷ c t h ÷ p ÷ m t r a n s i s t o r T n g t, t ÷ c V_{o u} ÷ o a n g ÷ e m ÷ c
 c a o. K h i c ÷ n h s ÷ n g c h ÷ u v ÷ o D₂, ÷ d ÷ n, ÷ o i, n ÷ p ÷ e n g v ÷ o (+) s ÷ l ÷ y n h ÷ n
 ÷ o ÷ n ÷ p s o s ÷ n h U_s v ÷ o ÷ o ÷ n ÷ p n g ÷ r a ÷ a O p - A m p A ÷ e m ÷ c c a o ÷ m t r a n s i s t o r T
 d ÷ n, V_{o u} ÷ ÷ p t ÷ c c h u y ÷ n s a n g m ÷ c t h ÷ p. ÷ ÷ ÷ y c h ÷ e n h i l ÷ o i ÷ m ÷ o ÷ n h l ÷ a. X u n g
 ÷ o ÷ n ÷ p t ÷ i V_{o u} ÷ a l ÷ x u n g v u ÷ n g q u a i g n i t e r ÷ u k h i ÷ n t r a n s i s t o r c ÷ n g s u ÷ t. D o
 t ÷ e n ÷ u r a l ÷ x u n g v u ÷ n g n ÷ n t h i ÷ o i ÷ m ÷ o ÷ n h l ÷ a k h ÷ n g b ÷ ÷ ÷ n g k h i t h a y
 ÷ ÷ s ÷ v ÷ n g q u a y ÷ a t r ÷ m c k h u ÷ ÷ ÷ ÷ o ÷ ÷ n g ÷ c

4.3.4 Lực từ trong Hall

Các hiệu ứng Hall được mô tả như sau:

a. Hiệu ứng Hall

Một tấm bán dẫn có chiều dài \$L\$ và bề rộng \$a\$ được đặt trong từ trường \$\vec{B}\$ sao cho vectơ vận tốc trôi \$v\$ của các hạt tải điện song song với trục \$x\$. Khi đó, các hạt tải điện bị lệch do tác dụng của lực Lorentz, tạo ra một điện trường Hall \$\vec{E}_H\$ vuông góc với trục \$x\$. Khi cân bằng, lực Lorentz cân bằng với lực điện trường Hall.

Hình 4.20: Hiệu ứng Hall

Nếu vectơ vận tốc trôi \$v\$ và vectơ từ trường \$\vec{B}\$ tạo thành một góc \$\theta\$ thì:

$$F_L = q \cdot B \cdot v \sin \theta$$

Trong đó \$q\$ là điện tích của hạt tải điện.

Như vậy, để có dòng điện chạy qua hai đầu của tấm bán dẫn, cần phải có một điện trường \$E\$ song song với trục \$x\$. Sự xuất hiện của điện trường Hall là do các hạt tải điện bị lệch bởi lực Lorentz.

$$F_c = q \cdot E$$

Khi trạng thái cân bằng được thiết lập, các hạt tải điện không còn bị lệch nữa, và ta có:

Khi cân bằng thì ta có:

$$F_L = F_c$$

$$q \cdot B \cdot v \sin \theta = q \cdot E$$

$$E = B \cdot v \sin \theta$$

$$\frac{U_H}{a} = B \cdot v \sin \theta$$

$$\frac{\partial U_H}{\partial x} = B \cdot v \sin \theta \quad (4.10)$$

Từ phương trình (4.10) ta có:

$$I_v = j \cdot S$$

$$I_v = q \cdot n \cdot v \cdot a \cdot d$$

$$\frac{\partial U_H}{\partial x} = \frac{I_v}{q \cdot n \cdot a \cdot d} \quad (4.11)$$

Trong đó:

\$j\$: mật độ dòng điện.

\$dr\$: chiều dài của tấm bán dẫn.

\$d\$: bề dày của tấm bán dẫn.

\$a\$: chiều rộng của tấm bán dẫn.

Thế (5.25) vào (5.24) ta có:

$$U_H \approx \frac{B \cdot I_v}{q \cdot d \cdot r}$$

• i, n thf U_H chf v_o khoSng vi tr_am m.VNfu đng %_on I_v %_otc gi' kh_ong %_oi th_~ khi thay%_oi t- tr_~ng B %_on thf U_H s^a thay %_o"i. S_~ thay %_o"i t- tr_~ng l_om thay %_ob %_oi, n thf U_H t_o ra c_~c xung %_oi, n < p %_oc > ng dTMng trong cS_~m bifn Hall. Hi, n t_~ng v-a tr_~nh b_oy tr_on %_otc g_±i l_o hi, u > ng Hall (l_o t_on c, a ng_~'i %_o@ kh_~m ph_~ ra h_~n t_~ng n_oy).

b. C_~S_~m bifn Hall

Do %_on < p U_H r_ot nh³ r_on trong th_~c tf, %_o- %_oi_~u khi- n %_o<nh I_~fa tag ph_~Si khufch %_o"i_ox_~ l_~ t_oEn hi, u t_~Yc khi %_ota f_~o Igniter. H_~nh 4.21 l_o s- %_o c_ou t_o c, a delco c l_~p c_~S_~m bifn Hall. C_~S_~m bifn Hall %_o %_oŽt trong đ_oc g_~m m_~t rotor b_ong th_~@p c c_~c c_~nh ch_~n v_oc_~c c_~fa s^a c_~ch %_ou nhau g_~, r_otr trTMc c, a delco. S_o c_~nh ch_~n s_~t- ngng v_~Yi s_o xylanh c, a %_ošng-e. Khi rotor quay, c_~c c_~nh ch_~n s^a l_~yn t_~t xen v_o khe h_oe gi'a nam ch... m IC Hall.

H_~nh 4.22 C_ou t_~id c_ou v_o c_~m bifn Hall

• - kh_~So s_~t ho_~t %_ošng c, a c_~S_~m bifn Hall, ta x_~@t hai v_~tr_o c_~, a rotor > ng v_~Yi khe h_oe IC Hall (h_~nh 4.22). Khi c_~nh ch_~n ra kh_~3i khe h_oe gi'a IC Hall v_o nam ch... m, tr_~ng s^a xuy_on qua khe h_oe t_~c dTMng IC Hall l_om xu_ot hi, n %_on < p %_oi_~u khi- n transist_or, l_om cho T_r d- n. K_~ft qu_~S_~ t_~ron %_o t_~ng d... y t_oEn h_~i (c_~šc C), %_oi, p < p s^a gi_~S_~m xu_ong ch_~nc 1 (h_~nh 4.19). Khi c_~nh ch_~n %_oi v_o khe h_oe gi'a nam ch... m v_o IC Hall (h_~nh 4.22) tr_~ng b_o c_~nh ch_~n b_ong th_~@p kh_~@p k_oEn, kh_~ng %_ošng l_on IC Hall, t_oEn h_~i %_oi, n < p t- IC Hall m_ot đ_om transistor T_r ng, t. T_oEn hi, u %_oi, n < p ra l_o c_~ng b_ong %_oi, n < p t- igniter n_oi v_~Yi ng ra c, a c_~S_~m bifn Hall.

Nh_~t v_~zy, khi l_om vi, c, c_~S_~m bifn Hall s^a t_o ra m_~t xung vu_ong h_~ t_oEn hi, u %_o<nh I_~fa. B_~đ r_ong c, a c_~nh ch_~n x_~c %_onh g_~ c_~ng %_oi, n (Dwell Angle) (h_~nh 4.22). Do xung %_oi khi- n đ_o xung vu_ong n_on t_~c %_oš %_ošng-e kh_ong S_~nh h_~đ_ong %_of n th_~'i %_oi- m %_o<nh I_~fa.

H, thông số của linh kiện bán dẫn có thể được xác định khi nhìn vào các thông số kỹ thuật. Tuy nhiên, các tài liệu về các linh kiện bán dẫn này có thể được tìm thấy trong các tài liệu kỹ thuật.

Hình 4.23 trình bày một số ví dụ về các linh kiện bán dẫn có thể được tìm thấy trong các tài liệu kỹ thuật.

Hình 4.23 Sơ đồ mạch chỉnh lưu bán dẫn có cuộn cảm. Các thông số của cuộn cảm và transistor được đưa ra trong bảng. Do các transistor có các thông số khác nhau, nên cần phải chú ý đến các thông số của transistor khi chọn linh kiện.

Nguyễn Văn Khoa biên soạn

Khi công suất của cuộn cảm và transistor được xác định, cần phải chú ý đến các thông số của cuộn cảm và transistor. Khi các thông số của cuộn cảm và transistor được xác định, cần phải chú ý đến các thông số của cuộn cảm và transistor.

Để xác định các thông số của cuộn cảm và transistor, cần phải chú ý đến các thông số của cuộn cảm và transistor. Khi các thông số của cuộn cảm và transistor được xác định, cần phải chú ý đến các thông số của cuộn cảm và transistor.

Số lượng các thông số của cuộn cảm và transistor được đưa ra trong các tài liệu kỹ thuật. Khi các thông số của cuộn cảm và transistor được xác định, cần phải chú ý đến các thông số của cuộn cảm và transistor.

Trong các tài liệu kỹ thuật, các thông số của cuộn cảm và transistor được đưa ra trong các tài liệu kỹ thuật. Khi các thông số của cuộn cảm và transistor được xác định, cần phải chú ý đến các thông số của cuộn cảm và transistor.

Hình 4: Sơ đồ hệ thống ánh sáng Moctarola.

S— phần 425 bao gồm mắt hổ phần, trapezoid 7, igniter TK 102, bobine B114 và bộ chia phần.

Hình 4: Sơ đồ hệ thống ánh sáng TK 102 Nguyên lý của nó

Bắt đầu từ máy IGS, với các cuộn dây của igniter qua R_1 và R_2 và transistor ở trạng thái khập khiễng, trong cuộn dây của động cơ. Khi cuộn dây K của nam châm, xuất hiện ba dòng phần phần theo các nhánh sau:

- Dòng $I_0: \ddot{A} (+) \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_4 \rightarrow R_5 \rightarrow R_6 \rightarrow R_7 \rightarrow R_8 \rightarrow R_9 \rightarrow R_{10} \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{12} \rightarrow R_{13} \rightarrow R_{14} \rightarrow R_{15} \rightarrow R_{16} \rightarrow R_{17} \rightarrow R_{18} \rightarrow R_{19} \rightarrow R_{20} \rightarrow R_{21} \rightarrow R_{22} \rightarrow R_{23} \rightarrow R_{24} \rightarrow R_{25} \rightarrow R_{26} \rightarrow R_{27} \rightarrow R_{28} \rightarrow R_{29} \rightarrow R_{30} \rightarrow R_{31} \rightarrow R_{32} \rightarrow R_{33} \rightarrow R_{34} \rightarrow R_{35} \rightarrow R_{36} \rightarrow R_{37} \rightarrow R_{38} \rightarrow R_{39} \rightarrow R_{40} \rightarrow R_{41} \rightarrow R_{42} \rightarrow R_{43} \rightarrow R_{44} \rightarrow R_{45} \rightarrow R_{46} \rightarrow R_{47} \rightarrow R_{48} \rightarrow R_{49} \rightarrow R_{50} \rightarrow R_{51} \rightarrow R_{52} \rightarrow R_{53} \rightarrow R_{54} \rightarrow R_{55} \rightarrow R_{56} \rightarrow R_{57} \rightarrow R_{58} \rightarrow R_{59} \rightarrow R_{60} \rightarrow R_{61} \rightarrow R_{62} \rightarrow R_{63} \rightarrow R_{64} \rightarrow R_{65} \rightarrow R_{66} \rightarrow R_{67} \rightarrow R_{68} \rightarrow R_{69} \rightarrow R_{70} \rightarrow R_{71} \rightarrow R_{72} \rightarrow R_{73} \rightarrow R_{74} \rightarrow R_{75} \rightarrow R_{76} \rightarrow R_{77} \rightarrow R_{78} \rightarrow R_{79} \rightarrow R_{80} \rightarrow R_{81} \rightarrow R_{82} \rightarrow R_{83} \rightarrow R_{84} \rightarrow R_{85} \rightarrow R_{86} \rightarrow R_{87} \rightarrow R_{88} \rightarrow R_{89} \rightarrow R_{90} \rightarrow R_{91} \rightarrow R_{92} \rightarrow R_{93} \rightarrow R_{94} \rightarrow R_{95} \rightarrow R_{96} \rightarrow R_{97} \rightarrow R_{98} \rightarrow R_{99} \rightarrow R_{100}$ mass.

- Dòng $I_1: \ddot{A} (+) \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_4 \rightarrow R_5 \rightarrow R_6 \rightarrow R_7 \rightarrow R_8 \rightarrow R_9 \rightarrow R_{10} \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{12} \rightarrow R_{13} \rightarrow R_{14} \rightarrow R_{15} \rightarrow R_{16} \rightarrow R_{17} \rightarrow R_{18} \rightarrow R_{19} \rightarrow R_{20} \rightarrow R_{21} \rightarrow R_{22} \rightarrow R_{23} \rightarrow R_{24} \rightarrow R_{25} \rightarrow R_{26} \rightarrow R_{27} \rightarrow R_{28} \rightarrow R_{29} \rightarrow R_{30} \rightarrow R_{31} \rightarrow R_{32} \rightarrow R_{33} \rightarrow R_{34} \rightarrow R_{35} \rightarrow R_{36} \rightarrow R_{37} \rightarrow R_{38} \rightarrow R_{39} \rightarrow R_{40} \rightarrow R_{41} \rightarrow R_{42} \rightarrow R_{43} \rightarrow R_{44} \rightarrow R_{45} \rightarrow R_{46} \rightarrow R_{47} \rightarrow R_{48} \rightarrow R_{49} \rightarrow R_{50} \rightarrow R_{51} \rightarrow R_{52} \rightarrow R_{53} \rightarrow R_{54} \rightarrow R_{55} \rightarrow R_{56} \rightarrow R_{57} \rightarrow R_{58} \rightarrow R_{59} \rightarrow R_{60} \rightarrow R_{61} \rightarrow R_{62} \rightarrow R_{63} \rightarrow R_{64} \rightarrow R_{65} \rightarrow R_{66} \rightarrow R_{67} \rightarrow R_{68} \rightarrow R_{69} \rightarrow R_{70} \rightarrow R_{71} \rightarrow R_{72} \rightarrow R_{73} \rightarrow R_{74} \rightarrow R_{75} \rightarrow R_{76} \rightarrow R_{77} \rightarrow R_{78} \rightarrow R_{79} \rightarrow R_{80} \rightarrow R_{81} \rightarrow R_{82} \rightarrow R_{83} \rightarrow R_{84} \rightarrow R_{85} \rightarrow R_{86} \rightarrow R_{87} \rightarrow R_{88} \rightarrow R_{89} \rightarrow R_{90} \rightarrow R_{91} \rightarrow R_{92} \rightarrow R_{93} \rightarrow R_{94} \rightarrow R_{95} \rightarrow R_{96} \rightarrow R_{97} \rightarrow R_{98} \rightarrow R_{99} \rightarrow R_{100}$ mass

- Dòng $I_2: \ddot{A} (+) \rightarrow R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_4 \rightarrow R_5 \rightarrow R_6 \rightarrow R_7 \rightarrow R_8 \rightarrow R_9 \rightarrow R_{10} \rightarrow R_{11} \rightarrow R_{12} \rightarrow R_{13} \rightarrow R_{14} \rightarrow R_{15} \rightarrow R_{16} \rightarrow R_{17} \rightarrow R_{18} \rightarrow R_{19} \rightarrow R_{20} \rightarrow R_{21} \rightarrow R_{22} \rightarrow R_{23} \rightarrow R_{24} \rightarrow R_{25} \rightarrow R_{26} \rightarrow R_{27} \rightarrow R_{28} \rightarrow R_{29} \rightarrow R_{30} \rightarrow R_{31} \rightarrow R_{32} \rightarrow R_{33} \rightarrow R_{34} \rightarrow R_{35} \rightarrow R_{36} \rightarrow R_{37} \rightarrow R_{38} \rightarrow R_{39} \rightarrow R_{40} \rightarrow R_{41} \rightarrow R_{42} \rightarrow R_{43} \rightarrow R_{44} \rightarrow R_{45} \rightarrow R_{46} \rightarrow R_{47} \rightarrow R_{48} \rightarrow R_{49} \rightarrow R_{50} \rightarrow R_{51} \rightarrow R_{52} \rightarrow R_{53} \rightarrow R_{54} \rightarrow R_{55} \rightarrow R_{56} \rightarrow R_{57} \rightarrow R_{58} \rightarrow R_{59} \rightarrow R_{60} \rightarrow R_{61} \rightarrow R_{62} \rightarrow R_{63} \rightarrow R_{64} \rightarrow R_{65} \rightarrow R_{66} \rightarrow R_{67} \rightarrow R_{68} \rightarrow R_{69} \rightarrow R_{70} \rightarrow R_{71} \rightarrow R_{72} \rightarrow R_{73} \rightarrow R_{74} \rightarrow R_{75} \rightarrow R_{76} \rightarrow R_{77} \rightarrow R_{78} \rightarrow R_{79} \rightarrow R_{80} \rightarrow R_{81} \rightarrow R_{82} \rightarrow R_{83} \rightarrow R_{84} \rightarrow R_{85} \rightarrow R_{86} \rightarrow R_{87} \rightarrow R_{88} \rightarrow R_{89} \rightarrow R_{90} \rightarrow R_{91} \rightarrow R_{92} \rightarrow R_{93} \rightarrow R_{94} \rightarrow R_{95} \rightarrow R_{96} \rightarrow R_{97} \rightarrow R_{98} \rightarrow R_{99} \rightarrow R_{100}$ mass.

Dòng sẽ có I_1 thành $I_1 = I_a + I_b + I_c$

Sẽ tăng dần qua W_1 làm cảm ứng trên cuộn dây W_3 mất sự cảm ứng phần phần của chiều như hình vẽ, các dòng động học tiếp theo làm cho T_3 chuyển nhanh sang trạng thái d-n bão hòa. Dòng qua W_1 tăng, tăng hiện quá trình nạp năng lượng trên bobine. Trong hệ thống TK 102 các tín hiệu của cuộn dây W_4 như sự động phần phần của cảm ứng trên cuộn dây W_3 phần phần của transistor T.

Phần thời phần phần của, và ngược lại, dòng qua W_4 của biến áp xung biến đổi ngược cảm ứng trên cuộn dây W_3 mất sự cảm ứng phần phần của chiều như hình vẽ làm phần phần của mỗi $B E$, transistor T làm cho chuyển nhanh sang trạng thái khập khiễng. Dòng qua T biến đổi ngược cảm ứng trên cuộn dây...

W_2 mst $\%_{oi,n}$ thf cao goei $\%_{ofn}$ bš chia $\%_{oi,n}$. •jng th'i, **ky tron** W_1 cung xuot hi,n mst s>c $\%_{oi,n}$ $\%_{ošng}$ tš cŠm. S>c $\%_{oi,n}$ $\%_{ošng}$ tš cŠm m,c noi tifp v%_{is}>c $\%_{šng}$ c,,a accu s^a $\%_{žt}$ mst $\%_{oi,n}$ •p tram volt v•o gĩa cšc E v• C l-c n ch Ym $\%_{ng}$, c th ph ng th,,ng transistor. S>c $\%_{oi,n}$ $\%_{ošng}$ $\%_{o\ddot{t}c}$ džp t,t boei m'ch R_1 - \mathcal{G} Trong trng h"p d...y cao <p b• treo, s>c $\%_{oi,n}$ $\%_{ošng}$ tušn s— cp v†"t qu< 8 0, \mathcal{V} zerer D_1 s^a mœ $\%_{o\ddot{t}c}$ kh@p kOEn s>c $\%_{oi,n}$ $\%_{ošng}$ m bŠo v, transistor T .

T^{TM} C_1 c t'c dTMng bŠo v, m'ch chng c'c xung $\%_{oi,n}$ <p cao lan truyEn tron $\%_{o\ddot{t}c}$ d...y.

So v'yi h, thng $\%_{o\langle nh}$ l'la t'ng, h, thng $\%_{o\langle nh}$ l'la b'n d-n c tifp $\%_{oi-m}$ c nhiEu tu $\%_{oim}$, $\%_{žc}$ bi,t $\%_{šm}$ bŠo t'c tia l'la $\%_{oi,n}$ c n'ng t'ng l'yn œ t'c $\%_{oš}$ cao. Tuy nhin, do đ'ng qua vOEt qu< khng th- xŠy ra qu< t'nh š l'om s'ch n'n phŠi t'ng xuy'n ch<i vOEt'og x'ng. Sš m' m'n c— h c c,,a vOEt cung mšt nh†'c $\%_{oi-m}$ c,,a lo'i h, thng $\%_{o\langle nh}$ l'la y.

4.3.2. H₃ th Ñ ng á n h lí à n b'ám d'k' m d'k' n d'rt ã n a i n c c h'ám g'ê n

H, thng $\%_{o\langle nh}$ l'la b'n d-n s' dTMng cŠm bifn $\%_{oi,n}$ t'c s' dTMng ph" bifn tron c'c lo'i xe •t• v ~ n c c'ou t'io kh< $\%_{o-n}$ šn, d' chf t'io vOEt h†'ng. N $\%_{o\ddot{t}c}$ s' dTMng ch,, yfu•m c'c xe Nhžt. S— $\%_{m'ch}$ $\%_{oi,n}$ lo'i m'y $\%_{o\ddot{t}c}$ tr'nh b'oy tron h'nh 4.26

Hình 4 H₃ th Ñ ng á n h lí à n b'ám d'k' n d'rt ã n a i n c c h'ám g'ê n
 l'qi nam ch'ám ê r' (h l' Q N D A)

Khi cušn d...y cŠm bifn khng c tOEn hi,u $\%_{oi,n}$ <p hožc $\%_{oi,n}$ <p ...m, transistor T_1 ng,t n•n T_2 ng,t, T_3 d-n cho đ'ng qua cušn s— cp v£ mass.

Khi r'ng ca rotor cŠm bifn t'fn l'i g'yn cša c,,a cušn d...y cŠm bifn cušn d...y xuot hi,n mst s>c $\%_{oi,n}$ $\%_{ošng}$ xoay chiEu, n'la b'n k' d'ng c'ng y' $\%_{oi,n}$ <p $\%_{m}$ tron $\%_{o\langle n}$ troe R_2 s^a kOech cho transistor d-n, T_2 d-n theo v• T_3 s^a ng,t. Đ'ng qua cušn s— cp œ bobine b• ng,t $\%_{ošt}$ ngšt t'io mst s>c $\%_{oi,n}$ $\%_{ošng}$ cŠm >ng l'om cušn th' c'p mst $\%_{oi,n}$ <p cao v• $\%_{o\ddot{t}c}$ $\%_{t'a}$ $\%_{fn}$ bš chia $\%_{oi,n}$.

4.3.4 H₃ th Ñ ng á n h lí à n b'ám d'k' m d'k' n d'rt ã n lo'i n'ám ch'ám
 1 S i ó n g'ân lí

Hình 4.2.1. Ó cεm biç n ánh lián bεm b kçnn d
iç n tē loji nam chām quay

2 Nguyēn tly ùmog cça hç thñng ánh lía

Transitor T_4 c nhi,m v^{TM} %o ng ng,t^dg %qñ s— çp c,,a bobine. Cçc transitor T_1, T_2, T_3 c nhi,m v^{TM} khufch %o'i cçwçg cça cšm bifn %o<nh lçã, v bi•n %š %oi,n çp c,,a n kh•ng %o,, %o~ %oiçu khi~n tršc T_4 p

Khi bžt c•ng tç mçy v• rotor cça cšm bifn kh•ng quay th T_1 khoç v~ %qñ thf œ hai cšc $E \cdot v$ çc B b•ng nhau ($U_b = \dots$). Khi %o %qñ thf œ cšc B c,,a T_2 cao h—n, %o thf œ cšc E, t•ol $U_{e,b} > \dots$, th•n xuçt hi,n d•ng %qñ %oiçu khi~n:
(+) $A \cdot c \cdot u \cdot K - \rightarrow R - \rightarrow D - \rightarrow R - \rightarrow \tilde{A} \cdot m - \rightarrow D - \rightarrow \tilde{c} \cdot g \cdot \tilde{N} \cdot \epsilon - \rightarrow T \cdot R - \rightarrow R_9 - \rightarrow \dots$
(-) $A \cdot c \cdot c \cdot u \cdot v \cdot z \cdot y \cdot T_2 \cdot m \cdot e \cdot m \cdot c \cdot h \cdot o \cdot T_3 \cdot m \cdot e \cdot ; \dots$ %oing th'i xuçt hi,n d•ng %qñ %oiçu khi~n T_4 ch'y qua cšc CE c,,a T_3 kçh cho T_4 mœ. Khi T_4 d-n, %oi,n trœ c,,a n rçt nh³, do %o hçu th•n bš d•ng %qñ s— çp c,,a bobine s^a qua T_4 theo m'ch: (+) $A \cdot c \cdot c \cdot u \cdot K - \rightarrow c \cdot u \cdot n \cdot j \cdot s \cdot p \cdot b \cdot o \cdot b \cdot i \cdot n \cdot e \cdot D - \rightarrow t \cdot j \cdot p \cdot g \cdot i \cdot á \cdot p \cdot p \cdot h \cdot ó \cdot á \cdot t \cdot c \cdot ç \cdot a \cdot F - \rightarrow \dots$
(-) $A \cdot c \cdot D \cdot u \cdot g \cdot %qñ \cdot s - \rightarrow \dots$ çp t'õ m n t— th•ng trong bi thçp cça bobine.

Khi rotor cšm bifn quay, trong cušn d...y c,,a n phçt ra nh'ng xung %oi,n xoay chçu. Nçã xung th—ng ãst'õ n•n d•ng %qñ %oiçu khi~n transitor, thçt sau: tē cu ùn dâ y $\epsilon \cdot \tilde{D} - \rightarrow \dots$ tçp giáp çc $F - \rightarrow \dots$ $A \cdot c \cdot u \cdot T_1 \cdot m \cdot e$. Khi T_1 mœ, %oi~ racoi nhçt %oçt n•i vÿi (-) c ç wÿ%š sTM t çp t n T_1 l-c n•y kh•ng %o<ng k. Khi %o cšc B c,,a T_2 %oçt n•i vÿi %oi,n thf ...m qua T_3 khifn T_2 khoç, %qng th'i T_3, T_4 çung khoç theo m d•ng %qñ s— çp c,,a bobine b• tri,t ti•u nhanh ch ng, th tÿi sš bifn th•n t— th•ng v• sinh ra sc %oi,n %ošng lÿn (%ofr 0) kçkçng cušn d...y th çp c,,a bobine. Xung %oi,n cao çp tr•o n•n tia lçã %oi,n œ bougie %o~ %o•t ch'y h'An h"p n" trong xylanh %ošng c

4.3.2.5 thñng ánh lía bán d«n sí dçmç biçm biçln) bán

1 S Ó n ç u yççiter cça h, th•ng bao gçm 6 %oçu d...y, mšt %oçu n•i mass, ba %oçu n•i vÿi cšm bifn Hall, mšt %oçu nç d•ng sau c•ngçt chçnh (IGSW) v mšt %oçu n•i vÿi ...m bobine. Sçm'ch %oi,n v• %p th• bi~u d•n sš t—ng quan gi'a tçnh hiç xung %qñ çp c,,a cšm bifn Hall v sš tçng tççng c,,a ðng s— çp qua bobine %çt tr'nh b•y tr•n h'nh 4.28

Hình 4.3.2 Nguyên lý hoạt động của mạch khởi động bằng đèn neon

Khi bắt công tắc máy, mạch điện sau công tắc IGSW được tích tụ hai nhành, một nhành qua điện trở phân áp của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 một nhành qua diode D_1 cấp cho igniter và cảm biến Hall. Nhờ R_4 , D_2 cấp cho cảm biến Hall luôn "nóng". Khi có dòng điện đi qua cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 thì diode D_1 sẽ dẫn, IC Hall trong cuộn cảm sẽ có dòng điện đi qua, cuộn cảm sẽ có từ trường và từ trường này sẽ cảm ứng dòng điện trong cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 khi cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 có dòng điện đi qua.

Khi cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 có dòng điện đi qua, từ trường của cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 sẽ cảm ứng dòng điện trong cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 theo chiều ngược lại. Dòng điện này sẽ đi qua cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 và đi qua cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 theo chiều ngược lại. Dòng điện này sẽ đi qua cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 và đi qua cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 theo chiều ngược lại.

Trong mạch này, cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 sẽ cảm ứng dòng điện trong cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 theo chiều ngược lại. Dòng điện này sẽ đi qua cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 và đi qua cuộn cảm của tụ điện và cuộn cảm của transistor T_3 theo chiều ngược lại.

4.3.2 Nguyên lý hoạt động của mạch khởi động bằng đèn neon

Hình 4.29. Hình ảnh lía côm biến quan
 Hình 4.29 trình bày một số hình ảnh, thông số của bộ biến áp khi-
 năng côm biến quang của Công ty M o t o r. Các biến quang được lắp đặt trong gelco
 phốt pho để bảo vệ khỏi tia lửa khi-
 năng.

Khi các biến quang được lắp đặt trong LED D₁ sang photo transistor T₁
 khi-
 năng. Khi T₁ ngưng, các transistor T₂, T₃, T₄ ngưng, T₅ dẫn, cho dòng qua cuộn
 sơ cấp của máy biến áp. Khi các biến quang được lắp đặt trong LED D₁ sang photo transistor T₁
 dẫn, T₅ ngưng. Dòng sơ cấp của máy biến áp sẽ tạo ra một số dòng điện cảm ứng trong
 cuộn sơ cấp của máy biến áp và được chia sẻ cho các cuộn thứ cấp.

4.4. Cấu trúc ảnh lía icn dung

4.4.1. Các nguyên lý làm việc

H, thông số của bộ biến áp icn dung hiện nay đang được sử dụng trong xe
 thao, xe tua máy của các piston tam giác và trên xe máy. H, thông số của bộ biến áp
 icn dung có thể được chia làm hai loại: loại có cuộn sơ cấp và loại không có
 cuộn sơ cấp khi-
 năng hoặc có thể phân loại theo cách tạo ra dòng điện xoay chiều
 (CDI AC) và một chiều (CDI- DC)

• Đối với H, thông số của bộ biến áp icn dung, nguyên lý trong mạch sơ cấp của
 bobine được thể hiện như sau: dòng điện trong cuộn sơ cấp của C:

$$W_c \approx \frac{C U^2}{2}$$

Trong đó:

C là dung lượng của tụ điện icn dung;

U là điện áp trên tụ điện icn dung.

Thông thường, người ta chọn tụ điện icn dung C có giá trị nằm trong khoảng từ 0,5
 đến 10 μF theo yêu cầu của từng loại máy, nếu dung lượng của tụ điện icn dung
 quá cao sẽ không có lợi, thời gian nạp của tụ điện icn dung sẽ lâu. Nếu dung lượng của tụ
 điện icn dung quá thấp sẽ ảnh hưởng đến hiệu suất của bộ biến áp. Hiện nay, tụ điện icn dung
 thường có giá trị từ 0,5 đến 10 μF và được lắp đặt trong cuộn sơ cấp của bobine.

Quá trình tƣch luy năng ƣng trong tTM %oi,n ƣ thƣc hi,n ƣ d'ng xung %oñ li •n tTMc. Trong ƣng h"p năng ƣng tƣch luy ƣ d'ng xung tTM %oi,n %oƣc n"p bƣi c'c xung %oi,n mƣt chiƣu trong th'i giã ƣc l-c %oñnh Iƣa. Trong tr'ng h"p c'c l'i, năng ƣng tƣch luy trong tTM nh' nh'ng xung mƣt chiƣu bifn thi•n nh' ngu;n %oi,n mƣt chiƣu trong su•t th'i gian gi'a hai l'yn %oñnh Iƣa.

H'nh 4.30 tr'nh b' y mƣt s— %oñn ƣn c,,a h, th•ng %oñnh Iƣa %oi,n dung tron xe ƣn m' y.

H'nh 4: Sƣ Ó h ƣ th N'ng á n hê hí x ƣc ã m á t y i (ƣ D / S C R

Khi SCR ngt, tTM %oi,n C₁ s' n"p nh' ngu;n %oi,n N %oñ ch'nh ƣ qua diode D₁. Khi c tƣen ƣ %oñnh Iƣa t— cušn d...y %oiƣu khi—n K, SCR d-n, tTM C₁ %oi,n xŠ theo chiƣu m'p n (a) : (á) it ƣn đ ƣ S C đ m a đ ƣ W đ ƣ () tTM %oi,n C₁. SŠ bifn thi•n d'ng %oñ %ošt ngšt m cušn s— ƣp W₁ s' cŠm 'ng n cušn th' ƣp W₂ mƣt s'c %oi,n %ošng cao ƣ ƣ ƣ c'c bougie %oñnh Iƣa. Tuy nh' sau khi tTM %oi,n C₁ %oñ xŠ hft, do s'c %oi,n %ošng tŠ cŠm trong cušn W₁, tTM C₁ s' ƣc n"p theo chiƣu ng'c l'i . Nh' %oi,n ƣp ng'c (%oi,n ƣp tron tTM), SCR s' %oƣc %o ng l'i. Khi C₁ xŠ ng'c, D₂ c nhi,m vTM đžp t, t %oi,n ƣp ng'c bŠo v, cho SCR.

H'nh 4 H ƣ u i ƣ n ƣ n ƣ t ƣ r ƣ ng ã n gi ƣ n qua ƣ n i s ƣ p b o b i n / ƣ (S C R)

Trong tr'ng h"p m,c D₂ song song SCR, d'ng qua ƣn s— ƣp s' l, ch pha ƣ hi, u %oi,n thf m tTM. Hi, u %oi,n thf v'c ƣng %oš đng %oñ c d'ng dao %šng t, t đ'yn nfu th'i gian mƣe SCR l'yn—n th'i gian ph ng %oi,n. Trong ƣng h"p ng'c l'i, dao %ošng ƣng kft th-c v•o khoŠng t₁ đ, t (h'nh 4.31).

Tr•n mƣt s• m'ch, %oñ giŠm th'i gian n"p tTM ƣng m,c D₂ song song v' i cušn d...y s ƣp (h'nh 4.32)

Hình 4.32: Những ảnh hưởng của dòng điện ngược trong mạch chuyển mạch công suất của máy biến áp trong tTM của bộ biến đổi điện tử công suất. Hình ảnh minh họa các hiệu ứng như nhiễu điện từ, quá nhiệt, và các vấn đề khác liên quan đến dòng điện ngược trong các thiết bị bán dẫn.

Hình 4.33: Sơ đồ mạch điện của bộ biến đổi điện tử công suất sử dụng hai cuộn dây có từ tính liên kết qua lõi từ. Hình ảnh minh họa các thành phần như cuộn dây, lõi từ, và các linh kiện điện tử khác.

$$U_{2m} = U_c \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \cdot \delta$$

- U_c : Điện áp hiệu dụng của cuộn dây thứ cấp.
 - C_1 : Điện dung của cuộn dây thứ cấp.
 - C_2 : Điện dung của cuộn dây sơ cấp.
 - δ : Hệ số biến áp.
- Như vậy, điện áp hiệu dụng của cuộn dây sơ cấp phụ thuộc vào điện áp hiệu dụng của cuộn dây thứ cấp và hệ số biến áp.

Hình 4.34: Sơ đồ mạch điện của bộ biến đổi điện tử công suất sử dụng hai cuộn dây có từ tính liên kết qua lõi từ. Hình ảnh minh họa các thành phần như cuộn dây, lõi từ, và các linh kiện điện tử khác.

• Hình ảnh minh họa các ảnh hưởng của dòng điện ngược trong mạch chuyển mạch công suất của máy biến áp trong tTM của bộ biến đổi điện tử công suất. Hình ảnh minh họa các hiệu ứng như nhiễu điện từ, quá nhiệt, và các vấn đề khác liên quan đến dòng điện ngược trong các thiết bị bán dẫn.

4.4.2. Các thiết bị bán dẫn
 1. Sơ đồ mạch điện của bộ biến đổi điện tử công suất sử dụng hai cuộn dây có từ tính liên kết qua lõi từ.

S— i_{b} i_{c} s \uparrow d TM ng \uparrow xe Porche, Alfa-Romeo, Maserati (h \tilde{h} nh 4.35)
 V \ddot{y} i m TM c i_{c} t ung l ung i_{c} nh I \uparrow a (C \ddot{U} 2h), th ong i_{c} nh I \uparrow a i_{c} , n
 dung tron i_{c} ng \ddot{t} i ta trang b \cdot b \ddot{s} i_{c} i_{c} , n i_{c} tang i_{c} , n \langle p m \ddot{e} ch \rangle t— 1 2
 V D i_{c} 3 0 i_{c} 4 0 0 V D C

Nguy \cdot n l \uparrow l \cdot m vi ,c c,,a m \ddot{c} h i_{c} i_{c} , n nh sau:

Khi b \ddot{z} t c ong t \cdot c m \cdot y, qua c \ddot{y} u ph...n t h o \ddot{t} , R ong th f tron R ong t \cdot c t \cdot a
 i_{c} c \ddot{s} c B th ong qua W ong l \cdot m T ong b \cdot t i_{c} i_{c} u m oe . \hat{D} g qua T ong t ang c \ddot{s} m ong i_{c}
 W ong m \ddot{s} t s \cdot c i_{c} , n i_{c} i_{c} ng khi f ong d \cdot n b ong h \hat{a} l \cdot m t ang nhanh \hat{d} g qua W ong . Khi
 d \hat{g} qua W ong t \cdot gi \cdot tr \cdot b ong h \hat{a} , t \cdot i_{c} i_{c} b if n th in d \hat{g} gi \ddot{s} m c \ddot{s} m ong i_{c}
 m \ddot{s} t s \cdot c i_{c} i_{c} ng c chi \ddot{e} u ng \ddot{t} "c l \cdot i l \cdot m i_{c} ng T ong . Sau i_{c} qu \cdot t inh t ip t TM c
 i_{c} l \ddot{z} p l \cdot i.

S \ddot{s} thay i_{c} i_{c} ng qua W ong s \hat{a} c \ddot{s} m ong t in W ong m \ddot{s} t s \cdot c i_{c} , n i_{c} i_{c} ng d \hat{g} s ng
 vu \cdot ng c bi on i_{c} x op x t 4 0 0 v \cdot h \cdot p cho t TM Cqua diode D ong

Tr on c \cdot c h, th ong i_{c} nh I \uparrow a b ong v OEt , oe t \cdot c i_{c} t b ng x \ddot{s} y ra hi, n
 t \ddot{t} "ng rung v OEt th gi \ddot{s} m th i gian t OEt l uy n ang t. Trong s— i_{c} i_{c}
 m \ddot{c} h i_{c} , n t \uparrow c th \cdot ch ong rung v OEt r et hi, u qu \ddot{s} .

Hình 4.35: Hệ thống ánh lửa CDI điều khiển công rung BOSCH

Khi v OEt i_{c} ng \cdot ng qua R ong i_{c} l \cdot m T ong m oe . D ng c \ddot{s} c g p T ong i_{c} qua R ong v \cdot
 n \cdot p t TM C qua R ong ph...n s c ng \cdot ch c \ddot{s} c B-Ec,,a T ong l \cdot m n i_{c} ng.

Khi v OEt i_{c} , T ong i_{c} ng, t TM C ph ng i_{c} qua R ong v \cdot R ong v \cdot ph...n s c thu \ddot{z} n c \ddot{s} c
 B-Ec,,a T ong l \cdot m T ong d \cdot n. L \cdot c i_{c} , t TM C s ph ng i_{c} qua T ong v \cdot R ong R ong k OEt cho
 S C m oe v \cdot t TM C s ph ng i_{c} qua cu \ddot{s} n s \cdot c p v \cdot oe cu \ddot{s} n th \cdot c p c,,a bobine s \hat{a}
 xu et hi, n s \cdot c i_{c} , n i_{c} i_{c} ng cao th f .

N f u x \ddot{s} y ra hi, n t \ddot{t} "ng rung v OEt , t \cdot c l \ddot{z} p l \cdot i qu \cdot th m m oe v OEt do s \ddot{s} rung c,,a
 l \cdot xo l \cdot tron v OEt b \cdot a, T ong s \hat{a} m oe trong th i gian ng \cdot n t ang hi u i_{c} th f tron t TM
 C t i th i i_{c} m ry kh ong k op i_{c} t \cdot gi \cdot tr \cdot c th \cdot ph ng i_{c} qua R ong R ong do i_{c}
 SCR vn i_{c} ng v \cdot t TM C kh ng x \ddot{s} .

2. S— i_{c} , th ong i_{c} nh I \uparrow a CDI kh ong v OEt c b \ddot{s} i_{c} i_{c} s \uparrow d TM ng hai transistor

H \tilde{h} nh 4.36 tr \tilde{h} nh b \cdot y m \ddot{s} t s— i_{c} , th ong i_{c} nh I \uparrow a i_{c} i_{c} dung c b \ddot{s} i_{c} i_{c} i_{c}
 s \uparrow d TM ng hai transistor. Nguy \cdot n l \uparrow l \cdot m vi ,c c,,a h, th ong nh t \ddot{t} sau:

Khi b \ddot{z} t c ong t \cdot c m \cdot y, d \hat{g} i_{c} s \hat{a} cung c p i_{c} n c \cdot c cu \ddot{s} n d... t y sau:

Hình 4.3.6.Ố HT CDI không ù ít óó bi Ç n sí d ãng

L-c %u transistor T_1 v• T_2 c«ng cÿm mœ nãng do sai schf t'õ n n s^a c mšt transistor mœ tÿc (giŠ s¶¶ T_1 mœ tÿc). L-c %o ãng %õn qua W_1 tãng nhanh, Šm ÿng ðn cušn W_3 mšt s>c %oi, n %ošng c chi£u ðĩnh v^a, %õjng th'i n cụng cŠm ÿng ðn cušn W_4 mšt s>c %oi, n %ošng chi£u ng^t c l'i (do cušn d...y W_3 v• W_4 quẽn ng^t c chi£u nhau) ðm transistor T_2 %o ng ho•n to•n. Khi transistor T_1 d-n b©o h^a, c%oš bif n thĩn c,,a ãng %õn %oi qua n s^a giŠm, ðn s>c %oi, n %ošng ðm cušn W_3 ði chi£u, do %o s>c %oi, n %ošng ðm cušn W_4 cụng c chi£u ng^t c l'i l •m T_2 d-n nhanh khi ðn T_1 %o ng nhanh. Qu[~]nh õ tĩp ðĩn v• sš bif n thĩn ãng %õn trong hai cušn W_1 v• W_2 s^a cŠm ÿng ðn cušn th> cõp W_5 c,,a bš %oŠo %oi, n mšt %oi, n ðp xoay chi£u khoŠng v• %o t c hñh ðu th•nh ãng mšt chi£u cung õp cho tTM. Qu[~]nh %o ðnh ¶a c,,a h, thõng ho't %õng t—ngš nh^t %õ trĩnh b•y tr•n s— %õ ãnh 5.46.

+ Íu v• nh^t "c %oi-m c,,a h, thõng %o ðnh ¶a %oi, n dung

Qua ph...n t©ch ðošng v c c %žc t©nh %õžõg c,,a h, thõng %o ðnh ¶a %õn dung, ta thõy h, thõng c c c ðu %õim sau:

- Žc t©nh c,,a h, thõng %o ðnh ¶a gñh khõng phTM thušc•õ s• v ãng quay %õng e— ã thĩ gian n'p %oi, n rõt ng, n do tTM %oi, ð%õ t c hñn sao cho õ sõng quay cao ðt, tTM %oi, n v-n n'p %o ÿy gi'a hai lñn %o ðnh ¶a.

Hi, u %oi, n thf th> cõp tãng trãng nhanh ðn tãng %õ t %oš nh'y %o ðnh ¶a, khõng phTM thušc•õ %õn trœ ã tr•n bougie.

Tuy nhi•n, do thĩ gian xuýt hi, n tia ¶a õ bougie ng, n (0 , ð 0 , 4 mms) trong mšt %oi£u ki, n nhõt %o ðnh ¶a cã h^a kh© trong ðng %o•t c th> tia ¶a khõng %õ ch'y %õ t "c h^a kh©. Vžy, %o•i vŷi h, thõng %o ðnh ¶a ð DphŠi s¶ dTM ng bougie vŷi khe hoẽ %oi, n cšc lŷn %o ð tãng ðĩn t©ch tĩp x-c c,,a tia ¶a n bougie š rõt mau mñ.

4.5 Chất Lượng ảnh hưởng đến

4.5.1 Nguyên lý Chất Lượng ảnh hưởng đến ECU

- 1-Tỷ lệ lỗi, cfm biên
- 2-Bé Ồ u Ồ hỒ đ trun Ồ mt
- 3-M« Ồ nỒ nh Ồ a
- 4-BiỒ, pỒ nh Ồ a (cã nh Ồ huỒ Ồ Ồ)
- 5-C Ồ n Ồ y t Ồ c Ồ p Ồ cã n Ồ đ a 1.

Hình 4.370 Nguyên lý ảnh hưởng của

- H, th Ồ ng Ồ Ồ nh Ồ Ồ a b Ồ n d-n kh Ồ ng c b Ồ chia Ồ Ồ i, n Ồ Ồ m Ồ Ồ c s Ồ d Ồ TM ng Ồ n c Ồ c Ồ Ồ ng Ồ c Ồ Ồ Ồ Ồ i Ồ u khi Ồ n Ồ Ồ i, n Ồ Ồ trung t...m ECU. B Ồ Ồ Ồ i Ồ u khi Ồ n chung Ồ h, th Ồ ng Ồ Ồ nh Ồ Ồ a, h, th Ồ ng ph Ồ n x Ồ ng m Ồ t s Ồ th Ồ t b Ồ kh Ồ c t Ồ n xe.
- Tr Ồ n h Ồ nh Ồ l Ồ s Ồ c, a h, th Ồ ng Ồ Ồ nh Ồ Ồ a l Ồ i r Ồ y. T Ồ n h Ồ v Ồ o ECU Ồ Ồ nh Ồ n Ồ t c Ồ c b Ồ c Ồ m b Ồ n, trong Ồ hai c Ồ m b Ồ n quan tr Ồ ng nh Ồ t c Ồ p t Ồ n h Ồ u cho ECU Ồ Ồ Ồ i Ồ u khi Ồ n Ồ Ồ nh Ồ Ồ a c Ồ m b Ồ n g c quay tr Ồ TM c khu Ồ u c Ồ m b Ồ n v Ồ tr Ồ E tr Ồ TM c cam. C Ồ c c Ồ m b Ồ n r Ồ c Ồ nh t Ồ c Ồ Ồ s Ồ Ồ s Ồ ng c v tr Ồ E g c quay tr Ồ TM c khu Ồ u, Ồ Ồ m ch Ồ t t Ồ n v Ồ c Ồ k Ồ l Ồ m vi, c c, a chu tr Ồ nh c Ồ ng t Ồ c c, a Ồ Ồ s Ồ ng Ồ c Ồ ECU t Ồ n h t Ồ n v Ồ Ồ i khi Ồ n s Ồ Ồ nh Ồ Ồ a Ồ Ồ ng th Ồ i Ồ Ồ i m Ồ y c Ồ u t Ồ n h theo g c quay tr Ồ TM c khu Ồ u. T Ồ n h Ồ u t Ồ c c Ồ m b Ồ n kh Ồ c (nh Ồ i, t Ồ Ồ s, m h Ồ i, t Ồ Ồ s kh Ồ E n Ồ p, Ồ Ồ s m Ồ e Ồ Ồ m ga, Ồ u l Ồ ng kh Ồ E n Ồ p...) s Ồ gi-p cho ECU Ồ Ồ i Ồ u ch Ồ n t Ồ t Ồ c Ồ nh Ồ Ồ a s Ồ m theo t Ồ i v Ồ ch Ồ Ồ Ồ s nh Ồ i, t c, a Ồ Ồ s Ồ ng Ồ c
- T Ồ n h Ồ Ồ i Ồ u khi Ồ n Ồ Ồ nh Ồ Ồ a t Ồ ECU t Ồ n h Ồ xung Ồ Ồ i, n Ồ p d Ồ ng f Ồ nh ch Ồ nh Ồ t (xung vu Ồ ng) Ồ Ồ c Ồ Ồ a Ồ Ồ n m Ồ Ồ Ồ n Ồ Ồ nh Ồ Ồ a Ồ Ồ i Ồ u khi Ồ n Ồ Ồ ng ng, t d Ồ ng Ồ Ồ n s Ồ c p c, a b Ồ n Ồ p Ồ Ồ nh Ồ Ồ a Ồ Ồ t Ồ o Ồ Ồ Ồ Ồ n cao Ồ p Ồ Ồ nh Ồ Ồ a Ồ c c Ồ bu gi. Th Ồ ng th Ồ ng m Ồ Ồ Ồ n Ồ Ồ nh Ồ Ồ a c nh Ồ u tranzito c Ồ ng s Ồ t v b Ồ n Ồ p Ồ Ồ nh Ồ Ồ a c nh Ồ u cu Ồ n Ồ Ồ a t Ồ ng ng v Ồ i s Ồ tranzito Ồ Ồ . M Ồ i tranzito Ồ Ồ i Ồ u khi Ồ n m Ồ t cu Ồ n Ồ Ồ a v m Ồ i cu Ồ n Ồ Ồ a Ồ Ồ c n Ồ i v Ồ i hai bu gi c, a hai xi lanh Ồ m vi, c l, ch pha nhau 360 g c quay tr Ồ TM c khu Ồ u. C Ồ hai Ồ iuc Ồ ng Ồ Ồ nh Ồ Ồ a, m Ồ t bu gi Ồ Ồ nh Ồ Ồ a v Ồ cu Ồ i k Ồ n Ồ n Ồ Ồ t ch Ồ y h Ồ n h Ồ p m h Ồ i, u trong xi lanh r Ồ y, c Ồ n bu gi kia Ồ Ồ nh Ồ Ồ a Ồ cu Ồ i k Ồ th Ồ i c, a xi lanh kia v Ồ ng Ồ c l Ồ i.

- Sản phẩm thông minh của công nghệ 6 xi lanh. Motor 3 Tranzito và bộ phận của 3 chế độ vận hành (3 chế độ của động cơ) và bộ phận của 3 chế độ vận hành: chế độ vận hành 1&6; 2&5; 3&4.
- Motor công nghệ tiên tiến của hãng cho động cơ xi lanh và bộ phận thông minh và tiên tiến của bộ phận vận hành không cần sự điều chỉnh của người lái. Trong trường hợp này, máy của hãng có bộ phận vận hành (bộ phận vận hành) và bộ phận vận hành của hãng (4.38)
- Motor thông minh của hãng, motor của hãng thông minh trong ECU motor không cần sự điều chỉnh của người lái. Trong trường hợp này, người lái không cần điều chỉnh của hãng và bộ phận vận hành của hãng.

Hình 4.38. Hình ảnh động cơ và bộ phận vận hành của hãng thông minh của hãng

CHƯƠNG 5: HỆ THỐNG THÔNG TIN, CHỈ ĐẠO TÀI CHÍNH VÀ

5.1. Hệ thống thông tin ô tô

5.1.1. Cấu trúc tổng quát của hệ thống thông tin ô tô

5.1.1.1. Cấu trúc tổng quát:

Bao gồm các bộ phận sau:

+ Ống hốt nước thải:

Nhằm bảo vệ môi trường và sức khỏe người lái xe, hệ thống xả ô nhiễm của xe ô tô được trang bị hệ thống xả ô nhiễm. Hệ thống xả ô nhiễm của xe ô tô được trang bị hệ thống xả ô nhiễm.

+ Ống hốt nước thải: Ống xả

Chức năng của ống xả là để xả khí thải ra khỏi động cơ và ngăn ngừa ô nhiễm môi trường.

+ Vô lăng

Chức năng của vô lăng là để lái xe và điều chỉnh hướng đi của xe.

+ Ống hốt áp lực nhớt:

Chức năng của ống xả nhớt là để xả dầu nhớt ra khỏi động cơ.

+ Ống hốt nhiệt độ của máy:

Chức năng của ống xả nhiệt độ là để xả nhiệt độ ra khỏi động cơ.

+ Ống hốt nước thải:

Chức năng của ống xả nước thải là để xả nước thải ra khỏi động cơ.

+ Đèn báo áp suất dầu:

Chức năng của đèn báo áp suất dầu là để báo hiệu áp suất dầu thấp.

+ Đèn báo áp suất nước:

Chức năng của đèn báo áp suất nước là để báo hiệu áp suất nước thấp.

+ Đèn báo nhiệt độ nước:

Chức năng của đèn báo nhiệt độ nước là để báo hiệu nhiệt độ nước cao.

+ Đèn báo xi nhan:

Chức năng của đèn báo xi nhan là để báo hiệu xi nhan.

+ Đèn báo mức dầu:

Chức năng của đèn báo mức dầu là để báo hiệu mức dầu thấp.

+ Đèn báo mức nước:

Chức năng của đèn báo mức nước là để báo hiệu mức nước thấp.

+ Đèn báo phanh:

Chức năng của đèn báo phanh là để báo hiệu phanh tay, phanh không, hay báo hiệu quá tải.

+ Đèn báo áp suất:

Chức năng của đèn báo áp suất là để báo hiệu áp suất thấp.

5.1.2. Phân loại

Hệ thống thông tin trên ô tô có hai dạng:

a. Thông tin dạng tương tự:

Thông tin dạng tương tự (Analog) trên ô tô có các loại như sau:

b. Thông tin dạng số:

Thông tin đ'ng s': (Digital) l' lo'i i %oing h; hi-n th' s¶ d™ng c'c tEn hi,u t- cac cSm bifn kh'c nhau tEnh to'nsa tron c'c tEn hi,n y %o x'c %o nh t'c %o xe, rji hi-n th' ch-ng œ d'ng s' hay c'c %o; th' d'ng thanh.

5.1.2 Hình ô'ng jtn'g ° đ'n gñt (a n a l o g)

...y l'h, thông c'c %oing h; v' c'c %o 1/2n, bi %o- ki-m tra v theo d'»i hüt %o'ng c,,a mšt s' bš phžn quan tr±ng c,,a %o šng jtn'g nh t' to'n xe.

Hình 5.12.1. Óng hÓ chÉ thË b±ng kim

5.12.1 Óng hÓ cSm bifn báo áp suất dš u

• jng h; 'p suçt dš u b'c 'p suçt dš u tron %o'ng c- gi-p ph' t hñ h t hñg trong h' th'ng b'c tr -n. jng h; 'p suçt dš u ki-u %oing h; đ'ng kim.

To'n bš c- c'c %oing h; đ'ng gjm hai ph'yn: bš cSm bifn, t'c l, p v' o carte ca %o šng e- h'žc n, p œ bš l±c dš u th' %oing h; (bš phžn ch t th'), t'c b' tr c'c bšng %oing h; đ'ng mžt t' x f. jng h; v' bš cSm bifn m, c n'c t' f p v' Yi nhau v' %o v' o m'ch sau c'ng t, c m' y.

Bš cSm bifn m nhi,m v™ bifn %o "t- ng %o t- ng %o "i c,,a 'p suçt dš u nh'n th'n sš thay %o "i c,,a c'c tEn hi,u %o i, n %o v' %o %oing h; %o %o ng h; l' bš phžn ch t th' 'p suçt nh'Yt 'ng v' Yi c'c tEn hi,u %o i, n thay %o "i t- bš cSm bifn. Thang %o i, n %o h; %o t' c ph... n %o š theo %o v' Kg/cm².

Tr'n c'c t'c ng' y nay c' th- gžp b'n lo'i i %oing h; 'p suçt dš u nh'n: lo'i i %oing h; nhi,t %o i, n, lo'i t- %o i, n, e- kh'c -n th' v' lo'i i %o i, n t'. l' %o... y ch t gi' Yi thi,u hai lo'i l' %oing h; nhi,t %o i, n v' lo'i t- %o i, n.

1. • jng h; 'p suçt nh'Yt ki-u %oing h; nhi,t %o i, n

+ C'c t'c: Xem h'nh 5.2

Hình 5.2. Óng hÓ áp suất dš u đ'ng kim

Nguyen l' c,,a lo'i %oing hi ry l• cho m•t đ'ng %oñ %oi qua mšt phñn tñ lđ³/₄ng kim %oc chf t'ò b'ng c'ch lin kft hai lo'i kim lo'i hožc h"p kim c h, s• gi©n ðe nhi,t kh'c nhau.

Nh' h, s• gi ©n ðe nhi,t kh'c nhau, m c'c phñn tñ lđ³/₄ng kim b• cong khi nhi,t thay %o"i. Rçt nhiçu %oing hi bao gmmšt phñn tñ lđ³/₄ng kim kft h"p vÿi mšt d...y may so. Phñn tñ lđ³/₄ng kim c ãnh đ'ng nhđ hñnh 5.3 Khi phñn tñ lđ³/₄ng kim b• cong do Šnh đ'ng c,,a nhi,t %oš m•iđ'ng kh•ng l•m t'ang sai s c,,a %oing hi.

Hìn h 5.3 Hđt ùng c'ç a p'đ'ng kím .

+ Ho't %ošng

- Ęp suçt d'çu thçp/kh•ng c'ç p suçt d'çu

Phñn tñ lđ³/₄ng kim ðe bš phžn c'ç p suçt d'çu g,n mšt tìfp %oi-%š d•ch chuy-n kim %oing hi tđ l, vÿi đ'g %oñ ch"y qua d...y may so. Khi c'ç p suçt d'çu b'ng kh•ng, tìfp %oi-m mœ, kh•ng çng %oñ ch"y qua khi bžt c'ng t,cm'y. V~ vžy, kim v-n chđ kh•ng.

Khi c'ç p suçt d'çu thçp, mng %o'y tìfp %oi-m n ti f p x-c nhÀ. Sau %o c mšt đ'ng %oñ ch"y qua d...y may so c,,a cŠm bíf bš b'ç c'ç p suçt d'çu.

V~ c'ç p suçt tìfp x-c c,,a tìfp %oi-m nh³, tìfp %oi-m l'i mœ do phñn tñ lđ³/₄ng kim b• u•n cong do c đ'ng %oñ nh³ ch"y qua.

Do tìfp %oi-m phçea bš cŠm nhžn c'ç p suçt d'çu mœg kim ch"y qua trong mšt th'i gian rçt ng,n, nhi,t %oš c,,a phñn tñ lđ³/₄ng kim trong bš chđ th• kh•ng t'ang n•n n b• u•n çt. Wžy, kim s^a l, ch nhÀ.

Hìn h 5.4 Hçt ùng c'ç a Óng hÓ nhiçt içn khi áp s - Ęp suçt d'çu cao.

Khi $\langle p \rangle$ suýt d'eu t'ang, m'ng $\frac{1}{4}y$ t'if p $\frac{1}{2}m$ m'nh n...ng ph'yn t'ang kim
 l'n. V' v'zy, đ'ng $\frac{1}{2}a$ ch'y qua trong m'št th'i gian d , t'if p $\frac{1}{2}m$ s^a m'oe ch'đ khi
 ph'yn t'ang kim u'n' n' tr'n $\frac{1}{2}p$ $\frac{1}{2}m$ ch'ng l'i l'đc $\frac{1}{4}y$ c,,a d'eu. Đ'ng $\frac{1}{2}a$ ch'y
 qua l'đ b'c $\langle p \rangle$ suýt d'eu trong m'št th'i gian đ'cho $\frac{1}{2}m$ khi t'if p $\frac{1}{2}m$ ph'OEa c'Šm b'f'n
 $\langle p \rangle$ suýt d'eu m'oe, nhi,t $\frac{1}{2}m$ ph'yn t'ang kim ph'OEa b'đ ch'đ th' t'ang đ'ng $\frac{1}{2}a$ cong
 c,,a n . Kh'f'n kim $\frac{1}{2}m$ h'j l,chnhiđ.

Nh'đ v'zy, $\frac{1}{2}m$ cong c,,a ph'yn t'ang kim trong b'đ ch'đ th' t'đ l, v'đi $\frac{1}{2}m$ cong
 c,,a ph'yn t'ang kim trong b'đ c'Šm nh'žn $\langle p \rangle$ suýt d'eu.

H'nh 5.5 H'đ ùng c'đa Óng h'Ó nhi'đt i'đn khi
 b. • đ'ng h'j $\langle p \rangle$ suýt d'eu l'đi t' $\frac{1}{2}m$
 + C'đ t'đo:

H'nh 5.6 Óng h'Ó áp su'đt đ'đu nh'đn l'đi
 Chú th'đch $\frac{1}{2}m$ h' v
 a S—đ'đ'ng.

b- V@ct—tthong t'ng v• v• trOE kim %oing hi >ng v'Yi c'c v• trOE kh'c nhau
 c- S— %aguy•n l' %ou d...y.

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1- BÓ ng sáp suýt | 11 Lá Ó ng ti ı p i Ç n |
| 2- C Ñ ti t | 12 D â y ı rd Ó ng |
| 3- và- Xít Á u ch É nh | 13 Lò xo. |
| 4- M à ng | 14 Ç n Ó ng h Ó h ı n ch ı ki |
| 5- V ı b Û c ı m bi ı n | 15 R ă nh cong. |
| 6- T a y ı n ı by | 16 và ı ı m ch ı ı m ı u |
| 8- C ı n ă t r ı | 17 K h u n ı t c ı ı o |
| 9- N ı b Û c ı m bi ı n | 18 K ı m. |
| 10 C Û n i Ç n tr ı c ı a b ı | 19 ı ı t t r ı ı c ı a Ó ng h Ó . |
| R ı b i Ç n tr ı c ı a b Û c ı m bi ı n. | |

+ H ı t % ı ũ ng:

Khi ng,t c ı ng t, c m ı y, kim ch ı t th ı l, ch v ı ph ı E a c, a v ı ch ı t th ang ı % ı ng h ı. Kim % ı ũ ng h ı % ı c gi' v• trOE ı y do ı ı c t ı c dTM ng t ı ng ı gi' a hai nam ch... m ı ı nh c ı ı u 6 ı 20.

Khi b ı t c ı ng t, c m ı y (% ı ng h ı l ı m v ı, c) trong c ı c cu ı n d...y c, a % ı ũ ng h ı v• b ı c ı m b ı f n xu ı t h ı, n nh ı ng ı ng % ı n ch ı y theo chi ı u m ı i ı n nh ı h ı nh v ı 1.9.a v• 1.9.c. C ı ng % ı ũ đ ı ng % ı n, c ı ng nh ı t ı th ı ng trong c ı c cu ı n d...y phTM th ı c v ı v• trOE c ı ı t t r ı n b ı f n tr ı e 10. ı ng % ı ũ đ ı ng % ı n c ı c % ı i trong m ı ch % ı ũ ng h ı v ı b ı c ı m b ı f n 0, 2A.

Khi trong b ı ng ı p su ı t 1 c, a b ı c ı m b ı f n c tr ı s ı ı p su ı t P = 0 t ı n tr ı t ı t 8 n ı m ı e v• trOE t ı ng b ı n tr ı c, a b ı f n tr ı e 10 (theo v• trOE ı, r ı h ı ı), t ı c l ı % ı n tr ı e R ı b c gi' tr ı c ı c % ı i. Khi % ı t ı ng % ı ũ đ ı ng % ı n trong cu ı n W ı s ı c ı c % ı i, ı n trong c ı c cu ı n d...y W ı W ı c ı c t ı u. T ı th ı ng đ ı v ı đ ı c, a c ı c cu ı n W ı v• W ı t ı c dTM ng ng ı c nhau, ı n gi' tr ı v• chi ı u t ı th ı ng c, a ch ı ng x ı c % ı nh theo h ı, u đ ı - đ ı.

T ı th ı ng đ ı do cu ı n d...y W ı ı ra s ı t ı ng t ı c ı v ı h ı, u t ı th ı ng đ ı - đ ı đ ı ı i m ı t g c l, ch 90 ı.

T ı th ı ng t ı ng đ ı c, a c ı 3 cu ı n d...y s ı x ı c % ı nh theo qui ı ı t b ı nh h ı nh. đ ı s s ı % ı nh ı ı ng quay v ı v• trOE c, a % ı ı a nam ch... m 16, c ı ng c ı ng h ı a l x ı c % ı nh v• trOE c, a kim % ı ũ ng h ı t th ang ı.

Khi b ı t c ı ng t, c m ı ı p su ı t trong b ı ng 1 b ı ng 0 ı th ı t ı th ı ng t ı ng đ ı s s ı h ı ı ng d ı a nam ch... m trTM c quay % ı f n v• trOE sao cho kim % ı ũ ng h ı ch ı v ı ch 0 th ang ı. Khi ı p su ı t trong b ı ng 1 t ı ng, ı ng 4 c ı ng cong l ı n, % ı y cho % ı b ı ı y 6 quay qu ı thTM c c, a n ı ı n b ı ı y th ı ng qua v ı e t 7 t ı c dTM ng đ ı n tr ı t 8 l ı m cho n d ı ch chuy ı n sang ph ı ı. Tr ı s ı % ı i, n tr ı e c, a b ı f n tr ı e (h ı y ı ı m d ı n, do % ı t ı ng % ı ũ đ ı ng % ı n trong c ı c cu ı n d...y W ı W ı c ı ng nh ı t ı th ı ng do ch ı ng sinh r ı đ ı v ı đ ı t ı ng l ı n. T ı ng khi % ı , ı ng % ı n trong cu ı n d...y W ı t ı th ı ng đ ı c, a n gi ı m % ı i. Trong ı ı ng h ı p n ı y, gi' tr ı v• h ı ı ng c, a t ı th ı ng t ı ng đ ı s thay % ı l ı m cho v• trOE c, a % ı ı a nam ch... m 16 c ı ng th ı y ı ı ng h ı s ı l, ch v ı ph ı E a ch ı s ı ı p su ı t cao.

Trong trạng h" p < p suất $P = 10 \text{ kg/cm}^2$ con trượt s^a & v• tr&E t&ng b•n ph&Si c,,a bifn tr&e 10, t&e %&nh tr&e c,,a b& gi&Sm bifn $R = 0$ (bifn tr&e b• n&i t,t) th& cũn d...y W&ung b• n&i t,t v• đ&ng %&nh trong cũn d...y s^a b&ng 0, kim %&ng h& s^a l, ch v& ranh gi&Yi ph&Si & thang &

5.1.2 Óng là &cm bi & n bê&no& ù hi

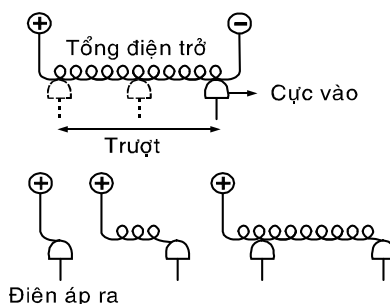
- jng h& nh& n li, u c t&c dTMng b&o cho n&đi t • i x f bifn t&ng x&ng (đ&u) c trong đ&nh cha. C hai ki-u %&ing h& nh& n li, u, ki-u %&oi, n tr&e t&ng kim v• ki-u cũn d...y ch' th&p.

1. Ki-u %&oi, n tr&e t&ng kim

M&st ph& n t& t&ng kim %&c đ&ng &e %&ing h& ch& t& m&st bifn tr&e t&t ki-u ph&o %&c đ&ng &e b& c&Sm nh& n m&c nh&li, u.

Bifn tr&e t&t ki-u ph&o bao g&im m&st ph&o đ&ch chuy&n xu&ng c&ng v&Yi m&c nh& n li, u. Th...n b& c&Sm nh& n m&c nh&li, u c g, n v&Yi %&oi, n tr&e t&t, v• %&nh ph&o ni v&Yi %&oi, n tr&e t&t. Khi ph&o đ&ch chuy&n v• tr&E c,,a t&fp %&oi, n tr&e bifn tr&e thay %&oi, n tr&e %&oi, n tr&e. V• tr&E chu& n c,,a ph&o %& c %&oi, n tr&e l• v• tr&E cao h& đ& v• tr&E th&p h&, & đ&nh cha. Do ki-u %&oi, n tr&e đ& v• tr&E th&p ch&nh x&c h&—n kh&ic m&nh li, u th&p, n&n n %&oi, n tr&e đ&ng &e nh&ng %&ing h& c đ&ng nh& %&ing h& hi-n th& s•.

Khi b&tt c&ng t, c m&y &e v• tr&E ON&đ&ng %&nh ch&y qua b& "n < p v• d...y may so &e b& ch& t& nh&li, u v• %&oi, n tr&e t&t mass qu&nh tr&e t&t &e b& c&Sm nh& n m&c nh& n li, u. D...y may so trong b& ch& t& sinh nh&it, t kh&ic đ&ng %&nh ch&y qua l& m&ng ph& n t& t&ng kim t&t l, v&Yi đ&ng %&oi, n tr&e đ&ng &e. K&ft qu& đ& kim %&oi, n tr&e ni v&Yi ph& n t& t&ng kim l, ch %&oi m&st g c.



H ì n 5. 7 B ì c & m nh - n & n & i n đ&ng bi & ã t t k ß & t r. ph

Khi m&c nh& n li, u cao, %&oi, n tr&e c,,a bifn tr&e nh& đ&ng %&oi, n tr&e đ&ng &e ch&y qua l& h&—n. Do %&oi, n tr&e đ&ng &e sinh ra t&n d...y may s&nh h&—n, do %&oi, n tr&e đ&ng &e kim b• c&ng nh&u m& kim đ&ch chuy&n v& ph&Ea Full. Khi m&sc x&ng th&p %&oi, n tr&e c,,a bifn tr&e t&t l& n&n ch& t& m&st đ&ng %&oi, n tr&e đ&ng &e ch&y qua. Do %&oi, n tr&e đ&ng &e kim b• u&n &E t& kim đ&ch chuy&n &E t, kim &e v• tr&E E (empty).

Hình 5.8 Óng h Ồ m Ồ iu ki Ầ u i Ồ m gr Ồ im

Đn <p:

• jng hj ki-u %oi,n tro ấ ấ ấ ấ kim b• Šnh ấ ấ ấ ấ boei s§ thay %o“i c,,a %oi,n <p cung ồ p. S§ ấ ấ hay giŠm %oi,n th ấ ấ ấ ấ s ấ g...y ra sai s• ch ấ th• trong %oing hj nhi•n li,u. • tr ấ nh sai s• n•y, mšt “n <p l ấ ấ ấ ấ kim ấ ấ g,n trong %oing hj nhi•n li,u %o- gi’ p ồ mšt gi’ tr• kh•ng %o“i khoŠng 7V.

Đn <p bao gim mšt ph ấ n t ấ ấ ấ ấ kim c g,n t ấ p %oi-m d...y may so-%o nung n ng ph ấ n t ấ ấ ấ ấ kim. Khi c•ng t,c ồ v• tr ồ Ồ m ồ ồ %oi qua %oing hj nhi•n li,u v• %oing hj nhi,t %oš ấ ấ ấ ấ m m ấ qua t ấ p %oi-m c,,a “n <p ph ấ n t ấ ấ ấ ấ kim. Ồ ng l-c %o , ồ ng %o ồ cung %oi qua may so c,,a “n <p ồ nung n ng ph ấ n t ấ ấ ấ ấ kim m n b• cong. Khi ph ấ n t ấ ấ ấ ấ kim b• cong t ấ p %oi-m m ồ v ồ ồ %o ồ ng-ng ch’y qua %oing hj nhi•n li,u v• %oing hj nhi,t %oš n ấ ấ ấ ấ m m ấ. C ồ ng l-c %o d ồ ng %o ồ cung ng-ng ch’y qua d...y may so c,,a “n <p. Khi d ồ ng %o ồ ng-ng ch’y qua d...y may so ph ấ n t ấ ấ ấ ấ kim s ấ nguši %o ấ v t ấ p %oi-m l’i %o ng.

Nfu %oi,n <p Accu th ồ p ch ấ c mšt ồ ồ nh 3 ch’y qua d...y may so v d...y may s ồ sung n ng ph ấ n t ấ ấ ấ ấ kim ch ồ m h-n, ấ v ấ y t ấ p %oi-m m ồ ch ồ m l’i %oi ồ c ngh ồ ồ t ấ p %oi-m s ồ %o ng trong mšt th’i gian. Ồ ng ấ c l’i, khi %oi,n <p Accu cao, ồ ng %o ồ l ồ n ch’y qua t ấ p %oi-m v m t ấ p %oi-m %o ng trong kh ồ ng mšt th’i gian ng,n.

Trong th ồ c t ấ , ta c th- s ấ d ồ m ồ C 7807 cho m ồ c %o ồ Ech “n <p.

Hình 5.9 H ồ pt ù ng c ồ a Óng h Ồ k ầ i Ầ u ki Ồ nktri ti ồ p ó ng Ồ m

2 Ki-u cušn d...y ch’ th ồ p
+ C ồ t’o

• jng hj nhi•n li,u ki-u cušn d...y ch’ th ồ p mšt th ồ t b• %oi,n t- trong %o c ồ c cušn d...y ồ ồ qu ồ n b n ngo•i mšt roto t- theo b•n ồ ồ ng, m ầ i ồ ồ ng l,ch

nhau 90°. Khi đ'ng %₉₀ qua cušn d...y b• thay %₀“i bœi %_{0i,n} trœ cŠm nhžn m›c nhi•n li,u, t– thng %₀“c t”o ra trong cušn d...y theo b•đYng thay %₀“i th roto t– quay v• kim d•ch chuy–n.

KhoŠng trong phœđY roto %₀“c %_{0i,n} %_{0y} đY silicon %₀– ngšn kh•ng cho kim dao %₀ng khi xe b• rung.

H ì n h. 150 Ó n g Ó n n h i Q u k i Ā u c u ù n d â y c h i

• Žc %_{0i,n} m c,,a %_{0jng} h j k i – u c u š n d . . . y c h ‘ t h ž p (s o s ã n h v ĩ t k i n g k i m):

- Chœnh x<c cao.
- G c quay c, a kim ršng h–n.
- • Žctœnh b<mtt
- Kh•ng cšn m”ch “n <p.
- Chđ th• %₀“c l đ”ng nhi•n li,u khi kho< %_{0i,n} %₀ tt.

+ H o t %₀šng:

C<c cšc b, c (N) v• cšc nam (S) %₀“c t”o ra tron roto t–. Khi đ'ng %₀ng ch”y qua mĀi cušn d...y, tđ”ng sinh ra tron mĀi cušn d...y th roto t– quay v• kim d•ch chuy–n.

H ì n h. 11: Ó n g ê h Q u k i Ā u c u ù n d â y c h

Cušn L₁ v• L₃ %₀“c qušn tron c«ng nšt tr™c nđng ngđc hđYng nhau, cušn L₂ v• L₄ %₀“c qušn œ tr™c kia l, ch 960 vĭ tr™c đ, L₃ (L₂ v• L₄ cng %₀“c qušn ngđ”c chiđu nhau).

Khi c•ng t, c œ v• trœ ONđ %₀ng ch”y theo hai đ’ng:

- Accuđ@L₁ đ@L₂ đ@Bš cŠm nhžn m›c nhñ li,u đ@mass.
- Accuđ@L₁ đ@L₂ đ@L₃ đ@L₄ đ@mass.

• i, n <p V_s thay %₀ theo sđ thay %₀“i %_{0i,n} trœ R c,,a cŠm bñn m›cnnhi li,u l•m cđng %₀š đng %₀ng l₁, l₂ thay%₀đi theo.

- Khi th«ng nhi•n lju %o%y:

Do %o% trœ c,,a bš cŠm nhžn m>c nhili,u nh³, n•n c mšt đng %o%
lÿn ch’y qua bš cŠm nhžn m>c nhili,u v• ch† c mšt đng %o% nh³ ch’y qua
L₃v• L₄. Vĩ vzy t– tr†ng sinh ra bœi ẽ v• L₄ yfu. T– tr†ng h”p bœi L₁, L₂, L₃
v• L₄ nh† hĩnh 1.12

H ì n 5. 12 H ì n hÃ b i d i Å n ° Ý ä g t r t Õ n g ù k l g i r t h i ẽ a l ẽ y

- Khi th«ng c^n mšt Cethi•n li,u:

• i ,n trœ bš b<o m>c nhin li,u tang n•n đng %o% qua L₃ v• L₄ tang. Tuy
nhi•n, do s v^ng d...y,,a cušn L₃ r†t Ceth•n t– tr†ng sinh bœi ẽ cung r†t nh³. Vĩ
vzy, t– tr†ng t”ng sinh bœi c<c cušn d...y nhĩnh 1.13

H ì n 5. 13 H ì n hÃ b i d i Å n ° Ý ä g t r t Õ n g ù k l g i r t h i ẽ a ò ẽ ½ .

- Khi th«ng nhi•n lju hft:

• i ,n trœ bš b<o m>c nhin li,u lÿn, n•n c†ng %o% đng %o% qua L₃ v• L₄
lÿn. Vĩ vzy t– tr†ng t”ng nh† hĩnh 5.14

H ì n h. 154 H ì n hÃ b i d i Å n ° Ý ä g t r t Õ n g ù k l g i r t h i ẽ a h i ẽ t .

5. 12 3 Ó n g à C m b i ẽ n n h i ẽ C ã h ù m á t

• i ng h j nhi,t %o% š t†c ch† nhi,t %o% š t†c m m† trong <o n†c %o%
c—. C haki-u %o% i ng h j nhi,t %o% š t†c, ki-u %o% i ,n trœ †ng kim c mšt phn t†
l†ng kim œ bš ch† th• mšt bifn trœ (nhi,t %o% i ,n trœ) trong bš cŠm nhžn nhi,t
%o% v• ki-u cušn d...y ch’ thžp c<c cušn d...y ch’ thžp œ %o% i ng h j ch† m
m†.

1. Ki-u %o% i ,n trœ †ng km

Bš ch† th• đng %o% i trœ †ng kim v bš cŠm nhžn nhi,t %o% š đg mšt
nhi,t %o% i ,n trœ.

Nhiệt độ, nhiệt trở có thể chốt bên d-n, nên thuộc loại h, s• nhiệt ...m NTC (Negative Temperature Constant), nhiệt trở c,,a n thay đổi theo nhiệt độ. Nhiệt trở c,,a nhiệt độ tăng trở lại giá trị khi nhiệt độ tăng.

Hình 5. Các biến nhiệt độ và điện áp.

• Khi nhiệt độ tăng thì điện trở kim loại nguyên chất hoặc hợp kim tăng.

Khi nhiệt độ tăng, nhiệt trở c,,a nhiệt độ trong bóng đèn sợi đốt tăng theo nhiệt độ tăng, điện trở kim loại không có dạng phân bố qua. Vì vậy, d...y máy sẽ sinh ra mất mát nhiệt độ khi chốt l, ch chốt t.

Khi nhiệt độ tăng, nhiệt trở c,,a nhiệt độ giảm dần theo nhiệt độ tăng, điện trở kim loại có dạng phân bố qua và cùng tăng theo nhiệt độ sinh ra bởi d...y máy sẽ phân bố điện trở kim loại u-n công suất l, và tăng nhiệt độ cho kim loại khi chốt theo giá trị c,,a nhiệt độ.

Hình 5. Ứng dụng của cuộn cảm biến.

b. Kiểm tra d...y chốt.

Các bộ phận nhiệt độ c,,a nhiệt độ khi nhiệt độ tăng d...y chốt tăng theo nhiệt độ tăng và nhiệt độ kim loại v-n nhiệt độ (phần tử) do đó, khi chốt công suất máy.

5.12.4 Ứng dụng của cuộn cảm biến

Với loại này, các xung điện áp của cuộn cảm biến (trong mạch khởi động tia điện) 400V, sau khi qua IGNITER sẽ giảm xuống nhiệt độ khoảng 25K. Với các loại này, nhiệt độ máy, mất mát công suất xung điện của cuộn cảm biến khi kim loại quay.

Hình 5.17: Mạch ống hớt tải (Ua là điện áp tải) ù xe (spec

5.1.5) Ống là ống biến báo tải ù xe

1. Khi ù c/p mEm

Khi ù c/p mEm vi ,c, trTMc c/p mEm truyⁿ momen t- trTMc tTM p cTM sTM %ofn
trTMc d-n %TMšng kTMo nam ch...m vTMánh cTMu quay. T- thTMng qua cTMp nhTMm
lTMm phTMt sinh sTMc %oi,n %TMšng, tTMô đg %TMqTMh phụcTM trong chTMp nhTMm. Đg phụcTM
tTMc dTMng vTMĩ t- đTMng c,,a nam ch...mTM chTMp nhTMm quay, kTMo theo kim chTMt
vTMžn tTMc đTMng trTMn vTMch chia c,,a %TMing hTMi. Momen quay c,,a chTMp nhTMm
%TMđ c...n bTMng bTMoixo.

Hìn 5.18: Ống hớt tải ù xe. loji cấp m
TTMc c...n bTMng nhi,t %TMo- giTMSm bTMđt sai sTM do nhi,t c,,a %TMing hTMi. Khi nhi,t %TMš
tTMng, t- tTMoe c,,a tTMc c...n bTMng nhi,t tTMng, t- thTMng qua mTMgiTMhTM đTMng sTMa qua
chTMp nhTMm %TMo- giTM chTMng phụcTM trong chTMp nhTMm khTMng đTMi.

2. • ing hi t•c %š xe ch† th• b°ng kim

Dša trn c— cŠm bifn t•c %š ki-u t- trœ hožc cŠm bifn Hall.

M'ch h, th°ng:

Hìn 5.19 E u tjo Óng hÓ tÑc Ù chÉ thĚ
đĩa ên Æm bi¿n tã Æmß bi¿n Hall

3. CŠm bifn t•c %o

CŠm bifn t•c %š†% g,n œ hšp s• v %š†c d-n %šng œ b'nh rang ch,,
%šng c,,a c°ng t- m®t. Šm bifn t•c %š bao gim mšt m'ch tœch h"p ho"t %šng
nh' t- trœ v cŠm bifn Hall g,n bn trong v• mšt nam ch...m cšc.

Khi xe b† %š†u chuy-n %šng vng nam ch...m, b%š†u quay, cŠm bifn t•c
%š s^a ph† ra c†c tœn hi,u xung. C hai ki-u m'ch ra:

- Ki-u %oi,n †p ph† ra.
- Ki-u %oi,n trœ thay %o"i.

Hìn 5.20 E u tjo cÆm bi¿n tÑc Ù.

5. 2. 6 Óng hÓ Ampe:

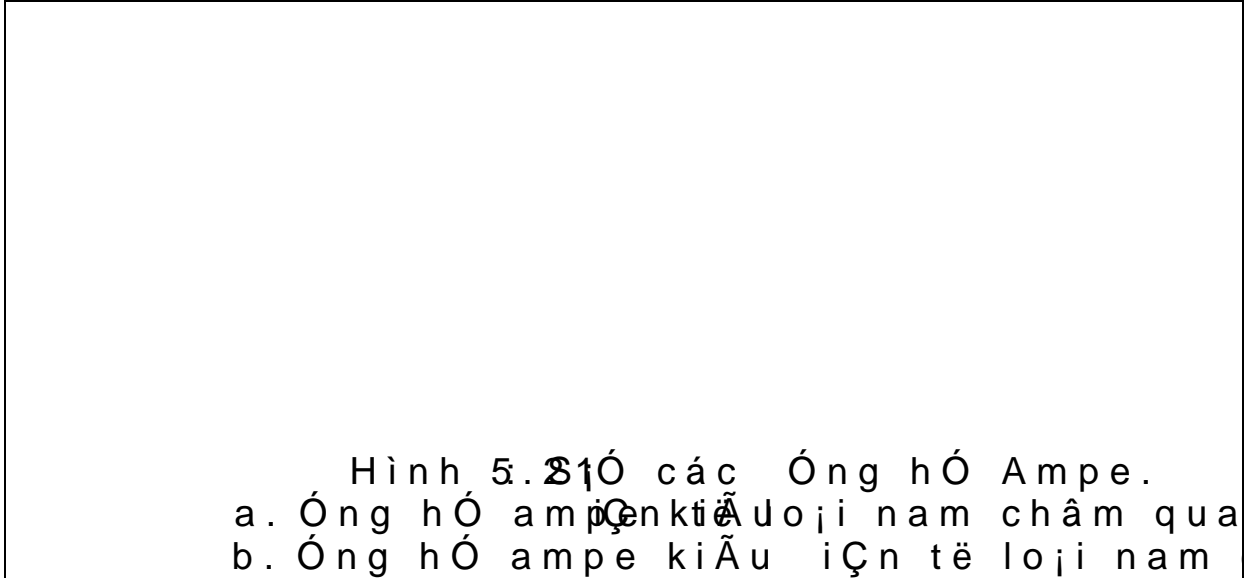
• - theod»i vi,c n"p %oi,n cho accu t†n •t• ng†'i ta d«ng %ag hi ampe
hožc %an b'o. ing hi Ampe %†"c m,c n•i t†p v'yi m'ch ph™ tŠ†v†n cho b††
c†ng %š đng %qñ n"p v• ph ng c,,a accu b°ng Ampe(A). T††ng c†c Ampe
%qñ t- %†"c d«ng ph† bifn.

1. • ing hi ampe b"i %oi,n t- lo"i nam ch...m quay

+ Cœu t"o:

Trn khung ch†t dío 3 c quœn cušn d...y 5 b°ng lo"i d...y %oing nh³. Song
song v'yi cušn d...y c m,c mšt %oi,n trœ shunt 1 b°ng constant (h"p kim c,,a s,t
v• nicken). Trn t†™c c,,a kim nh•m g,n Æoinam ch...m 6 v†c8 c th- quay

quanh trục trong mặt phẳng gi' h' n b' c' h' cong 9, a khung chốt d'c. •ai
 ch' n t- 4 b' So v, cho %o'ing h' kh' b' S' h' c, a nh'ng t- t'ng b' n ngo' i.
 + Ho' t' %o' S'ng



Hình 5. S' O' các Óng hó Ampe.
 a. Óng hó ampe ki' i' doji nam ch'âm qua
 b. Óng hó ampe ki' i' u' i' c' n' t' e' loji nam

Khi kh'ng c' d'ng %o' qua c' c' cu' s' n' d...y, do t' c' d' t' m' t' g' ng' A' gi' a' c' c' c' s' c' kh' c' d' c' u' c, a nam ch...m c' %o' n' h' 2' o' nam ch...m 6, kh'ng h' j' %t' c' gi' o' e' v' t' r' o' e' s' 0 c, a thang %k' i' c' d'ng %o' ch' y' qua cu' s' n' d...y, xung quanh cu' s' n' d...y s' a' xu' t' h' i' n' m' s' t' t' t'ng c' h' t' y'ng vu'ng g' c' v' y' i' t- t'ng c, a nam ch...m c' %o' n' h' 2. T' c' d' t' m' t' g' ng' A' gi' a' hai t- t'ng t' o' th' n' h' m' s' t' t- t'ng t'ng h' p' c' v' o' c' t- x' c' %o' h' theo quy lu' t' m' h' b' n' h' h' n. Nam ch...m 6 v' kim s' a' quay h' t' y'ng theo chi' u' v' o' e' t' c' a' t- t'ng t'ng h' p'. Khi c' t'ng %o' s' d'ng %o' trong cu' s' n' d...y t'ng t' t'ng do n' sinh ra t'ng, m' cho kim quay %o' i' m' s' t' g' c' l' y' n' h- n, ch' gi' t' r' o' d'ng %o' kh'ng l' y' n. Khi chi' u' d'ng %o' trong cu' s' n' d...y thay %o' th' ch' i' u' c, a t- t'ng do n' sinh ra c'ng thay %o' i' kim %o'ng h' j' s' a' l' ch' v' l' ph' o' e' a' kh' c.

2. • j'ng h' j' ampe ki- u' %o' i, n t- lo' i' nam ch...m c' %o' n' h'

+ C' u' t' o':

- j'ng h' j' lo' i' n' o' y' gi' m' thanh d- n 4 (b'ng nh' m' hay %o' j'ng), nam ch...m c' %o' n' h' 3, thanh th' o' p' non 2' n' ch' z' t' v' y' i' i' quay v' kim 1. Kim %o'ng h' j' c' %o' u' %o' i' t' r' a' ng, c' n' " t' r' o' e' s' c, a kim %o' c' b' i' t' r' o' n' t'ng lo' i' d' y' u' %o' z' c' b' i' t.

+ Nguy' n' l' l' m' v' i' c:

Nam ch...m 3 g...y' n' h' t- cho thanh th' o' p' non 2' v' y' i' c' c' d' c' u' c' s' t' c' y' i' d' c' u' c' s' c' c, a nam ch...m. Do t' c' d' t' m' t' g' ng' A' gi' a' c' c' c' s' c' kh' c' d' c' u' c, a nam ch...m v' thanh th' o' p' non n' n' thanh th' o' p', l' i' quay v' kim h' j' lu' n' lu' n' c' xu' h' t' y'ng "n %o' n' h' o' e' v' t' r' o' e' trung gian (y'ng v' y' i' v' c' h' 0 c, a %o' j'ng h' j) khi kh'ng c' d'ng %o' ch' y' qua thanh d- n 4. Khi c' d'ng %o' ch' y' qua thanh 4, thanh th' o' p' non 2' c' «ng' v' i' l' i' quay s' h' t' y'ng theo nh'ng %o'ng s' c' sinh ra quanh thanh d- n m' quay l' ch' %o' i' m' s' t' g' c, m' cho kim %o'ng h' j' l' ch' kh' i' v' t' r' o' e' 0 v' c' h' t' m' s' t' gi' t' t' t'ng c, a d'ng %o' n. C' t'ng %o' s' d'ng %o' qua thanh d- n eng l' y' n' t' h' t- th' o' ng c, a n' c' o' ng' m' i' nh' v' kim c' o' ng' quay %o' i' s' t' g' c' l' y' n' h- n, ch' d'ng %o' n' l' y' n.

Giả sử v₀ chiếu c₀, a g c quay kim phTM thuTM c₀ v₀ chiếu đng
%₀h trong thanh d-n. Kim l, ch v₀ phTM d₀ c₀ s₀ng bi-₀u₀ t₀ n₀ p, c₀ n
l, ch v₀ phTM d₀ tr- bi-₀u₀ t₀ n₀ p.

Trên nhTM đ₀ «ng %₀1/2n b₀ p₀th₀ ð₀ b₀ S₀ng %₀ing h₀ c b₀ trTM ð₀ m₀št b₀ ng
%₀1/2n ð₀ m₀, c v₀ i₀ c₀ ± c₀ L c₀, a m₀ y₀ ph₀ t₀ ho₀ Žc t₀ i₀ f₀ t₀ ch₀ f. N₀ f₀ u₀ m₀ y₀ ph₀ t₀ ph₀ t₀ %₀ i₀, %₀ i₀ %₀
b₀ c₀ s₀ t₀, t₀ v₀ ng₀ t₀ c₀ l₀ i₀.

C₀ c₀ %₀ing h₀ Ampe kh₀ng %₀ t₀ c₀ m₀, c n₀ i₀ t₀ i₀ p₀ v₀ o₀ m₀ ch₀ kh₀ e₀ i₀ %₀ s₀ng m₀ ch₀
c₀ i₀ %₀ h₀ v₀ t₀ đ₀ ng %₀ s₀ đ₀ ng %₀ h₀ d₀ «ng cho c₀ c₀ p₀ h₀ t₀ S₀ i₀ %₀ i₀, %₀ i₀ l₀ y₀ n₀.

5. 1. 2 C₀ á c₀ i₀ m₀ è n₀ l₀ t₀ h₀ b₀ á o

C₀ S₀ m₀ b₀ i₀ f₀ n₀ b₀ c₀ nguy₀ v₀ %₀ 1/2n₀ h₀ i₀ nh₀ o₀ m₀ b₀ c₀ cho l₀ i₀ xe b₀ i₀ f₀ t₀ t₀ nh₀ t₀ r₀ ng l₀ o₀ m₀
v₀, c₀ c₀, a m₀št s₀ b₀š ph₀žn n₀ t₀ p₀ s₀ u₀ t₀ d₀ y₀ u trong h₀, th₀ng b₀ i₀ tr₀ n₀, nh₀ i₀ %₀ s₀ đ₀ y₀ c₀
l₀ o₀ m₀ m₀ t₀ %₀ s₀ng c₀—....

C₀— c₀ u₀ b₀ c₀ hi₀, u₀ n₀ y₀ bao g₀ m₀ hai b₀š ph₀žn ch₀, y₀ f₀ u₀: b₀š c₀ S₀ m₀ b₀ i₀ f₀ n₀ b₀ c₀ nguy₀
v₀ %₀ 1/2n₀ b₀ c₀.

B₀š c₀ S₀ m₀ b₀ i₀ f₀ n₀ b₀ c₀ nguy₀ l₀ m₀št l₀ o₀ i₀ c₀ o₀ ng t₀, c₀ %₀ i₀, n₀ t₀ S₀ %₀ s₀ng %₀ Žc b₀ i₀ t₀ l₀ n₀ h₀, m₀
vTM b₀žt %₀ ð₀ b₀ S₀ ng %₀ing h₀ i₀ khi c₀ s₀ S₀ thay %₀ i₀ nguy₀ h₀ i₀ %₀ o₀ f₀ n₀ %₀ i₀ l₀ o₀ k₀ i₀ m₀, c₀
c₀, a %₀ s₀ng c₀— t₀.

C₀ c₀— c₀ u₀ b₀ c₀ nguy₀ t₀ h₀ ng g₀žp nh₀ t₀ b₀ c₀ nguy₀ p₀ s₀ u₀ t₀ d₀ y₀ u nh₀ n₀ trong h₀,
th₀ng b₀ i₀ tr₀ n₀ s₀ng c₀— v₀ b₀ c₀ nguy₀ nh₀ i₀ %₀ s₀ đ₀ y₀ c₀ l₀ o₀ m₀ m₀ t₀ %₀ s₀ng c₀—.

1. C₀— c₀ u₀ b₀ c₀ nguy₀ p₀ s₀ u₀ t₀ nh₀ y₀ t₀ %₀ s₀ng c₀

C₀— c₀ u₀ n₀ y₀ b₀ c₀ hi₀, u₀ trong t₀ r₀ ng h₀ p₀ p₀ s₀ u₀ t₀ nh₀ y₀ t₀ %₀ s₀ng c₀— đ₀ m₀ t₀ y₀ i₀ m₀ c₀ c₀ th₀—
h₀ t₀ %₀ s₀ng c₀— . Khi s₀ng c₀— t₀ l₀ o₀ m₀ v₀ i₀ c₀ ho₀ Žc p₀ s₀ u₀ t₀ trong h₀, th₀ng b₀ i₀ tr₀ n₀ đ₀ m₀
x₀ u₀ ng th₀ c₀ p₀ h₀— n₀ 0,4 0,7 Kg/cm² m₀ o₀ ng 6 (xem h₀ ð₀ nh₀ 1.25) o₀ m₀ c₀ v₀ trTM ð₀ ban %₀ i₀ u₀, c₀
t₀ i₀ f₀ p₀ %₀ i₀— m₀ 4 c₀ e₀ t₀ r₀ ng th₀ i₀ %₀ o₀ ng, %₀ S₀ m₀ b₀ S₀ o₀ th₀ng m₀ đ₀ h₀ c₀ b₀ o₀ %₀.

Khi c₀ o₀ ng t₀, c₀ 1 %₀ o₀ ng, %₀ n₀ b₀ c₀ 3 c₀ e₀ b₀ S₀ ng %₀ing h₀ i₀ s₀ a₀ s₀ c₀ ng b₀ c₀ hi₀, u₀ s₀ S₀ gi₀ S₀ m₀
p₀ s₀ u₀ t₀ d₀ y₀ u t₀ y₀ i₀ m₀ c₀ kh₀ng cho ph₀ p.

Khi %₀ s₀ng c₀— t₀ l₀ o₀ m₀ v₀ i₀ c₀, d₀ y₀ u t₀— h₀, th₀ng b₀ i₀ tr₀ n₀ s₀ng c₀— s₀ qua l₀ i₀ c₀, a
n₀. m₀ 8 v₀ o₀ bu₀ ng 7 v₀ khi p₀ s₀ u₀ t₀ d₀ y₀ u trong bu₀ ng 7 l₀ y₀ n₀— h₀ n₀ 0,4 0,7 Kg/cm²
th₀ m₀ o₀ ng 6 s₀ c₀ o₀ ng t₀ n₀, n...ng v₀ t₀ i₀ f₀ p₀ %₀ i₀— m₀ d₀ i₀ %₀ s₀ng t₀ i₀ f₀ p₀ %₀ i₀— m₀ 4 m₀ o₀ e₀ r₀ a₀ z₀ %₀
b₀ c₀ 3 t₀ t.

H₀ ð₀ nh₀ 5.22 C₀ i₀ y₀ a₀ báo nguy₀ áp s₀ u₀ t₀ ð₀ h₀ s₀ u₀ d₀ o₀ i₀ t₀
1- C₀ ð₀ n₀ g₀ t₀ m₀ á y₀; N₀ ð₀; -3 è n₀ Q₀ ú; - C₀ á c₀ m₀ á y₀; i₀ t₀ S₀ o₀ i₀ á z₀ pi₀ i₀ ð₀
6- M₀ à ng á p; s₀ B₀ Ō ng áp s₀ u₀ t₀ ð₀ h₀ s₀ u₀ m₀ 8 c₀ ó ren.

2. C₀— c₀ u₀ b₀ c₀ nguy₀ nh₀ i₀ t₀ %₀ s₀ đ₀ y₀ c₀ l₀ o₀ m₀ m₀ t₀ %₀ s₀ng c₀—

C₀— c₀ u₀ n₀ y₀ b₀ c₀ hi₀, u₀ cho t₀ i₀ x₀ f₀ b₀ i₀ f₀ t₀ nh₀ i₀, t₀ %₀ s₀ đ₀ y₀ c₀ qu₀ c₀ cao (kh₀ng cho
ph₀ p) trong h₀, th₀ng l₀ o₀ m₀ m₀ t₀ %₀ s₀ng c₀— . S₀ c₀ S₀ m₀ b₀ i₀ f₀ n₀ đ₀ y₀ c₀ %₀ t₀ c₀ v₀ Žn v₀ o₀ phTM ð₀ e₀
tr₀ n₀ c₀, a k₀ t₀ đ₀ y₀ c₀ ho₀ Žc t₀ n₀ %₀ t₀ ng n₀ đ₀ y₀ c₀ %₀ i₀, a₀ %₀ 1/2n₀, b₀ i₀ l₀ p₀ c₀ e₀ b₀ S₀ ng %₀ing h₀ i₀.

- 1- Cấp Óng
- 2- Than ánlđ kim
- 3- V b Û c£m bi¿n
- 4- èn Çú
- 5- VítÁú chÉnh

Hình. 2.3 C ÷a báo nguy n
n °Ù cà m m áutngj .c

Cou t'õ c,,a bš cŠm bifn b<õ nguy nhi,t %õš đŷc đ—ngđ nhđ bš cŠm bifn c,,a %õjng hj nhi,t %õš đŷc lo"i xung %õi,nchđ kh<c đ tron thanh lđng kim không quãn d...y %õi,n trocthanh lđng kim %õc lđt ngđ" c xu•ng sao cho khi b• bifn đng n s^a cong v£ phOEd(v£ phOEa c xuđng %õ ng tđp %õi-m KKÇ l"i).

Khi nhi,t %õš đŷc đm m<t %õng c— đp thđ tđp %õi-m KKÇ cõng"th<i mœ v %õ1/2n ,bi 4 t,t. Khi nhi,t %õš đŷc đm m<t tãng, thanh lđng kim 2 b• n ng n s^a bifn đng v œ nhi,t %õš 96 đ±3°C thđ tđp %õi-m KKÇ %õ ngđr%õ hi,u 4 s<ng l•n.

5. 13.Thông đing ds Ñ (digital)

5. 1.. B ÷u trú cđ a

M•n hñh hi-n th• s• trong mÁi %õjng hj đđng d «ng mđ VFD (m•n hñh hũnh quang ch...n không), mđi %õđt %õ1/2n LED ph<t s<ng hđc mđt LCD (m•n hñh tinh th• lđng). Ki-ũ VFD %õc sđ đ™ng ph" bifn trong c<c %õjng hj hi-n th• s• trong c<c xe %õ'i mÝi.

• jng hj hi-n th• s• c c<c %õđm sau:

- D̄ xem.
- ChOEnh x<c cao.
- • š tin cđy cao nh' hi-n th• s•, không c chi tđt chuy-n %õšng quay.
- Hi-n th• t•t nhót cho mÁi %õjng hj.

Dđđi %õ...y s^a m• tš bšng %õjng đđi mñnh %õn đđ ki-ũ VFD tron xe TOYOTA CRESSIDA.

Hình 5.24: Ống mồi mồi đầu VFD trên xe TOYOTA C

5.1.2 Các dạng hình:

1. Màn hình huỳnh quang chân không

Bao gồm 20 ống huỳnh quang nhúng trong ống kính của xe
hình thành các ống sọc.

+ Cấu tạo.

Màn hình huỳnh quang chân không có cấu tạo như sau bao
gồm 3 phần:

- Mặt bên của ống (cathode).

- 20 ống (anode) được phủ, chế tạo huỳnh quang.

- Mặt trong của ống được phủ các chất phát quang.

Tất cả các chi tiết được lắp ráp trong một buồng kín khí.

Anode được đặt trên các cực của ống, các dây điện tử và các ống anode nằm trên trục
trên mặt của ống, mặt trong của ống được phủ các chất huỳnh quang
phát quang để phát ra ánh sáng.

Các ống được phủ, chế tạo huỳnh quang sẽ phát sáng khi các ống điện tử
vào. Phần anode của mặt trong của ống được phủ các chất huỳnh quang
phát quang trên mặt của cathode, mặt bên của ống được phủ các chất
mặt vật liệu phát ra ánh sáng khi bị nung nóng.

Hình 5.25: Cấu tạo màn hình huỳnh quang chân không
+ Ống kính khi đang chiếu qua các dây điện tử, dây điện tử bị nung nóng
600°C và phát ra ánh sáng.

Hình 5.26: Mà rón hìn nđi u l a u g ch ân k hông

Nfụ sau %o %oi,n < pđ—ng %đ c c p cho c c c %o o ñ hu ñnh quang n bđ c c c %o ñ tñ t— d...y t c. C c c %o ñ tñ n o y sau %o sch'y v o c c c %o ñ hu ñnh quang rji xu ñng mass, sau %o quay l'i c c c d...y t c kft th-c mđt kñu

Khi %o ñ tñ t— d...y t c %o ž p o %o ñ hu ñnh quang, c h t hu ñnh quang s a ph t s ñng (phđi c c p %oi,n < p đ—ng cho c c c %o ñ hu ñnh quang). Nfụ k hông c c p %o ñ < p cho ch-ng ch-ng s a k hông ph t s ñng.

Ch> c n ñng c,,a đ Yi l o %o %o Š m b Š o c c c %oi,n tñ %o ž p o %o ñ c Š c c c %o o ñ hu ñnh quang. Do đ Yi lu o n c %oi,n < p đ—ng t m ±i th'i %oi—m, n t t c Š c c c ph ñn tñ c,,a n %o ñ u h-t c c c %oi,n tñ đ %o ph t ra t— d...y t. Do %o khi %o ñ tñ xuy o n qua đ Yi v o %ž p v o an t ch-ng s a %đ" c chia %o ñ u.

2. M o n h ãnh tinh th- l 3ng

D < ng LED l o m linh k ñn hi- n th o c n đ " c %oi- m o t i o u th TM ñng l Ỗn. Do %o ng o y nay ng đ ta d < ng c c c đ hi- n th o tinh th- l 3ng. Ch-ng thu đ lo'i linh ki,n quang %o ñ b c n d-n.

l c c c h t l 3ng th o ng th đ'ng, c c c ph...n tñ s,p xfp mđt c < ch ng-u nñi C ñn ñe tinh th- l 3ng, c c c ph ñn tñ đ %o s,p xfp c %o ñnh đ ÿng. Khi %o ž t tinh th- l 3ng v o trong mđt %oi,n đ'ng, th ã c c c ph ñn tñ c,,a ch-ng (h ñnh elip) đ s,p xfp theotrđt tđ nh t %o ñnh. ~ V ž y, nfụ chifu <nh s ñng v o tinh th- l 3ng th ã <nh s ñng s a xuy o n qua k hông b ph đ n x" v m, t ta k hông ph t hi,n %đ" c g ã. Khi c đ ñng %o ñ ch'y qua tinh th- l 3ng, c c c h t d-n s a va ch ñm v Yi c c c ph ñn tñ m cho c c c ph ñn tñ b o s,p xfp h ñ lo ñn, m t trđt tđ v do %o nfụ c <nh s ñng chifu v o th ã <nh s ñng đ b o t ñn x", l o m cho tinh th- l 3ng s ñng ch i l o n m, t ta ph t hi,n %đ" c.

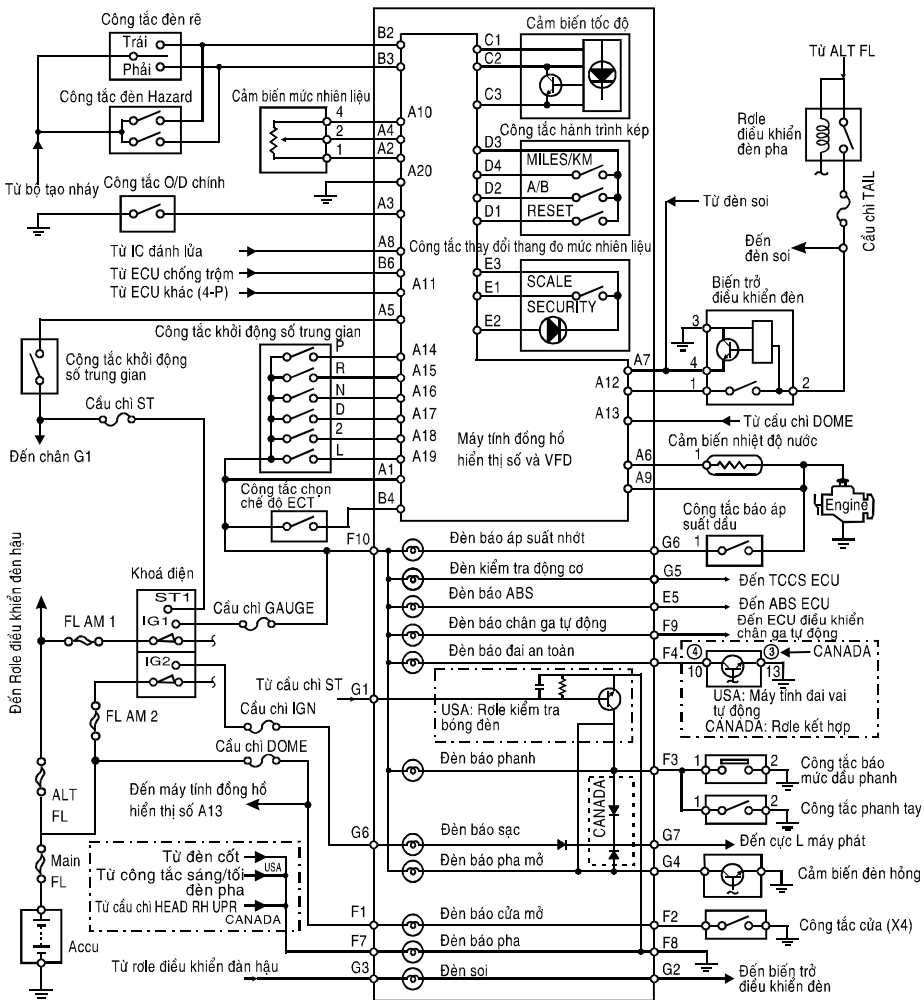
3. M o n h ãnh ba ch ñu (HUD)

M o n h ãnh ba ch ñu (HUD) c %đ" c g ±i v ñ cho ph đ p h ñn th o nh ñng d' li,u t ñm nh ñn ph đ tr đ y c %o ñ u c,,a đ đ i ki. M o n h ãnh HUD %o ñ c sñ d TM ñng trong ng ñnh c ñng nghip m o y bay qu...n s đ t %o h —n 20 n ñm v o ñ %o... y c đ TM ñng cho ng ñnh o t o. o i —m thu ž n l'i ch ñnh c,,a m h ãnh HUD l o ng đ i ki k hông c ñn quan s t th ñng xuy o n khi b đ b đ ñng %o ñ ñ u khi- n. M o ñ c sñ d TM ñng %o ñ ñ trong ng ñnh o t o v o n ñm 1988 ñe ki- u xe Nissan Silvia v ñi b đ nh t b ki- u xe Oldsmobile Cutlass Supreme 1988.

H, th o ng l o m vi, c nh đ sau: t c %o š v ngu ñn c Š m b i f n kh < c %o ñ c k ñ Ech ho t b o e i c c c electron, sau %o t ñ ñ u %đ" c truy ñn v o ñng hu ñnh quang %o ñ k ñ Ech ho t nh ñng

phần trong 7 phần s• hay kOE hi, u %o;ng h; trong •ng. Sau %o c<c phần t¶ quang h±c s² xu¶t ra <nh s<ng t– nh<ng phần •y %fñ kOE nh ch, n gi c, a xe. Nĩg ki c th– nh<n th<y h<nh s<nh th<sc gi•ng nh %oang “ing” yn phOEat<yc xe.

Hình. 5.7 Màn hình Ábu, cũn ã ãn tñ ã h h th ã c c a x



Hình 5.20 Stapen trên Toyota CResida
 5.2.1 Những chi tiết nổi bật
 5.2.1.1 Những chi tiết nổi bật
 1. Sơ đồ chung:

Hình 5.2.10 Yêu cầu dây hệ thống ánh sáng
 1- các đèn phải được phân bố đồng đều trên trục hoành, không được có đèn nào ở vị trí cao hơn hoặc thấp hơn trục hoành. Đèn phải được bố trí ở vị trí cao hơn trục hoành để tránh ánh sáng chói.
 9- đèn phải được bố trí ở vị trí cao hơn trục hoành để tránh ánh sáng chói.
 12 Đèn phải được bố trí ở vị trí cao hơn trục hoành để tránh ánh sáng chói.

- ...y|• h, thông nhóm %Sm bS%oi£u ki, m mi, c ban %m c,, a •••, m<y k®o v• %Sm bS%oi£u ki, n an n o g i a o t h o n g t r o n %o t g. H, t h o n g n • y b a o g m m i c h c i c %o 1/2 n g f u s i n g, c i c c o n g t i c, c y u b S o h i - m m i c h c i c %e n t E n, t h i c i v. v. (h i n h 5.29)

5.2.2 Các yêu cầu trong hệ thống chiếu sáng

5.2.2.1 Các lỗi chiếu sáng

H, thông chiếu sáng %Sm bS%oi£u ki, m mi, c ban %m c,, a •••, m<y k®o v• H, thông n•y gi:m: %1/2n pha, %1/2n (%1/2n chiếu sáng xa v %1/2n chiếu gần), %n sau xe (%1/2n), %n phanh, %1/2n xe, %n chiếu sáng bS%oi£u h i, %n soi sáng bi-n s• xe, %n khoảng l•i, khoảng hình kh•ch, %1/2n ph•t, t E n c h i a Ä

1. Đèn pha, c

•1/2n pha hay %1/2n f u h i x a c c o n g s u c t 5 0 1 0 0 W, p h i c h i f u x a e t n h e t 1 0 0 m p h e a y t x e. C o u t i o c,, a c T M n 1/2 n o p h a i g b n g %1/2n, c h o p h S n c h i f u (pha %1/2n) v• k E n h k b y n, %o t t r i n h b o y t r o n h i n h 5.30

Ch a %1/2n m h p a r a b o n đ p b o n g t h o p k v p h,, b o n t r o n g m s t l y p k i m l o i i p h S n c h i f u t h i n g l • B c, C r o m, N h o m.

D...y t c %1/2n p h a n h %o t t x e m n h t m s t %o i - m s i n g v o o t c %o z t n g a y t i u c s F c,, a c h a p h S n c h i f u p a r a b o n. D...y t l e v o t %o z t n g o t i u c s F c,, a c h a p h S n c h i f u (h i n h 5.30)

Hình 5.10. Các yêu cầu về cấp báo, phanh và đèn nháy quang học của xe máy.
 1. dây tốc pha; 2. đèn báo rẽ

2. Đèn và phanh, Âm thanh

• Đèn: Đèn pha trước phải có công suất không quá 35W. Đèn báo rẽ phải có công suất không quá 5W. Đèn phanh trước phải có công suất không quá 25W. Đèn phanh sau phải có công suất không quá 25W. Đèn báo phanh phải có công suất không quá 5W. Đèn báo phanh phải có công suất không quá 5W. Đèn báo phanh phải có công suất không quá 5W.

3. Các yêu cầu khác

Các yêu cầu khác về kích thước, chiều cao, vị trí lắp đặt, màu sắc, chất liệu của các bộ phận trên xe. Chiều cao trục bánh trước không được vượt quá 100mm. Chiều cao trục bánh sau không được vượt quá 100mm. Khi lắp đặt đèn pha, đèn báo rẽ, đèn phanh, đèn báo phanh phải đảm bảo tầm nhìn của người lái. Đèn báo phanh phải có công suất không quá 5W. Đèn báo phanh phải có công suất không quá 5W. Đèn báo phanh phải có công suất không quá 5W.

Hình 5.3. Kết cấu của công nghệ truyền tải nguyên lý mạch iCn
 a. Sơ đồ truy cập ùng thu ÷ lĩc, b. Sơ đồ truy cập ùng
 1- k d«n, dS m àng, v 3h ùp, m 4ng ti 2p - iCn, o5 5u7ti 2p iCn Ón
 th ỹ i àl 5u b ̄ d ỹ k N i 8 c á c h - i 2 m, ù p, m àng, n 1p1, 1 l 2 ò x o-, t 2 p
 i ỹ m b ± ng b i 5 u b 4 t d ỹ h a r ỹ d ỹ ng d « n i C n.

5.2.2.2 Công ṭc %oi£u khi-n

1. Công ṭc chính

Công ṭc chOE nh ki-m so t ho t %o šng c, a c 4n %o h i u s < ng. T ỹ n c < c xe •
 t • % ỹ c ỹ, c ỹ ng t ỹ c n ỹ y % ỹ £ u khi-n tr ỹ c t i f p s ỹ ho t % ỹ šng c, a c 4n % ỹ C ỹ ng, t
 n ỹ y % ỹ t c n ỹ i tr ỹ c t i f p v ỹ i c ỹ c t ỹ — ng c quy qua c ỹ u n ỹ i an t ỹ. Trong m ỹ c h
 % ỹ 1/2 n th ỹ ng tr ỹ ng b r — le ng m ỹ c h (b ỹ s o v, theo ng u y n l 1 n h i, t) thay cho c ỹ u
 ch ỹ % ỹ b ỹ s o v, m ỹ c h. Khi x ỹ s y r ỹ ã h t ỹ ng s ỹ c • (qu < t ỹ i), r — le n h i % ỹ ng, ng, t
 m ỹ c h % ỹ 1/2 n pha li ỹ n t ỹ c gi ỹ p l ỹ i xe v-n quan s ỹ t ỹ c % ỹ t ỹ ng % ỹ — % ỹ i £ u khi-n x ỹ v
 l ỹ £ % ỹ ng % ỹ Š m b ỹ s o a n t ỹ o

• a s • c < c c ỹ ng t ỹ c % ỹ 1/2 n • t • l ỹ i n ỹ y thu ỹ c l ỹ i k ỹ o t — ng n ỹ c n h' m ỹ t n-t
 k ỹ o c k 1 h i u É % ỹ 1/2 n É. C ỹ ng, t c 3 v •
 trOE: É É: % ỹ 1/4 y h f t n-t k ỹ o o v s a ng, t
 m ỹ c h t ỹ n b ỹ c < c % ỹ 1/2 n. v trOE % ỹ ỹ A xe: k ỹ o
 r-t n ỹ c 1 s a b ỹ t s < ng c < c % ỹ n % ỹ o xe v
 % ỹ 1/2 n sau xe: v trOE l ỹ i b r a % ỹ o m: k ỹ o r-t
 n ỹ c 2 s a c, t % ỹ n % ỹ o xe v b ỹ t s < ng % ỹ n
 pha hay t. C < c % ỹ 1/2 n kh < c v n s < ng n h t
 khi b ỹ t n ỹ c 1. • i khi c ỹ ng t ỹ c % ỹ t ỹ c
 tr ỹ ng b th ỹ m b i f n t r o e % ỹ i £ u khi-n h n-t
 b ỹ t % ỹ 1/2 n, b i f n t r o e % ỹ — % ỹ i £ u ch ỹ t i m g ỹ o š
 s < ng c, a % ỹ 1/2 n soi ỹ š ng % ỹ o j ng h j.

Hình 5.3. Ô n ỹ g è n

2. Công nghệ to iCn pha, c Ñ t

Trong m ỹ c h % ỹ 1/2 n pha • t c th • m c ỹ ng t ỹ c % ỹ p ch... r ỹ ng % ỹ ch u y - n n ỹ c < n h
 s < ng t — ch i f u s < ng xa sang n ỹ c < n h s < ng g ỹ n h o ỹ c n g i. K f t c ỹ u c, a c ỹ ng t ỹ c pha
 c ỹ t % ỹ p ch... n t ỹ t r ỹ n h ỹ n h 5.33

Hình 3.3. Kết cấu ổ trục xe ô tô loại máy kéo

Hình nay, trên trục xe • t vi, c %oi%u khi-n c/c m"ch %oi, n% s% dTMng c/c- le %o%h t- %oi%u khi-n trung giamc•ng t, c %oi%u khi-n c/c m"ch %o% c%Ši tijn v l, p %o%Žt c %o% ngay đđi v l•ng ki. (hnh 5.34)

Hình 4. Công tỔng hập iÁu khiẤm xe áKatriap 105115 Tay công itÁu kènẤtrÁi iÁu kènẤnh tèn b•, òi%Çn. Tay công t̄c iÁu kènẤnh b• iÁu kh iÁc n l•g ut má òk i%h, c

5.2.2. B tMs Ñ mịch iÇn chi u sáng

1. S—i%o% cu d...y m"ch %o% chi u s'ng %oi%u khi-n trŞc tijn (hnh 5.35)

Hình 5.35 Ó S ÷ u d ÷ c h i Ç n c h i ÷ u s á n g i Á u l

2. S— %oç u d...y m"ch%ç h i u s < n g %oi£ u k h i - n g i < n t i f o r t x e H y u n d a i

Hình 5.36 Ó S m i c h i Ç n c h è n u p h á n t g c i Á u k h i ã n g i á n t i
5.3.1.1. C á c ò n ÷ á o r

R— le ½n b...i, n t— RC 57 B g...i th...p s9 tron ... qon cušn d...y ...i, n t— khoŠng 50 ...ng, ...ng k...Enh 0,75 mm.» Lth...p...t t'n chŽt v'Yi gi' 11. Cušn d...y ...bit— %...c ...cu n...i t'fp v'Yi c'c %...n 13 l...c'c %...½n b...ph...Ea...i'c v...ph...Ea sau xe. C'c k' th...p ...n t'fp ...i—m 1...%...h...n ngay v...o l'...i th...p 9. V...%...d ...oi...Eu ch'nh t'...n s... nh...p nh...y. ... tr'ng th...i kh...ng l'vi, c t'fp ...oi—m 5 m...e do s'c ...ng c,,a d...y ...oi, n tro...e C...miken 3, ...u d'Yi c,,a d...y 3...%... lu'jn qua h'n bi thu...Á tinh 2 v«a l...m ch'...t ...ng v—a...%... c'ch ...oi, n. ...i, n tro...e ph...T... R...c song song v'Yi t'fp ...oi—m c...t'c d...T...ng giŠm tia l'...a ...o'ng th...im l...i c'c %...½n khi t'fp ...oi—m m...e ½...%...hu...e bŠng ...o'ng h'j 12...%...m, c nh'...t tron h'nh v'. C— cu ...%...n b...o'f ch'...t ...m vi, c b'nh th'ng khi l...p ...%, c'c %...n v...%...ng c...ng s'ut b ng %...n.

b. Nguy...n l' l...m vi, c

Khi mu...n r^a v'... b...n n...o ng'...i ki xe b'Žt c...ng t...c v'... b...n %... %...%... ng m'ch ...oi, n... hai ...½n ...v'... sauce ph...Ea Khi ... s'...ng ...%...n ch'...y qua ...%...n theo ch'...u m'ui t'n. D'ng ...%...n qua d...y 3...h n ng d...y v...n gi'...n d...i...ng Šm s'c ...ng

Hình 593 S jÓ jc...u...n b...đ v'...i l...e...Áku i...n t...e

a. R j le ...e ... b...đ P C 5 7 l...e b...e R ...á l...o'ri P C-5 V i B...Á ú l ch...É n r vi...n b...t th...i h...đ...đ...y c-n...ô l...e n, l...á th...p ti...p i...Á j n p, 5...Á m...t...j p...b i...Á m ph...á ...e...ng ...u, ...m i...Á b...É...h, l...á Ó n...đ l...x o-, l...đ i th...é-pl...á...đ...ti, i...Á m ph...á g...i...á, l...á n...đ...u, - l...c...á c...e n...b, á...đ...đ...n...đ...e n b...á...đ, r...Á C- , K k...ý Ch...ú c...á c... § u b...-f...đ...đ...y, y A q

Trong khi ... c...n d...y ...oi, n t— t— h...x...ilth...p 9...b l...n l...š...c h...t c'...n t'fp ...oi—m...v l...m t'fp ...oi—m 5 ...ng l'...i. T'fp ...oi—m ...ng ...oi, n tro...e ph...T...v...n...i t...t do ...o d'ng ...%...n trong m'ch ...%...n t...ng l...m cho ch...ng s'ng...rl. Khi ... kh...ng c...đng ...%...n trong d...y 3...n n l'...i nguš...i ...oi v...co l'...i k...o t'fp ...oi—m 5 m...e ra. Khi t'fp ...oi—m 5 m...e v'đ'ng ...%...n ph...Š...i qua ...oi, n tro...e R...%...n tro...e c,,a d...y 3...m c'ng ...oš giŠm v...c'c %...½n b...o'f kh...ng s'ng hoŽc s'ng yfu.

Sau ...o f'ip ...oi—m l'...i ...ng v...qu... tr'nh...e th'f l'Zp l'...i v'Yi t'...n s... khoŠng 60 120 l'...n / ph-t.

5.3.2 Ồn

5.3.2 Nguyên lý dâm vi

a. Cầu t'o

S— cầu t'o c trnh b•y tron hnh 5.40

Hnh 5.40 Ó c•u ði•c• lo ài rung
1- loa c•i), a2 rung m•ng th•p ði4-5 kh•ng th•p, óng, •n
th•p lò-x•j 8 h•p ð•n d•y, -Nc, ãm2, -Nc iÁu ch-É•h, i/
kh•n, -1•n ti•p iÁm- 5) m h•j; 1p5 iÁm - ð•ng c•n, ð• 7 éng
ti•p iÁm, § u 8 b• d•y; n1•m c•i, c•n0 trß ph•c, c•u•y.

Kh•ng th•p 5, t•m c 6 v•tr™ 17 %c t•n chŽt v•i v³ 4 c,,a c•i. Kh•ng th•p 5 v•
l»i th•p ð 8 %c l•m b•ng th•p k• thuŽt %oi,n»L th•p 8%•c vŽn v•o tr™c
%•u khi-n 13 v•h•m b•ng •c 10. Tr™ %oi•u khi-t•n chŽt v•i m•ng th•p 3.
• Áa rung 2•n b•ng nh•m %o- t'o ... ð•ng v•m>c %oš ð•t kho<t c,,a ... m thanh.
Tr•n tr™c 6 c b,t k th•p lxo 7 v• %•u kia c,,a k th•p lxo %•c b,t chŽt v•o
tr™ %oi•u khi-n 13.

Cušn d...y •c9 %•c qu•n t•n l»i c,,a kh•ng th•p 5, mšt %•u d...y n•i v•i cšc
đ•—ng, a ,c qui c•n %•u kia n•i v•i m•t th•ng qua ti•p %oi-m KK• n-m c•i
19. C<c m< v•Et vonfram,cti•p %oi-m KK%•c t•n chŽt v•o c•n ti•p %oi-m tÁnh
14 v• c•n ti•p %oi-m %ošng 15 (b•ng l< th•p). ch-ng c<ch %•n v•i nhau
%•ng th'i c<ch %oi,n v•i tr™ 17•v•c %oi•u ch•nh 11. Song song v•i ti•p %oi-m c
m,c t™ %oi,n 16 hoŽc %•c ph™ 20 %o- giŠm tia l•a %oi,n •e ti•p %oi-m. C<c %o•
b,t d...y •c %•c b• tr•E ngay •n v³ c•i v• c<ch %•n v•i v³ c•i b•ng c<c •ng
ch•t d•o.

b. Nguyên lý l' l•m vi,c

Khi •n n-m c•i 19, t•c l• n•i mšt d...y •c ra m•t sª c d•ng %•n t-
đ•—ngc qui qua cušn d.y 9, fi•p %oi-m KK•n-m c•i, m•t , ...m•c qui. L-c n•y
kh•ng th•p 5•đ•ng %•n c,,a cušn d...y 9 t- h•n n h-t l»i th•p 8 x•ng v•
k•o theo t™ %oi•u khi-n 13 %oi xu•ng ðho m•ng 3 b v•ng x•ng. Trong khi
%o l< th•p 7 v• 15m•ng b• u•n cong xu•ng •n ti•p %oi-m KK•n•e ra.

Khi tíf p %oi-m mœng %õn trong cušn d...y 9 mœt %oi khung th@p 5 khong b• t- ho< n'a n•n mœng 3 b bzt v£ v• trOE ban %o%u do %õn c,,a mœng v• c<c l< th@p l' xo 7, 15. c 11 khong t<c d™ng %õn cœn 15 n'a rœn tíf p %oi-m KK'i %o ngl'i trong cušn d...y 9 l'i suœt hi, n'ng %õn v• tíf p %oi-m KK'i mœ ra v.v..C) nh† thf tíf p %oi-m cœg l>i th@p 8, t™ 13 v mœng 3 rung %õng vYi tœn s• t- 200´ 400 chu R trong mšt gi...y m cho khong khOE %o cœng b• rung %ošng v• ph<t ra tífng kœu.

5. 2. 2 SÓ %u d â y qœdœc r

a. S— %o

R— le ã d<ng %õ gišm ãng %õn qua n-m c'i trong tr†ng h"p l, p 2 ´ 3 c'i khi %õ ãng %õn qua n-m c'i ch† † ãng %õn c,,a cušn d...y† le ã c c†ng %oš ãng %õn khong qu< 0,5 A.

Nhíng chi tíf t ch,, yfu c,,ar— le ã trœn hñnh 5.42gim khung t- 5, †i th@p 4 trœn %o c qœn cušn d...y 7, cœn tíf p %oi-m 3 , vœu hñn chf cœn tíf p %oi-m 2, gi< m< vOE tAnh 1, l xo 6 c<c %u b, t d...y k' hi, u K, B, C. Tíf p %oi-m KK, a r— le c'i b'ng b" c v bñnh th†ng œ trñng th'i mœ.

Hình 5. 51 Ó %u d â y qœdœc r
1- giá má) nh† %u h j n ch z c š n ti š m tii
iÃ m, - Kõ i thé p h ã rœg - 6l ò x œ, u ã n d â - y ç ò 8 ;
n ú m c ò i, CK k B ã i š u b t d â y q u A y q

b. Nguyœn l' lœm vi, c

Khi bœm ãi m"ch cušn d...y 7† %õ kh@p kœn vYi , c qui do %õ trong cušn d...y c,,a† le c ãng %õn ch"y qua chi£u mui t li £n tœn hñnh v. ãng %õn trong cušn d...y 7 sª t- ho> il th@p 4 v• h-t œn tíf p %oi-m œ xung lœm cho tíf p %oi-m KK%õ ng' li t<c l • %õ ng mch chœnh c,,a c'œi œ. ãng %õn t- ngu j n , c qui %õfn c'c'ic%õ† t†"ng trñng bñng mui tœn chœm khuœt nh† trœn hñnh v.

CH Ñ NG : 6 H E T H Đ N G I Ò A N H E I T Ø
6. 1. SÓ c %u trúc hç th ã m g t i ã u ã n t ô

6.1.1. Các yêu cầu vận hành

6.1.11. Điều kiện không khí

• Điều kiện không khí tại nơi lắp đặt máy lạnh phải đảm bảo như sau: Nhiệt độ không khí trong phòng lắp đặt máy lạnh phải nằm trong khoảng 18-24°C, độ ẩm tương đối phải nằm trong khoảng 40-70%. Điều kiện không khí tại nơi lắp đặt máy lạnh phải đảm bảo như sau: Nhiệt độ không khí trong phòng lắp đặt máy lạnh phải nằm trong khoảng 18-24°C, độ ẩm tương đối phải nằm trong khoảng 40-70%.

6.1.21. Điện áp và công suất

• Điện áp vận hành của máy lạnh phải nằm trong khoảng 220V ± 10%. Công suất tiêu thụ điện năng của máy lạnh phải nằm trong khoảng 1200-2400W. Điện áp vận hành của máy lạnh phải nằm trong khoảng 220V ± 10%. Công suất tiêu thụ điện năng của máy lạnh phải nằm trong khoảng 1200-2400W.

6.1.31. Môi trường lắp đặt

• Máy lạnh phải được lắp đặt trong phòng kín, thoáng mát, tránh ánh nắng trực tiếp chiếu vào. Nhiệt độ phòng lắp đặt máy lạnh phải nằm trong khoảng 18-24°C. Độ ẩm tương đối phải nằm trong khoảng 40-70%. Máy lạnh phải được lắp đặt trong phòng kín, thoáng mát, tránh ánh nắng trực tiếp chiếu vào.

• Nhiệt độ phòng lắp đặt máy lạnh phải nằm trong khoảng 18-24°C. Độ ẩm tương đối phải nằm trong khoảng 40-70%. Máy lạnh phải được lắp đặt trong phòng kín, thoáng mát, tránh ánh nắng trực tiếp chiếu vào.

6.1.41. Môi trường lắp đặt

• Máy lạnh phải được lắp đặt trong phòng kín, thoáng mát, tránh ánh nắng trực tiếp chiếu vào. Nhiệt độ phòng lắp đặt máy lạnh phải nằm trong khoảng 18-24°C. Độ ẩm tương đối phải nằm trong khoảng 40-70%. Máy lạnh phải được lắp đặt trong phòng kín, thoáng mát, tránh ánh nắng trực tiếp chiếu vào.

6.1.5. Các yêu cầu vận hành

a. Sử dụng máy lạnh đúng cách: Trước khi sử dụng máy lạnh, cần kiểm tra xem máy có hoạt động bình thường hay không. Khi sử dụng máy lạnh, cần để cửa phòng đóng kín để máy lạnh hoạt động hiệu quả. Nhiệt độ phòng lắp đặt máy lạnh phải nằm trong khoảng 18-24°C. Độ ẩm tương đối phải nằm trong khoảng 40-70%. Máy lạnh phải được lắp đặt trong phòng kín, thoáng mát, tránh ánh nắng trực tiếp chiếu vào.

Hình 1: SƠ CỤ THỂ HỒ THỦY THỂ THỰC HIỆN LĨNH ĐỘ TÔ
 A. Máy nén B, B (áp suất cao) và C (áp suất thấp); D. Công
 tắc áp suất cao; E. Van xả phía trên; F. Van xả
 phía dưới; G. Van xả

- b. Nguyên lý hoạt động chung của hệ thống như sau:
 - + Khi hệ thống hoạt động theo chế độ bình thường sau khi khởi động.
 - + Khi chế độ làm lạnh (A) chuyển sang chế độ sưởi (B) hay ngược lại, van xả phía trên (E) mở để xả khí gas nóng ra ngoài.
 - + Khi chế độ sưởi (B) chuyển sang chế độ bình thường (A), van xả phía dưới (F) mở để xả khí gas nóng ra ngoài.
 - + Khi chế độ sưởi (B) chuyển sang chế độ sưởi cao, van xả phía dưới (F) mở để xả khí gas nóng ra ngoài.
 - + Khi chế độ sưởi (B) chuyển sang chế độ sưởi cao, van xả phía dưới (F) mở để xả khí gas nóng ra ngoài.
 - + Khi chế độ sưởi (B) chuyển sang chế độ sưởi cao, van xả phía dưới (F) mở để xả khí gas nóng ra ngoài.

Không khí từ bên ngoài vào qua cửa hút (Bổ sung khí). Khi hệ thống
 hoạt động bình thường, hệ thống qua cửa hút khí, do hệ thống sưởi
 của hệ thống sưởi nhanh chóng trong không khí
 của hệ thống sưởi. Khi chế độ sưởi chuyển sang chế độ sưởi cao, van xả phía dưới
 mở để xả khí gas nóng ra ngoài. Khi chế độ sưởi chuyển sang chế độ sưởi cao, van xả phía dưới
 mở để xả khí gas nóng ra ngoài. Khi chế độ sưởi chuyển sang chế độ sưởi cao, van xả phía dưới
 mở để xả khí gas nóng ra ngoài.

giảm xuống, t'ò n không khởnh. Mọi chột l'nh ỏ th-h-i, dĩ nhi,t %oš cao v' p suct th'p %c hji v£ m'y n©n.

c. V' tr'p %ošt c,,a h, th'ng %oi,n l'nh %t • t•.

- • i v'Yi xe du l'ch di,n t'ech trong xe nh'v'zy h, th'ng %oi£u %a %t l,p ỏ ph'ea t'c (t'p l•) ho'c ph'ea sau (c'p x'p %šm b'š %c vi,c cung c'p kh' m't v'o trong xe khi ỏn thift.

- • i v'Yi xe kh'ch di,n t'ech trong x'nl nfu l,p h, th'ng %oi£u %a gi'ng xe con th' đ' kh'ng %šm b'š m't to'n b's xe hay qu' t'nh l'm m't đ' k'om %oi nhi£u.

V' v'zy xe kh'ch %c l,p h, th'ng %oi£u %a tron tr'yn xe %o- %šm b'š m't to'n b's xe t'ò ra c'sm gi'c tho'si m'i ch'nh kh'ch tron xe.

Hình 62: S ố b ỗ trí các b ộ ph - n c ủa h ệ thống lái

Hình 63: S ố b ỗ trí các b ộ ph - n c ủa h ệ thống lái
6.1.1.6 Các chi tiết chính trong hệ thống lái
Các thành phần chính của hệ thống lái bao gồm: Máy nén, bơm dầu, bình lọc, van tít tu, bể lọc dầu. Trong phần 1 này chúng ta sẽ tìm hiểu

Hình 6.4 Quá trình biến thái của mô đun h và g khi
1. Máy nén

a. Cách nén

Máy nén nén đng khCE ở trng thi c nhiệt độ thấp. Sau đó khCE
này được nén, chuyển sang trng thi khCE c nhiệt độ cao và thể tích
tỷ giảm. Máy nén là bộ phận quan trọng nhất trong hệ thống lạnh, công
sức, chế tạo, tu sửa và độ bền của hệ thống lạnh phụ thuộc vào máy
nén quyết định. Trong quá trình làm việc của máy nén có khoảng 5-8,1. Tỷ số
phTM thuộc về nhiệt độ không khCE môi trường xung quanh và loại môi chất lạnh.

Hình 6.5: Kết cấu của máy nén

b. Phân loại

Nhiều loại máy nén được sử dụng trong hệ thống lạnh, loại máy nén có
các bộ phận chuyển động như trục khuỷu, trục khuỷu, trục khuỷu, trục khuỷu
loại máy nén được chia thành các loại khác nhau: Nén khí c ρ thấp
tức là bộ phận chuyển động chuyển thành khí c ρ cao bằng cách nén khí
Thời gian trước đây, hầu hết các máy nén sử dụng hai piston và trục
khuỷu, piston chuyển động tịnh tiến trong xy lanh, loại này không cần

- Nguyên lý hoạt động.

Khi trục quay quay với vận tốc ω cho piston dịch chuyển qua trục chốt qua lỗ. Khi piston đi qua trục chốt, nó đẩy trục chốt xuống dưới. Khi piston qua trục chốt, nó đẩy trục chốt lên trên, nhờ đó trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục quay.

Hình 6.8 Sơ đồ nguyên lý máy biến áp piston

Khi piston sang phải, trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt xuống dưới. Khi trục chốt trong trục chốt cao, trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra. Khi trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra (trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt). Khi trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt, trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt. Khi trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt, trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt.

Hình 6.9: Vị trí lắp ráp hoàn chỉnh

Van an toàn được lắp đặt khi lắp ráp. Khi lắp ráp, trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt. Khi trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt, trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt. Khi trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt, trục chốt của trục chốt đẩy trục chốt ra khỏi trục chốt của trục chốt.

Hình 160 Cấu tạo máy nén loại (a) l - c
 - Nguyên lý hoạt động của máy nén loại (Hình 6.11)

Khi trục quay, chốt dẫn quay qua cửa thông qua cửa nạp vào trục tiếp với trục. Chuyển động quay của cửa nạp chuyển thành chuyển động của piston trong xylanh thực hiện việc nén khí trong mỗi chu kỳ. Thay vì dùng trục dẫn quay, người ta dùng trục vít để dẫn động van hút khí vào cửa nạp và dẫn động van đẩy khí vào cửa đẩy.

Khi piston dẫn động van hút, áp suất và nhiệt độ trong buồng hút thấp (Suction) hơn nhiệt độ môi trường xung quanh, không cho áp suất cao từ buồng đẩy cao thông vào buồng hút của cửa nạp, cửa đẩy của cửa nạp mở và trục vít hút khí vào.

Khi piston dẫn động van đẩy, áp suất và nhiệt độ trong buồng đẩy cao hơn nhiệt độ môi trường xung quanh, không cho áp suất cao từ buồng hút cao, cửa đẩy của cửa đẩy mở và trục vít đẩy khí vào.

Hình 1.1: Nguyên lý hoạt động máy nén loại a) và b)

- + Máy nén trục khuỷu
- Cấu tạo.

Hình 1.2: Cấu tạo máy nén loại trục khuỷu

- Nguyên lý hoạt động của máy nén loại trục khuỷu.
- ! máy nén khí dùng chuyển động quay của trục khuỷu để chuyển đổi chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến qua lại của piston.
- 2. Lý thuyết.
- Lý thuyết cơ bản về động cơ piston. Lý thuyết thiết kế bộ phận của máy nén khí.
- Về máy nén. Lý thuyết động cơ piston của máy nén khí.
- a. Cấu tạo.
- Lý thuyết về các bộ phận Stator (nam châm...magnet), puli, bề mặt phôi...các bộ phận khác. Bề mặt của trục khuỷu của trục máy nén khí stator của máy nén khí.

Hình 6.3: Cấu tạo của ly hấp iChn tề
 - Nguyên lý hoạt động của ly hấp iChn tề.
 Khi ly hấp mở, cuân d...y stato...c p...oi,n. Stato tro...thm namch...m...iv...
 h-t ch...t trung t...m, quay m...y n...ng v...i puli.

Hình 6.4: Nguyên lý ùng của ly hấp iChn tề
 Khi ly hấp t...t, cuân d...y stato kh...ng t...c p...oi,n. B...p h...n ch...t kh...ng b...
 h-t l...m puli quay tr...n.

Hình 5. Nguyên lý ùng của ly hấp iChn tề
 3. B...ng t...ng t...M (Ch...n n...ng).
 a. B...n n...ng c...c...n...g...t...ng
 C...ng d...t...M...ng c...a b...ng t...M...l...m cho m...i ch...t l...nh...c...e th...h...i d...i...p...s...c...t...v

nhiệt độ cao, tốc độ nén lớn, nhiệt độ tăng nhanh
b. Ưu điểm.

Bổ sung các cấu tạo bên ngoài kim loại để công trình nhiều hình
chức năng khác nhau, xuyên qua các thành phần nhiệt động. Các cấu tạo này
bổ sung quanh kim loại. Khi thi công cần lưu ý cho bổ sung các điều kiện
nhiệt độ và không gian chi tiết thi công.

Hình 6. Cấu tạo của ống (Bảng)

1. Giàn; 2. Ống dẫn nóng; 3. Rãnh vào; 4. Không khí; 5. Nhiệt độ; 6. Nhiệt độ; 7. Không khí; 8. Nhiệt độ; 9. Ống dẫn nóng; 10. Các chi tiết

Trong các bổ sung các lớp rỗng ngay trên bề mặt, phần này tăng nhiệt độ
nhiệt độ, các ống dẫn nóng và các ống dẫn nóng tiếp nhận nhiệt độ lượng không khí
mặt trời xuyên qua do các ống dẫn nóng do quá trình ra.

c. Nguyên lý công.

Trong quá trình hoạt động, bổ sung nhiệt độ bên ngoài môi trường để
sức nóng nhiệt độ cao do tốc độ nén lớn. Bên ngoài môi trường nhiệt độ
bổ sung qua các lớp bên ngoài phần ống dẫn nóng, dòng bên ngoài tiếp xúc
trong ống dẫn nhiệt độ và dòng xuyên phần ống dẫn nhiệt độ các chi tiết truyền qua
các cấu tạo nhiệt độ và các ống dẫn nóng mặt trời. Quá trình trao đổi nhiệt độ
mặt trời nhiệt độ rất lớn vào trong không khí. Các nhiệt độ các chi tiết
chi tiết bên ngoài nhiệt độ tăng nhanh các ống dẫn nhiệt độ mặt trời
môi trường bên ngoài nhiệt độ tăng nhanh các chi tiết bên ngoài.
Để tăng sức nóng bên ngoài môi trường, các chi tiết bên ngoài các cấu tạo
thoát ra để tránh bên ngoài bổ sung nhiệt độ, theo dòng dẫn bên ngoài các chi tiết
Giàn nhiệt độ các chi tiết bên ngoài môi trường trung tâm hai phần ba phần
bổ sung nhiệt độ và các chi tiết bên ngoài, mặt phần ba phần ống dẫn nhiệt độ
bên ngoài, nhiệt độ các chi tiết bên ngoài bổ sung nhiệt độ.

Ngày nay trên xe đạp ta trang bị giàn nhiệt độ kép hay các giàn nhiệt độ
hàng loạt như hình ảnh bên dưới đây các chi tiết bên ngoài các chi tiết bên ngoài
mặt trời chu trình.

Hình 8. Quy trình gia công kép (Giàn) ống tích h
 Trong hệ thống c gi•n l•nh t•ch h"p, mỗi chốt l•ng t•ch luy trong b• chia
 h—l•ng, n•n kh•ng c•n b•nh cha ho•c l•c ga. Mỗi chốt t•c l•m m•t t•t c•
 v•ng l•m m•t tr•y•c b•m tăng năng s•t l•nh.

Hình 8. Chu trình nh• là r• h•ng nh•ng đ•p h h
 i chu tr•nh l•m l•nh c,,a gi•n n ng l•m m•t phTM, b• chia o"t %•đng nh• l• b•nh
 ch•a, b• h-t ¼m v• l•t tr' m•i chốt c• đ"ng l•ng b•n trong b• chia. Ngoi ra
 m•i chốt t•p tTM c•t l•m m•t c• b• ph•z•m m•t %• %•c chuy•n h•n to•n
 th•nh đ"ng l•ng v• do %• k•đ n•ng•m m•t %•t•c c•đi thi,n. Trong b• chia c b•
 ph•z•n l•c v• h-t ¼m %•o- lo"i tr—h•¼m c•ng nh•v•t th• l" trong m•i chốt.
 B• ph...n chia h•l•ng bao g•m m•t phi l•c v• chốt h-t ¼m %•o- gi'•h•i n•y•c v•
 c•đn b•¼n c,,a m•i chốt.

4. B•nh l•c (h-t ¼m m•i chốt).

a. C l•c n ng .

B•nh cha l• m•t thi•t b• %•o- ch•a m•i chốt %•o- h•o• l•ng t"m th'i b•ei gi•n
 n ng v• c•ng c•p m•t t"ng m•i chốt theo yu c•u t•y•i gi•n l•nh. B• h-t ¼m c
 chốt h-t ¼m v• l•t Y•i l•c đ•ng %•o- lo"i tr— c•c t"p chốt ho•c h•c•m trong chu tr•nh
 l•m l•nh

Hình 5. Cấu tạo của bộ - đũa h
 Nfuc h—m trong chu ãnh l•m l'nh, thĩ c'c chi tift œ %o s' b•mm^n hoŽc
 %o ng b'ng b'n trong van gi©n œ d-n %ofn b• t,c k'At.
 bC¥u tjo ã p' b' d'
 B'nh ±c (h-t ¼m) m•i chõt l'nh•mšt b'nh kim löi b•n trong c l'Yi ±c (2)
 v• chõt kh¶ ¼m (3). Chõt kh¶ ¼m v'zt li,u c %oŽc tOEh h-t chõt l'Yi l-n
 trong m•i chõt l'nh. B'n trong b'yu ±c/h-t ¼m, chõt kh¶ ¼m v'zt gi'a hai
 l'Yp l'Yi ±c hoŽc %c ch'a trong mšt t-i kh¶ ¼m ring. T-i kh¶ ¼m %c %oŽt
 c• %o•nh hay %oŽt t§ do trong b'yu ±c. KhS n'ng h-t ¼m c,,y chõt thušc
 v•o th- tOEch• v' i chõt h-t ¼m c'ng n' tu° thušc v•o nhi,t %oš.
 PhOEtr•n b'nh ±c (h-t ¼m) c g,n c¶a s' kOEh (6) %o- th'ed' dg chŠy c,,a
 m•i chõt, c¶a ny c'n %o±c g±i l• m,t ga. B'n trong b'yu ±c, •ng tift p nhžn m•i
 chõt l'nh %c l,p %oŽt b• trOE tžn phOEa %o'y b'yu ±c nh°m tift p'nh 100%
 m•i chõt th- l'ng c'ng c'pho van gi©n œ.

- Hình 6.20 S jÓ c ¥u t j o i m h đ b
1. íG ào Đ ng t i j p nh-n
 2. L Òi l íc 5. C ía ra
 3. E h k hí © m 6. K ính quan sát
- c. Nguy ên t lý ù h g

Mỗi chốt l'nh, th- l'ng, ch'ŷy t- b's đ'ng tTM v'o IÃ (1) b'nh l'c (h-t ¼m), xu'yn qua l'p đ'ŷi l'c (2) v' b's kh'ŷ ¼m (3). Ch'ot ¼m t'jn t'ï trong h, th'ng l' do ch-ng x...m đ'p v'o trong qu' tr'nh l'p r'p s'ŷa ch'a ho'c do h-t ch...n kh'ng kh'ng %t y'ou c'ŷu. N'fu m'oi ch'ot l'nh kh'ng %c l'c s'ch bTMi b'¼m ch'ot ¼m th' c'c van trong h'th'ng c'ng nh' m' y n'ŷn s'ch ng b' h'ng.

Sau khi %đ' tinh khi'ft v' h-t ¼m, m'oi ch'ot l'ng chui v' o'ng t'fp nh'zn (4) v' tho't ra đ'ŷa (5) theo o'ng d-n %o'fn va' đ'ŷi o'e.

M'oi ch'ot l'nh R-12 v' m'oi ch'ot l'nh R-134a đ'ng đ' h-t ¼m lo'ï kh'c nhau. N'ng t'fp nh'zn m'oi ch'ot l'nh %c b' tr'OE ph'OEantb'nh t'OEch'ŷu M'st đ'ŷi l'c tinh c' c'ng dTMng ng'xn ch'zn t'p ch'ut' h'th'ng trong h' th'ng. B'n trong l'đ'ŷi l'c c' IÃ th'ng nh' cho ph'ŷp m'st OE t' d'ŷu nh'n tr'oe v' l' m' y n'ŷn.

K'OE nh' quan s't IÃ %o- ki-m tra %s'ŷ dTMng %o- quan s't m'oi ch'ot tu'ŷm ho trong chu tr'nh l' m'nh c'ng nh' %o ki-m tra đ'ng m'oi ch'ot.

C hai lo'ï k'OE nh' ki-m tra: M'st lo'ï %c l'p o'e %o'ŷu ra c,,a'nh cha v' lo'ï kia %c l'p o'e gi'a b'nh cha v' van gi'ŷn o'e.

5. Van t'ft l'p hay van đ'ŷn o'e.

a. é b n ng.

+ Sau khi qua b'nh ca t'ch ¼m, m'oi ch'ot l'ng c' nhi,t %o's cao, <p su'ct cao %c phun ra t- IÃ t'ft l'p. K'ft qu's'ŷ m'oi ch'ot gi'ŷn o'e nhanh v' b'fn m'oi ch'ot th'nh h-i s'đ-ng c' <p s'ut h'p va' nhi,t %o's th'p.

+ Van t'ft l'p %o'ŷu ch'đ'nh %c l'đ'ng m'oi ch'ot c'p cho g'n l'nh theo t'ŷi nhi,t m'st c'ch t'ŷ %o'sng.

b. P h â j ñ . l o

Hình 6. S'ŷO c'ŷu t'jo c'ça° van t'ft l'p

+ Van đ'ŷi l'p ki-u h'p.

Van t'ft l'p ki-u h'p g'jm thanh c'ŷm >ng nhi,t, ph'ŷn c'ŷm >ng t'đ' c' th'ft kf %o- t'fp x-c tr'ŷc t'fp v'ŷi m'oi ch'ot.

Thanh c'ŷm >ng nhi,t nh'zn b'ft nhi,t %o's c,,a m'oi ch'ot (t'ŷi nhi,t) t'ï c'ŷa ra c,,a gi'ŷn l'nh v' truy'ŷn %o'fn-hi c'đ' tr'ŷn m'ŷn. L'p l'đ'ng c,,a m'oi ch'ot %c %o'i'ŷu

chính khi kim van di chuyển. •iEu•n xŠy rakhi c s§ chnh l, ch <p suct tron m•n thay %b gi©n ra hđc co l'i do nhi,t %oš•vt<c d™ng c,,a lxo.

- Nguyễn l' ho"t %ošng.

Khi tSi nhi,t tng, nhi,t %oš t'i c¶a ra c,,a gñi l"nh tng. •iEu ny l•m nhi,t truyEn %ofn—hi cñm tron m•n tng, v̄ thf h—i cñm %o ©n ra. M•n cñm di chuy-n sang phCEa b'ci, l•m thanh cŠm bifn nhi,t %oš•v%u c,,a kim van n©n l' xo. Lã tift tñu mœ ra cho mštñg l'yn m•i chct vo trong gi•n l"nh. •iEu ny l•m tng lñu lñng m•i chct tuyn hon trong h' thng l"nh, b°ng c'ch %o l•m tng kš nng•m l"nh cho h, thng.

H ì n h 8 . 2 S i Ó n g e n y l ý v a t n u t i l i u h ù p (k h i t l i c a o)
 Khi tSi nhi,t nh³, nhi,t %oš t'i c¶a ra c,,a gñi l"nh giŠm. •iEu %o •m cho nhjt truyEn %ofn—hi cñm tron m•n giŠm n h—i m•i chct co l'i. M•ng di chuy-n v£ phCEa šñ, l•m thanh cŠm >ng nhi,t v %u c,,a kim van %o¼y sang phCEa phŠi boei l' xo. Lã tift tñu %o ng bñt l'i, n•n lñu lñng m•i chct tuyn hon trong h' thng giŠm, b°ng c'ch %o•rh giŠm m>c %oš l"nh c,,a h, thng.

H ì n h 8 . 3 S i Ó n g e n y l ý v a t n u t i l i u h ù p (k h i t l i t h y p)
 + V a n t i t t ñ u l i ò t h y n g .
 Trong van tift tñu lo'i thñng, bš phžn cŠm >ng nhi,t (%u cŠm >ng) %o, p œ •ng ra c,,a gñi l"nh. C hai lo'i: Van tift tñu c...n°ng trong v van tift tñu c...n°ng ngoi, ph™ thušc•n—i tñy t©n hi, u <p suct—hi ca gi•n l"nh. Van

tỉt lậ c...n^ong ngoi gjm c mšt •ng c...n b^ong v^omšt %^o¥u cŠm ›ng nhi,t, nhậng c c«ng hậ %^ošng nh^o van tỉt lậ c...n^ong trong.
 Khoang tron c,a m•n ch,n %^ođ”c n•i vỖi %^o¥u cŠm ›ng nhi,t %^o %^oi£n %^o¥y m•i chặ. Nhi,t %^oš t”i c¶a ra c,,a gñ l”nh thay %^o“i•m cho c p suặ c,,a h—i c¶n tron m•n thay %^o L lậ lậ”ng c,,a m•i chặ %^ođ”c %^oi£u chậnh khi kim van thay %^o“i. •i£u %^o đỖy ra do sđ chh l, ch lđc tíc dTMng phOEa t^ong v• phOEa đỖt^ong.

Hình 4. ĐỘ c^ou t^o c^ođ^o v^o ali^o t^ong
 - Nguy•n l’ h^ot %^ošng.

Khi nhi,t %^oš t”i c¶a ra c,,a gñ l”nh cao (tŠi nhi,t lỖn), m•i chặ nhậ đ^o mšt lậ”ng nhi,t lỖn t— kh•ng khOE trong xe. •i£u %^oml cho qu c tr”nh bay h—i ho•n to•n dĩn ra sỖm h—n v• l•m t^ong nh^oi %^oš c,,a m•i chặ t”i c¶a ra c,,a gñ l”nh. Khi cŠ nhi,t %^oš v c p suặ c,,a %^o¥u cŠm ›ng nhi,t t^ong, mđ•ch chuy•n xu•ng phOEa đỖt, %^o¼y kim van xu•ng. Do %^o kim van m•e đ^o v mšt lậ”ng lỖn m•i chặ %^oi v• trong gñ l”nh. •i£u %^o l•m t^ong lậ lậ”ng c,,a m•i chặ tu¥n hon trong h th•ng, b^ong c ch %^o đm t^ong n^ong sặ l”nh.

Hình 5. ĐỘ n g^ony l^oac van t^ođ^o l^o t^ong (t£i nhi c t cao
 Khi nhi,t %^oš t”i c¶a ra c,,a gñ l”nh th•p (tŠi nhi,t nh³), m•i chặ nhậ đ^o mšt lậ”ng nhi,t nh³ t— kh•ng khOE trong xe. Qu c tr”nh bay h—i kh•ng ho•n to•n, l•m gñŠm nhi,t %^oš c,,a m•i chặ l”nh t”i c¶a ra c,,a gñ l”nh.

Hình 6. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của máy hút bụi (tính nhiệt độ phòng). Khi công suất của máy hút bụi tăng, nhiệt độ của bụi tăng, dẫn đến sự thay đổi của các tính chất vật lý của bụi. Khi công suất của máy hút bụi tăng, nhiệt độ của bụi tăng, dẫn đến sự thay đổi của các tính chất vật lý của bụi. Khi công suất của máy hút bụi tăng, nhiệt độ của bụi tăng, dẫn đến sự thay đổi của các tính chất vật lý của bụi.

Hình 6. Cấu tạo của máy hút bụi

1. Mô hình tính toán của máy hút bụi. 2. Máy hút bụi. 3. Máy hút bụi. 4. Máy hút bụi. 5. Máy hút bụi. 6. Máy hút bụi. 7. Máy hút bụi. 8. Máy hút bụi. 9. Máy hút bụi. 10. Máy hút bụi. 11. Máy hút bụi. 12. Máy hút bụi. 13. Máy hút bụi. 14. Máy hút bụi. 15. Máy hút bụi. 16. Máy hút bụi. 17. Máy hút bụi. 18. Máy hút bụi. 19. Máy hút bụi. 20. Máy hút bụi. 21. Máy hút bụi. 22. Máy hút bụi. 23. Máy hút bụi. 24. Máy hút bụi. 25. Máy hút bụi. 26. Máy hút bụi. 27. Máy hút bụi. 28. Máy hút bụi. 29. Máy hút bụi. 30. Máy hút bụi. 31. Máy hút bụi. 32. Máy hút bụi. 33. Máy hút bụi. 34. Máy hút bụi. 35. Máy hút bụi. 36. Máy hút bụi. 37. Máy hút bụi. 38. Máy hút bụi. 39. Máy hút bụi. 40. Máy hút bụi. 41. Máy hút bụi. 42. Máy hút bụi. 43. Máy hút bụi. 44. Máy hút bụi. 45. Máy hút bụi. 46. Máy hút bụi. 47. Máy hút bụi. 48. Máy hút bụi. 49. Máy hút bụi. 50. Máy hút bụi. 51. Máy hút bụi. 52. Máy hút bụi. 53. Máy hút bụi. 54. Máy hút bụi. 55. Máy hút bụi. 56. Máy hút bụi. 57. Máy hút bụi. 58. Máy hút bụi. 59. Máy hút bụi. 60. Máy hút bụi. 61. Máy hút bụi. 62. Máy hút bụi. 63. Máy hút bụi. 64. Máy hút bụi. 65. Máy hút bụi. 66. Máy hút bụi. 67. Máy hút bụi. 68. Máy hút bụi. 69. Máy hút bụi. 70. Máy hút bụi. 71. Máy hút bụi. 72. Máy hút bụi. 73. Máy hút bụi. 74. Máy hút bụi. 75. Máy hút bụi. 76. Máy hút bụi. 77. Máy hút bụi. 78. Máy hút bụi. 79. Máy hút bụi. 80. Máy hút bụi. 81. Máy hút bụi. 82. Máy hút bụi. 83. Máy hút bụi. 84. Máy hút bụi. 85. Máy hút bụi. 86. Máy hút bụi. 87. Máy hút bụi. 88. Máy hút bụi. 89. Máy hút bụi. 90. Máy hút bụi. 91. Máy hút bụi. 92. Máy hút bụi. 93. Máy hút bụi. 94. Máy hút bụi. 95. Máy hút bụi. 96. Máy hút bụi. 97. Máy hút bụi. 98. Máy hút bụi. 99. Máy hút bụi. 100. Máy hút bụi.

• → gi'Ši quyft vçn %šy, n b̃nh tOEch %šc thift kf %š→ tOEch luĒ mçi chçt l"nh th→ h—i ln th→ l'ng cung nhç d'yu nh'n bçi tr—n t bš bçc h—i thoçt ra, sau %š gi' l'i mçi chçt l"nh th→ l'ng vç d'yu nh'n, chçt cho phçp mçi chçt l"nh th→ h trçe vç mçy nçn.

6. Bš bçc h—i (Giçn l"nh).

a. Ç b n ng .

Giçn l"nh lçm bay h—i mçi chçt çe d"ng t—ng sau khi qua vaç giçn çe c nhi,t %š vç çp suçt thçp, vç lçm l"nh khçng khçE çe xung quanh n .

b. P h â ñ i l à i n j h h .

Giçn l"nh lçm bay h—i ãn h"p l'ng khçE (d"ng t—ng) çe nhiç %š thçp, çp suçt %š tç cung ççp t— van tiftçu. Do %š lçm l"nh khçng khçE xung quanh l"nh.

C hai lo'i giçn l"nh. Giçn l"nh cçnh phçng thçng %šc sçç d"ng.

Hình 8. Hình ảnh của buồng lái

c. Çu tço .

Bš bçc h—i (giçn l"nh) %šc ççu tço bçng mšt çng km lo'i (5) dçi uçn cong ch' chi xuyçn qua vç sçç lç mçng h-t nhi,t, çç lç mçng h-t nhi,t %š tç bçm sçt tiftçp x-c hoçn toçn quanh d-n mçi chçt l"nh. Çça vç ç, a mçi chçt bç trçE b dççi vç çça ra bç trçE b tron bš bçc h—i. Vçi ki—u thift kf çy, bš bçc h—i ç %šç di,n tOEch çp thu nhi,t tçi %ša trong l-ç th→ tOEch ç, a tçç ççu gçn tçi thi—u.

Trong xe ç tç bš bçc h—i %šç bç trçE dççi bšng %šçng hç. Mšt qu"t %šç, n ki—u lçng sç th"i mšt sç lçng lçn khçng khçE xçy qua bš çy %šça khçE mçt vço cabin ç tç.

Hình 6.2. Quy trình (bù đắp) Ngập lụt

1. Giảm dần môi trường sống
2. Giảm dần môi trường sống
3. Các hành động
4. Giảm dần môi trường sống
5. Giảm dần môi trường sống
6. Giảm dần môi trường sống

d. Nguyênt lý ùng .

Trong quá trình hạ tầng, trong các b-c (gi-n lnh) h-i s ra hi, n tng s-i v b-c h-i ca m-i ch-t lnh. Qu't gi s' th'i l'ng kh'ng khOE qua gi lnh, khi kh'ng khOE %t%ol m m't v %t%ol ta v'o trong xe. Trong t'it k'f ch'f t'o, m'st s yfu t kE thu't sau %...y quy't %a ng s'ct c,,a b' b-c hi:

- + t' 'ng kOEh vchiEu di 'ng d-n m-i ch-t lnh.
- + S l t'ng v kOEch th'c c'c k m'ng b'c m quanh ng kim lo'i.
- + S l t'ng c'c %'n u'n cong c,,a 'ng kim lo'i.
- + Khi l t'ng v l'u l t'ng kh'ng khOE thxuy'n qua b' b-c h-i.
- + T'c %'s c,,a qu't gi .

B' b-c h-i hay gi-n'hh c'n c ch'c n'ng h-t 1/4m, ch-t 1/4m s' t'ng t'nh n t'c v %t%ol h'ng %ta ra b'n ngo'i t' nh' 'ng xS b' trOE t'yi gi-n lnh. •Zc tOEh h' m' n' gi-p cho khi kh'ng khOE m't trong cabit' %' tinh ch'f v kh' r'o. T m l'i, nh' ho't %'ng c,,a van @n n'e hay c,,a 'ng t'f t'u, l'u l t'ng m-i ch-t phun v'o b' b-c h-i %'t %'olEu t'f t' %'n c' t' %' %'s m lnh thOEch 'ng v'yi m'±i ch'f %'s t'Si c,,a h, th'ng %'ol, n lnh. Trong c'ng t'c t'f t'u h'y, nfu t'ng m-i ch-t ch'Sy v'o b' b-c h-i qu'Y'n, n s'a b' t'n ng'p, h'z'u qu'S' l'nh k@m v' 'p s'ct v' nhi,t %'s trong b' b-c h-i cao. M-i ch-t kh'ng th' s-i c'ng nh' kh'ng b'c h-i ho'n to'n %'t t'nh t'ng n'y c th' g...y h'ng h c cho m'y n@n. Ng'c l'i, nfu m-i ch-t lnh 'ng n'p v'o kh'ng %'n %'s lnh s'a r'ct k@m do l t'ng m-i ch-t OE t s'a b' b-c h-i t' nhanh khi ch'a k'p ch'y qua kh,p b' b-c h-i.

6.2 CH th Ñng i Ç nt Ñng hi Ç at hên ô tô

6.2 S1; Ó n g'ny lý ch i Ç n c'ç a h Ç t' Ñng i Á u h

6.2.1. 1 Ó S ñ g'ny lý

Hình 6.3: Sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều khiển động cơ. 1. Bình quy; 2. Công tắc máy; 3. Bộ phận khởi động; 4. Công tắc quạt gió; 5. Cảm biến; 6. Bộ phận nạp; 7. Cảm biến; 8. Bộ phận nạp; 9. Bộ phận nạp; 10. Nhiệt độ; 11. Công tắc áp suất; 12. Bộ phận nạp; 13. Bộ phận nạp; 14. Bộ phận nạp; 15. Bộ phận nạp; 16. Bộ phận nạp.

6.2.1.2 Nguyên lý hoạt động

Bộ phận nạp (2) nối với bộ phận nạp (1).

Công tắc quạt gió (6) điều khiển bộ phận nạp (5) quay.

Công tắc máy (12) điều khiển bộ phận nạp (13) điều khiển.

Công tắc áp suất (11) điều khiển bộ phận nạp (10) trong hệ thống 2,1 kg/cm² và độ dày 27 kg/cm².

Nhiệt độ (10) cung cấp tín hiệu cho bộ phận nạp (10) điều khiển.

Van VSV điều khiển bộ phận nạp (10) điều khiển.

R— le bộ phận nạp (10) điều khiển.

Bộ phận nạp (15) điều khiển.

Ly hãm (16) nối với bộ phận nạp (10) điều khiển.

Bộ phận nạp (9) cung cấp tín hiệu cho bộ phận nạp (10) điều khiển.

Nếu bộ phận nạp (10) điều khiển, bộ phận nạp (10) điều khiển.

6.2.2 Sơ đồ điều khiển của hệ thống điều khiển

Hình 6.31 trình bày sơ đồ điều khiển của hệ thống điều khiển của Toyota Corona & Carina.

Hình 6 s3 1.

6.3 Kiểm tra, chọn oán, sía chĩa hÇ thÑng iÇn lĩnh
6.3.1. ỠnV Á àm tlaòng

TrậYc khi tĩfn lnh ki-m ta, slla ch'a h, thong %oi,n l'nh • t• cẏn tũ 1
mšt s• vçn %o£ sau:

1. Lũu trĩ m•i chçt l'nh œ n—i mçt, nhĩ %oš khong cao quç 50.
2. Khong n•n tĩp x-c tršc tĩp vỠi m•i chçt l'nh
3. Khi cẏn xš ga hay thç cçc bš phẏn c,,a h, thong l'nhmthao tçc %o•ng quy trĩnh, vĩ çp sçt ho't %ošng c,,a h, thong l'nh rçt cao.
4. Luon luon phšĩ mang kœnh bšo hš m,t
5. M•i chçt l'nh tĩp x-c vỠi ng±n llla sª phçt sinh khœ %ošc.
6. Phšĩ thç d...yĩbhç quy trậYc khi slla ch'a phẏn %oi,n l'nh
7. Khi n' mçy %o— tĩfn lnh trçc nghi,m h, thong %oi,n l'nh, cẏn phšĩ n•i d•i •ng xš %a khœ šĩ thoçt ra ngoi.

6.3.2 Quy àm n trçk,i trçc nghiÇm

6.3.2.1 Quan sát

TrậYc khi tĩfn lnh bçt c> mšt trçc nghi,m n•o, cụng cẏn phšĩ quan sçt, xem xçt kē h, thong %oi,n l'nh nhç sau:

1. D...yçai mçy nœn %oçc cang %o•ng mçc quy %o•nh
Phšĩ đng thĩt b• chuyñ dçng %oçc cang d...y %çai mçy nœn, tuy,t %o•i khong xçc %anh mçc cang b•ng cçch %oçc ãn theo th i quen.
2. Ch...ng mçy nœn phšĩ %ç sift c>ng, khong %ç c nçt, v¼, long l³ng.
3. Cçc %çg •ng d-n h—i khong %ç m^n khuyft, x h—i.
4. Phçt tr™c mçy nœn phšĩ kœn. Nfu b• hœ sª nhẏn thçy vft dçu quanh tr™c mçy nœn
5. Gi•n n ng phšĩ thçt s'ch sª vç %çc l,p rçp %o•ng v• trœ.
6. Quan sçt çt cš cçc •ng d-n khœ, cçc clla cçnhong nhç h, thong c— khœ %çu khi-n ph...n ph•i luỹng khœ, phšĩ ho't %ošng nh'y, trhÀ v
7. Cçc•ng c,,a gi•n l'nh, cš bš giñ l'nh phšĩ s'ch, khong %ç bçm b™i b¼n.
8. • šng c— %çai qu't gi phšĩ ho't %ošng tçt, ch'y %oçy %o,, m±i tçc %oš quy %o•nh. Nfu khong %o't çu çu rçy, cẏn ki-mtra tĩnh tĩng chžp m'ch c,,a cçc %oi,n trœ %çu khi-n qu't gi .
9. Cçc bš lçc khong khœ phšĩ s'ch
10. Nfu phçt hi,n thçy mšt vi vft dçu trn cçc bš phẏn h, thong l'nh, ch>ng t³ c tĩnh trĩng xĩ thoçt m•i chçt l'nh. Vĩ khi m•i chçt l'nh xĩ ra thçng kœo theo dçu b•i tr—n.

6.3.2.2 Láp b ù áoçh t ãng ã kiã m tra, trçc nghiÇm

Kē thuçt l,p rçp bš %oçng hj phšĩ qua hçt yç: l,p bš %oçng hj vç xš khong khœ ra kicçc •ng n•i. Thao tçc nhç sau:

1. Mang kœnšb hš m,t
2. Che ph hai b•n v½ xe %çtrçnh l•m sậYc s—n
3. Thço ñp %oçy cçc clla van thç phœa thçp phœa cao çpacmçy nœn. Cẏn ki-m soçt kē ga khong xra ti cçc clla rçy.
4. • çu n•i •ng cçc •ng n•i h—i pšĩ %çc trang b• chçt çn kim van chžnçtr mçy nœn.
5. • ng kœn kh a van,,a hai %oçng hj.

6. R₁p b₂ %₀ing h₁ v₁Yi c₁c •ng n₀i v₀ c₁la th₁ c₁,a m₁y n₀n %₀-ng k₁ thu₁žt. N₁ng n₀i m₁u xanh t₁ %₀ing h₁ th₁p <p, %₀c n₀i v₀ c₁la th₁p <p (c₁la h-t) c₁,a m₁y n₀n.N₁ng m₁u %₀ c₁,a %₀ing h₁ cao <p %₀c n₀i v₀ c₁la th₁ ph₀Ea cao <p (c₁la x₁ c₁,a m₁y n₀n).

6.3.2.3 gi₀ trong các N₁ng n₁i

Ph₁Si x₁S s₁ch kh₀ng kh₀E trong hai •ng n₁Yt khi b₁,t %₀u %₀ ki-m <p su₁t h, th₀ng l₁nh. C₁ch x₁S n₁đ sau:

1. M₀e h₀ van %₀ing h₁ th₁p <p trong...y cho s₁t OEt m₀i ch₁t tho₁t ra sau %₀ kh a k₀En va₁i!

2. Q₁ng b₁m n₁đ tr₀n %₀ v₁Yi •ng n₀i %₀ing h₁ ph₀Ea cao <p.

B...y g₁b₁s %₀ing h₁ %₀c r₁p %₀-ng k₁ thu₁žt, s₁Em₁ cho c₀ng t₁c ki-m tra.

• - t₁fn h₁nh %₀ kim <p su₁t trong h, th₀ng %₀i,n l₁nh • t₁ ta thao t₁c đ₁sau:

a. Cho %₀g c— h₀e v₁zn t₁c trTMc khu₁Áu 2000 V/p

b. • Žt n-m ch₁tn₁hi,t %₀s l₁nh t₁ %₀a ÉMax ColdÉ

c. Cho q₁t gi ch₁y c₁t₁ %₀s cao nh₁t

d. M₀e l₁Yn hai c₁,a đ₁Yc xe

e. M₀e t₁t c₁S c₁c c₁la ph...n ph₀i kh₀E l₁nh.

S₁ li₀n h, gi₁a nhi,t %₀s, <p su₁t %₀¼ v₁ p su₁t h-t c₁,a m₁y n₀n trong k⁰ ho₁t %₀ng c₁,a n theo b₁ng sau:

Nhi,t % ₀ s m ₀ i tr ₁ ng	70 ⁰ F (21 ⁰ C)	80 ⁰ F (26,5 ⁰ C)	90 ⁰ F (32 ⁰ C)	100 ⁰ F (37,5 ⁰ C)	110 ⁰ F (43 ⁰ C)
Nhi,t % ₀ s kh ₀ E l ₁ n tho ₁ t ra (°C)	2 - 8	4 - 10	7 - 13	10 - 17	13 - 21
Ép su ₁ t b—m m ₀ i ch ₁ t l ₁ nh (PSI)	140 - 210	180 - 235	210 - 270	240 - 310	280 - 350
Ép su ₁ t h-t m ₀ i ch ₁ t l ₁ nh (PS)	10 - 35	16 - 38	20 - 42	25 - 48	30 - 55

6.3.3.3 Ch₀ oán, s₁a ch₁a cá ĉYm₁ng đ₁pó c th

K₁ft qu₁S %₀ ki-m < su₁nh ph₀Ea <p s₁th₁p v₁ b₀n ph₀Ea <p s₁ucao c₁,a h, th₀ng %₀i,n l₁nh • t₁ %₀c t m t₁t v₁Yi nhi₁u t₁nh h₁ng sau %₀...y s^a gi-p ch-ng ta ch₁¼n %₀ n₀ v₁ l₁ %₀-ng k₁ thu₁žt.

1. Ép su₁t c₁S hai ph₀Ea b₁ th₁ng, c₁la s[“] k₀Enh cho th₀ng m₀i ch₁t l₁nh c ch-t OEt đ₁t, gi th₁“i ra l₁nh v—a, th₁ %₀ ng, ng,t đ₁n tTMc c₀ng t₁c “n nhi,t n₁ng kim %₀ing h₁ ph₀Ea th₁p <p kh₀ng giao %₀sng. C₁c tri,u ch₁ng ch₁ng t³ h, th₀ng l₁nh c l-n ch-t kh₀ng kh₀E v₁ ch₁t ¼m. Ki-m tra, s₁la ch₁a đ₁sau:

a. T₁fn h₁nh tr₁c nghi,m t₁nh t₁ng x₁ ga

b. X₁S h₁t m₀i ch₁t l₁nh trong h, th₀ng

c. Kh₁c phTMc x₁ga

d. B₁nh đ₁c/h-t ¼m m₀i ch₁t l₁nh đ₁Yy v₁ ch₁t ¼m đ₁Yt, ph₁Si thay m₁Yi.

e. R-t ch...n kh₀ng, h₁ng trong th₁i gian t₁i thi-u 30 ph-t.

f. N₁p ga tr₀e l₁i

g. Cho h₁ th₀ng l₁nh v₁zn h₁nh v₁ ki-m tra l₁i.

2. Éps su₁t c₁,a c₁S hai ph₀Ea b₁ th₁ng, c OEt đ₁t trong đ₁ng m₀i ch₁t, gi th₁“i ra ...m v₀ l-c kh₀E tr₁n ng, nguy₁n do c₁n t₁n t₁i qu₁ nhi₁u ch₁t ¼m đ₁Yt trong h₁ th₀ng l₁nh, c₁yn ph₁Si:

- a. XŠ hft m•i ch•t l'nh
 b. Thay m•i b'nh h•c h•t ¼m
 c. R•t ch...n kh•ng
 d. N'p ga trœ l'i %•ng s•t'ng quy %•nh
 e. Vžn h•nh h, th•ng l'nh v• ki-m tra.
3. Èp su•t cŠ hai phœa b th'ng, m•y n•n ho't %•ng l-c ng-ng, đ•ch'y, theo chu k' nhanh qu•, phœa <p su•t th...p %•ng h; ch' kh•ng %•t l, m Ngoya c'c tri, u ch'ng n•y l• c•ng t, c "n nhi,t h'ng. X¶ l' nh † sau:
 a. T, t m•y, ng, t off h, th•ng l'nh
 b. Thay m•i c•ng t, c "n nhi,t, nhÿ %•n ngery v• trœ •ng mao d-n p•u
 c. Vžn h•nh h, th•ng l'nh, ki-m tra l'i.
4. B•n phœa <p th' <p su•t cao, b•n phœa cao <p th' <p su•t b'nh th'ng, <p su•t œ phœa thœp <p c,,a m•y n•n cao t' th'ng tr'ÿc khi m•y n•n b, t %•u b—m. Nguy•n do l• c•ng đ "n nhi,t sai, c'ch kh, c ph™c:
 a. T, t m•y, t, t h, th•ng l'nh
 b. S¶a hay thay m•i c•ng t, c "n nhi,t
 c. N' m•y, ch'y m•y l'nh, ki-m tra.
5. Èp su•t cŠ hai phœa %•u thœp, gi th"i r•m h, mšt v•i b±t trong đng m•i ch•t l'nh chŠy qua kœnh c¶a s". Nguy•n do h th•ng l'nh b• thifu m•i ch•t. S¶ l' nh † sau:
 a. Ki-m tra x̄ ga
 b. XŠ hft ga m•i ch•t l'nh
 c. Kh, c ph™c chÃ b' x
 d. Ki-m tra m•c đ•u nh'n trong m•y n•n
 e. R•t ch...n kh•ng
 f. N'p ga trœ l'i %•ng t'ng quy %•nh
 g. Vžn h•nh h, th•ng l'nh v• ki-m tra.
6. CŠ hai phœa su•t %•u thœp, gi th"i ra n ng ch' kh•ng l'nh, kœnh c¶a quan s't trong sut. Nguy•n nh...n t'fu rœt nhi•u m•i ch•t trong h, th•ng, c khŠ n•ng h th•ng b• x̄ ga. Kh, c ph™c nh sau:
 a. Ki-m tra t̄m kifm chÃ x̄
 b. Ki-m tra c¼n thžm h t'ng x̄ ga ti m•y n•n
 c. XŠ hft m•i ch•t l'nh
 d. Ki-m tra m•c đ•u b•i t̄n trong m•y n•n
 e. R•t ch...n kh•ng
 f. N'p ga
 g. Vžn h•nh h, th•ng l'nh v• ki-m tra
7. Èp su•t cŠ hai phœa %•u thœp, gi th"i ra l'nh œng v•i van gi•n œ c %•" m; h•i hay %• ng đ—ng, nguy•n do van gi•n œ b• kÀt %• ng, m; c, a van gi•n œ b• dœnh, b•u cŠm bifn ho't %•ng kh•ng %•ng. X¶ s'nh
 a. XŠ ga
 b. Th•o g¼ van œ ra kh' h, th•ng, ki-m tra m; c, a van
 c. L•m s'ch v• thay m•i m•ng van, gn trœ l'i v• h, th•ng
 d. R•t ch...n kh•ng
 e. N'p ga

f. Ch'iy th'ij

8. Ęp suĉ cŠ hai phŒa %u thŒp, khŒng khŒ th'i ra c l'nh, sigvd-n bŒn phŒa cao pŒh l'nh, %ing th'i quanh Œng d-n c %“ m; hŒi v%ng Œ—ng. Tri, u ch'ng nŒy ch'ng t³ %Œ'ng Œng phŒa b cao p h thŒng bŒ ngh^{an}. X'ij l' nhĉ sau:

- a. XŠ ga
- b. Thay n'yi b'nh ěc/h-t ¼m v c'c Œng d-n c'ng nhĉ c'c chi tift bŒ ngh^{an}.
- c. R-t ch...n khŒng
- d. N'p ga l'i
- e. Ch'iy th'ij v• ki-m tra.

9. PhŒa th'ij p c p suĉ cao, bŒn phŒa cao p p suĉ i thŒp, m'iy nŒn t'u. Ch'ng t³ m'iy nŒn h'ng, c'ch ch'a nhĉ sau:

- a. ThŒo g¼ m'iy nŒn ra kh'i xe
- b. ThŒo n'p %u m'iy nŒn %Œ ti, n quan s'it b'ng
- c. Ki-m tra m'ic d'yu bŒi t'—n m'iy nŒn
- d. Thay n'yi b'nh ěc/h-t ¼m
- e. Ch'iy th'ij %Œ ki-m tra

10. Ęp suĉ cŠ hai phŒa %u cao, gi th'i ra n ng, %b'it qua kŒnh c'ija quan s'it, Œng d-n bŒn phŒa cao p n ng, nguyŒn do l• giŒn n ng b'ng v• quĉ tŠi. PhŠi ki-m tra:

- a. D...y %ai' t'gi giŠi nhi, t giŒn n ng bŒ l'ng, %Œt
- b. Ki-m tra gin n ng c b• bTMi b¼m ngh^{an} gi l' t'u thŒng
- c. Ki-m tra gin n ng c %Œc g, n %, xa %Œi v'yi kŒt'ic b'm m'it %Œng c— khŒng
- d. Ki-m tra mŒi chŒt l'nh c bŒ n'p quĉ nhiĚu khŒng
- e. V'zn h'nh v• ki-m tra h, thŒng %Œi, n l'nh

11. Ęp suĉ cŠ hai phŒa %u cao, qua c'ija s“ quan s'it th'nh thoŠng thŒy c b'it gi th'i ra l'nh Œ nguyŒn do c quĉ nhĚu khŒng khŒ ¼m t'yt trong h, thŒng l'nh. S'ij l':

- a. XŠ hft ga
- b. Thay n'yi b'nh ěc/h-t ¼m v b'nh c %Œ ch-a' y chŒt ¼m t'yt
- c. R-t ch...n khŒng
- d. N'p ga l'i
- e. Ch'iy th'ij v• ki-m tra

12. Ęp suĉ cŠ hai phŒa %u cao, gi th'i ra gin l'nh %“ m; hŒi hay %Œ ng Œ—ng. NguyŒn do van g'Œn nŒ nh' %Šm bŠŒ %Œng tift p x-c t'it'Œn thift

- a. XŠ ga
- b. Thay n'yi van g'Œn nŒ nh' %Šm bŠŒ %Œng tift p x-c t'it'Œn thift
- c. R-t ch...n khŒng t' k'Ě, n'p ga l'i
- d. Ch'iy th'ij v• ki-m tra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TS. Đinh Ngọc Ân; Trang bìa, nội dung, kỹ thuật; NXB CNKT, Hà Nội, 1990.
2. TS. Đinh Ngọc Ân; Khai thác kỹ thuật chế tạo máy công cụ; NXB KHKT, Hà Nội; 1995.
3. PGS.TS. Phạm Hữu Nam; Trang bìa, nội dung, kỹ thuật; NXB KHKT, Hà Nội, 2000.
4. GS.TS. Nguyễn Tật Tật; Nguyễn Văn Cảnh; NXB KHKT; 1998
5. <http://www.oto-hui.com>.

MÒC LÒC

NỤi dung

Trang

Ch°jing 1: Khá Á chũtt hñng à ÇÇnt iê tr ô tô	1
1.1 T'ng quan v£ m'ng %oi,n,c h, thong %oi,n tr•n • t•	1
1.2 C'c y•u c'ũ kĚ thužt %oi,vYi h, thong %oi,n	1
1.3 Ngyn %oi,n t'p•n • t•	2
1.4 C'c l'oi ph TM tŠi t'n • t•	2
1.5 C'c thift b• bŠo v, v %oi,£u khi-n trung gian	3
1.6 C'c k ¹ hi,u v• quy tYc trong m'ch %oi,n	5
1.7 D...y %oi,v • c'c b'oi d..y %oi,n tr•n • t•	8
Ch°jing 2: Hñng cung c¥p iÇn	9
2.1 Óc qui khoei %ošng	9
2.2 M'cy ph'ct %oi,n	20
2.2.1 Ph...n'ip %ošc %oi-m c'ũ t'õ, nguyç ho't %ošng	20
2.2.2 •Žc t'Enh c,,a m'cy ph'ct %oi,n xoay chi£u	32
2.3 Bš %oi,£u ch'pnh %oi,n (Bš tift chf)	35
2.3.1 C—sœ l ¹ thuyft v ph'ct—ng ph'p %oi ch'pnh	35
2.3.2 C'c tš %oi,£u ch'pnh %oi,n,tubi-u	39
2.3.3 T'Enh to'çn f'ç %oš tŠi vch±n m'cy ph'ct %oi,n	50
Ch°jing 3: Hñng khβi Ûng	52
3.1 Nhim v TM v s— %oçhung c,,a h, thong khoei %ošng	52
3.2 M'cy khoei %ošng	52
3.3 C'cc—cũ %oi,£u khi-n trung gian trong h, thong khoeig%ošn	61
3.4 H' thong h' tr' khoei %ošng cho %ošng Diesel	63
Ch°jing 4: Hñng ánh lía	74
4.1 Nhing v'çn %o£ chung	74
4.1.1 Nhim v TM , yu c¥u, ph...n lo'i	74
4.1.2 L ¹ thuyft v£ %o'nh l'¶a cao p'nt'çng c— • t•	75
4.2 H, thong %o'nh l'¶a th'ng	82
4.2.1 S—i %o'nguy•n l ¹ l•m vi ,c	82
4.2.2 Çu t'õ mšt s• c'c bš phžn	83
4.3 H, thong %o'nh l'¶a b'çn d-n	90
4.3.1 Mšt s• bš cŠm bifn trong HT•L b'çn d-n v HT•L %oi,n t'¶	90
4.3.2 Ph...n'lov • s— %oçnguy•n l ¹ c,,a HT•L b'çn d-n	97
4.4 H' thong %o'nh l'¶a %oi,n dung	103
4.5 H' thong %o'nh l'¶a theo ch—ng tnh	108
Ch°jing 5: tHñh g'ng tiç ục b'ã à gt ímÇ l'ir ên ô tô	110
5.1 H' thong thong tin tr•n • t•	110
5.1.1 Çu tr-c t'ng qu'ct v• ph...n l'õ h, thong thong tin	110
5.1.2 Thong tin dng t'—ngš	111
5.1.3 Thong tin dng kĚ thužt s•	124
5.2 H' thong chifu s'ngtr•n • t•	128
5.2.1 S—i %oçhung h, thong chifu s'ng	128
5.2.2 C'c thift b• trong h, thong chifu s'ng	128
5.3 H' thong t'En hi,u	133
5.3.1 H, thong t'En hi,u b'ço r ^a	133
5.3.2 C'i %oi,n	135
Ch°jing 6: Hñng à ÁuÇ h o Û	137
6.1 S—i %oçu tr-c h, thong %oi,£u honhi,t %oš	137
6.2 H' thong %oi,n c,,a h, thong %oi,£u h' tr•n • t•	155
6.3 Ki-m tra, ch'¼n %o'o'çn, s'¶a ch'p'ng c,,a h, thong %oi,£u h' a	157
T•i li ,u tham khŠo	161

Các Lệnh MatLab Trong Điều Khiển Tự Động

visit: www.vietsupport.com
cover by thavali07

GIỚI THIỆU LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Điều khiển tự động đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của khoa học và kỹ thuật. Lĩnh vực này hữu hiệu khắp nơi từ hệ thống phi thuyền không gian, hệ thống điều khiển tên lửa, máy bay không người lái, người máy, tay máy trong các quy trình sản xuất hiện đại, và ngay cả trong đời sống hàng ngày: điều khiển nhiệt độ, độ ẩm...

Phát minh đầu tiên khởi đầu cho việc phát triển của lĩnh vực điều khiển tự động là bộ điều tốc ly tâm để điều chỉnh nhiệt độ máy hơi nước của James Watt năm 1874. Các công trình đáng chú ý trong bước đầu phát triển lý thuyết điều khiển là của các nhà khoa học Minorsky, Hazen, Nyquist... năm 1922. Minorsky thực hiện hệ thống điều khiển tự động các con tàu và chứng minh tính ổn định của hệ thống có thể được xác định từ phương trình vi phân mô tả hệ thống. Năm 1932, Nyquist đã đưa ra một nguyên tắc tương đối đơn giản để xác định tính ổn định của hệ thống vòng kín dựa trên cơ sở đáp ứng vòng hở đối với các tín hiệu vào hình sin ở trạng thái xác lập. Năm 1934, Hazen đã giới thiệu thuật ngữ điều chỉnh cơ tự động (servo mechanism) cho những hệ thống điều khiển định vị và thảo luận đến việc thiết kế hệ thống relay điều chỉnh động cơ với ngõ vào tín hiệu thay đổi.

Trong suốt thập niên 40 của thế kỷ 20 phương pháp đáp ứng tần số đã giúp cho các kỹ sư thiết kế các hệ thống vòng kín tuyến tính thỏa các yêu cầu chất lượng điều khiển. Từ cuối thập niên 40 cho đến đầu thập niên 50 phương pháp quỹ đạo nghiệm của Evan được phát triển khá toàn vẹn.

Phương pháp quỹ đạo nghiệm và đáp ứng tần số được xem là cốt lõi của lý thuyết điều khiển cổ điển cho phép ta thiết kế được những hệ thống ổn định và thỏa các chỉ tiêu chất lượng điều khiển. Những hệ thống này được chấp nhận nhưng chưa phải là tối ưu, hoàn thiện nhất. Cho tới cuối thập niên 50 của thế kỷ 20 việc thiết kế một hay nhiều hệ thống dần dần được chuyển qua việc thiết kế một hệ thống tối ưu với ý nghĩa đầy đủ hơn.

Khi các máy móc hiện đại ngày càng phức tạp hơn với nhiều tín hiệu vào và ra thì việc mô tả hệ thống điều khiển hiện đại này đòi hỏi một lượng rất lớn các phương trình. Lý thuyết điều khiển cổ điển liên quan các hệ thống một ngõ vào và một ngõ ra trở nên bất lực để phân tích các hệ thống nhiều đầu vào, nhiều đầu ra. Kể từ khoảng năm 1960 trở đi nhờ máy tính số cho phép ta phân tích các hệ thống phức tạp trong miền thời gian, lý thuyết điều khiển hiện đại phát triển để đối phó với sự phức tạp của các hệ thống hiện đại. Lý thuyết điều khiển hiện đại dựa trên phân tích trong miền thời gian và tổng hợp dùng các biến trạng thái, cho phép giải các bài toán điều khiển có các yêu cầu chặt chẽ về độ chính xác, trọng lượng và giá thành của các hệ thống trong lĩnh vực kỹ nghệ không gian và quân sự.

Sự phát triển gần đây của lý thuyết điều khiển hiện đại là trong nhiều lĩnh vực điều khiển tối ưu của các hệ thống ngẫu nhiên và tiền định. Hiện nay máy vi tính ngày càng rẻ, gọn nhưng khả năng xử lý lại rất mạnh nên nó được dùng như là một phần tử trong các hệ thống điều khiển. Những áp dụng gần đây của lý thuyết điều khiển hiện đại vào ngay cả những ngành kỹ thuật như: sinh học, y học, kinh tế, kinh tế xã hội.

I. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1. Điều khiển học (Cybernetics):

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Là khoa học nghiên cứu những quá trình điều khiển và truyền thông máy móc, sinh vật và kinh tế. Điều khiển học mang đặc trưng tổng quát và được phân chia thành nhiều lĩnh vực khác nhau như: toán điều khiển, điều khiển học kỹ thuật, điều khiển học sinh vật (phỏng sinh vật: bionics), điều khiển học kinh tế.

2. Lý thuyết điều khiển tự động:

Là cơ sở lý thuyết của điều khiển học kỹ thuật. Điều khiển tự động là thuật ngữ chỉ quá trình điều khiển một đối tượng trong kỹ thuật mà không có sự tham gia của con người (automatic) nó ngược lại với quá trình điều khiển bằng tay (manual).

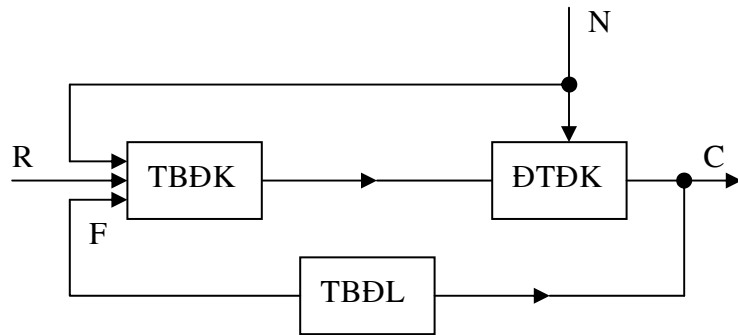
3. Hệ thống điều khiển tự động:

Một hệ thống điều khiển tự động bao gồm 3 phần chủ yếu:

Thiết bị điều khiển (TBĐK).

- Đối tượng điều khiển (ĐTĐK).
- Thiết bị đo lường.

Hình 1.1 là sơ đồ khối của hệ thống điều khiển tự động.



Hình 1.1

Trong đó:

C: tín hiệu cần điều khiển, thường gọi là tín hiệu ra (output).

U: tín hiệu điều khiển.

R: tín hiệu chủ đạo, chuẩn, tham chiếu (reference) thường gọi là tín hiệu vào (input).

N: tín hiệu nhiễu tác động từ bên ngoài vào hệ thống.

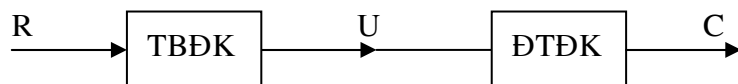
F: tín hiệu hồi tiếp, phản hồi (feedback).

4. Hệ thống điều khiển kín (closed loop control system):

Là hệ thống điều khiển có phản hồi (feedback) nghĩa là tín hiệu ra được đo lường và đưa về thiết bị điều khiển. Tín hiệu hồi tiếp phối hợp với tín hiệu vào để tạo ra tín hiệu điều khiển. Hình 1.1 chính là sơ đồ của hệ thống kín. Cơ sở lý thuyết để nghiên cứu hệ thống kín chính là lý thuyết điều khiển tự động.

5. Hệ thống điều khiển hở:

Đối với hệ thống hở, khâu đo lường không được dùng đến. Mọi sự thay đổi của tín hiệu ra không được phản hồi về thiết bị điều khiển. Sơ đồ hình 1.2 là hệ thống điều khiển hở.



Hình 1.2: Hệ thống điều khiển hở

Cơ sở lý thuyết để nghiên cứu hệ thống hở là lý thuyết về relay và lý thuyết ô tô mát hữu hạn.

II. PHÂN LOẠI HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Hệ thống điều khiển có thể phân loại bằng nhiều cách khác nhau. Sau đây là một số phương pháp phân loại:

1. Hệ tuyến tính và phi tuyến:

Có thể nói hầu hết các hệ thống vật lý đều là hệ phi tuyến, có nghĩa là trong hệ thống có ít nhất một phần tử là phần tử phi tuyến (quan hệ vào ra là quan hệ phi tuyến). Tuy nhiên, nếu phạm vi thay đổi của các biến hệ thống không lớn, hệ thống có thể được tuyến tính hóa trong phạm vi biến thiên của các biến tương đối nhỏ. Đối với hệ tuyến tính, phương pháp xếp chồng có thể được áp dụng.

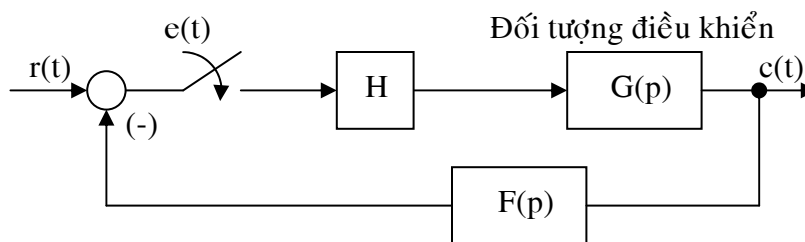
2. Hệ bất biến và biến thiên theo thời gian:

Hệ bất biến theo thời gian (hệ dừng) là hệ thống có các tham số không đổi (theo thời gian). Đáp ứng của các hệ này không phụ thuộc vào thời điểm mà tín hiệu vào được đặt vào hệ thống điều khiển phi tuyến không gian, với khối lượng giảm theo thời gian do tiêu thụ năng lượng trong khi bay.

3. Hệ liên tục và gián đoạn theo thời gian:

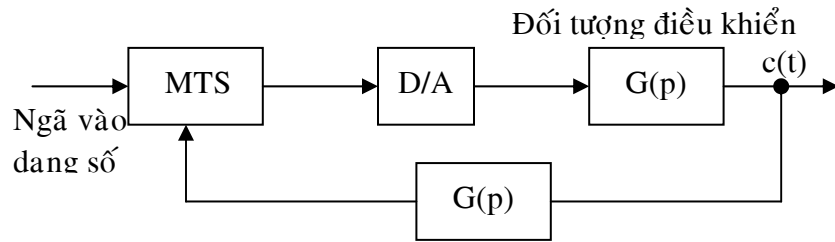
Trong hệ liên tục theo thời gian, tất cả các biến là hàm liên tục theo thời gian. Công cụ phân tích hệ thống liên tục là phép biến đổi Laplace hay Fourier. Trong khi đó, hệ gián đoạn là hệ thống có ít nhất một tín hiệu là hàm gián đoạn theo thời gian. Người ta phân biệt hệ thống gián đoạn gồm:

- Hệ thống xung: là hệ thống mà trong đó có một phần tử xung (khóa đóng ngắt) hay là tín hiệu được lấy mẫu (sample) và giữ (hold). (Hình 1.3)



Hình 1.3: Hệ thống điều khiển xung.

- Hệ thống số: là hệ thống gián đoạn trong đó tín hiệu được mã hóa thành logic 1, 0. Đó là các hệ thống có các khâu biến đổi tương tự / số (A/D), số/ tương tự (D/A) và để kết nối kết nối tín hiệu với máy tính số. (Hình 1.4)



Hình 1.4: Hệ thống điều khiển số

Công cụ để phân tích hệ thống gián đoạn là phép biến đổi Laplace, Fourier gián đoạn hay phép biến đổi Z.

4. Hệ đơn biến và đa biến:

Hệ đơn biến là hệ chỉ có một ngõ vào và một ngõ ra. Công cụ để phân tích và tổng hợp hệ đơn biến là lý thuyết điều khiển cổ điển. Ví dụ: hệ điều khiển định vị (vị trí).

Hệ đa biến là hệ có nhiều ngõ vào và nhiều ngõ ra. Công cụ để phân tích và tổng hợp hệ đa biến là lý thuyết điều khiển hiện đại dựa trên cơ sở biểu diễn hệ trong không gian trạng thái. Ví dụ: hệ điều khiển quá trình (Process Control System) có thể gồm có điều khiển nhiệt độ và áp suất.

5. Hệ thống thích nghi và hệ thống không thích nghi:

Hệ thống thích nghi là hệ thống hoạt động theo nguyên tắc tự chỉnh định, trong đó hệ thống tự phát hiện những thay đổi của các tham số do ảnh hưởng của môi trường bên ngoài và thực hiện việc điều chỉnh tham số để đạt được chỉ tiêu tối ưu được đề ra.

6. Hệ xác định (deterministic) và hệ ngẫu nhiên (stochastic):

Một hệ thống điều khiển là xác định khi đáp ứng đối với một ngõ vào nhất định có thể được biết trước (predictable) và có thể lặp lại được (repeatable). Nếu không thỏa mãn 2 điều kiện trên, hệ thống điều khiển là ngẫu nhiên.

III. NHIỆM VỤ CỦA LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Để khảo sát và thiết kế một hệ thống điều khiển tự động người ta thực hiện các bước sau:

a) Dựa trên các yêu cầu thực tiễn, các mô hình vật lý ta xây dựng mô hình toán học dựa trên các quy luật, hiện tượng, quan hệ của các đối tượng vật lý. Mô hình toán học của hệ thống được xây dựng từ các mô hình toán học của các phần tử riêng lẻ.

b) Dựa trên lý thuyết ổn định, ta khảo sát tính ổn định của hệ thống. Nếu hệ thống không ổn định ta thay đổi đặc tính của hệ thống bằng cách đưa vào một khâu bù chính (compensation) hay thay đổi tham số của hệ để hệ thành ổn định.

c) Khảo sát chất lượng của hệ theo các chỉ tiêu đề ra ban đầu. Nếu hệ không đạt chỉ tiêu chất lượng ban đầu, ta thực hiện bổ chính hệ thống.

d) Mô phỏng hệ thống trên máy tính để kiểm tra lại thiết kế.

e) Thực hiện mô hình mẫu (prototype) và kiểm tra thiết kế bằng thực nghiệm.

f) Tinh chỉnh lại thiết kế để tối ưu hóa chỉ tiêu chất lượng và hạ thấp giá thành nếu có yêu cầu.

g) Xây dựng hệ thống thực tế.

TẬP LỆNH CƠ BẢN CỦA MATLAB

I. LỆNH CƠ BẢN

Chú ý: Các lệnh đều viết bằng chữ thường, nhưng vì tác giả muốn viết hoa để người xem tiện theo dõi.

1. Lệnh ANS

a) Công dụng: (Purpose)

Là biến chứa kết quả mặc định.

b) Giải thích: (Description)

Khi thực hiện một lệnh nào đó mà chưa có biến chứa kết quả, thì MATLAB lấy biến Ans làm biến chứa kết quả đó.

c) Ví dụ: (Examples)

```
2-1
```

```
ans = 1
```

2. Lệnh CLOCK

a) Công dụng: (Purpose)

Thông báo ngày giờ hiện tại.

b) Cú pháp:(Syntax)

```
c = clock
```

c) Giải thích: (Description)

Để thông báo dễ đọc ta dùng hàm fix.

d) Ví dụ: (Examples)

```
c = clock
```

```
c =
```

```
1.0e+003*
```

```
2.0010 0.0040 0.0200 0.0030 0.0420 0.0501
```

```
c = fix(clock)
```

```
c = 2001    4    20    3    43    3
```

3. Lệnh COMPUTER

a) Công dụng: (Purpose)

Cho biết hệ điều hành của máy vi tính đang sử dụng Matlab.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

b) Cú pháp: (Syntax)

computer

[c,m] = computer

c) Giải thích: (Description)

c: chứa thông báo hệ điều hành của máy.

m: số phần tử của ma trận lớn nhất mà máy có thể làm việc được với Matlab.

d) Ví dụ: (Examples)

» [c,m]=computer

c =

PCWIN

m =

2.1475e+009

4. Lệnh DATE

a) Công dụng: (Purpose)

Thông báo ngày tháng năm hiện tại

b) Cú pháp: (Syntax)

s = date

c) Ví dụ:

» s=date

s =

20-Apr-2001

5. Lệnh CD

a) Công dụng:

Chuyển đổi thư mục làm việc.

b) Cú pháp:

cd
cd directory
cd ..

c) Giải thích:

cd: cho biết thư mục hiện hành.
directory: đường dẫn đến thư mục muốn làm việc.
cd .. chuyển đến thư mục cấp cao hơn một bậc.

6. Lệnh CLC

a) Công dụng:

Xóa cửa sổ lệnh.

b) Cú pháp:

clc

c) Ví dụ:

clc, for i: 25, home, A = rand(5), end.

7. Lệnh CLEAR

a) Công dụng:

Xóa các đề mục trong bộ nhớ.

b) Cú pháp:

clear
clear name
clear name1 name2 name3
clear functions
clear variables
clear mex
clear global
clear all

c) Giải thích:

clear: xóa tất cả các biến khỏi vùng làm việc.
clear name: xóa các biến hay hàm được chỉ ra trong name.
clear functions: xóa tất cả các hàm trong bộ nhớ.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

clear variables: xóa tất cả các biến ra khỏi bộ nhớ.

clear mex: xóa tất cả các tập tin .mex ra khỏi bộ nhớ.

clear: xóa tất cả các biến chung.

clear all: xóa tất cả các biến, hàm, và các tập tin .mex khỏi bộ nhớ. Lệnh này làm cho bộ nhớ trống hoàn toàn.

8. Lệnh DELETE

a) Công dụng:

Xóa tập tin và đối tượng đồ họa.

b) Cú pháp:

delete filename

delete (n)

c) Giải thích:

file name: tên tập tin cần xóa.

n: biến chứa đối tượng đồ họa cần xóa. Nếu đối tượng là một cửa sổ thì cửa sổ sẽ đóng lại và bị xóa.

9. Lệnh DEMO

a) Công dụng:

Chạy chương trình mặc định của Matlab.

b) Cú pháp:

demo

c) Giải thích:

demo: là chương trình có sẵn trong Matlab, chương trình này minh họa một số chức năng của Matlab.

10. Lệnh DIARY

a) Công dụng:

Lưu vùng thành file trên đĩa.

b) Cú pháp:

diary filename

c) Giải thích:

filename: tên của tập tin.

11. Lệnh DIR

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Liệt kê các tập tin và thư mục.

b) Cú pháp:

dir

dir name

c) Giải thích:

dir: liệt kê các tập tin và thư mục có trong thư mục hiện hành.

dir name: đường dẫn đến thư mục cần liệt kê.

12. lệnh DISP

a) Công dụng:

Trình bày nội dung của biến (x) ra màn hình

b) Cú pháp:

disp (x)

c) giải thích:

x: là tên của ma trận hay là tên của biến chứa chuỗi ký tự, nếu trình bày trực tiếp chuỗi ký tự thì chuỗi ký tự được đặt trong dấu ‘ ‘

d) Ví dụ:

» num=('Matlab')

num =

Matlab

» disp(num)

Matlab

» num=[2 0 0 1]

num =

2 0 0 1

» disp(num)

2 0 0 1

» num='PHAM QUOC TRUONG'

num =

PHAM QUOC TRUONG

13. Lệnh ECHO

a) Công dụng:

Hiển thị hay không hiển thị dòng lệnh đang thi hành trong file *.m.

b) Cú pháp:

echo on

echo off

c) Giải thích:

on: hiển thị dòng lệnh.

off: không hiển thị dòng lệnh.

14. Lệnh FORMAT

a) Công dụng:

Định dạng kiểu hiển thị của các con số.

Cú pháp	Giải thích	Ví dụ
Format short	Hiển thị 4 con số sau dấu chấm	3.1416
Format long	Hiển thị 14 con số sau dấu chấm	3.14159265358979
Format rat	Hiển thị dạng phân số của phần nguyên nhỏ nhất	355/113
Format +	Hiển thị số dương hay âm	+

15. Lệnh HELP

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

hướng dẫn cách sử dụng các lệnh trong Matlab.

b) Cú pháp:

help

help topic

c) Giải thích:

help: hiển thị văn tắt các mục hướng dẫn.

topic: tên lệnh cần được hướng dẫn.

16. Lệnh HOME

a) Công dụng:

Đem con trỏ về đầu vùng làm việc.

b) Cú pháp:

home

17. Lệnh LENGTH

a) Công dụng:

Tính chiều dài của vectơ.

b) Cú pháp:

$l = \text{length}(x)$

c) Giải thích:

l: biến chứa chiều dài vectơ.

d) Ví dụ:

tính chiều dài của vectơ x.

$x = [0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9]$

$l = \text{length}(x)$

$l = 10$

» $x = [01 \ 09 \ 77,20 \ 04 \ 2001]$

x =

1 9 77 20 4 2001

» $l = \text{length}(x)$

l =

6

18. Lệnh LOAD

a) Công dụng:

Nạp file từ đĩa vào vùng làm việc.

b) Cú pháp:

load

load filename

load filename

load filename.extension

c) Giải thích:

load: nạp file matlab.mat

load filename: nạp file filename.mat

load filename.extension: nạp file filename.extension

Tập tin này phải là tập tin dạng ma trận có nghĩa là số cột của hàng dưới phải bằng số cột của hàng trên. Kết quả ta được một ma trận có số cột và hàng chính là số cột và hàng của tập tin văn bản trên.

19. Lệnh LOOKFOR

a) Công dụng:

Hiển thị tất cả các lệnh có liên quan đến topic.

b) Cú pháp:

lookfor topic

c) Giải thích:

topic: tên lệnh cần được hướng dẫn.

20. Lệnh PACK

a) Công dụng:

Sắp xếp lại bộ nhớ trong vùng làm việc.

b) Cú pháp:

pack

pack filename

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

c) Giải thích:

Nếu như khi sử dụng Matlab máy tính xuất hiện thông báo “Out of memory” thì lệnh pack có thể tìm thấy một số vùng nhớ còn trống mà không cần phải xóa bớt các biến.

Lệnh pack giải phóng không gian bộ nhớ cần thiết bằng cách nén thông tin trong vùng nhớ xuống cực tiểu. Vì Matlab quản lý bộ nhớ bằng phương pháp xếp chồng nên các đoạn chương trình Matlab có thể làm cho vùng nhớ bị phân mảnh. Do đó sẽ có nhiều vùng nhớ còn trống nhưng không đủ để chứa các biến lớn mới.

Lệnh pack sẽ thực hiện:

- + lưu tất cả các biến lên đĩa trong một tập tin tạm thời là pack.tmp.
- + xóa tất cả các biến và hàm có trong bộ nhớ.
- + lấy lại các biến từ tập tin pack.tmp.
- + xóa tập tin tạm thời pack.tmp.

kết quả là trong vùng nhớ các biến được gộp lại hoặc nén lại tối đa nên không bị lãng phí bộ nhớ.

Pack.fname cho phép chọn tên tập tin tạm thời để chứa các biến. Nếu không chỉ ra tên tập tin tạm thời thì Matlab tự lấy tên tập tin đó là pack.tmp.

Nếu đã dùng lệnh pack mà máy vẫn còn báo thiếu bộ nhớ thì bắt buộc phải xóa bớt các biến trong vùng nhớ đi.

21. Lệnh PATH

a) Công dụng:

Tạo đường dẫn, liệt kê tất cả các đường dẫn đang có.

b) Cú pháp:

path

p = path

path (p)

c) Giải thích:

path: liệt kê tất cả các đường dẫn đang có.

p: biến chứa đường dẫn.

path (p): đặt đường dẫn mới.

d) Ví dụ:

đặt đường dẫn đến thư mục c:\lvt\matlab

p = 'd:\DA\matlab';

path (p);

22. Lệnh QUIT

a) Công dụng:

Thoát khỏi Matlab.

b) Cú pháp:

quit

23. Lệnh SIZE

a) Công dụng:

Cho biết số dòng và số cột của một ma trận.

b) Cú pháp:

d = size (x)

[m,n] = size (x)

m = size (x,1)

n = size (x,2)

c) Giải thích:

x: tên ma trận.

d: tên vectơ có 2 phần tử, phần tử thứ nhất là số dòng, phần tử còn lại là số cột.

m,n: biến m chứa số dòng, biến n chứa số cột

d) Ví dụ:

ta có ma trận a

x = 1 2 3 4
 5 6 6 8

» x=[1 2 3 4;5 6 7 8]

x =

1 2 3 4 5 6 7 8

Các bạn chú ý về cách nhập 1 ma trận:

» x=[1 2 3 4;5 6 7 8]

x =

```
1 2 3 4
5 6 7 8
```

```
» d=size(x)
```

```
d =
```

```
2 4
```

```
» m=size(x,1)
```

```
m =
```

```
2
```

```
» n=size(x,2)
```

```
n =
```

```
4
```

```
» [m,n]=size(x)
```

```
m =
```

```
2
```

```
n =
```

24. Lệnh TYPE

a) Công dụng:

Hiển thị nội dung của tập tin.

b) Cú pháp:

type filename

c) Giải thích:

filename: tên file cần hiển thị nội dung.

Lệnh này trình bày tập tin được chỉ ra.

25. Lệnh WHAT

a) Công dụng:

Liệt kê các tập tin *.m, *.mat, *.mex.

b) Cú pháp:

what

what dirname

c) Giải thích:

what: liệt kê tên các tập tin .m, .mat, .mex có trong thư mục hiện hành.

dirname: tên thư mục cần liệt kê.

26. Lệnh WHICH

a) Công dụng:

Xác định chức năng của funname là hàm của Matlab hay tập tin.

b) Cú pháp:

which funname

c) Giải thích:

funname: là tên lệnh trong Matlab hay tên tập tin

d) Ví dụ:

which inv

inv is a build-in function

which f

c:\matlab\bin\f.m

27. Lệnh WHO, WHOS

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

a) **Công dụng:**

Thông tin về biến đang có trong bộ nhớ.

b) **Cú pháp:**

who

whos

who global

whos global

c) **Giải thích:**

who: liệt kê tất cả các tên biến đang tồn tại trong bộ nhớ.

whos: liệt kê tên biến, kích thước, số phần tử và xét các phần ảo có khác 0 không.

who global và whos: liệt kê các biến trong vùng làm việc chung.

II. CÁC TOÁN TỬ VÀ KÝ TỰ ĐẶC BIỆT

1. Các toán tử số học (Arithmetic Operators):

Toán tử	Công dụng
+	Cộng ma trận hoặc đại lượng vô hướng (các ma trận phải có cùng kích thước).
-	Trừ ma trận hoặc đại lượng vô hướng (các ma trận phải có cùng kích thước).
*	Nhân ma trận hoặc đại lượng vô hướng (ma trận 1 phải có số cột bằng số hàng của ma trận 2).
.*	Nhân từng phần tử của 2 ma trận hoặc 2 đại lượng vô hướng (các ma trận phải có cùng kích thước).
\	Thực hiện chia ngược ma trận hoặc các đại lượng vô hướng ($A \setminus B$ tương đương với $\text{inv}(A)*B$).
.\	Thực hiện chia ngược từng phần tử của 2 ma trận hoặc 2 đại lượng vô hướng (các ma trận phải có cùng kích thước).
/	Thực hiện chia thuận 2 ma trận hoặc đại lượng vô hướng (A/B tương đương với $A*\text{inv}(B)$).
./	Thực hiện chia thuận từng phần tử của ma trận này cho ma trận kia (các ma trận phải có cùng kích thước).
^	Lũy thừa ma trận hoặc các đại lượng vô hướng.
.^	Lũy thừa từng phần tử ma trận hoặc đại lượng vô hướng (các ma trận phải có cùng kích thước).

* ví dụ:

	Phép tính ma trận		Phép tính mảng
	1		4
x	2	y	5
	3		6
x'	1 2 3	y'	4 5 6
	5		-3
x + y	6	x - y	-3
	7		-3

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$x + 2$	3 4 5	$x - 2$	-3 -3 -3
$x * y$	phép toán sai	$x. * y$	4 10 18
$x' * y$	32	$x'. * y$	phép toán sai
$x * y'$	4 5 6 8 10 12 12 15 18	$x. * y'$	phép toán sai
$x * 2$	2 4 6	$x.* 2$	2 4 6
$x \setminus y$	16/7	$x.\setminus y$	4 5/2 2
$2 \setminus x$	1/2 1 3/2	$2./ x$	2 1 2/3
x / y	0 0 1/6 0 0 1/3 0 0 1/2	$x./ y$	1/4 2/5 1/2
$x / 2$	1/2 1 3/2	$x./ 2$	1/2 1 3/2
$x ^ y$	phép toán sai	$x.^ y$	1/2 32 729
$x ^ 2$	phép toán sai	$x.^ 2$	1 4

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

			9
$2 \wedge x$	phép toán sai	$2.^x$	2 4 8

2.. Toán tử quan hệ (Relational Operators):

Toán tử	Công dụng
<	So sánh nhỏ hơn.
>	So sánh lớn hơn.
>=	So sánh lớn hơn hoặc bằng.
<=	So sánh nhỏ hơn hoặc bằng.
==	So sánh bằng nhau cả phần thực và phần ảo.
==	So sánh bằng nhau phần ảo.

a) Giải thích:

Các toán tử quan hệ thực hiện so sánh từng thành phần của 2 ma trận. Chúng tạo ra một ma trận có cùng kích thước với 2 ma trận so sánh với các phần tử là 1 nếu phép so sánh là đúng

và là 0 nếu phép so sánh là sai.

Phép so sánh có chế độ ưu tiên sau phép toán số học nhưng trên phép toán logic.

b) Ví dụ:

thực hiện phép so sánh sau:

» x=5 % đầu tiên ta nhập x=5

x =

5

» x>=[1 2 3;4 5 6;7 8 9] %so sánh trực tiếp x (x là 5) với ma trận

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

ans = % rõ ràng các phần tử 1,2,3,4,5 đều ≤ 5

1 1 1

1 1 0

0 0 0

» x=5

x =

5

» A=[1 2 3;4 5 6;7 8 9] % ta đặt ma trận A

A =

1 2 3

4 5 6

7 8 9

» x>=A

ans =

1 1 1

1 1 0

0 0 0

» x=A % dòng lệnh này tức là cho x= ma trận A

x =

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

1 2 3

4 5 6

7 8 9

» x==A % so sánh x và A

ans = % tất cả các phần tử đều đúng

1 1 1

1 1 1

1 1 1

» x=5 % cho lại x=5

x =

5

» x==A % so sánh x = A

ans =

0 0 0

0 1 0 % chỉ duy nhất phần tử 5=x (vì x=5)

0 0 0

» x<A

ans =

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

0 0 0
0 0 1
1 1 1

3. Toán tử logic (Logical Operators):

Toán tử	Công dụng
&	Thực hiện phép toán logic AND.
|	Thực hiện phép toán logic OR.
~	Thực hiện phép toán logic NOT.

a) Giải thích:

Kết quả của phép toán là 1 nếu phép logic là đúng và là 0 nếu phép logic là sai.

Phép logic có chế độ ưu tiên thấp nhất so với phép toán số học và phép toán so sánh.

b) Ví dụ:

Khi thực hiện phép toán $3 > 4$ & $1 +$ thì máy tính sẽ thực hiện $1 + 2$ được 3, sau đó tới $3 > 4$ được 0 rồi thực hiện 0 & 3 và cuối cùng ta được kết quả là 0.

4. Ký tự đặc biệt (Special Characters):

Ký hiệu	Công dụng
[]	Khai báo vector hoặc ma trận.
()	Thực hiện phép toán ưu tiên, khai báo các biến và các chỉ số của vector.
=	Thực hiện phép gán.
'	Chuyển vị ma trận tìm lượng liên hiệp của số phức.
.	Điểm chấm thập phân.
,	Phân biệt các phần tử của ma trận và các đối số trong dòng lệnh.
;	Ngăn cách giữa các hàng khi khai báo ma trận.
%	Thông báo dòng chú thích.
!	Mở cửa sổ MS – DOS.

5. dấu ':'

a) Công dụng:

Tạo vector hoặc ma trận phụ và lặp đi lặp lại các giá trị.

b) Giải thích:

Khai báo	Công dụng
$j : k$	Tạo ra chuỗi $j, j+1, j+2, \dots, k-1, k$
$j : i : k$	Tạo ra chuỗi $j, j+i, j+2i, \dots, k-i, k$
$A(:, j)$	Chỉ cột thứ j của ma trận A
$A(i, :)$	Chỉ hàng thứ i của ma trận
$A(:, :)$	Chỉ toàn bộ ma trận A
$A(j, k)$	Chỉ phần tử $A(j), A(j+1) \dots A(k)$
$A(:, j, k)$	Chỉ các phần tử $A(:, j), A(:, j+1) \dots A(:, k)$
$A(:)$	Chỉ tất cả các thành phần của ma trận A

c) Ví dụ:

khi khai báo $D = 1 : 10$

ta được kết quả:

$D = 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10$

còn khi khai báo $D = 0 : 2 : 10$

thì ta được kết quả:

$D = 0 \ 2 \ 4 \ 6 \ 8 \ 10$

III. CÁC HÀM LOGIC (LOGICAL FUNCTION)

1. Lệnh ALL

a) Công dụng:

Kiểm tra vector hay ma trận có giá trị 0 hay không.

b) Cú pháp:

$$y = \text{all}(x)$$

c) Giải thích:

y: biến chứa kết quả

x: tên vector hay ma trận

y = 1 khi tất cả các phần tử khác 0

y = 0 khi có 1 phần tử bằng 0

d) Ví dụ:

» a=[1 2 3]

a =

1 2 3

» y=all(a)

y =

1

» a=[1 0 3]

a =

1 0 3

» y=all(a)

y =

0

» a=[1 2 3;4 0 6;7 8 9]

a =

1 2 3

4 0 6

7 8 9

» y=all(a)

y =

1 0 1

» a=[1 2 0;0 3 5;2 6 8]

a =

1 2 0

0 3 5

2 6 8

» y=all(a)

y =

0 1 0

2. Lệnh ANY

a) Công dụng:

Kiểm tra vector hay ma trận có giá trị khác 0 hay không.

b) Cú pháp:

$y = \text{any}(x)$

c) Giải thích:

y: biến chứa kết quả.

x: tên vector, hay ma trận.

y = 1 khi có 1 phần tử khác 0.

y = 0 khi có 1 phần tử bằng 0.

d) Ví dụ:

» a=[1 2 3];

» y=any(a)

y =

1

» b=[1 0 3 0];

» y=any(b)

y =

1

» c=[1 2 0 4;0 2 0 4;1 2 3 4;3 4 5 6]

c =

1 2 0 4

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

0 2 0 4

1 2 3 4

3 4 5 6

» y=any(c)

y =

1 1 1 1

» d=[0 0 0 0;0 1 3 0]

d =

0 0 0 0

0 1 3 0

» y=any(d)

y =

0 1 1 0

3. Lệnh EXIST

a) Công dụng:

Kiểm tra biến hay file có tồn tại hay không.

b) Cú pháp:

e = exist('item')

c) Giải thích:

item: là tên file hay tên biến.

e: biến chứa giá trị trả về.

e	Y nghĩa
---	---------

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

0	item không tồn tại trong vùng làm việc
1	item là biến đang tồn tại trong vùng làm việc
2	item đang tồn tại trên đĩa (chỉ kiểm tra trong thư mục hiện hành)
3	item là MEX-file
4	item là file được dịch từ phần mềm Simulink
5	item là hàm của Matlab

d) Ví dụ:

```
e = exist('dir')
```

```
e = 5
```

4. Lệnh FIND

a) Công dụng:

Tìm phần tử trong vector hay ma trận theo yêu cầu.

b) Cú pháp:

```
k = find(x)
```

```
[i,j] = find(x)
```

```
[i,j,s] = find(x)
```

c) Giải thích:

k: chỉ vị trí của phần tử cần tìm trong vector.

i,j: chỉ số hàng và số cột tương ứng của phần tử cần tìm.

s: chứa giá trị của phần tử cần tìm.

x: tên vector, ma trận hay là yêu cầu đề ra. Nếu không nêu ra yêu cầu thì mặc nhiên là tìm các phần tử khác 0.

d) Ví dụ:

```
» x=[1 8 0 2 3 0]
```

x =

```
1 8 0 2 3 0
```

```
» k=find(x)
```

k =

1 2 4 5

» k=[3 6]

k =

3 6

» a=[5 0 0;8 0 3]

a =

5 0 0

8 0 3

» [i,j,k]=find(a)

i =

1

2

2

j =

1

1

3

k =

5

8

3

IV. NHÓM LỆNH LẬP TRÌNH TRONG MATLAB

1. Lệnh EVAL

a) Công dụng:

Chuyển đổi chuỗi ký tự thành biểu thức.

b) Cú pháp:

kq = eval('string')

c) Giải thích:

kq: biến chứa kết quả.

Nếu 'string' là các ký số thì chuyển thành những con số.

Nếu 'string' là câu lệnh thì chuyển thành các lệnh thi hành được.

d) Ví dụ:

» a='199999999';

» eval(a)+1

ans =

200000000

2. Lệnh FOR

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Dùng để thực hiện 1 công việc cần lặp đi lặp lại theo một quy luật, với số bước lặp xác định trước.

b) Cú pháp:

```
for biến điều khiển = giá trị đầu : giá trị cuối,  
    thực hiện công việc;  
end
```

c) Giải thích:

Công việc chính là các lệnh cần thi hành, có thể có nhiều lệnh, kết thúc lệnh phải có dấu;

d) Ví dụ:

```
In ra màn hình 5 dòng 'PHAM QUOC TRUONG chao cac ban'.  
for i = 1:5,  
    disp('PHAM QUOC TRUONG chao cac ban');  
end  
  
PHAM QUOC TRUONG chao cac ban  
PHAM QUOC TRUONG chao cac ban  
PHAM QUOC TRUONG chao cac ban  
PHAM QUOC TRUONG chao cac ban  
PHAM QUOC TRUONG chao cac ban
```

3. Lệnh FUNCTION

a) Công dụng:

Tạo thêm hàm mới.

b) Cú pháp:

```
function s = n(x)
```

c) Giải thích:

s: tên biến chứa giá trị trả về sau khi thi hành hàm.

n: tên gọi nhớ.

d) Ví dụ: (ở phần lập trong M.file)

4. Lệnh INPUT

a) Công dụng:

Dùng để nhập vào 1 giá trị.

b) Cú pháp:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

tên biến = input ('prompt')

tên biến = input ('prompt', 's')

c) Giải thích:

tên biến, là nơi lưu giá trị nhập vào.

'prompt': chuỗi ký tự muốn nhập vào.

's': cho biết giá trị nhập vào là nhiều ký tự.

d) Ví dụ 1:

x = input('nhập giá trị của biến x: ')

nhập giá trị của biến x: 5

x = 5

e) Ví dụ 2:

trả_lời = input('bạn có muốn tiếp tục không ? ','s')

bạn có muốn tiếp tục không ? không

trả_lời = không

5. Lệnh IF ...ELSEIF ...ELSE

a) Công dụng:

Thực hiện lệnh khi thỏa điều kiện.

b) Cú pháp:

if biểu thức luận lý 1

 thực hiện công việc 1;

elseif biểu thức luận lý 2

 thực hiện công việc 2;

else

 thực hiện công việc 3;

end

c) Giải thích:

Khi biểu thức luận lý 1 đúng thì thực hiện công việc 1 tương tự cho biểu thức luận lý 2. Nếu cả hai biểu thức sai thì thực hiện công việc sau lệnh else.

Biểu thức luận lý là các phép so sánh ==, <, >, <=, >=

công việc chính là các lệnh cần thi hành, có thể có nhiều lệnh, kết thúc lệnh phải có dấu

;

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

d) Ví dụ:

Viết chương trình nhập vào 2 số và so sánh hai số đó.

```
a = input('Nhập a: ');
b = input('Nhập b: ');
if a > b
    disp('a lớn hơn b');
elseif a == b
    disp('a bằng b');
else
    disp('a nhỏ hơn b');
end
nhập a: 4
nhập b: 5
a nhỏ hơn b
```

6. Lệnh MENU

a) Công dụng:

Tạo menu để chọn chức năng.

b) Cú pháp:

```
tên biến = menu ('Tên menu', 'chức năng1', 'chức năng2', ..., 'chức năng n')
```

c) Giải thích:

tên menu: là tiêu đề của menu.

tên biến: là nơi cất giá trị nhận được sau khi chọn chức năng của menu.

Chức năng 1, 2, ..., n: khi chọn chức năng nào thì tên biến có giá trị là số thứ tự của chức năng đó.

d) Ví dụ:

```
k = menu('Choose a color', 'Red', 'Blue', 'Green')
---- Choose a color ----
1) Red
2) Blue
3) Green
```

7. Lệnh PAUSE

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

a) Công dụng:

Dừng chương trình theo ý muốn.

b) Cú pháp:

pause on

pause off

pause (n)

c) Giải thích:

pause on: dừng chương trình, và chờ nhấn 1 phím bất kỳ (trừ các phím điều khiển) chương trình thực hiện tiếp.

pause off: tắt chức năng pause.

pause (n): dừng chương trình tại n giây.

d) Ví dụ:

```
for n = 1 : 3;
```

```
    disp('Press any key to continue...')
```

```
    pause
```

```
end
```

```
    Press any key to continue...
```

```
    Press any key to continue...
```

```
    Press any key to continue...
```

8. Lệnh WHILE

a) Công dụng:

Dùng để thực hiện 1 công việc cần lặp đi lặp lại theo một quy luật, với số bước lặp không xác định, phụ thuộc vào biểu thức luận lý.

b) Cú pháp:

```
while biểu thức luận lý
```

```
    thực hiện công việc;
```

```
end
```

c) Giải thích:

Biểu thức luận lý là các phép so sánh =, <, >, <=, >=

Công việc chính là các lệnh cần thi hành, có thể có nhiều lệnh, kết thúc lệnh phải có dấu ;

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Khi thực hiện xong công việc thì quay lên kiểm tra lại biểu thức luận lý, nếu vẫn còn đúng thì tiếp tục thực hiện, nếu sai thì kết thúc.

d) Ví dụ:

tính tổng $A = 1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/n$

```
n = input('nhập vào số n ');
```

```
a = 0; i = 1
```

```
while i <= n
```

```
    a = a + 1/i
```

```
    i = i + 1;
```

```
end
```

```
disp('ket qua');
```

```
disp(a);
```

```
nhap vao so n 3
```

```
ket qua
```

```
1.8333
```

B1(BT4a): Viết chương trình nhập vào một số $n(n \geq 0)$

với các trường hợp sau:

- Nếu $n < 0$ thì in thông báo bạn nhập sai
- Nếu $n > 0$ và lẻ thì tính tổng $s_1 = 1 + 3 + 5 + \dots + n$, n là số lẻ.
- Nếu $n > 0$ và chẵn thì $s_2 = 2 + 4 + 6 + \dots + n$, n chẵn.
- Nếu $n = 0$ dừng chương trình lại.

```
% BT4a: Viet chuong trinh nhap vao mot so n(n>=0)
% voi cac truong hop sau:
% a) Neu n<0 thi in thong bao ban nhap sai
% b) Neu n>0 va le thi tinh tong s1=1+3+5+...+n,n la so le.
% c) Neu n>0 va chan thi s2=2+4+6+...+n,n chan.
% d) Neu n=0 dung chuong trinh lai.
n=input('nhap n= ');           %nhap so n
du=rem(n,2);                   %kiem tra n la le hay chan
                                %neu n le du=1, n chan du=0

if n<0
    fprintf('Ban nhap sai')     %xuat ra thong bao
end
if (n>0) & (du==1)             %neu n>0 va le
    i=1;                       %gan i=1;
    s1=1;                       %gan tong s1=1
    while i<n                   %thuc hien vong lap
        i=i+2;                 %tang i len 2 sau moi lan lap
        s1=s1+i;               %tinh tong s1 voi gia tri i moi
    end
    s1                          %in ra ket qua sau khi ket thuc vong lap
end
```

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
if (n>0) & (du==0)
    i=0;
    s2=0;
    while i<n
        i=i+2;
        s2=s2+i;
    end
    s2
end
if n==0                %neu n=0
    break              %lenh ket thuc
end
```

Khi chạy chương trình:

» nhập n= 5

s1 =

9

» BT4a

nhập n= 4

s2 =

6

» BT4a

nhập n= -6

Ban nhập sai» BT4a

nhập n= 0

»

V. TẬP LỆNH XỬ LÝ CHUỖI

1. Lệnh ABS

a) Công dụng:

Tạo vector đơn có giá trị của mỗi phần tử là số thứ tự tương ứng với ký tự trong bảng mã ASCII.

Lấy trị tuyệt đối của một số âm.

b) Cú pháp:

$n = \text{ABS}(s)$

$x = \text{ABS}(a)$

c) Giải thích:

n: tên vector.

s: chuỗi ký tự, hoặc là tên biến chứa chuỗi ký tự.

a: số âm, hoặc là tên biến chứa số âm.

x: trị tuyệt đối của a.

d) Ví dụ:

» $n = \text{abs}(\text{'PHAM QUOC TRUONG'})$

n =

Columns 1 through 12

80 72 65 77 32 81 85 79 67 32 84 82

Columns 13 through 16

85 79 78 71

» $m = \text{abs}(\text{'MATLAB'})$

m =

77 65 84 76 65 66

» U=abs('abc')

U =

97 98 99

» T=abs(-1)

T =

1

2. Lệnh BLANKS

a) Công dụng:

Tạo khoảng trắng giữa hai hay nhiều chuỗi ký tự theo mong muốn.

b) Cú pháp:

[S1 BLANKS(b1) S2 BLANKS(b2) ...BLANKS(bn) Sn]

c) Giải thích:

S1, S2, ...Sn: các chuỗi ký tự.

b1, b2: số khoảng trắng.

d) Ví dụ:

In 4 chuỗi 'Khao sat', 'ứng dụng', 'MATLAB', 'trong điều khiển tự động' ra màn hình với khoảng cách lần lượt giữa 4 chuỗi là: 2,4,3

» S=['Khao sat'blanks(2) 'ung dung'blanks(4) 'MATLAB'blanks(3) 'trong dieu khien tu dong']

S =

Khao sat ung dung MATLAB trong dieu khien tu dong

3. Lệnh DEC2HEX

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Đổi con số của hệ 10 sang hệ 16.

b) Cú pháp:

$s = \text{dec2hex}(n)$

c) Giải thích:

s: biến chứa chuỗi ký số của hệ 16

n: con số nguyên hệ 10.

d) Ví dụ:

$s = \text{dec2hex}(10)$

$s = 'A'$

4. Lệnh HEX2DEC

a) Công dụng:

Đổi chuỗi ký số của hệ 16 sang con số của hệ 10.

b) Cú pháp:

$n = \text{hex2dec}('s')$

c) Giải thích:

n: con số của hệ 10.

s: chuỗi ký số hệ 16.

d) Ví dụ:

$n = \text{hex2dec}('A')$

$n = 10$

5. Lệnh INT2STR

a) Công dụng:

Chuyển số nguyên sang dạng chuỗi.

Chuyển các ký tự trong một chuỗi sang số thứ tự tương ứng trong bảng mã ASCII.

b) Cú pháp:

$kq = \text{INT}$

c) Giải thích:

kq: biến STR(n) chứa kết quả.

n: tên biến cần chuyển.

Nếu n là số nguyên thì kq là chuỗi ký số.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Nếu n là chuỗi ký tự thì kq là số tương ứng trong bảng mã ASCII

d) Ví dụ:

» n='MATLAB'

n =

MATLAB

» t=int2str(n)

t =

77 65 84 76 65 66

» n=2001

n =

2001

» t=int2str(n)

t =

2001

6. Lệnh ISSTR

a) Công dụng:

Kiểm tra nội dung biến có phải là chuỗi ký tự không.

b) Cú pháp:

kq = isstr(n)

c) Giải thích:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

kq: biến chứa kết quả.

n: tên biến cần kiểm tra.

kq = 1 nếu n là chuỗi ký tự.

0 nếu n không là chuỗi ký tự.

d) Ví dụ:

» n='MATLAB';

» kq=isstr(n)

kq =

1

» m=[1 2 3 4];

» kq=isstr(m)

kq =

0

7. Lệnh LOWER

a) Công dụng:

Cho ra chuỗi ký tự viết thường.

b) Cú pháp:

b = lower(s)

c) Giải thích:

b: biến chứa kết quả.

s: tên biến chứa chuỗi ký tự hay chuỗi ký tự.

d) Ví dụ:

» a='DO AN cua pHAM quOC TRuOnG';

» b=lower(a)

b =

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

do an cua pham quoc truong

8. Lệnh NUM2STR

a) Công dụng:

Chuyển số thực sang dạng chuỗi.

Chuyển các ký tự trong một chuỗi sang số thứ tự tương ứng trong bảng mã ASCII.

b) Cú pháp:

$kq = \text{num2tr}(n)$

c) Giải thích:

kq: biến chứa kết quả.

n: tên biến cần chuyển.

Nếu n là số thực thì kq là số tương ứng trong bảng mã ASCII.

d) Ví dụ:

» $n=3.1416$;

» $kq=\text{num2str}(n)$

kq =

3.1416

9. Lệnh SETSTR

a) Công dụng:

Cho ra ký tự tương ứng với số thứ tự trong bảng mã ASCII.

b) Cú pháp:

$x = \text{Set Str}(n)$

c) Giải thích:

x: biến chứa ký tự tương ứng (thuộc bảng mã ASCII).

n: số nguyên ($0 \leq n \leq 255$).

d) Ví dụ:

Tìm ký tự có số thứ tự là 65 trong bảng mã ASCII.

» $kt=\text{setstr}(65)$

kt =

A

10. Lệnh STR2MAT

a) Công dụng:

Tạo ma trận có các phần tử dạng chuỗi.

b) Cú pháp:

`s = str2mat('s1', 's2', ...)`

c) Giải thích:

s: tên ma trận kết quả.

s1, s2: chuỗi ký tự.

d) Ví dụ:

`s = str2mat('mat', 'lab')`

s =

mat

lab

11. Lệnh STR2NUM

a) Công dụng:

Chuyển chuỗi (dạng số) sang số thực.

b) Cú pháp:

`n = str2num(s)`

c) Giải thích:

s: chuỗi dạng số.

n: số thực.

d) Ví dụ:

`n = str2num('456456')`

n = 456456

12. Lệnh STRCMP

a) Công dụng:

So sánh 2 chuỗi ký tự.

b) Cú pháp:

`l = strcmp(s1, s2)`

c) Giải thích:

l: biến chứa kết quả.

s1, s2: chuỗi cần so sánh.

d) Ví dụ:

a = 'MatLab WoRkS'

b = 'MatLab WoRkS'

strcmp(a,b)

ans = 1

13. Lệnh UPPER

a) Công dụng:

Cho ra chuỗi viết hoa.

b) Cú pháp:

b = upper

c) Giải thích:

b: biến chứa kết quả.

s: tên biến chứa chuỗi ký tự.

d) Ví dụ:

a = 'MaTlab WORks'

b = upper(a)

b = MATLAB

b = upper('MaTlab WORks')

b= MATLAB WORKS

VI. CÁC HÀM GIAO TIẾP

1. Lệnh FCLOSE

a) Công dụng:

Đóng file đang mở sau khi truy xuất xong.

b) Cú pháp:

fclose(fid)

c) Giải thích:

fid: tên biến trỏ đến file đang mở.

2. Lệnh FOPEN

a) Công dụng:

Mở file hoặc truy xuất dữ liệu của file đang mở.

b) Cú pháp:

```
fid = fopen('fn')
```

```
fid = fopen('fn', 'p')
```

c) Giải thích:

fid: tên biến trỏ đến file đang mở.

fn: tên file (có thể đặt đường dẫn).

Tham số p có các định dạng sau:

‘r’: chỉ đọc.

‘r+’: đọc và ghi.

‘w’: xóa tất cả nội dung của file hoặc tạo 1 file mới và mở file đó để ghi.

‘w+’: xóa tất cả nội dung của file hoặc tạo 1 file mới và mở file đó để ghi và đọc.

3. Lệnh FPRINTF

a) Công dụng:

Ghi đoạn dữ liệu thành file.

b) Cú pháp:

```
fprintf(fid, f)
```

c) Giải thích:

fid: tên biến trỏ đến file cần ghi.

f: các tham số để định dạng.

d) Ví dụ:

Tạo file exp.txt có nội dung:

```
x = 0:2:10;
```

```
y = [x, x/2];
```

```
fid = fopen('exp.txt', 'w');
```

```
fprintf(fid, '%d', [2, inf]);
```

Gán file exp.txt và biến a để xem nội dung:

```
fid = fopen('exp.txt')
```

```
a = fscanf(fid, '%d', [2,inf]);
```

```
disp(a);
```

```
fclose(fid);
```

Kết quả

```
0 2 4 6 8 10
```

```
0 1 2 3 4 5
```

4. Lệnh FREAD

a) Công dụng:

Đọc dữ liệu dạng nhị phân từ file.

b) Cú pháp:

```
[a, c] = fscanf(fid)
```

```
[a, c] = fscanf(fid,s)
```

c) Giải thích:

a: tên biến chứa dữ liệu được đọc vào.

c: số phần tử được đọc vào.

fid: tên biến trỏ đến file cần đọc.

s: kích thước dữ liệu đọc vào.

s được định dạng bởi các thông số:

n: chỉ đọc n phần tử vào cột vector a.

inf: đọc đến hết file.

[m,n]: chỉ đọc vào m cột và n hàng, n có thể bằng inf còn m thì không.

d) Ví dụ 1:

file vd.txt có nội dung:

```
A B C
```

```
1 2 3
```

```
fid = fopen('vd.txt');
```

```
[a,c] = fread(fid);
```

```
disp(a);
```

```
disp(c);
```

```
a =
```

```
65
```

```
32
```

66

32

67

13

10

49

32

50

32

51

c =

12

e) Ví dụ 2

```
fid = fopen('vd1.txt');
```

```
[a,c] = fread(fid, 4);
```

```
disp(a);
```

```
disp(c);
```

a=

65

32

66

32

c =

4

f) Ví dụ 3:

file vd3.txt có nội dung

ABCDE

FGHIJ

KLMNO

```
fid = fopen('vd3.txt');
```

```
[a,c] = fread(fid, [7, inf]);
```

disp(a);

disp(c);

a =

65 70 75

66 71 76

67 72 76

68 73 78

69 74 79

13 13 13

10 10 10

c =

21

a' =

65 66 67 68 69 13 10

70 71 72 73 74 13 10

75 76 77 78 79 13 10

5. Lệnh FWRITE

a) Công dụng:

Ghi đoạn dữ liệu dạng nhị phân thành file.

b) Cú pháp:

fwrite (fid,a)

c) Giải thích:

fid: tên biến trỏ đến file cần ghi.

a: tên biến chứa dữ liệu.

d) Ví dụ:

Ghi đoạn dữ liệu của biến a thành file a.txt

a = [65 66 67]

fid = fopen('a.txt', 'w');

fwrite(fid, '%');

fwite(fid,a);

Gán file a.txt vào biến b để xem nội dung

```
fid = fopen('a.txt');  
b = fscanf(fid, '%');  
disp(b);  
fclose(fid);  
Kết quả  
b = ABC
```

6. Lệnh SPRINTF

a) Công dụng:

Hiển thị thông tin lên màn hình.

b) Cú pháp:

```
s = sprintf('ts',ds)
```

c) Giải thích:

s: biến chứa chuỗi số hiển thị trên màn hình.

ts: các tham số định dạng.

ds: danh sách các đối số.

Tham số định dạng thuộc 1 trong 2 kiểu sau:

- (1) Chuỗi ký tự: chuỗi này sẽ được hiển thị lên màn hình giống hệt như được viết trong câu lệnh.
- (2) Chuỗi các tham số định dạng: các chuỗi này sẽ không được hiển thị lên màn hình, nhưng tác dụng điều khiển việc chuyển đổi và cách hiển thị các đối số được đưa ra trong danh sách các đối số.

Ví dụ các tham số định dạng:

- 1) %d: đối số là số nguyên được viết dưới dạng thập phân.

```
s = sprintf('Đây là số: %d',-24)
```

```
s = Đây là số: -2
```

- 2) %u: đối số là số nguyên được viết dưới dạng thập phân không dấu.

```
s = sprintf('Đây là số: %u',24)
```

```
s = Đây là số: 24
```

- 3) %o: đối số là số nguyên được viết dưới dạng cơ số 8 không dấu.

```
s = sprintf('Đây là số: %o',9)
```

```
s = Đây là số: 11
```

- 4) %x: đối số là số nguyên được viết dưới dạng cơ số 16.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
s = sprintf('Đây là số: %x',255)
```

```
s = Đây là số:ff
```

5) %f: đối số là số nguyên được viết dưới dạng cp số 10.

```
s = sprintf('Đây là số: %f',2550)
```

```
s = Đây là số: 255.000000
```

Để định dạng phần thập phân thì thêm vào con số chứa số thập phân cần lấy.

```
s = sprintf('Đây là số: %.3f', 2.5568)
```

```
s = Đây là số: 2.557
```

6) %c: đối số là 1 ký tự riêng đặc biệt.

```
s = sprintf('Đây là chữ: %c','M')
```

```
s = Đây là chữ: M
```

7) %s: đối số là chuỗi ký tự.

```
s = sprintf('Đây là chuỗi: %s', 'Matlab')
```

```
s = Đây là chuỗi: Matlab
```

8. Lệnh SSCANF

a) Công dụng:

Đọc chuỗi ký tự và định dạng lại chuỗi ký tự đó.

b) Cú pháp:

```
[a,count] = sscanf(s, 'format', size)
```

c) Giải thích:

a: tên biến chứa chuỗi ký tự sau khi được định dạng.

count: đếm số phần tử được đọc vào.

size: kích thước sẽ được đọc vào.

format: phần định dạng giống như lệnh sprintf.

d) Ví dụ:

```
s = '3.12 1.2 0.23 2.56';
```

```
[a, count] = sscanf(s, '%f',3)
```

```
a =
```

```
3.1200
```

```
1.2000
```

```
0.2300
```

count =

3

VII. CÁC HÀM TOÁN HỌC CƠ BẢN

1. Một số hàm lượng giác:

a) Cú pháp:

$$kq = \text{hlg}(x)$$

b) Giải thích:

kq: tên biến chứa kết quả.

x: đơn vị radian.

hlg: tên hàm lượng giác.

Tên hàm lượng giác	Giải thích
sin	Tính giá trị sine
cos	Tính giá trị cosine
tan	Tính giá trị tangent
asin	Nghịch đảo của sine
atan	Nghịch đảo của tangent
sinh	Tính giá trị hyperbolic sine
cosh	Tính giá trị hyperbolic cosine
tanh	Tính giá trị hyperbolic tangent

2. Lệnh ANGLE

a) Công dụng:

Tính góc pha của số phức.

b) Cú pháp:

$$p = \text{angle}(z)$$

c) Giải thích:

p: tên biến chứa kết quả, đơn vị radians

z: số phức

d) Ví dụ:

$$z = i-3j$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$z = 0 - 2.0000i$$

$$p = \text{angle}(z)$$

$$p = -1.5708$$

3. Lệnh CEIL

a) Công dụng:

Làm tròn số về phía số nguyên lớn hơn.

b) Cú pháp:

$$y = \text{ceil}(x)$$

c) Giải thích:

y: số sau khi được làm tròn.

x: số cần được làm tròn.

d) Ví dụ:

$$x = -1.9000 \quad -0.2000 \quad 3.4000 \quad 5.6000 \quad 7.0000$$

$$y = \text{ceil}(x)$$

$$y = -1 \quad 0 \quad 4 \quad 6 \quad 7$$

4. Lệnh CONJ

a) Công dụng:

Tính lượng liên hiệp của số phức.

b) Cú pháp:

$$y = \text{conj}(z)$$

c) Giải thích:

y: tên biến chứa lượng liên hiệp

z: số phức

d) Ví dụ:

$$z = -3i + 2j$$

$$z = 0 - 1.0000i$$

$$y = \text{conj}(z)$$

$$y = 0 + 1.0000i$$

5. Lệnh EXP

a) Công dụng:

Tính giá trị e^x .

b) Cú pháp:

$$y = \exp(x)$$

c) Ví dụ:

$$y = \exp(x)$$

$$y = 20.0855$$

6. Lệnh FIX

a) Công dụng:

Làm tròn số về phía zero.

b) Cú pháp:

$$y = \text{fix}(x)$$

c) Giải thích:

y: số sau khi được làm tròn.

x: số cần được làm tròn.

d) Ví dụ:

$$x = -1.9000 \quad -0.2000 \quad 3.4000 \quad 5.6000 \quad 7.0000$$

$$y = \text{fix}(x)$$

$$y = -1 \quad 0 \quad 3 \quad 5 \quad 7$$

7. Lệnh FLOOR

a) Công dụng:

Làm tròn số về phía số nguyên nhỏ hơn.

b) Cú pháp:

$$y = \text{floor}(x)$$

c) Giải thích:

y: số sau khi được làm tròn .

x: số cần được làm tròn

d) Ví dụ:

$$x = -1.9000 \quad -0.2000 \quad 3.4000 \quad 5.6000 \quad 7.0000$$

$$y = \text{floor}(x)$$

$$y = -2 \quad -1 \quad 3 \quad 5 \quad 7$$

8. Lệnh IMAG

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Lấy phần ảo của số phức.

b) Cú pháp:

$$y = \text{imag}(z)$$

c) Ví dụ:

$$y = \text{imag}(2 + 3j)$$

$$y = 3$$

9. Lệnh LOG

a) Công dụng:

Tìm logarithm cơ số e.

b) Cú pháp:

$$y = \log(x)$$

d) Ví dụ:

$$y = \log(2.718)$$

$$y = 0.9999$$

10. Lệnh LOG2

a) Công dụng:

Tìm logarithm cơ số 2.

b) Cú pháp:

$$y = \log_2(x)$$

d) Ví dụ:

$$y = \log_2(2)$$

$$y = 1$$

11. Lệnh LOG10

a) Công dụng:

Tìm logarithm cơ số 10.

b) Cú pháp:

$$y = \log_{10}(x)$$

d) Ví dụ:

$$y = \log_{10}(10)$$

$$y = 1$$

12. Lệnh REAL

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

a) Công dụng:

Lấy phần thực của số phức.

b) Cú pháp:

$$y = \text{real}(z)$$

d) Ví dụ:

$$y = \text{real}(1 + 3j)$$

$$y = 2$$

13. Lệnh REM

a) Công dụng:

Cho phần dư của phép chia.

b) Cú pháp:

$$r = \text{rem}(a,b)$$

c) Giải thích:

r: biến chứa kết quả

a, b: số chia và số bị chia

d) Ví dụ:

$$r = \text{rem}(16, 3)$$

$$r = 1$$

14. Lệnh ROUND

a) Công dụng:

Làm tròn số sao cho gần số nguyên nhất.

b) Cú pháp:

$$y = \text{round}(x)$$

c) Ví dụ:

$$x = -1.9000 \quad -0.2000 \quad 3.4000 \quad 5.6000 \quad 7.0000$$

$$y = \text{round}(x)$$

$$y = -2 \quad 0 \quad 3 \quad 6 \quad 7$$

Bảng so sánh của các phép làm tròn số

X	-1.9000	-0.2000	3.4000	5.6000	7.0000
ceil(x)	-1	0	4	6	7
floor(x)	-2	-1	3	5	7

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

fix(x)	-1	0	3	5	7
round(x)	-2	0	3	6	7

15. Lệnh SIGN

a) Công dụng:

Xét dấu số thực.

b) Cú pháp:

$$y = \text{sign}(x)$$

c) Giải thích:

x: số thực cần xét dấu.

y: kết quả trả về.

y	x
0	số 0
1	số dương
-1	số âm

d) Ví dụ:

$$x = 2 \quad 0 \quad -3 \quad 0.5$$

$$y = \text{sugn}(x)$$

$$y = 1 \quad 0 \quad -1 \quad 1$$

16. Lệnh SQRT

a) Công dụng:

Tính căn bậc hai.

b) Cú pháp:

$$y = \text{sqrt}(x)$$

c) Ví dụ:

$$x = 4$$

$$y = \text{sqrt}(x)$$

$$y = 2$$

VIII. TẬP LỆNH THAO TÁC TRÊN MA TRẬN

1. Cộng, trừ, nhân, chia từng phần tử của ma trận với hằng số

a) Cú pháp:

Ma trận kết quả = ma trận [+] [-] [.] [/] hằng số.

b) Ví dụ:

a =

```
1 2 3
4 5 6
7 8 9
```

Cộng ma trận a với 2 kết quả là ma trận b

b = a + 2

b =

```
3 4 5
6 7 8
9 10 11
```

tương tự cho các phép tính trừ, nhân và chia.

2. Lệnh DET

a) Công dụng:

Dùng để tính định thức của ma trận.

b) Ví dụ:

Tính định thức của ma trận a

a =

```
1 4
5 6
```

det(a)

ans = -8

3. Lệnh DIAG

a) Công dụng:

Tạo ma trận mới và xử lý đường chéo theo quy ước.

b) Cú pháp:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$v = \text{diag}(x)$$

$$v = \text{diag}(x,k)$$

c) Giải thích:

x: là vector có n phần tử.

v: là ma trận được tạo ra từ x theo quy tắc: số hàng bằng số cột và các phần tử của x nằm trên đường chéo của v.

k: tham số định dạng cho v, số hàng và cột của $v = n + \text{abs}(k)$.

Nếu $k = 0$ đường chéo của v chính là các phần tử của x

Nếu $k > 0$ các phần tử của x nằm phía trên đường chéo v

Nếu $k < 0$ các phần tử của x nằm phía dưới đường chéo v

d) Ví dụ:

$$x = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 9 & 5 & 4 \end{bmatrix}$$

$$v = \text{diag}(x)$$

$$v =$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 9 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \end{bmatrix}$$

$$v = \text{diag}(x,2)$$

$$v =$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 9 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$v = \text{diag}(x,0)$$

$$v =$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
0 0 9 0 0
0 0 0 5 0
0 0 0 0 4
```

$v = \text{diag}(x,-2)$

$v =$

```
0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
2 0 0 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0
0 0 9 0 0 0 0
0 0 0 5 0 0 0
0 0 0 0 4 0 0
```

4. Lệnh EYE

a) Công dụng:

Tạo ma trận đơn vị.

b) Cú pháp:

$y = \text{eye}(n)$

$y = \text{eye}(n,m)$

c) Giải thích:

n : tạo ma trận có n hàng, n cột.

m, n : tạo ma trận có m hàng, n cột.

d) Ví dụ:

$y = \text{eye}(3)$

$y =$

```
1 0 0
0 1 0
0 0 1
```

$y = \text{eye}(3,5)$

$y =$

```
1 0 0 0 0
0 1 0 0 0
```

0 0 1 0 0

5. Lệnh FLIPLR

a) Công dụng:

Chuyển các phần tử của các ma trận theo thứ tự cột ngược lại.

b) Cú pháp:

$b = \text{fliplr}(a)$

c) Giải thích:

b: tên ma trận được chuyển đổi.

a: tên ma trận cần chuyển đổi.

d) Ví dụ:

a =

0 1 2 3 4
5 6 7 8 9

b = $\text{fliplr}(a)$

4 3 2 1 0
9 8 7 6 5

6. Lệnh FLIPUD

a) Công dụng:

Chuyển các phần tử của ma trận theo thứ tự hàng ngược lại.

b) Cú pháp:

$b = \text{flipud}(a)$

c) Giải thích:

b: tên ma trận được chuyển đổi.

a: tên ma trận cần chuyển đổi.

d) Ví dụ:

a =

1 4
2 5
3 6

b = $\text{flipud}(a)$

b =

3 6
2 5
1 4

7. Lệnh INV

a) Công dụng:

 Tìm ma trận nghịch đảo.

b) Cú pháp:

 Ma trận nghịch đảo = inv (ma trận)

c) Ví dụ:

 Tìm ma trận nghịch đảo của a.

a =

1 2 0
2 5 -1
4 10 -1

b = inv(a)

b =
5 2 -2
-2 -1 1
0 -2 1

8. Lệnh tạo ma trận

a) Công dụng:

 Dùng để tạo 1 ma trận gồm có n hàng và m cột.

b) Cú pháp:

 Tên ma trận = [a₁₁ a₁₂...a_{1m}; a₂₁ a₂₂... a_{2m}; ...;...]

c) Giải thích:

 a₁₁, a₁₂, a_{1m} là các giá trị tại hàng 1 cột 1 đến các giá trị tại hàng 1 cột m, có n dấu (;) là có n hàng.

d) Ví dụ:

 Tạo ma trận gồm 3 hàng và 3 cột với giá trị là

1 2 3
4 5 6

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

1 0 0

a = [1 2 3; 4 5 6; 1 0 0]

a = 1 2 3

4 5 6

1 0 0

9. Lệnh tạo vector đơn

a) Công dụng:

Lệnh này dùng để tạo 1 vector đơn gồm có n phần tử.

b) Cú pháp 1:

Tên vector = [pt1 pt2 pt3 ...ptn]

c) Giải thích:

pt1 pt2 ...ptn: là các số thực.

d) Ví dụ:

Tạo vector a gồm có 4 phần tử, với các giá trị là: 1, 3, 7, 4

a = [1 3 7 4]

a =

1 3 7 4

e) Cú pháp 2:

Tên vector = gtd:csc:gkt

f) Giải thích:

gtd: là giá trị bắt đầu của vector.

csc: cấp số cộng.

gkt: giá trị kết thúc.

g) Ví dụ:

Tạo vector a có giá trị bắt đầu 0.2, giá trị kết thúc pi/2
(= 1.5708), cấp số cộng 0,3.

a = 0.2;0.3;pi/2

a =

0.2000 0.5000 0.8000 1.1000 1.4000

10. Lệnh Linspace

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Tạo vector có giá trị ngẫu nhiên giới hạn trong khoảng định trước.

b) Cú pháp:

$y = \text{linspace}(x1, x2)$

$y = \text{linspace}(x1, x2, n)$

c) Giải thích:

y: tên của vector.

x1, x2: giới hạn giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của vector y.

n: số phần tử của vector y.

Nếu không có giá trị n thì mặc định $n = 100$.

d) Ví dụ:

$y = \text{linspace}(1, 10, 7)$

$y = 1.0000 \quad 2.5000 \quad 4.0000 \quad 5.5000 \quad 7.0000 \quad 8.5000 \quad 10.0000$

11. Ma trận chuyển vị

a) Công dụng:

Ma trận chuyển vị = ma trận đang có.

b) Cú pháp:

Tạo 1 ma trận chuyển vị từ 1 ma trận đang có.

c) Ví dụ:

a =

1 2 3

4 5 6

7 8 9

ma trận chuyển vị b

b = a'

b =

4 7

5 8

6 9

12. Lệnh MAGIC

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Tạo 1 ma trận vuông có tổng của các phần tử trong 1 hàng, 1 cột hoặc trên đường chéo bằng nhau.

b) Cú pháp:

Tên ma trận = magic(n)

c) Giải thích:

n: kích thước ma trận.

Giá trị của mỗi phần tử trong ma trận là một dãy số nguyên liên tục từ 1 đến 2^n .

Tổng các hàng, cột và các đường chéo đều bằng nhau.

d) Ví dụ:

tmt = magic(3)

tmt =

8 1 6

3 5 7

4 9 2

13. Nhân ma trận

a) Công dụng:

Ma trận kết quả = ma trận 1 * ma trận 2.

b) Ví dụ:

Ta có 2 ma trận a và b như trên và c là ma trận kết quả

$c = a*b$

c =

14 32 50

32 77 122

50 122 194

14. Lệnh ONES

a) Công dụng:

Tạo ma trận mà giá trị của các phần tử là 1.

b) Cú pháp:

y = ones(n)

y = ones(m,n)

c) Giải thích:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

y = tên ma trận.

n: tạo ma trận có n hàng

m, n: tạo ma trận có m hàng, n cột.

d) Ví dụ:

y = ones(3)

y =

1 1 1

1 1 1

1 1 1

y = ones(3,5)

y =

1 1 1 1 1

1 1 1 1 1

1 1 1 1 1

15. Lệnh PASCAL

a) Công dụng:

Tạo ma trận theo quy luật tam giác Pascal.

b) Cú pháp:

pascal (n)

c) Giải thích:

n: là số hàng (cột)

d) Ví dụ:

pascal(4)

ans =

1 1 1 1

1 2 3 4

1 3 6 10

1 4 10 20

16. Lệnh RAND

a) Công dụng:

Tạo ma trận mà kết quả giá trị của các phần tử là ngẫu nhiên.

b) Cú pháp:

$y = \text{rand}(n)$
 $y = \text{rand}(m,n)$

c) Giải thích:

y: tên ma trận.

n: tạo ma trận có n hàng, n cột.

m, n: tạo ma trận có m hàng, n cột.

Giá trị của các phần tử nằm trong khoảng [0 1]

d) Ví dụ:

$y = \text{rand}(3)$

y =
0.9340 0.0920 0.7012
0.8462 0.6539 0.7622
0.5269 0.4160 0.7622

$y = \text{rand}(3,5)$

y =
0.2625 0.3282 0.9910 0.9826 0.6515
0.0475 0.6326 0.3653 0.7227 0.0727
0.7361 0.7564 0.2470 0.7534 0.6316

17. Lệnh RESHAPE

a) Công dụng:

Định dạng lại kích thước ma trận.

b) Cú pháp:

$b = \text{reshape}(a,m,n)$

c) Giải thích:

b: ma trận được định dạng lại.

a: ma trận cần được định dạng.

m, n: số hàng và số cột của b.

Ma trận a phải có số phần tử là: $m*n$.

d) Ví dụ:

a =

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
1 4 7 10
```

```
2 5 8 11
```

```
3 6 9 12
```

```
b = reshape(a,2,6)
```

```
b =
```

```
1 3 5 7 9 11
```

```
2 4 6 8 10 12
```

18. Lệnh ROT90

a) Công dụng:

Xoay ma trận 90^0 .

b) Cú pháp:

```
b = rot90(a)
```

c) Giải thích:

b: ma trận đã được xoay 90^0

a: ma trận cần xoay.

d) Ví dụ:

```
a =
```

```
1 2 3
```

```
4 5 6
```

```
7 8 9
```

```
b = rot90(a)
```

```
b =
```

```
3 6 9
```

```
2 5 8
```

```
1 4 7
```

19. Lệnh TRACE

a) Công dụng:

Tính tổng các phần tử của đường chéo ma trận.

b) Cú pháp:

```
d = trace(a)
```

c) Giải thích:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

d: biến chứa kết quả.

a: tên ma trận.

d) Ví dụ:

a =

2 8 3

4 7 1

6 9 2

d = trace(a)

d = 11

20. Lệnh TRIL

a) Công dụng:

Lấy phần nửa dưới ma trận theo hình.

b) Cú pháp:

I = tril(x)

I = tril(x,k)

c) Giải thích:

I: tên ma trận kết quả.

k: tham số.

Nếu k = 0 lấy từ đường chéo trở xuống.

Nếu k = n lấy từ đường chéo trở lên n đơn vị.

Nếu k = -n lấy từ đường chéo trở xuống n đơn vị.

d) Ví dụ:

a =

5 9 13

6 10 14

7 11 15

8 12 16

i = tril(a)

i =

1 0 0 0

2 6 0 0

3 7 11 15

4 8 12 16

`i = tril(a,0)`

`i =`

1 0 0 0

2 6 0 0

3 7 11 0

4 8 12 16

`i = tril(a,1)`

`i =`

1 5 0 0

2 6 10 0

3 7 11 15

4 8 12 16

`i = tril(a,-1)`

`i =`

0 0 0 0

2 0 0 0

3 7 0 0

4 8 12 0

21. Lệnh TRIU

a) Công dụng:

Lấy phần nửa trên ma trận theo hình tam giác.

b) Cú pháp:

`I = triu(x)`

`I = triu(x,k)`

c) Giải thích:

I: tên ma trận kết quả.

k: tham số

Nếu $k = 0$ lấy từ đường chéo trở lên.

Nếu $k = n$ lấy từ đường chéo trở xuống n đơn vị.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Nếu $k = -n$ lấy từ đường chéo trở lên n đơn vị.

d) Ví dụ:

a =

```
1  5  9 13
2  6 10 14
3  7 11 15
4  8 12 16
```

I = triu(a)

I =

```
1  5  9 13
0  6 10 14
0  0 11 15
0  0  0 16
```

I = triu(a,0)

I =

```
1  5  9 13
0  6 10 14
0  0 11 15
0  0  0 16
```

I = triu(a,-1)

I =

```
1  5  9 13
2  6 10 14
0  7 11 15
0  0 12 16
```

I = triu(a,1)

```
I = 0  5  9 13
     0  0 10 14
     0  0  0 15
     0  0  0  0
```

22. Lệnh ZEROS

a) Công dụng:

Tạo ma trận mà giá trị của các phần tử

b) Cú pháp:

$y = \text{zeros}(n)$

$y = \text{zeros}(m,n)$

c) Giải thích:

y: tên ma trận.

n: tạo ma trận có n hàng và n cột.

m, n: tạo ma trận có m hàng, n cột.

d) Ví dụ:

$y = \text{zeros}(3)$

y =

0 0 0

0 0 0

0 0 0

$y = \text{zeros}(3,7)$

y =

0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0

IX. CÁC PHÉP TÍNH ĐẠI SỐ

1. Lệnh CONV

a) Công dụng:

Nhân hai đa thức.

b) Cú pháp:

$c = \text{conv}(a,b)$

c) Giải thích:

a,b: đa thức

c: tích số của a,b

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Cách khai báo: sắp xếp biến theo thứ tự giảm dần của lũy thừa.

d) Ví dụ:

Nhân hai đa thức $(3x^2+4x+5).(2x^3-3x^2+2)$

$a = [0 \ 3 \ 4 \ 5]$

$a = 0 \ 3 \ 4 \ 5$

$b = [2 \ -3 \ 0 \ 2]$

$b = 2 \ -3 \ 0 \ 2$

$c = \text{conv}(a,b)$

$c = 0 \ 6 \ -1 \ -2 \ -9 \ 8 \ 10$

2. Lệnh CUMPROD

a) Công dụng:

Nhân dồn các phần tử.

b) Cú pháp:

$cp = \text{cumprod}(a)$

c) Giải thích:

cp: biến chứa kết quả

a: tên của ma trận hay vector.

d) Ví dụ:

$b = 1 \ 9 \ 3 \ 4$

$cp = \text{cumprod}(b)$

$cp = 1 \ 9 \ 27 \ 108$

$a =$

$1 \ 3 \ 5$

$9 \ 1 \ 2$

$4 \ 2 \ 1$

$cp = \text{cumprod}(a)$

$cp = 1 \ 3 \ 5$

$9 \ 3 \ 10$

$36 \ 6 \ 10$

3. Lệnh CUMSUM

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Cộng dồn các phần tử.

b) Cú pháp:

$cs = \text{cumprod}(a)$

c) Giải thích:

cs: biến chứa kết quả.

a: là tên của ma trận hay vector.

d) Ví dụ:

$b = 1 \quad 10 \quad 1 \quad 2 \quad 5$

$cs = \text{cumsum}(b)$

$cs = 1 \quad 11 \quad 12 \quad 14 \quad 19$

a=

1 3 5

9 1 2

4 2 1

$cs = \text{cumsum}(a)$

cs =

1 3 5

10 4 7

14 6 8

4. Lệnh DECONV

a) Công dụng:

Chia hai đa thức.

b) Cú pháp:

$[q,r] = \text{deconv}(a,b)$

c) Giải thích:

a,b: đa thức.

q: thương số của a, b.

r: số dư.

Cách khai báo: sắp xếp biến theo thứ tự giảm dần của lũy thừa.

d) Ví dụ:

Chia 2 đa thức $(2x^2+3x+6)/(2x+3)$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$a = [2 \quad 3 \quad 6]$$

$$b = [2 \quad 3]$$

$$[q,r] = \text{deconv}(a,b)$$

$$q = 1 \quad 0$$

$$r = 0 \quad 0 \quad 6$$

5. Lệnh EXPM

a) Công dụng:

Tính e^x

b) Cú pháp:

$$kq = \text{expm}(x)$$

c) Giải thích:

kq: biến chứa kết quả.

d) Ví dụ:

$$kq = \text{expm}(3)$$

$$kq = 20.0855$$

6. Lệnh FMIN

a) Công dụng:

Tìm giá trị nhỏ nhất của hàm số.

b) Cú pháp:

$$x = \text{fmin}(\text{'fuction'}, x1, x2)$$

c) Giải thích:

x: biến chứa kết quả.

fuction: tên hàm số.

x1, x2: khoảng khảo sát.

d) Ví dụ:

Tìm giá trị nhỏ nhất của hàm số: $x^3 - 2x - 5$ trong khoảng $[0 \quad 2]$

$$x = \text{fmin}(\text{'x.^3-2*x-5'}, 0, 2);$$

$$x = 0.8165$$

$$y = f(x)$$

$$y = -6.0887$$

7. Lệnh FPLOTT

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

a) Công dụng:

Vẽ đồ thị của hàm số.

b) Cú pháp:

```
fplot('fun',[xmin,xmax])
```

c) Giải thích:

fun: tên hàm số.

xmin, xmax: xác định khoảng cần vẽ.

d) Ví dụ:

```
fplot('x.^3-2*x-5',[0,2]);
```

```
grid;
```

8. Lệnh FZERO

a) Công dụng:

Tìm điểm 0 của hàm số.

b) Cú pháp:

```
fzero('fun',x0)
```

c) Giải thích:

Điểm 0 của hàm số là điểm $(0,x)$, đây cũng chính là nghiệm của hàm số. Nếu hàm số có nhiều nghiệm thì sẽ tìm được nghiệm gần giá trị x_0 .

fun: tên hàm số.

c) Ví dụ:

Tìm giá trị 0 của hàm số: x^2-5x+3 .

Trước tiên ta khai báo hàm số f trong tập tin f.m: (xem thêm lệnh function)

```
function y = f(x);
```

```
y = x.^2-5*x+3;
```

Sau đó, tạo tập tin gt0.m:

```
x = 0:10;
```

```
% Giá trị x0 = 0
```

```
z = fzero('f',0);
```

```
sprintf('z = %3f',z)
```

```
z = 0.382
```

```
% Giá trị x0 = 2
```

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
z = fzero('f',2);
```

```
sprintf('z = %.3f',z)
```

```
z = 2.618
```

% Vẽ đồ thị hàm số minh họa:

```
z = fzero('f',0);
```

```
fplot('f',[0,5];
```

```
grid;
```

```
hold on;
```

```
plot(z,0,'o');
```

```
hold off
```

9. Lệnh MAX

a) Công dụng:

Tìm giá trị lớn nhất.

b) Cú pháp:

```
m = max(x)
```

```
[m,i] = max(x) v = max(x,y)
```

c) Giải thích:

x,y,v:tên vector.

m: giá trị lớn nhất.

i: vị trí của m.

Nếu x là ma trận tìm ra giá trị lớn nhất của mỗi cột.

d) Ví dụ:

```
x = 3 5 2 1 4
```

```
m = max(x)
```

```
m = 5
```

```
[m,i] = max(x)
```

```
m = 5
```

```
i = 2
```

```
y = 1 6 8 -5 3
```

```
v = max(x,y)
```

v = 3 6 8 1 4

b =

3 6 2

1 7 9

2 8 1

m = max(b)

m = 3 8 9

[m,i] = max(b)

m = 3 8 9

i = 1 3 2

a =

0 3 6

7 1 1

4 6 8

v = max(a,b)

v =

3 6 6

7 7 9

4 8 8

10. Lệnh MEAN

a) Công dụng:

Tìm giá trị trung bình.

b) Cú pháp:

Mô hình = mean(a)

c) Giải thích:

m: biến chứa kết quả.

a: tên vector hay ma trận cần tính giá trị trung bình.

Nếu a là ma trận thì tính giá trị trung bình của mỗi cột.

d) Ví dụ:

b = 1 10 1 2 5

m = mean(b)

$m = 3.8000$

$a =$

1 3 5

9 1 2

4 2 1

$m = \text{mean}(a)$

$m = 4.6667 \quad 2.0000 \quad 2.6667$

11. Lệnh MIN

a) Công dụng:

Tìm giá trị nhỏ nhất

b) Cú pháp:

$m = \text{min}(x)$

$[m,i] = \text{min}(x)$

$v = \text{min}(x,y)$

c) Giải thích:

x,y,v : tên vector.

m : là giá trị lớn nhất.

i : là vị trí của m .

Nếu x là ma trận tìm ra giá trị nhỏ nhất trong mỗi cột.

d) Ví dụ:

$x = 3 \quad 5 \quad 2 \quad 1 \quad 4$

$m = \text{min}(x)$

$m = 1$

$i = 4$

$y = 1 \quad 6 \quad 8 \quad -5 \quad 3$

$v = \text{min}(x,y)$

$v = 1 \quad 5 \quad 2 \quad -5 \quad 3$

$b =$

3 6 2

1 7 9

2 8 1

$m = \min(b)$

$m = 1 \quad 6 \quad 1$

$i = 2 \quad 1 \quad 3$

$a =$

$0 \quad 3 \quad 6$

$7 \quad 1 \quad 1$

$4 \quad 6 \quad 8$

$v = \min(a,b)$

$v =$

$0 \quad 3 \quad 2$

$1 \quad 1 \quad 1$

$2 \quad 6 \quad 1$

12. Lệnh PROD

a) Công dụng:

Nhân các phần tử.

b) Cú pháp:

$p = \text{prod}(x)$

c) Giải thích:

p: biến chứa kết quả.

x: tên ma trận hay dãy số.

Nếu là ma trận nhân từng phần tử của mỗi cột.

d) Ví dụ:

$a = 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5$

$p = \text{prod}(a)$

$p = 20$

$b =$

$2 \quad 2 \quad 3$

$5 \quad 6 \quad 4$

$7 \quad 5 \quad 4$

$p = \text{prod}(b)$

$p = 70 \quad 60 \quad 48$

13. Lệnh ROOTS

a) Công dụng:

 Tìm nghiệm của đa thức.

b) Cú pháp:

$r = \text{roots}(p)$

c) Giải thích:

 r: biến chứa kết quả.

 p: tên biểu thức.

d) Ví dụ:

 Tìm nghiệm của phương trình: $x^2 - 1 = 0$

$p = [1 \quad 0 \quad -1]$

$r = \text{roots}(p)$;

$\text{disp}(r)$

 -1.0000

 1.0000

14. Lệnh SORT

a) Công dụng:

 Sắp xếp mảng hay ma trận theo thứ tự tăng dần.

b) Cú pháp:

$kq = \text{sort}(x)$

$[kq, i] = \text{sort}(x)$

c) Giải thích:

 kq: biến chứa kết quả.

 i: số thứ tự của phần tử trước khi sắp xếp.

 Nếu x là ma trận thì sắp xếp theo thứ tự tăng dần của từng cột.

d) Ví dụ:

$a = 2 \quad 8 \quad 5 \quad 6 \quad -3 \quad 9$

$kq = \text{sort}(a)$

$kq = -3 \quad 2 \quad 5 \quad 6 \quad 8 \quad 9$

$[kq, i] = \text{sort}(a)$

$kq = -3 \quad 2 \quad 5 \quad 6 \quad 8 \quad 9$

i = 5 1 3 4 2 6

b =

3 4 -4

2 -3 5

1 6 2

kq = sort(b)

kq =

1 -3 -4

2 4 2

3 6 5

[kq,i] = sort(b)

kq =

1 -3 -4

2 1 2

3 6 5

i =

3 2 1

2 1 3

1 3 2

15. Lệnh SUM

a) Công dụng:

Tính tổng của các phần tử.

b) Cú pháp:

s = sum(x)

c) Giải thích:

s: là biến chứa kết quả.

x: là tên ma trận.

Nếu x là ma trận thì s là tổng của các cột.

d) Ví dụ:

a = 2 8 5 6 -3 9

s = sum(a)

s = 27

b =

3 4 -4

2 -3 5

1 6 2

s = sum(b)

s = 6 7 3

X. TẬP LỆNH ĐỒ HỌA

1. Lệnh AXES

a) Công dụng:

Đặt các trục tọa độ tại vị trí định trước.

b) Cú pháp:

axes('propertyname', propertyvalue ...)

c) Giải thích:

Tương ứng với một propertyname đi kèm với 1 propertyvalue.

1. 'position', [left, bottom, width, height]: định vị trí và kích thước của trục.

left: khoảng cách từ mép trái cửa sổ đến trục đứng.

bottom: khoảng cách từ mép dưới cửa sổ đến trục ngang.

width: chiều dài của trục ngang.

height: chiều cao trục đứng.

Ghi chú:

Luôn lấy điểm [0,0] làm gốc tọa độ.

Trục ngang và trục đứng có giá trị trong khoảng [0 1] và chia theo tỷ lệ thích hợp

*/ Ví dụ:

axes('position', [.1 .1 .8 .6])

2. 'xlim', [min,max]: định giá trị nhỏ nhất và lớn nhất trên trục x.

*/ Ví dụ:

axes('xlim', [2 5])

3. 'ylim', [min,max]: định giá trị nhỏ nhất và lớn nhất trên trục y.

*/ Ví dụ:

`axes('ylim', [2 5])`

định giá trị trên cả hai trục

`axes('xlim', [min,max], 'ylim', [min,max])`

2. Lệnh AXIS

a) Công dụng:

Chia lại trục tọa độ.

b) Cú pháp:

`axis([xmin xmax ymin ymax])`

`axis([xmin xmax ymin ymax zmin zmax])`

`axis on`

`axis off`

c) Giải thích:

xmin, ymin, zmin: là giá trị nhỏ nhất của các trục x, y, z.

xmax, ymax, zmax: là giá trị lớn nhất của các trục x, y, z.

on: cho hiển thị trục tọa độ.

off: không cho hiển thị trục tọa độ.

3. Lệnh BAR

a) Công dụng:

Vẽ đồ thị dạng cột.

b) Cú pháp:

`bar(x,y)`

c) Giải thích:

Vẽ giá trị x theo giá trị y.

d) Ví dụ:

`x = -pi:0.2:pi;`

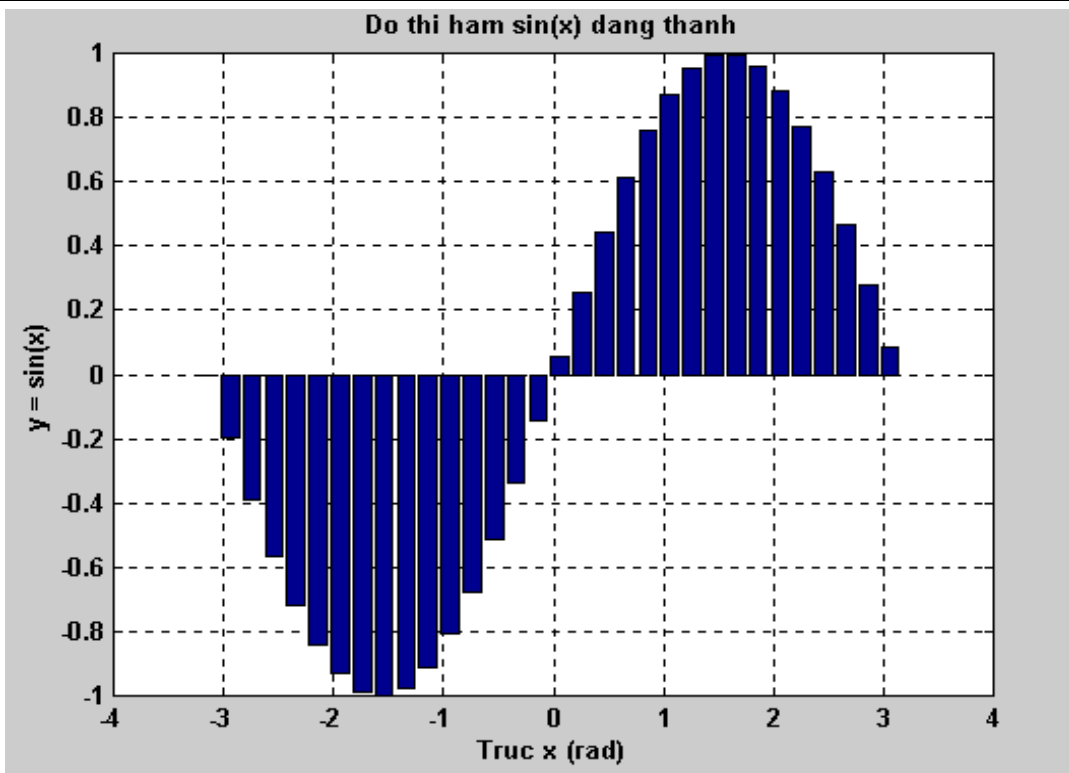
`bar(x,sin(x));`

`grid on`

`title('Đồ thị hàm sin(x) dạng thanh')`

`xlabel('trục x (rad)')`

`ylabel('y = sin(x)')`



4. Lệnh CLA

a) Công dụng:

Xóa tất cả các đối tượng như: đường đồ thị, tên đồ thị...nhưng không xóa trục tọa độ.

b) Cú pháp:

cla

5. Lệnh CLF

a) Công dụng:

Xóa hình ảnh (đồ thị) hiện tại.

b) Cú pháp:

clf

6. Lệnh CLOSE

a) Công dụng:

Đóng hình ảnh (đồ thị) hiện tại.

b) Cú pháp:

close

7. Lệnh COLORMAP

a) Công dụng:

Tạo màu sắc cho đồ thị trong không gian 3 chiều.

b) Cú pháp:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

colormap(map)

colormap('default')

c) Giải thích:

Colormap là sự trộn lẫn của 3 màu cơ bản: red, green, blue. Tùy theo tỷ lệ của 3 màu cơ bản mà cho ra các màu sắc khác nhau.

'default': màu có được là màu mặc định.

map: biến chứa các thông số sau:

Map	màu có được
Bone	gray + blue
Cool	cyan + magenta
Flag	red + white + blue + black
Gray	gray
Hot	black + red + yellow + white
Pink	pink

8. Lệnh FIGURE

a) Công dụng:

Tạo mới hình ảnh (đồ thị).

b) Cú pháp:

figure

9. Lệnh GCA

a) Công dụng:

Tạo các đặc tính cho trục.

b) Cú pháp:

h = gca

c) Giải thích:

h: là biến gán cho lệnh gca.

Các đặc tính của trục gồm có:

Cú pháp	Giải thích
Set(gca,'XScale','log')	Định đơn vị trên trục tọa độ: trục x có

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

'Yscale','linear')	đơn vị là log và trục y có đơn vị tuyến tính.
Set(gca,'Xgrid','on','YGrid','nomal')	Tạo lưới cho đồ thị: trục x có tạo lưới và trục y không tạo lưới.
Set(gca,'XDir','reverse','YDir','normal')	Đổi trục tọa độ: đổi trục x về phía đối diện, trục y giữ nguyên.
Set(gca,'XColor','red','Ycolor','yellow')	Đặt màu cho lưới đồ thị: đặt lưới trục x màu đỏ, lưới trục y màu vàng. Gồm có các màu: yellow, magenta, cyan, red, green, blue, white, black.

10. Lệnh GRID

a) Công dụng:

Tạo lưới tọa độ.

b) Cú pháp:

grid on

grid off

c) Giải thích:

on: hiển thị lưới tọa độ.

off: không hiển thị lưới tọa độ.

11. Lệnh PLOT

a) Công dụng:

Vẽ đồ thị tuyến tính trong không gian 2 chiều.

b) Cú pháp:

plot(x,y)

plot(x,y,'linetype')

c) Giải thích:

x,y: vẽ giá trị x theo giá trị y.

linetype: kiểu phần tử tạo nên nét vẽ bao gồm 3 thành phần:

- Thành phần thứ nhất là các ký tự chỉ màu sắc:

Ký tự	Màu
y	Vàng

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

m	Đỏ tươi
c	Lơ
r	Đỏ
g	Lục
b	Lam
w	Trắng
k	Đen

- Thành phần thứ hai là các ký tự chỉ nét vẽ của đồ thị:

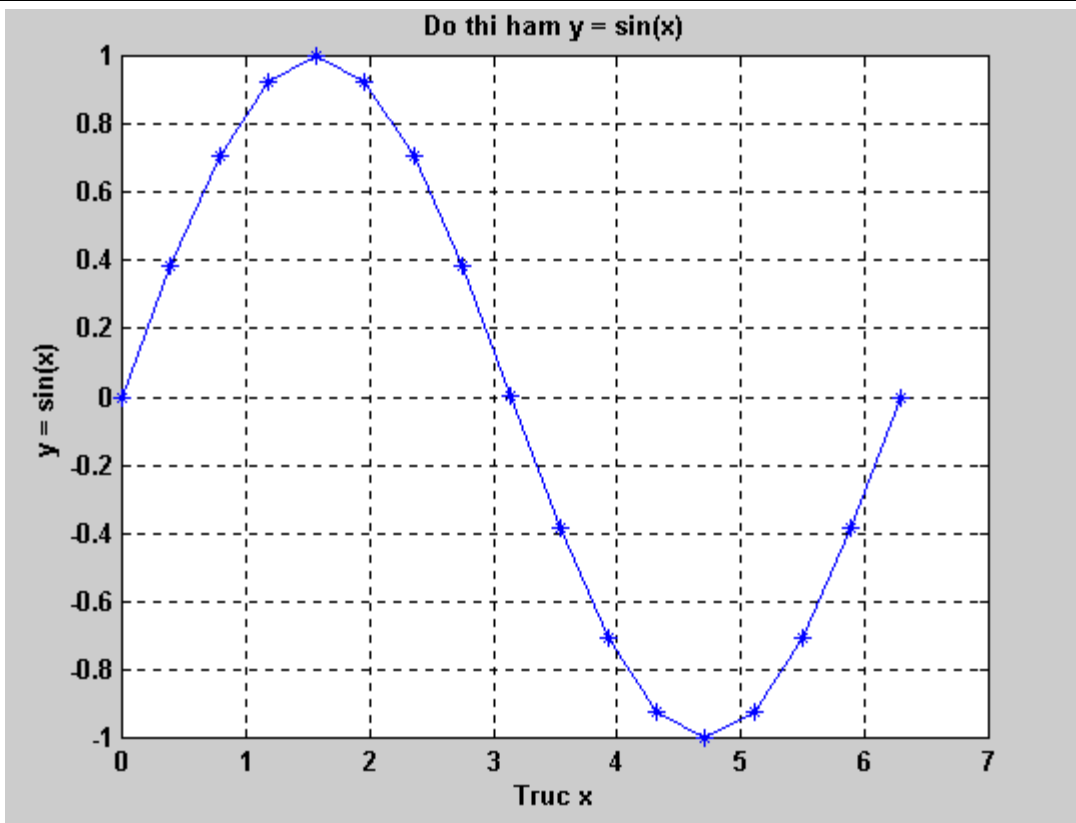
Ký tự	Loại nét vẽ
-	Đường liền nét
:	Đường chấm chấm
-.	Đường gạch chấm
--	Đường nét đứt đoạn

- Thành phần thứ ba là các ký tự chỉ loại điểm đánh dấu gồm:., o, x, +, *

d) Ví dụ:

Vẽ đồ thị hàm $y = \sin(x)$ với đồ thị màu lam, đường liền nét và đánh dấu các điểm được chọn bằng dấu *, trục x thay đổi từ 0 tới 2π , mỗi bước thay đổi là $\pi/8$

```
x = 0:pi/8:2*pi;  
y = sin(x);  
plot(x,y, 'b- *')  
ylabel('y = sin(x)')  
xlabel('Trục x')  
title('Đồ thị hàm y = sin(x)')  
grid on
```



12. Lệnh SUBPLOT

a) Công dụng:

Tạo các trục trong một phần của cửa sổ đồ họa.

b) Cú pháp:

`subplot(m,n,p)`

`subplot(mnp)`

c) Giải thích:

`subplot(m,n,p)` hoặc `subplot(mnp)` thành cửa sổ đồ họa thành $m \times n$ vùng để vẽ nhiều đồ thị trên cùng một cửa sổ.

m: số hàng được chia.

n: số cột được chia

p: số thứ tự vùng chọn để vẽ đồ thị.

Nếu khai báo $p > m \times n$ thì sẽ xuất hiện một thông báo lỗi.

d) Ví dụ:

Chia cửa sổ đồ họa thành 2×3 vùng và hiển thị trục của cả 6 vùng.

`subplot(231)`

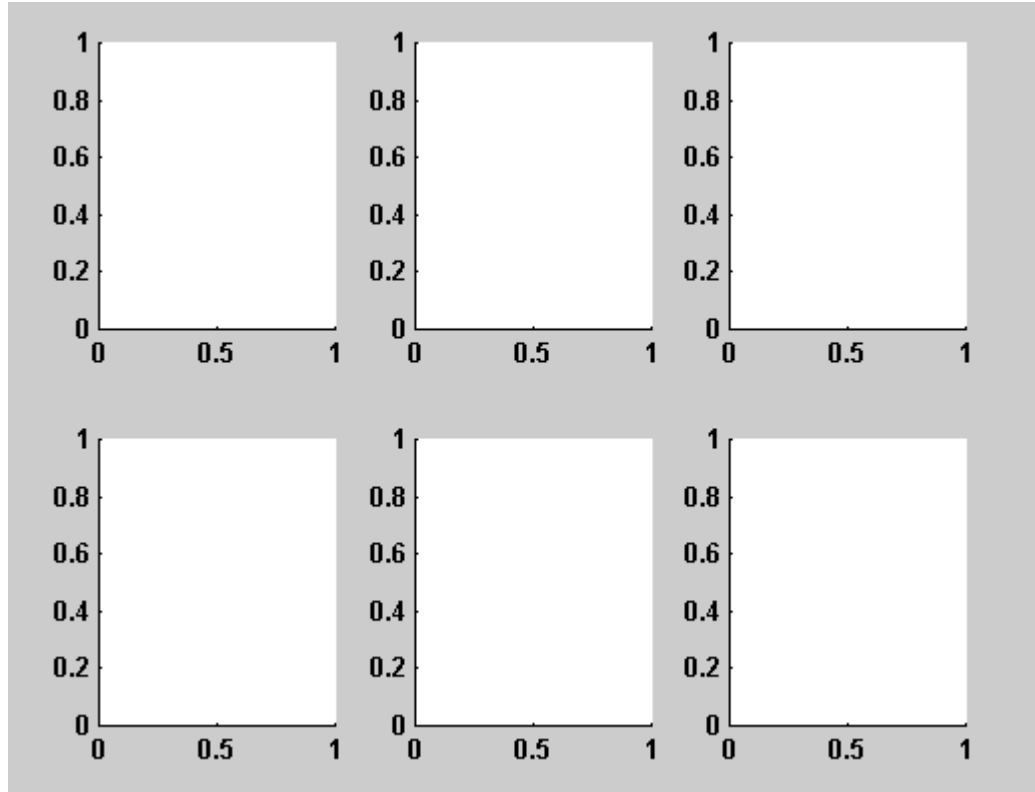
`subplot(232)`

subplot(233)

subplot(234)

subplot(235)

subplot(236)



13. Lệnh SEMILOGX, SEMILOGY

a) Công dụng:

Vẽ đồ thị theo logarith.

b) Cú pháp:

semilogx(x,y)

semilogx(x,y,'linetype')

semilogy(x,y)

semilogy(x,y,'linetype')

c) Giải thích:

semilogx và semilogy giống như lệnh plot nhưng chỉ khác một điều là lệnh này vẽ đồ thị theo trục logarith. Do đó, ta có thể sử dụng tất cả các loại 'linetype' của lệnh plot.

d) Ví dụ:

Vẽ đồ thị hàm $y = x^2 - 3x + 2$ theo trục logarith của x.

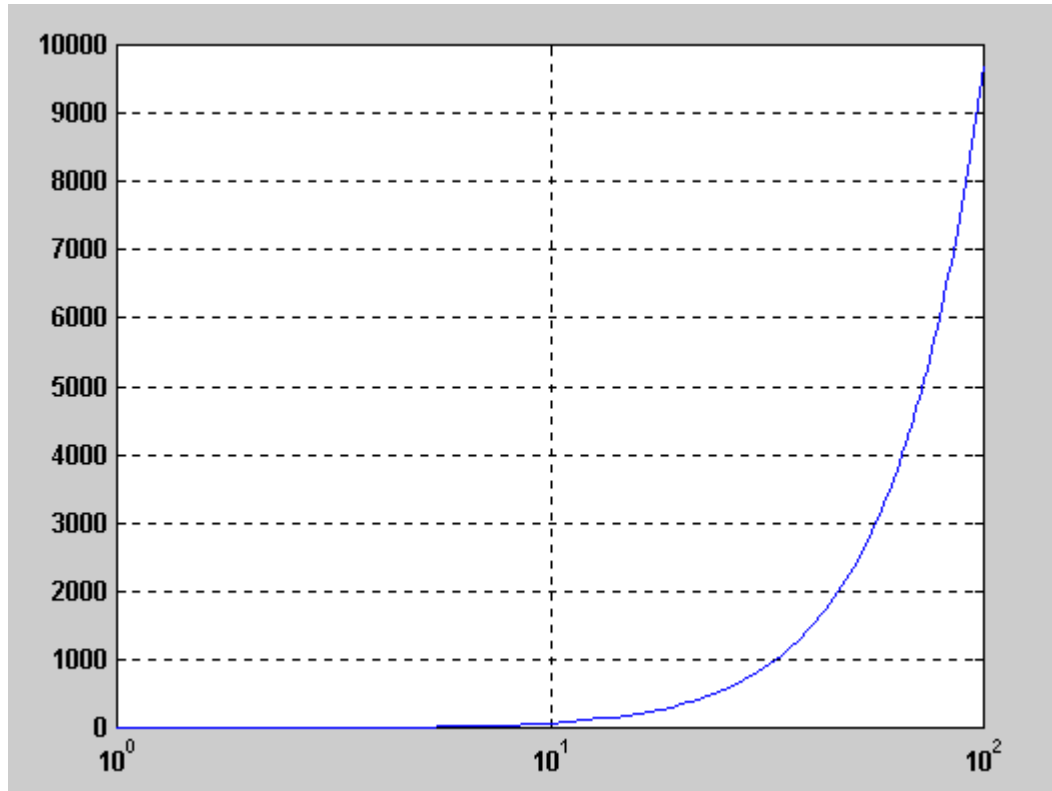
x = 0:100;

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
y = x.^2-3*x+2;
```

```
semylogx(x,y,'b')
```

```
grid on
```



14. Lệnh POLAR

a) Công dụng:

Vẽ đồ thị trong hệ trục tọa độ cực.

b) Cú pháp:

```
polar(theta,rho)
```

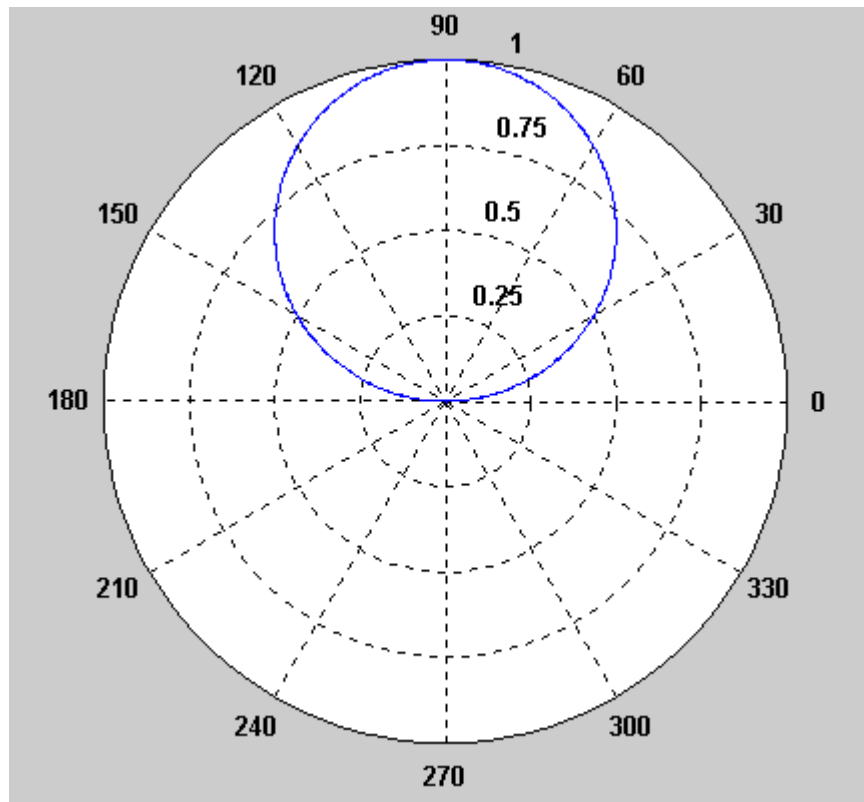
c) Giải thích:

Vẽ giá trị x theo giá trị y.

d) Ví dụ:

```
t = -pi:0.01:pi;
```

```
polar(t, sin(t))
```



15. Lệnh SET

a) Công dụng:

Thiết lập các đặc tính chất cho đối tượng nào đó.

b) Cú pháp:

set(h, 'propertyname', propertyvalue,...)

c) Giải thích:

h: biến chứa đối tượng.

PropertyName và PropertyValue được cho trong bảng sau:

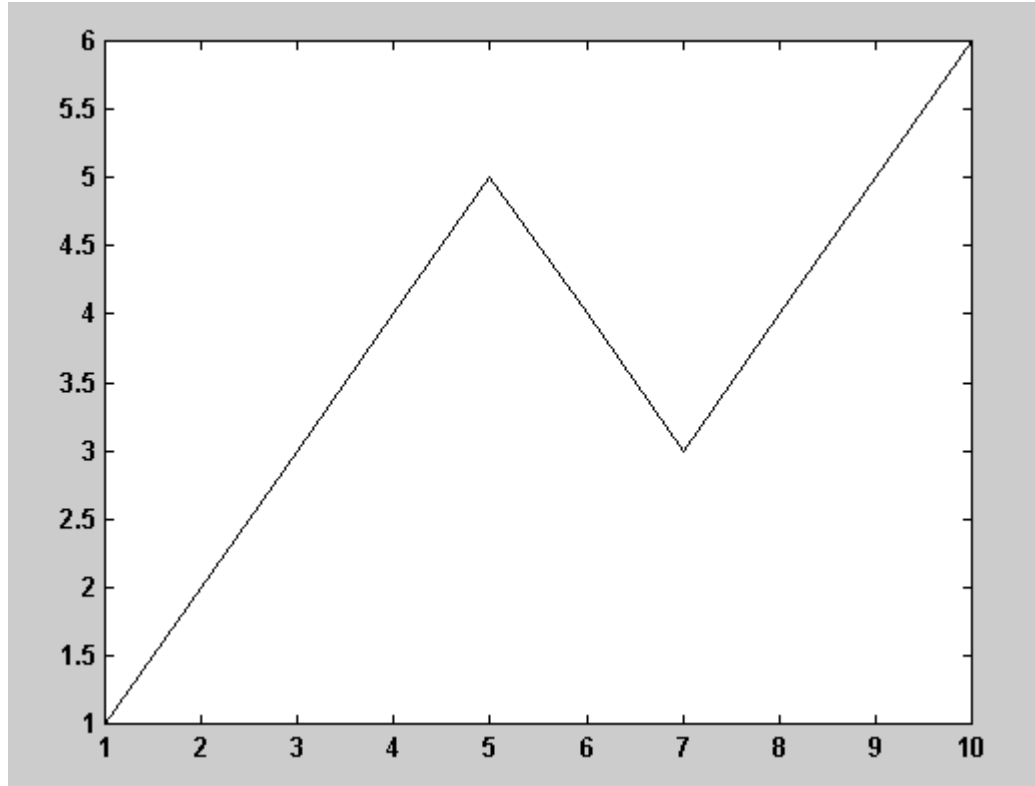
Cú pháp	PropertyName	PropertyValue	Giải thích
Set(h,'Marker','+')	Marker	-, --, :, -. , o, x, +, *	Chọn kiểu phần tử
Set(h,'LineWidth',1)	LineWidth	1, 2, 3,...	Độ dày nét vẽ
Set(h,'MarkerSize',9)	MarkerSize	1, 2, 3,...	Kích thước các điểm tạo nên h
Set(h,'color','cyan')	Color	yellow,magenta, red,green,blue, cyan,white,black	Chọn màu cho đối tượng h

d) Ví dụ:

```
a = [1 2 3 4 5 4 3 4 5 6];
```

```
h = plot(a)
```

```
set(h,'color','black')
```



16. Lệnh STAIRS

a) Công dụng:

Vẽ đồ thị dạng bậc thang.

b) Cú pháp:

```
stairs(x,y)
```

c) Giải thích:

Vẽ giá trị x theo giá trị y.

d) Ví dụ:

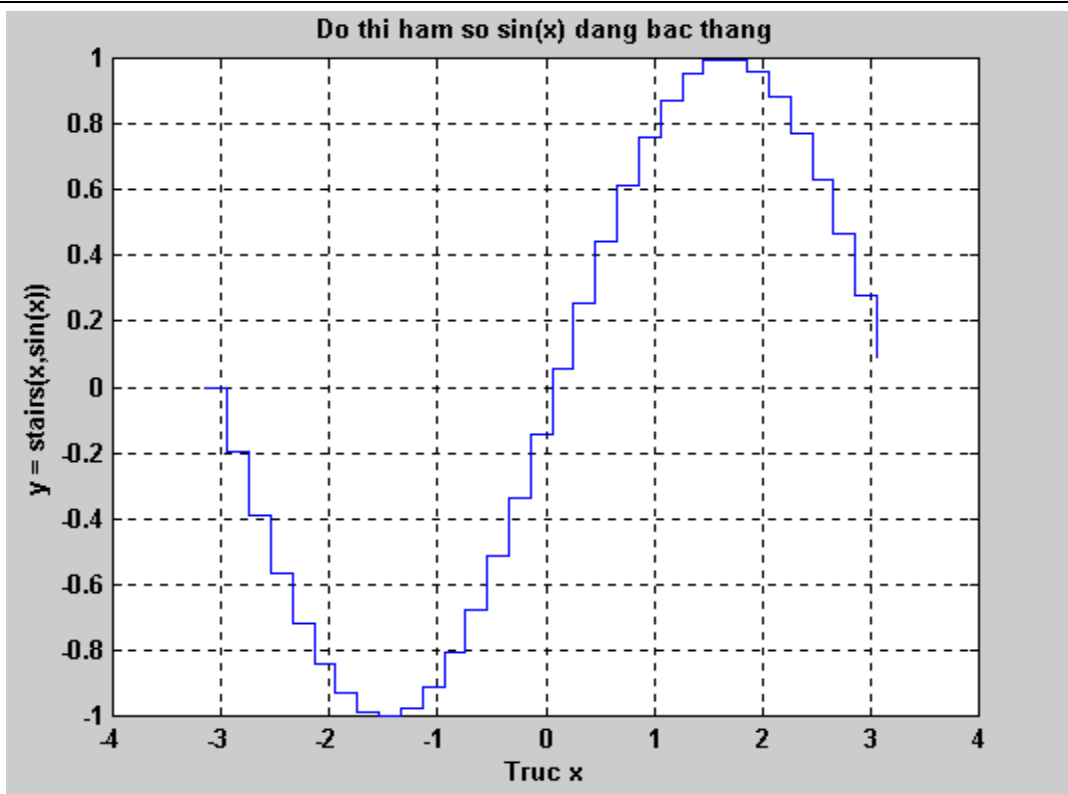
```
x = -pi:0.2:pi;
```

```
stairs(x,sin(x))
```

```
xlabel('Trục x')
```

```
ylabel('y = stairs(x,sin(x))')
```

```
grid on
```



17. Lệnh TITLE

a) Công dụng:

Đặt tiêu đề cho đồ thị.

b) Cú pháp:

```
title('text')
```

c) Giải thích:

text: tên tiêu đề.

18. Lệnh XLABEL, YLABEL, ZLABEL

a) Công dụng:

Đặt tên cho trục X, Y, Z.

b) Cú pháp:

```
xlabel('nx')
```

```
ylabel('ny')
```

```
zlabel('nz')
```

c) Giải thích:

nx, ny, nz: tên trục x, y, z

19. Lệnh WHITEBG

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Thay đổi màu nền của cửa sổ đồ họa.

b) Cú pháp:

whitebg

whitebg('color')

c) Giải thích:

whitebg chuyển đổi qua lại màu nền cửa sổ đồ họa giữa trắng và đen.

whitebg('color') chuyển màu nền cửa sổ đồ họa thành màu của biến color.

color có thể là các màu: yellow (vàng), magenta (đỏ tươi), cyan (lơ), red (đỏ), green (lục), blue (lam), white (trắng), black (đen).

BT3c: được viết trong **BT3c.m**. Bài tập này tổng hợp từ các sách ‘The Student Edition of MATLAB’, ‘The MATLAB 5. Handbook’, ‘Ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động’

```
%BT3c: VE QUA DIA CAU
[x,y]=meshgrid(-3:0.1:3);
z=peaks(x,y);
meshc(x,y,z)
pause

k=5;
n=2^k-1;
[x,y,z]=sphere(n);
c=hadamard(2^k);
surf(x,y,z,c);
colormap([1 1 0;0 1 1])
pause

t=0:pi/10:2*pi;
[x,y,z]=cylinder(2+cos(t));
surf(x,y,z)
pause

[x,y,z]=cylinder(1:10);
surfnorm(x,y,z)
pause

[x,y,z]=meshgrid(-2:.2:2,-2:.2:2,-2:.2:2);
v=x.*exp(-x.^2-y.^2-z.^2);
slice(v,[5 15 21],21,[1 10],21)
pause

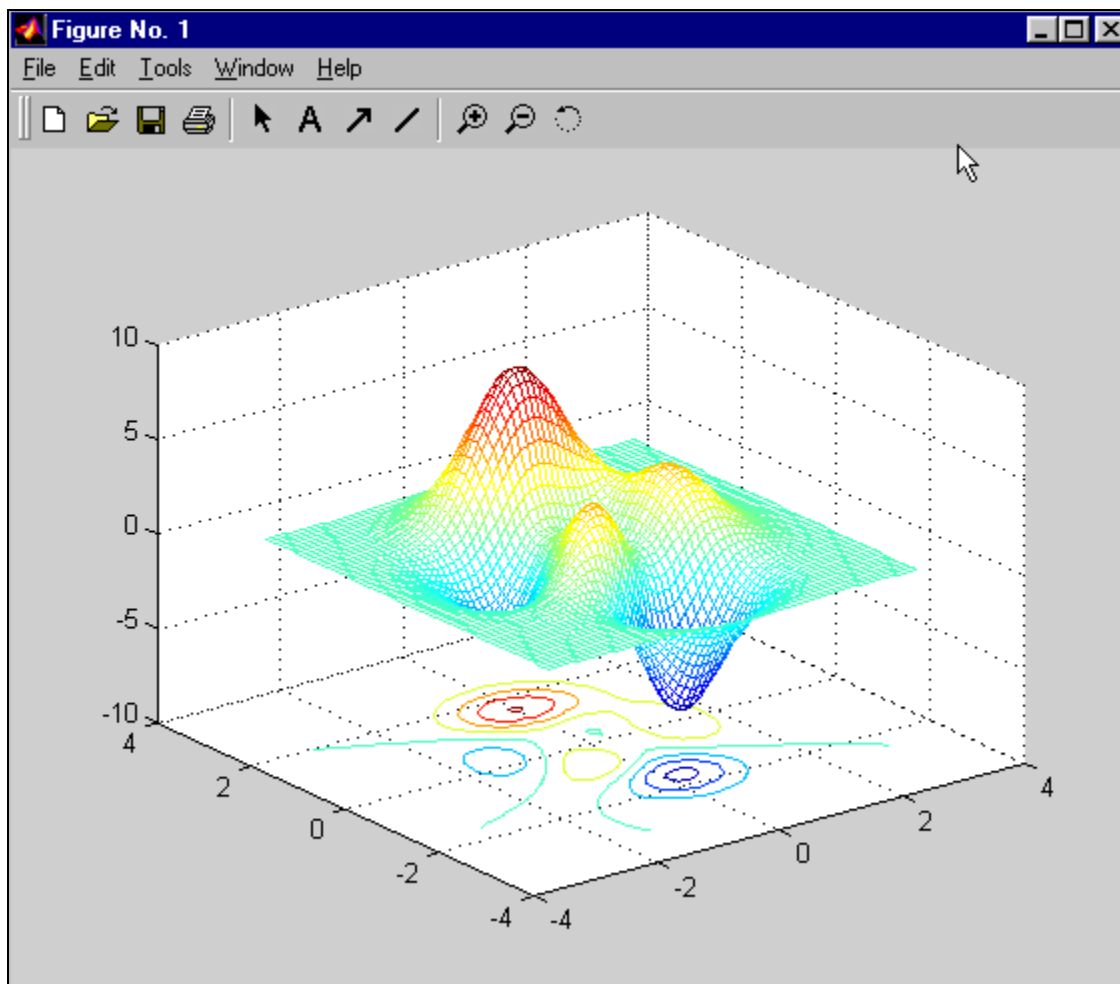
[X,Y]=meshgrid(-3:.5:3);
Z=peaks(X,Y);
[XI,YI]=meshgrid(-3:.25:3);
ZI=interp2(X,Y,Z,XI,YI);
mesh(X,Y,Z), hold, mesh(XI,YI,ZI+15)
hold off
axis([-3 3 -3 3 -5 20])
pause
```

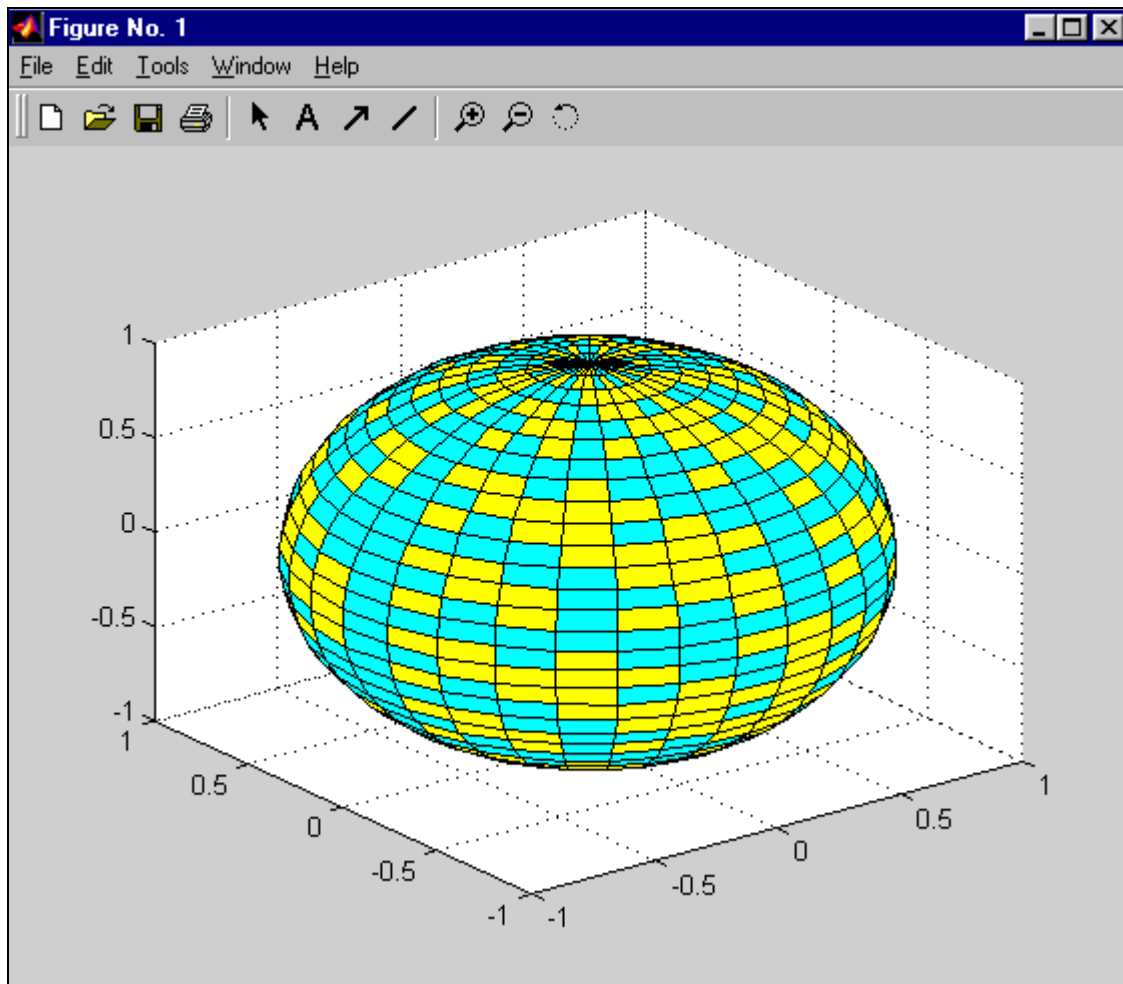
Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

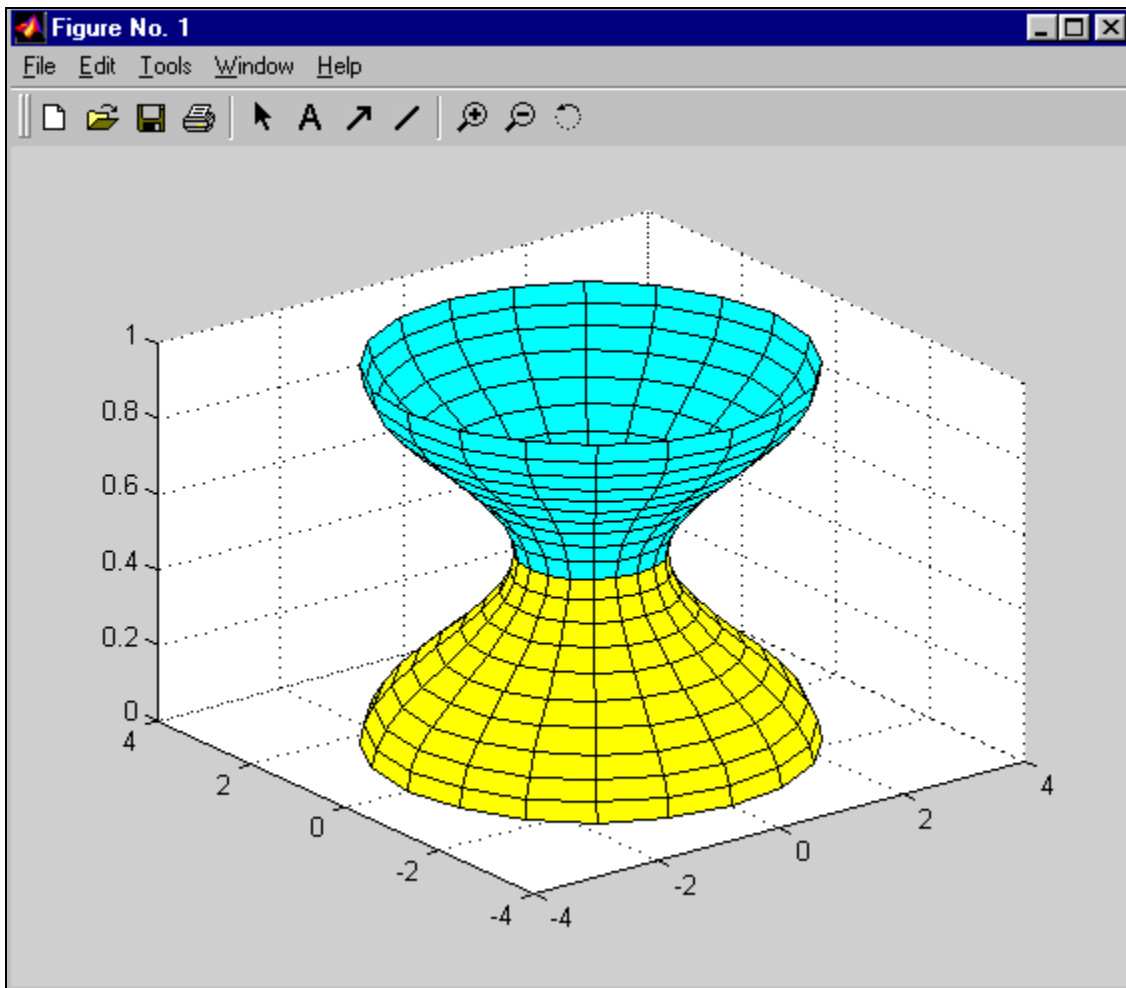
```
syms x y
ezsurf(real(atan(x+i*y)))

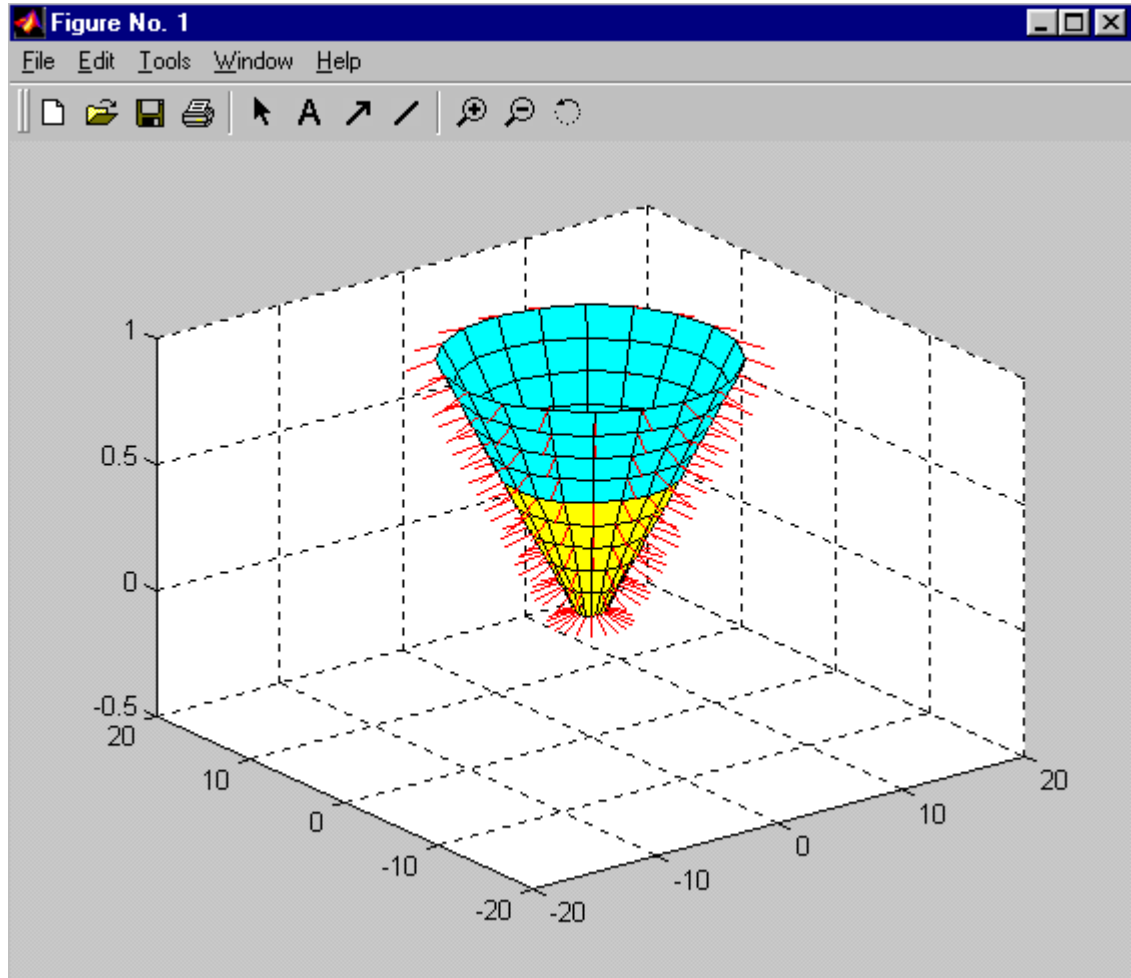
[x,y]=meshdom(-12:.6:12,-12:.6:12);
r=sqrt(x.^2+y.^2);
z=bessel(0,r);
m=[-45 60];
mesh(z,m)
```

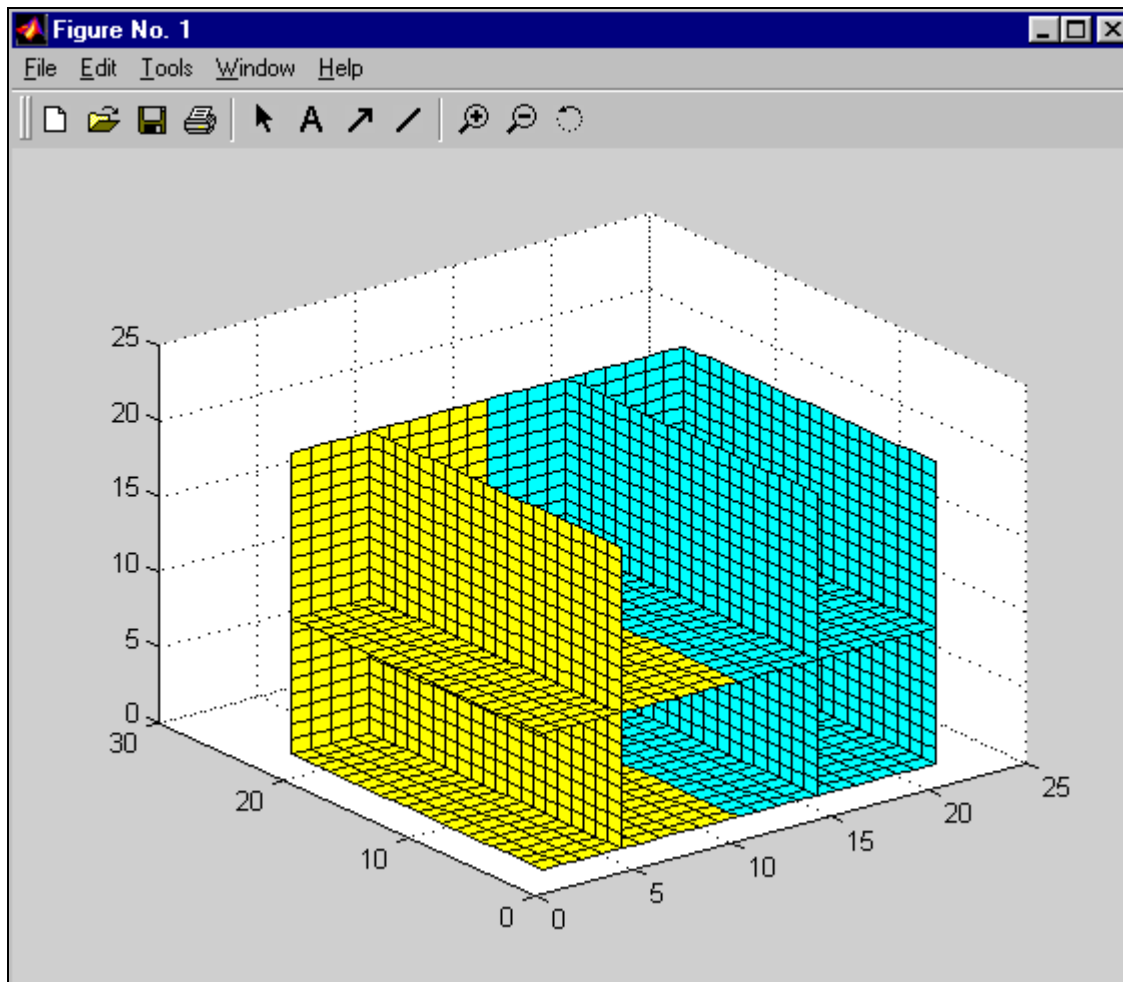
Khi chạy chương trình ta lần lượt có kết quả:

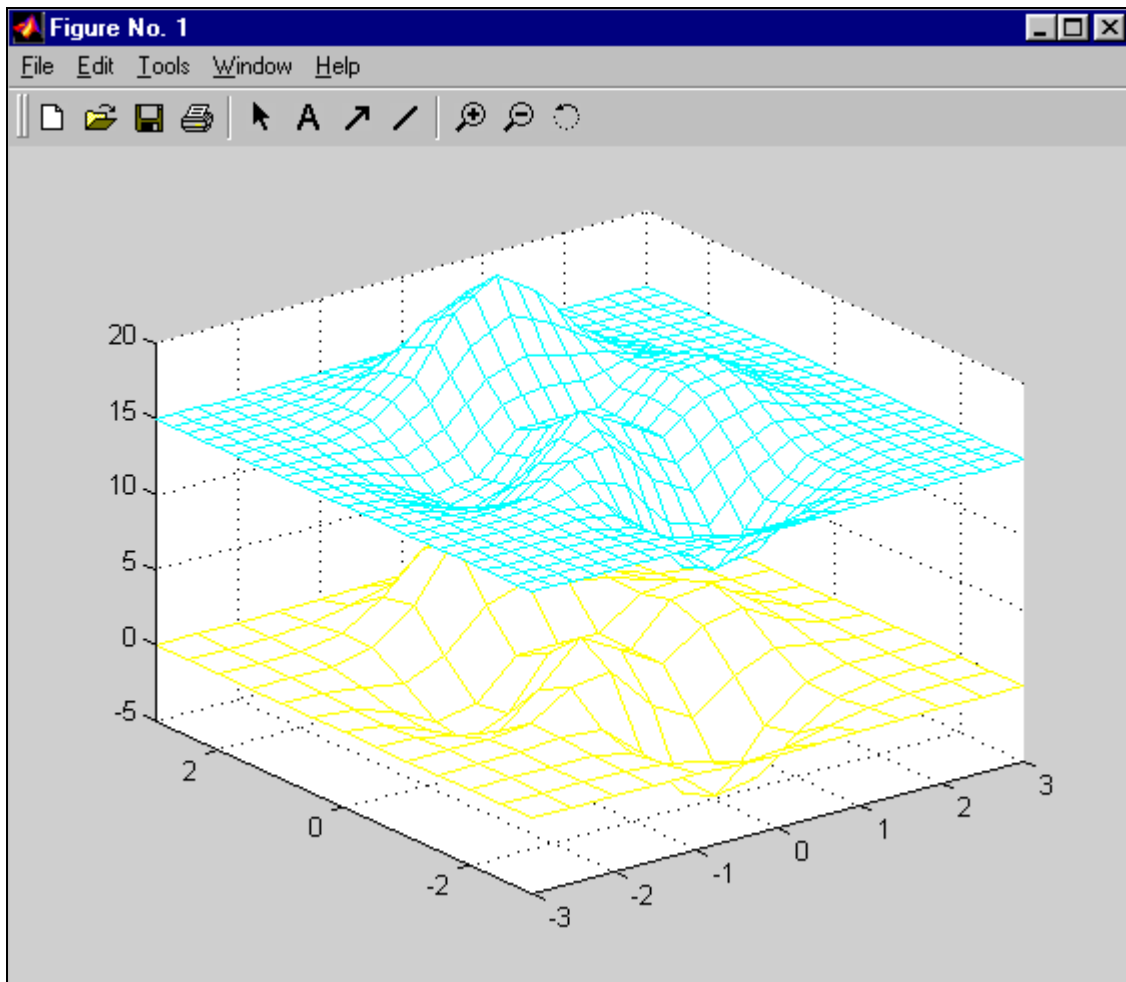


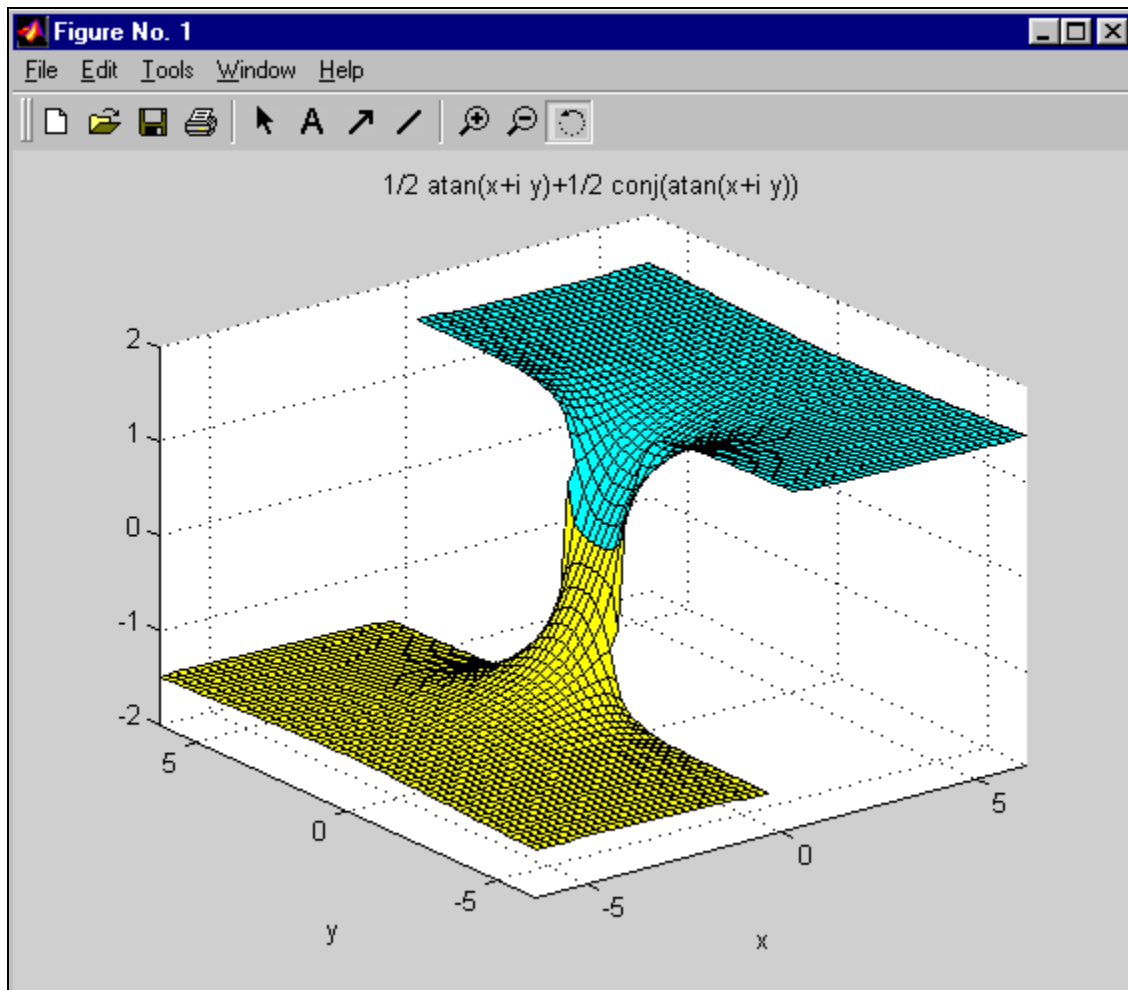


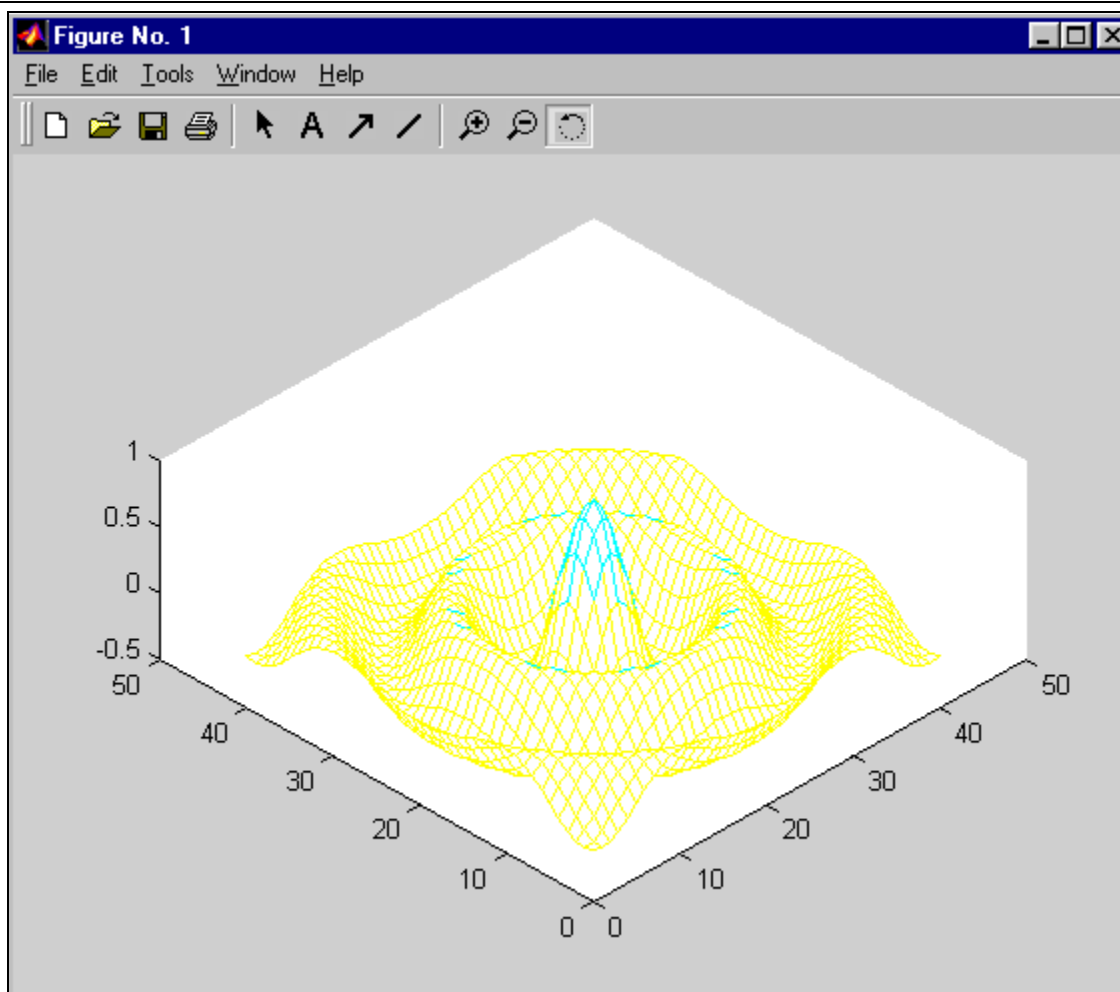






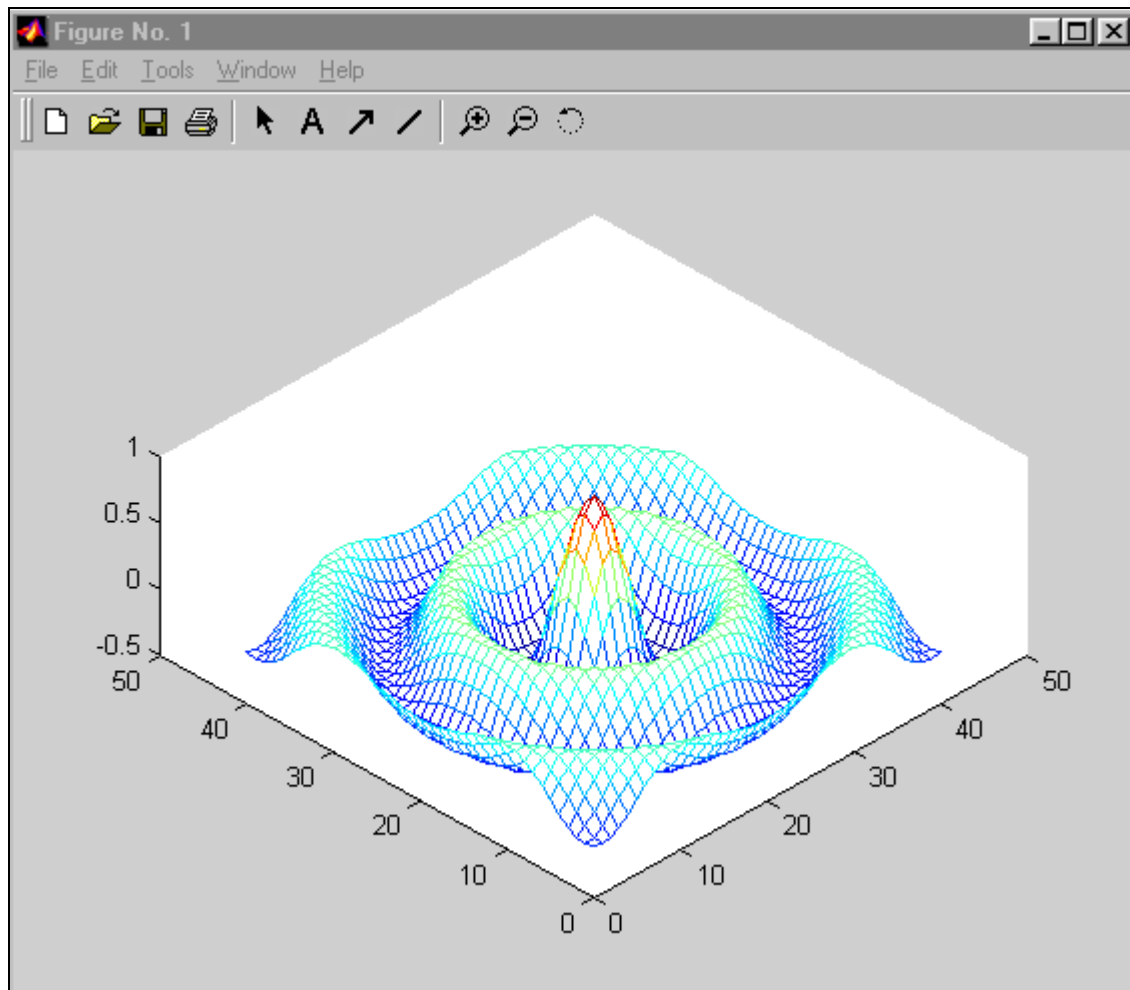






Cũng là hàm **bessel** nhưng ta khảo sát riêng 1 bài:

```
%hm bessel  
[x,y]=meshdom(-12:.6:12,-12:.6:12);  
r=sqrt(x.^2+y.^2);  
z=bessel(0,r);  
m=[-45 60];  
mesh(z,m)
```



NHÓM LỆNH VỀ ĐẶC ĐIỂM MÔ HÌNH (Model Properties)

1. Lệnh COVAR, DCOVAR

a) Công dụng: (Purpose)

Tìm đáp ứng hiệp phương sai đối với nhiễu trắng (white noise).

b) Cú pháp: (Syntax)

$$[P,Q]= covar(a,b,c,d,w)$$

$$P = covar(num,den,w)$$

$$[P, Q]= dcovar(a,b,c,d,w)$$

$$P = dcovar(num,den,w)$$

c) Giải thích: (Description)

Covar tính các ngõ ra cố định và đáp ứng hiệp phương sai trạng thái của một hệ thống đối với các ngõ vào nhiễu trắng Gaussian với cường độ w :

$$E[w(t)w(\tau)'] = w\delta(t - \tau)$$

$[P,Q]= covar(a,b,c,d,w)$ tìm đáp ứng hiệp phương sai của hệ không gian trạng thái liên tục.

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

đối với nhiễu trắng với cường độ w từ tất cả các ngõ vào tới tất cả trạng thái và ngõ ra:

$$P = E[yy']$$

$$Q = E[xx']$$

Hệ thống phải ổn định và ma trận D phải là zero.

$P = covar(num,den,w)$ tìm đáp ứng hiệp phương sai ngõ ra hệ SIMO của hàm truyền đa thức

$$G(s) = num(s)/den(s)$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s , và w là cường độ nhiễu ngõ vào.

Để tìm đáp ứng hiệp phương sai của hệ gián đoạn ta dùng lệnh `dcovar` thay cho `covar`.

d) Ví dụ 1: (Exemple)

Tìm đáp ứng hiệp phương sai do nhiễu trắng Gaussian của hệ SISO với cường độ $w=2$ có hàm truyền:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$H(s) = \frac{5s + 1}{s^2 + 2s + 3}$$

```
num = [5 1];
```

```
den = [1 2 3];
```

```
P = covar(num,den,2)
```

Ta được: P = 12.6667

2. Lệnh CTRB, OBSV

a) Công dụng:

Tạo ma trận có thể điều khiển và có thể quan sát.

b) Cú pháp:

```
co = ctrb(a,b)
```

```
ob = obsv(a,c)
```

c) Giải thích:

co = ctrb(a,b) tạo ma trận có thể điều khiển $C_0 = [B \ ABA^2B \ \dots \ A^{n-1}B]$ cho hệ không gian trạng thái ob = obsv(a,c) tạo ma trận có thể quan sát O_b cho hệ không gian trạng thái.

$$O_b = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}$$

Hệ thống có thể điều khiển được nếu hạng của ma trận Co là n và có thể quan sát được nếu hạng của ma trận Ob là n.

d) Ví dụ:

Dùng lệnh ctrb và obsv để kiểm tra hệ thống (a,b,c,d) có thể điều khiển được hay có thể quan sát được hay không:

```
% Nhập hàm truyền và xác định không gian trạng thái:
```

```
num = [2 3];
```

```
den = [1 4 7];
```

```
[a,b,c,d]= tf2ss(num,den)
```

```
% Xác định ma trận có thể điều khiển và ma trận có thể quan sát:
```

```
co = ctrb(a,b)
```

```
ob = obsv(a,c)
```

```
% số trạng thái không thể điều khiển được:
```


Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$\text{unco} = \text{length}(a) - \text{rank}(co)$$

% số trạng thái không thể quan sát được:

$$\text{unob} = \text{length}(a) - \text{rank}(ob)$$

Cuối cùng ta được kết quả:

$$a =$$

$$\begin{matrix} -4 & -7 \\ 1 & 0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 1 & 0 \end{matrix}$$

$$b =$$

$$1$$

$$0$$

$$c =$$

$$\begin{matrix} 2 & 3 \end{matrix}$$

$$d = 0$$

$$co =$$

$$\begin{matrix} 1 & -4 \\ 0 & 1 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} 0 & 1 \end{matrix}$$

$$\text{unco} = 0$$

$$ob =$$

$$\begin{matrix} 2 & 3 \\ -5 & -14 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} -5 & -14 \end{matrix}$$

$$\text{unob} = 0$$

3. Lệnh DAMP, DDAMP

a) Công dụng:

Tìm tần số tự nhiên (Natural Frequencies) và hệ số tắt dần (Damping Factors).

b) Cú pháp:

$$[wn,Z] = \text{damp}(a)$$

$$\text{mag} = \text{ddamp}(a)$$

$$[\text{mag}, Wn, Z] = \text{ddamp}(a, Ts)$$

c) Giải thích:

Damp và ddamp tính tần số tự nhiên và hệ số tắt dần. Nếu bỏ các đối số bên trái trong các lệnh này thì ta nhận được một bảng các giá trị riêng, tỉ lệ tắt dần và tần số tự nhiên trên màn hình.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$[wn,Z]= \text{damp}(a)$ tạo ra vector cột Wn và Z chứa các tần số tự nhiên wn , hệ số tắt dần của các giá trị riêng liên tục (Continuous eigenvalues) được tính từ a . Biến a có thể là một trong các dạng sau:

- + Nếu a là ma trận vuông thì a được xem như là ma trận không gian trạng thái A .
- + Nếu a là vector hàng thì nó được xem như là vector chứa các hệ số đa thức của hàm truyền.
- + Nếu a là vector cột thì a chứa các nghiệm.

$\text{Mag} = \text{damp}(a)$ tạo ra vector cột mag chứa biên độ các giá trị riêng gián đoạn được tính từ a . a có thể là một trong các dạng được nói đến ở trên.

$[\text{mag},Wn,Z]= \text{ddamp}(a,Ts)$ tạo ra các vector mag , Wn và Z chứa các biên độ, tần số tự nhiên trong mặt phẳng s tương ứng và hệ số tắt dần của các giá trị riêng của a . Ts là thời gian lấy mẫu. Hệ số tắt dần và tần số tự nhiên trong mặt phẳng s tương ứng của các giá trị riêng gián đoạn λ là:

$$\omega_n = \left| \frac{\log \lambda}{Ts} \right| \quad \zeta = -\cos(\angle \log \lambda)$$

d) Ví dụ: (Trích từ trang 11-52 sách ‘Control System Toolbox’)

Tính và hiển thị các giá trị riêng, tần số tự nhiên và hệ số tắt dần của hàm truyền liên tục sau:

$$H(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3}$$

```
num = [2 5 1];
```

```
den = [1 2 3];
```

```
damp(den)
```

Eigenvalue	Damping	Freq.(rad/sec)
-1.0000 + 1.4142i	0.5774	1.7321
-1.0000 + 1.4142i	0.5774	1.7321

Tính và hiển thị các giá trị riêng, biên độ, tần số và hệ số tắt dần trong mặt phẳng s tương ứng của hàm truyền gián đoạn với thời gian lấy mẫu $Ts = 0.1$:

$$H(z) = \frac{2z^2 - 3.4z + 1.5}{z^2 - 1.6z + 0.8}$$

```
num = [2 -3.4 1.5]
```

```
den = [1 -1.6 0.8]
```

```
ddamp(den,0.1)
```

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Eigenvalue	Magnitude	Equiv.Damping	Equiv.Freq (rad/sec)
$0.8000 + 0.4000i$	0.8944	0.2340	4.7688
$0.8000 - 0.4000i$	0.8944	0.2340	4.7688

4. Lệnh DCGAIN, DDCGAIN

a) Công dụng:

Tìm độ lợi trạng thái xác lập của hệ thống.

b) Cú pháp:

$k = \text{dcgain}(a,b,c,d)$

$k = \text{dcgain}(\text{num},\text{den})$

$k = \text{ddcgain}(a,b,c,d)$

$k = \text{ddcgain}(\text{num},\text{den})$

c) Giải thích:

dcgain dùng để tính độ lợi trạng thái xác lập (DC hay tần số thấp) của hệ thống.

$k = \text{dcgain}(a,b,c,d)$ tính độ lợi trạng thái xác lập của hệ không gian trạng thái liên tục:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

từ tất cả các ngõ vào tới tất cả các ngõ ra:

$$K = -CA^{-1} + D$$

$k = \text{dcgain}(\text{num},\text{den})$ tính độ lợi trạng thái xác lập của hàm truyền đa thức:

$$G(s) = \frac{\text{num}(s)}{\text{den}(s)}$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo thứ tự giảm dần số mũ của s:

$$K = \left. \frac{\text{num}(s)}{\text{den}(s)} \right|_{s=0}$$

Để tính độ lợi DC của hệ gián đoạn ta dùng lệnh ddcgain thay cho lệnh dcgain. Đối với hệ không gian trạng thái xác lập, ma trận độ lợi DC là:

$$K = C(I - A)^{-1} + D$$

Và đối với hàm truyền gián đoạn, t độ Lợi DC là:

$$K = \left. \frac{\text{num}(z)}{\text{den}(z)} \right|_{z=1}$$

d) Ví dụ 1:

Tính độ lợi DC của hệ thống có hàm truyền:

$$H(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3}$$

$\text{num} = [2 \quad 5 \quad 1];$

$\text{den} = [1 \quad 2 \quad 3];$

$k = \text{dcgain}(\text{num},\text{den})$

$k = 0.3333$

Ví dụ 2: Tính độ lợi DC của hệ không gian trạng thái MIMO:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.5572 & -0.7814 \\ 0.7814 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0.5397 \\ 0 & -0.2231 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$
$$\begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.9691 & 6.4493 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix}$$

$$a = [-0.5572 \quad -0.7814 \quad ; \quad 0.7814 \quad 0];$$

$$b = [1 \quad 0.5379 \quad ; \quad 0 \quad -0.2231];$$

$$c = [1.9691 \quad 6.4493 \quad ; \quad 1 \quad 0];$$

$$d = [0 \quad 0 \quad ; \quad 0 \quad 0];$$

$$k = \text{dcgain}(a,b,c,d)$$

$$k =$$

$$8.2466 \quad 3.6861$$

$$0 \quad 0.2855$$

5. Lệnh GRAM, DGRAM

a) Công dụng:

Đánh giá khả năng điều khiển và khả năng quan sát.

b) Cú pháp:

$$G_c = \text{gram}(a,b)$$

$$G_o = \text{gram}(a',c')$$

$$G_c = \text{dgram}(a,b)$$

$$G_o = \text{dgram}(a',c')$$

c) Giải thích:

gram tính toán khả năng điều khiển và khả năng quan sát. Sự đánh giá này có thể được dùng để nghiên cứu đặc tính điều khiển và đặc tính quan sát của các hệ không gian trạng thái và giảm bậc mô hình.

gram(a,b) tạo ra sự đánh giá khả năng điều khiển G_c :

$$G_c = \int_0^{\infty} e^{A\tau} B B' e^{A'\tau} d\tau$$

đó là một ma trận đối xứng; hơn nữa, nếu ma trận có hạng đủ (bằng kích thước của ma trận đánh giá) thì hệ thống có thể điều khiển được.

$G_o = \text{gram}(a',c')$ tạo ra sự đánh giá khả năng quan sát G_o :

$$G_o = \int_0^{\infty} e^{A\tau} C C' e^{A'\tau} d\tau$$

Nếu ma trận đánh giá có hạng đủ thì hệ thống có thể quan sát được.

dgram dùng cho các hệ thống gián đoạn.

d) Ví dụ:

Xác định khả năng điều khiển của hệ không gian trạng thái ở ví dụ về lệnh dcgrain

$$a = [-0.5572 \quad -0.7814 \quad ; \quad 0.7814 \quad 0];$$

$$b = [1 \quad 0.5379 \quad ; \quad 0 \quad -0.2231];$$

$$c = [1.9691 \quad 6.4439 \quad ; \quad 1 \quad 0];$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$d = [0 \ 0 ; 0 \ 0]$;

$G_c = \text{gram}(a,b)$

Ta nhận được ma trận:

$G_c =$

1.2016 -0.0318
-0.0318 1.0708

Tìm hạng ma trận bằng lệnh:

$r = \text{rank}(G_c)$

ta được $r = 2$ và bằng kích thước của ma trận đánh giá. Vậy hệ thống này có thể điều khiển được.

6. Lệnh DSORT, ESORT

a) Công dụng:

Sắp xếp các giá trị riêng theo thứ tự phần thực hoặc biên độ số phức.

b) Cú pháp:

$s = \text{dsort}(p)$

$[s, \text{ndx}] = \text{dsort}(p)$

$s = \text{esort}(p)$

$[s, \text{ndx}] = \text{esort}(p)$

c) Giải thích:

$s = \text{esort}(p)$ xếp các giá trị riêng phức trong vector p theo thứ tự giảm dần của phần thực. Đối với các giá trị riêng liên tục, các giá trị riêng không ổn định xuất hiện trước.

$s = \text{dsort}(p)$ xếp các giá trị riêng phức trong vector p theo thứ tự giảm dần của biên độ. Đối với các giá trị riêng gián đoạn, các giá trị riêng không ổn định xuất hiện trước.

$[s, \text{ndx}] = \text{dsort}(p)$ hay $[s, \text{ndx}] = \text{esort}(p)$ cũng tạo ra vector ndx chứa các chỉ số dùng theo thứ tự.

d) Ví dụ:

Xếp các phần tử của vector $p = [2+3j \ -3+j \ 1-9j \ 3-7j \ 5+2j \ 6-j]$ theo thứ tự giảm dần của phần thực và độ lớn số phức.

$p = [2+3j \ -3+j \ 1-9j \ 3-7j \ 5+2j \ 6-j]$

% Xếp theo thứ tự giảm dần của độ lớn số phức:

$s = \text{dsort}(h)$

$s =$

1.0000 + 9.0000j
3.0000 + 7.0000j
6.0000 + 1.0000j
5.0000 - 2.0000j
2.0000 + 3.0000j
-3.0000 + 1.0000j

% Xếp theo thứ tự giảm dần của phần thực:

$s' = \text{esort}(h)$

6.0000 + 1.0000j
5.0000 - 2.0000j
3.0000 + 7.0000j

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

2.0000 – 3.0000j
1.0000 + 9.0000j
-3.0000 – 1.0000j

7. Lệnh EIG

a) Công dụng:

Tìm các giá trị riêng và các vector riêng của hệ thống.

b) Cú pháp:

$E = \text{eig}(X)$

$[V,D] = \text{eig}(X)$

$[V,D] = \text{eig}(X)$

$[V,D] = \text{eig}(X, 'nobalance')$

$E = \text{eig}(A,B)$

$[V,D] = \text{eig}(A,B)$

c) Giải thích:

$E = \text{eig}(X)$ là một vector chứa các giá trị riêng của ma trận vuông X .

$[V,D] = \text{eig}(X)$ tạo ra một ma trận đường chéo D của các giá trị riêng và ma trận đủ với các cột là các vector riêng tương ứng để cho $X*V = V*D$.

$[V,D] = \text{eig}(X, 'nobalance')$ giống như $[V,D] = \text{eig}(X)$ nhưng bỏ qua sự cân bằng. Cách này đôi khi cho kết quả chính xác hơn.

$E = \text{eig}(A,B)$ là vector chứa các giá trị riêng phổ biến của các ma trận vuông A và B .

$[V,D] = \text{eig}(A,B)$ tạo ra ma trận đường chéo D của các giá trị riêng phổ biến và các ma trận đủ V với các cột là các vector riêng tương ứng để cho $A*V = B*V*D$.

d) Ví dụ:

Cho $X = [2+3j \quad -3+j \quad 1-9j; 3-7j \quad 5+2j \quad 6-j; 0+7j \quad 6-8j \quad 2+5j]$. tìm các giá trị riêng của X .

$X = [2+3j \quad -3+j \quad 1-9j; 3-7j \quad 5+2j \quad 6-j; 0+7j \quad 6-8j \quad 2+5j];$

$[V,D] = \text{eig}(X)$

$V =$

0.4158 + 0.3442j	0.5455 + 0.4929j	0.4344 – 0.2255j
-0.3275 + 0.3580j	0.1837 – 0.2659j	0.5974 + 0.1368j
0.1209 – 0.6772j	-0.5243 + 0.2831j	0.4954 + 0.3734j

$D =$

-9.3743 + 4.7955j	0	0
0	9.2099 + 0.2831j	0
0	0	9.1644 – 2.2542j

8. Lệnh PRINTSYS

a) Công dụng:

In ra các tham số của hệ thống tuyến tính

b) Cú pháp:

`printsys(a,b,c,d)`

`printsys(a,b,c,d,ulabels,ylabels,xlabels)`

`printsys(num,den,'s')`

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

printsys(num,den,'z')

c) Giải thích:

printsys in các tham số của hệ không gian trạng thái và hàm truyền theo dạng đặc biệt. Đối với hệ không gian trạng thái, các ngõ vào, ngõ ra và trạng thái của hệ được đặt tên và hàm truyền được hiển thị dưới dạng tỷ số của hai đa thức.

printsys(a,b,c,d) in ra hệ không gian trạng thái (a,b,c,d) với tên tham số ở phía trên và phía bên trái của ma trận hệ thống.

printsys(a,b,c,d,ulabels,ylabels,xlabels) in ra hệ không gian trạng thái với tên tham số được chỉ định bởi các vector ulabels, ylabels và xlabels. ulabels, ylabels và xlabels chứa tên ngõ vào, ngõ ra và trạng thái của hệ thống.

printsys(num,den,'s') hoặc printsys(num,den,'z') in ra hàm truyền dưới dạng tỷ số của hai đa thức theo s hoặc z. Nếu biến của hàm truyền ('s' hoặc 'z') không được chỉ định thì phép biến đổi Laplace ('s') được thừa nhận.

d) Ví dụ:

Cho hệ không gian trạng thái sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$
$$y = [2 \quad 4] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [1] u$$

In ra hệ không gian trạng thái với tên gọi các tham số mặc nhiên và với tên được chỉ định như sau: ngõ vào u là sensor, trạng thái x là alpha và beta, ngõ ra là angle.

% Khai báo hệ thống:

```
a = [1 1 ; 2 -1];
```

```
b = [1 ; 0];
```

```
c = [2 4];
```

```
d = 1;
```

% In theo tên mặc nhiên:

```
printsys(a,b,c,d)
```

```
a =
```

```
      x1      x2
x1  1.00000  1.00000
x2  2.00000 -1.00000
```

```
b =
```

```
      u1
x1  1.00000
x2      0
```

```
c =
```

```
      x1      x2
y1  2.00000  4.00000
```

```
d =
```

```
      u1
```

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
y1 1.00000
% Chỉ định tên tham số:
inputs = 'sensor';
outputs = 'angle';
states = 'alpha beta';
states = 'alpha beta';
% In theo tên đã chỉ định:
printsys(a,b,c,d,inputs,outputs,states)
a =
      alpha      beta
      alpha 1.00000 1.00000
      beta 2.00000 -1.00000
b =
      sensor
      alpha 1.00000
      beta 0
c =
      alpha      beta
      angle 2.00000 4.00000
d =
      sensor
      angle 1.00000
```

9. Lệnh TZERO

a) Công dụng:

Tìm zero truyền đạt của hệ không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

$z = \text{tzero}(\text{sys})$

$[z, \text{gain}] = \text{tzero}(\text{sys})$

$z = \text{tzero}(a, b, c, d)$

c) Giải thích:

$z = \text{tzero}(\text{sys})$ tìm các zero truyền đạt của hệ thống LTI trong sys.

$[z, \text{gain}] = \text{tzero}(\text{sys})$ tìm độ lợi hàm truyền nếu hệ thống là hệ SISO.

$z = \text{tzero}(a, b, c, d)$ tìm zero truyền đạt của hệ không gian trạng thái:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu & \text{hoặc} & & x[n+1] &= Ax[n] + Bu[n] \\ y &= Cx + Du & & & y[n] &= Cx[n] + Du[n] \end{aligned}$$

d) Ví dụ:

Tìm zero truyền đạt của hệ không gian trạng thái sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [2 \quad 4] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [1] u$$

a = [1 1 ; 2 -1];

b = [1 ; 0];

c = [2 4];

d = 1;

z = tzero(a,b,c,d)

z =

-1.0000 + 2.4495j

-1.0000 - 2.4495j

NHÓM LỆNH XÂY DỰNG MÔ HÌNH (Model Building)

1. Lệnh APPEND

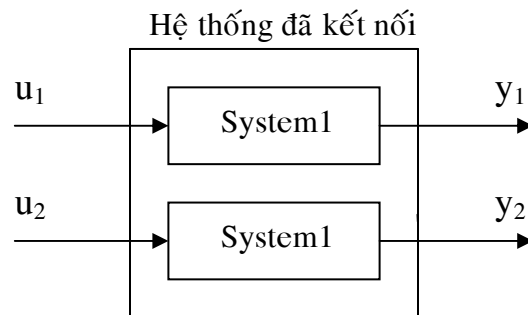
a) Công dụng:

Kết hợp động học 2 hệ thống không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

`[a,b,c,d] = append(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2)`

c) Giải thích:



Lệnh append kết nối động học 2 hệ thống không gian trạng thái tạo thành 1 hệ thống chung.

`[a,b,c,d] = append(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2)` tạo ra hệ thống không gian trạng thái kết hợp bao gồm hệ thống 1 và hệ thống 2. Hệ thống nhận được là:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 & 0 \\ 0 & B_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 & 0 \\ 0 & C_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_1 & 0 \\ 0 & D_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

d) Ví dụ 1: Cho 2 hệ không gian trạng thái

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u \\ y = \begin{bmatrix} 2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \end{bmatrix} u \end{cases} \quad (\text{Hệ I})$$

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 3 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u \\ y = [4 \quad -2] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [0] u \end{cases} \quad \text{(Hệ II)}$$

Kết nối 2 hệ không gian trạng thái trên để tạo ra một hệ không gian trạng thái kết hợp.

$$a1 = [1 \quad 1; 2 \quad -1];$$

$$b1 = [1; 0];$$

$$c1 = [2 \quad 4];$$

$$d1 = [1];$$

$$a2 = [4 \quad 3; 1 \quad 0];$$

$$b2 = [1; 0];$$

$$c2 = [4 \quad -2];$$

$$d2 = [0];$$

$$[a,b,c,d] = \text{append}(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2)$$

a =

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

b =

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

c =

$$\begin{bmatrix} 2 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & -2 \end{bmatrix}$$

d =

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Ví dụ 2: Trích từ Ví dụ 3.12 sách ‘Ứng dụng Matlab trong điều khiển tự động’ tác giả Nguyễn Văn Giáp. Và được viết bởi file.m

```
%KET NOI HAI HE THONG SONG SONG
a=[1 2 3;4 5 6;7 8 9];
b=[3 4;4 5;7 9];
c=[0 0 1];
d=[0 0];
e=[1 9 3;4 5 6;7 8 7];
f=[2 4;4 6;7 9];
g=[0 1 1];
h=[0 0];
[A,B,C,D]= append(a,b,c,d,e,f,g,h)
```

Kết quả:

A =

```
1 2 3 0 0 0
4 5 6 0 0 0
7 8 9 0 0 0
0 0 0 1 9 3
0 0 0 4 5 6
0 0 0 7 8 7
```

B =

```
3 4 0 0
4 5 0 0
7 9 0 0
0 0 2 4
0 0 4 6
0 0 7 9
```

C =

```
0 0 1 0 0 0
```

0 0 0 0 1 1

D =

0 0 0 0
0 0 0 0

2. Lệnh AUSTATE

a) Công dụng:

Thêm vào hệ không gian trạng thái các ngõ ra.

b) Cú pháp:

[ab,bb,cb,db] = austate(a,b,c,d)

c) Giải thích:

[ab,bb,cb,db] = austate(a,b,c,d) tạo ra một hệ không gian trạng thái mới và số ngõ vào bằng số ngõ vào hệ ban đầu nhưng số ngõ ra nhiều hơn. Kết quả ta được hệ thống sau:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu \\ \begin{bmatrix} y \\ x \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} C \\ 1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} D \\ 0 \end{bmatrix} u \end{aligned} \quad (1.2)$$

d) Ví dụ:

Cho hệ không gian trạng thái có:

a = b = c = d =
4 5 3 2 1 3 1 2
6 7 6 1 2 4 3 4

Dùng lệnh:

[ab,bb,cb,db] = augstate(a,b,c,d) ta được hệ mới như hệ (1.2) có:

ab = bb =
1 2 4 5
3 4 6 7
cb = db =
1 3 3 2
2 4 6 1

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

1	0	0	0
0	1	0	0

3. Lệnh BLKBUILD, CONNECT

a) Công dụng:

Chuyển sơ đồ khối thành mô hình không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

blkbuild

[aa,bb,cc,dd] = connect(a,b,c,d,Q,inputs,outputs)

c) Giải thích:

[aa,bb,cc,dd] = connect(a,b,c,d,Q,inputs,outputs) tạo ra các ma trận mô hình không gian trạng thái (ac,bc,cc,dc) của hệ thống trong sơ đồ khối, các ma trận (a,b,c,d) và ma trận Q (ma trận cho biết sự kết nối bên trong hệ thống). Vector inputs và outputs dùng để chọn các ngõ vào và ngõ ra sau cùng cho hệ thống (ac,bc,cc,dc).

Việc thực hiện xây dựng mô hình dùng lệnh connect được thực hiện qua các bước:

c.1) Xác định hàm truyền hay hệ thống không gian trạng thái: nhập các hệ số số của tử số và mẫu số mỗi hàm truyền sử dụng tên biến n1, n2, n3, ..., và d1, d2, d3,... hoặc nhập ma trận (A,B,C,D) sử dụng tên biến a1, b1, c1, d1; a2, b2, c2, d2; a3, b3, c3, d3,...

c.2) Xây dựng mô hình không gian trạng thái chưa nối: hình thành mô hình bao gồm tất cả hàm truyền chưa được kết nối. Điều này được thực hiện bằng cách lặp đi lặp lại lệnh append cho các khối không gian trạng thái hay **tf2ss** và **append** cho các khối hàm truyền. **tf2ss** có thể chuyển mỗi khối thành hệ không gian trạng thái nhỏ sau đó dùng lệnh **append** để tập hợp các khối nhỏ thành một mô hình hoàn chỉnh.

c.3) Chỉ ra các kết nối bên trong: xác định ma trận Q chỉ ra cách kết nối các khối của sơ đồ khối. Trong một hàng của ma trận Q thành phần đầu tiên là số ngõ vào. Những thành phần tiếp theo chỉ các ngõ được nối vào ngõ vào trên.

Ví dụ: nếu ngõ vào 7 nhận các ngõ vào khác từ ngõ ra 2, 15 và 6 trong đó ngõ vào âm thì hàng tương ứng trong Q là [7 2 -15 6].

c.4) Chọn ngõ vào và ngõ ra: tạo các vector inputs và outputs để chỉ ra ngõ vào và ngõ ra nào được duy trì làm ngõ vào và ngõ ra của hệ thống.

Ví dụ: nếu ngõ vào 1, 2 và 15 và ngõ ra 2 và 7 được duy trì thì inputs và outputs là:

inputs = [1 2 15]

outputs = [2 7]

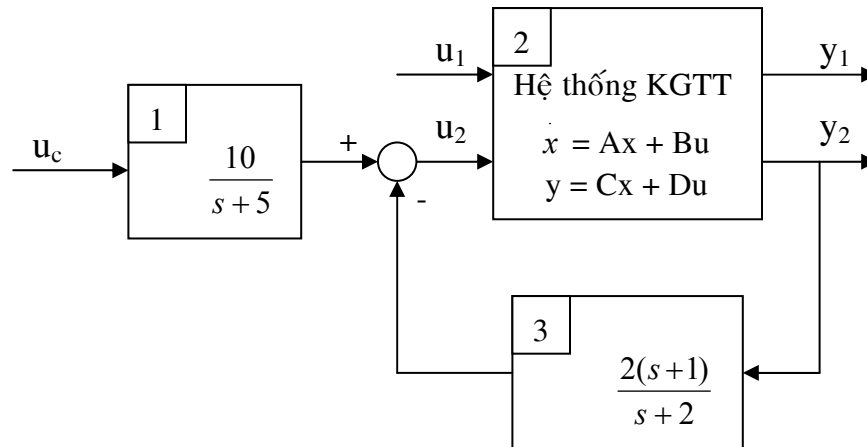
c.5) Kết nối bên trong: dùng lệnh:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

`[ac,bc,cc,dc] = connect(a,b,c,d,Q,inputs,outputs)` lệnh này lấy thông tin trong ma trận Q tiến hành nối chéo các khối tạo thành hệ thống với các ngõ vào và các ngõ ra được chọn bởi biến `inputs` và `outputs`.

d) Ví dụ :

Xét sơ đồ khối của hệ MIMO (Multi Input Multi Output) sau:



Để tạo ra mô hình không gian trạng thái của hệ thống này, ta sử dụng các lệnh sau:

% Khai báo hàm truyền khâu (1):

```
n1 = 10;
```

```
d1 = [1 5];
```

% Khai báo các ma trận của hệ không gian trạng thái (2):

```
a2 = [1 2  
      -5 3];
```

```
b2 = [2 -4  
      6 5];
```

```
c2 = [-3 9  
      0 4];
```

```
d2 = [2 1  
      -5 6];
```

% Khai báo hàm truyền khâu điều khiển (3):

```
n3 = 2*[1 1];
```

```
d3 = [1 2];
```

% Khai báo số khâu của sơ đồ khối:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
nblocks = 3;
```

```
% Thực hiện các lệnh kết nối:
```

```
blkbuild;
```

```
% Khai báo ma trận điều khiển kết nối bên trong (Q):
```

```
Q = [3  1  -4  
     4  3   0];
```

```
inputs = [1  2]
```

```
outputs = [2  3];
```

```
[ac, bc, cc, dc] = connect(a, b, c, d, Q, inputs, outputs)
```

Và ta được hệ thống có các ma trận ac, bc, cc, dc như sau:

```
ac =
```

```
-5.0000    0    0    0  
-3.0769  1.0000  4.4615 -6.6154  
 3.8462 -5.0000 -0.0769  0.7692  
 4.6154    0    0.3077 -1.0769
```

```
bc =
```

```
1.0000  
 0    -1.0769  
 0    9.8462  
 0    -0.3846
```

```
cc =
```

```
0.7692 -3.0000  8.3846  0.1538  
 4.6154    0    0.3077  0.9231
```

```
dc =
```

```
0  2.7692  
0 -0.3846
```

Hệ thống này có 2 ngõ vào là 1 và 2 và có 2 ngõ ra là 2 và 3.

4. Lệnh CLOOP

a) Công dụng:

Hình thành hệ thống không gian trạng thái vòng kín.

b) Cú pháp:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

`[ac,bc,cc,dc] = cloop(a,b,c,d,sign)`

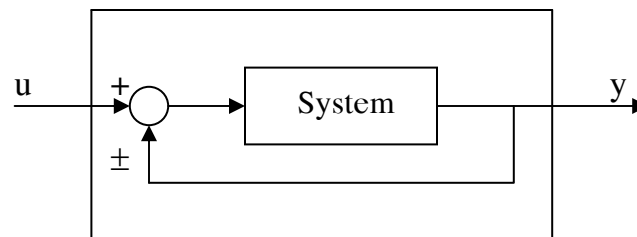
`[ac,bc,cc,dc] = cloop(a,b,c,d,inputs,outputs)`

`[numc,denc] = cloop(num,den,sign)`

c) Giải thích:

`cloop` tạo ra hệ thống vòng kín bằng cách hồi tiếp các ngõ ra và các ngõ vào của hệ thống. Tất cả các ngõ vào và ngõ ra của hệ vòng hở được giữ lại trong hệ vòng kín. `cloop` sử dụng được cho cả hệ liên tục và gián đoạn.

`[ac,bc,cc,dc] = cloop(a,b,c,d,sign)` tạo ra mô hình không gian trạng thái của hệ vòng kín bằng cách hồi tiếp tất cả ngõ ra tới tất cả các ngõ vào.



Hệ thống vòng kín

`sign = 1`: hồi tiếp dương.

`sign = -1`: hồi tiếp âm.

Nếu không có tham số `sign` thì xem như là hồi tiếp âm.

Kết quả ta được hệ thống vòng kín:

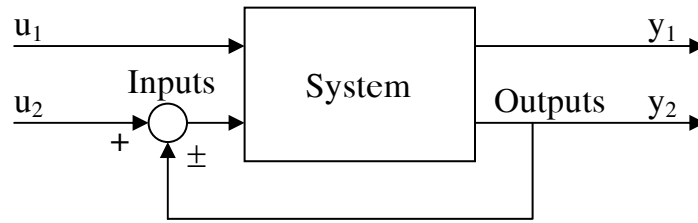
$$\begin{aligned} \dot{x} &= [A \pm B(I \mp D)^{-1} C]x + [B(I \mp D)^{-1}]u \\ y &= [C \pm D(I \mp D)^{-1} C]x + [D(I \mp C)^{-1}]u \end{aligned}$$

trong đó dấu “-” ứng với hồi tiếp dương và dấu “+” ứng với hồi tiếp âm.

`[numc,denc]= cloop(num,den,sign)` thực hiện hồi tiếp đơn vị với dấu được cho bởi tham số `sign` để tạo ra hệ thống vòng kín có hàm truyền đa thức.

$$\frac{num(s)}{den(s)} = \frac{G(s)}{1 \mp G(s)} = \frac{num(s)}{den(s) \mp num(s)}$$

`[ac,bc,cc,dc] = cloop(a,b,c,d,outputs,inputs)` thực hiện hồi tiếp các ngõ ra được chỉ định trong vector `outputs` về ngõ vào được chỉ định rõ trong vector `inputs` để tạo ra mô hình không gian trạng thái của hệ vòng kín.



Hệ thống vòng kín

Vector outputs chứa chỉ số các ngõ ra nào được hồi tiếp về ngõ vào. Trong trường hợp này, hồi tiếp dương được sử dụng. Muốn chọn hồi tiếp âm, ta dùng tham số `-inputs` thay cho `inputs`.

d) Ví dụ:

Xét hệ không gian trạng thái (a,b,c,d) có 5 ngõ ra và 8 ngõ vào. Để hồi tiếp các ngõ ra 1, 3 và 5 về các ngõ vào 2, 8 và 7 và chọn hồi tiếp âm.

$$\text{outputs} = [1 \quad 3 \quad 5];$$

$$\text{inputs} = [2 \quad 8 \quad 7];$$

$$[\text{ac}, \text{bc}, \text{cc}, \text{dc}] = \text{cloop}(\text{a}, \text{b}, \text{c}, \text{d}, \text{outputs}, -\text{inputs})$$

Cho hệ không gian trạng thái:

$$\dot{x} = Ax + [B_1 \quad B_2] \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

Giả sử vòng kín được tạo ra bằng cách hồi tiếp ngõ ra y_2 về ngõ vào u_2 thì ta được hệ không gian trạng thái:

$$\dot{x} = [A \pm B_2 E C_2] x + [B_1 \pm B_2 E D_{21} \quad B_2 E] \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 \pm D_{12} E C_2 \\ C_2 \pm D_{22} E C_2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} D_{11} \pm D_{12} E D_{21} & D_{12} E \\ D_{21} \pm D_{22} E D_{21} & D_{22} E \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

trong đó $E = (I \mp D_2 D_1)^{-1}$ với I là ma trận đơn vị.

Các biểu thức trên đều đúng cho mô hình gián đoạn khi thay phép vi phân bằng phép sai phân và hàm truyền trong mặt phẳng z thay cho hàm truyền trong mặt phẳng s. Chú ý: ma trận $(I \mp D_2 D_1)^{-1}$ phải có thể nghịch đảo được.

5. Lệnh FEEDBACK

a) Công dụng:

Kết nối hồi tiếp hai hệ thống.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

b) Cú pháp:

$$[a,b,c,d] = \text{feedback}(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2)$$

$$[a,b,c,d] = \text{feedback}(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2,\text{sign})$$

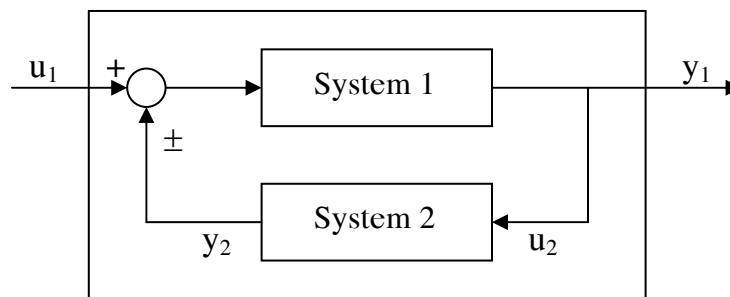
$$[a,b,c,d] = \text{feedback}(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2, \text{inputs1}, \text{outputs1})$$

$$[\text{num},\text{den}] = \text{feedback}(\text{num1},\text{den1}, \text{num2},\text{den2})$$

$$[\text{num},\text{den}] = \text{feedback}(\text{num1},\text{den1}, \text{num2},\text{den2},\text{sign})$$

c) Giải thích:

$[a,b,c,d] = \text{feedback}(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2,\text{sign})$ tạo ra hệ thống không gian trạng thái tổ hợp với kết nối hồi tiếp của hệ thống 1 và 2:



Hệ thống hồi tiếp

Hệ thống hồi tiếp được tạo ra bằng cách nối các ngõ ra của hệ thống 1 tới các ngõ vào của hệ thống 2 và các ngõ ra của hệ thống 2 tới các ngõ vào của hệ thống 1.

sign = 1: Hồi tiếp dương.

sign = -1: Hồi tiếp âm.

Nếu bỏ qua tham số sign thì lệnh sẽ hiểu là hồi tiếp âm.

Sau khi hồi tiếp ta thu được thống:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 \pm B_1 E D_2 C_1 & \pm B_1 E C_2 \\ B_2 C_1 \pm B_2 D_2 E D_2 C_1 & A \pm B_2 D_2 E C_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 (I \pm E D_2 D_1) \\ B_2 D_1 (I \pm E D_2 D_1) \end{bmatrix} u_1$$
$$y_1 = [C_1 \pm D_1 E D_2 C_1 \quad \pm D_1 E C_2] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [D_1 (I \pm E D_2 D_1)] u_1$$

trong đó:

$E = (I \mp D_2 D_1)^{-1}$ với I là ma trận đơn vị, dấu “-” ứng với hồi tiếp dương và dấu “+” ứng với hồi tiếp âm.

$[\text{num},\text{den}] = \text{feedback}(\text{num1},\text{den1}, \text{num2},\text{den2},\text{sign})$ tạo ra hàm truyền đa thức của hệ thống hồi tiếp.

sign = 1: Hồi tiếp dương.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

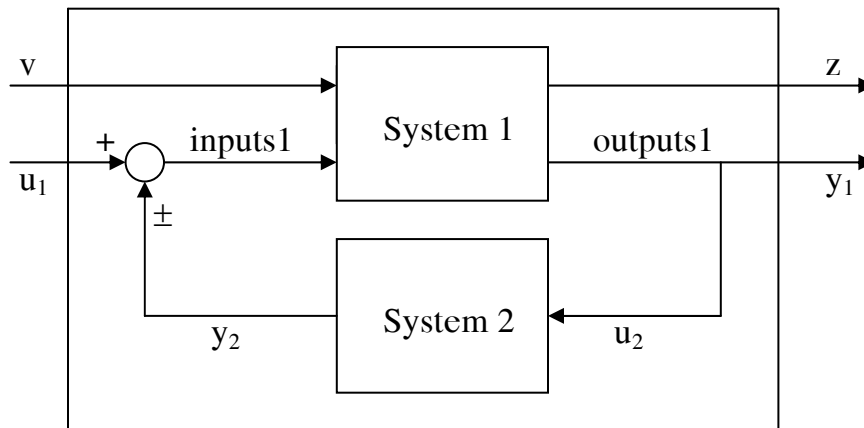
sign = -1: Hồi tiếp âm.

Nếu bỏ qua tham số sign thì lệnh sẽ hiểu là hồi tiếp âm.

Hàm truyền của hệ thống là:

$$\frac{num(s)}{den(s)} = \frac{G_1(s)}{1 \mp G_1(s)G_2(s)} = \frac{num_1(s)den_2(s)}{den_1(s)den_2(s) \mp num_1(s)num_2(s)}$$

[a,b,c,d] = feedback(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2, inputs1, outputs1) tạo ra hệ thống hồi tiếp bằng cách hồi tiếp các ngõ ra trong outputs của hệ thống 2 tới các ngõ vào trong inputs của hệ thống 1.



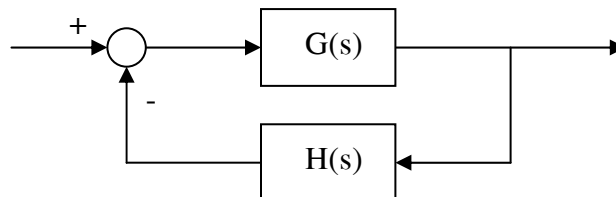
Hệ thống hồi tiếp

Vector inputs 1 chứa các chỉ số ngõ vào của hệ thống 1 và chỉ ra ngõ ra nào của hệ thống 1 được chọn hồi tiếp. Vector outputs1 chứa các chỉ số ngõ ra của hệ thống 1 và chỉ ra ngõ ra nào của hệ thống 1 được hồi tiếp về ngõ vào của hệ thống 2. Trong hệ thống này, hồi tiếp là hồi tiếp dương. Nếu muốn dùng hồi tiếp âm thì dùng tham số -inputs thay cho inputs1.

d) Ví dụ:

Kết nối khâu có hàm truyền $G(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + s + 3}$ với khâu hồi tiếp có hàm truyền

$H(s) = \frac{5(s + 2)}{s + 10}$ theo dạng hồi tiếp âm như sau:



numg = [2 5 1];

deng = [1 2 3];

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
numh = [5 10];
```

```
denh = [1 10];
```

```
[num,den] = feedback(numg, deng, numh, denh);
```

Kết quả:

num =

```
2 25 51 10
```

den =

```
11 57 78 40
```

6. Lệnh PARALLEL

a) Công dụng:

Nối song song các hệ thống.

b) Cú pháp:

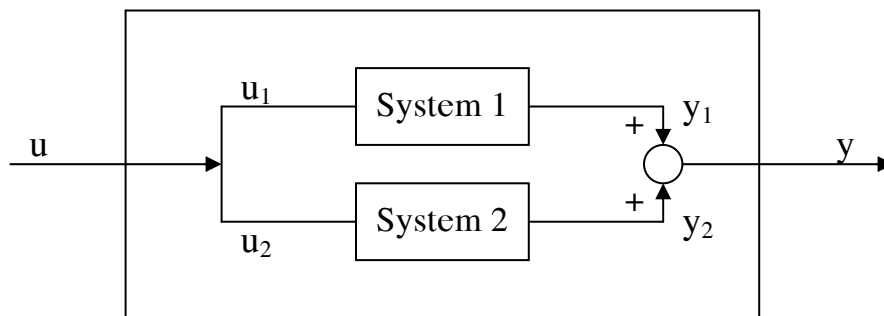
```
[a,b,c,d] = parallel(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2)
```

```
[a,b,c,d] = parallel(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2, in1, in2, out1, out2)
```

```
[num,den] = parallel(num1,den1, num2,den2)
```

c) Giải thích:

$[a,b,c,d] = \text{parallel}(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2)$ nối song song 2 hệ thống tạo thành hệ thống tổ hợp có ngõ ra là tổng các ngõ ra của 2 hệ thống $y = y_1 + y_2$ và các ngõ vào được nối lại với nhau.



Hệ thống song song

Cuối cùng, ta có hệ thống:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} u$$

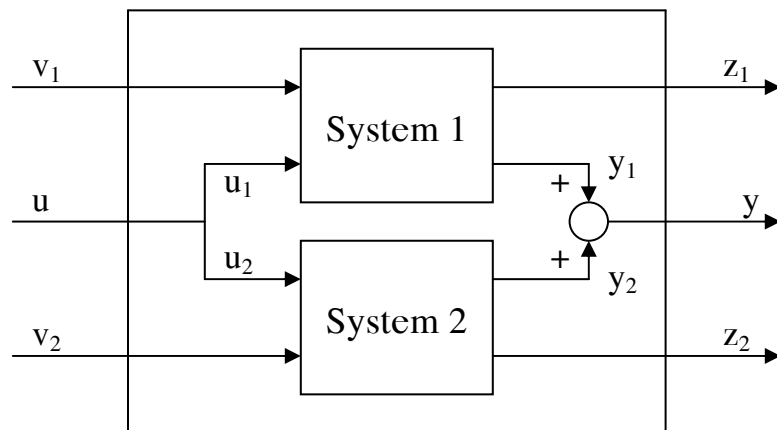
$$y = y_1 + y_2 = [C_1 + C_2] + [D_1 + D_2]u$$

[num,den] = parallel(num1,den1, num2,den2) tạo ra hàm truyền đa thức của hệ thống nối song song. num và den chứa các hệ số đa thức theo thứ tự giảm dần số mũ của s.

Kết quả ta có hàm truyền:

$$\frac{num(s)}{den(s)} = G_1(s) + G_2(s) = \frac{num_1(s)den_2(s) + num_2(s)den_1(s)}{den_1(s)den_2(s)}$$

[a,b,c,d] = parallel(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2, in1, in2, out1, out2) nối song song 2 hệ thống để tạo thành một hệ thống tổ hợp. Các ngõ vào của hệ thống 1 được nối với các ngõ vào của hệ thống 2 và các ngõ ra của hệ thống 1 và 2 được cộng lại với nhau cho ra ngõ ra chung của hệ thống.



Hệ thống song song

Vector in1 chứa chỉ số các hệ thống vào của hệ thống 1 và chỉ ra ngõ vào nào nối với ngõ vào tương ứng của hệ thống 2 được chỉ ra trong vector in2. Tương tự, vector out1 chứa chỉ số các ngõ ra của hệ thống 1 và chỉ ra ngõ ra nào là ngõ ra tổng của các ngõ ra tương ứng của hệ thống 2 được chỉ ra trong vector out2.

Các ngõ vào của hệ thống song song bao gồm các ngõ vào được nối và các ngõ vào không nối. Tương tự, ngõ ra của hệ thống song song gồm các ngõ ra đã nối và các ngõ ra chưa nối của cả hai hệ thống.

Parallel sử dụng cho cả hệ thống liên tục và hệ thống gián đoạn.

d) Ví dụ:

Nối 2 khâu có hàm truyền G(s) và H(s) thành hệ thống song song:

$$G(s) = \frac{3}{s + 4}$$

$$H(s) = \frac{2s + 4}{s^2 + 2s + 4}$$

numg = 3;

deng = [1 4];

numh = [2 4];

denh = [1 2 3];

[num,den] = parallel(numg, deng, numh, denh);

và ta được hệ thống song song có hàm truyền

$G'(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$ với các hệ số:

num = [0 5 18 25]

den = [1 6 11 12]

7. Lệnh SERIES

a) Công dụng:

Nối nối tiếp hai hệ thống không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

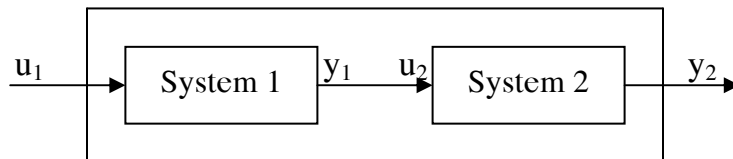
[a,b,c,d] = series(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2)

[a,b,c,d] = series(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2, outputs1, inputs2)

[num,den] = series(num1,den1, num2,den2)

c) Giải thích:

Lệnh [a,b,c,d] = series(a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2) nối các ngõ ra của hệ thống 1 với các ngõ vào của hệ thống 2, $u_2 = y_1$.



Hệ thống nối tiếp

Để được hệ thống:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ B_2 C_1 & A_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 D_1 \end{bmatrix} u_1$$

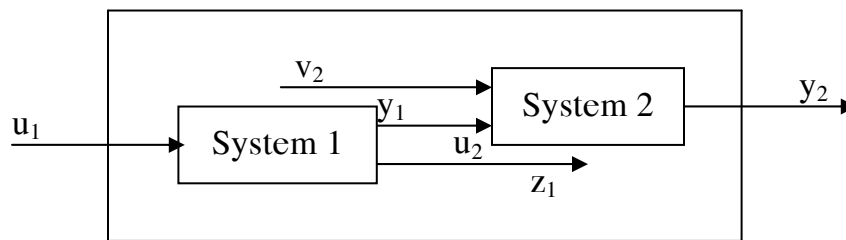
Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$y_2 = [D_2 C_1 \quad C_2] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [D_2 D_1] u_1$$

[num,den] = series(num1,den1, num2,den2) tạo ra hàm truyền đa thức của hệ thống nối tiếp. num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s. Hệ thống nối tiếp có hàm truyền như sau:

$$\frac{num(s)}{den(s)} = G_1(s)G_2(s) = \frac{num_1(s)num_2(s)}{den_1(s)den_2(s)}$$

[a,b,c,d] = series (a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2, outputs1, inputs2) nối nối tiếp 2 hệ thống 1 và 2 tạo thành hệ thống tổ hợp. Các ngõ ra được chỉ rõ của hệ thống 1 được nối nối tiếp với các ngõ vào được chỉ rõ của hệ thống 2:



Hệ thống nối tiếp

Vector output1 chứa các chỉ số ngõ ra của hệ thống 1 và chỉ ra ngõ ra nào của hệ thống 1 nối với các ngõ vào của hệ thống 2 được chỉ ra bởi vector inputs2.

Lệnh này có thể sử dụng cho hệ thống liên tục và hệ thống gián đoạn.

d) Ví dụ 1:

Kết nối 2 khâu có hàm truyền $G(s)$ và $H(s)$

$$G(s) = \frac{3}{s+4}, \quad H(s) = \frac{2s+4}{s^2+2s+3}$$

để tạo thành hệ thống nối tiếp. Ta thực hiện như sau:

num1 = 3;

den1 = [1 4];

num2 = [2 4];

den2 = [1 2 3];

[num,den] = series(num1,den1, num2,den2)

ta được kết quả:

num = [0 0 6 12]

den = [1 6 11 12]

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Xét hệ thống không gian trạng thái (a1, b1, c1, d1) với 5 ngõ vào và 4 ngõ ra và một hệ thống khác (a2, b2, c2, d2) với 2 ngõ vào và 3 ngõ ra. Nối nối tiếp 2 hệ thống bằng cách nối các ngõ ra 2 và 4 của hệ thống 1 với các ngõ vào 1 và 2 của hệ thống 2:

```
outputs1 = [2 4];
```

```
inputs2 = [1 2];
```

```
[a,b,c,d] = series (a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2,...., outputs2, inputs1)
```

Ví dụ 2: Trích từ **Ví dụ 3.14** sách ... tác giả Nguyễn Văn Giáp

```
% KẾT NOI 2 HAM TRUYEN NOI TIEP
```

```
num1=[1 4];
```

```
den1=[1 4];
```

```
num2=[2 4];
```

```
den2=[2 4];
```

```
[num,den]=series(num1,den1,num2,den2)
```

Kết quả:

num =

2 12 16

den =

2 12 16

8. Lệnh SSDELETE

a) Công dụng:

Xóa các ngõ vào, ngõ ra, và các trạng thái của hệ thống không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

```
[ar,br,cr,dr] = ssdelete(a,b,c,d,inputs,outputs)
```

```
[ar,br,cr,dr] = ssdelete(a,b,c,d,inputs,outputs,state)
```

c) Giải thích:

Cho hệ thống không gian trạng thái:

$$\dot{x} = Ax + \begin{bmatrix} B_1 & B_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} x_1 + \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

[ar,br,cr,dr] = ssdelete(a,b,c,d,inputs,outputs) xóa các ngõ vào và ngõ ra được chỉ định từ hệ thống không gian trạng thái (a,b,d). Vector inputs chứa chỉ số các ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được xóa khỏi hệ thống không gian trạng thái. Tương tự, vector outputs chứa chỉ số các ngõ ra và chỉ ra ngõ ra nào được xóa khỏi hệ thống không gian trạng thái.

Cho hệ thống

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

[ar,br,cr,dr] = ssdelete(a,b,c,d,inputs,outputs,state) xóa các ngõ vào, ngõ ra, trạng thái ra khỏi hệ thống không gian trạng thái.

ssdelete sử dụng được cho hệ thống liên tục và gián đoạn.

d) Ví dụ:

Xóa ngõ vào 1, ngõ ra 2 và 3 ra khỏi hệ thống không gian trạng thái (a,b,c,d) với 2 ngõ vào và 3 ngõ ra và 3 trạng thái.

inputs = [1];

outputs = [2 3];

[ar,br,cr,dr] = ssdelete(a,b,c,d,inputs,outputs);

Cho hệ thống không gian trạng thái với 5 trạng thái, 2 ngõ vào và 3 ngõ ra hệ thống có bậc được giảm bằng cách xóa trạng thái 2 và 4 không đáp ứng tới các loại với giá trị riêng nhỏ.

[ar,br,cr,dr] = ssdelete(a,b,c,d,[],[]).(2,4)

9. Lệnh SSSELECT

a) Công dụng:

Chọn hệ phụ (hệ con) từ hệ không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

[ae,be,ce,de] = ssselect(a,b,c,d,inputs,outputs)

[ae,be,ce,de] = ssselect(a,b,c,d,inputs,outputs,states)

c) Giải thích:

Cho hệ không gian trạng thái:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$\dot{x} = Ax + [B_1 \quad B_2] \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

[ae,be,ce,de] = sselect(a,b,c,d,inputs,outputs) tạo ra hệ thống phụ với các ngõ vào và ngõ ra được chỉ định trong 2 vector inputs và outputs.

[ae,be,ce,de] = sselect(a,b,c,d,inputs,outputs,states) tạo ra hệ thống phụ với ngõ vào, ngõ ra và trạng thái được chỉ định trong các vector inputs, outputs, states.

sselect được sử dụng cho cả hệ liên tục và gián đoạn.

d) Ví dụ:

Xét hệ không gian trạng thái (a,b,c,d) có 5 ngõ ra và 4 ngõ vào. Để chọn hệ thống phụ có ngõ vào 1, 2 và ngõ ra 2,3,4 ta thực hiện các lệnh:

```
inputs = [1 2];
```

```
outputs = [2 3 4];
```

```
[ae,be,ce,de] = sselect(a,b,c,d,inputs,outputs)
```

10. Lệnh ESTIM, DESTIM

a) Công dụng:

Hình thành khâu quan sát.

b) Cú pháp:

```
[ae,be,ce,de] = estim(a,b,c,d,L)
```

```
[ae,be,ce,de] = estim(a,b,c,d,L,sensors,known)
```

```
[ae,be,ce,de] = destim(a,b,c,d,L)
```

```
[ae,be,ce,de] = destim(a,b,c,d,L,sensors,known)
```

c) Giải thích:

estim và destim tạo ra khâu quan sát Kalman cố định từ một hệ không gian trạng thái và ma trận độ lợi khâu quan sát L.

[ae,be,ce,de] = estim(a,b,c,d,L) tạo ra khâu quan sát trạng thái dựa trên hệ thống liên tục:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

bằng cách xem tất cả các ngõ ra của khâu là các ngõ ra cảm biến. Khâu quan sát đạt được là:

$$\hat{x} = [A - LC]\hat{x} + Ly$$

$$\begin{bmatrix} \hat{y} \\ \hat{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ I \end{bmatrix} \hat{x}$$

[ae,be,ce,de] = estim(a,b,c,d,L,sensors,known) tạo ra khâu quan sát trạng thái liên tục dùng các ngõ cảm biến được chỉ định trong vector sensors và các ngõ vào biết trước được chỉ định trong vector known. Các ngõ vào này bao hàm cả các ngõ vào khâu quan sát. Các ngõ vào biết trước là các ngõ vào của khâu không được dùng để thiết kế khâu quan sát như các ngõ vào điều khiển hay các lệnh bên ngoài.

[ae,be,ce,de] = destim(a,b,c,d,L) tạo ra khâu quan sát trạng thái của hệ gián đoạn:

$$x[n + 1] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

bằng cách xem tất cả các ngõ ra là ngõ cảm biến. Ta có khâu quan sát của hệ thống là:

$$\bar{x}[n + 1] = [A - ALC]\bar{x}[n] + Aly[n]$$

$$\begin{bmatrix} \hat{y}[n] \\ \hat{x}[n] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C - CLC \\ I - LC \end{bmatrix} \bar{x}[n] + \begin{bmatrix} CL \\ L \end{bmatrix} y[n]$$

[ae,be,ce,de] = destim(a,b,c,d,L,sensors,known) tạo ra khâu quan sát trạng thái gián đoạn sử dụng các ngõ vào cảm biến và ngõ vào biết trước được chỉ định trong vector sensors và known.

d) Ví dụ: (Trích từ trang 11-71 sách ‘Control System Toolbox’)

Xét hệ không gian trạng thái (a,b,c,d) có 7 ngõ ra và 4 ngõ vào. tạo khâu quan sát trạng thái khi ma trận độ lợi Kalman L được thiết kế sử dụng ngõ ra 4, 7 và 1 của khâu làm các cảm biến và ngõ vào 1, 4, 3 là các ngõ vào biết trước. Khâu quan sát trạng thái được tạo thành bằng cách sử dụng:

$$\text{sensors} = [4 \quad 7 \quad 1];$$

$$\text{known} = [1 \quad 4 \quad 3];$$

$$[\text{ae,be,ce,de}] = \text{estim}(\text{a,b,c,d,L,sensors,known})$$

11. Lệnh REG, DREG

a) Công dụng:

Tạo khâu điều khiển.

b) Cú pháp:

$$[\text{ac,bc,cc,dc}] = \text{reg}(\text{a,b,c,d,K,L})$$

$$[\text{ac,bc,cc,dc}] = \text{reg}(\text{a,b,c,d,K,L,sensors,known,controls})$$

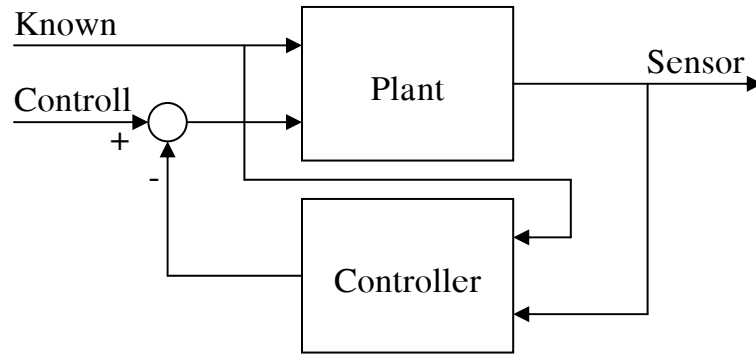
Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$[ac, bc, cc, dc] = dreg(a, b, c, d, K, L)$$

$$[ac, bc, cc, dc] = dreg(a, b, c, d, K, L, sensors, known, controls)$$

c) Giải thích:

reg và dreg tạo ra khâu điều khiển/ khâu quan sát từ một hệ không gian trạng thái, ma trận độ lợi hồi tiếp K và ma trận độ lợi khâu quan sát L.



Kết nối giữa khâu độ lợi và khâu điều khiển

$[ac, bc, cc, dc] = reg(a, b, c, d, K, L)$ tạo ra khâu điều khiển/ khâu quan sát cho hệ liên tục:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

bằng cách xem các ngõ vào của khâu là ngõ vào điều khiển và các ngõ ra là ngõ ra cảm biến. Kết quả ta có khâu điều khiển/ khâu quan sát:

$$\dot{\hat{x}} = [A - BK - LC + LDK] \hat{x} + Ly$$

$$\hat{u} = K \hat{x}$$

$[ac, bc, cc, dc] = reg(a, b, c, d, K, L, sensors, known, controls)$ tạo ra khâu điều khiển/ khâu quan sát sử dụng các cảm biến được chỉ định trong vector sensors, ngõ vào biết trước được chỉ định bởi vector known và ngõ vào điều khiển được chỉ định bởi vector controls.

$[ac, bc, cc, dc] = dreg(a, b, c, d, K, L)$ tạo ra khâu điều khiển/ khâu quan sát cho hệ gián đoạn.

$$x[n + 1] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

bằng cách xem tất cả các ngõ vào điều khiển và tất cả ngõ ra là ngõ ra cảm biến. Kết quả ta có khâu điều khiển/ khâu quan sát:

$$\bar{x}[n+1] = [A - ALC - (A - ALD)E(K - KLC)] \bar{x}[n] + [AL - (B - ALD)EKL] Y[n]$$

$$\hat{u}[n] = [K - KLC + KLDE(K - KLC)] \bar{x}[n] + [KL + KLDEKL] Y[n]$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

trong đó $E = (I - KLD)^{-1}$ với I là ma trận đơn vị.

`[ac,bc,cc,dc] = dreg(a,b,c,d,K,L,sensors,known,controls)` tạo ra khâu điều khiển/ khâu quan sát gián đoạn sử dụng các cảm biến, các ngõ vào biết trước và các ngõ vào điều khiển đã được chỉ định.

d) Ví dụ: (Trích từ trang 11-178 sách ‘**Control System Toolbox**’)

Xét hệ không gian trạng thái liên tục (a,b,c,d) có 7 ngõ ra và 4 ngõ vào. tạo khâu điều khiển/ khâu quan sát khi ma trận độ lợi hồi tiếp K và được thiết kế sử dụng ngõ vào 1, 2, 4 của khâu như ngõ vào điều khiển, ma trận độ lợi Kalman L được thiết kế sử dụng ngõ ra 4, 7, 1 như các cảm biến và ngõ vào 3 của khâu là ngõ vào biết trước.

`controls = [1, 2, 4];`

`sensors = [4, 7, 1];`

`known = [3];`

`[ac,bc,cc,dc] = reg(a,b,c,d,K,L,sensors,known,controls)`

12. Lệnh RMODEL, DRMODEL

a) Công dụng:

Tạo ra mô hình ổn định ngẫu nhiên bậc n .

b) Cú pháp:

`[a,b,c,d] = rmodel(n)`

`[a,b,c,d] = rmodel(n,p,m)`

`[num,den] = rmodel(n)`

`[num,den] = rmodel(n,p)`

`[a,b,c,d] = drmodel(n)`

`[a,b,c,d] = drmodel(n,p,m)`

`[num,den] = drmodel(n)`

`[num,den] = drmodel(n,p)`

c) Giải thích:

`[a,b,c,d] = rmodel(n)` tạo ra mô hình không gian trạng thái ổn định ngẫu nhiên bậc n (a,b,c,d) có 1 ngõ vào và 1 ngõ ra.

`[a,b,c,d] = rmodel(n,p,m)` tạo ra mô hình ổn định ngẫu nhiên bậc n có m ngõ vào và p ngõ ra.

`[num,den] = rmodel(n)` tạo ra hàm truyền của mô hình ổn định ngẫu nhiên bậc n . `num` và `den` chứa các hệ số của hàm truyền đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s .

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

`[num,den] = rmodel(n,p)` tạo ra mô hình SIMO (Singular Input Multi Outputs) ổn định ngẫu nhiên bậc n có 1 ngõ vào và m ngõ ra.

`drmodel` tạo ra các mô hình ổn định ngẫu nhiên gián đoạn.

d) Ví dụ: Trích từ trang 11-190 sách '**Control System Toolbox**'

Tạo mô hình ổn định ngẫu nhiên với 3 trạng thái(state), 2 inputs, 2 outputs:

```
sys=rss(3,2,2)
```

Kết quả:

a =

	x1	x2	x3
x1	-0.36837	0.20275	0.14925
x2	-0.23638	-0.64783	0.51501
x3	0.086654	-0.52916	-0.59924

b =

	u1	u2
x1	-0.1364	0
x2	0.11393	-0.095648
x3	0	-0.83235

c =

	x1	x2	x3
y1	0.29441	0	0
y2	0	1.6236	0.858

d =

	u1	u2
y1	1.254	-1.441

y2 0 0.57115

Continuous-time model.

13. Lệnh ORD2

a) Công dụng:

Tạo ra hệ bậc 2.

b) Cú pháp:

[a,b,c,d] = ord2(w,z)

[num,den] = ord2(wn,z)

c) Giải thích:

[a,b,c,d] = ord2(w,z) tạo ra sự mô tả không gian trạng thái (a,b,c,d) của hệ bậc 2.

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

được cho bởi tần số tự nhiên ω_n và tỷ lệ tắt dần.

[num,den] = ord2(wn,z) tạo ra hàm truyền đa thức của hệ bậc 2.

d) Ví dụ: (Trích từ trang 11-163 sách '**Control System Toolbox**')
Tìm hàm truyền của hệ bậc 2 có tỷ lệ tắt dần $\zeta = 0.4$ và tần số tự nhiên $\omega_n = 2.4$ rad/s.

[num,den] = ord2 (2.4, 0.4)

num = 1

den =

1.0000 1.9200 5.7600

Tức là ta có hàm truyền (transfer function):

$$1/(s^2+1,92s+5,76)$$

14. Lệnh PADE

a) Công dụng:

Tìm mô hình gần đúng của khâu trễ.

b) Cú pháp:

[a,b,c,d] = pade(T,n)

[num,den] = pade(T,n)

c) Giải thích:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

pade tạo ra mô hình LTI bậc n gần đúng. Mô hình gần đúng pade được sử dụng để mô phỏng ảnh hưởng của thời gian trễ như thời gian trễ tính toán trong phạm vi hệ liên tục. Phép biến đổi Laplace của thời gian trễ T giây là e^{-sT} có thể gần bằng hàm truyền với tử số và mẫu số bậc n.

$$e^{-sT} = 1 - sT + \frac{1}{2!} (sT)^2 - \frac{1}{3!} (sT)^3 + \dots \approx \frac{num(s)}{den(s)}$$

[a,b,c,d] = pade(T,n) tạo ra mô hình trạng thái SISO (Singular Input Singular Outputs) bậc n xấp xỉ thời gian trễ T giây.

[num,den] = pade(T,n) tạo ra hàm truyền đa thức gần thời gian trễ nhất. num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s.

d) Ví dụ 1:

Tìm hàm truyền và mô hình gần đúng khâu bậc 1 với thời gian trễ là 0.2 giây.

Ta thực hiện lệnh sau:

```
[num,den] = pade(0.2, 1)
```

ta được:

```
num =
```

```
    -0.0995    0.9950
```

```
den =
```

```
    0.0995    0.9950
```

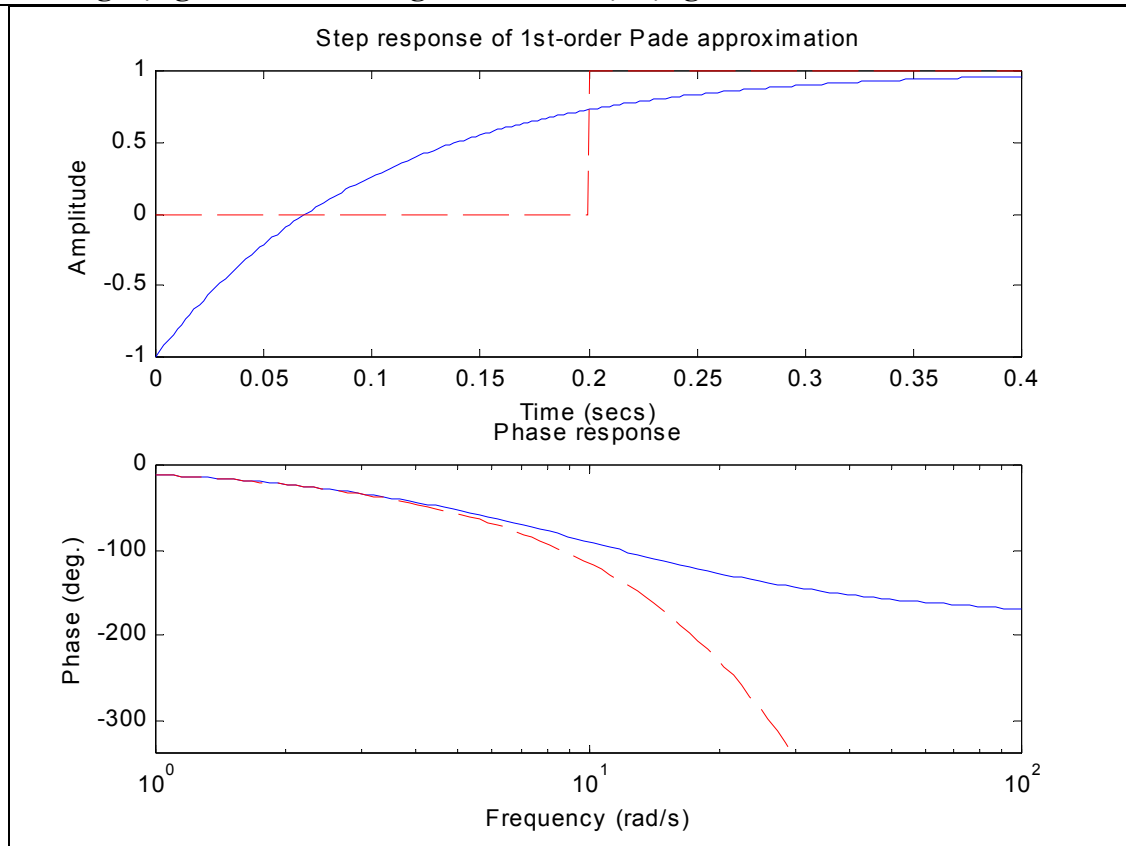
$$\text{tức là } H(s) = \frac{num(s)}{den(s)} = \frac{-0.0995s + 0.9950}{0.0995s + 0.9950}$$

Sau đó ta gõ tiếp ở ngoài dấu nhắc lệnh:

```
pade(0.2,1)
```

Ta có kết quả:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động



Ví dụ 2: Tìm hàm truyền mô hình gần đúng khâu bậc 3 với thời gian trễ là 0.1 giây. (Trích từ trang 11-166 sách ‘Control System Toolbox’)

```
[num,den] = pade(0.1, 3)
```

```
pade(0.1,3)
```

Ta có kết quả:

```
num =
```

```
1.0e+005 *
```

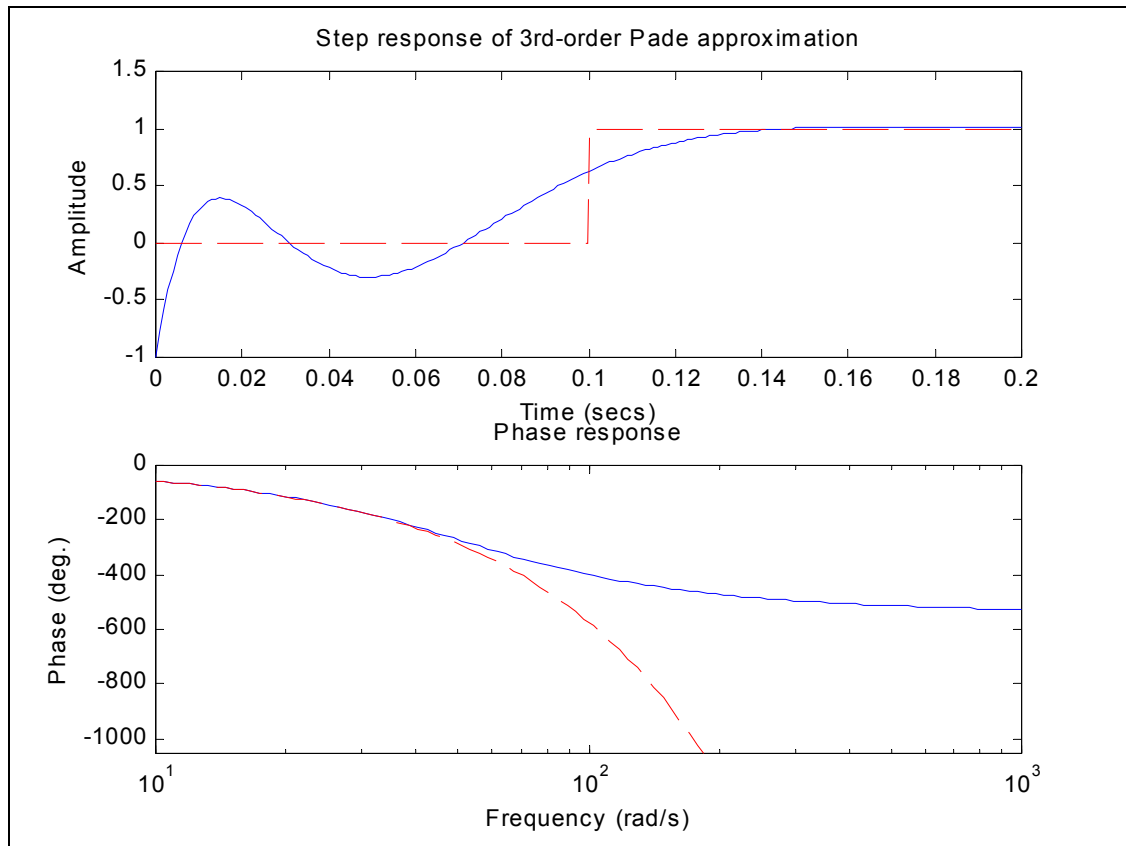
```
-0.0000  0.0012 -0.0600  1.2000
```

```
den =
```

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

1.0e+005 *

0.0000 0.0012 0.0600 1.2000



CÁC BÀI TẬP

Bài 1: Trích từ Ví dụ 3.13 sách ... tác giả Nguyễn Văn Giáp

```
%Ket NOI 2 HE thong SONG SONG  
a=[1 2 3;4 5 6;7 8 9];  
b=[3 4;4 5;7 9];  
c=[0 0 1];  
d=[0 0];  
e=[1 9 3;4 5 6;7 8 7];  
f=[2 4;4 6;7 9];  
g=[0 1 1];  
h=[0 0];  
[A,B,C,D]= parallel(a,b,c,d,e,f,g,h)
```

Kết quả:

A =

```
1 2 3 0 0 0  
4 5 6 0 0 0  
7 8 9 0 0 0  
0 0 0 1 9 3  
0 0 0 4 5 6  
0 0 0 7 8 7
```

B =

```
3 4 0 0  
4 5 0 0  
7 9 0 0  
0 0 2 4  
0 0 4 6  
0 0 7 9
```

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

C =

```
0 0 1 0 0 0
0 0 0 0 1 1
```

D =

```
0 0 0 0
0 0 0 0
```

A =

```
1 2 3 0 0 0
4 5 6 0 0 0
7 8 9 0 0 0
0 0 0 1 9 3
0 0 0 4 5 6
0 0 0 7 8 7
```

B =

```
3 4
4 5
7 9
2 4
4 6
7 9
```

C =

0 0 1 0 1 1

D =

0 0

Bài 2: Kết nối hai hàm truyền nối với số liệu nhập từ bàn phím (viết chương trình trong m_file)

```
%Bai tap tong quat ket noi 2 he thong noi tiep
%Cu phap SYS=series(SYS1,SYS2,OUTPUTS1,INPUTS2)
%Vi du ta se ket noi 2 ham truyen
num1=input('Nhap num1= ');
den1=input('Nhap den1= ');
num2=input('Nhap num2= ');
den2=input('Nhap den2= ');
[num,den]=series(num1,den1,num2,den2)
```

Bài 3: (Trích trang 11-14 sách **Control System Toolbox**)

sys1=tf(1,[1 0])

Transfer function:

1

-

s

sys2=ss(1,2,3,4)

a =

 x1
x1 1

b =

 u1
x1 2

c =

	x1
y1	3

d =

	u1
y1	4

Continuous-time model.

sys=append(sys1,10,sys2)

a =

	x1	x2
x1	0	0
x2	0	1

b =

	u1	u2	u3
x1	1	0	0
x2	0	0	2

c =

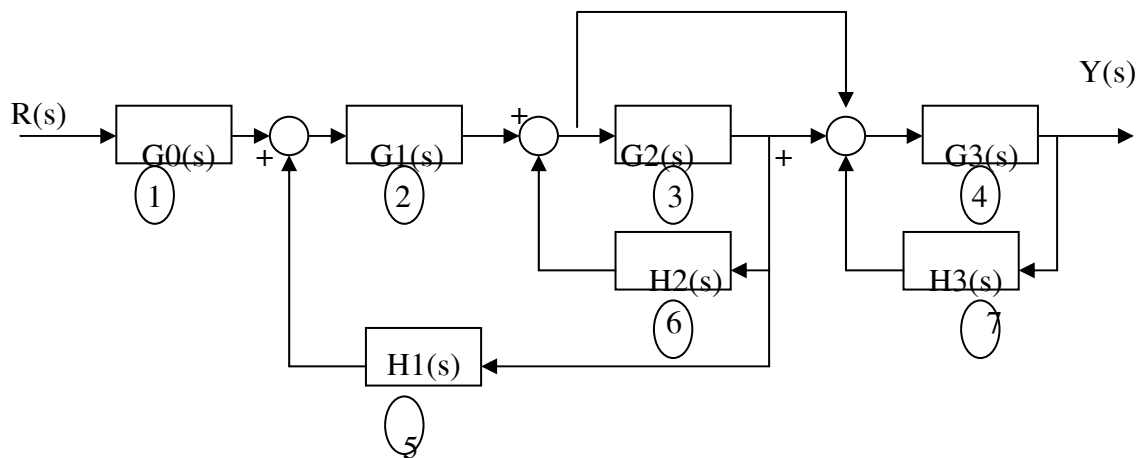
	x1	x2
y1	1	0
y2	0	0
y3	0	3

d =

	u1	u2	u3
y1	0	0	0
y2	0	10	0
y3	0	0	4

Continuous-time model.

Bài 4: một hệ thống biểu diễn như hình sau với
 $G_0(s)=1; G_1(s)=1/(s+1); G_2(s)=1/(s+2); G_3(s)=1/(s+3);$
 $H_1(s)=4; H_2(s)=8; H_3(s)=12.$



```

n1=1; d1=1;
n2=1; d2=[1 1];
n3=1; d3=[1 2];
n4=1; d4=[1 3];
n5=4; d5=1;
n6=8; d6=1;
n7=12; d7=1;
nblocks=7;
blkbuild
q=[1 0 0 0 0

```


Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
2 1 -5 0 0
3 2 -6 0 0
4 2 -6 3 -7
5 3 0 0 0
6 3 0 0 0
7 4 0 0 0];
input=1;
output=4;
[aa,bb,cc,dd]=connect(a,b,c,d,q,input,output);
[num,den]=ss2tf(aa,bb,cc,dd);
printsys(num,den,'s')
```

Giải thích:

Ta phải đánh số trong mỗi hệ thống phụ như hình trên. Bảy câu lệnh đầu tiên biểu diễn hàm truyền của bảy khối, qui định tên tương ứng với tử và mẫu là **n1,d1,n2,d2,...** trong trường hợp nếu cho dạng là kiểu biến trạng thái trong từng hệ thống phụ thì tên của chúng tương ứng là **a1,b1,c1,d1,a2,b2,c2,d2,...**

Đặt biến **nblock=7** (bằng với số của hệ thống phụ).

Sau đó là lệnh **blkbuild** dùng những biến của **nblock** để bắt đầu xây dựng hệ thống. Biến **blkbuild** chuyển đổi tất cả cách thức diễn tả hàm truyền của từng hệ thống phụ thành kiểu biến trạng thái như dùng lệnh **tf2ss** và đưa chúng vào một khối lớn của ma trận trạng thái gọi là **a, b, c, d**.

Tạo ra ma trận **q** để nhận biết mối liên hệ giữa các hệ thống phụ. (Mỗi hàng của ma trận **q** tương ứng với một hệ thống phụ khác nhau. Phần tử đầu tiên trong hàng là số hệ thống nguồn, số còn lại chỉ khối kết nối giữa ngõ ra và ngõ vào của hệ thống phụ.)

Hàng thứ hai của ma trận **q** có phần tử đầu tương ứng với hệ thống phụ 2 ($G_1(s)$). Bởi vì ngõ ra của hệ thống 1 và hệ thống 5 là ngõ vào của hệ thống 2, do đó hai phần tử kế tiếp trong hàng là 1 và -5, hai số 0 được thêm vào để cần thiết tạo ra để bảo đảm **q** là ma trận hình chữ nhật.

Sau khi tạo được ma trận **q** ta phải chỉ rõ khối ngõ vào (biểu diễn bởi biến **input**) và khối ngõ ra (biểu diễn bởi biến **output**).

Lệnh **connect** dùng để nối các kiểu biến trạng thái thu được từ việc thành lập ở trên. Sau đó ta chuyển qua dạng hàm truyền dùng lệnh **ss2tf** và in ra màn hình.

ta được kết quả như sau:

» Bài 4

State model [a,b,c,d] of the block diagram has 7 inputs and 7 outputs

num/den =

1 s + 3

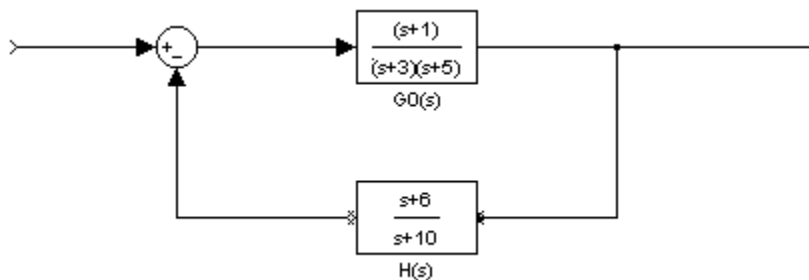
Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$s^3 + 26s^2 + 179s + 210$$

Nhận xét: Khi phần tử phản hồi không thuộc loại phản hồi đơn vị trong hệ thống vòng kín, thì ta sử dụng lệnh feedback.

Bài 5: Cho hệ thống diễn tả trong hình sau có hàm truyền:

$$G_{c2}(s) = \frac{G_0(s)}{(1 + G_0(s)H(s))}$$



Hình : Sơ đồ hệ thống phản hồi

Chương trình tạo ra hàm truyền trên:

```
% Bài 5.m
% tạo ra ham truyền
% voi he thong phan hoi khong phai la phan hoi don vi
tuG=[1 1]; % tạo ra vecto của tu ham G(s)
mauG=conv([1 3],[1 5]); % tạo ra vecto của mau ham G(s)
tuH=[1 6]; % tạo ra vecto của tu ham H(s)
mauH=[1 10]; % tạo ra vecto của mau ham H(s)
[tu,mau]=feedback(tuG,mauG,tuH,mauH);
printsys(tu,mau)
```

Kết quả:

» Bài5

num/den =

$$\frac{s^2 + 11s + 10}{s^3 + 19s^2 + 102s + 156}$$

NHÓM LỆNH VỀ RÚT GỌN MÔ HÌNH (Model Reduction)

1. Lệnh BALREAL, DBALREAL

a) Công dụng:

Thực hiện cân bằng hệ không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

$[ab,bb,cb]= \text{balreal}(a,b,c)$

$[ab,bb,cb,g,T]= \text{balreal}(a,b,c)$

$[ab,bb,cb]= \text{dbalreal}(a,b,c)$

$[ab,bb,cb,g,T]= \text{dbalreal}(a,b,c)$

c) Giải thích:

$[ab,bb,cb]= \text{balreal}(a,b,c)$ thực hiện hệ cân bằng không gian trạng thái (a,b,c) .

$[ab,bb,cb,g,T]= \text{balreal}(a,b,c)$ chuyển đổi tương đương giữa a,b và c,a . Vectơ g chứa các phần tử nằm trên đường chéo của ma trận đánh giá sự thực hiện cân bằng. Ma trận T dùng trong phép biến đổi để chuyển (a,b,c) thành (ab,bb,cb) . Ta phải nghịch đảo ma trận T nếu ta muốn sử dụng với lệnh `ss2ss`.

Nếu hệ thống được chuẩn hóa hoàn toàn thì vector g được dùng để giảm bậc của mô hình. Vì g phản ánh khả năng điều khiển và khả năng quan sát kết hợp của các trạng thái riêng biệt. Những trạng thái này có $g(I)$ nhỏ và có thể loại bỏ ra khỏi mô hình. Sự triệt tiêu các trạng thái này vẫn duy trì hầu hết các đặc tính vào ra quan trọng của hệ thống ban đầu.

`Dbalreal` được dùng cho các hệ thống gián đoạn.

d) Ví dụ:

Thực hiện hệ cân bằng bậc 4.

$[ab,bb,cb,g,T]= \text{balreal}(a,b,c)$

ta được:

$g =$
0.6342 0.4313 0.0812 0.0203

từ đó ta có thể loại bỏ 2 trạng thái thứ ba và thứ tư:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$[ar,br,cr]= \text{mored}(ab,bb,cb,[3 \ 4])$

2. Lệnh MODRED, DMODRED

a) Công dụng:

Giảm trạng thái của mô hình.

b) Cú pháp:

$[ar,br,cr,dr]= \text{modred}(a,b,c,d,\text{elim})$

$[ar,br,cr,dr]= \text{dmodred}(a,b,c,d,\text{elim})$

c) Giải thích:

Lệnh modred và dmodred dùng để giảm bậc của mô hình không gian trạng thái trong khi vẫn duy trì các mối quan hệ vào ra ở trạng thái xác lập. Do đó, modred và dmodred rất hữu ích khi loại bỏ các trạng thái tần số cao. Dùng lệnh ssdelete để loại bỏ các trạng thái tần số thấp, modred và dmodred thường dùng kết hợp với lệnh balreal và dbalreal.

$[ar,br,cr,dr]= \text{modred}(a,b,c,d,\text{elim})$ giảm bậc các mô hình bằng cách loại bỏ các trạng thái được chỉ định trong vector elim. Cuối cùng ta được mô hình có số trạng thái ít hơn.

$[ar,br,cr,dr]= \text{dmodred}(a,b,c,d,\text{elim})$ được sử dụng cho hệ gián đoạn.

3. Lệnh MINREAL

a) Công dụng:

Thực hiện cực tiểu hóa cực-zero.

b) Cú pháp:

$[am,bm,cm,dm]= \text{minrael}(a,b,c,d)$

$[am,bm,cm,dm]= \text{minreal}(a,b,c,d,\text{tol})$

$[zm,pm]= \text{minreal}(z,p)$

$[zm,pm]= \text{minreal}(z,p,\text{tol})$

$[numm,denm]= \text{minreal}(\text{num},\text{den})$

$[numm,denm]= \text{minreal}(\text{num},\text{den},\text{tol})$

c) Giải thích:

Thực hiện cực tiểu hóa là thực hiện loại bỏ các trạng thái dư thừa, không cần thiết. Đối với hàm truyền hay mô hình độ lợi cực-zero, điều này tương đương với việc bỏ các cặp cực-zero mà chúng khử lẫn nhau.

+ Đối với mô hình không gian trạng thái:

$[am,bm,cm,dm]= \text{minreal}(a,b,c,d)$ thực hiện cực tiểu hóa hệ không gian trạng thái và hiển thị số trạng thái được loại bỏ. Số trạng thái này có liên quan tới hệ thống. Nếu loại bỏ quá nhiều hoặc quá ít thì sai số sẽ thay đổi.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$[aam,bm,cm,dm]= \text{minreal}(a,b,c,d,tol)$ dùng sai số tol để chỉ định trạng thái nào bị loại bỏ. Nếu không dùng tham số tol thì giá trị mặc nhiên là:

$$tol= 10*\max(\text{size}(a))*\text{norm}(a,1)*\text{eps}$$

+ Đối với mô hình độ lợi cực-zero:

$[zm,pm]= \text{minreal}(z,p)$, trong đó z và p là các vector cột chứa các cực và zero, dùng để khử các nghiệm chung lẫn theo biểu thức:

$$tol= 10*\text{sprt}(\text{eps})*\text{abs}(z(I)).$$

$[zm,pm]= \text{minreal}(z,p,tol)$ dùng sai số tol .

Đối với mô hình hàm truyền:

$[numm,denm]= \text{minreal}(\text{num},\text{den})$, trong đó num và den là các vector hàng chứa các hệ số đa thức, dùng để khử các nghiệm chung của đa thức lẫn nhau theo biểu thức:

$$tol= 10*\text{sqrt}(\text{eps})*\text{abs}(z(I))$$

$[numm,denm]= \text{minreal}(\text{num},\text{den},tol)$ dùng sai số tol .

NHÓM LỆNH VỀ CHUYỂN ĐỔI MÔ HÌNH (Model Conversion)

1. Lệnh C2D, C2DT

a) Công dụng:

Chuyển đổi mô hình từ liên tục sang gián đoạn.

b) Cú pháp:

$$[ad, bd] = c2d(a, b, Ts)$$

c) Giải thích:

c2d và c2dt chuyển mô hình không gian trạng thái từ liên tục sang gián đoạn thừa nhận khâu giữ bậc 0 ở ngõ vào. c2dt cũng có khoảng thời gian trễ ở ngõ vào.

$[ad, bd] = c2d(a, b, Ts)$ chuyển hệ không gian trạng thái liên tục $x = Ax + Bu$ thành hệ gián đoạn: $x[n+1] = A_d x[n] + B_d u[n]$ thừa nhận ngõ vào điều khiển là bất biến từng đoạn bên ngoài thời gian lấy mẫu T_s .

$[ad, bd, cd, dd] = c2dt(a, b, c, Ts, lambda)$ chuyển hệ không gian trạng thái liên tục với thời gian trễ thuần túy λ ở ngõ vào:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t - \lambda)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

thành hệ gián đoạn:

$$x[n+1] = A_d x[n] + B_d u[n]$$

$$y[n] = C_d x[n] + D_d u[n]$$

T_s là thời gian lấy mẫu và λ là thời gian trễ ở ngõ vào. λ phải nằm trong khoảng $-T_s < \lambda < \infty$.

d) Ví dụ: (Trích từ trang 11-24 sách 'Control System Toolbox')

Cho hệ thống: $H(s) = (s - 1)/(s^2 + 4s + 5)$

Với $T_d=0,35$, thời gian lấy mẫu $T_s=0,1$

» num=[1 -1];

» den=[1 4 5];

» H=tf(num,den,'inputdelay',0.35)

Kết quả:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Transfer function:

$$\frac{s - 1}{\exp(-0.35*s) * \frac{s^2 + 4s + 5}{s^2 + 4s + 5}}$$

» Hd=c2d(H,0.1,'foh')

Transfer function:

$$\frac{0.0115 z^3 + 0.0456 z^2 - 0.0562 z - 0.009104}{z^{(-3)} * \frac{z^3 - 1.629 z^2 + 0.6703 z}{z^3 - 1.629 z^2 + 0.6703 z}}$$

Sampling time: 0.1

2. Lệnh C2DM

a) Công dụng:

Chuyển đổi hệ liên tục sang gián đoạn.

b) Cú pháp:

[ad,bd,cd,dd] = c2dm(a,b,c,d,Ts,'method')
[numd,dend] = c2dm(num,den,Ts,'method').

c) Giải thích:

[ad,bd,cd,dd] = c2dm(a,b,c,d,Ts,'method') chuyển đổi từ hệ không gian trạng thái liên tục (a,b,c,d) sang gián đoạn sử dụng phương pháp khai báo trong 'method'. 'method' có thể là:

+ 'zoh': chuyển sang hệ gián đoạn thừa nhận một khâu giữ bậc 0 ở ngõ vào, các ngõ vào điều khiển được xem như bất biến từng đoạn trong khoảng thời gian lấy mẫu Ts.

+ 'foh': chuyển sang hệ gián đoạn thừa nhận một khâu giữ bậc 1 ở ngõ vào.

+ 'tustin': chuyển sang hệ gián đoạn sử dụng pháp gần đúng song tuyến tính (Tustin) đối với đạo hàm.

+ 'prewarp': chuyển sang hệ gián đoạn sử dụng pháp gần đúng song tuyến tính (Tustin) với tần số lệch trước. Nếu thêm vào tham số Wc thì lệnh sẽ chỉ ra tần số tối hạn.

Ví dụ như c2dm(a,b,c,d,Ts,prewarp,Wc).

+ 'matched': chuyển hệ SISO sang gián đoạn sử dụng phương pháp cực zero hàm truyền phù hợp.

[numd, dend] = c2dm(num,den,Ts,'method') chuyển từ hàm truyền đa thức liên tục G(s) = num(s)/den(s) sang gián đoạn G(z) = num(z)/den(z) sử dụng phương pháp được khai báo trong 'method'.

Nếu bỏ qua các đối số bên trái thì:

c2dm(a,b,c,d,Ts,'method')
c2dm(num,den,Ts,'method')

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

sẽ vẽ ra 2 đồ thị của 2 đáp ứng với đường liền nét là đáp ứng liên tục còn đường đứt đoạn là đáp ứng gián đoạn.

d) Ví dụ:

Chuyển hệ không gian trạng thái liên tục:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$
$$y = [2 \quad 4] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [1]u$$

thành hệ gián đoạn dùng phương pháp 'Tustin', vẽ 2 đồ thị đáp ứng so sánh.

```
a = [1 1; 2 -1];
```

```
b = [1; 0];
```

```
c = [2 4];
```

```
d = 1;
```

```
Ts = 1;
```

```
[ad,bd,cd,dd] = c2dm(a,b,c,d,Ts,'tustin')
```

```
c2dm(a,b,c,d,Ts,'tustin') %vẽ đồ thị so sánh
```

```
title ('Đồ thị so sánh 2 đáp ứng liên tục và gián đoạn')
```

```
grid on
```

ta được đồ thị và các giá trị như sau:

```
ad =
```

```
11 4
```

```
8 3
```

```
bd =
```

```
6
```

```
4
```

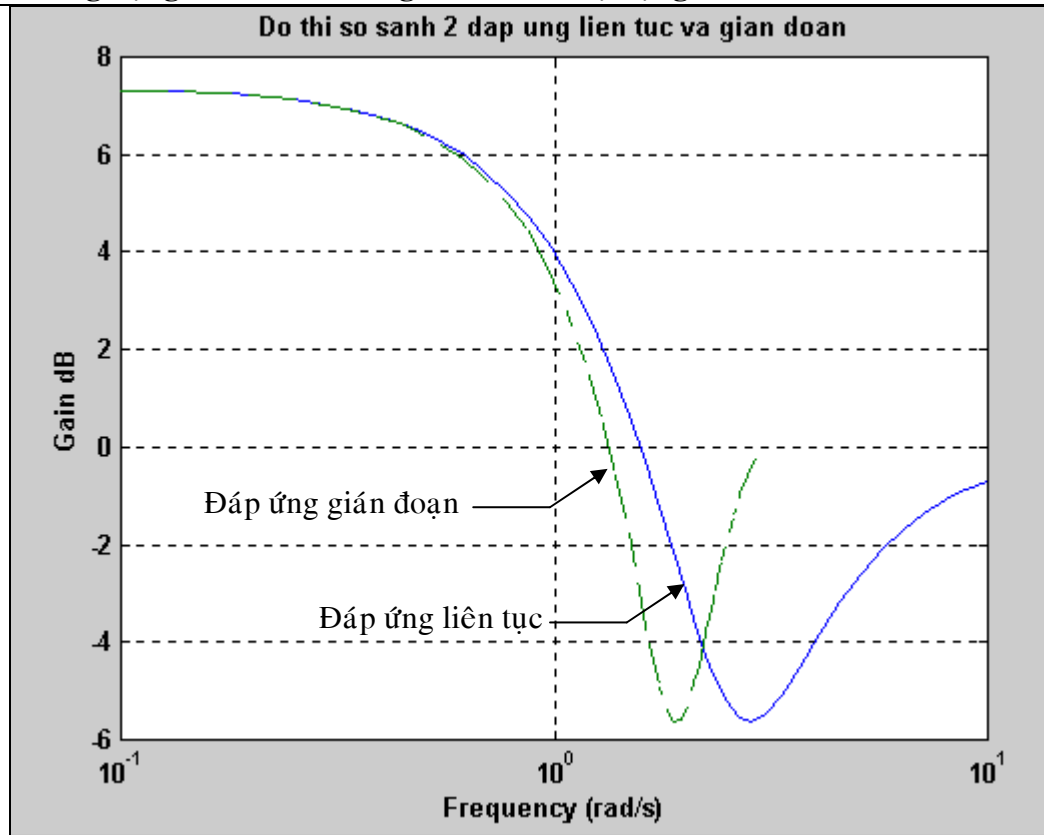
```
cd =
```

```
28 12
```

```
dd =
```

```
15
```


Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động



3. Lệnh D2C

a) Công dụng:

Chuyển đổi mô hình từ gián đoạn sang liên tục.

b) Cú pháp:

$[ad, bd] = c2d(a, b, Ts)$.

c) Giải thích:

d2c chuyển mô hình không gian trạng thái từ gián đoạn sang liên tục thừa nhận khâu giữ bậc 0 ở ngõ vào. C2DT cũng có một khoảng thời gian trễ ở ngõ vào.

$[ad, bd] = c2d(a, b, Ts)$ chuyển hệ không gian trạng thái gián đoạn:

$$x[n+1] = Ax[n] + Bu[n]$$

thành hệ liên tục

$$\dot{x} = A_c x + B_c u$$

xem các ngõ vào điều khiển là bất biến từng đoạn trong khoảng thời gian lấy mẫu T_s .

4. Lệnh D2CM

a) Công dụng:

Chuyển đổi mô hình không gian trạng thái từ gián đoạn sang liên tục.

b) Cú pháp:

$[ac, bc, cc, dc] = d2cm(a, b, c, d, Ts, 'method')$

$[numc, denc] = d2cm(num, den, Ts, 'method')$.

c) Giải thích:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

`[ac,bc,cc,dc] = d2cm(a,b,c,d,Ts,'method')` chuyển đổi hệ không gian trạng thái từ gián đoạn sang liên tục sử dụng phương pháp được khai báo trong 'method'. 'method' có thể là:

+ 'zoh': chuyển sang hệ liên tục thừa nhận một khâu giữ bậc 0 ở ngõ vào, các ngõ vào điều khiển được xem như bất biến từng đoạn trong khoảng thời gian lấy mẫu T_s .

+ 'tustin': chuyển sang hệ liên tục sử dụng phương pháp gần đúng song tuyến tính (Tustin) đối với đạo hàm.

+ 'prewarp': chuyển sang hệ liên tục sử dụng pháp gần đúng song tuyến tính (Tustin) với tần số lệch trước. Nếu thêm vào tham số W_c thì lệnh sẽ chỉ ra tần số tới hạn.

Ví dụ như `d2cm(a,b,c,d,Ts,prewarp,Wc)`.

+ 'matched': chuyển hệ SISO sang liên tục sử dụng phương pháp cực zero hàm truyền phù hợp.

`[numc,denc] = d2cm(num,den,Ts,'method')` chuyển từ hàm truyền đa thức gián đoạn $G(z) = \text{num}(z)/\text{den}(z)$ sang liên tục $G(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$ sử dụng phương pháp được khai báo trong 'method'.

Nếu bỏ qua các đối số bên trái thì:

`d2cm(a,b,c,d,Ts,'method')`

`d2cm(num,den,Ts,'method')`

sẽ vẽ ra 2 đồ thị của 2 đáp ứng với đường liền nét là đáp ứng gián đoạn còn đường đứt đoạn là đáp ứng liên tục.

d) Ví dụ:

Chuyển hệ không gian trạng thái gián đoạn:

$$x[n+1] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

với:

$$A = \begin{bmatrix} 11 & 4 \\ 8 & 3 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 6 \\ 4 \end{bmatrix}; \quad C = [28 \quad 12]; \quad D = 15;$$

$$A = [11 \ 4; 8 \ 3];$$

$$B = [6; 4];$$

$$C = [28 \ 12];$$

$$D = 15;$$

$$T_s = 1;$$

$$[ac,bc,cc,dc] = d2cm(a,b,c,d,Ts,'tustin')$$

`d2cm(a,b,c,d,Ts,'tustin')` % vẽ đồ thị so sánh

`title('Đồ thị so sánh 2 đáp ứng liên tục và gián đoạn')`

ta được đồ thị và các tham số như sau:

`ac =`

1 1

2 -1

`bc =`

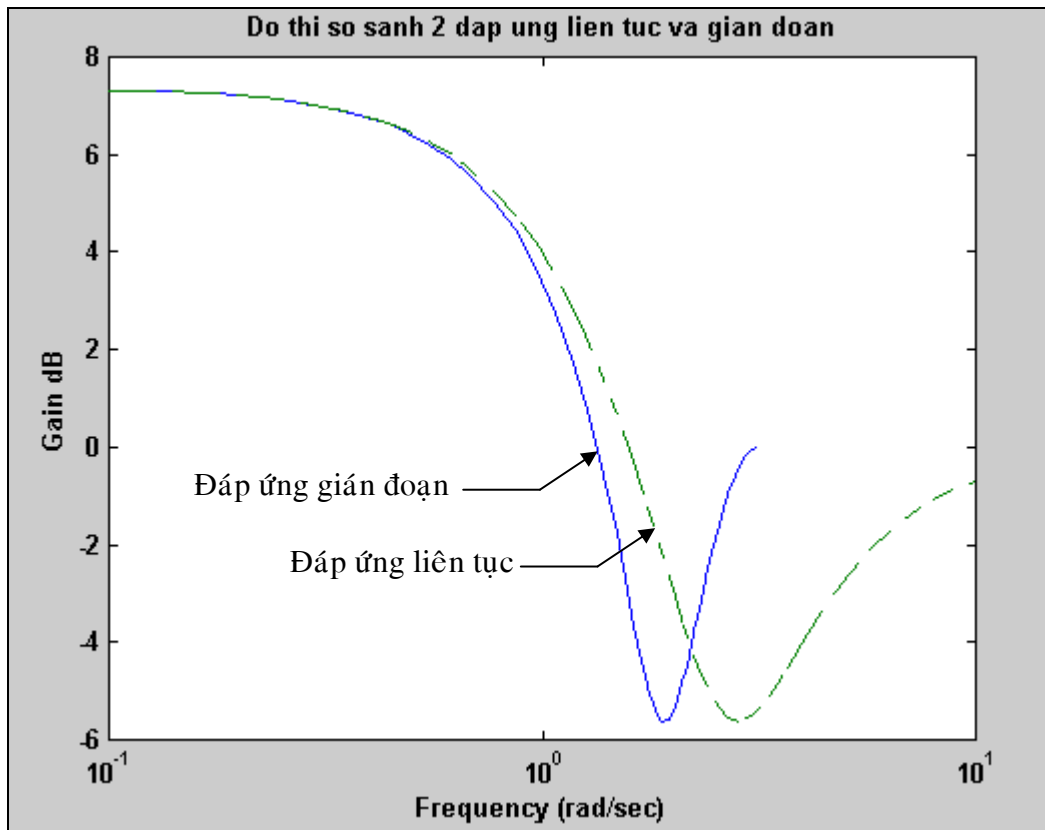
1

0

`cc =`

2 4

dc = 1



5. Lệnh SS2TF

a) Công dụng:

Chuyển hệ thống từ dạng không gian trạng thái thành dạng hàm truyền.

b) Cú pháp:

$$[\text{num}, \text{den}] = \text{ss2tf}(\text{a}, \text{b}, \text{c}, \text{d}, \text{i}, \text{u}).$$

c) Giải thích:

$[\text{num}, \text{den}] = \text{ss2tf}(\text{a}, \text{b}, \text{c}, \text{d}, \text{i}, \text{u})$ chuyển hệ thống không gian trạng thái:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases}$$

thành dạng hàm truyền:

$$H(s) = \frac{NUM(s)}{den(s)} = C(sI - A)^{-1} B + D$$

từ ngõ vào thứ i . Vector den chứa các hệ số của mẫu số theo chiều giảm dần số mũ của s . Ma trận NUM chứa các hệ số tử số với số hàng là số ngõ ra.

d) Ví dụ:

Hàm truyền của hệ thống được xác định bằng lệnh:

$$[\text{num}, \text{den}] = \text{ss2tf}(\text{a}, \text{b}, \text{c}, \text{d}, 1)$$

ta được:

num =

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
0 0 1.0000
den =
1.0000 0.4000 1.0000
```

6. Lệnh TF2SS

a) Công dụng:

Chuyển hệ thống từ dạng không gian hàm truyền thành dạng trạng thái.

b) Cú pháp:

```
[a,b,c,d] = tf2ss(num,den)
```

c) Giải thích:

[a,b,c,d] = tf2ss(num,den) tìm hệ phương trình trạng thái của hệ SISO:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx + Du\end{aligned}$$

được cho bởi hàm truyền:

$$H(s) = \frac{\text{NUM}(s)}{\text{den}(s)} = C(sI - A)^{-1}B + D$$

từ ngõ vào duy nhất. Vector den chứa các hệ số mẫu số hàm truyền theo chiều giảm dần số mũ của s. Ma trận NUM chứa các hệ số của tử số với số hàng là số ngõ ra y. Các ma trận a, b, c, d trở thành dạng chính tắc.

* Ví dụ 1:

Xét hệ thống có hàm truyền:

$$H(s) = \frac{2s + 3}{s^2 + 2s + 1}$$

Để chuyển hệ thống thành dạng không gian trạng thái ta thực hiện các lệnh:

```
Num = [0 2 3
1 2 3];
den = [1 0.4 1];
[a,b,c,d] = tf2ss(num,den);
```

ta được kết quả:

```
a =
-0.4000 -1.0000
1.0000 0
b =
1
0
c =
2.0000 3.0000
1.0000 2.0000
d =
0
1
```

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Ví dụ 2: Trích từ sách '**Ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động**' tác giả Nguyễn Văn Giáp.

Cho hàm truyền: $(s^2+7s+2)/(s^3+9s^2+26s+24)$

» num=[1 7 2];

» den=[1 9 26 24];

» [A,B,C,D]=tf2ss(num,den)

Kết quả:

A =

$$\begin{bmatrix} -9 & -26 & -24 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

B =

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

C =

$$[1 \quad 7 \quad 2]$$

D =

$$0$$

7. Lệnh SS2ZP

a) Công dụng:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Chuyển hệ thống không gian sang trạng thái độ lợi cực-zero (zero pole-gain)

b) Cú pháp:

$$[z,p,k] = \text{ss2zp}(a,b,c,d,iu)$$

c) Giải thích:

ss2zp tìm các zero, cực và độ lợi không gian trạng thái.

$[z,p,k] = \text{ss2zp}(a,b,c,d,iu)$ tìm hàm truyền dưới dạng thừa số.

$$H(s) = \frac{Z(s)}{p(s)} = k \frac{(s-Z(1))(s-Z(2))\dots(s-Z(m))}{(s-p(1))(s-p(2))\dots(s-p(n))}$$

của hệ thống:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

từ ngõ vào thứ iu. Vector cột p chứa các cực mẫu số hàm truyền. Các zero của tử số nằm trong các cột của ma trận z với số cột là số ngõ ra y. Độ lợi của tử số hàm truyền nằm trong các cột vector k.

d) Ví dụ:

Xét hệ thống có hàm truyền:

$$H(s) = \frac{2s + 3}{s^2 + 0.4s + 1}$$

$$\text{num} = [2 \quad 3];$$

$$\text{den} = [1 \quad 0.4 \quad 1];$$

Có 2 cách để tìm các zero, cực và độ lợi của hệ thống này:

+ Cách 1:

$$[z,p,k] = \text{tf2zp}(\text{num}, \text{den})$$

+ Cách 2:

$$[a,b,c,d] = \text{tf2ss}(\text{num}, \text{den});$$

$$[z,p,k] = \text{ss2zp}(a,b,c,d,1)$$

và ta được cùng một kết quả như sau:

$$z = -1.5000$$

$$p = -0.2000 + 0.9798i$$

$$-0.2000 - 0.9798i$$

$$k = 2.0000$$

8. Lệnh ZP2SS:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

a) Công dụng:

Chuyển từ độ cực lợi zero sang hệ không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

$$[a,b,c,d] = zp2ss(z,p,k)$$

c) Giải thích:

zp2ss hình thành mô hình không gian trạng thái từ các zero, cực và độ lợi của hệ thống dưới dạng hàm truyền.

$[a,b,c,d] = zp2ss(z,k,p)$ tìm hệ không gian trạng thái:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

của hệ SIMO được cho bởi hàm truyền:

$$H(s) = \frac{Z(s)}{p(s)} = k \frac{(s-Z(1))(s-Z(2))\dots(s-Z(m))}{(s-p(1))(s-p(2))\dots(s-p(n))}$$

Vector cột p chứa các cực và ma trận z chứa các zero với số cột là số ngõ ra. Vector k chứa các hệ số độ lợi. Các ma trận a,b,c,d trở về dạng chính tắc.

9. Lệnh TF2ZP

a) Công dụng:

Chuyển hệ thống từ dạng hàm truyền sang dạng độ lợi cực-zero.

b) Cú pháp:

$$[z,p,k] = tf2zp(NUM,den)$$

c) Giải thích:

tf2ss tìm các zero, cực và độ lợi của hệ thống được biểu diễn dưới dạng hàm truyền.

$[z,p,k] = tf2zp(NUM,den)$ tìm hàm truyền của hệ SIMO dạng:

$$H(s) = \frac{Z(s)}{p(s)} = k \frac{(s-Z(1))(s-Z(2))\dots(s-Z(m))}{(s-p(1))(s-p(2))\dots(s-p(n))}$$

được cho bởi hàm truyền:

$$\frac{NUM(s)}{den(s)} = \frac{NUM(1)s^{mn-1} + \dots + NUM(nn-1)s + NUM(nn)}{den(1)s^{nd-1} + \dots + den(nd-1)s + den(nd)}$$

Vector den chứa các hệ số của mẫu số theo chiều giảm dần số mũ của s. Ma trận NUM chứa các hệ số tử số với số hàng là số ngõ ra. Ma trận z chứa các zero, vector cột p chứa các cực và vector k chứa các hệ số độ lợi của hàm truyền.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

b) Ví dụ:

Tìm các zero và cực của hệ thống có hàm truyền:

$$H(s) = \frac{2s + 3}{s^2 + 0.4s + 1}$$

```
num = [2 3];
```

```
den = [1 0.4 1];
```

```
[z,p,k] = tf2zp (num,den)
```

ta được:

```
z = -1.5000
```

```
p = -0.2000 + 0.9798i
```

```
-0.2000 - 0.9798i
```

```
k = 2
```

10. Lệnh ZP2TF

a) Công dụng:

Chuyển đổi hệ thống từ dạng độ lợi cực zero sang dạng hàm truyền

b) Cú pháp:

```
[num,den] = zp2tf (z,p,k)
```

c) Giải thích:

zp2tf tạo ra hàm truyền đa thức từ các zero, cực và độ lợi của hệ thống.

[num,den] = zp2tf (z,p,k) tìm hàm truyền hữu tỉ:

$$\frac{NUM(s)}{den(s)} = \frac{NUM(1)s^{m-1} + \dots + NUM(mn-1)s + NUM(nn)}{den(1)s^{nd-1} + \dots + den(nd-1)s + den(nd)}$$

được cho bởi hàm truyền dạng:

$$H(s) = \frac{Z(s)}{p(s)} = k \frac{(s-Z(1))(s-Z(2))\dots(s-Z(m))}{(s-p(1))(s-p(2))\dots(s-p(n))}$$

Vector cột p chứa các cực, ma trận z chứa các zero với số cột là số ngõ ra, độ lợi của tử số hàm truyền nằm trong vector k. Các hệ mẫu số đa thức nằm trong vector hàng den, các hệ số tử số nằm trong ma trận num số hàng bằng với số cột của z.

11. Lệnh POLY

a) Công dụng:

Tạo ra đa thức từ các nghiệm được chỉ định.

b) Cú pháp:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$p = \text{poly}(A)$

$p = \text{poly}(r)$

c) Giải thích:

$p = \text{poly}(A)$, trong đó A là ma trận $n \times n$ với các phần tử là các hệ số của đa thức đặc trưng $\det(sI - A)$, tạo ra vector hàng có $n+1$ phần tử xếp theo thứ tự giảm dần số mũ của s .

$p = \text{poly}(r)$, tạo ra vector hàng với các phần tử là các hệ số của đa thức có nghiệm là các phần tử của vector ngõ ra.

d) Ví dụ 1:

Cho ma trận

$A =$

1 2 3

4 5 6

7 8 0

$p = \text{poly}(A)$

$p =$

1 -6 -72 -27

Ví dụ 2: Trích từ **Ví dụ 2.5** sách của tác giả Nguyễn Văn Giáp

```
%Ví dụ 2.m
```

```
%tìm nghiệm của đa thức:
```

```
% s^6+9s^5+31.25s^4+61.25s^3+67.75s^2+14.75s+15
```

```
P=[1 9 31.25 61.25 67.75 14.75 15]
```

```
R=roots(P)
```

Kết quả:

»

$P =$

1.0000 9.0000 31.2500 61.2500 67.7500 14.7500 15.0000

$R =$

-4.0000

-3.0000

-1.0000 + 2.0000i

-1.0000 - 2.0000i

0.0000 + 0.5000i

0.0000 - 0.5000i

12. Lệnh RESIDUE

a) Công dụng:

Chuyển đổi giữa dạng khai triển phân số từng phần và dạng đa thức.

b) Cú pháp:

[r,p,k]= residue(b,a)

[b,a]= residue(r,p,k)

c) Giải thích:

[r,p,k]= residue(b,a) tìm giá trị thặng dư, các cực, và các số hạng khai triển phân số từng phần của 2 đa thức b(s) và a(s) dạng:

$$\frac{b(s)}{a(s)} = \frac{b_1 + b_2 s^{-1} + b_3 s^{-2} + \dots + b_{m+1} s^{-m}}{a_1 + a_2 s^{-1} + a_3 s^{-2} + \dots + a_{n+1} s^{-n}}$$

[b,a]= residue(r,p,k) chuyển dạng khai triển phân số từng phần:

$$\frac{b(s)}{a(s)} = \frac{r_1}{s - p_1} + \frac{r_2}{s - p_1} + \dots + \frac{r_n}{s - p_n} + k(s)$$

về dạng đa thức với các hệ số trong vector a và b.

d) Ví dụ: Trích từ **Ví dụ 2.9** sách của tác giả Nguyễn Văn Giáp

Xác định thành phần tối giản của hàm truyền: $F(s) = (2s^3 + 9s + 1) / (s^3 + s^2 + 4s + 4)$

```
%vidu.m
%xac dinh cac thanh phan toi gian cua ham truyen:
%      (2s^3+9s+1)
% H(s)=-----
%      (s^3+s^2+4s+4)
b=[2 0 9 1]
a=[1 1 4 4]
[r,p,k]=residue(b,a)
```

Kết quả:

»

b =

2 0 9 1

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

a =

1 1 4 4

r =

0.0000 - 0.2500i

0.0000 + 0.2500i

-2.0000

p =

-0.0000 + 2.0000i

-0.0000 - 2.0000i

-1.0000

k =

2

Từ đó hàm truyền tối giản là:

$$2 + (-2/(s+1)) + (0,25i/(s -j2)) + (-0,25i/(s -j2)) = 2 + (-2/(s+1)) + 1/(s^2+4)$$

13. Lệnh SS2SS

a) Công dụng:

Biến đổi tương đương hệ không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

[at,bt,ct,dt]= ss2ss (a,b,c,d,T)

c) Giải thích:

[at,bt,ct,dt]= ss2ss (a,b,c,d,T) thực hiện biến đổi tương đương: z= Tx

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Cuối cùng ta được hệ không gian trạng thái như sau

$$\dot{z} = TAT^{-1}z + TBu$$

$$y = CT^{-1}z + Du$$

d) Ví dụ:

Cho hệ không gian trạng thái:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [2 \quad 4] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [1]u$$

Thực hiện biến đổi tương đương để cải tiến điều kiện của ma trận A.

$$a = [1 \quad 1; 2 \quad -1];$$

$$b = [1; 0];$$

$$c = [2 \quad 4];$$

$$d = [1];$$

$$T = \text{balance}(a);$$

$$[at, bt, ct, dt] = \text{ss2ss}(a, b, c, d, \text{inv}(T))$$

14. Lệnh CANON

a) Công dụng:

Chuyển hệ không gian trạng thái về dạng chính tắc.

b) Cú pháp:

$$[ab, bb, cb, db] = \text{canon}(a, b, c, d, \text{'type'})$$

c) Giải thích:

Lệnh canon chuyển hệ không gian trạng thái liên tục:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

Thành dạng chính tắc.

+ 'type' là 'modal': chuyển thành dạng chính tắc 'hình thái' (modal).

+ 'type' là 'companion': chuyển thành dạng chính tắc 'kèm theo' (companion)

Nếu 'type' không được chỉ định thì giá trị mặc nhiên là 'modal'.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Hệ thống đã chuyển đổi có cùng quan hệ vào ra (cùng hàm truyền) nhưng các trạng thái thì khác nhau.

`[ab,bb,cb,db]= canon (a,b,c,d,'type')` chuyển hệ không gian trạng thái thành dạng 'hình thái' trong đó có giá trị riêng thực nằm trên đường chéo của ma trận A và các giá trị riêng phức nằm ở khối 2x2 trên đường chéo của ma trận A. Giả sử hệ thống có các giá trị riêng (), ma trận A sẽ là:

$$A = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma & \omega & 0 \\ 0 & -\omega & \sigma & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_2 \end{bmatrix}$$

`[ab,bb,cb,db]= canon (a,b,c,d,'companion')` chuyển hệ không gian trạng thái thành dạng chính tắc 'kèm theo' trong đó đa thức đặc trưng của hệ thống nằm ở cột bên phải ma trận A. Nếu một hệ thống có đa thức đặc trưng:

$$s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n$$

thì ma trận A tương ứng là:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & -a_n \\ 1 & 0 & 0 & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -a_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & -a_2 \\ 0 & \dots & \dots & 1 & -a_1 \end{bmatrix}$$

Nếu thêm vào một đối số ở ngõ ra thì:

`[ab,bb,cb,db,T]= canon(a,b,c,d,'type')` tạo ra vector chuyển đổi T với $z = Tx$

CÁC BÀI TẬP

Bài 1: Được viết dưới dạng m_file

```
%Bai tap tinh toan tong quat cua ham truyen
tu1=input('nhap (vi du: tu1=[3]), tu1= ');
mau1=input('nhap (vi du mau1=[1 4]), mau1= ');
tu2=input('nhap (tu2=[2 4]), tu2= ');
mau2=input('nhap (mau2=[1 2 3]), mau2= ');
%ket qua tu3=[0 0 2 12]; mau2=[1 6 11 12]
disp('Ket noi 2 he thong noi tiep la:');
[tu3,mau3]=series(tu1,mau1,tu2,mau2)
pause

chon=input('Ban muon khao sat ham nao 1,2,3: ');
if (chon==1)
    num=tu1;
    den=mau1;
end
if (chon==2)
    num=tu2;
    den=mau2;
end
if (chon==3)
    num=tu3;
    den=mau3;
end
if (chon~=1) & (chon~=2) & (chon~=3)
    break
end
num
den
pause

disp('Nghiem va zero cua ham truyen la:');
[z,p,k] = tf2zp(num,den)
pause
disp('Thanh phan toi gian cua ham truyen la:');
[r,p,k] = residue(num,den)
pause
disp('In ra ham truyen o dang ty so cua hai da thuc:');
printsys(num,den,'s')
pause
disp('Tinh va hien thi tan so tu nhien va he so suy giam cua HT lien tuc
la:');
damp(den)
pause
disp('He so khuyech dai cua he thong:');
k=dcgain(num,den)
pause
disp('He so khuyech dai cua he thong kin voi he so suy giam:');
k=rlocfind(num,den)
pause
disp('Bien doi HAM TRUYEN thanh MO HINH BIEN TRANG THAI');
[A,B,C,D]=tf2ss(num,den)
A
B
C
B
disp('Bien doi ham truyen lien tuc sang roi rac la:');
```

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
Ts=input('nhap thoi gian lay mau(vi du: Ts=0.1), Ts= ');
[numd,dend]=c2dm(num,den,Ts,'zoh')
pause
disp('Gia tri rieng,bien do,tan so');
disp('va he so suy giam tuong duong cua ham truyen cua he thong roi rac');
disp('thoi gian lay mau Ts la:');
ddamp(den,Ts)
```

Sau khi chạy chương trình:

» Bài1.m

nhap (vi du: tu1=[3]), tu1= 3

nhap (vi du mau1=[1 4]), mau1= [1 4]

nhap (tu2=[2 4]), tu2= [2 4]

nhap (mau2=[1 2 3]), mau2= [1 2 3]

Ket noi 2 he thong noi tiep la:

tu3 =

0 0 6 12

mau3 =

1 6 11 12

Ban muon khao sat ham nao 1,2,3: 3

num =

0 0 6 12

den =

1 6 11 12

Nghiem va zero cua ham truyen la:

z =

-2

p =

-4.0000

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$-1.0000 + 1.4142i$$

$$-1.0000 - 1.4142i$$

k =

6

Thành phần tối giản của hàm truyền là:

r =

$$-1.0909$$

$$0.5455 - 0.9642i$$

$$0.5455 + 0.9642i$$

p =

$$-4.0000$$

$$-1.0000 + 1.4142i$$

$$-1.0000 - 1.4142i$$

k =

[]

In ra hàm truyền ở dạng tỷ số của hai đa thức:

num/den =

$$6s + 12$$

$$s^3 + 6s^2 + 11s + 12$$

Tính và hiển thị tần số tự nhiên và hệ số suy giảm của HT liên tục là:

Eigenvalue	Damping	Freq. (rad/s)
------------	---------	---------------

$-1.00e+000 + 1.41e+000i$	$5.77e-001$	$1.73e+000$
---------------------------	-------------	-------------

$-1.00e+000 - 1.41e+000i$	$5.77e-001$	$1.73e+000$
---------------------------	-------------	-------------

$-4.00e+000$	$1.00e+000$	$4.00e+000$
--------------	-------------	-------------

Hệ số khuếch đại của hệ thống:

k =

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

1

He so khuếch đại của hệ thống kín với hệ số suy giảm: Select a point in the graphics window

selected_point =

0.1267 + 0.1842i

k =

1.0521

Biến đổi HÀM TRUYỀN thành MÔ HÌNH BIẾN TRẠNG THÁI

A =

$$\begin{bmatrix} -6 & -11 & -12 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

B =

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

C =

$$\begin{bmatrix} 0 & 6 & 12 \end{bmatrix}$$

D =

$$0$$

A =

$$\begin{bmatrix} -6 & -11 & -12 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

B =

1
0
0

C =

0 6 12

B =

1
0
0

Biến đổi hàm truyền liên tục sang rời rạc là;
nhập thời gian lấy mẫu (ví dụ: $T_s=0.1$), $T_s= 0.1$

numd =

0 0.0263 0.0015 -0.0189

dend =

1.0000 -2.4619 2.0197 -0.5488

Giá trị riêng, biên độ, tần số
và hệ số suy giảm tương đương của hàm truyền của hệ thống rời rạc
thời gian lấy mẫu T_s là:

Eigenvalue	Magnitude	Equiv. Damping	Equiv. Freq. (rad/s)
-4.00e+000	4.00e+000	-4.04e-001	3.43e+001
-1.00e+000 + 1.41e+000i	1.73e+000	-2.44e-001	2.25e+001
-1.00e+000 - 1.41e+000i	1.73e+000	-2.44e-001	2.25e+001

NHÓM LỆNH VỀ ĐÁP ỨNG TẦN SỐ (Frequency Response)

1. Lệnh BODE

a) Công dụng:

Tìm và vẽ đáp ứng tần số giản đồ Bode.

b) Cú pháp:

[mag,phase,w] = bode(a,b,c,d)

[mag,phase,w] = bode(a,b,c,d,iu)

[mag,phase,w] = bode(a,b,c,d,iu,w)

[mag,phase,w] = bode(num,den)

[mag,phase,w] = bode(num,den,w)

c) Giải thích:

Lệnh bode tìm đáp ứng tần số biên độ và pha của hệ liên tục LTI. Giản đồ Bode dùng để phân tích đặc điểm của hệ thống bao gồm: biên dự trữ, pha dự trữ, độ lợi DC, băng thông, khả năng miễn nhiễu và tính ổn định.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì lệnh bode sẽ vẽ ra giản đồ Bode trên màn hình.

bode(a,b,c,d) vẽ ra chuỗi giản đồ Bode, mỗi giản đồ tương ứng với một ngõ vào của hệ không gian trạng thái liên tục:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

với trục tần số được xác định tự động. Nếu đáp ứng thay đổi nhanh thì cần phải xác định nhiều điểm hơn.

bode(a,b,c,d,iu) vẽ ra giản đồ Bode từ ngõ vào duy nhất iu tới tất cả các ngõ ra của hệ thống với trục tần số được xác định tự động. Đại lượng vô hướng iu là chỉ số ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được sử dụng cho đáp ứng giản đồ Bode.

bode(num,den) vẽ ra giản đồ Bode của hàm truyền đa thức hệ liên tục

$$G(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s.

bode(a,b,c,d,iu,w) hay bode(num,den,w) vẽ ra giản đồ Bode với vector tần số w do người sử dụng xác định. Vector w chỉ ra các điểm tần số (tính bằng rad/s) mà tại đó đáp ứng tần số giản đồ Bode được tính.

Nếu vẫn giữ lại các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

[mag,phase,w] = bode(a,b,c,d)

[mag,phase,w] = bode(a,b,c,d,iu)

[mag,phase,w] = bode(a,b,c,d,iu,w)

[mag,phase,w] = bode(num,den)

[mag,phase,w] = bode(num,den,w)

Sẽ không vẽ ra giản đồ Bode mà tạo ra các ma trận đáp ứng tần số mag, phase và w của hệ thống. Ma trận mag và phase có số cột bằng số ngõ ra và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector w.

$$G(s) = C(sI - A)^{-1}B + D$$

$$\text{mag}(\omega) = |G(j\omega)|$$

$$\text{phase}(\omega) = \angle G(j\omega)$$

Góc pha được tính bằng độ. Giá trị biên độ có thể chuyển thành decibel theo biểu thức:

$$\text{magdB} = 20 * \log_{10}(\text{mag})$$

Chúng ta có thể dùng lệnh fbode thay cho lệnh bode đối với các hệ thống có thể chéo nhau. Nó sử dụng các thuật giải nhanh hơn dựa trên sự chéo hóa của ma trận hệ thống A.

d) Ví dụ:

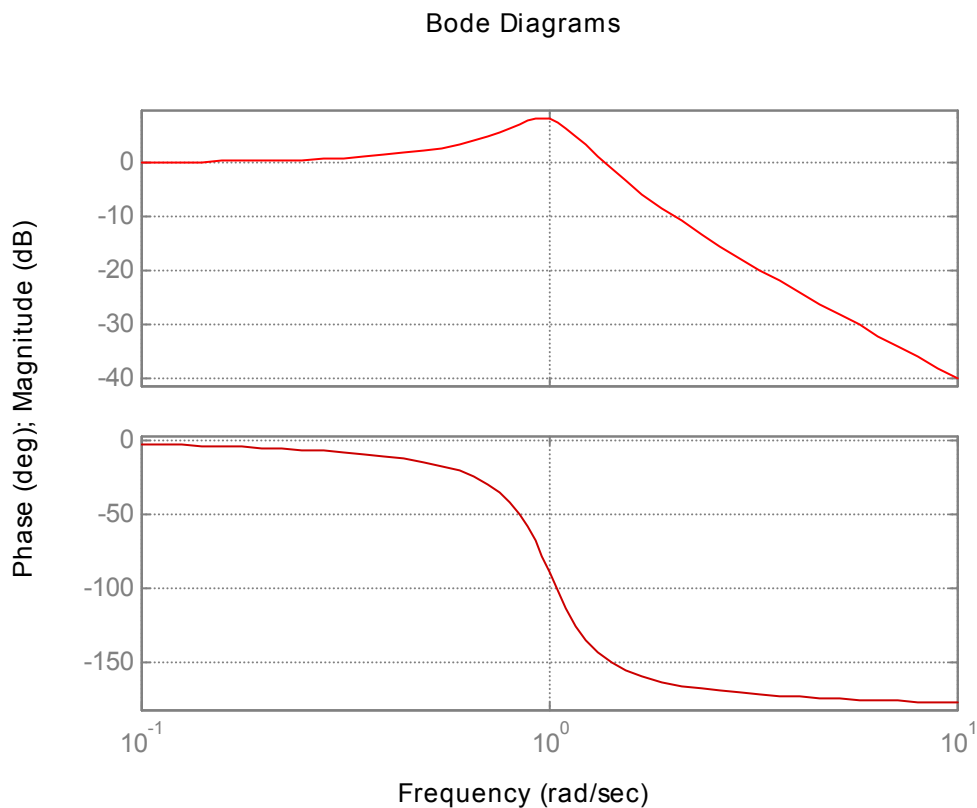
Vẽ đáp ứng biên độ và pha của hệ bậc 2 với tần số tự nhiên $\omega_n = 1$ và hệ số tắt dần $\zeta = 0.2$

```
[a,b,c,d] = ord2(1,0.2);
```

```
bode(a,b,c,d)
```

```
grid on
```

và ta được giản đồ Bode đáp ứng tần số của hệ thống như sau:



2. Lệnh FBODE

a) Công dụng:

Vẽ đáp ứng tần số giản đồ Bode cho hệ tuyến tính liên tục.

b) Cú pháp:

[mag,phase,w] = fbode(a,b,c,d)

[mag,phase,w] = fbode(a,b,c,d,iu)

[mag,phase,w] = fbode(a,b,c,d,iu,w)

[mag,phase,w] = fbode(num,den)

[mag,phase,w] = fbode(num,den,w)

c) Giải thích:

Lệnh fbode tìm nhanh đáp ứng tần số biên độ và pha của hệ liên tục LTI.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì lệnh fbode sẽ vẽ ra giản đồ Bode trên màn hình.

fbode(a,b,c,d) vẽ ra chuỗi giản đồ Bode, mỗi giản đồ tương ứng với một ngõ vào của hệ không gian trạng thái liên tục:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

với trục tần số được xác định tự động. Nếu đáp ứng thay đổi nhanh thì cần phải xác định nhiều điểm hơn.

fbode(a,b,c,d,iu) vẽ ra giản đồ Bode từ ngõ vào duy nhất iu tới tất cả các ngõ ra của hệ thống với trục tần số được xác định tự động. iu là chỉ số ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được sử dụng cho đáp ứng giản đồ Bode. fbode nhanh hơn nhưng kém chính xác hơn bode.

fbode(num,den) vẽ ra giản đồ Bode của hàm truyền đa thức hệ liên tục

$$G(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s.

fbode(a,b,c,d,iu,w) hay fbode(num,den,w) vẽ ra giản đồ Bode với vector tần số w do người sử dụng xác định. Vector w chỉ ra các điểm tần số (tính bằng rad/s) mà tại đó đáp ứng tần số giản đồ Bode được tính.

Nếu vẫn giữ lại các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

[mag,phase,w] = fbode(a,b,c,d)

[mag,phase,w] = fbode(a,b,c,d,iu)

[mag,phase,w] = fbode(a,b,c,d,iu,w)

[mag,phase,w] = fbode(num,den)

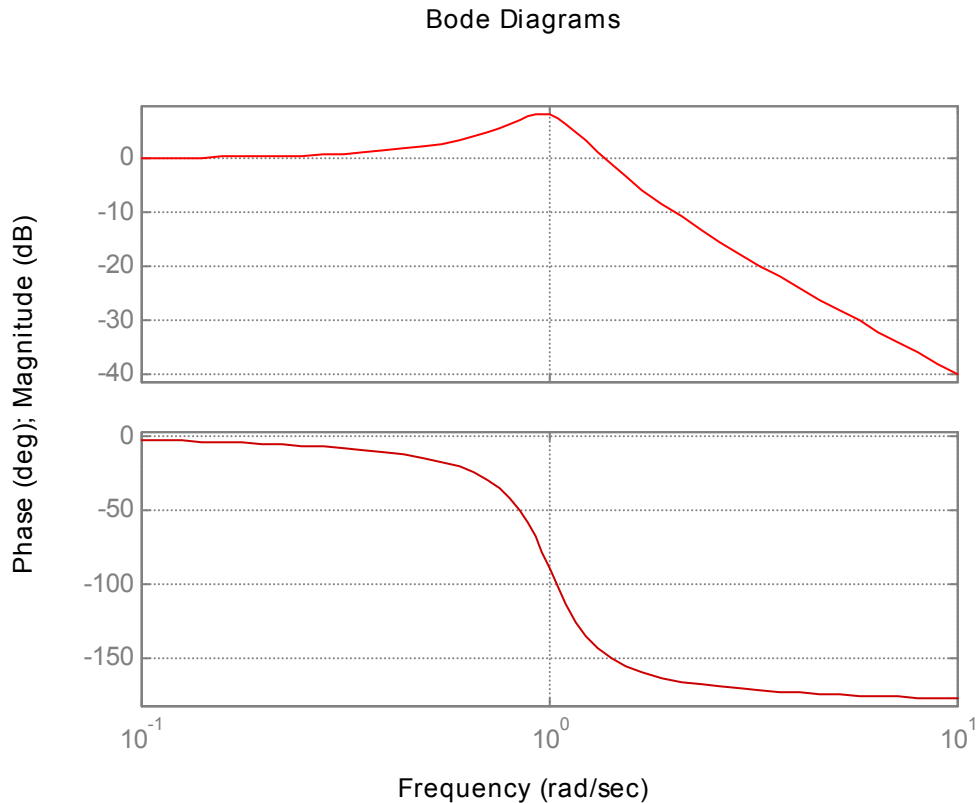
[mag,phase,w] = fbode(num,den,w)

sẽ không vẽ ra giản đồ Bode mà tạo ra các ma trận đáp ứng tần số mag, phase và w của hệ thống. Ma trận mag và phase có số cột bằng số ngõ ra và có số hàng là length(w).

d) Ví dụ:

Vẽ đáp ứng biên độ và pha của hệ bậc 2 với tần số tự nhiên $\omega_n = 1$ và hệ số tắt dần $\zeta = 0.2$

```
[a,b,c,d] = ord2(1,0.2);  
fbode(a,b,c,d); grid on  
và ta được đáp ứng như sau:
```



3. Lệnh DBODE

a) Công dụng:

Tìm và vẽ đáp ứng tần số giản đồ Bode của hệ gián đoạn.

b) Cú pháp:

```
[mag,phase,w] = dbode(a,b,c,d,Ts)  
[mag,phase,w] = bode(a,b,c,d,Ts,iu)  
[mag,phase,w] = bode(a,b,c,d,Ts,iu,w)  
[mag,phase,w] = bode(num,den,Ts)  
[mag,phase,w] = bode(num,den,Ts,w)
```

c) Giải thích:

Lệnh dbode tìm đáp ứng tần số biên độ và pha của hệ liên tục LTI. Lệnh dbode khác với lệnh freqz mà trong đó đáp ứng tần số đạt được với tần số chưa chuẩn hóa. Đáp ứng có được từ dbode có thể được so sánh trực tiếp với đáp ứng lệnh bode của hệ thống liên tục tương ứng. Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì lệnh dbode sẽ vẽ ra giản đồ Bode trên màn hình.

dbode(a,b,c,d,Ts) vẽ ra chuỗi giản đồ Bode, mỗi giản đồ tương ứng với một ngõ vào của hệ không gian trạng thái liên tục:

$$x[n+1] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

với trục tần số được xác định tự động. Các điểm tần số được chọn trong khoảng từ π/T_s (rad/sec), trong đó π/T_s (rad/sec) tương ứng với nửa tần số lấy mẫu (tần số Nyquist). Nếu đáp ứng thay đổi nhanh thì cần phải xác định nhiều điểm hơn. T_s là thời gian lấy mẫu.

`dbode(a,b,c,d,Ts,iu)` vẽ ra giản đồ Bode từ ngõ vào duy nhất `iu` tới tất cả các ngõ ra của hệ thống với trục tần số được xác định tự động. Đại lượng vô hướng `iu` là chỉ số ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được sử dụng cho đáp ứng giản đồ Bode.

`dbode(num,den,Ts)` vẽ ra giản đồ Bode của hàm truyền đa thức hệ liên tục gián đoạn.

$$G(z) = \text{num}(z)/\text{den}(z)$$

trong đó `num` và `den` chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của `s`.

`dbode(a,b,c,d,Ts,iu,w)` hay `dbode(num,den,Ts,w)` vẽ ra giản đồ Bode với vector tần số `w` do người sử dụng xác định. Vector `w` chỉ ra các điểm tần số (tính bằng rad/s) mà tại đó đáp ứng tần số giản đồ Bode được tính. Hiện tượng trùng phổ xảy ra tại tần số lớn hơn tần số Nyquist.

Nếu vẫn giữ lại các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

$$[\text{mag},\text{phase},\text{w}] = \text{dbode}(a,b,c,d,Ts)$$

$$[\text{mag},\text{phase},\text{w}] = \text{dbode}(a,b,c,d,Ts,iu)$$

$$[\text{mag},\text{phase},\text{w}] = \text{bode}(a,b,c,d,Ts,iu,w)$$

$$[\text{mag},\text{phase},\text{w}] = \text{bode}(\text{num},\text{den},Ts)$$

$$[\text{mag},\text{phase},\text{w}] = \text{bode}(\text{num},\text{den},Ts,w)$$

sẽ không vẽ ra giản đồ Bode mà tạo ra các ma trận đáp ứng tần số `mag`, `phase` và `w` của hệ thống được tính tại các giá trị tần số `w`. Ma trận `mag` và `phase` có số cột bằng số ngõ ra và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector `w`.

$$G(z) = C(zI - A)^{-1}B + D$$

$$\text{mag}(\omega) = |G(e^{j\omega T})|$$

$$\text{phase}(\omega) = \angle G(e^{j\omega T})$$

trong đó T là thời gian lấy mẫu. Góc pha được tính bằng độ. Giá trị biên độ có thể chuyển thành decibel theo biểu thức:

$$\text{magdB} = 20 * \log_{10}(\text{mag})$$

d) Ví dụ:

Vẽ đáp ứng giản đồ Bode của hệ thống có hàm truyền như sau:

$$H(z) = \frac{2z^2 - 3.4z + 1.5}{z^2 - 1.6s + 0.8}$$

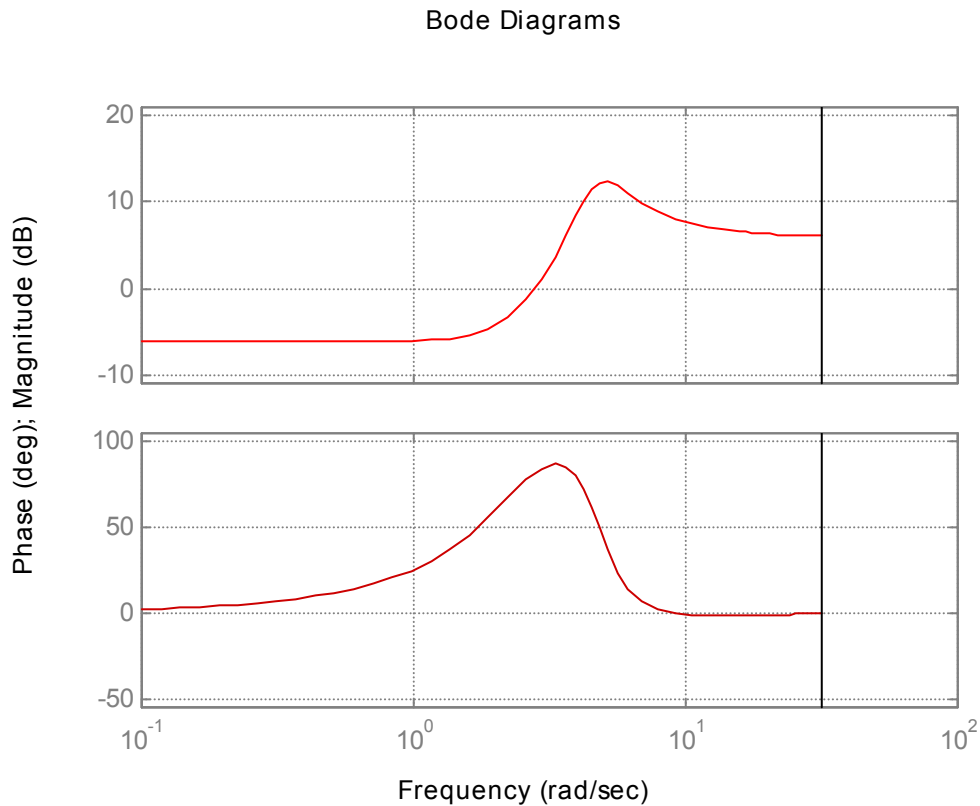
với thời gian lấy mẫu $T_s = 0.1$

$$\text{num} = [2 \quad -3.4 \quad 1.5];$$

$$\text{den} = [1 \quad -1.6 \quad 0.8];$$

`dbode(num,den,0.1); grid on`

và ta được đáp ứng tần số giản đồ Bode của hệ gián đoạn như sau:



4. Lệnh FREQS

a) Công dụng:

Tìm đáp ứng tần số của phép biến đổi Laplace.

b) Cú pháp:

`h = freqs(b,a,w)`

`[h,w] = freqs(b,a)`

`[h,w] = freqs(b,a,n)`

`freqs(b,a)`

c) Giải thích:

Lệnh `freqs` trở thành đáp ứng tần số $H(j\omega)$ của bộ lọc analog.

$$H(s) = \frac{B(s)}{A(s)} = \frac{b(1)s^{nb} + b(2)s^{nb-1} + \dots + b(nb+1)}{a(1)s^{na} + a(2)s^{na-1} + \dots + a(na+1)}$$

trong đó vector `b` và `a` chứa các hệ số của tử số và mẫu số.

`h = freqs(b,a,w)` tạo ra vector đáp ứng tần số phức của bộ lọc analog được chỉ định bởi các hệ số trong vector `b` và `a`. Lệnh `freqs` tìm đáp ứng tần số trong mặt phẳng phức tại các thời điểm tần số được chỉ định trong vector `w`.

`[h,w] = freqs(b,a)` tự động chọn 200 điểm tần số trong vector `w` để tính vector đáp ứng tần số `h`.

$[h,w] = \text{freqs}(b,a,n)$ chọn ra n điểm tần số để tìm vector đáp ứng tần số h .
Nếu bỏ qua các đối số ngõ ra ở vế trái thì lệnh freqs sẽ vẽ ra đáp ứng biên độ và pha trên màn hình.

freqs chỉ dùng cho các hệ thống có ngõ vào thực và tần số dương.

d) Ví dụ:

Tìm và vẽ đáp ứng tần số của hệ thống có hàm truyền:

$$H(s) = \frac{0.2s^2 + 0.3s + 1}{s^2 + 0.4s + 1}$$

% Khai báo hàm truyền:

```
a = [1 0.4 1];
```

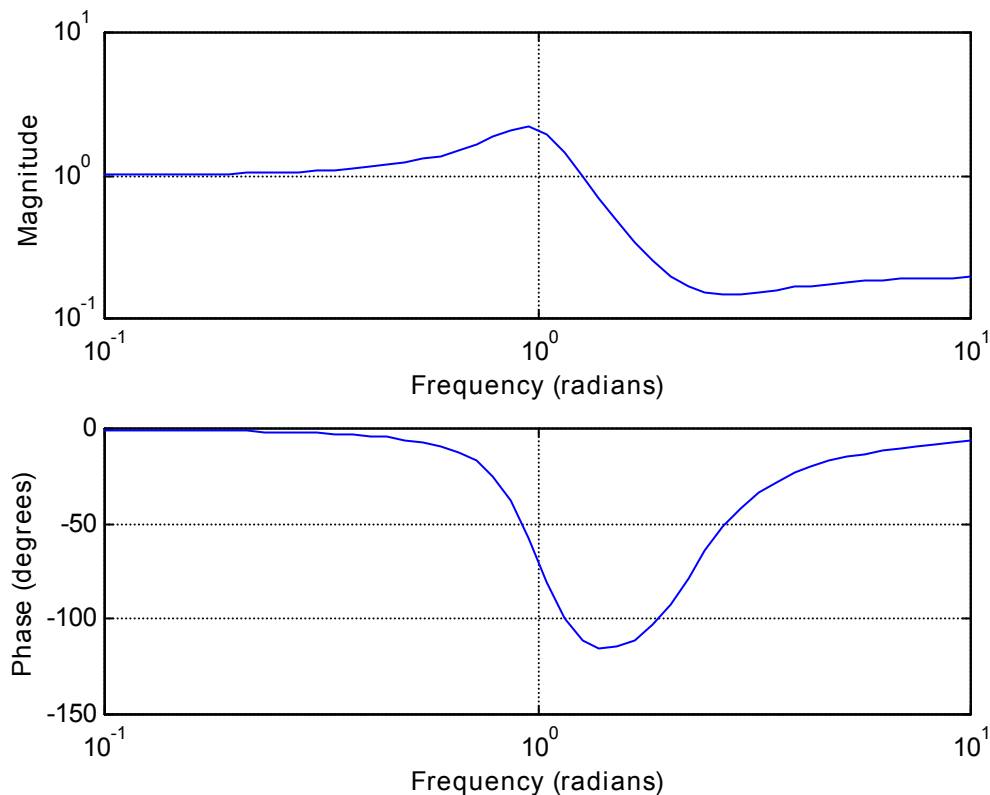
```
b = [0.2 0.3 1];
```

% Xác định trục tần số:

```
w = logspace(-1,1);
```

% Thực hiện vẽ đồ thị:

```
freqs(b,a,w)
```



5. Lệnh **FREQZ**

a) Công dụng:

Tìm đáp ứng tần số của bộ lọc số.

b) Cú pháp:

```
[h,w] = freqz(b,a,n)
```

```
[h,f] = freqz(b,a,n,Fs)
[h,w] = freqz(b,a,n,'whole')
[h,f] = freqz(b,a,n,'whole',Fs)
h = freqz(b,a,w)
h = freqz(b,a,f,Fs)
freqz(b,a)
```

c) Giải thích:

Lệnh freqz tìm đáp ứng tần số $H(e^{j\omega T})$ của bộ lọc số từ các hệ số tử số và mẫu số trong vector b và a.

[h,w] = freqz(b,a,n) tìm đáp ứng tần số của bộ lọc số với n điểm

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b(1) + b(2)z^{-1} + \dots + b(nb+1)z^{-nb}}{a(1) + a(2)z^{-1} + \dots + a(na+1)z^{-na}}$$

từ các hệ số trong vector b và a. freqz tạo ra vector đáp ứng tần số hồi tiếp và vector w chứa n điểm tần số. freqz xác định đáp ứng tần số tại n điểm nằm đều nhau quanh nửa vòng tròn đơn vị, vì vậy w chứa n điểm giữa 0 và π .

[h,f] = freqz(b,a,n,Fs) chỉ ra tần số lấy mẫu dương Fs (tính bằng Hz). Nó tạo ra vector f chứa các điểm tần số thực giữa 0 và Fs/2 mà tại đó lệnh sẽ tính đáp ứng tần số.

[h,w] = freqz(b,a,n,'whole') và [h,f] = freqz(b,a,n,'whole',Fs) sử dụng n điểm quanh vòng tròn đơn vị (từ 0 tới 2π hoặc từ 0 tới Fs)

h = freqz(b,a,w) tạo ra đáp ứng tần số tại các điểm tần số được chỉ trong vector w. Các điểm tần số này phải nằm trong khoảng $(0 \div 2\pi)$.

h = freqz(b,a,f,Fs) tạo ra đáp ứng tần số tại các điểm tần số được chỉ trong vector f. Các điểm tần số này phải nằm trong khoảng $(0 \div Fs)$.

Nếu bỏ qua các đối số ngoặc thì lệnh freqz vẽ ra các đáp ứng biên độ và pha trên màn hình.

Lệnh freqz dùng cho các hệ thống có ngõ vào thực hoặc phức.

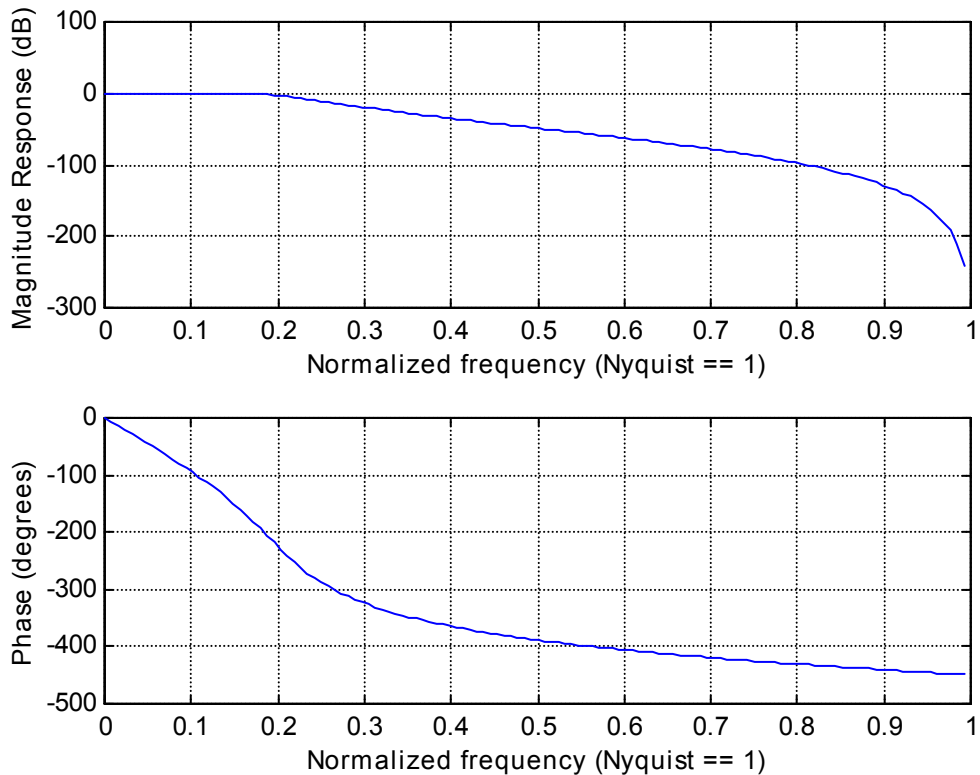
d) Ví dụ:

Vẽ đáp ứng biên độ và pha của bộ lọc Butter.

```
[b,a] = butter(5,0.2);
```

```
freqz(b,a,128)
```

và ta được đồ thị đáp ứng:



6. Lệnh NYQUIST

a) Công dụng:

Vẽ biểu đồ đáp ứng tần số Nyquist.

b) Cú pháp:

`[re,im,w] = nyquist(a,b,c,d)`

`[re,im,w] = nyquist(a,b,c,d,iu)`

`[re,im,w] = nyquist(a,b,c,d,iu,w)`

`[re,im,w] = nyquist(num,den)`

`[re,im,w] = nyquist(num,den,w)`

c) Giải thích:

Lệnh `nyquist` tìm đáp ứng tần số Nyquist của hệ liên tục LTI. Biểu đồ Nyquist dùng để phân tích đặc điểm của hệ thống bao gồm: biên dự trữ, pha dự trữ và tính ổn định.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì `nyquist` sẽ vẽ ra biểu đồ Nyquist trên màn hình.

Lệnh `nyquist` có thể xác định tính ổn định của hệ thống hồi tiếp đơn vị. Cho biểu đồ Nyquist của hàm truyền vòng hở $G(s)$, hàm truyền vòng kín:

$$G_{cl}(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)}$$

là ổn định khi biểu đồ Nyquist bao quanh điểm $-1+j0$ P lần theo chiều kim đồng hồ, trong đó P là số cực vòng hở không ổn định.

nyquist(a,b,c,d) vẽ ra chuỗi biểu đồ Nyquist, mỗi đồ thị ứng với mối quan hệ giữa một ngõ vào và một ngõ ra của hệ không gian trạng thái liên tục:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

với trục tần số được xác định tự động. Nếu đáp ứng thay đổi càng nhanh thì cần phải xác định càng nhiều điểm trên trục tần số.

nyquist(a,b,c,d,iu) vẽ ra biểu đồ Nyquist từ ngõ vào duy nhất iu tới tất cả các ngõ ra của hệ thống với trục tần số được xác định tự động. Đại lượng vô hướng iu là chỉ số ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được sử dụng cho đáp ứng Nyquist.

nyquist(num,den) vẽ ra biểu đồ Nyquist của hàm truyền đa thức hệ liên tục

$$G(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s.

nyquist(a,b,c,d,iu,w) hoặc nyquist(num,den,w) vẽ ra biểu đồ Nyquist với vector tần số w do người sử dụng xác định. Vector w chỉ ra các điểm tần số (tính bằng rad/s) mà tại đó đáp ứng Nyquist được tính.

Nếu vẫn giữ lại các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

$$[\text{re},\text{im},\text{w}] = \text{nyquist}(a,b,c,d)$$

$$[\text{re},\text{im},\text{w}] = \text{nyquist}(a,b,c,d,iu)$$

$$[\text{re},\text{im},\text{w}] = \text{nyquist}(a,b,c,d,iu,w)$$

$$[\text{re},\text{im},\text{w}] = \text{nyquist}(\text{num},\text{den})$$

$$[\text{re},\text{im},\text{w}] = \text{nyquist}(\text{num},\text{den},w)$$

không vẽ ra biểu đồ Nyquist mà tạo ra đáp ứng tần số của hệ thống dưới dạng các ma trận re, im và w. Các ma trận re và im có số cột bằng số ngõ ra và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector w.

d) Ví dụ:

Vẽ biểu đồ Nyquist của hệ thống có hàm truyền:

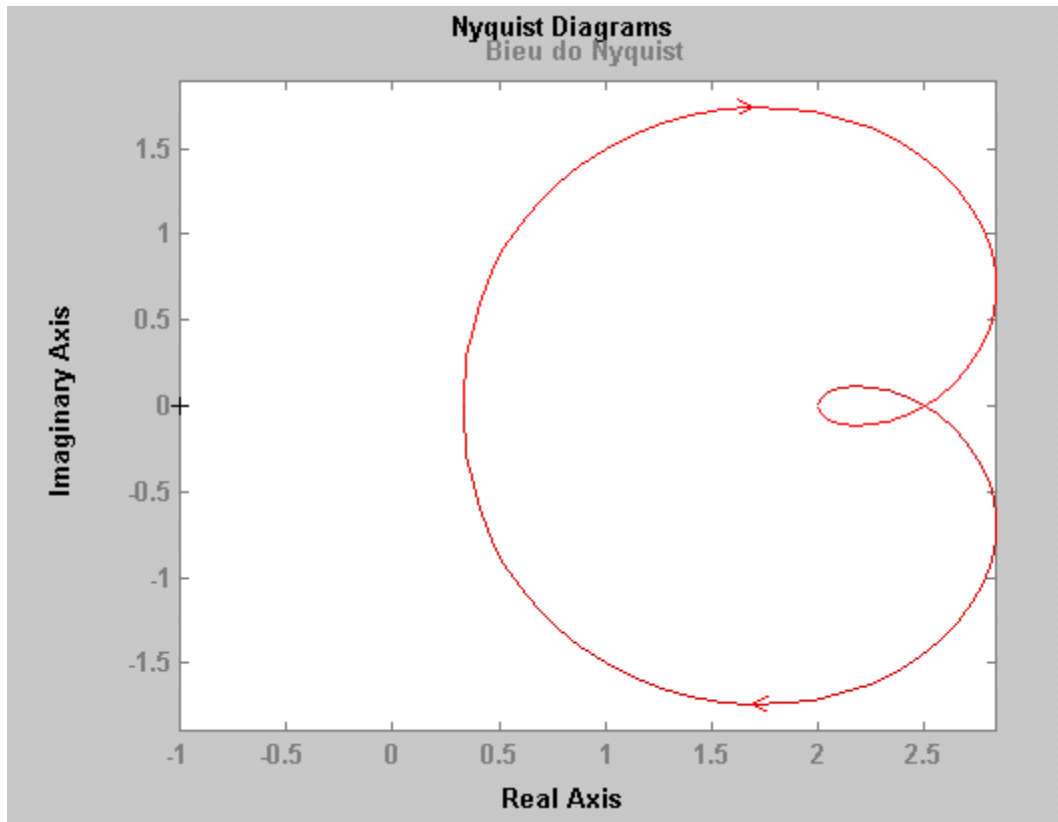
$$H(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3}$$

$$\text{num} = [2 \quad 5 \quad 1];$$

$$\text{den} = [1 \quad 2 \quad 3];$$

$$\text{nyquist}(\text{num},\text{den}); \text{title}(\text{'Bieu do Nyquist'})$$

và ta được biểu đồ Nyquist như hình vẽ:



7. Lệnh DNYQUIST

a) Công dụng:

Vẽ biểu đồ đáp ứng tần số Nyquist của hệ gián đoạn.

b) Cú pháp:

`[re,im,w] = dnyquist(a,b,c,d,Ts)`

`[re,im,w] = dnyquist(a,b,c,d,Ts,iu)`

`[re,im,w] = dnyquist(a,b,c,d,Ts,iu,w)`

`[re,im,w] = dnyquist(num,den,Ts)`

`[re,im,w] = dnyquist(num,den,Ts,w)`

c) Giải thích:

Lệnh `dnyquist` tìm đáp ứng tần số Nyquist của hệ gián đoạn LTI. Biểu đồ Nyquist dùng để phân tích đặc điểm của hệ thống bao gồm: biên dự trữ, pha dự trữ và tính ổn định. Đáp ứng tần số dùng lệnh `dnyquist` có thể so sánh trực tiếp với đáp ứng `nyquist` của hệ liên tục tương ứng.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì `dnyquist` sẽ vẽ ra biểu đồ Nyquist trên màn hình.

Lệnh `dnyquist` có thể xác định tính ổn định của hệ thống hồi tiếp đơn vị. Cho biểu đồ Nyquist của hàm truyền vòng hở $G(s)$, hàm truyền vòng kín:

$$G_{cl}(z) = \frac{G(z)}{1+G(z)}$$

là ổn định khi biểu đồ Nyquist bao quanh điểm $-1+j0$ P lần theo chiều kim đồng hồ, trong đó P là số cực vòng hở không ổn định.

`dnyquist(a,b,c,d,Ts)` vẽ ra chuỗi biểu đồ Nyquist, mỗi đồ thị ứng với mối quan hệ giữa một ngõ vào và một ngõ ra của hệ không gian trạng thái gián đoạn:

$$x[n+1] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

với trục tần số được xác định tự động. Các điểm tần số được chọn trong khoảng từ 0 đến π/Ts radians tương ứng với nửa tần số lấy mẫu (tần số Nyquist). Nếu đáp ứng thay đổi càng nhanh thì cần phải xác định càng nhiều điểm trên trục tần số. Tần số là thời gian lấy mẫu.

`dnyquist(a,b,c,d,Ts,iu)` vẽ ra biểu đồ Nyquist từ ngõ vào duy nhất iu tới tất cả các ngõ ra của hệ thống với trục tần số được xác định tự động. Đại lượng vô hướng iu là chỉ số ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được sử dụng cho đáp ứng Nyquist.

`dnyquist(num,den,Ts)` vẽ ra biểu đồ Nyquist của hàm truyền đa thức hệ gián đoạn:

$$G(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$$

trong đó `num` và `den` chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s .

`dnyquist(a,b,c,d,Ts,iu,w)` hoặc `dnyquist(num,den,w)` vẽ ra biểu đồ Nyquist với vector tần số w do người sử dụng xác định. Vector w chỉ ra các điểm tần số (tính bằng rad/s) mà tại đó đáp ứng Nyquist được tính. Hiện tượng trùng phũ xảy ra tại tần số lớn hơn tần số Nyquist (π/Ts rad/s).

Để tạo ra trục tần số với các khoảng tần số bằng nhau theo logarit ta dùng lệnh `logspace`.

Nếu vẫn giữ lại các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

$$[re,im,w] = \text{dnyquist}(a,b,c,d,Ts)$$

$$[re,im,w] = \text{dnyquist}(a,b,c,d,Ts,iu)$$

$$[re,im,w] = \text{dnyquist}(a,b,c,d,Ts,iu,w)$$

$$[re,im,w] = \text{dnyquist}(\text{num},\text{den},Ts)$$

$$[re,im,w] = \text{dnyquist}(\text{num},\text{den},Ts,w)$$

không vẽ ra biểu đồ Nyquist mà tạo ra đáp ứng tần số của hệ thống dưới dạng các ma trận `re`, `im` và `w`. Các ma trận `re` và `im` chứa các phần thực và phần ảo của đáp ứng tần số của hệ thống được tính tại các giá trị tần số w , `re` và `im` có số cột bằng số ngõ ra và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector w .

d) Ví dụ:

Vẽ biểu đồ Nyquist của hệ gián đoạn có hàm truyền:

$$H(z) = \frac{2z^2 - 3.4z + 1.5}{z^2 - 1.6z + 0.8}$$

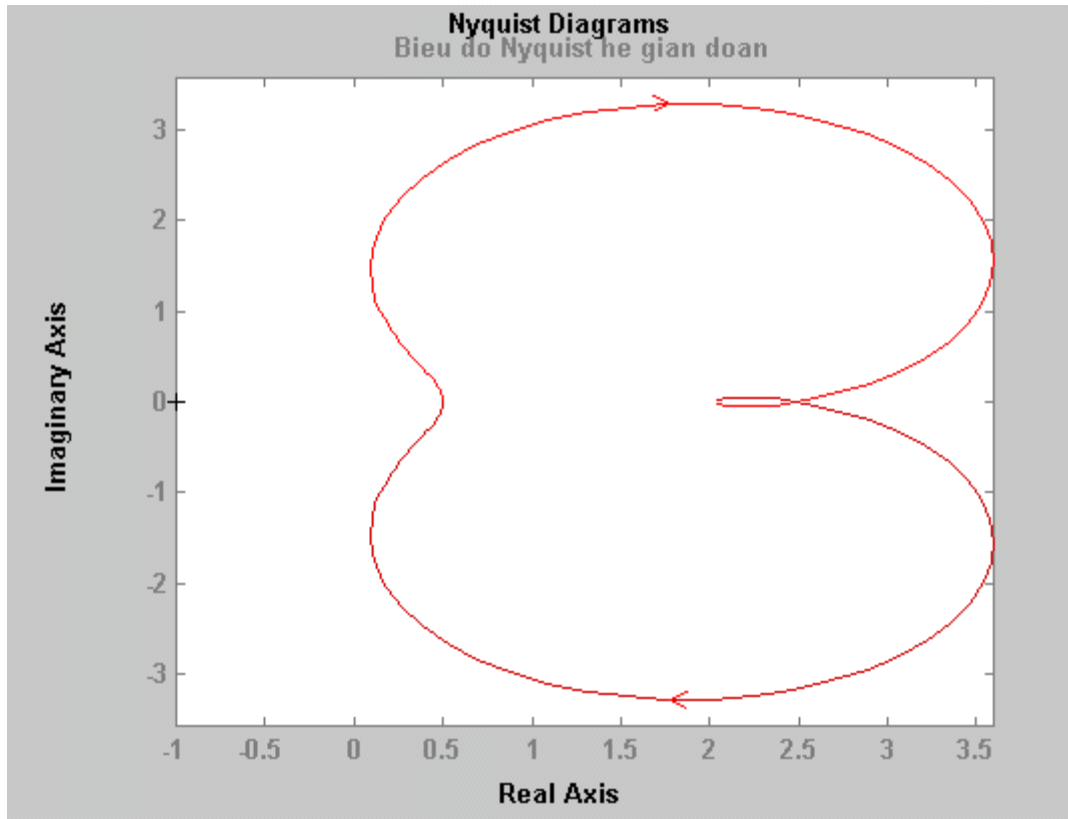
với thời gian lấy mẫu $Ts = 0.1$

% Xác định hàm truyền:

$$\text{num} = [2 \quad -3.4 \quad 1.5];$$

```
den = [1 -1.6 0.8];  
% Vẽ biểu đồ Nyquist:  
dnyquist(num,den,0.1)  
title('Bieu do Nyquist he gian doan')
```

và ta được biểu đồ Nyquist hệ gián đoạn như sau:



8. Lệnh NICHOLS

a) Công dụng:

Vẽ biểu đồ đáp ứng tần số Nichols.

b) Cú pháp:

```
[mag,phase,w] = nichols(a,b,c,d)  
[mag,phase,w] = nichols(a,b,c,d,iu)  
[mag,phase,w] = nichols(a,b,c,d,iu,w)  
[mag,phase,w] = nichols(num,den)  
[mag,phase,w] = nichols(num,den,w)
```

c) Giải thích:

Lệnh nichols tìm đáp ứng tần số Nichols của hệ liên tục LTI. Biểu đồ Nichols được dùng để phân tích đặc điểm của hệ vòng hở và hệ vòng kín.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì lệnh nichols sẽ vẽ ra biểu đồ Nichols trên màn hình.

nichols(a,b,c,d) vẽ ra chuỗi biểu đồ Nichols, mỗi đồ thị tương ứng với mối quan hệ giữa một ngõ vào và một ngõ ra của hệ không gian trạng thái liên tục:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx + Du\end{aligned}$$

với trục tần số được xác định tự động. Nếu đáp ứng thay đổi nhanh thì cần phải xác định càng nhiều điểm trên trục tần số.

nichols(a,b,c,d,iu) vẽ ra biểu đồ Nichols từ ngõ vào duy nhất iu tới tất cả các ngõ ra của hệ thống với trục tần số được xác định tự động. Đại lượng vô hướng iu là chỉ số ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được sử dụng cho đáp ứng Nichols.

nichols(num,den) vẽ ra biểu đồ Nichols của hàm truyền đa thức hệ liên tục

$$G(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s.

nichols(a,b,c,d,iu,w) hay nichols(num,den,w) vẽ ra biểu đồ Nichols với vector tần số w do người sử dụng xác định. Vector w chỉ định những điểm tần số (tính bằng rad/s) mà tại đó đáp ứng Nichols được tính.

Để tạo ra trục tần số với các khoảng tần số bằng nhau theo logarit ta dùng lệnh logspace.

Nếu giữ lại các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{nichols}(a,b,c,d)$$

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{nichols}(a,b,c,d,iu)$$

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{nichols}(a,b,c,d,iu,w)$$

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{nichols}(\text{num},\text{den})$$

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{nichols}(\text{num},\text{den},w)$$

sẽ không vẽ ra biểu đồ Nichols mà tạo ra đáp ứng tần số của hệ thống dưới dạng các ma trận mag, phase và w. Các ma trận mag và phase chứa đáp ứng biên độ và pha của hệ thống được xác định tại những điểm tần số w. Ma trận mag và phase có số cột bằng số ngõ ra và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector w.

$$G(s) = C(sI - A)^{-1}B + D$$

$$\text{mag}(\omega) = |G(j\omega)|$$

$$\text{phase}(\omega) = \angle G(j\omega)$$

Góc pha được tính bằng độ và nằm trong khoảng -360^0 tới 0^0 .

Giá trị biên độ có thể chuyển về đơn vị decibel theo công thức:

$$\text{magdB} = 20 * \log_{10}(\text{mag})$$

Để vẽ lưới biểu đồ Nichols ta dùng lệnh ngrid.

d) Ví dụ: Trích trang 11-150 sách '**Control System Toolbox**'

Vẽ đáp ứng Nichols của hệ thống có hàm truyền:

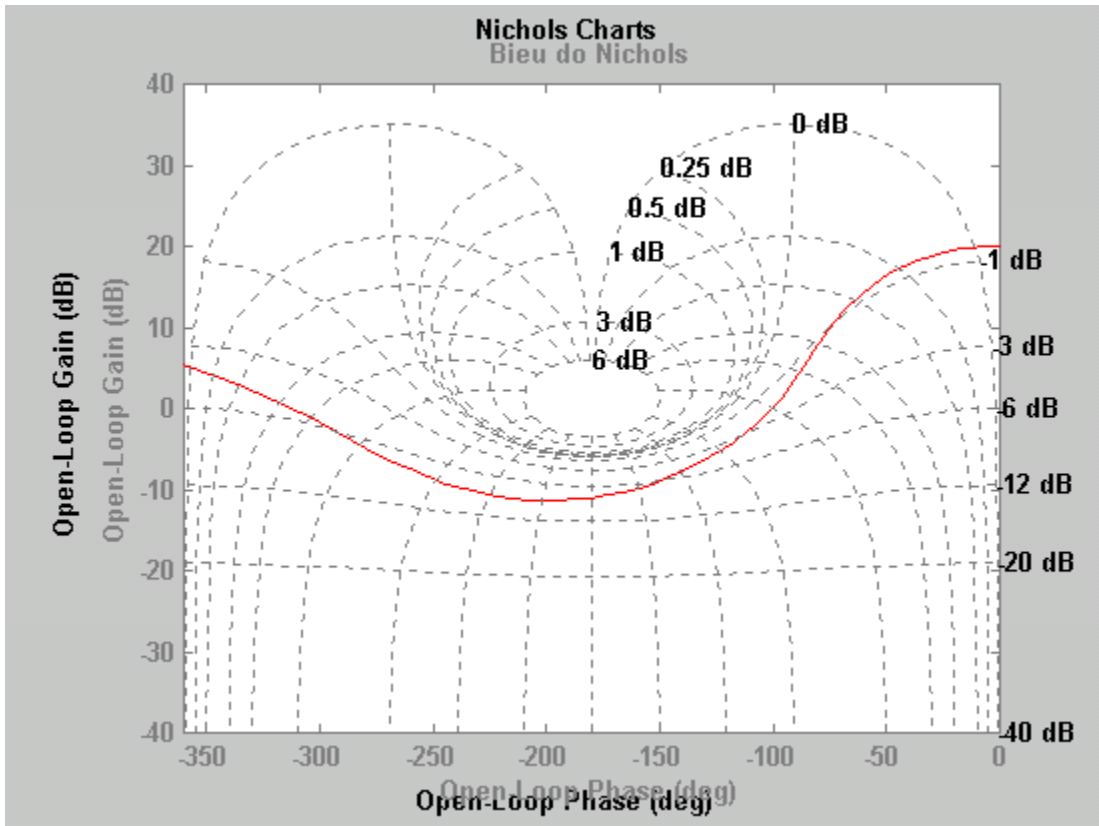
$$H(s) = \frac{-4s^4 + 48s^3 - 18s^2 + 250s + 600}{s^4 + 30s^3 + 282s^2 + 525s + 60}$$

$$\text{num} = [-4 \quad 48 \quad -18 \quad 250 \quad 600];$$

$$\text{den} = [1 \quad 30 \quad 282 \quad 525 \quad 60];$$


```
nichols(num,den)
title('Bieu do Nichols')
ngrid('new')
```

và ta được biểu đồ Nichols như hình vẽ:



9. Lệnh DNICHOLS

a) Công dụng:

Vẽ biểu đồ đáp ứng tần số Nichols của hệ gián đoạn.

b) Cú pháp:

- [mag,phase,w] = dnichols(a,b,c,d,Ts)
- [mag,phase,w] = dnichols(a,b,c,d,Ts,iu)
- [mag,phase,w] = dnichols(a,b,c,d,Ts,iu,w)
- [mag,phase,w] = dnichols(num,den,Ts)
- [mag,phase,w] = dnichols(num,den,Ts,w)

c) Giải thích:

Lệnh dnichols tìm đáp ứng tần số Nichols của hệ gián đoạn LTI. Biểu đồ Nichols được dùng để phân tích đặc điểm của hệ vòng hở và hệ vòng kín. Đáp ứng từ lệnh dnichols có thể so sánh trực tiếp với đáp ứng từ lệnh nichols của hệ liên tục tương ứng.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì lệnh dnichols sẽ vẽ ra biểu đồ Nichols trên màn hình.

`dnichols(a,b,c,d,Ts)` vẽ ra chuỗi biểu đồ Nichols, mỗi đồ thị tương ứng với mối quan hệ giữa một ngõ vào và một ngõ ra của hệ không gian trạng thái gián đoạn:

$$x[n+] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

với trục tần số được xác định tự động. Các điểm tần số được chọn trong khoảng từ 0 tới π/Ts radians. Nếu đáp ứng thay đổi nhanh thì cần phải xác định càng nhiều điểm trên trục tần số.

`dnichols(a,b,c,d,Ts,iu)` vẽ ra biểu đồ Nichols trên màn hình từ ngõ vào duy nhất `iu` tới tất cả các ngõ ra của hệ thống với trục tần số được xác định tự động. Đại lượng vô hướng `iu` là chỉ số ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được sử dụng cho đáp ứng Nichols.

`dnichols(num,den,Ts)` vẽ ra biểu đồ Nichols của hàm truyền đa thức hệ gián đoạn

$$G(z) = \text{num}(z)/\text{den}(z)$$

trong đó `num` và `den` chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của `s`.

`dnichols(a,b,c,d,Ts,iu,w)` hay `dnichols(num,den,Ts,w)` vẽ ra biểu đồ Nichols với vector tần số `w` do người sử dụng xác định. Vector `w` chỉ định những điểm tần số (tính bằng rad/s) mà tại đó đáp ứng Nichols được tính. Hiện tượng trùng phổ xảy ra tại tần số lớn hơn tần số Nyquist (π/Ts rad/s).

Để tạo ra trục tần số với các khoảng tần số bằng nhau theo logarit ta dùng lệnh `logspace`.

Nếu giữ lại các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{dnichols}(a,b,c,d,Ts)$$

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{dnichols}(a,b,c,d,Ts,iu)$$

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{dnichols}(a,b,c,d,Ts,iu,w)$$

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{dnichols}(\text{num},\text{den},Ts)$$

$$[\text{mag},\text{phase},w] = \text{dnichols}(\text{num},\text{den},Ts,w)$$

không vẽ ra biểu đồ Nichols mà tạo ra đáp ứng tần số của hệ thống dưới dạng các ma trận `mag`, `phase` và `w`. Các ma trận `mag` và `phase` chứa đáp ứng biên độ và pha của hệ thống được xác định tại những điểm tần số `w`. Ma trận `mag` và `phase` có số cột bằng số ngõ ra và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector `w`.

$$G(z) = C(zI - A)^{-1}B + D$$

$$\text{mag}(\omega) = |G(e^{j\omega T})|$$

$$\text{phase}(\omega) = \angle G(e^{j\omega T})$$

trong đó `T` là thời gian lấy mẫu. Góc pha được tính bằng độ và nằm trong khoảng -360° tới 0° .

Giá trị biên độ có thể chuyển về đơn vị decibel theo công thức:

$$\text{magdB} = 20 * \log_{10}(\text{mag})$$

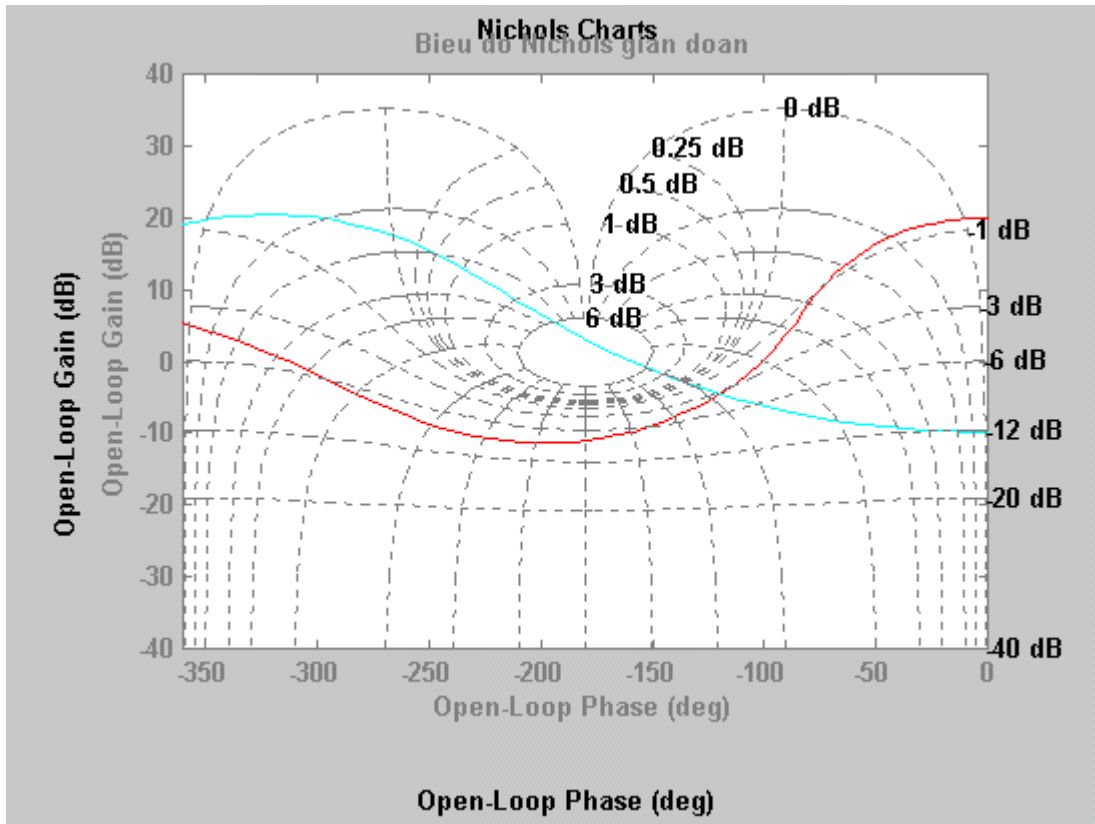
Để vẽ lưới biểu đồ Nichols ta dùng lệnh `ngrid`.

d) Ví dụ:

Vẽ đáp ứng Nichols của hệ thống có hàm truyền:

$$H(z) = \frac{1.5}{z^4 + 1.1z^3 + 1.36z^2 + 0.88z + 0.31}$$

```
num = 1.5;  
den = [1 1.1 1.36 0.88 0.31];  
ngrid('new')  
dnichols(num,den,0.05)  
title('Bieu do Nichols gian doan')  
và ta được biểu đồ Nichols của hệ gián đoạn:
```



10. Lệnh NGRID

a) Công dụng:

Tạo lưới cho đồ thị Nichols.

b) Cú pháp:

```
ngrid  
ngrid('new')
```

c) Giải thích:

Lệnh grid tạo lưới cho đồ thị Nichols. Đồ thị này có liên hệ với số phức $H/(1+H)$, trong đó H là một số phức bất kỳ. Nếu H là một điểm trên đáp ứng tần số vòng hở của hệ SISO thì $H/(1+H)$ là giá trị tương ứng trên đáp ứng tần số vòng kín của hệ thống.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

ngrid tạo ra lưới trong vùng có biên độ từ -40 dB tới 40 dB và góc pha từ -360° tới 0° với các đường hằng số $\text{mag}(H/(1+H))$ và $\text{angle}(H/(1+H))$ được vẽ.

ngrid vẽ lưới đồ thị Nichols ngoài biểu đồ Nichols đã có như biểu đồ được tạo ra bởi lệnh `nichols` hoặc `dnichols`.

`ngrid('new')` xóa màn hình đồ họa trước khi vẽ lưới và thiết lập trạng thái giữ để đáp ứng Nichols có thể được vẽ bằng cách dùng lệnh:

```
ngrid('new')
```

```
nichols(num,den) hay nichols(a,b,c,d,iu)
```

d) Ví dụ:

Vẽ lưới trên biểu đồ Nichols của hệ thống:

$$H(s) = \frac{-4s^4 + 48s^3 - 18s^2 + 250s + 600}{s^4 + 30s^3 + 282s^2 + 525s + 60}$$

```
num = [-4 48 -18 250 600];
```

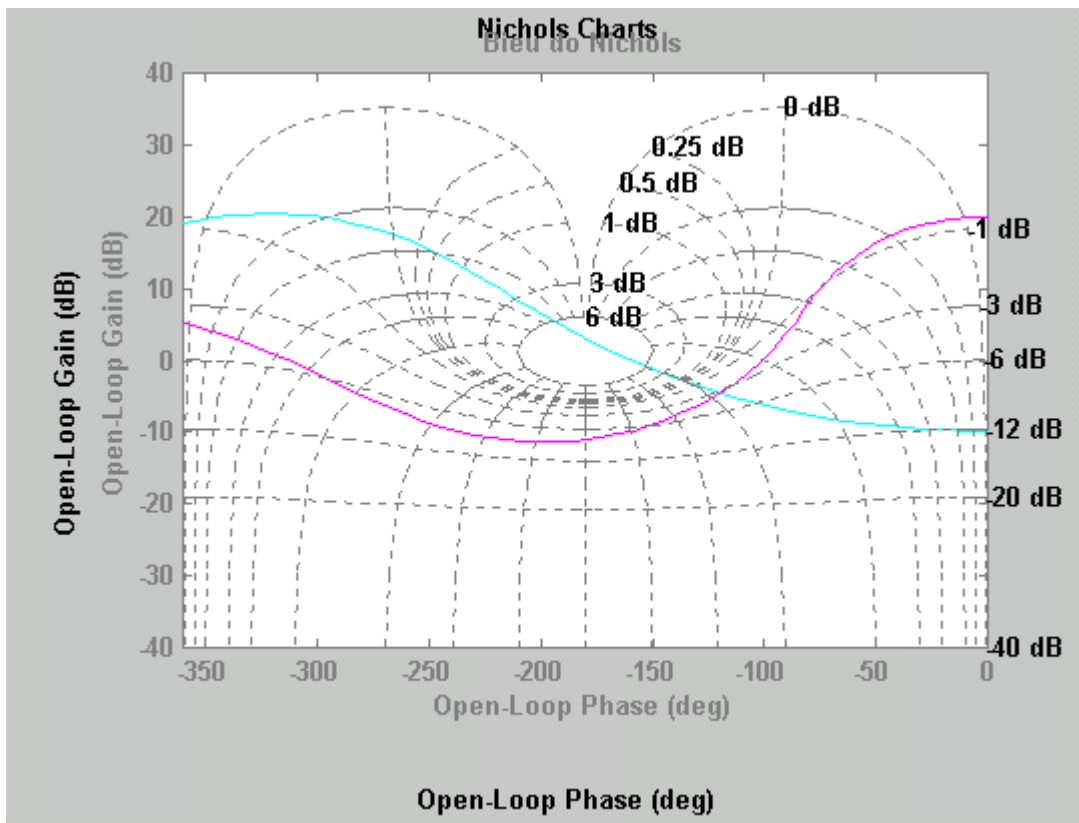
```
den = [1 30 282 525 60];
```

```
nichols(num,den)
```

```
title('Bieu do Nichols')
```

```
ngrid('new')
```

và ta được đồ thị đáp ứng như sau:



11. Lệnh MARGIN

a) Công dụng:

Tính biên dự trữ và pha dự trữ.

b) Cú pháp:

[Gm,Pm,Wcp,Wcg] = margin(mag,phase,w)

[Gm,Pm,Wcp,Wcg] = margin(num,den)

[Gm,Pm,Wcp,Wcg] = margin(a,b,c,d)

c) Giải thích:

Lệnh margin tính biên dự trữ (gain margin), pha dự trữ (phase margin) và tần số cắt (crossover frequency) từ dữ liệu đáp ứng tần số. Biên dự trữ và pha dự trữ dựa trên hệ thống vòng hở SISO và cho biết tính ổn định tương đối của hệ thống khi hệ thống là hệ thống vòng kín.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái dòng lệnh thì giản đồ Bode với biên dự trữ và pha dự trữ sẽ được vẽ trên màn hình.

Biên dự trữ là độ lợi cần tăng thêm để tạo ra độ lợi vòng đơn vị tại tần số mà góc pha bằng -180^0 . Nói cách khác, biên dự trữ là $1/g$ nếu g là độ lợi tại tần số góc pha -180^0 . Tương tự, pha dự trữ là sự khác biệt giữa góc pha đáp ứng và -180^0 khi độ lợi là 1. Tần số mà tại đó biên độ là 1 được gọi là tần số độ lợi đơn vị (unity-gain frequency) hoặc tần số cắt.

margin(num,den) tính biên dự trữ và pha dự trữ của hàm truyền liên tục:

$$G(s) = \text{num}/\text{den}$$

Tương tự, margin(a,b,c,d) tính độ dự trữ của hệ không gian trạng thái (a,b,c,d). Với cách này, lệnh margin chỉ sử dụng cho hệ liên tục. Đối với hệ gián đoạn, ta sử dụng lệnh dbode để tìm đáp ứng tần số rồi gọi margin.

[mag,phase,w] = dbode(a,b,c,d,Ts)

margin(mag,phase,w)

[Gm,Pm,Wcp,Wcg] = margin(mag,phase,w) sẽ không vẽ ra các đồ thị đáp ứng mà tạo ra các ma trận biên dự trữ Gm, pha dự trữ Pm, tần số kết hợp Wcp, Wcg được cho bởi các vector biên độ mag, phase và tần số w của hệ thống. Các giá trị chính xác được tìm ra bằng cách dùng phép nội suy giữa các điểm tần số. Góc pha được tính bằng độ.

d) Ví dụ:

Tìm biên dự trữ, pha dự trữ và vẽ giản đồ Bode của hệ bậc 2 có $\omega_n = 1$ và $\zeta = 0.2$

[a,b,c,d] = ord(1,0.2);

bode(a,b,c,d)

margin(a,b,c,d)

[Gm,Pm,Wcp,Wcg] = margin(a,b,c,d)

và ta được kết quả:

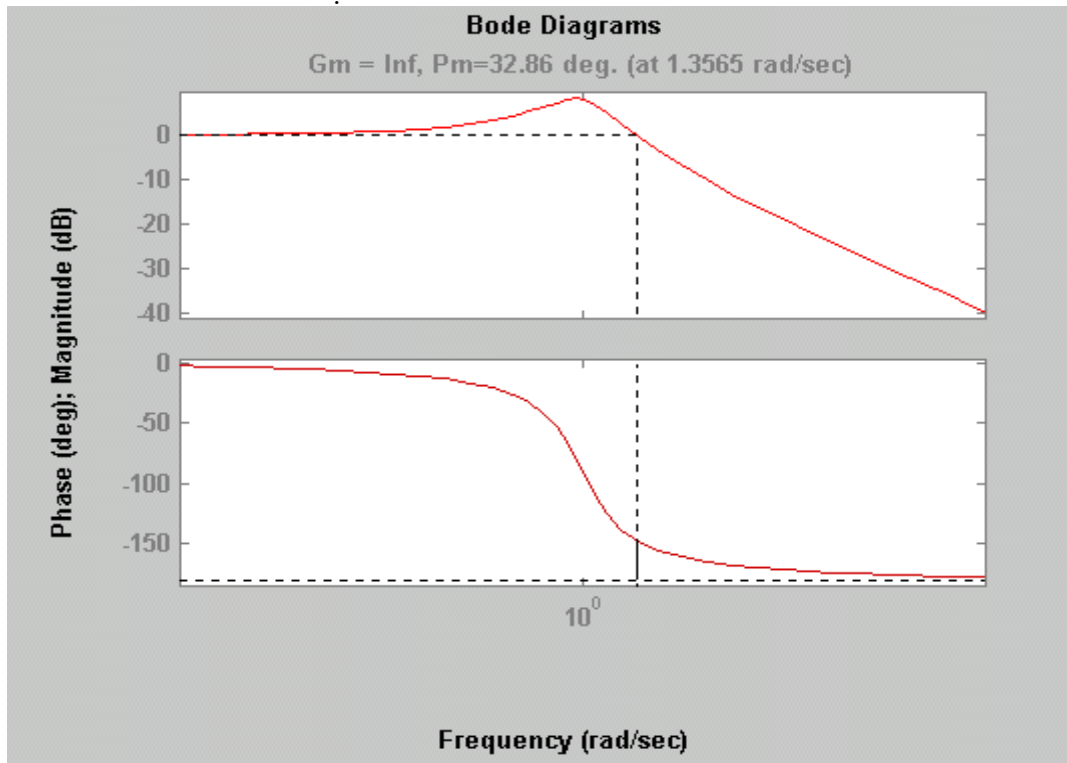
$$Gm = \text{Inf}(\infty)$$

$$Pm = 32.8599 \text{ độ}$$

$$Wcg = \text{NaN} \text{ (không xác định)}$$

$W_{cp} = 1.3565$

Giản đồ Bode của hệ:



12. Lệnh SIGMA

a) Công dụng:

Tìm giản đồ Bode giá trị suy biến của hệ không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

`[sv,w] = sigma(a,b,c,d)`

`[sv,w] = sigma(a,b,c,d,'inv')`

`[sv,w] = sigma(a,b,c,d,w)`

`[sv,w] = sigma(a,b,c,d,w,'inv')`

c) Giải thích:

Lệnh sigma tính các giá trị suy biến của ma trận phức $C(j\omega I - A)^{-1}B + D$ theo hàm của tần số ω . Các giá trị suy biến là mở rộng của đáp ứng biên độ giản đồ Bode của hệ MIMO.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì sigma sẽ vẽ ra giản đồ Bode của giá trị suy biến trên màn hình.

`[sv,w] = sigma(a,b,c,d)` vẽ ra giản đồ suy biến của ma trận phức:

$$G(w) = C(j\omega I - A)^{-1}B + D$$

theo hàm của tần số. Trục tần số được chọn tự động và phối hợp nhiều điểm nếu đồ thị thay đổi nhanh.

Đối với các ma trận vuông, `sigma(a,b,c,d,'inv')` vẽ đồ thị các giá trị suy biến của ma trận phức đảo:

$$G^{-1}(w) = [C(j\omega I - A)^{-1}B + D]^{-1}$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$\text{sigma}(a,b,c,d,w)$ hoặc $\text{sigma}(a,b,c,d,w,'inv')$ vẽ đồ thị các giá trị suy biến với vector tần số do người sử dụng xác định. Vector w chỉ ra những tần số (tính bằng rad/s) mà tại đó đáp ứng các giá trị suy biến được tính.

Nếu giữ lại các đối số ở vế trái dòng lệnh thì:

$$[sv,w] = \text{sigma}(a,b,c,d)$$

$$[sv,w] = \text{sigma}(a,b,c,d,'inv')$$

$$[sv,w] = \text{sigma}(a,b,c,d,w)$$

$$[sv,w] = \text{sigma}(a,b,c,d,w,'inv')$$

không vẽ ra các đồ thị đáp ứng mà tạo ra các ma trận suy biến theo chiều giảm dần của bậc tương ứng với các điểm tần số trong vector w .

Đối với phép phân tích rấn chắc, các giá trị suy biến của ma trận hàm truyền đặc biệt được phân tích.

Về thực hiện các lệnh để đạt được ma trận hàm truyền mong muốn của một số khối được trình bày trong bảng sau:

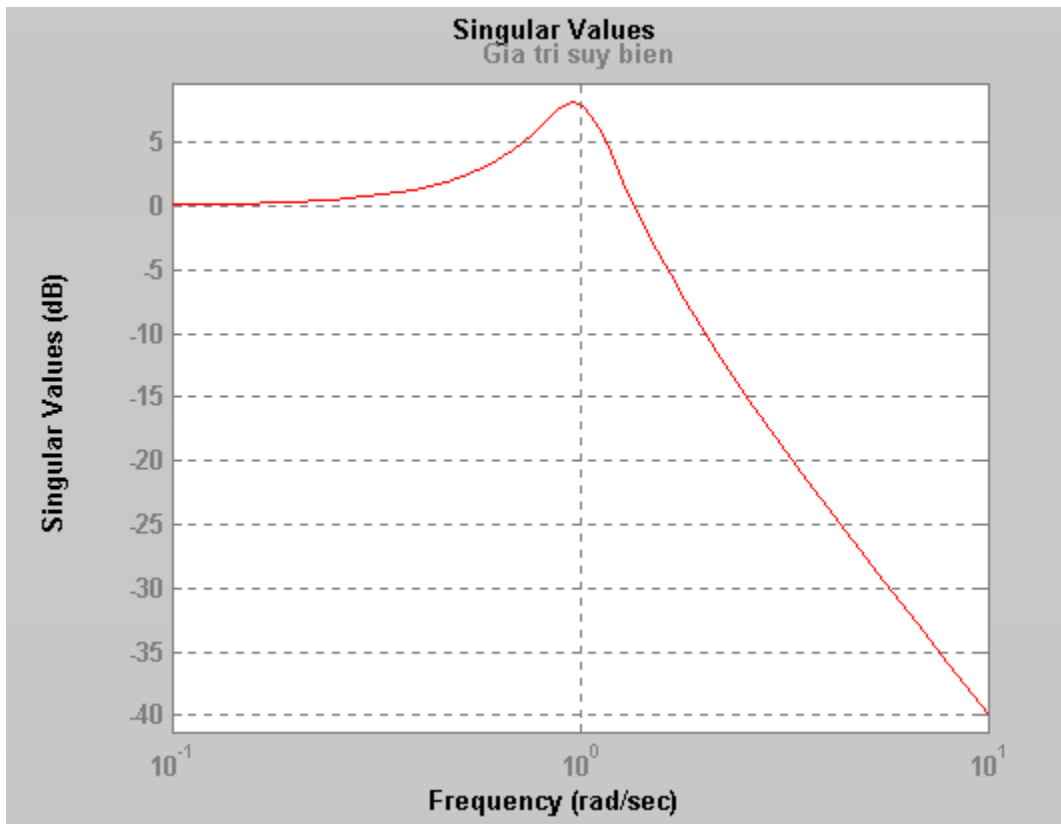
Ma trận hàm truyền	Sơ đồ khối	Lệnh
$G(j\omega)$		$\text{sigma}(a,b,c,d)$
$G^{-1}(j\omega)$		$\text{sigma}(a,b,c,d,'inv')$
$1+G(j\omega)$		$[a,b,c,d] = \text{parallel}(a,b,c,d,[],[],[],\text{eye}(d))$ $\text{sigma}(a,b,c,d)$ $[a,b,c,d] = \text{feedback}([],[],[],\text{eye}(d),a,b,c,d)$ $\text{sigma}(a,b,c,d,'inv')$
$1+G^{-1}(j\omega)$		$[a,b,c,d] = \text{feedback}(a,b,c,d,[],[],[],\text{eye}(d))$ $\text{sigma}(a,b,c,d)$

Đáp ứng giá trị suy biến của hệ SISO tương đương với đáp ứng biên độ giản đồ Bode của hệ đó.

d) Ví dụ:

Xét hệ bậc 2 có $\omega_n = 1$ và $\zeta = 0.2$. Vẽ đồ thị giá trị suy biến của hệ thống.

```
[a,b,c,d] = ord(1,0.2);  
margin(a,b,c,d)  
title('Gia tri suy bien')  
và ta được đáp ứng như hình vẽ:
```



13. Lệnh DSIGMA

a) Công dụng:

Tìm giản đồ Bode giá trị suy biến của hệ không gian trạng thái.

b) Cú pháp:

```
[sv,w]= dsigma(a,b,c,d,Ts)  
[sv,w]= dsigma(a,b,c,d,Ts,'inv')  
[sv,w]= dsigma(a,b,c,d,Ts,w)  
[sv,w]= dsigma(a,b,c,d,Ts,w,'inv')
```

c) Giải thích:

Lệnh dsigma tính các giá trị suy biến của ma trận phức $C(e^{j\omega T}I-A)^{-1}+B+D$ theo hàm của tần số ω . Các giá trị suy biến là mở rộng của đáp ứng biên độ giản đồ Bode của hệ MIMO và có thể được dùng để xác định độ rắn chắc của hệ thống.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái dòng lệnh thì dsigma sẽ vẽ ra giản đồ Bode của giá trị suy biến trên màn hình.

dsigma(a,b,c,d,Ts) vẽ giản đồ suy biến của ma trận phức :

$$G(w) = C(e^{j\omega T}I-A)^{-1}+B+D$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

theo hàm của tần số. Các điểm tần số được chọn tự động trong khoảng từ 0 tới π/T_s rad/sec trong đó π/T_s rad/sec tương ứng với nửa tần số lấy mẫu (tần số Nyquist). Nếu đồ thị thay đổi nhanh thì cần chọn nhiều điểm tần số hơn.

Đối với các hệ thống có ma trận vuông, `dsigma(a,b,c,d,Ts,'inv')` vẽ đồ thị các giá trị suy biến của ma trận phức đảo :

$$G^{-1}(w) = [C(e^{j\omega T_s}I - A)^{-1}B + D]^{-1}$$

`dsigma(a,b,c,d,Ts,w)` hoặc `dsigma(a,b,c,d,Ts,'inv')` vẽ đồ thị các giá trị suy biến với vector tần số do người sử dụng xác định. Vector w chỉ ra những tần số (tính bằng rad/sec) mà tại đó đáp ứng các giá trị suy biến được tính. Hiện tượng trùng phổ xảy ra tại tần số lớn hơn tần số Nyquist (π/T_s rad/sec).

Để tạo ra vector tần số được chia đều theo logarit tần số ta dùng lệnh `logspace`.

Nếu giữ lại các đối số ở vế trái dòng lệnh thì :

`[sv,w]= dsigma(a,b,c,d,Ts)`

`[sv,w]= dsigma(a,b,c,d,Ts,'inv')`

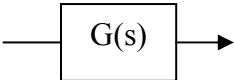
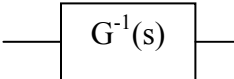
`[sv,w]= dsigma(a,b,c,d,Ts,w)`

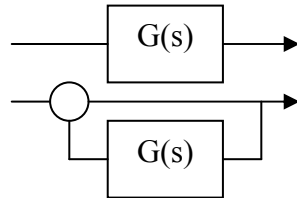
`[sv,w]= dsigma(a,b,c,d,Ts,w,'inv')`

không vẽ ra các đồ thị đáp ứng mà tạo ra các giá trị suy biến trong sv và các điểm tần số w. Mỗi hàng của ma trận sv chứa các giá trị suy biến theo chiều giảm dần của bậc tương ứng với các điểm tần số trong vector w.

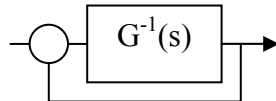
Đối với phép phân tích rấn chắc, các giá trị suy biến của ma trận hàm truyền đặc biệt được phân tích.

Việc thực hiện các lệnh để đạt được ma trận hàm truyền mong muốn của một số khối được trình bày trong bảng sau :

Ma trận hàm truyền	Sơ đồ khối	Lệnh
		
$G(j\omega)$		<code>dsigma(a,b,c,d)</code>
		
$G^{-1}(j\omega)$		<code>dsigma(a,b,c,d, 'inv')</code>



$1+ G(j\omega)$		<pre>[a,b,c,d]= parallel(a,b,c,d,[],[],[],eye(d)) dsigma(a,b,c,d) [a,b,c,d]=feedback([],[],[],eye(d),a,b,c,d) dsigma(a,b,c,d,'inv')</pre>
-----------------	--	---



$1+G^{-1}(j\omega)$		<pre>[a,b,c,d]= feedback(a,b,c,d,[],[],[],eye(d)) dsigma(a,b,c,d)</pre>
---------------------	--	--

Đáp ứng giá trị suy biến của hệ SISO tương đương với đáp ứng biên độ giản đồ Bode của hệ đó.

d) Ví dụ:

Xét hệ bậc 2 có $\omega_n = 1$ và $\zeta = 0.2$. Vẽ đồ thị giá trị suy biến của hệ thống với thời gian lấy mẫu $T_s = 0.1$

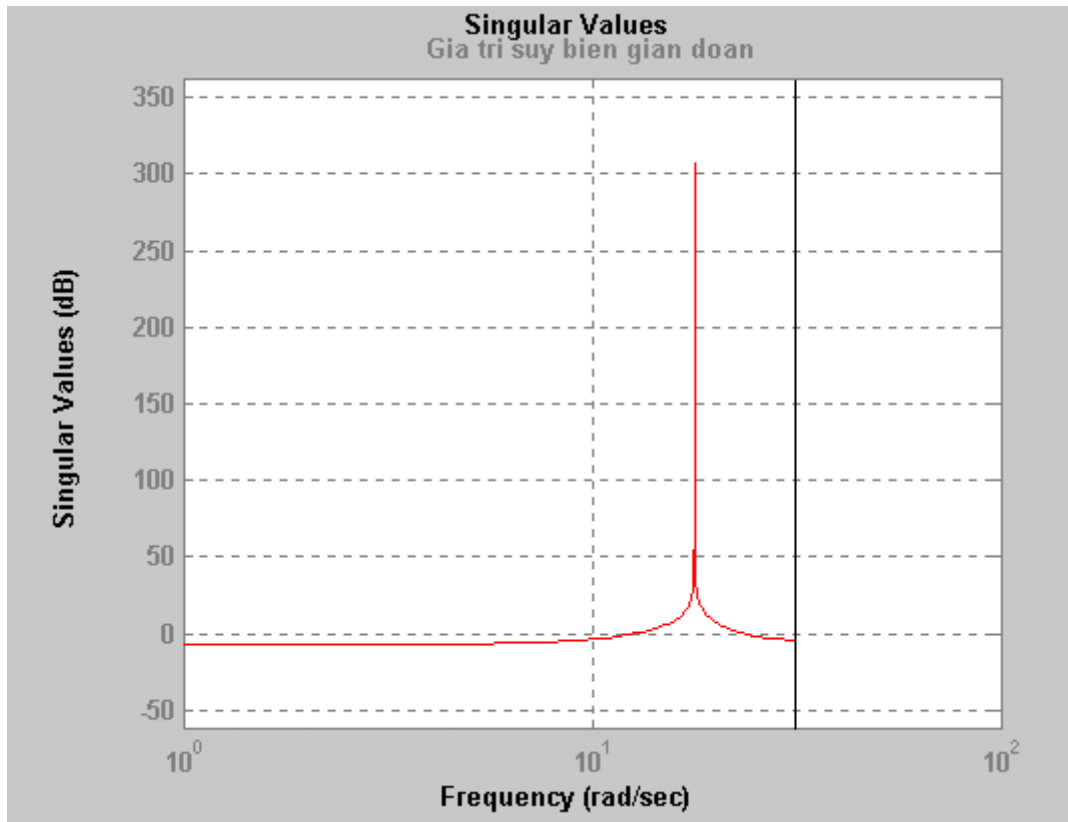
```
[a,b,c,d]= ord2(1,0.2);
```

```
bode(a,b,c,d)
```

```
dsigma(a,b,c,d,0.1)
```

```
title('Gia tri suy bien gian doan')
```

và ta có giản đồ Bode giá trị suy biến :



14. Lệnh LTIFR

a) Công dụng:

Đáp ứng tần số của hệ tuyến tính bất biến.

b) Cú pháp:

ltifr(a,b,s)

c) Giải thích:

Lệnh ltifr dùng để mở rộng đáp ứng tần số của hệ không gian trạng thái tuyến tính bất biến.

$G = Ltifr(a,b,s)$ tìm đáp ứng tần số của hệ thống với một ngõ vào duy nhất :

$$G(s) = (sI - A)^{-1}B$$

Vector s chỉ ra số phức mà tại đó đáp ứng tần số được xác định. Đối với đáp ứng giản đồ Bode hệ liên tục, s nằm trên trục ảo. Đối với đáp ứng giản đồ Bode hệ gián đoạn, s nhận các giá trị quanh vòng tròn đơn vị.

ltifr tạo ra đáp ứng tần số dưới dạng ma trận phức G với số cột bằng số trạng thái hay số hàng của ma trận A và có số hàng là length(s).

CÁC BÀI TẬP VỀ ĐÁP ỨNG TẦN SỐ

Bài 1: hàm **margin** (bài tập này trích từ trang 11-138 sách ‘**Control System Toolbox**’)

» `hd=tf([0.04798 0.0464],[1 -1.81 0.9048],0.1)`

Transfer function:

$0.04798 z + 0.0464$

$z^2 - 1.81 z + 0.9048$

Sampling time: 0.1 ; Thời gian lấy mẫu: 0,1

» `[Gm,Pm,Wcg,Wcp]=margin(hd);`

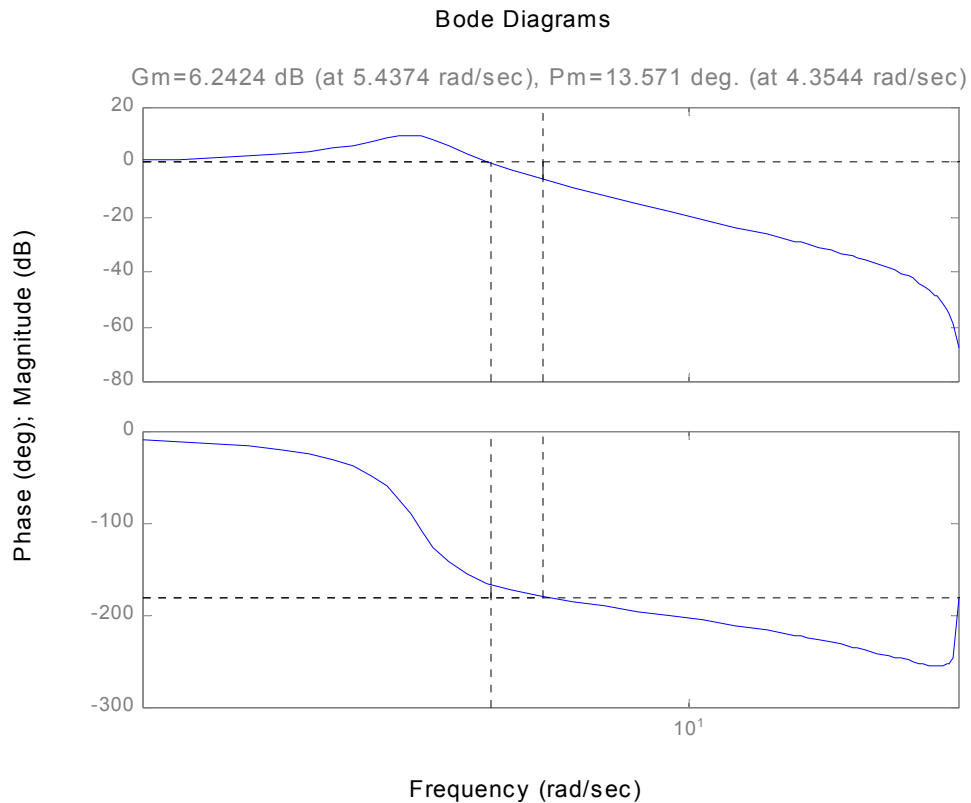
» `[Gm,Pm,Wcg,Wcp]`

ans =

2.0517 13.5712 5.4374 4.3544

» `margin(hd)`

Kết quả:



Bài 2: lệnh modred (bài tập này trích từ trang 11-142 sách ‘Control System Toolbox’)

$$h(s) = \frac{s^3 + 11s^2 + 36s + 26}{s^4 + 14,6s^3 + 74,96s^2 + 153,7s + 99,65}$$

» h=tf([1 11 36 26],[1 14.6 74.96 153.7 99.65])

Transfer function:

$$\frac{s^3 + 11 s^2 + 36 s + 26}{s^4 + 14.6 s^3 + 74.96 s^2 + 153.7 s + 99.65}$$

» [hb,g]=balreal(h)

a =

	x1	x2	x3	x4
x1	-3.6014	-0.82121	-0.61634	-0.058315

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
x2  0.82121  -0.59297  -1.0273  -0.090334
x3  -0.61634   1.0273  -5.9138  -1.1272
x4  0.058315  -0.090334   1.1272  -4.4918
```

b =

```
      u1
x1    1.002
x2   -0.10641
x3    0.086124
x4   -0.0081117
```

c =

```
      x1      x2      x3      x4
y1    1.002   0.10641  0.086124  0.0081117
```

d =

```
      u1
y1     0
```

Continuous-time model.

g =

```
0.1394
0.0095
0.0006
0.0000
```

» g'

ans =

```
0.1394  0.0095  0.0006  0.0000
» hmdc=modred(hb,2:4,'mdc')
```

a =

```
      x1
x1   -4.6552
```

b =

u1
x1 1.1392

c =

x1
y1 1.1392

d =

u1
y1 -0.017857

Continuous-time model.

» hdel=modred(hb,2:4,'del')

a =

x1
x1 -3.6014

b =

u1
x1 1.002

c =

x1
y1 1.002

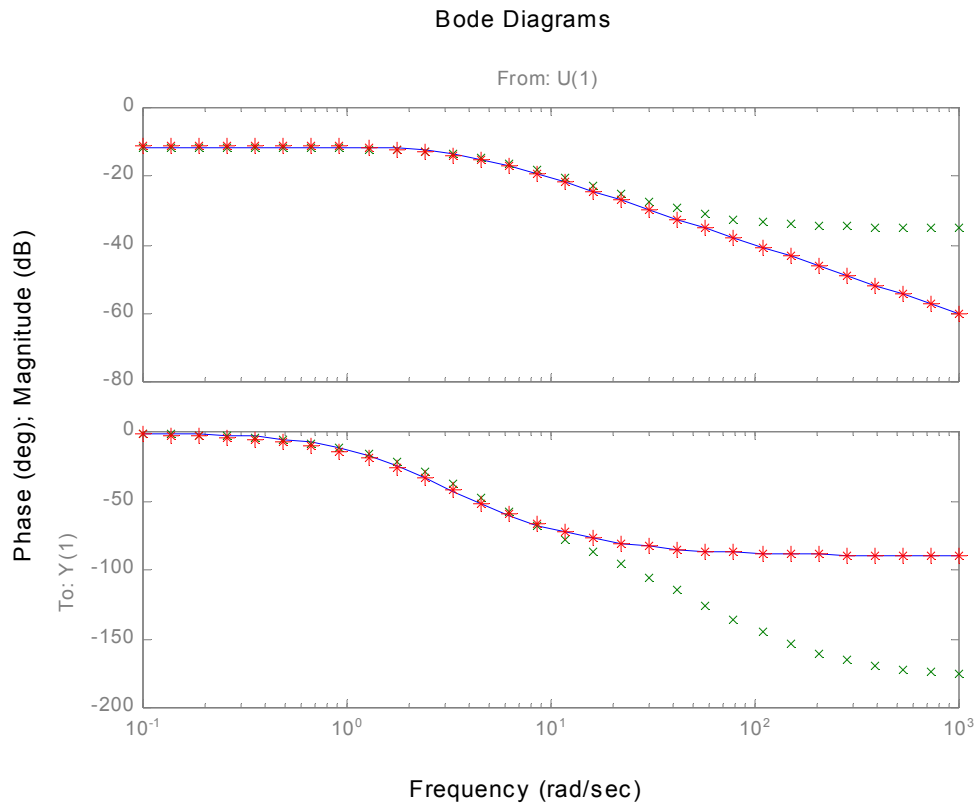
d =

u1
y1 0

Continuous-time model.

» bode(h,'-',hmdc,'x',hdel,'*')

Kết quả:



Bài 3: (Trang 11-16 sách ‘Control System Toolbox’)

Xem zero-pole-gain (zero-cực-độ lợi) của hệ thống sau:

» `sys=zpk([-10 -20.01],[-5 -9.9 -20.1],1)`

Zero/pole/gain:

(s+10) (s+20.01)

(s+5) (s+9.9) (s+20.1)

»

» `[sys,g]=balreal(sys)`

a =

	x1	x2	x3
x1	-4.9697	0.2399	-0.22617
x2	-0.2399	-4.2756	9.4671
x3	-0.22617	-9.4671	-25.755

b =


```
      u1
x1    1
x2  0.024121
x3  0.022758
```

c =

```
      x1      x2      x3
y1    1 -0.024121  0.022758
```

d =

```
      u1
y1    0
```

Continuous-time model.

g =

```
0.1006
0.0001
0.0000
```

» g'

ans =

```
0.1006 0.0001 0.0000
» sysr=modred(sys,[2 3],'del')
```

a =

```
      x1
x1 -4.9697
```

b =

```
      u1
x1    1
```

c =

```
      x1
y1    1
```

d =

```
      u1
y1    0
```

Continuous-time model.

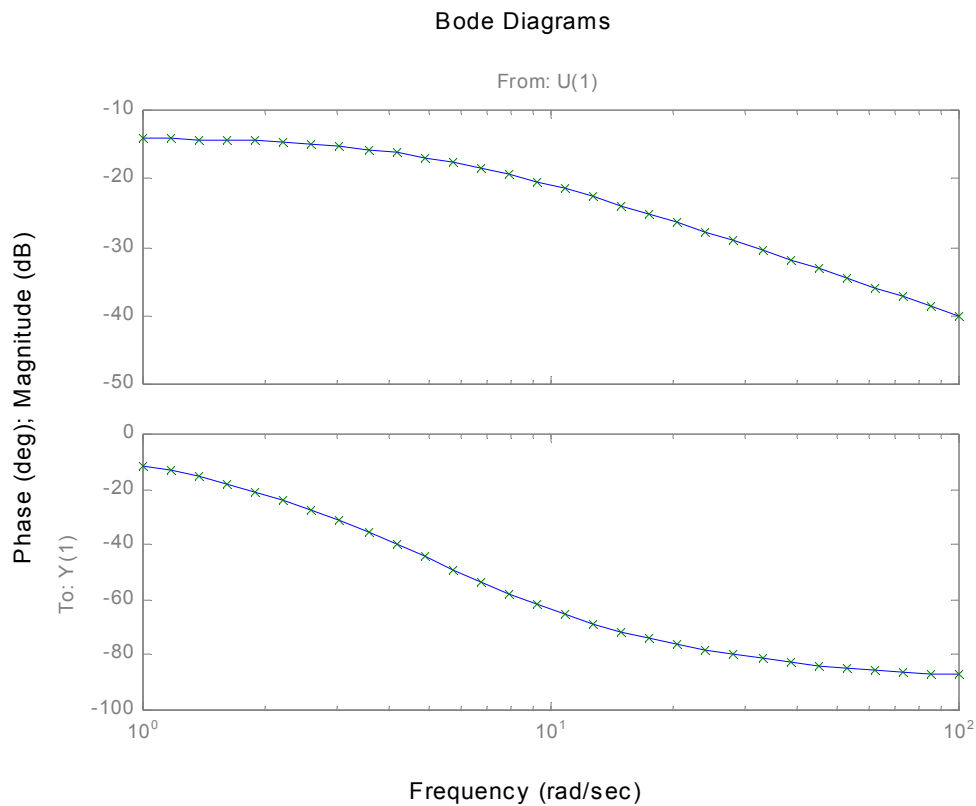
» zpk(sysr)

Zero/pole/gain:

1.0001

(s+4.97)

» bode(sys, '-', sysr, 'x')

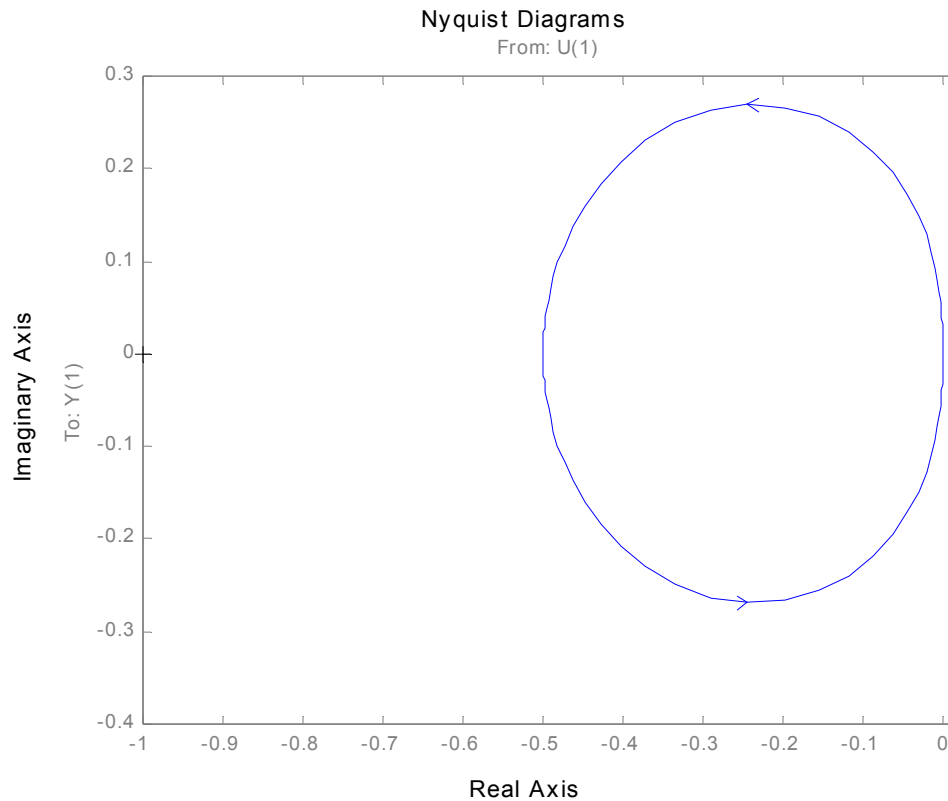


Bài 4: Trích từ trang 55 sách **‘Hướng dẫn sử dụng MATLAB’** tác giả Nguyễn Văn Giáp.

Vẽ biểu đồ nyquist của hệ thống:

$$H(s) = (s+4)/(s^2 + 3s - 8)$$

```
» num=[1 4];  
» den=[1 3 -8];  
» nyquist(num,den);
```



Bài 5: Trích trang 11-147 sách ‘Control System Toolbox’

Vẽ đáp ứng Nichols của hệ thống có hàm truyền:

$$H(s) = \frac{-4s^4 + 48s^3 - 18s^2 + 250s + 600}{s^4 + 30s^3 + 282s^2 + 525s + 60}$$

```
» H=tf([-4 48 -18 250 600],[1 30 282 525 60])
```

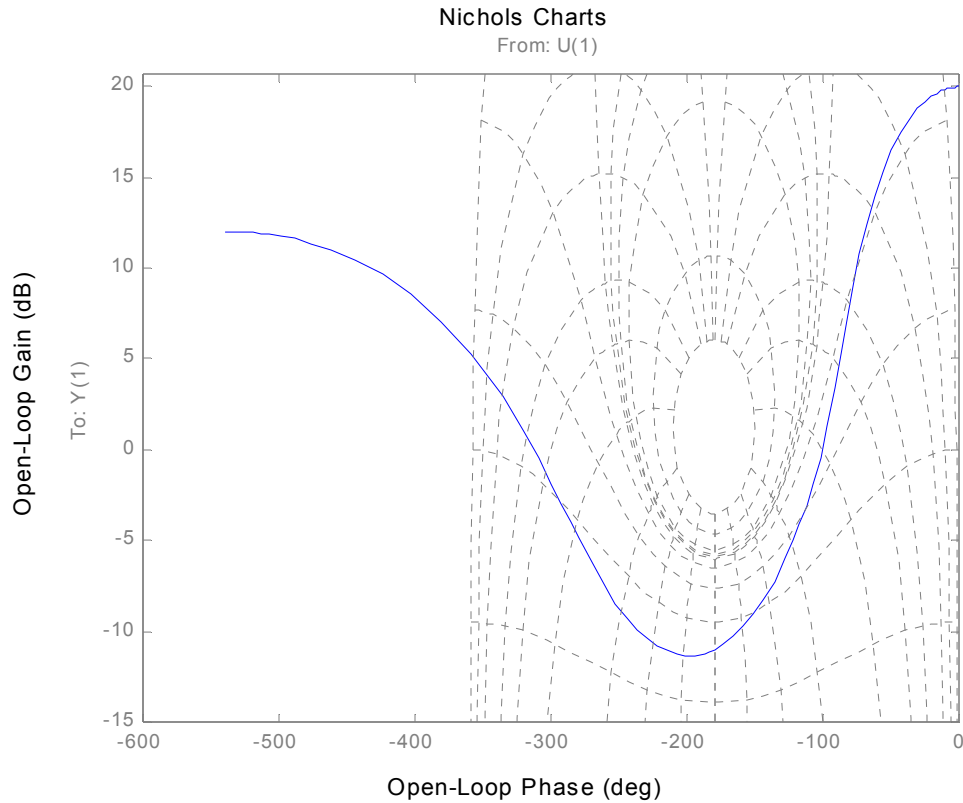
Transfer function:

$$\frac{-4s^4 + 48s^3 - 18s^2 + 250s + 600}{s^4 + 30s^3 + 282s^2 + 525s + 60}$$

$$s^4 + 30s^3 + 282s^2 + 525s + 60$$

Nichols(H)

ngrid



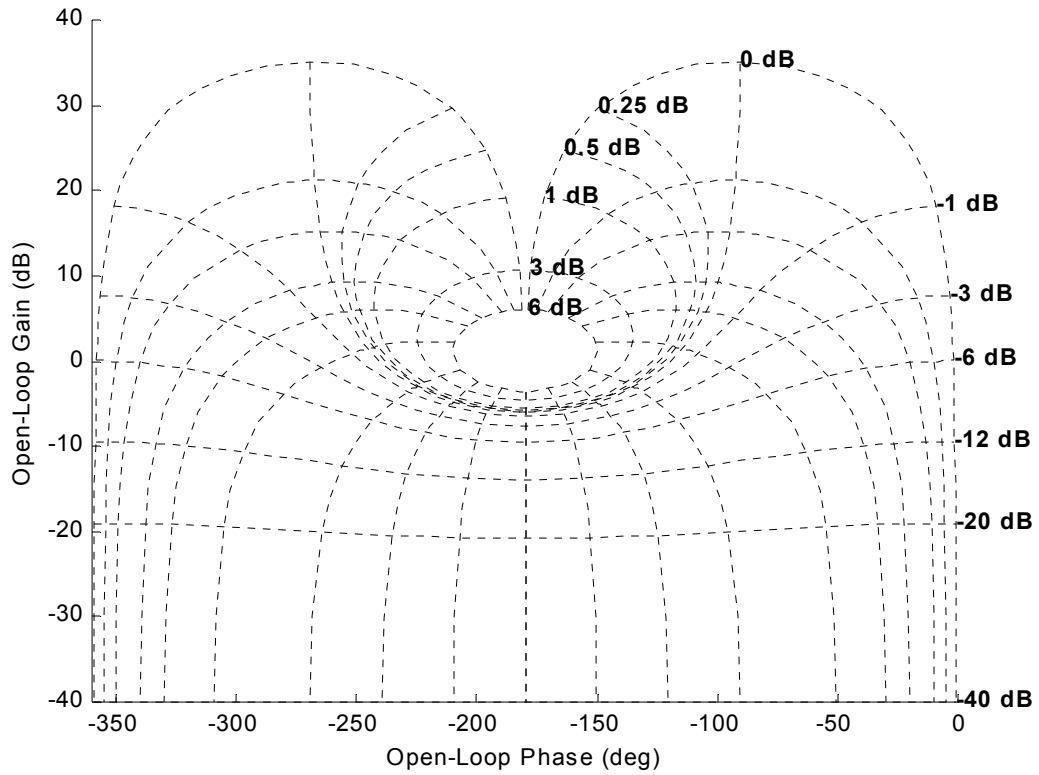
Bài 6: Trang 131 sách ‘**Ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động**’ tác giả Nguyễn Văn Giáp.

Trên giản đồ Nichols vẽ đường cong logarit biên độ – pha của hàm truyền hệ thống

$$H(s) = \frac{k}{S^3 + 52s^2 + 100s}$$

- » k=438;
- » num=k;
- » den=[1 52 100 0];
- » w=.1:.1:10;
- » [mag,phase]=bode(num,den,w);
- » ngrid,

Kết quả:



NHÓM LỆNH VỀ ĐÁP ỨNG THỜI GIAN (Time Response)

1. Lệnh IMPULSE

a) Công dụng:

Tìm đáp ứng xung đơn vị.

b) Cú pháp:

`[y,x,t] = impulse(a,b,c,d)`

`[y,x,t] = impulse(a,b,c,d,iu)`

`[y,x,t] = impulse(a,b,c,d,iu,t)`

`[y,x,t] = impulse(num,den)`

`[y,x,t] = impulse(num,den,t)`

c) Giải thích:

Lệnh impulse tìm đáp ứng xung đơn vị của hệ tuyến tính. Nếu bỏ qua các đối số bên trái thì lệnh impulse sẽ vẽ ra đáp ứng xung trên màn hình.

`impulse(a,b,c,d)` tạo ra chuỗi đồ thị đáp ứng xung, mỗi đồ thị ứng với một mối quan hệ vào ra của hệ liên tục LTI:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

với vector thời gian được xác định tự động.

`impulse(a,b,c,d,iu)` tạo ra đáp ứng xung từ ngõ vào duy nhất iu tới toàn bộ các ngõ ra của hệ thống với vector thời gian được xác định tự động. iu là chỉ số ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được dùng cho đáp ứng xung.

`impulse(num,den)` tạo ra đồ thị đáp ứng xung của đa thức hàm truyền:

$$G(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s.

`impulse(a,b,c,d,iu,t)` hay `impulse(num,den,t)` dùng vector thời gian t do người sử dụng quy định. Vector t chỉ định những thời điểm mà đáp ứng xung được tính và vector t phải được chỉ chia thành các khoảng đều nhau.

Nếu giữ các đối số bên trái:

`[y,x,t] = impulse(a,b,c,d)`

`[y,x,t] = impulse(a,b,c,d,iu)`

`[y,x,t] = impulse(a,b,c,d,iu,t)`

`[y,x,t] = impulse(num,den)`

`[y,x,t] = impulse(num,den,t)`

không vẽ ra các đồ thị mà tạo ra các ma trận đáp ứng trạng thái và đáp ứng ngõ ra của hệ thống và vector thời gian t. Ma trận y và x chứa các đáp ứng trạng thái và đáp ứng ngõ ra của hệ thống được xác định tại những thời điểm t. Ma trận y có số

cột là số ngõ ra và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector t. Ma trận x có số cột là số trạng thái và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector t.

d) Ví dụ: (Trích từ trang 11-95 sách ‘**control System Toolbox**’)

Vẽ đáp ứng xung của hệ không gian trạng thái bậc 2 sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.5 & -0.8 \\ 0.8 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [1.9 \quad 6.5] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [0] u$$

% Khai báo hệ thống:

a = [-0.5 -0.8 ; 0.8 0];

b = [1 ; 0];

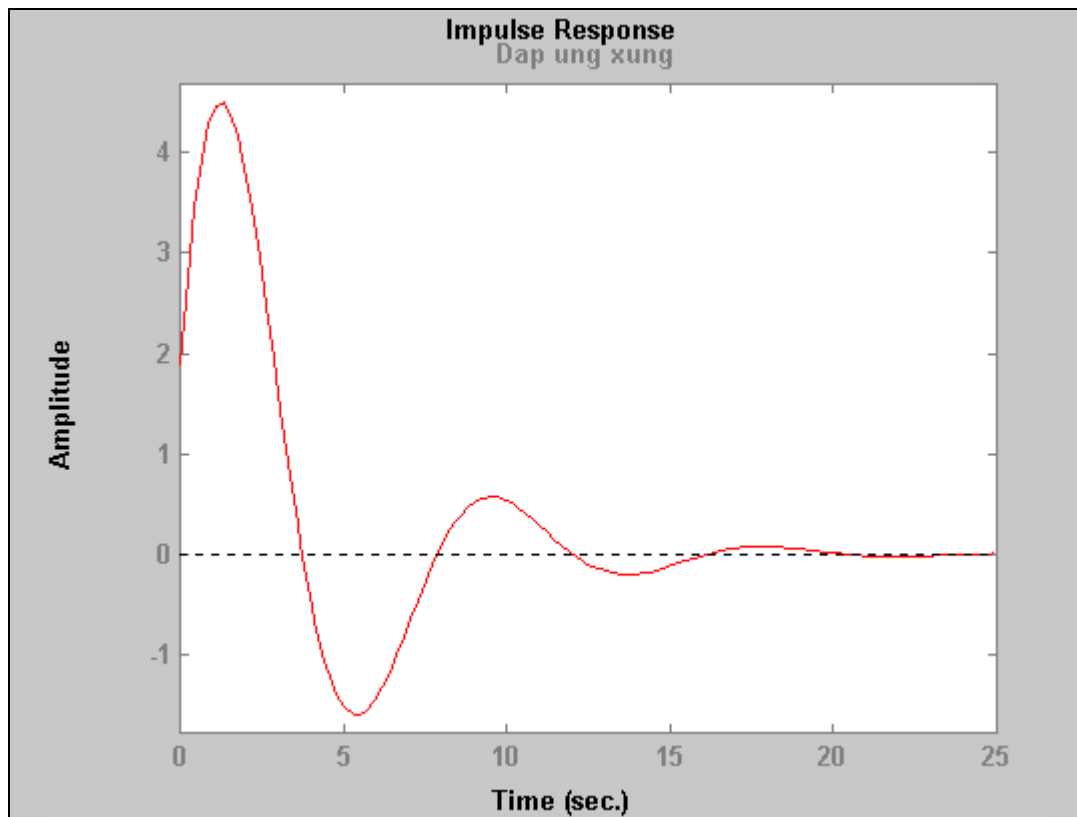
c = [1.9 6.5];

d = [0];

% Vẽ đáp ứng xung:

impz(a,b,c,d); title('Đáp ứng xung') (đặt tiêu đề cho đồ thị)

và cuối cùng ta nhận được đồ thị đáp ứng xung như sau:



2. Lệnh DIMPULSE

a) Công dụng:

Tìm đáp ứng xung đơn vị của hệ gián đoạn.

b) Cú pháp:

`[y,x] = dimpulse(a,b,c,d)`

`[y,x] = dimpulse(a,b,c,d,iu)`

`[y,x] = dimpulse(a,b,c,d,iu,n)`

`[y,x] = dimpulse(num,den)`

`[y,x] = dimpulse(num,den,n)`

c) Giải thích:

Lệnh `dimpulse` tìm đáp ứng xung đơn vị của hệ tuyến tính gián đoạn. Nếu bỏ qua các đối số bên trái thì lệnh `dimpulse` sẽ vẽ ra đáp ứng xung trên màn hình.

`dimpulse(a,b,c,d)` tạo ra chuỗi đồ thị đáp ứng xung, mỗi đồ thị đáp ứng với một mối quan hệ vào ra của hệ gián đoạn LTI:

$$x[n + 1] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

với số điểm lấy mẫu được xác định tự động.

`dimpulse(a,b,c,d,iu)` tạo ra đồ thị đáp ứng xung từ ngõ vào duy nhất `iu` tới toàn bộ các ngõ ra của hệ thống với số điểm lấy mẫu được xác định tự động. `iu` là chỉ số ngõ vào của hệ thống và chỉ ra ngõ vào nào được dùng cho đáp ứng xung.

`dimpulse(num,den)` tạo ra đồ thị đáp ứng xung của đa thức hàm truyền:

$$G(z) = \text{num}(z)/\text{den}(z)$$

trong đó `num` và `den` chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của `z`.

`dimpulse(num,den,n)` hay `dimpulse(a,b,c,d,iu,n)` dùng số điểm lấy mẫu `n` do người sử dụng chỉ định.

Nếu giữ các đối số bên trái:

`[y,x] = dimpulse(a,b,c,d)`

`[y,x] = dimpulse(a,b,c,d,iu)`

`[y,x] = dimpulse(a,b,c,d,iu,n)`

`[y,x] = dimpulse(num,den)`

`[y,x] = dimpulse(num,den,n)`

không vẽ ra các đồ thị mà tạo ra các ma trận đáp ứng ngõ ra và đáp ứng trạng thái của hệ thống. Ma trận `y` và `x` chứa các đáp ứng trạng thái và ngõ ra của hệ thống được xác định tại những điểm lấy mẫu. Ma trận `y` có số cột là số ngõ ra. Ma trận `x` có số cột là số trạng thái.

d) Ví dụ:

Vẽ đáp ứng xung của hệ gián đoạn có hàm truyền sau:

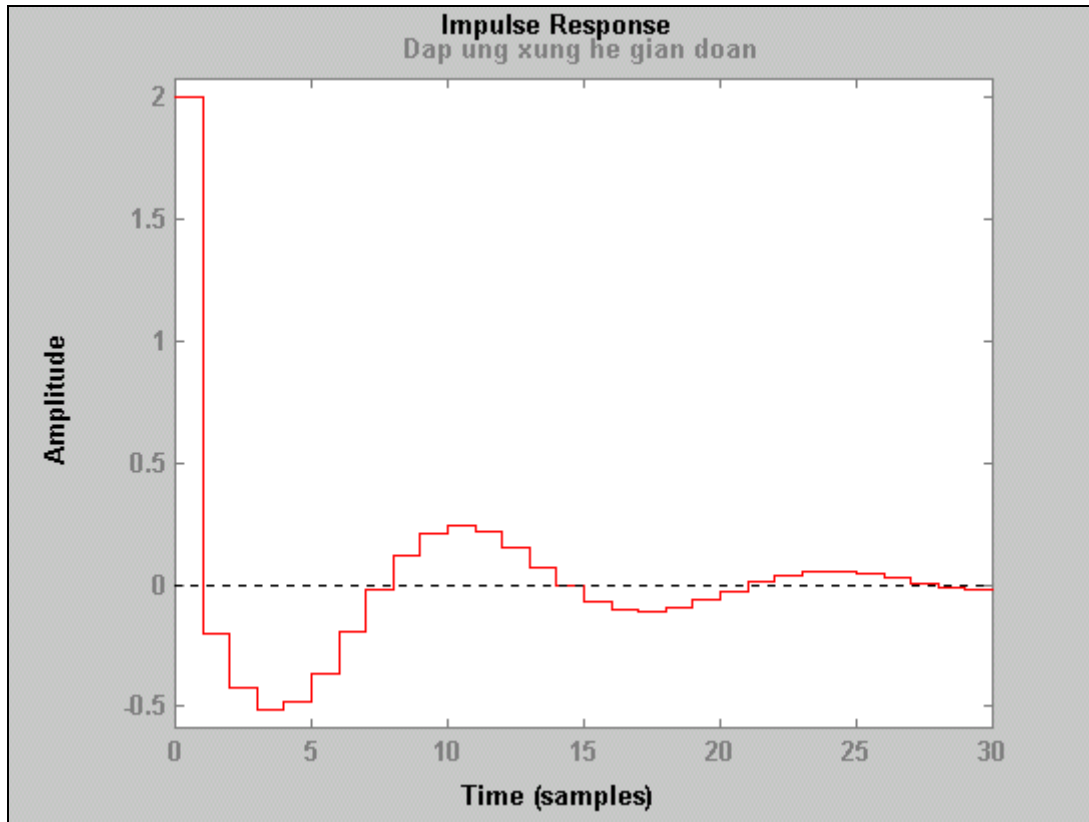
$$H(z) = \frac{2z^2 + 3.4z + 1.5}{z^2 - 1.6 + 0.8}$$

`num = [2 -3.4 1.5];`

`den = [1 -1.6 0.8];`

`dimpulse(num,den); title('Đáp ứng xung hệ gián đoạn')`

và cuối cùng ta được đồ thị đáp ứng xung hệ gián đoạn như sau:



3. Lệnh INITIAL

a) Công dụng:

Tìm đáp ứng điều kiện ban đầu.

b) Cú pháp:

`[y,x,t] = initial(a,b,c,d,x0)`

`[y,x,t] = initial(a,b,c,d,x0,t)`

c) Giải thích:

Lệnh initial dùng để tìm đáp ứng của hệ tuyến tính liên tục ứng với điều kiện ban đầu của các trạng thái. Nếu bỏ qua các đối số ở bên trái thì lệnh initial sẽ vẽ ra đáp ứng điều kiện ban đầu trên màn hình.

`initial(a,b,c,d,x0)` vẽ ra đồ thị đáp ứng điều kiện ban đầu của tất cả các ngõ ra của hệ liên tục LTI:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

với vector thời gian được xác định tự động. x_0 là vector trạng thái ban đầu.

`initial(a,b,c,d,x0,t)` vẽ ra đồ thị đáp ứng ban đầu với vector thời gian t do người sử dụng xác định. Vector t sẽ chỉ ra những thời điểm mà tại đó đáp ứng điều kiện ban đầu được tính.

Nếu sử dụng các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

`[y,x,t] = initial(a,b,c,d,x0)`

`[y,x,t] = initial(a,b,c,d,x0,t)`

sẽ không vẽ ra các đồ thị đáp ứng mà tạo ra các ma trận đáp ứng trạng thái x , đáp ứng ngõ ra y và vector thời gian t của hệ thống đối với điều kiện ban đầu x_0 . Ma trận y và x chứa các đáp ứng ngõ ra và đáp ứng trạng thái của hệ thống được tính tại thời điểm t . Ma trận y có số cột bằng số ngõ ra và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector t . Ma trận x có số cột bằng số trạng thái và mỗi cột ứng với một thành phần trong vector t .

d) Ví dụ:

Vẽ đáp ứng điều kiện ban đầu của hệ không gian trạng thái bậc 2 sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.5572 & -0.7814 \\ 0.7814 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [1.9691 \quad 6.4493] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [0] u$$

với điều kiện ban đầu $x_0 = [1 \quad 0]$

% Khai báo hệ thống, điều kiện ban đầu và trục thời gian:

`a = [-0.5572 -0.7814 ; 0.7814 0];`

`b = [1 ; 0];`

`c = [1.9691 6.4493];`

`d = [0];`

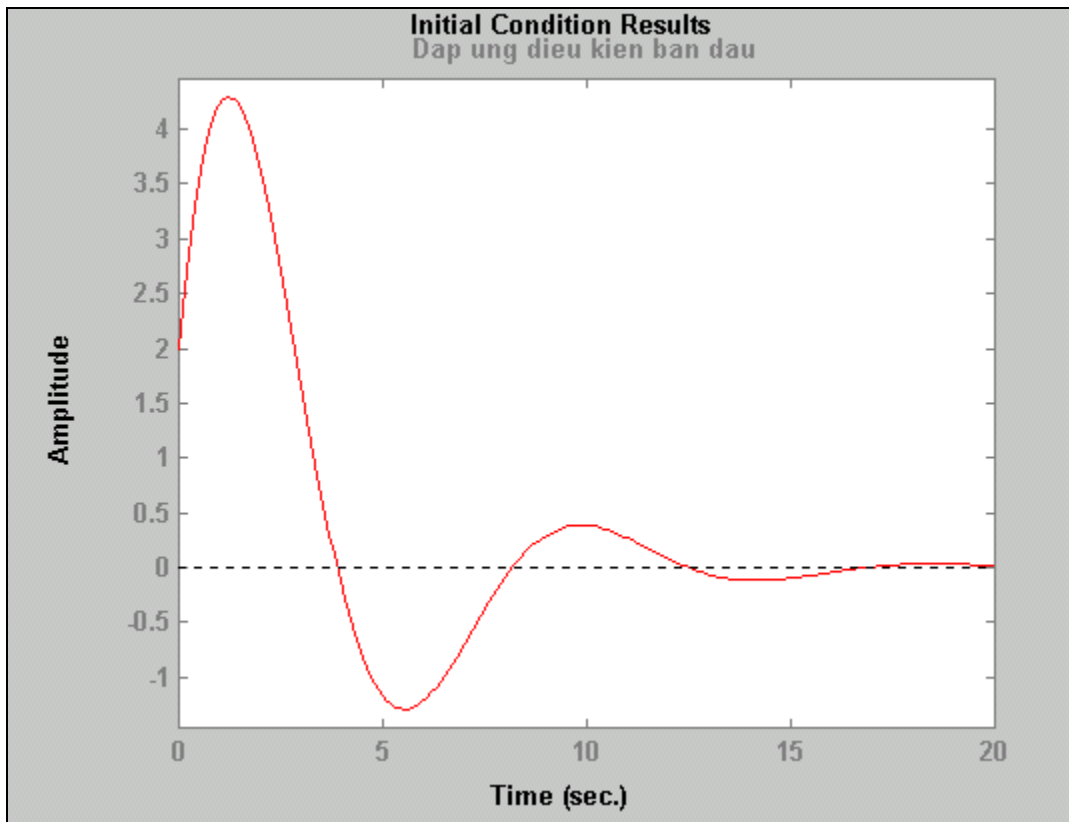
`x0 = [1 0];`

`t = 0:0.1:20;`

% Vẽ đáp ứng:

`initial(a,b,c,d,x0,t)`

`title('Đáp ứng điều kiện ban đầu')`



4. Lệnh DINITIAL

a) Công dụng:

Tìm đáp ứng điều kiện ban đầu của hệ gián đoạn.

b) Cú pháp:

$[y,x] = \text{dinitial}(a,b,c,d,x0)$

$[y,x] = \text{dinitial}(a,b,c,d,x0,n)$

c) Giải thích:

Lệnh dinitial dùng để tìm đáp ứng của hệ tuyến tính gián đoạn ứng với điều kiện ban đầu của các trạng thái. Nếu bỏ qua các đối số ở bên trái thì lệnh dinitial sẽ vẽ ra đáp ứng điều kiện ban đầu trên màn hình.

dinitial(a,b,c,d,x0) vẽ ra đồ thị đáp ứng điều kiện ban đầu của tất cả các ngõ ra của hệ gián đoạn LTI:

$$x[n + 1] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

với số điểm lấy mẫu được xác định tự động. x0 là vector trạng thái ban đầu.

dinitial(a,b,c,d,x0,n) vẽ ra đồ thị đáp ứng ban đầu với số điểm lấy mẫu n do người sử dụng xác định.

Nếu sử dụng các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

$[y,x] = \text{dinitial}(a,b,c,d,x0)$

$[y,x] = \text{dinitial}(a,b,c,d,x0,n)$

sẽ không vẽ ra các đồ thị đáp ứng mà tạo ra các ma trận đáp ứng trạng thái x, đáp ứng ngõ ra y của hệ thống đối với điều kiện ban đầu x0. Ma trận y có số cột bằng số ngõ ra và ma trận x có số cột bằng số trạng thái.

d) Ví dụ:

Vẽ đáp ứng điều kiện ban đầu của hệ không gian trạng thái bậc 2:

$$\begin{bmatrix} x_1[n+1] \\ x_2[n+1] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.7497 & -0.2027 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1[n] \\ x_2[n] \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -4.1841 \\ -6.5049 \end{bmatrix} u$$

$$y = [3.9321 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1[n] \\ x_2[n] \end{bmatrix}$$

với điều kiện ban đầu $x_0 = [1 \quad 0]$

$a = [-0.7497 \quad -0.2027 ; 1 \quad 0];$

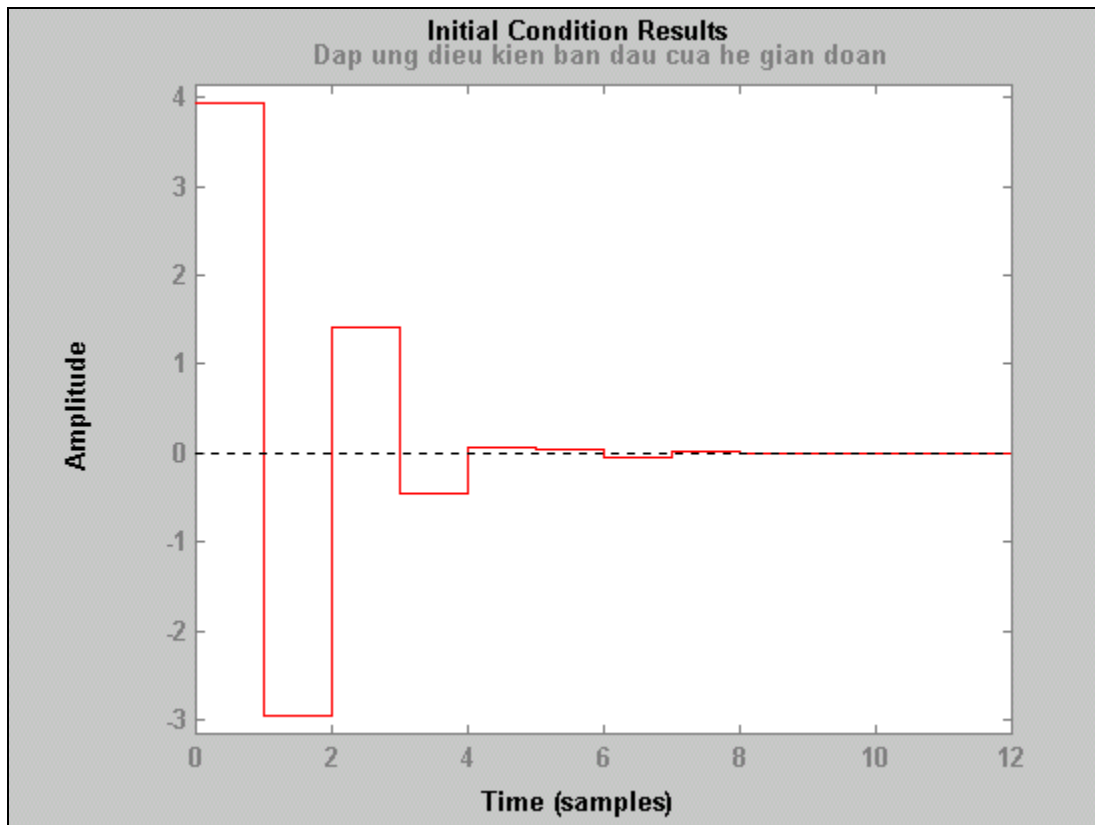
$b = [-4.1841 ; -6.5049];$

$c = [3.9321 \quad 0];$

$d = [0];$

$dinitial(a,b,c,d,[1 \quad 0]);$

$title('Đáp ứng điều kiện ban đầu của hệ gian đoạn')$



5. Lệnh LSIM

a) **Công dụng:**

Mô phỏng hệ thống liên tục với các ngõ vào tùy ý.

b) **Cú pháp:**

$$[y,c] = \text{lsim}(a,b,c,d,u,t)$$

$$[y,c] = \text{lsim}(a,b,c,d,u,t,x0)$$

$$[y,c] = \text{lsim}(\text{num},\text{den},u,t)$$

c) **Giải thích:**

Lệnh lsim dùng để mô phỏng hệ tuyến tính liên tục với các ngõ vào tùy ý.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì lệnh lsim vẽ ra ra đồ thị trên màn hình.

Cho hệ không gian trạng thái LTI:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

lsim(a,b,c,d,u,t) vẽ ra đồ thị đáp ứng thời gian của hệ thống với ngõ vào thời gian ban đầu nằm trong ma trận u. Ma trận u phải có số cột bằng số ngõ vào u. Mỗi hàng của ma trận u tương ứng với một thời gian mới và ma trận u phải có số hàng là length(t). Vector t chỉ ra trục thời gian cho quá trình mô phỏng và phải chia thành các đoạn bằng nhau. Nếu dùng thêm đối số x0 ở vế phải thì lệnh lsim(a,b,c,d,u,t,x0) sẽ chỉ ra điều kiện ban đầu của các trạng thái.

lsim(num,den,u,t) vẽ ra đáp ứng thời gian của hàm truyền đa thức:

$$G(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s.

Nếu giữ lại các đối số ở vế trái thì:

$$[y,c] = \text{lsim}(a,b,c,d,u,t)$$

$$[y,c] = \text{lsim}(a,b,c,d,u,t,x0)$$

$$[y,c] = \text{lsim}(\text{num},\text{den},u,t)$$

sẽ không vẽ ra các đồ thị đáp ứng mà tạo ra các ma trận y và x, trong đó ma trận y là đáp ứng ngõ ra và ma trận x là đáp ứng trạng thái của hệ thống. Ma trận y có số cột bằng số ngõ ra y và mỗi hàng ứng với một hàng của ma trận u. Ma trận x có số cột bằng số trạng thái x và mỗi hàng ứng với một hàng của ma trận u.

d) **Ví dụ:** (Trích từ trang 11-127 sách ‘Control System Toolbox’)

Mô phỏng và vẽ đồ thị đáp ứng của hệ thống có hàm truyền:

$$H(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3}$$

với chu kỳ sóng vuông là 10s.

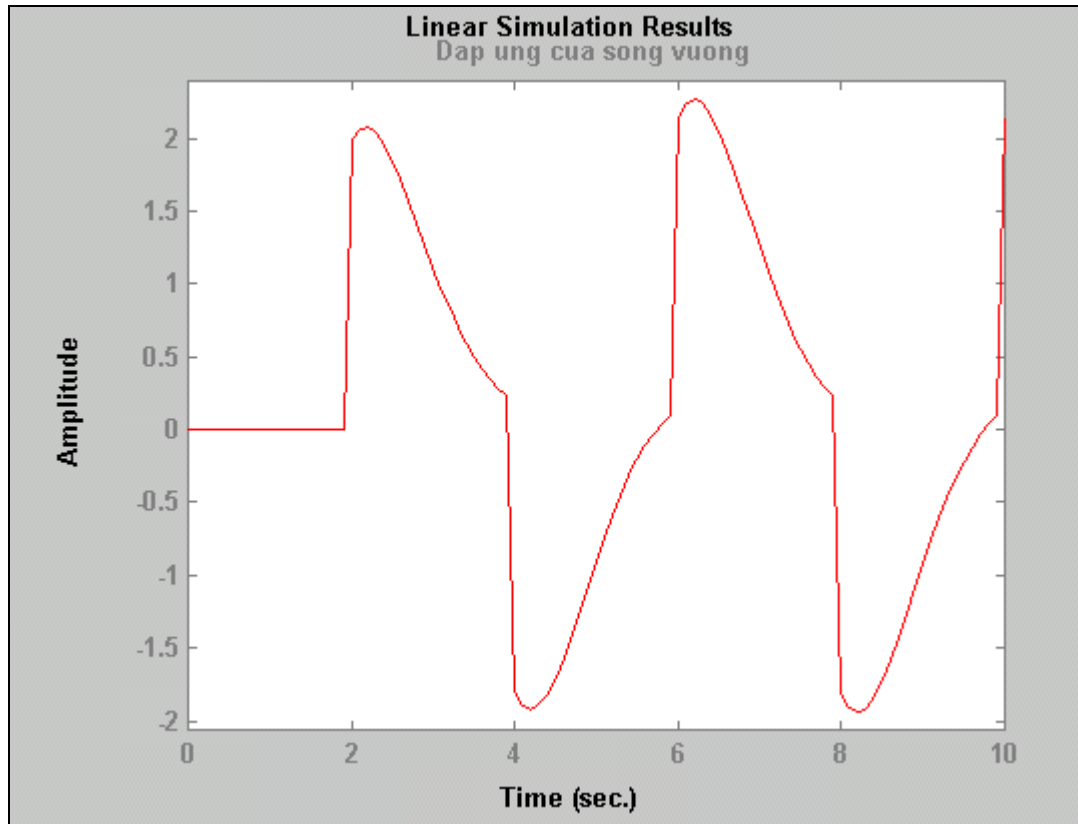
$$\text{num} = [2 \quad 5 \quad 1];$$

$$\text{den} = [1 \quad 2 \quad 3];$$

$$t = 0:0.1:10;$$

$$\text{period} = 4;$$

```
u = (rem(t,period)) >= period./2);  
lsim(num,den,u,t); title('Đáp ung của song vuong')  
và ta được đồ thị đáp ứng của hệ như sau:
```



6. Lệnh DLSIM

a) Công dụng:

Mô phỏng hệ thống gián đoạn với các ngõ vào tùy ý.

b) Cú pháp:

$[y,c] = \text{dlsim}(a,b,c,d,u,t)$

$[y,c] = \text{dlsim}(a,b,c,d,u,x0)$

$[y,c] = \text{dlsim}(\text{num},\text{den},u)$

c) Giải thích:

Lệnh lsim dùng để mô phỏng hệ tuyến tính gián đoạn với các ngõ vào tùy ý.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì lệnh dlsim vẽ ra đồ thị trên màn hình.

Cho hệ không gian trạng thái LTI:

$$x[n + 1] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

dlsim(a,b,c,d,u) vẽ ra đồ thị đáp ứng thời gian của hệ thống với ngõ vào thời gian ban đầu nằm trong ma trận u. Ma trận u phải có số cột bằng số ngõ vào u. Mỗi

hàng của ma trận u tương ứng với một thời điểm mới. Nếu dùng thêm đối số x0 ở vế phải thì lệnh lsim(a,b,c,d,u,x0) sẽ chỉ ra điều kiện ban đầu của các trạng thái.

lsim(num,den,u) vẽ ra đáp ứng thời gian của hàm truyền đa thức:

$$G(z) = \text{num}(z)/\text{den}(z)$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s.

Nếu giữ lại các đối số ở vế trái thì:

[y,c] = dlsim(a,b,c,d,u)

[y,c] = dlsim(a,b,c,d,u,x0)

[y,c] = dlsim(num,den,u)

sẽ không vẽ ra các đồ thị đáp ứng mà tạo ra các ma trận y và x, trong đó ma trận y là đáp ứng ngõ ra và ma trận x là đáp ứng trạng thái của hệ thống. Ma trận y có số cột bằng số ngõ ra y và mỗi hàng ứng với một hàng của ma trận u. Ma trận x có số cột bằng số trạng thái x và mỗi hàng ứng với một hàng của ma trận u.

d) Ví dụ:

Mô phỏng đáp ứng của hệ thống gián đoạn có hàm truyền:

$$H(z) = \frac{2z^2 - 3.4z + 1.5}{z^2 - 1.6z + 0.8}$$

với 100 mẫu của nhiễu ngẫu nhiên.

```
num = [2 -3.4 1.5];
```

```
den = [1 -1.6 0.8];
```

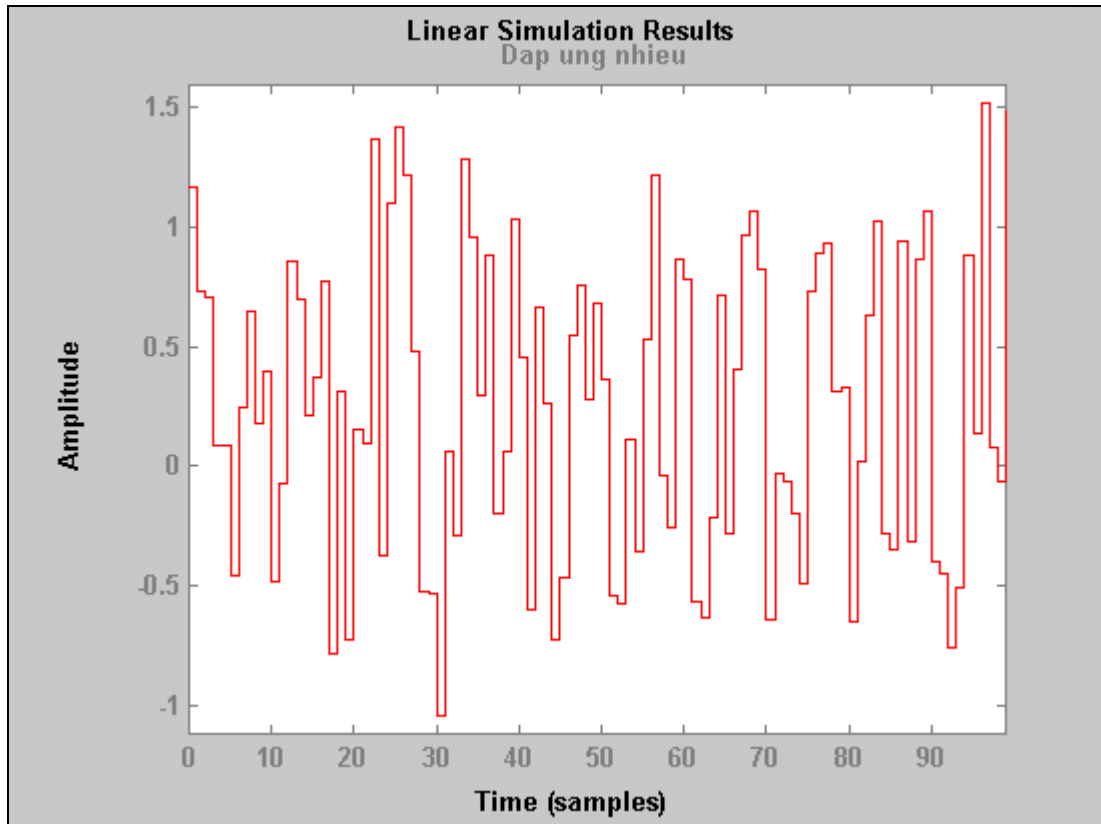
```
rand('nomal')
```

```
u = rand(100,1);
```

```
dlsim(num,den,u)
```

```
title('Dap ung nhieu')
```

và ta được đồ thị đáp ứng của hệ như sau:



7. Lệnh STEP

a) Công dụng:

Tìm đáp ứng nấc đơn vị.

b) Cú pháp:

`[y,x,t] = step(a,b,c,d)`

`[y,x,t] = step(a,b,c,d,iu)`

`[y,x,t] = step(a,b,c,d,iu,t)`

`[y,x,t] = step(num,den)`

`[y,x,t] = step(num,den,t)`

c) Giải thích:

Lệnh step tìm đáp ứng nấc đơn vị của hệ tuyến tính liên tục.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì lệnh step vẽ ra đáp ứng nấc trên màn hình.

`step(a,b,c,d)` vẽ ra chuỗi đồ thị đáp ứng nấc, mỗi đồ thị tương ứng với mối quan hệ giữa một ngõ vào và một ngõ ra của hệ liên tục LTI:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

với vector thời gian được xác định tự động.

`step(a,b,c,d,iu)` vẽ ra đồ thị đáp ứng nấc từ một ngõ vào duy nhất tới tất cả các ngõ ra của hệ thống với vector thời gian được xác định tự động. Đại lượng vô hướng iu

là chỉ số ngõ vào của hệ thống và nó chỉ ra ngõ vào nào được sử dụng cho đáp ứng xung.

`step(num,den)` vẽ ra đồ thị đáp ứng nấc của hàm truyền đa thức:

$$G(s) = \text{num}(s)/\text{den}(s)$$

trong đó `num` và `den` chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s .

`step(a,b,c,d,iu,t)` hay `step(num,den,t)` cũng vẽ ra đáp ứng nấc của hệ không gian trạng thái hay hàm truyền với vector thời gian t do người sử dụng xác định. Vector t chỉ ra những thời điểm mà tại đó đáp ứng nấc được tính và vector t phải được chia thành những đoạn đều nhau.

Nếu giữ lại các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

$$[y,x,t] = \text{step}(a,b,c,d)$$

$$[y,x,t] = \text{step}(a,b,c,d,iu)$$

$$[y,x,t] = \text{step}(a,b,c,d,iu,t)$$

$$[y,x,t] = \text{step}(\text{num},\text{den})$$

$$[y,x,t] = \text{step}(\text{num},\text{den},t)$$

không vẽ ra các đồ thị đáp ứng mà tạo ra các ma trận đáp ứng ngõ ra y và ma trận đáp ứng trạng thái x của hệ thống được xác định tại những thời điểm t . Ma trận y có số cột bằng số ngõ ra và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector t . Ma trận x có số cột bằng số trạng thái và mỗi hàng ứng với một thành phần trong vector t .

d) Ví dụ:

Vẽ đồ thị đáp ứng nấc của hệ không gian trạng thái bậc 2 sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.5572 & -0.7814 \\ 0.7814 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = [1.9691 \quad 6.4493] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + [0] u$$

$$a = [-0.5572 \quad -0.7814 ; 0.7814 \quad 0];$$

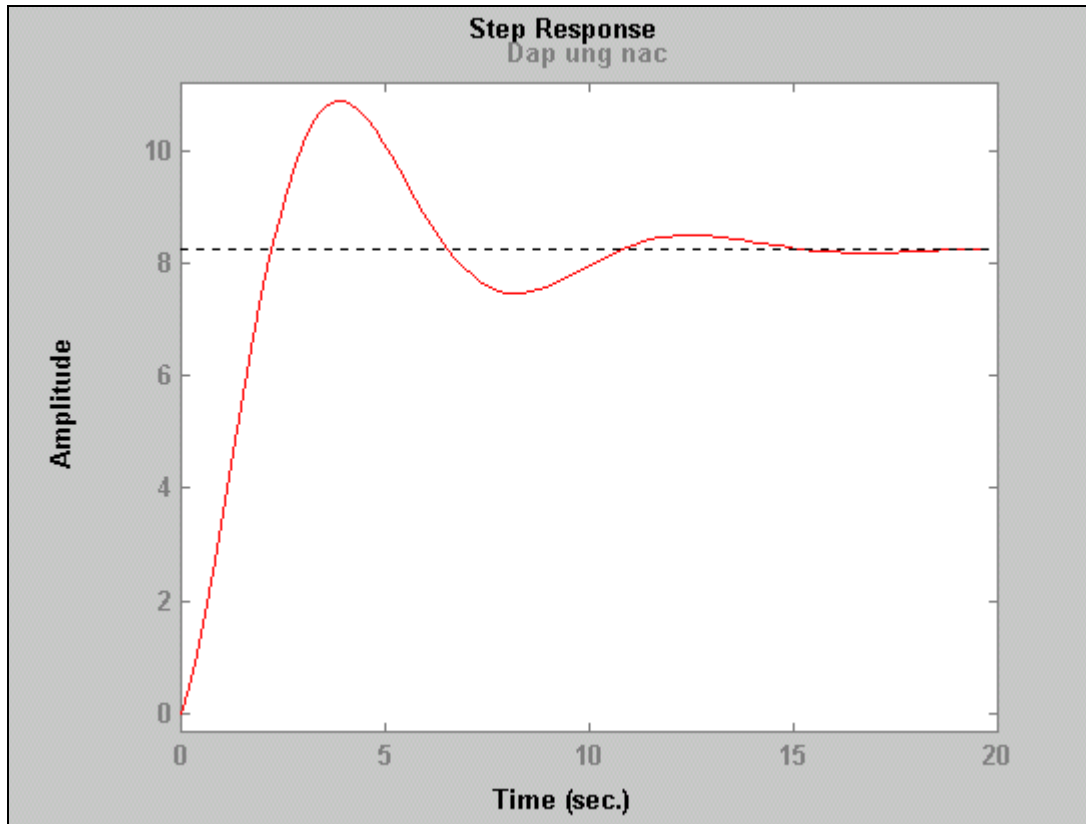
$$b = [1 ; 0];$$

$$c = [1.9691 \quad 6.4493];$$

$$d = [0];$$

$$\text{step}(a,b,c,d); \text{title}(\text{'Đáp ứng nấc'})$$

và ta được đồ thị đáp ứng nấc của hệ thống như sau:



8. Lệnh DSTEP

a) Công dụng:

Tìm đáp ứng nấc đơn vị của hệ gián đoạn.

b) Cú pháp:

$[y,x] = \text{dstep}(a,b,c,d)$

$[y,x] = \text{dstep}(a,b,c,d,iu)$

$[y,x] = \text{dstep}(a,b,c,d,iu,n)$

$[y,x] = \text{dstep}(\text{num},\text{den})$

$[y,x] = \text{dstep}(\text{num},\text{den},n)$

c) Giải thích:

Lệnh `dstep` tìm đáp ứng nấc đơn vị của hệ tuyến tính gián đoạn.

Nếu bỏ qua các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì lệnh `dstep` vẽ ra đáp ứng nấc trên màn hình.

`dstep(a,b,c,d)` vẽ ra chuỗi đồ thị đáp ứng nấc, mỗi đồ thị tương ứng với mỗi quan hệ giữa một ngõ vào và một ngõ ra của hệ gián đoạn LTI:

$$x[n + 1] = Ax[n] + Bu[n]$$

$$y[n] = Cx[n] + Du[n]$$

với số điểm lấy mẫu được xác định tự động.

`dstep(a,b,c,d,iu)` vẽ ra đồ thị đáp ứng nấc từ một ngõ vào duy nhất tới tất cả các ngõ ra của hệ thống với số điểm lấy mẫu được xác định tự động. Đại lượng vô

hướng iu là chỉ số ngõ vào của hệ thống và nó chỉ ra ngõ vào nào được sử dụng cho đáp ứng xung.

dstep(num,den) vẽ ra đồ thị đáp ứng nấc của hàm truyền đa thức:

$$G(z) = \text{num}(z)/\text{den}(z)$$

trong đó num và den chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của s.

dstep(a,b,c,d,iu,n) hay dstep(num,den,n) cũng vẽ ra đáp ứng nấc của hệ không gian trạng thái hay hàm truyền với số điểm lấy mẫu do người sử dụng xác định.

Nếu giữ lại các đối số ở vế trái của dòng lệnh thì:

[y,x] = dstep(a,b,c,d)

[y,x] = dstep(a,b,c,d,iu)

[y,x] = dstep(num,den)

[y,x] = dstep(num,den)

[y,x] = dstep(num,den,n)

không vẽ ra các đồ thị đáp ứng mà tạo ra các ma trận đáp ứng ngõ ra y và ma trận đáp ứng trạng thái x của hệ thống. Ma trận y có số cột bằng số ngõ ra. Ma trận x có số cột bằng số trạng thái.

d) Ví dụ:

Vẽ đáp ứng nấc của hệ gián đoạn của hệ có hàm truyền như sau:

$$H(z) = \frac{2z^2 - 3.4z + 1.5}{z^2 - 1.6z + 0.8}$$

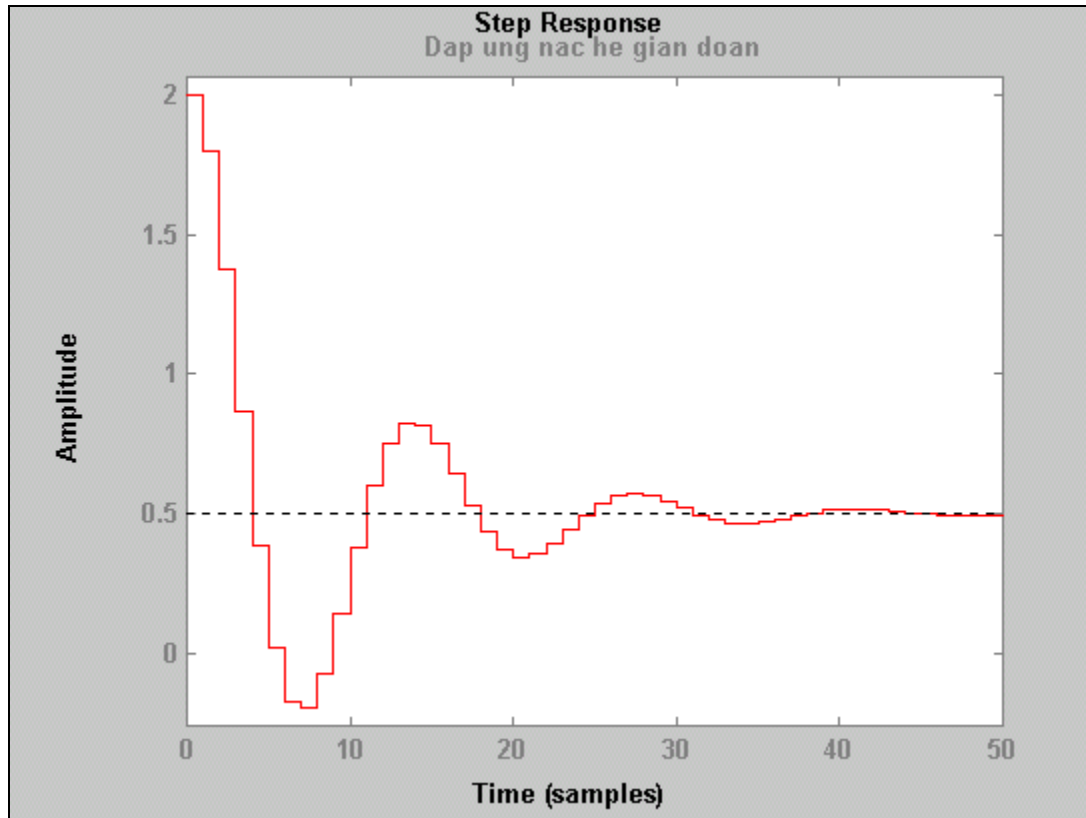
num = [2 -3.4 1.5];

den = [1 -1.6 0.8];

dstep(num,den)

title('Đáp ứng nấc hệ gián đoạn')

và ta được đồ thị đáp ứng nấc của hệ như hình bên:



9. Lệnh LTITR

a) **Công dụng:**

Tìm đáp ứng thời gian của hệ tuyến tính bất biến.

b) **Cú pháp:**

litr(a,b,u)

litr(a,b,u,x0)

c) **Giải thích:**

Lệnh litr dùng để mở rộng đáp ứng thời gian của hệ tuyến tính bất biến. Nó mô phỏng cho hệ không gian trạng thái gián đoạn:

$x = \text{litr}(a,b,u)$ mở rộng đáp ứng của hệ gián đoạn:

$$x[n + 1] = Ax[n] + Bu[n]$$

đối với ngõ vào u. Ma trận u phải có số cột bằng số ngõ vào u. Mỗi hàng của ma trận u tương ứng với một điểm thời gian mới.

litr tạo ra ma trận x với số cột bằng số trạng thái x và có số hàng là length(u).

Nếu thêm vào vế phải dòng lệnh tham số x0 thì điều kiện ban đầu sẽ được thiết lập với lệnh $x = \text{litr}(a,b,u,x0)$

10. Lệnh FILTER

a) **Công dụng:**

Lọc dữ liệu với đáp ứng xung không xác định hay đáp ứng xung xác định.

b) Cú pháp:

```
y = filter(b,a,X)
[y,zf] = filter(b,a,X)
[y,zf] = filter(b,a,X,zi)
y = filter(b,a,X,zi,dim)
[...] = filter(b,a,X,[ ],dim)
```

c) Giải thích:

Lệnh filter lọc dữ liệu tuần tự sử dụng bộ lọc số cho các ngõ vào thực và phức.

$y = \text{filter}(b,a,X)$ lọc dữ liệu trong vector X với bộ lọc được mô tả bởi vector hệ số tử số b và vector hệ số mẫu số a . Nếu $a(1)$ không bằng 1, bộ lọc sẽ chuẩn hóa hệ số lọc bởi $a(1)$. Nếu $a(1)$ bằng 0 thì sẽ báo lỗi.

Nếu X là một ma trận, bộ lọc sẽ thực hiện trên các cột của X . Nếu X là một mảng đa chiều, bộ lọc sẽ thực hiện theo chiều duy nhất.

$[y,zf] = \text{filter}(b,a,X)$ tạo ma trận điều kiện cuối cùng zf của bộ lọc. Ngõ ra zf là một vector của $\max(\text{size}(a),\text{size}(b))$ hoặc một tập hợp các vector với mỗi vector là một cột của X .

$[y,zf] = \text{filter}(b,a,X,zi)$ chấp nhận điều kiện ban đầu zi và tạo ra điều kiện cuối cùng cuối cùng zf của bộ lọc. Ngõ vào zi là một vector có kích thước $\text{length}(a),\text{length}(b) - 1$.

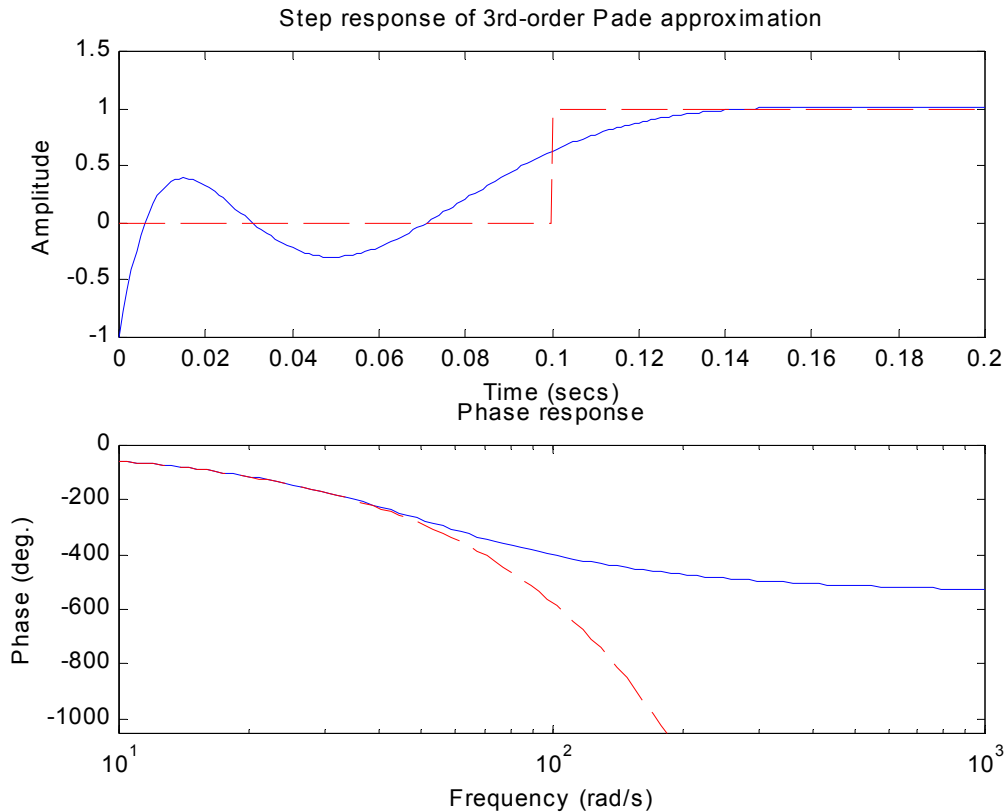
$y = \text{filter}(b,a,X,zi,\text{dim})$ và $[...] = \text{filter}(b,a,X,[],\text{dim})$ thực hiện lọc theo chiều dim .

CÁC BÀI TẬP VỀ ĐÁP ỨNG THỜI GIAN

Bài 1: Lệnh `pade`: Tính toán sấp xỉ

Bài này trích từ trang 11-66 sách ‘Control System Toolbox’

» `pade(0.1,3)`



Bài 2: Trích từ trang 11-24 sách ‘Control System Toolbox’

$$H(s) = \frac{s - 1}{s^2 + 4s + 5}$$

» `H=tf([1 -1],[1 4 5],'inputdelay',0.35)`

Transfer function:

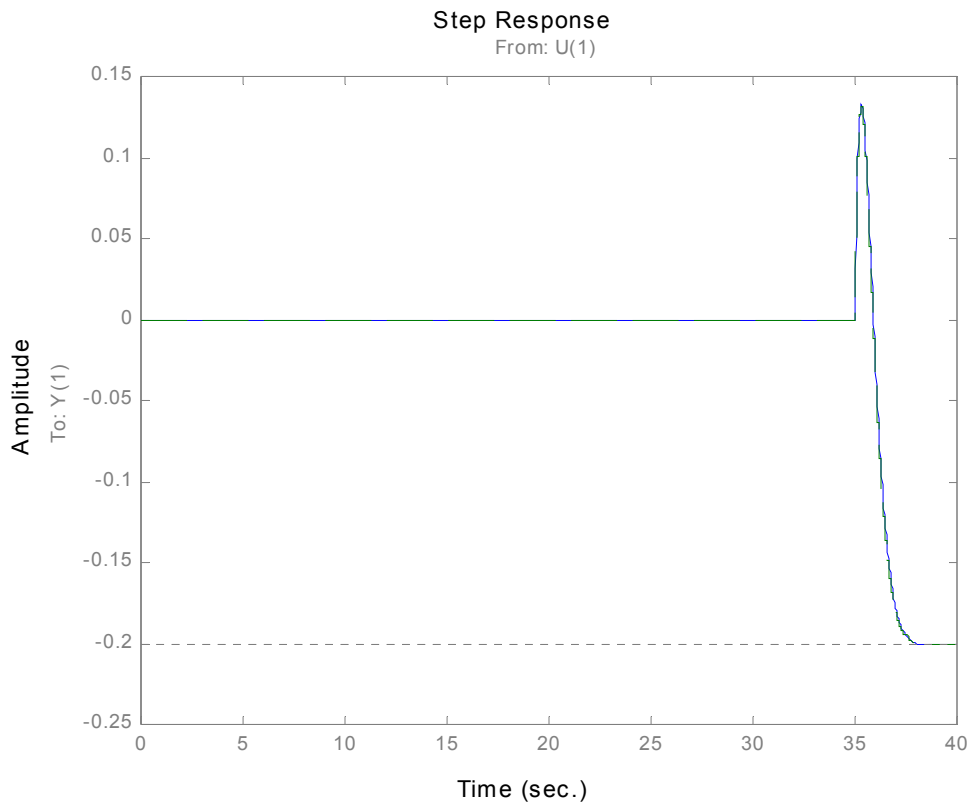
$$\exp(-35*s) * \frac{s - 1}{s^2 + 4s + 5}$$

» `Hd=c2d(H,0.1,'foh')`

Transfer function:

$$0.04226 z^2 - 0.01093 z - 0.03954 \\ z^{(-350)} * \frac{\text{-----}}{z^2 - 1.629 z + 0.6703}$$

Sampling time: 0.1
» step(H,'-',Hd,'--')

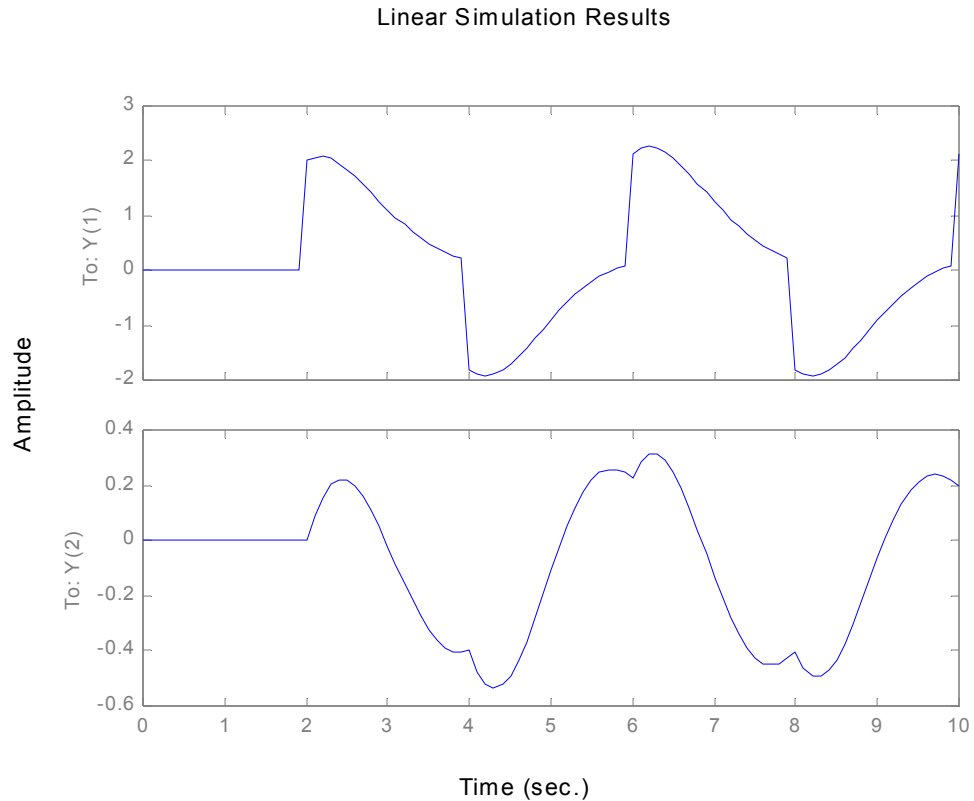


Bài 3: Trang 11-127, $H(s) = \left(\begin{array}{c} \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3} \\ \frac{s - 1}{s^2 + s + 5} \end{array} \right)$

» [u,t]=gensig('square',4,10,0.1);
» H=[tf([2 5 1],[1 2 3]);tf([1 -1],[1 1 5])];
» lsim(H,u,t)

Kết quả:

Bài tập này được trích từ trang 11-127 sách ‘Control System Toolbox’



Bài 4: Dùng lệnh **lsim**, trích từ trang 11-130 sách ‘**Control System Toolbox**’

Dịch đề: Vẽ đáp ứng khâu bậc 2 của hàm truyền sau:

$$h(s) = \frac{\omega^2}{s^2 + 2s + \omega^2}$$

$$\omega = 62,83$$

» w2=62.83^2

w2 =

3.9476e+003

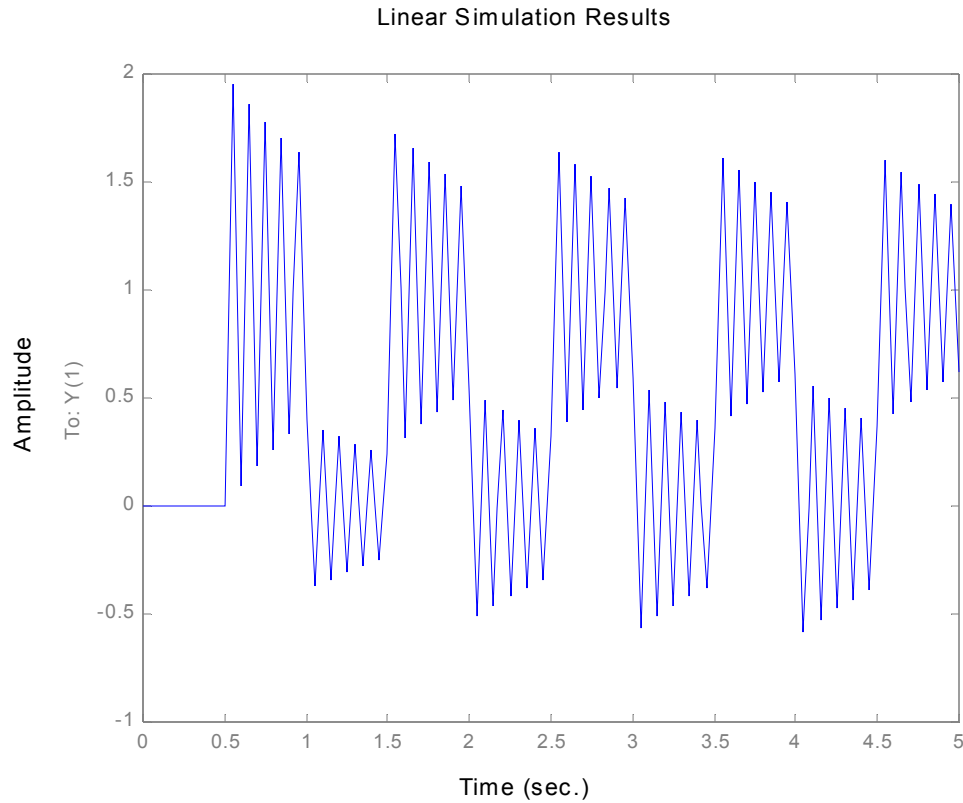
» h=tf(w2,[1 2 w2]);

» t=0:0.1:5; %vector of time sample:

» u=(rem(t,1)>=0.5); %square wave value :

» lsim(h,u,t)

Kết quả:

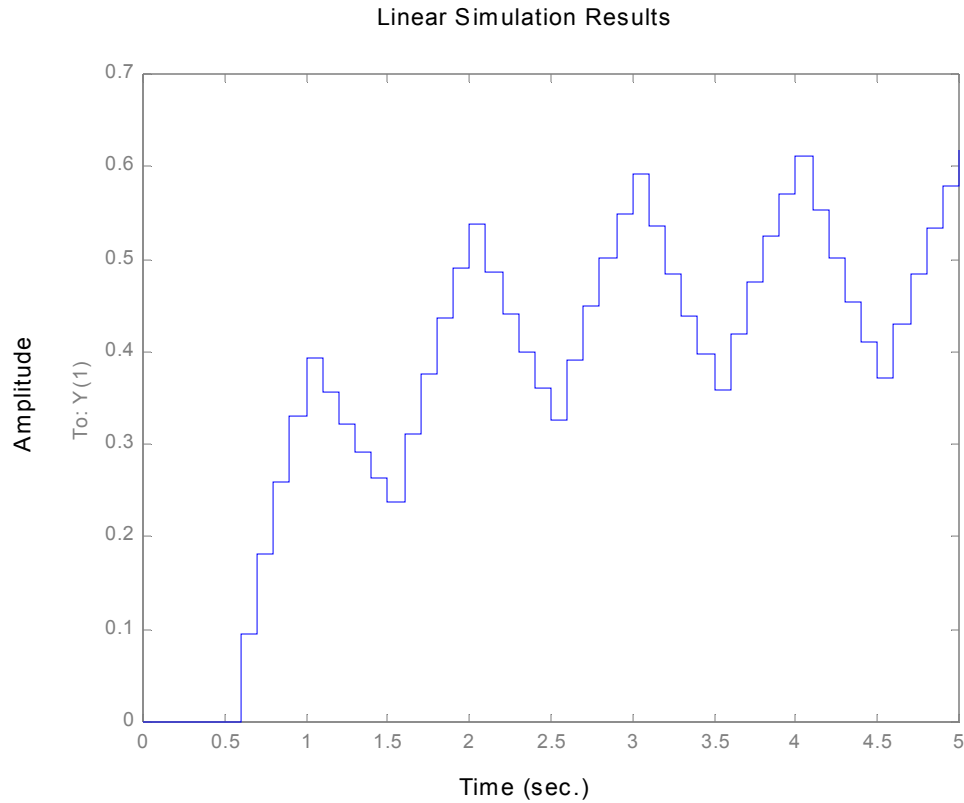


Bài 5: Trang 11-131 sách ‘Control System Toolbox’

Ta lấy số liệu bài 24 nhưng thời gian mẫu là 0,1.

Chương trình:

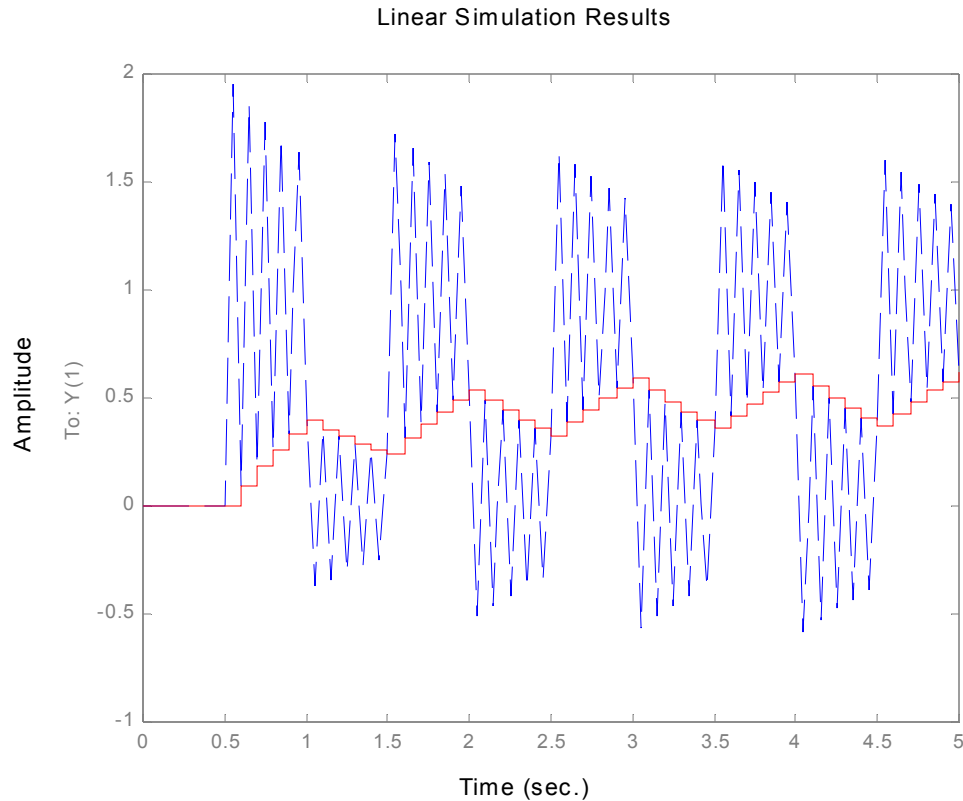
```
» w2=62.83^2;  
» hd=c2d(h,0.1);  
» t=0:0.1:5; %vector of time sample:  
» u=(rem(t,1)>=0.5); %square wave value :  
» lsim(hd,u,t)
```



Bài 6: Trang 11-132 sách ‘Control System Toolbox’

Cũng lấy số liệu 2 bài trên.

- » $w2=62.83^2$;
- » $h=tf(w2,[1 \ 2 \ w2])$;
- » $t=0:0.1:5$; %vector of time sample:
- » $u=(\text{rem}(t,1)\geq 0.5)$; %square wave value :
- » $hd=c2d(h,0.1)$;
- » $lsim(h,'b--',hd,'r-',u,t)$ %



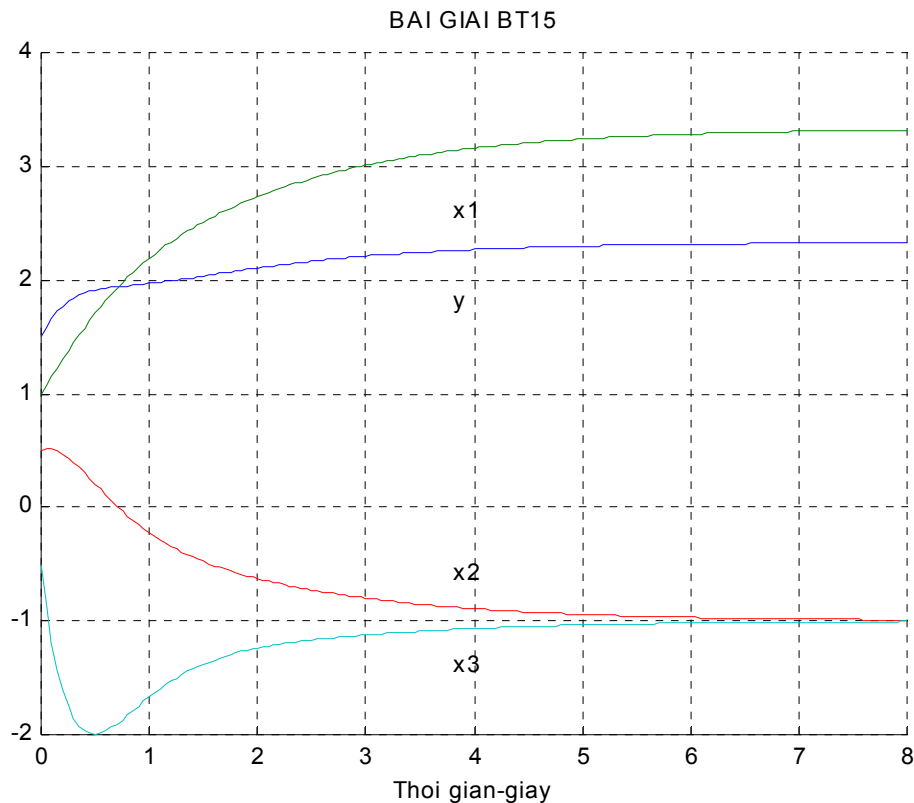
Bài 7: Trích từ trang 46 sách ‘ứng dụng matlab trong điều khiển tự động’

Phương trình biến trạng thái của hệ thống tuyến tính bất biến theo thời gian là:

Chương trình được viết trong file.m:

```
%function [yout,x] = lsim(A, B, C, D, U, t, x0)
%Phuong trình bien trang thai cua mot he thong tuyen tinh
% bat bien theo thoi gian la:
% .
% x1
% .    0  1  0    x1    1
% {x2} = { 0  0  1 } { x2 } + {1} r(t)
% .    -6 -11 -6    x3    1
% x3
%      1
% y=[1 1 0]x, x(0)= 0.5
%      -0.5
% Xac dinh x(t),y(t) khi r(t) la ham bac don vi
hold on
grid on
A=[0 1 0;0 0 1;-6 -13 -6];
B=[1;1;1];%xac dinh vi ban dau va hinh dang cua do thi x1,y,x2,x3
C=[1 1 0];
```

```
D=0;
x0=[1 .5 -.5]; %vecto hang dieu kien ban dau
t=0:.05:8; %buoc nhay
U=ones(1,length(t));%tao vecto hang u(t)
[x,y]=lsim(A,B,C,D,U,t,x0);
plot(t,x,t,y)
title('BAI GIAI BT15')
xlabel('Thoi gian-giay')
text(3.8,1.8,'y'),text(3.8,2.6,'x1');%Canh vi tri cua y va x1 tren do thi
text(3.8,-0.6,'x2'),text(3.8,-1.4,'x3')%Canh vi tri cua x2 va x3 tren do thi
```



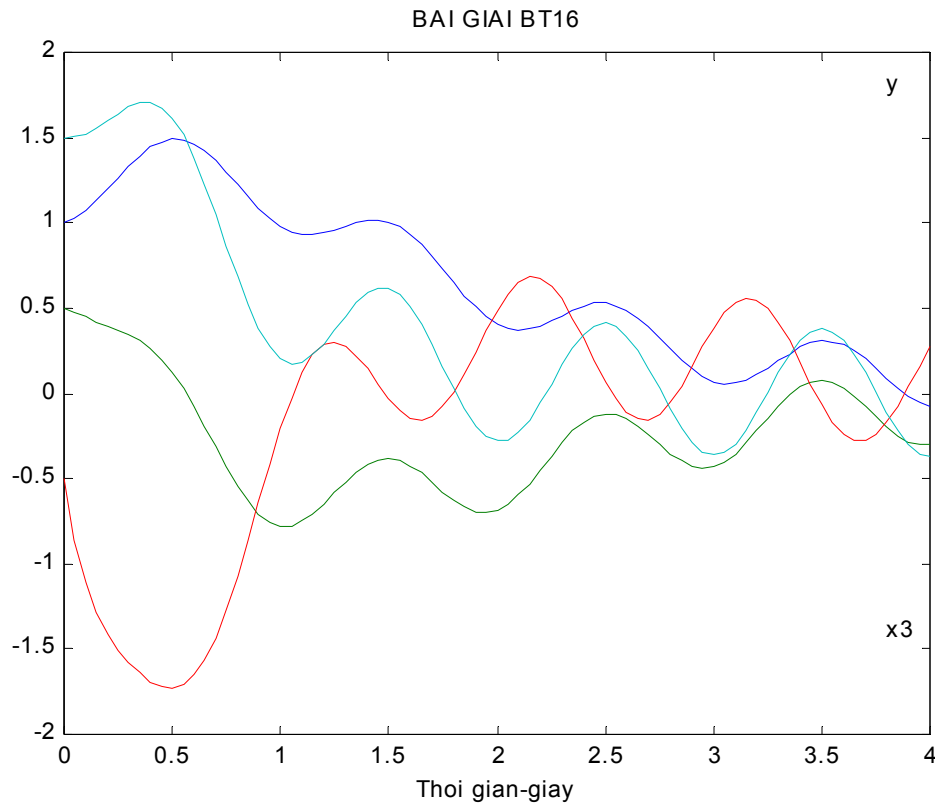
Bài 9: trích từ trang 48 sách tác giả Nguyễn Văn Giáp.

Cũng với yêu cầu như bài 28, nhưng $r(t)=\sin(2\pi t)$.

Chương trình soạn trong file.m:

```
%function [yout,x] = lsim(A, B, C, D, U, t, x0)
%BT16:Ve do thi y(t),x(t) cua bai BT15 neu r(t)=sin(2pit)
A=[0 1 0;0 0 1;-6 -11 -6];
B=[1;1;1];C=[1 1 0];D=0;
```

```
x0=[1 .5 -.5];      %vecto hang dieu kien ban dau
t=0:.05:4;         %buoc nhay
r=sin(2*pi*t);
[y,x]=lsim(A,B,C,D,r,t,x0);
plot(t,x,t,y)
title('BAI GIAI BT16')
xlabel('Thoi gian-giay')
text(3.8, 1.8,'y'),text(3.8, 2.6,'x1')
text(3.8, -8,'x2'),text(3.8, -1.4,'x3')
```



ài

Bài 10: Xét hàm truyền sau:

$$G(s) = \frac{s + 10}{s^2 + 8s + 25}$$

Để tính đáp ứng bước của hệ thống này ta dùng cấu trúc như sau:

[out,state,tt]=step([1 10],[1 8 25])

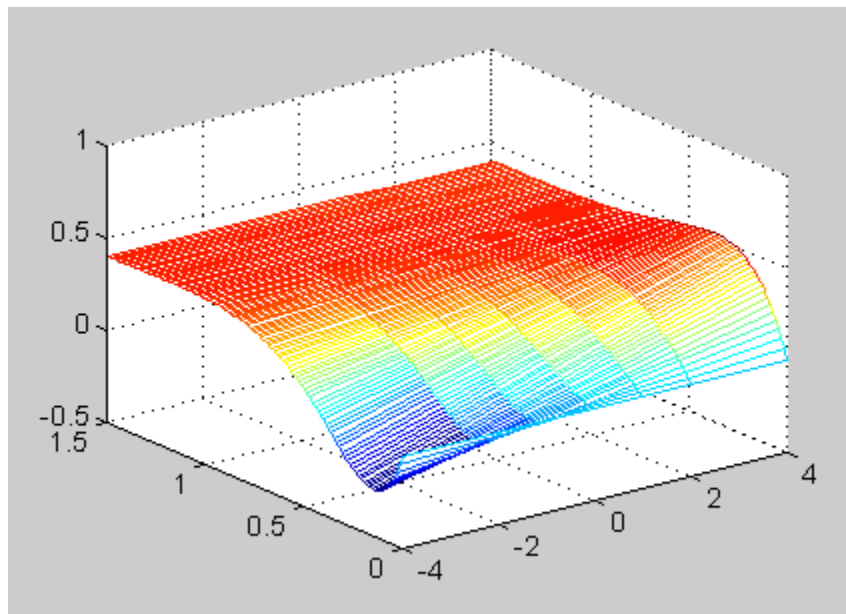
Giả sử ta muốn phân tích một đáp ứng bước của hệ thống thay đổi, với zero của hàm truyền thay đổi nhưng độ lợi dc (dc gain) của hệ thống không đổi, để giữ lại cho hệ thống cùng mẫu và thay đổi hệ số của số hạng đầu trong đa thức của tử, tức là hệ số của s, vì vậy mà dc gain là hằng số và zero thay đổi.

Ví dụ : hệ thống như ví dụ trên nhưng số hạng ban đầu của đa thức ở tử số thay đổi thành (-4,-2,-1,0,1,2,4)

Ta thực hiện trong cửa sổ lệnh của matlab như sau:

```
» coef=[-4 -2 -1 0 1 2 4];  
» den=[1 8 25];  
» [y,x,t]=step([coef' 10*ones(length(coef),1)],den);  
» mesh(coef,t,y)
```

Kết quả như hình:



Hình 3.7: So sánh giữa các đáp ứng step

Bài 11: đáp ứng xung (impulse)

Ví dụ hệ thống có hàm truyền sau:

$$G(s) = \frac{s + 10}{s^2 + 2s + 25}$$

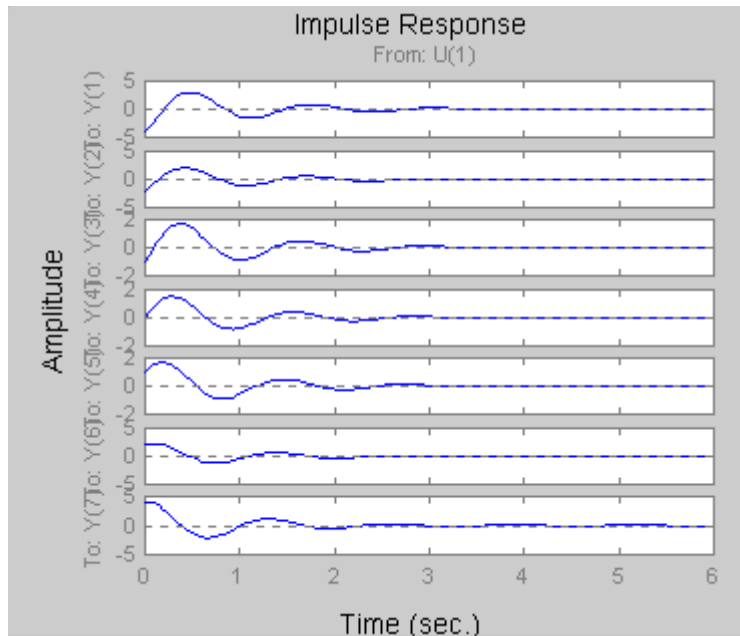
Vẽ đáp ứng xung của hệ thống:

```
impulse([1 10],[1 2 25])
```

Giả sử ta muốn phân tích đáp ứng xung thay đổi như thế nào khi zero của hàm truyền thay đổi, không thay đổi dc gain của hệ thống. giống như ví dụ ở phần trước ta có :

```
» coef=[-4 -2 -1 0 1 2 4];  
» den=[1 2 25];  
» impulse([coef' 10*ones(length(coef),1)],den);
```

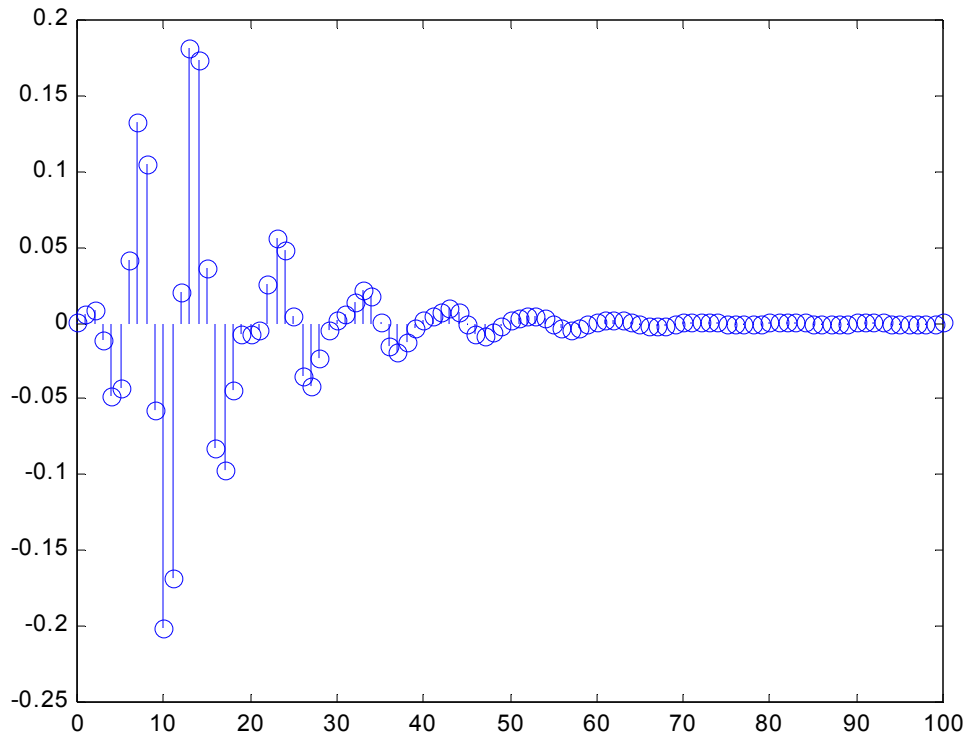
Kết quả như hình sau:



Bài 12: Trích từ trang 716 sách ‘**The Student Edition of MATLAB**’

Dịch đề: Thiết kế 1 khâu gồm 10 bộ lọc của dải băng truyền ngang có tần số từ 100 đến 200 Hz và vẽ đáp ứng xung của nó:

```
» n=5;wn=[100 200]/500;  
» [b,a]=butter(n,wn);  
» [y,t]=impz(b,a,101);  
» stem(t,y)
```



Bài 13: Đáp ứng từng ngõ vào

Một vấn đề tổng quát hơn là ta có thể tính được tín hiệu ngõ ra của hệ thống LTI với một tín hiệu ngõ vào không đồng nhất.

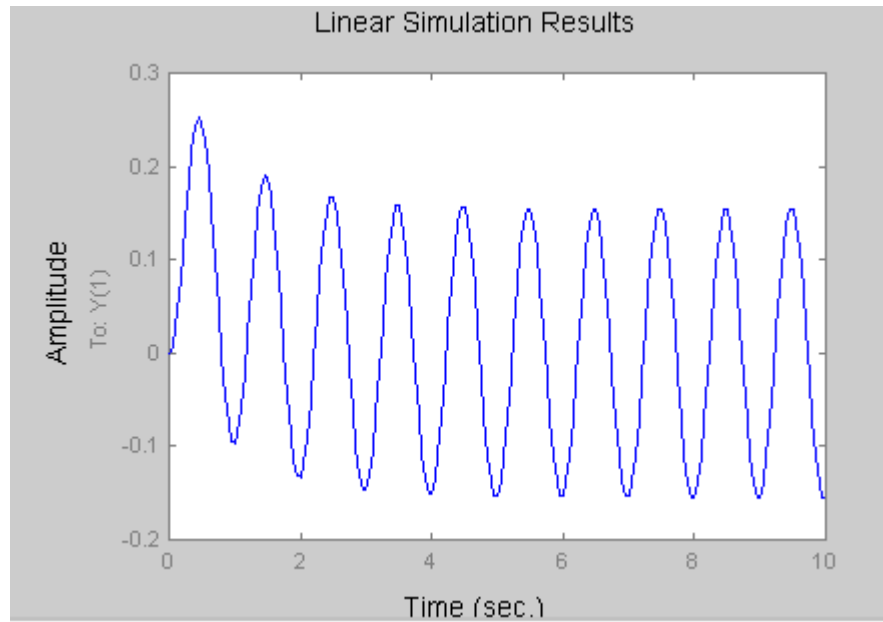
Ví dụ như hệ thống bậc nhất sau:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -x + u \\ y &= x \end{aligned}$$

Hệ thống này bị tác động với một tín hiệu ngõ vào hình sin có tần số là 1Hz, tín hiệu ngõ ra thu được bởi cấu trúc:

```
>> freq=1; t=0:0.05:10;  
>> u=sin(2*pi*freq*t); lsim(-1,1,1,0,u,t)
```


Kết quả là hình sau:



Hình : Đáp ứng từng ngõ vào

VẼ GIẢN ĐỒ BODE, NyQuist, Nichols

LÝ THUYẾT:

Giản đồ Bode gồm hai đồ thị: Đồ thị logarith biên độ của hàm truyền và góc pha theo logarith tần số. (một đơn vị ở trục hoành gọi là một decade).

$$\text{Biên độ : } |G(j\omega)|_{dB} = 20 \log_{10} |G(j\omega)| \quad (2.22)$$

$$\text{Pha : } \varphi = \angle G(j\omega) \text{ (hay } \arg G(j\omega)) \quad (2.23)$$

Giản đồ Bode của các khâu cơ bản:

* Khâu khuếch đại:

$$\text{Hàm truyền đạt } G(s) = K$$

Giản đồ Bode $L(\omega) = 20 \lg M(\omega) = 20 \lg K$ là 1 đường thẳng song song với trục hoành.

* Khâu quán tính bậc 1:

$$\text{Hàm truyền đạt } G(s) = \frac{K}{Ts + 1}$$

Biểu đồ Bode $L(\omega) = 20 \lg M(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \sqrt{T^2 \omega^2 + 1}$ có độ dốc giảm

-20dB/decade

* Khâu vi phân bậc 1:

$$\text{Hàm truyền đạt } G(s) = K(Ts + 1)$$

Giản đồ Bode $L(\omega) = 20 \lg M(\omega) = 20 \lg K + 20 \lg \sqrt{T^2 \omega^2 + 1}$ có độ dốc tăng 20dB/decade

* Khâu tích phân:

$$\text{Hàm truyền đạt } G(s) = \frac{K}{s}$$

$$\text{Giản đồ Bode } L(\omega) = 20 \lg M(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \omega$$

* Khâu bậc 2:

$$\text{Hàm truyền đạt } G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\varepsilon\omega_n s + \omega_n^2}$$

$$\text{Giản đồ Bode } L(\omega) = -20 \lg \sqrt{(1 - \omega^2 t^2)^2 + 4\varepsilon^2 \omega^2 t^2}$$

BÀI TẬP

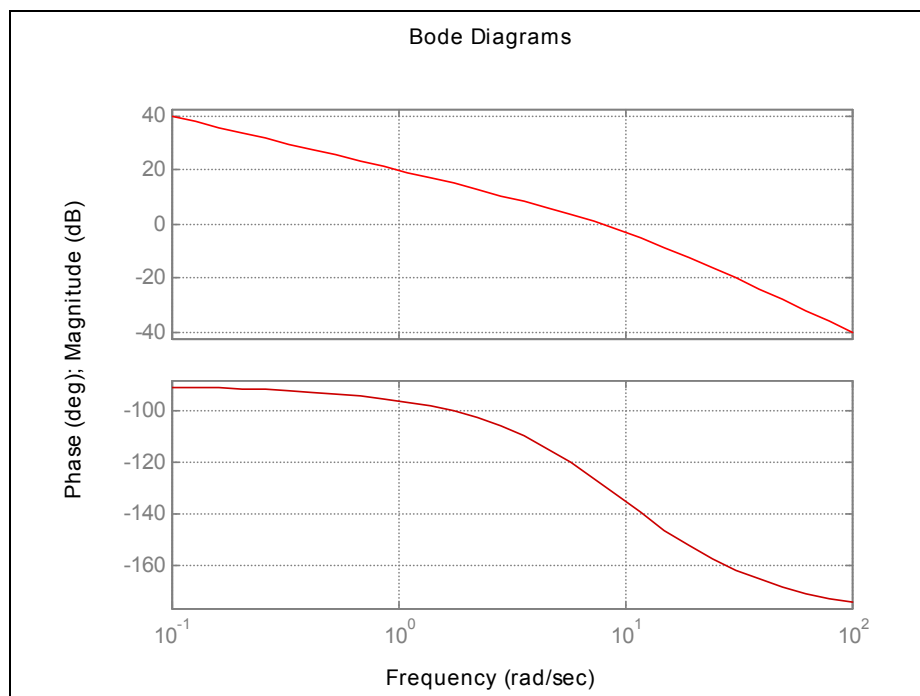
Bài 1:

Vẽ giản đồ Bode hệ thống hồi tiếp đơn vị của hàm truyền vòng hở sau:

$$G(s) = \frac{10}{s(1 + 0.1s)}$$

```
» num = 10;  
» den = [0.1 1 0];  
» bode(num,den)
```

Kết quả:



Hệ thống gồm 1 khâu khuếch đại bằng 10, một khâu tích phân và một khâu quán tính bậc 1

Tần số gãy: 10.

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20dB - 20\log\omega$$

Tại tần số $\omega = 1$ rad/sec $|G(j\omega)|_{dB} = 20$ dB và độ dốc -20 dB/decade (do khâu tích phân).

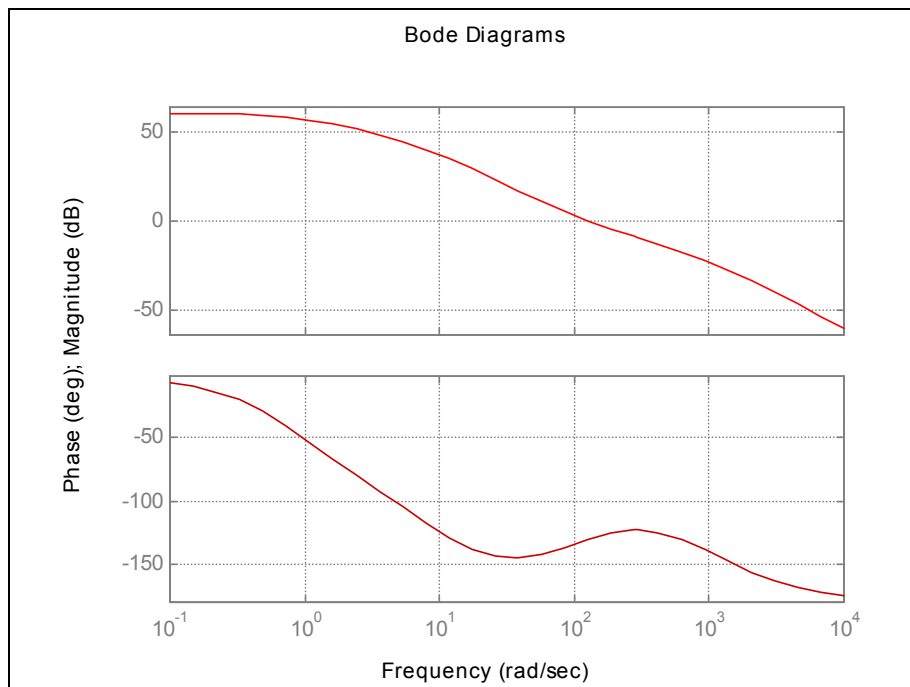
Độ dốc -20 dB/decade tiếp tục cho đến khi gặp tần số cắt $\omega = 10$ rad/sec, tại tần số này ta cộng thêm -20 dB/decade (do khâu quán tính bậc nhất) và tạo ra độ dốc -40 dB/dec.

Bài 2:

$$G(s) = \frac{10^5 (s + 100)}{(s + 1)(s + 10)(s + 1000)}$$

```
» num = 100000*[1 100];  
» den = [1 1011 11010 10000];  
» bode(num,den)
```

Kết quả:



Hệ thống gồm một khâu khuếch đại 10^5 , một khâu vi phân bậc nhất và 3 khâu quán tính bậc 1.

Tần số gãy: 1,10,100,1000.

$$|G(j\omega)|_{\text{dB}|_{\omega=0}} = 60\text{dB}$$

Tại tần số gãy $\omega = 1\text{rad/sec}$ có độ lợi 60dB và độ dốc -20dB/decade (vì khâu quán tính bậc 1). Độ dốc -20dB/decade được tiếp tục đến khi gặp tần số gãy $\omega = 10\text{rad/sec}$ tại đây ta cộng thêm -20dB/decade (vì khâu quán tính bậc 1), tạo ra độ dốc -40dB/dec . Độ dốc -20dB ở tần số $\omega = 100\text{rad/dec}$ (do khâu vi phân bậc 1). Tại tần số gãy $\omega = 100\text{rad/sec}$ tăng 20dB (vì khâu vi phân bậc 1). Tạo ra độ dốc có độ dốc -20dB .

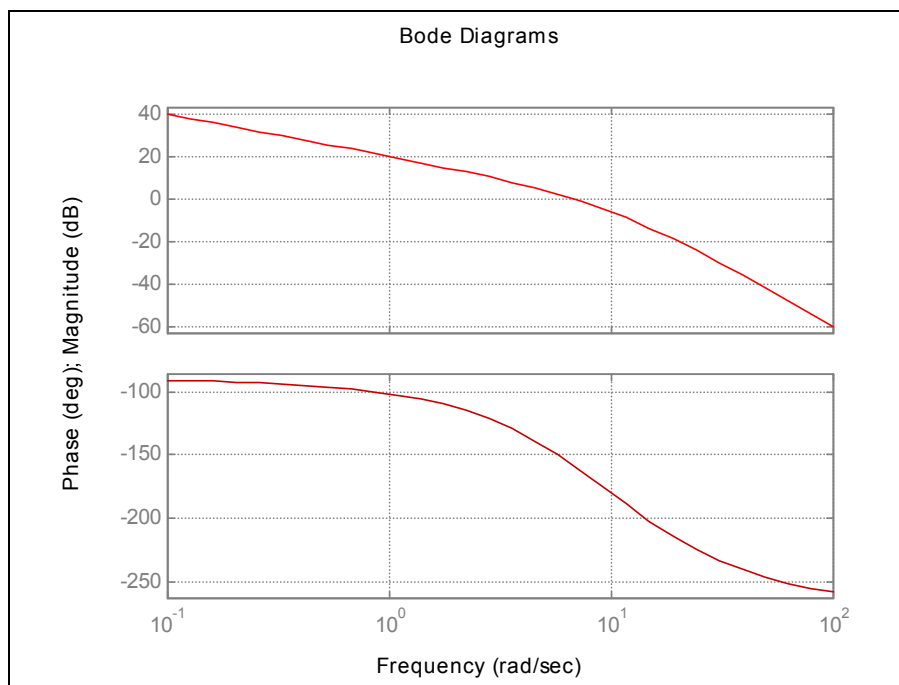
Tại tần số gãy $\omega = 1000\text{rad/sec}$ giảm 20dB (vì khâu quán tính bậc 1). Tạo ra độ dốc -40dB .

Bài 3:

$$G(s) = \frac{10}{s(1 + 0.1s)^2}$$

» num = 10;
» den = [0.01 0.2 1 0];
» bode(num,den)

Kết quả:



Hệ thống gồm một khâu khuếch đại 10, một khâu tích phân và 1 thành phần cực kép.

Tần số gãy: 10.

$$|G(j\omega)|_{dB} = 20dB - 20\log\omega$$

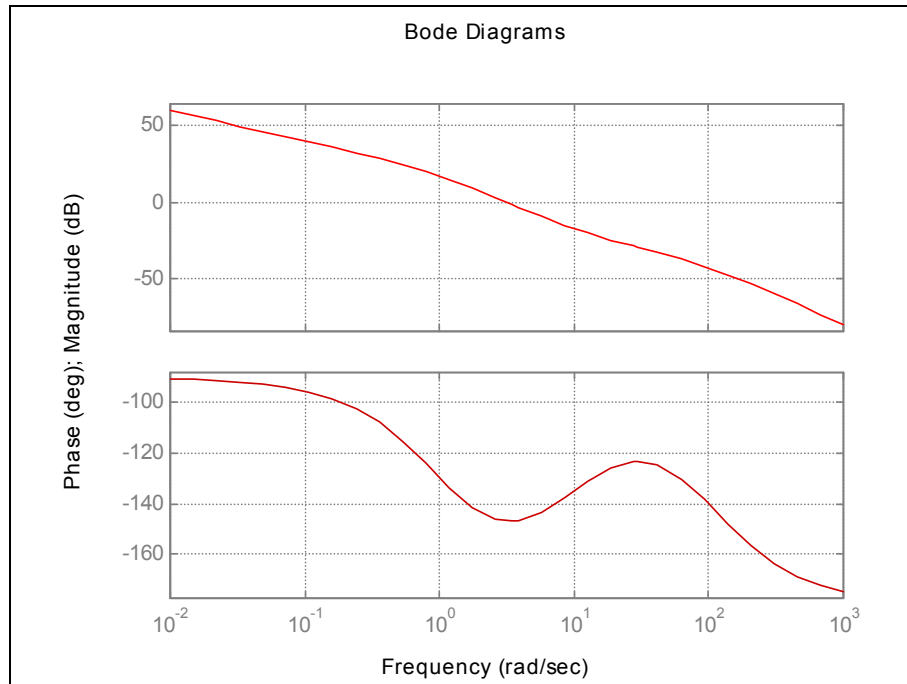
Tần số gãy nhỏ nhất $\omega = 0.1$ rad/sec tại tần số này có độ lợi 40dB và độ dốc -20dB (do khâu tích phân). Độ dốc này tiếp tục cho tới tần số gãy kép $\omega = 10$. Ở tần số này sẽ giảm 40dB/decade, tạo ra độ dốc -60dB/dec.

Bài 4:

$$G(s) = \frac{10^2(s + 10)}{s(s + 1)(s + 100)}$$

```
» num = 100*[1 10];  
» den = [1 101 100 0];  
» bode(num,den)
```

Kết quả:



Hệ thống gồm một khâu khuếch đại 100, một khâu tích phân và 2 khâu quán tính bậc 1, 1 khâu vi phân.

Tần số gãy: 1,10,100

$$|G(j\omega)|_{dB|_{\omega=0}} = 20\log 100 - 20\log \omega$$

Ta chỉ xét trước tần số gãy nhỏ nhất 1 decade. Tại tần số gãy $\omega = 0.1 \text{ rad/sec}$ có độ lợi 40dB và độ dốc -20dB/dec , độ dốc -20dB/dec tiếp tục cho đến khi gặp tần số gãy $\omega = 1 \text{ rad/sec}$, ta cộng thêm -20dB/dec (vì khâu quán tính bậc 1) và tạo ra độ dốc -40dB/dec . Tại tần số $\omega = 10$ sẽ tăng 20dB/dec (vì khâu vi phân) tạo ra độ dốc -20dB/dec , độ dốc -20dB/dec được tiếp tục cho đến khi gặp tần số gãy $\omega = 100 \text{ rad/sec}$ sẽ giảm 20dB/dec (vì khâu quán tính bậc 1) sẽ tạo độ dốc -40dB/decade .

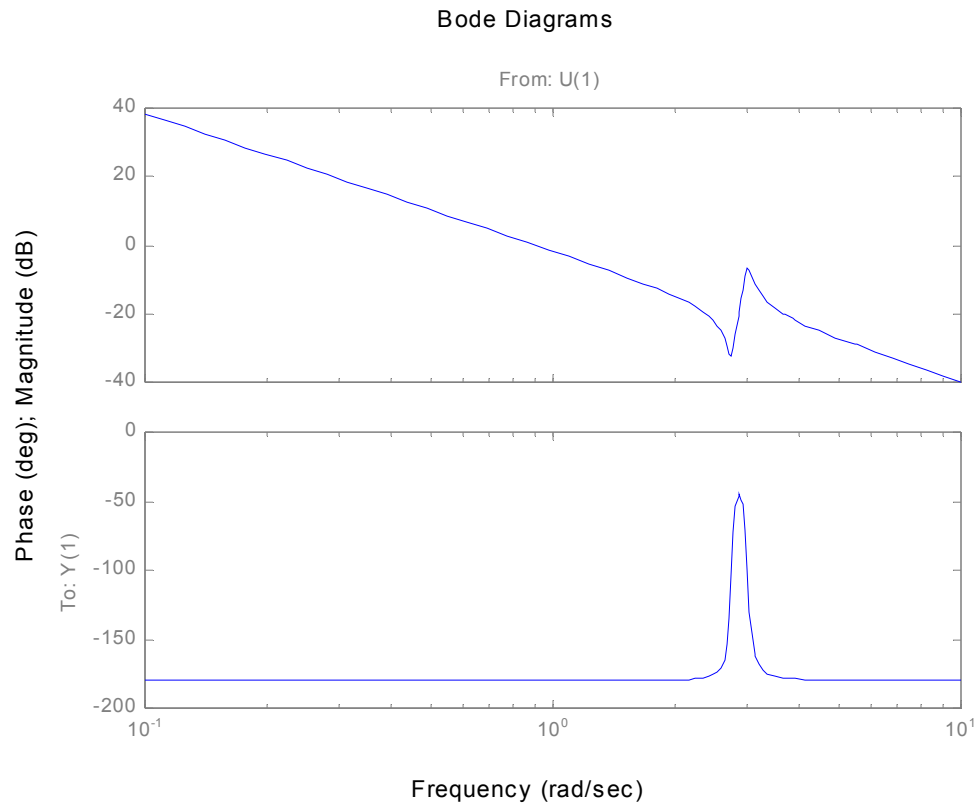
Bài 5: Bài này trích từ trang 11-21 sách ‘Control System Toolbox’

Vẽ giản đồ bode của hệ thống hồi tiếp SISO có hàm sau:

$$S^2 + 0.1s + 7.5$$

$$H(s) = \frac{1}{s^2 + 0.12s^3 + 9s^2}$$

```
» g=tf([1 0.1 7.5],[1 0.12 9 0 0]);
» bode(g)
```



Bài 6: Trang 11-153 sách ‘Control System Toolbox’

Vẽ giản đồ bode của hàm rời rạc sau, với thời gian lấy mẫu là: 0,1.

$$H(z) = \frac{z^3 - 2.841z^2 + 2.875z - 1.004}{z^3 + 2.417z^2 + 2.003z - 0.5488}$$

```
» H=tf([1 -2.841 2.875 -1.004],[1 -2.417 2.003 -0.5488],0.1);
» norm(H)
```

ans =

1.2438

```
» [ninf,fpeak]=norm(H,inf)
```

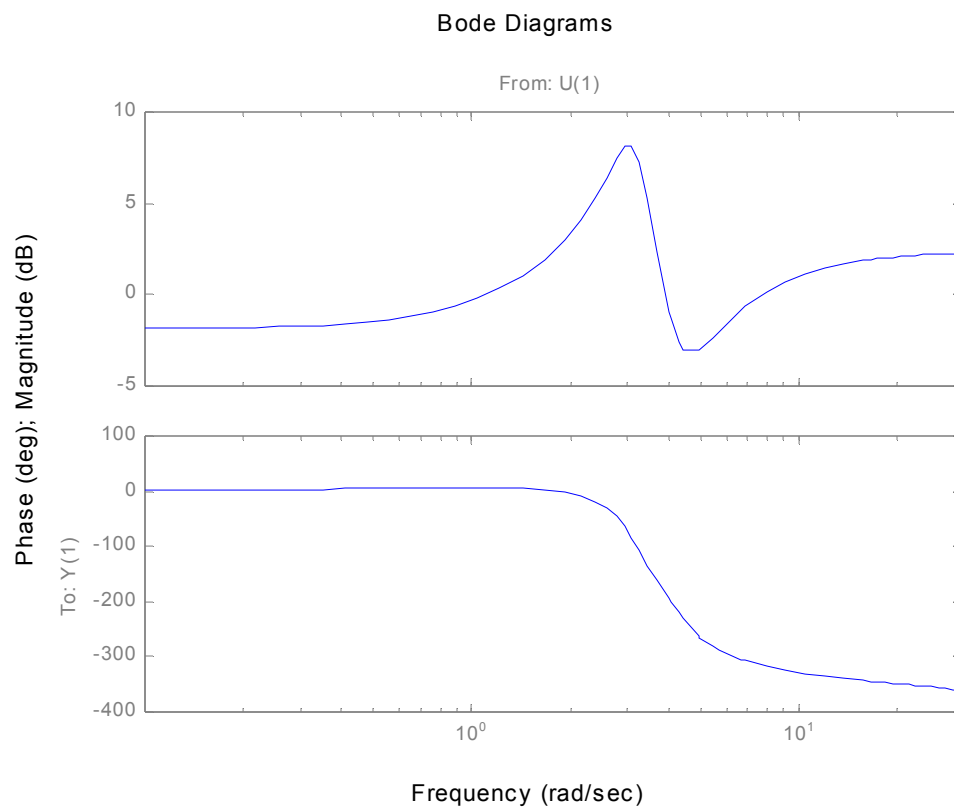

ninf =

2.5488

fpeak =

3.0844

» bode(H)



» 20*log(ninf)

ans =

18.7127

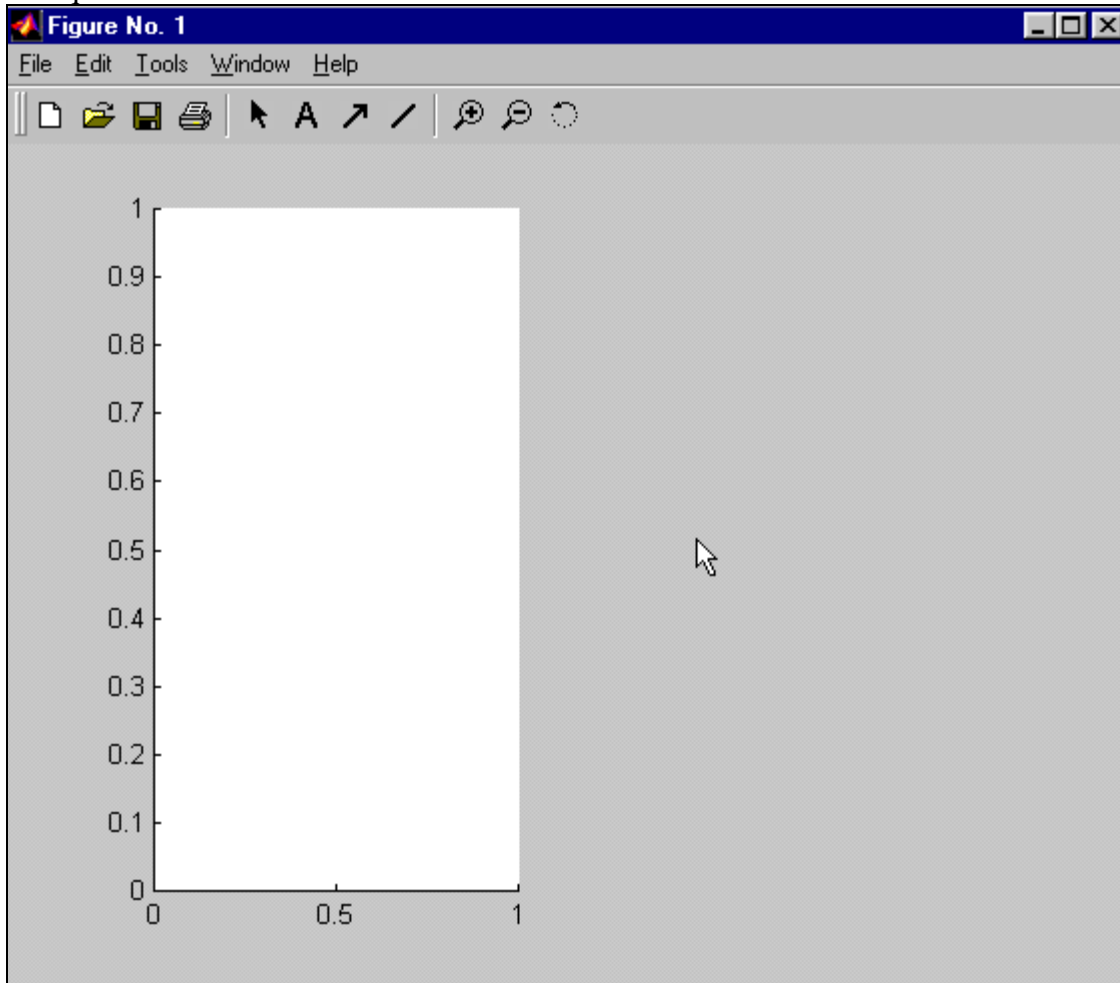
Bài 7: Trích từ trang 5-18 sách ‘Control System Toolbox’

Bài này cho ta xem công dụng của lệnh chia trục **subplot**

```
» h=tf([4 8.4 30.8 60],[1 4.12 17.4 30.8 60]);
```

```
» subplot(121)
```

Kết quả:

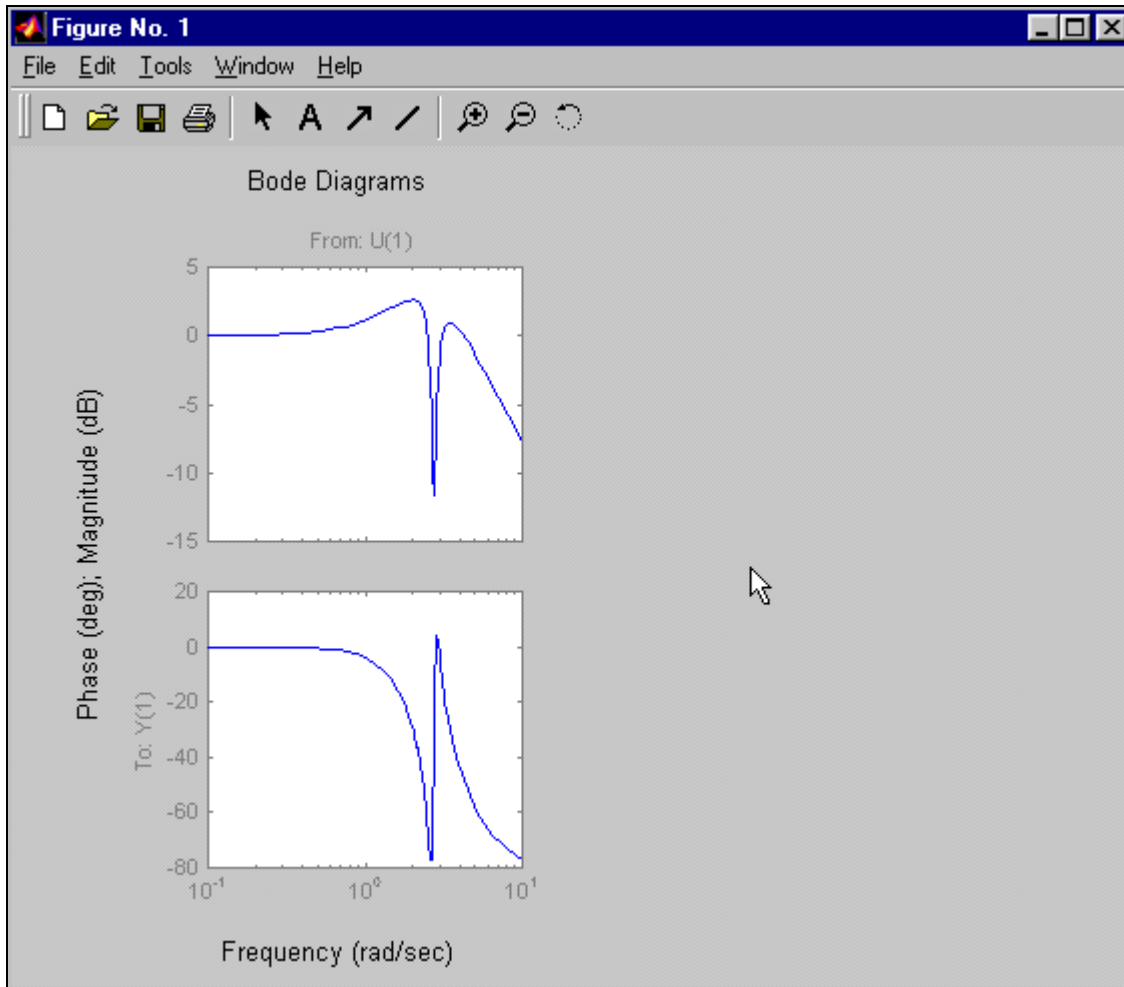


```
» h=tf([4 8.4 30.8 60],[1 4.12 17.4 30.8 60]);
```

```
» subplot(121)
```

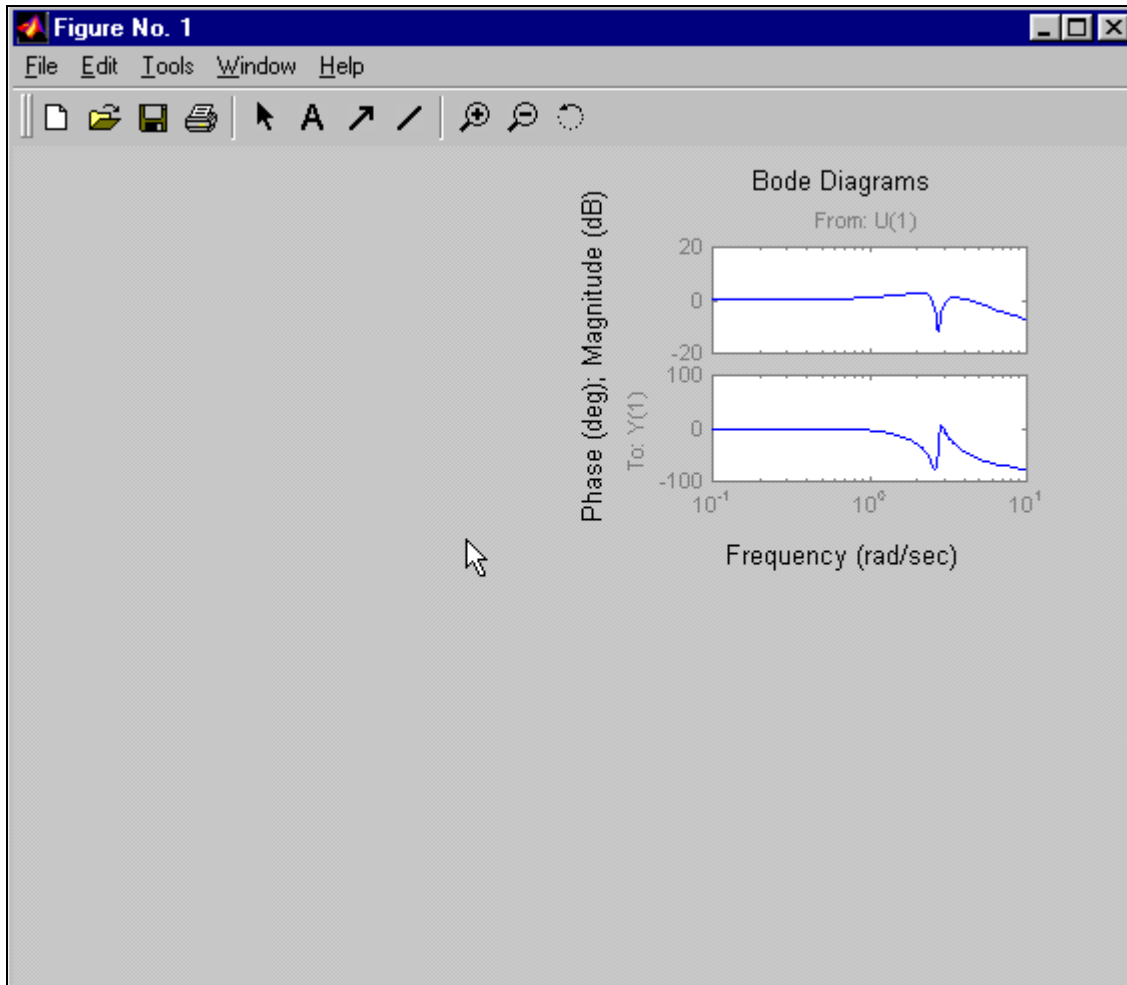
```
» bode(h)
```

Kết quả:

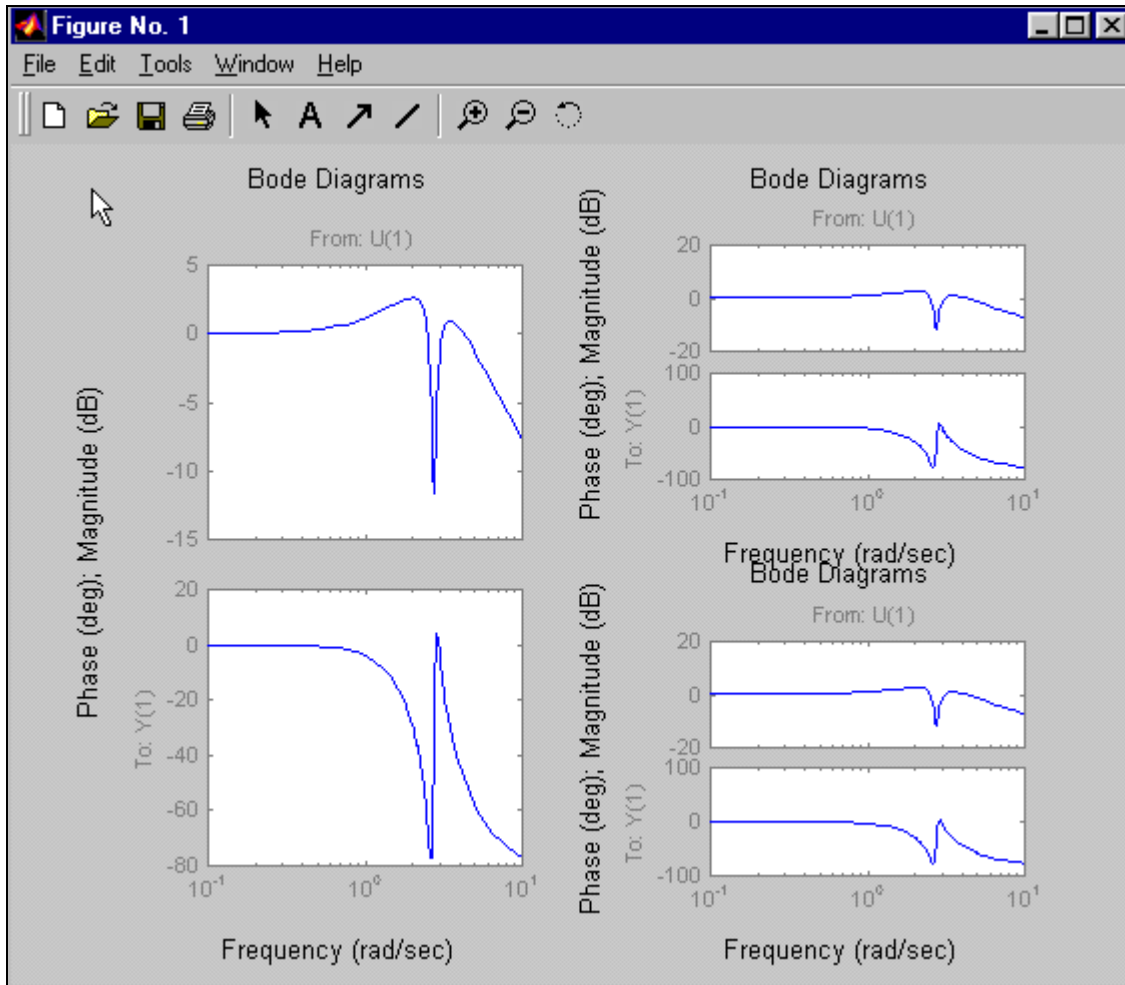


```
» h=tf([4 8.4 30.8 60],[1 4.12 17.4 30.8 60]);  
» subplot(222)  
» bode(h)
```

Kết quả:



```
» h=tf([4 8.4 30.8 60],[1 4.12 17.4 30.8 60]);  
» subplot(121)  
» bode(h)  
» subplot(222)  
» bode(h)  
» subplot(224)  
» bode(h)  
Kết quả:
```



Biểu đồ Nichols

Lý thuyết:

Công dụng: Để xác định độ ổn định và đáp ứng tần số vòng kín của hệ thống hồi tiếp ta sử dụng biểu đồ Nichols. Sự ổn định được đánh giá từ đường cong vẽ mối quan hệ của độ lợi theo đặc tính pha của hàm truyền vòng hở. Đồng thời đáp ứng tần số vòng kín của hệ thống cũng được xác định bằng cách sử dụng đường cong biên độ và độ di pha vòng kín không đổi phủ lên đường cong biên độ – pha vòng hở.

Cú pháp:

```
[mod,phase,puls]= nichols(A,B,C,D);  
[mod,phase,puls]= nichols(A,B,C,D,ui);  
[mod,phase]= nichols(A,B,C,D,ui,w);  
[mod,phase,puls]= nichols(num,den);  
[mod,phase]= nichols(num,den,w);
```

Những cấu trúc trên cho độ lớn là những giá trị tự nhiên, pha là độ và vectơ của điểm tần số là rad/s. Sự tồn tại của điểm tần số mà đáp ứng tần số được định giá bằng vectơ w, và ui là biến khai báo với hệ thống nhiều ngõ vào.

Chú ý:

+ khi sử dụng lệnh nichols với cấu trúc không có biến ngõ ra thì ta được biểu đồ nichols.

+ lệnh nichols luôn luôn cho pha trong khoảng $[-360^0, 0^0]$

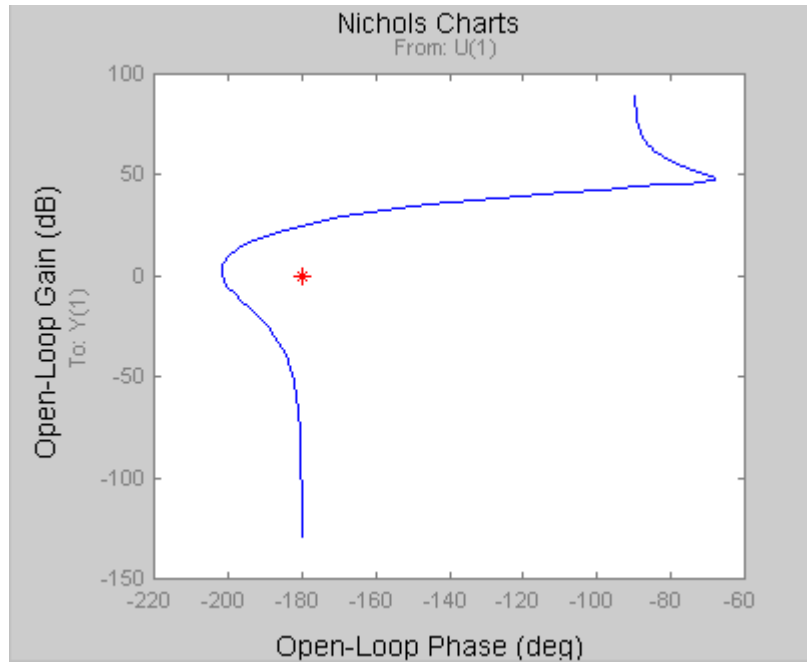
Bài 8: cho hệ thống có hàm truyền sau:

$$G(s) = 30 \frac{s^2 + 7s + 1}{s(s + 1)^3}$$

Các bước thực hiện:

```
» num=30*[1 7 1];  
» den=[poly([-1 -1 -1]) 0];  
» hold on, plot(-180,0,'*r'), hold on;  
» nichols(num,den)
```

Trả về biểu đồ nichols với điểm tới hạn “**critical point**” $(-180^0, 0)$ được biểu diễn như hình sau:



Hình: Biểu đồ Nichols

DẠNG BÀI TẬP VẼ BIỂU ĐỒ NYQUIST VÀ KHẢO SÁT ỔN ĐỊNH
DÙNG GIẢI ĐỒ BODE

LÝ THUYẾT:

- Hệ thống ổn định ở trạng thái hở, sẽ ổn định ở trạng thái kín nếu biểu đồ Nyquist không bao điểm $(-1+i0)$ trên mặt phẳng phức.
- Hệ thống không ổn định ở trạng thái hở, sẽ ổn định ở trạng thái kín nếu biểu đồ Nyquist bao điểm $(-1+i0)$ p lần ngược chiều kim đồng hồ (p là số cực GH nằm ở phải mặt phẳng phức).

BÀI TẬP:

Từ dấu nhắc của cửa sổ MATLAB, ta nhập:

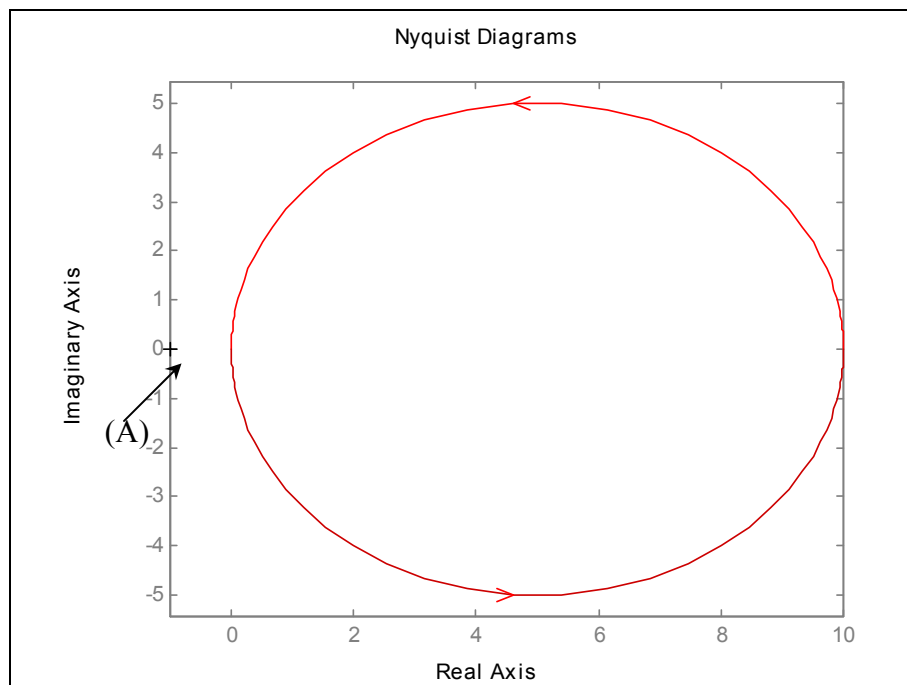
- » num = [nhập các hệ số của tử số theo chiều giảm dần của số mũ].
- » den = [nhập các hệ số của mẫu số theo chiều giảm dần của số mũ].
- » nyquist(num,den)

Bài 9:

$$GH(s) = \frac{k}{1-st} \quad (\text{với } k=10, t=1)$$

- » num = 10;
- » den = [-1 1];
- » nyquist(num,den)

Kết quả:



Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Nhận xét: hàm truyền vòng hở có 1 cực nằm bên phải mặt phẳng phức. Biểu đồ Nyquist không bao điểm A $(-1+j0)$.

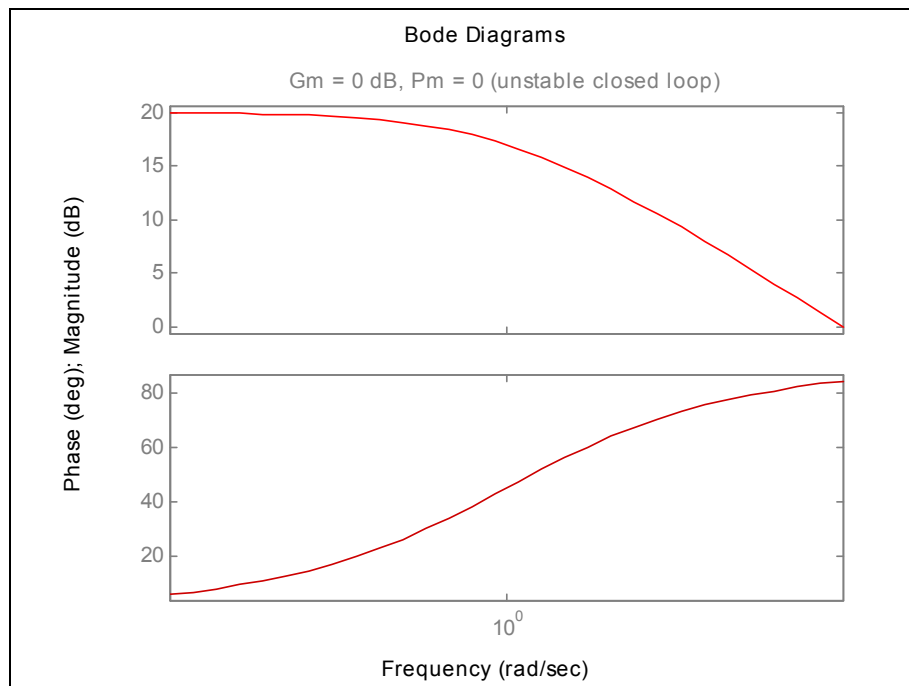
Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis), điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ không ổn định.

* Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.

Từ dấu nhắc của cửa sổ lệnh MATLAB ta dùng lệnh 'margin':

```
» num = 10;  
» den = [-1 1];  
» margin(num,den);
```



Kết luận:

Độ dự trữ biên ($G_m = 0$ dB).

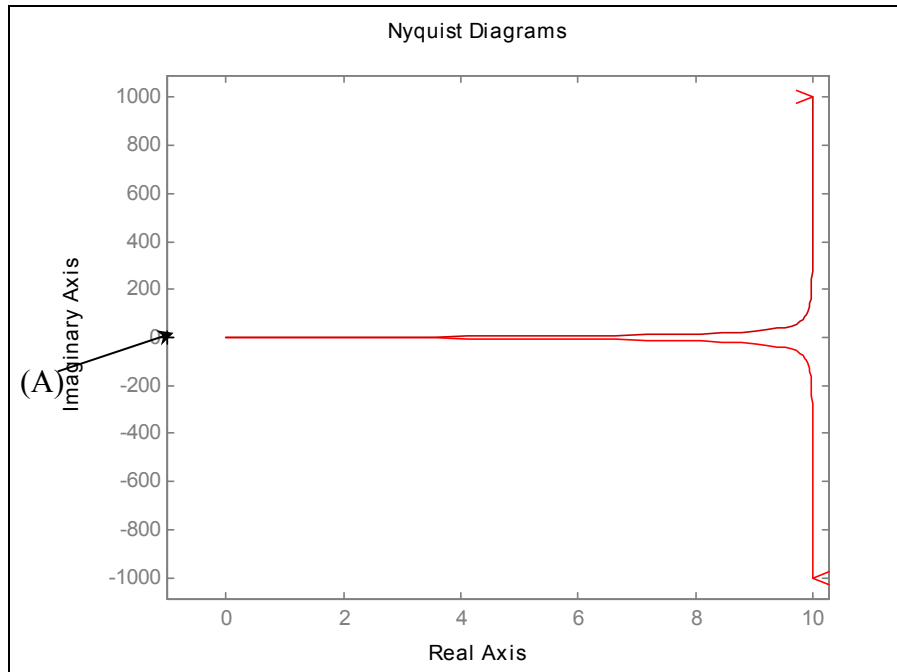
Độ dự trữ pha ($P_m = 0^\circ$).

Warning: Closed loop is unstable (hệ vòng kín không ổn định).

Bài 10: Cho hàm truyền:

$$GH(s) = \frac{k}{s(1-st)} \quad (k = 10, t = 1)$$

```
» num = 10;  
» den = [-1 1 0];  
» nyquist(num,den)
```



Nhận xét: hàm truyền vòng hở có 1 cực nằm bên phải mặt phẳng phức và 1 cực nằm tại gốc tọa độ. Biểu đồ Nyquist không bao điểm A $(-1+j0)$.

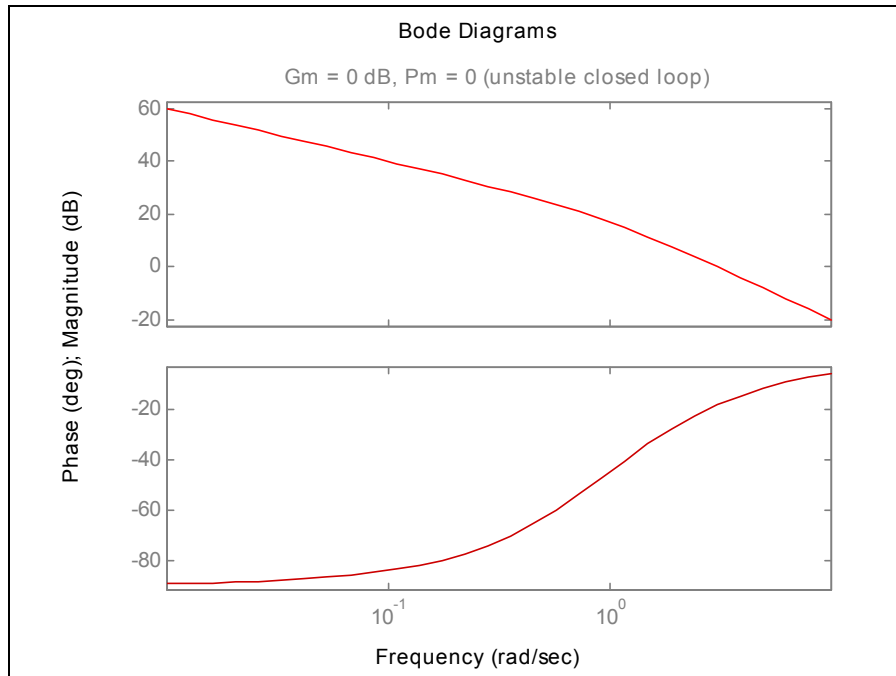
Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis), điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ không ổn định.

* Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.

Từ dấu nhắc của cửa sổ lệnh MATLAB ta dùng lệnh 'margin':

- » num = 10;
- » den = [-1 1 0];
- »margin(num,den)



Kết luận:

Độ dự trữ biên ($G_m = 0$ dB).

Độ dự trữ pha ($P_m = 0^\circ$).

Warning: Closed loop is unstable (hệ vòng kín không ổn định).

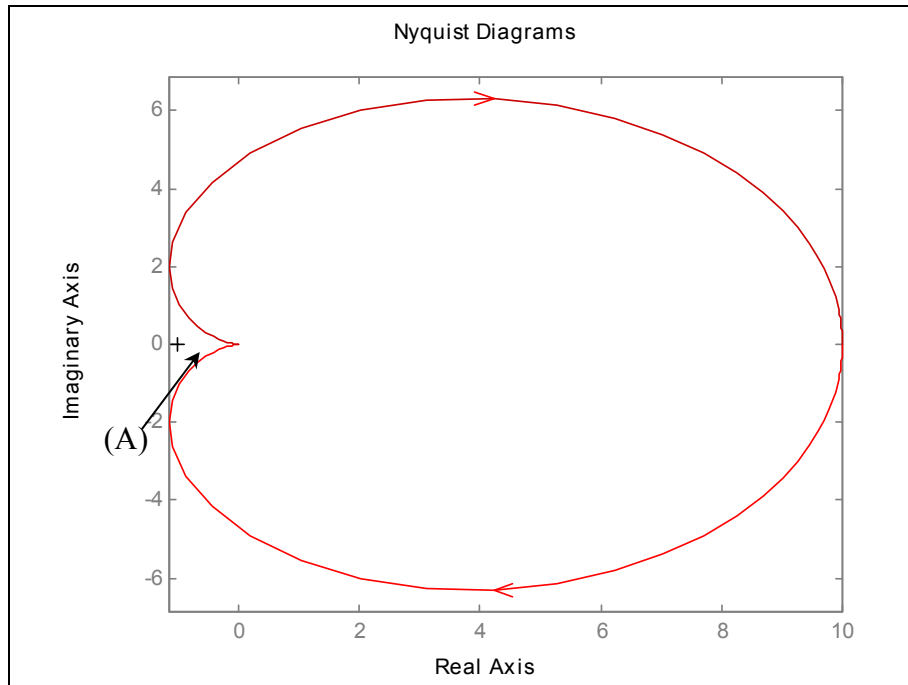
Bài 11: Cho hệ thống sau

$$GH(s) = \frac{k}{(t_1s + 1)(t_2s + 1)} \quad (k = 10, t_1 = 1, t_2 = 2)$$

» num = 10;

» den = [2 3 1];

» nyquist(num,den)



Nhận xét: hàm truyền vòng hở có 2 cực nằm bên trái mặt phẳng phức. Biểu đồ Nyquist không bao điểm A $(-1+j0)$.

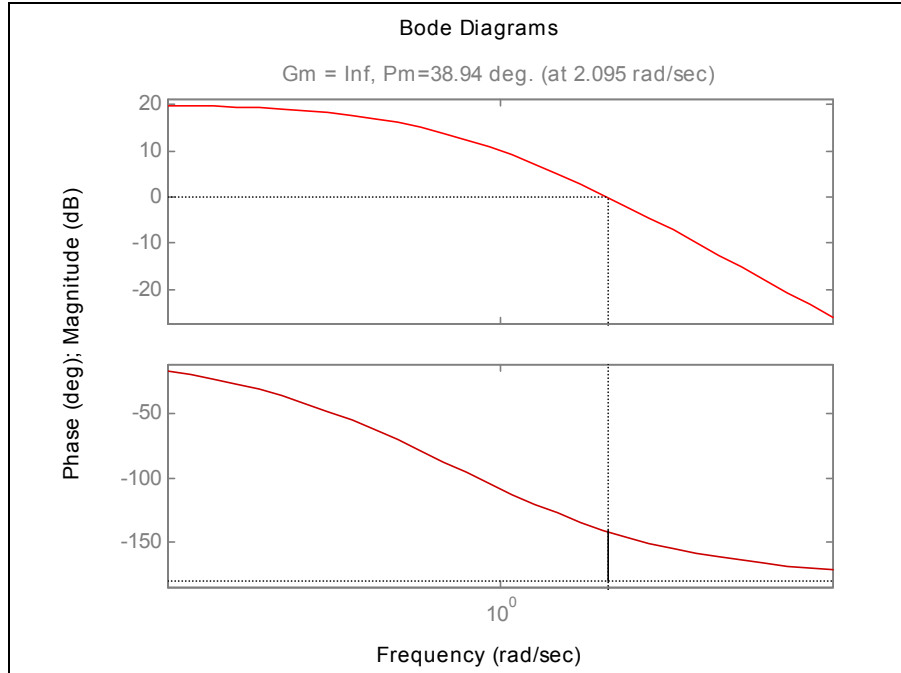
Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis), điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ thống ổn định.

* **Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.**

Từ dấu nhắc của cửa sổ MATLAB dùng lệnh 'margin'.

- » num = 10;
- » den = [2 3 1];
- » margin(num,den)



Kết luận: hệ thống ổn định.

Độ dự trữ biên ($G_m = \infty$).

Độ dự trữ pha ($P_m = 38.94^\circ$), tại tần số cắt biên 2.095 rad/sec.

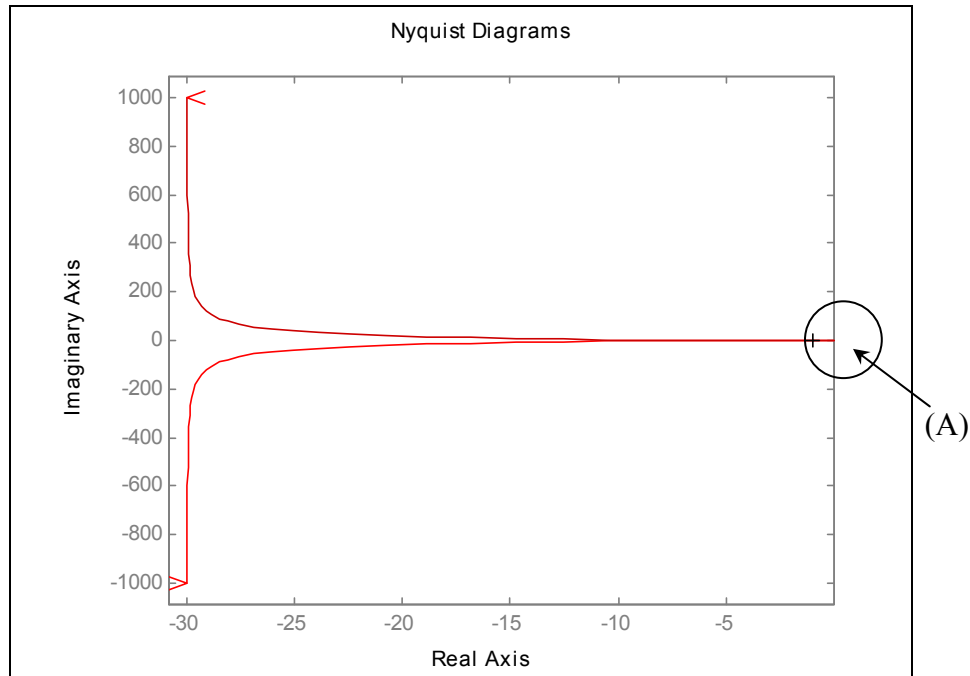
Bài 12: Cho hệ thống có hàm truyền sau:

$$GH(s) = \frac{k}{s(t_1s + 1)(t_2s + 1)} \quad (k = 10 \quad t_1 = 1, t_2 = 2)$$

» num = 10;

» den = [2 3 1 0];

» nyquist(num,den)



Nhận xét: hàm truyền vòng hở có 2 cực nằm bên trái mặt phẳng phức và 1 cực ở zero. Biểu đồ Nyquist bao điểm A(-1+j0).

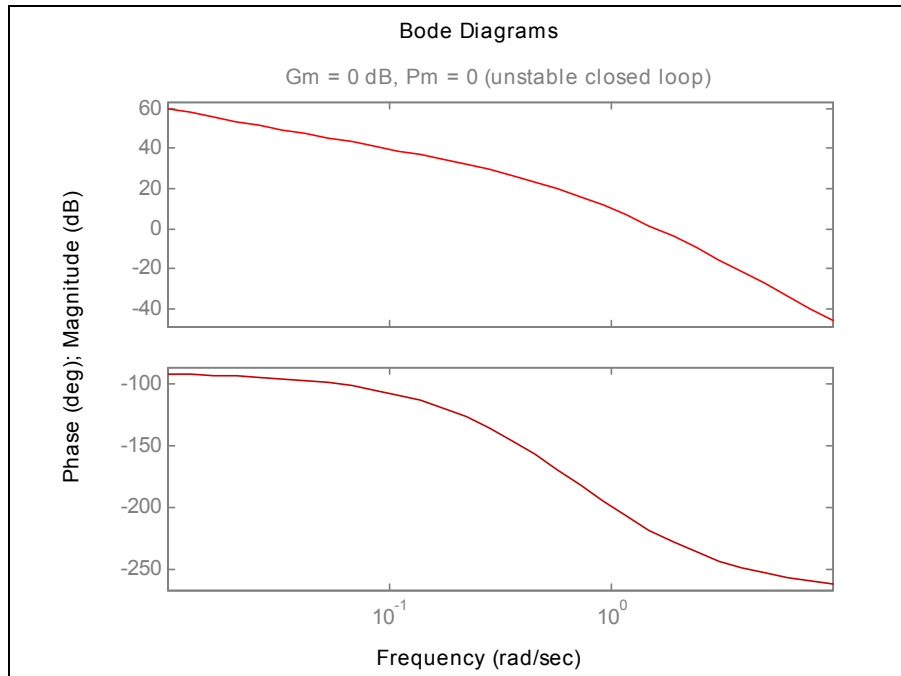
Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis) , điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ không ổn định.

* **Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.**

Từ dấu nhắc của cửa sổ MATLAB ta dùng lệnh 'margin' để kiểm chứng lại hệ:

```
» num = 10;  
» den = [2 3 1 0];  
»margin(num,den)
```



Kết luận: hệ thống không ổn định.

Độ dự trữ biên (Gm = 0 dB).

Độ dự trữ pha (Pm = 0°)

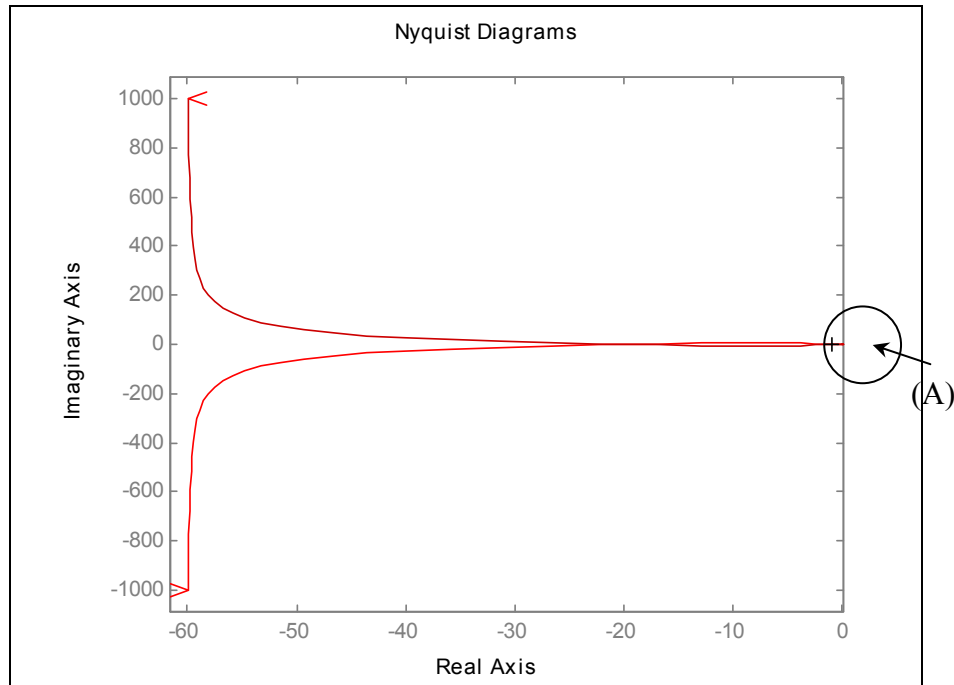
Bài 12:

$$GH(s) = \frac{k}{s(t_1s+1)(t_2s+1)(t_3s+1)} \quad (t_1=1, t_2=2, t_3=3, k=10)$$

» num = 10;

» den = [6 11 6 1 0];

» nyquist(num,den)



Nhận xét: hàm truyền vòng hở có 3 cực nằm bên trái mặt phẳng phức và 1 cực ở zero. Biểu đồ Nyquist bao điểm A (-1+i0).

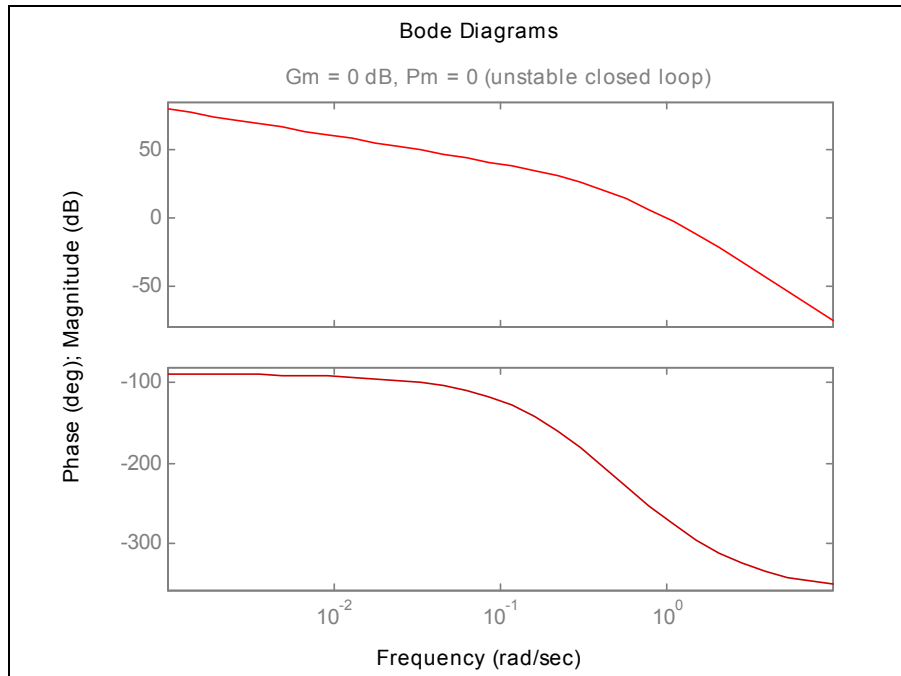
Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis) , điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ không ổn định.

* **Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.**

Từ dấu nhắc của cửa sổ MATLAB, dùng lệnh 'margin' để kiểm chứng lại hệ:

- » num = 10;
- » den = [6 11 6 1 0];
- » margin(num,den)



Kết luận: hệ thống không ổn định.

Độ dự trữ biên (Gm = 0 dB).

Độ dự trữ pha (Pm = 0°).

NHÓM LỆNH VỀ QUỸ ĐẠO NGHIỆM (Roots Locus)

1. Lệnh PZMAP

a) Công dụng:

Vẽ biểu đồ cực-zero của hệ thống.

b) Cú pháp:

[p,z]= pzmap(num,den)

[p,z]= pzmap(a,b,c,d)

[p,z]= pzmap(a,b,c,d)

c) Giải thích:

Lệnh pzmap vẽ biểu đồ cực-zero của hệ LTI. Đối với hệ SISO thì các cực và zero của hàm truyền được vẽ.

Nếu bỏ qua các đối số ngõ ra thì lệnh pzmap sẽ vẽ ra biểu đồ cực-zero trên màn hình.

pzmap là phương tiện tìm ra các cực và zero tuyến tính của hệ MIMO.

pzmap(a,b,c,d) vẽ các cực và zero của hệ không gian trạng thái trong mặt phẳng phức.

Đối với các hệ thống MIMO, lệnh sẽ vẽ tất cả các zero truyền đạt từ tất cả các ngõ vào tới tất cả các ngõ ra. Trong mặt phẳng phức, các cực được biểu diễn bằng dấu × còn các zero được biểu diễn bằng dấu o.

pzmap(num,den) vẽ các cực và zero của hàm truyền trong mặt phẳng phức. Vector num và den chứa các hệ số tử số và mẫu số theo chiều giảm dần số mũ của s.

pzmap(p,z) vẽ các cực và zero trong mặt phẳng phức. Vector cột p chứa tọa độ các cực và vector cột z chứa tọa độ các zero trong mặt phẳng phức. Lệnh này vẽ các cực và zero đã được tính sẵn trong mặt phẳng phức.

Nếu giữ lại các đối số ngõ ra thì :

[p,z]= pzmap(num,den)

[p,z]= pzmap(a,b,c,d)

[p,z]= pzmap(a,b,c,d)

tạo ra các ma trận p và z trong đó p chứa các cực còn z chứa các zero.

d) Ví dụ: (Trích trang 11-174 sách ‘Control system Toolbox’)

Vẽ các cực và zero của hệ liên tục có hàm truyền :

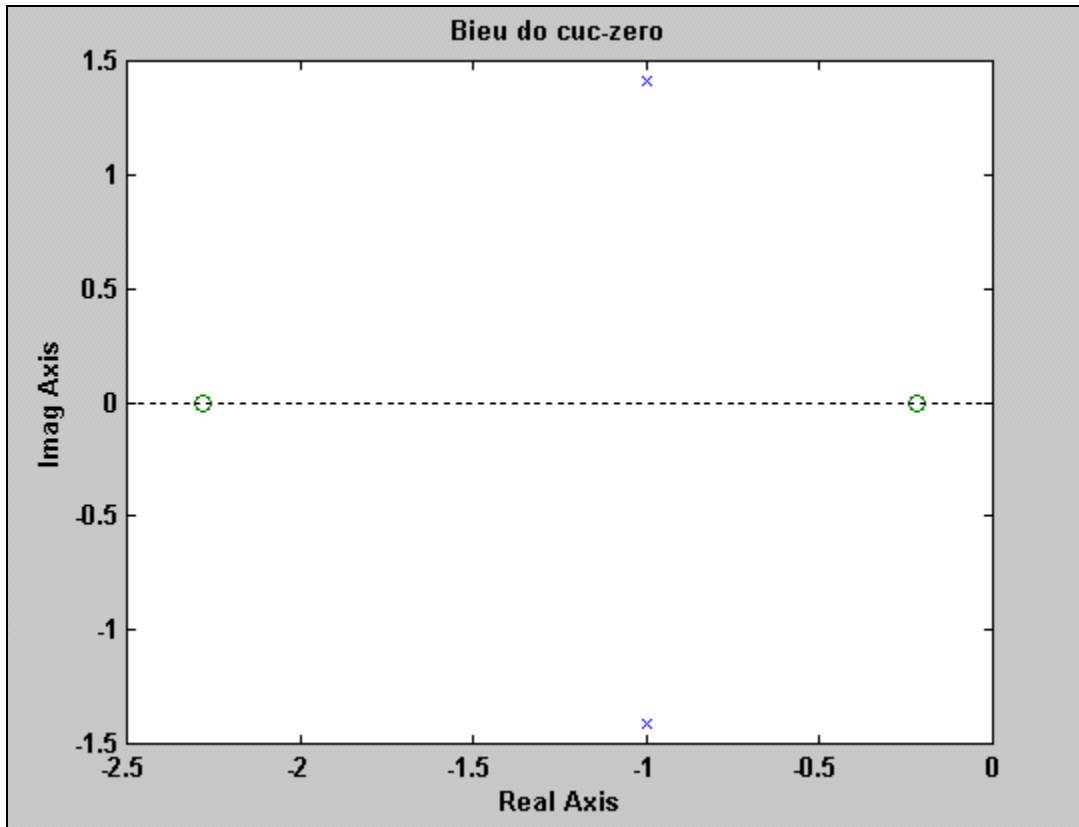
$$H(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3}$$

num = [2 5 1];

den = [1 2 3];

pzmap(num,den)

title('Bieu do cuc-zero')



2. Lệnh RLOC FIND

a) Công dụng:

Tìm độ lợi quỹ đạo nghiệm với tập hợp nghiệm cho trước.

b) Cú pháp:

`[k,poles]= rlocfind(a,b,c,d)`

`[k,poles]= rlocfind(num,den)`

`[k,poles]= rlocfind(a,b,c,d,p)`

`[k,poles]= rlocfind(num,den,p)`

c) Giải thích:

Lệnh `rlocfind` tạo ra độ lợi quỹ đạo nghiệm kết hợp với các cực trên quỹ đạo nghiệm. Lệnh `rlocfind` được dùng cho hệ SISO liên tục và gián đoạn.

`[k,poles]= rlocfind(a,b,c,d)` tạo ra dấu x trong cửa sổ đồ họa mà ta dùng để chọn một điểm trên quỹ đạo nghiệm có sẵn. Độ lợi của điểm này được tạo ra trong `k` và các cực ứng với độ lợi này nằm trong `poles`. Để sử dụng lệnh này thì quỹ đạo nghiệm phải có sẵn trong cửa sổ đồ họa.

`[k,poles]= rlocfind(num,den)` tạo ra dấu x trong cửa sổ đồ họa mà ta dùng để chọn một điểm trên quỹ đạo nghiệm của hệ thống có hàm truyền $G = \text{num}/\text{den}$ trong đó có `num` và `den` chứa các hệ số đa thức theo chiều giảm dần số mũ của `s` hoặc `z`.

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$[k, \text{poles}] = \text{rlocfind}(a, b, c, d, p)$ hoặc $[k, \text{poles}] = \text{rlocfind}(\text{num}, \text{den}, p)$ tạo ra vector độ lợi k và vector các cực kết hợp pole với mỗi thành phần trong mỗi vector ứng với mỗi nghiệm trong p .

d) Ví dụ: (Trích từ trang 11-180 sách ‘Control System Toolbox’)

Xác định độ lợi hồi tiếp để các cực vòng kín của hệ thống có hệ số tắt dần $\zeta = 0.707$ và có hàm truyền :

$$H(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3}$$

```
num = [2 5 1];
```

```
den = [1 2 3];
```

```
% Vẽ quỹ đạo nghiệm:
```

```
rlocus(num,den);title('Do loi quy dao nghiem');
```

```
% Tìm độ lợi tại điểm được chọn:
```

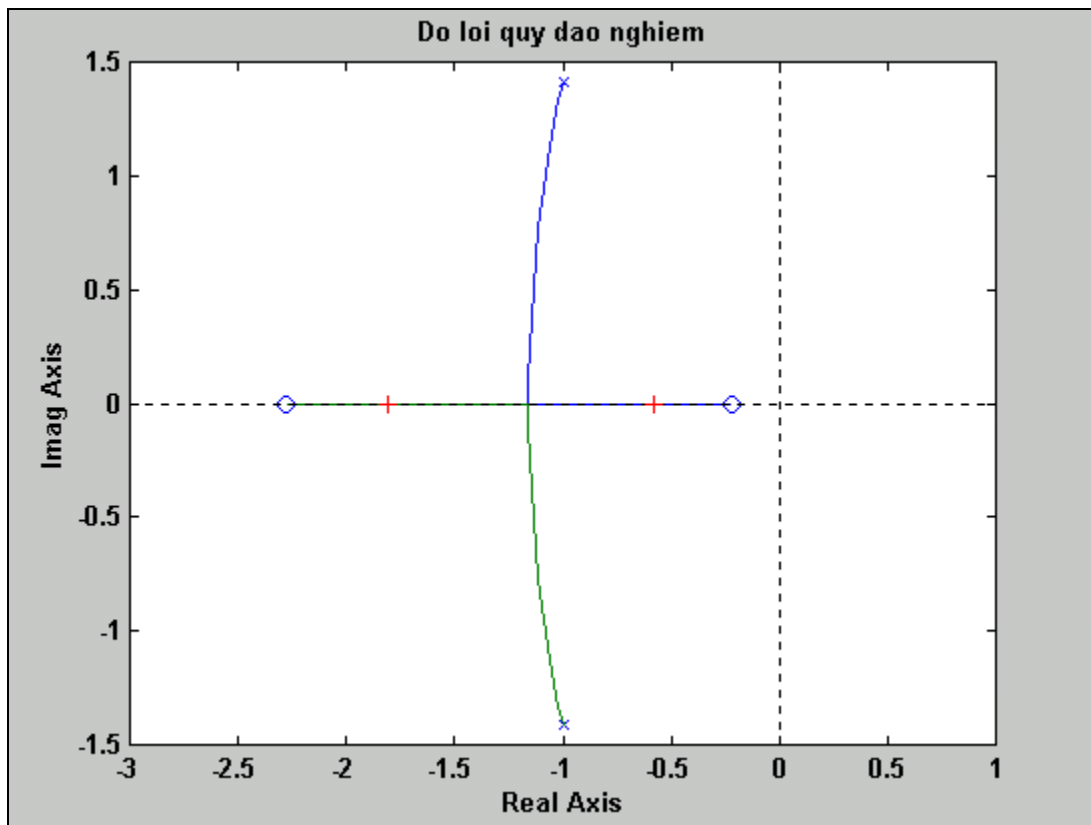
```
rlocfind(num,den);
```

Sau khi nhập xong lệnh, trên màn hình của Matlab sẽ xuất hiện dòng chữ:

Select a point in the graphics window

và trên hình vẽ có thước để ta kéo chuột và chọn điểm

ta có quỹ đạo nghiệm:



3. Lệnh RLOCUS

a) Công dụng:

Tìm quỹ đạo nghiệm Evans.

b) Cú pháp:

r = rlocus(num,den)

r = rlocus(num,den,k)

r = rlocus(a,b,c,d)

r = rlocus(a,b,c,d,k)

c) Giải thích:

Lệnh rlocus tìm quỹ đạo nghiệm Evans của hệ SISO. Quỹ đạo nghiệm được dùng để nghiên cứu ảnh hưởng của việc thay đổi độ lợi hồi tiếp lên vị trí cực của hệ thống, cung cấp các thông tin về đáp ứng thời gian và đáp ứng tần số. Đối với đối tượng điều khiển có hàm truyền $G(s)$ và khâu bổ chính hồi tiếp $k^*f(s)$, hàm truyền vòng kín là :

$$h(s) = \frac{g(s)}{1 + kg(s)f(s)} = \frac{g(s)}{q(s)}$$

Nếu bỏ qua các đối số ngõ ra thì lệnh rlocus sẽ vẽ ra quỹ đạo trên màn hình. Lệnh rlocus dùng cho cả hệ liên tục và gián đoạn.

r = rlocus(num,den) vẽ quỹ đạo nghiệm của hàm truyền :

$$q(s) = 1 + k \frac{num(s)}{den(s)} = 0$$

với vector độ lợi k được xác định tự động. Vector num và den chỉ ra hệ tử số và mẫu số theo chiều giảm dần số của s hoặc z.

$$\frac{num(s)}{den(s)} = \frac{num(1)s^{nn-1} + num(2)s^{nn-2} + \dots + num(nn)}{den(1)s^{nd-1} + den(2)s^{nd-2} + \dots + den(nd)}$$

r = rlocus(a,b,c,d) vẽ ra quỹ đạo nghiệm của hệ không gian trạng thái SISO liên tục và gián đoạn với vector độ lợi được xác định tự động

r = rlocus(num,den,k) hoặc r = rlocus(a,b,c,d,k) vẽ ra quỹ đạo nghiệm với vector độ lợi k do người sử dụng xác định. Vector k chứa các giá trị và độ lợi mà nghiệm hệ vòng kín được tính.

Nếu sử dụng các đối số ngõ ra thì :

[r,k] = rlocus(num,den)

[r,k] = rlocus(num,den,k)

[r,k] = rlocus(a,b,c,d)

[r,k] = rlocus(a,b,c,d,k)

tạo ra ma trận ngõ ra chứa các nghiệm và vector độ lợi k. Ma trận r có length(k) hàng và (length(den) - 1) cột, ngõ ra chứa vị trí các nghiệm phức. Mỗi hàng trong ma trận tương ứng với một độ lợi trong vector k. Quỹ đạo nghiệm có thể được vẽ bằng lệnh plot(r, 'x').

d) Ví dụ: (Trích từ trang 11-183 sách 'Control System Toolbox')

Tìm và vẽ quỹ đạo nghiệm của hệ thống có hàm truyền :

$$H(s) = \frac{2s^2 + 5s + 1}{s^2 + 2s + 3}$$

% Xác định hàm truyền :

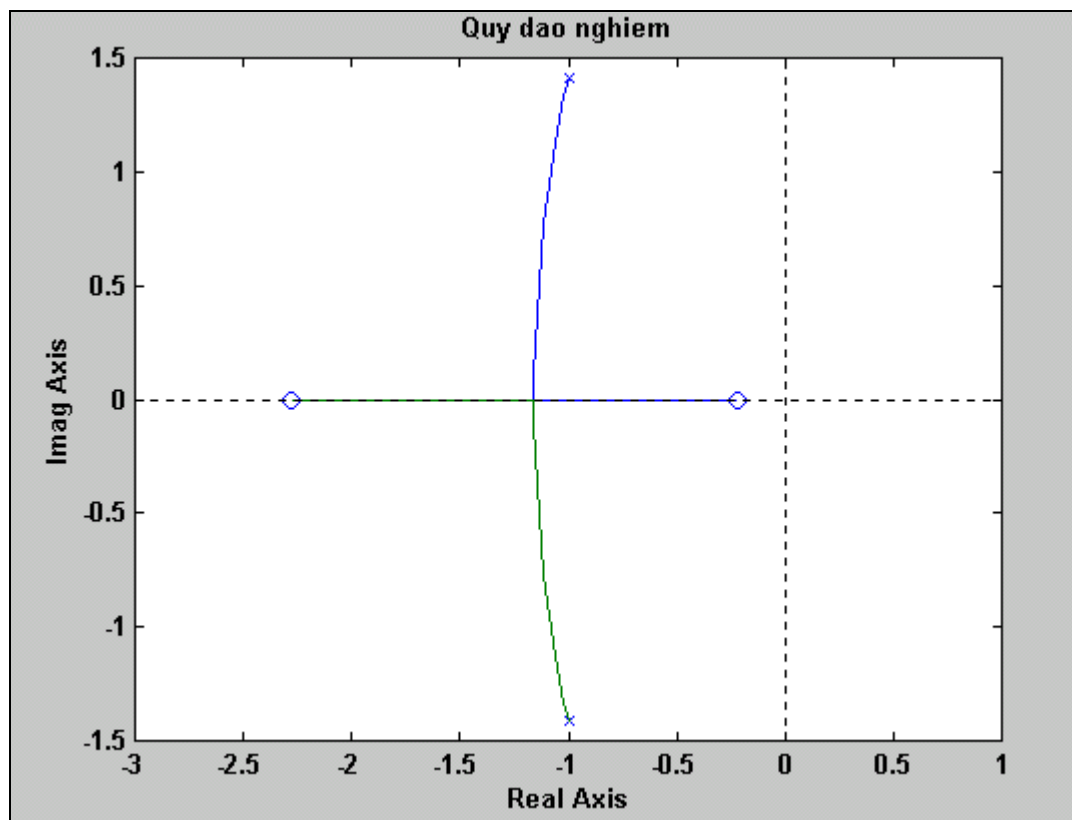
```
num = [2 5 1];
```

```
den = [1 2 3];
```

% Vẽ quỹ đạo nghiệm :

```
rlocus(num,den)
```

```
title('Quỹ đạo nghiệm')
```



4. Lệnh SGRID

a) Công dụng:

Tạo lưới cho quỹ đạo nghiệm và biểu đồ cực-zero liên tục.

b) Cú pháp:

```
sgrid
```

```
sgrid('new')
```

```
sgrid(z,wn)
```

```
sgrid(z,wn,'new')
```

c) Giải thích:

Lệnh `sgrid` tạo lưới cho quỹ đạo nghiệm và biểu đồ cực-zero liên tục trong mặt phẳng s . Đường lưới vẽ là các đường hằng số tỉ số tắt dần (ζ) và tần số tự nhiên (ω_n). Đường tỉ số tắt dần được vẽ từ 0 tới 1 theo từng nấc là 0.1.

`sgrid('new')` xóa màn hình đồ họa trước khi vẽ và thiết lập trạng thái hold on để quỹ đạo nghiệm hay biểu đồ cực-zero được vẽ lên lưới bằng các lệnh :

```
sgrid('new')
```

```
rlocus(num,den) hoặc pzmap(num,den)
```

`sgrid(z,wn)` vẽ các đường hằng số tỉ lệ tắt dần được chỉ định trong vector z và vẽ đường tần số tự nhiên được chỉ định trong vector wn .

`sgrid(z,wn,'new')` xóa màn hình đồ họa trước khi vẽ các đường tỉ số tắt dần và tần số tự nhiên được chỉ định trong vector z và wn . Trạng thái hold on được thiết lập.

d) Ví dụ: Trích từ trang 11-200 sách '**Control System Toolbox**'

Vẽ lưới trong mặt phẳng s trên quỹ đạo nghiệm của hệ thống có hàm truyền :

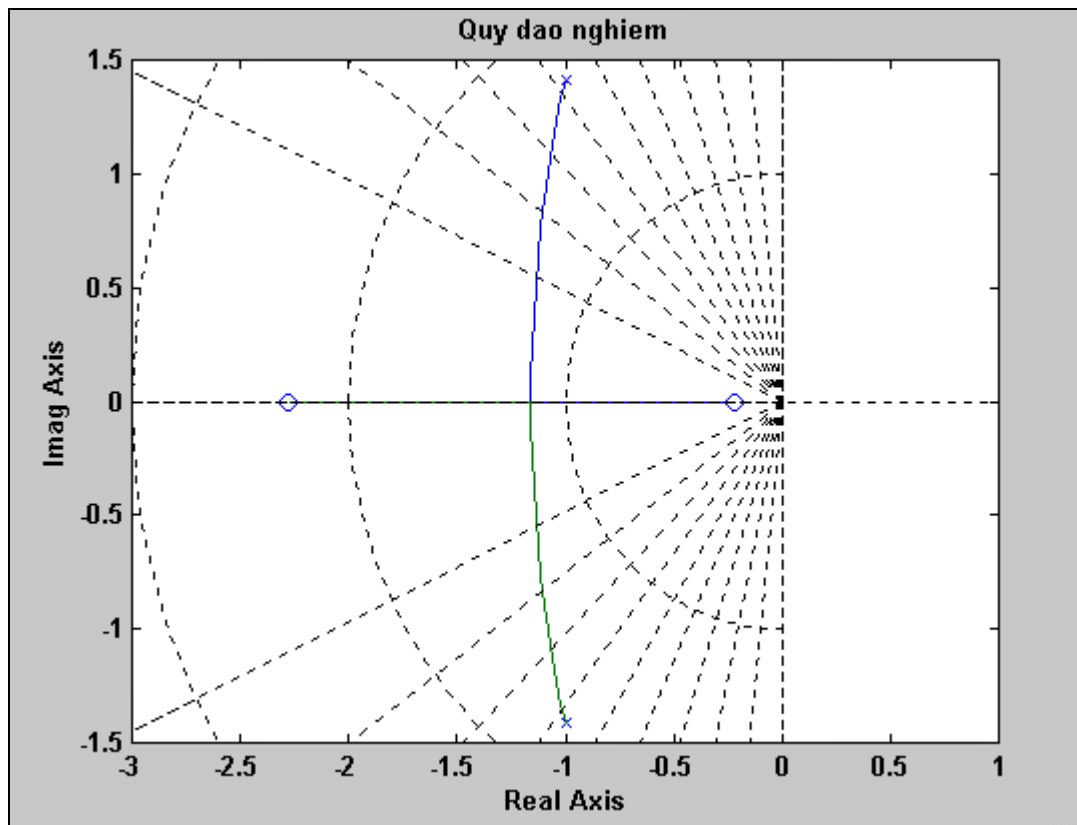
```
num = [2 5 1]; % ta có thể thay đổi 2 dòng num=..., den=... thành dòng lệnh sau:
```

```
den = [1 2 3]; % H(s)=tf([2 5 1],[1 2 3]);
```

```
rlocus(num,den)
```

```
title('Quy dao nghiem')
```

```
sgrid
```



5. Lệnh ZGRID

a) Công dụng:

Vẽ lưới tỉ lệ tắt dần và tần số tự nhiên cho quỹ đạo nghiệm gián đoạn.

b) Cú pháp:

```
zgrid
zgrid('new')
zgrid(z,wn)
zgrid(z,wn,'new')
```

c) Giải thích:

Lệnh zgrid tạo lưới quỹ đạo cho nghiệm hoặc biểu đồ cực-zero trong mặt phẳng z. Các đường hằng số tỉ lệ tắt dần (ζ) và tần số tự nhiên chuẩn hóa sẽ được vẽ. ζ được thay đổi từ 0 tới 1 theo từng nấc thay đổi là 0.1 và tần số tự nhiên được vẽ từ 0 tới π với từng nấc thay đổi là π/ω .

zgrid('new') xóa màn hình đồ họa trước khi vẽ lưới và thiết lập trạng thái hold on để quỹ đạo nghiệm hoặc biểu đồ cực-zero được vẽ lên lưới sử dụng các lệnh :

```
zgrid('new')
rlocus(num,den) hoặc pzmap(num,den)
```

zgrid(z,wn) vẽ hằng số tắt dần được chỉ định trong vector z và vẽ hằng số tần số tự nhiên cho các tần số chuẩn hóa được chỉ định trong vector wn. Các tần số chuẩn hóa có thể được vẽ bằng lệnh zgrid(z,wn/Ts) với tần số là thời gian lấy mẫu.

zgrid(z,wn,'new') xóa màn hình đồ họa trước khi vẽ tỉ số tắt dần và tần số tự nhiên được chỉ định trong vector z và wn. Trạng thái hold on được thiết lập.

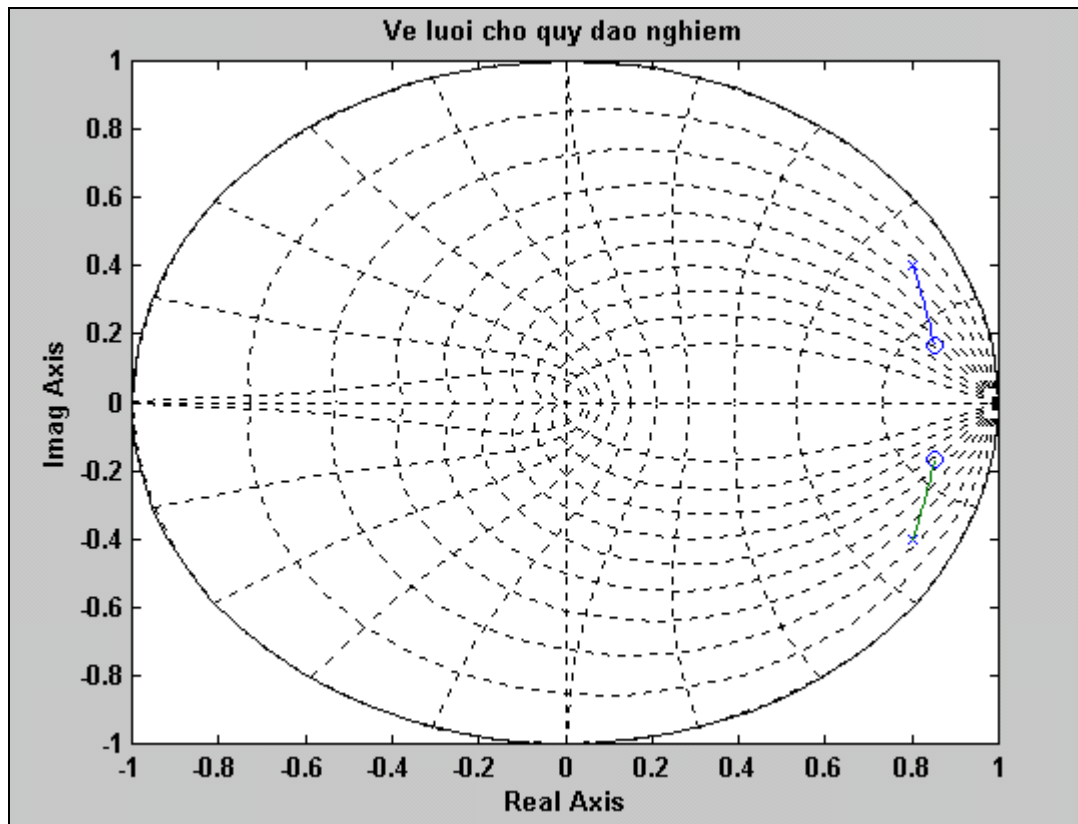
zgrid([],[]) sẽ vẽ ra vòng tròn đơn vị.

d) Ví dụ: Trích từ 11-236 sách '**Control System Toolbox**'

Vẽ lưới trong mặt phẳng cho quỹ đạo nghiệm của hệ thống có hàm truyền :

$$H(z) = \frac{2z^2 - 3.4z + 1.5}{z^2 - 1.6z + 0.8}$$

```
num = [2 -3.4 1.5];
den = [1 -1.6 0.8];
axis('square')
zgrid('new')
rlocus(num,den)
title('Ve luoi cho quy dao nghiem')
```

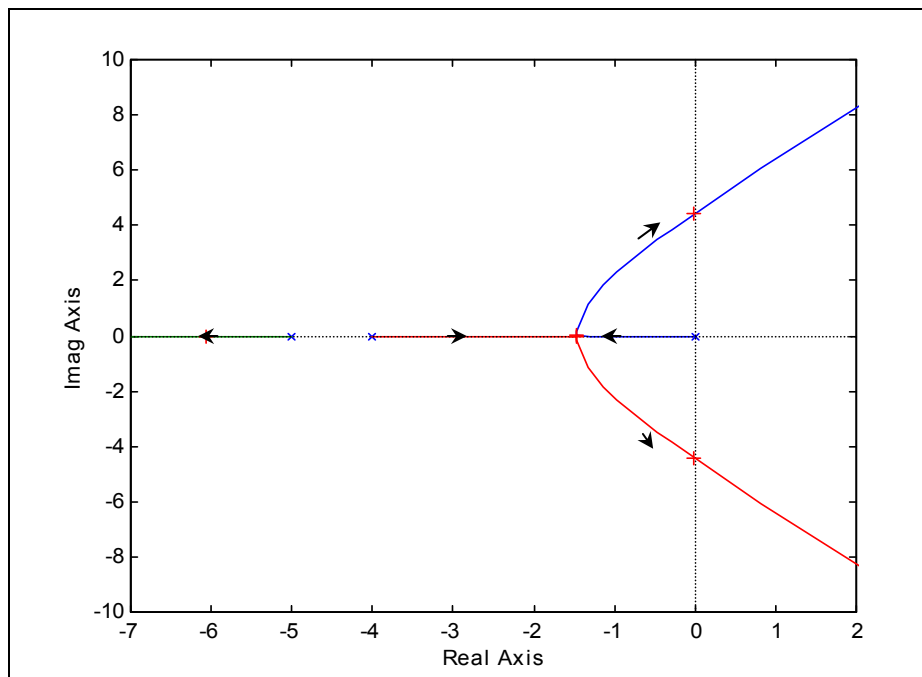


CÁC BÀI TẬP VỀ QUỸ ĐẠO NGHIỆM

Bài 1:

$$KGH = \frac{k}{s(s+4)(s+5)} \quad \text{với } k = 2$$

- » num = 2;
- » den = [1 9 20 0];
- » rlocus(num,den)



Từ đồ thị cho ta:

1. Điểm cực: 0, -4, -5.
2. Quỹ đạo nghiệm có 3 nhánh.
3. Điểm zero ở vô cùng (∞).
4. Điểm tách được xác định bằng cách từ cửa sổ MATLAB ta nhập:
 - » num = 2;
 - » den = [1 9 20 0];
 - » rlocus(num,den);
 - » rlocfind(num,den)

Sau khi nhập lệnh thì trên cửa sổ lệnh sẽ xuất hiện hàng chữ:

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Select a point in the graphics window (hãy chọn 1 điểm trên đồ thị minh họa).

Trên đồ thị sẽ có thước cho ta chọn điểm – kéo rê chuột để chọn điểm cần chọn.
selected_point = -1.4516

Điểm tách có giá trị: -1.4516

Giao điểm của quỹ đạo nghiệm với trục ảo (tương tự như tìm điểm tách): +4.472j, -4.472j.

Từ giá trị tại giao điểm của quỹ đạo nghiệm với trục ảo ta thế vào phương trình đặc trưng:

$$F(s) = s^3 + 9s^2 + 20s + k = 0$$

$$F(j\omega) = -j\omega^3 - 9\omega^2 + 20j\omega + k = 0$$

$$\Rightarrow \mathbf{k_{gh} = 180}$$

Kết luận: hệ thống sẽ ổn định khi $0 < k < 180$

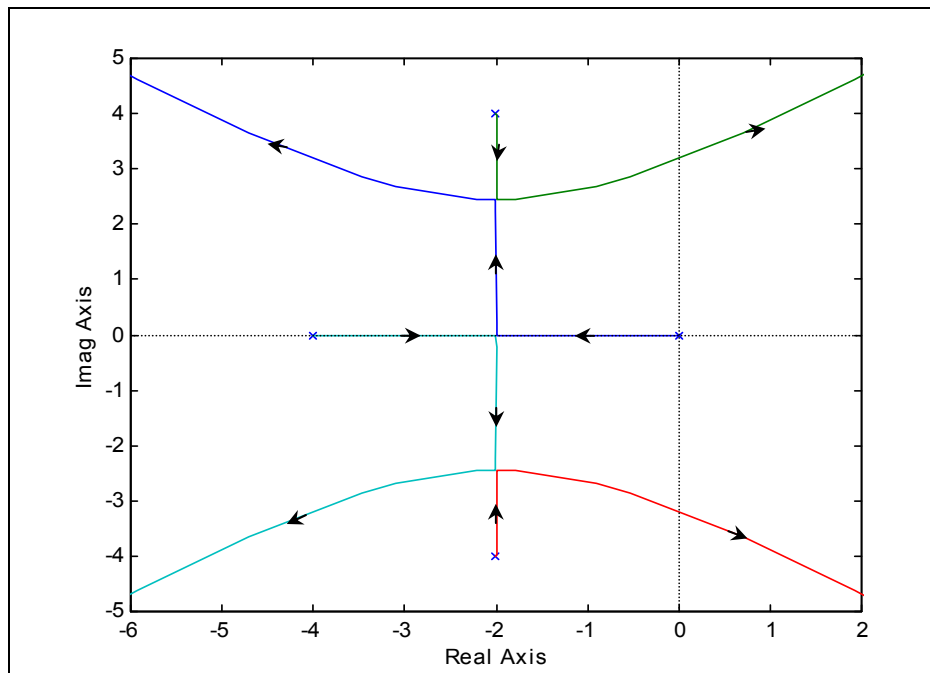
Bài 2:

$$KGH = \frac{k}{s(s+4)(s^2+4s+20)} \quad (k=2)$$

» num = 2;

» den = [1 8 36 80 0];

» rlocus(num,den)



Từ đồ thị cho ta:

1. Điểm cực: 0, -4, -2+4j, -2-4j;
2. Quỹ đạo nghiệm có 4 nhánh
3. Điểm zero ở vô hạn (∞)

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

4. Điểm tách được xác định bằng cách từ cửa sổ MATLAB ta nhập:

```
» num = 2;  
» den = [1 8 36 80 0];  
» rlocus(num,den);  
» rlocfind(num,den);
```

Sau khi nhập lệnh thì trên cửa sổ lệnh sẽ xuất hiện hàng chữ:

Select a point in the graphics window (hãy chọn 1 điểm trên đồ thị minh họa).

Trên đồ thị sẽ có thước cho ta chọn điểm – kéo rê chuột để chọn điểm cần chọn.

selected_point = -2, -2.0184 + 2.4561j, -2.0184 - 2.4561j

Điểm tách có giá trị: -2, -2.0184 + 2.4561j, -2.0184 - 2.4561j

Giao điểm của quỹ đạo nghiệm với trục ảo (tương tự như tìm điểm tách): +3.16j, -3.16j

Từ giá trị tại giao điểm của quỹ đạo nghiệm với trục hoành ta thế vào phương trình đặc trưng:

$$F(jw) = w^4 - 8jw^3 - 36w^2 + 80jw + k$$

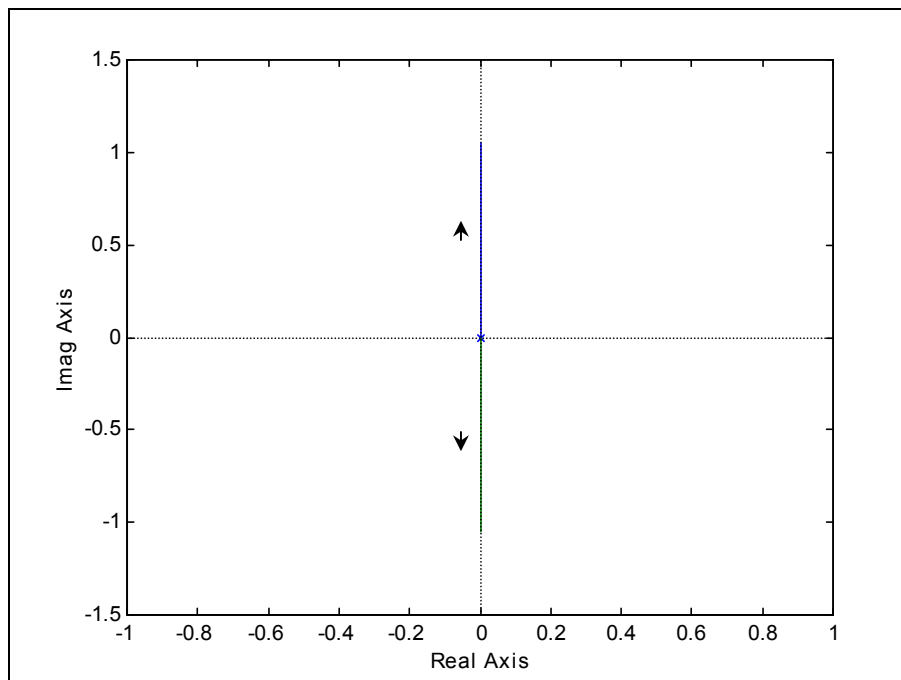
$$\Rightarrow \underline{k_{gh} = 260}$$

Kết luận : hệ thống sẽ ổn định khi $0 < k < 260$

Bài 3:

$$KGH = \frac{k}{s^2} \quad (k = 2)$$

```
» num = 2;  
» den = [1 0 0];  
» rlocus(num,den)
```



Từ đồ thị ta có:

1. Điểm cực : 0
2. Quỹ đạo nghiệm có 2 nhánh
3. Điểm zero ở vô hạn (∞)

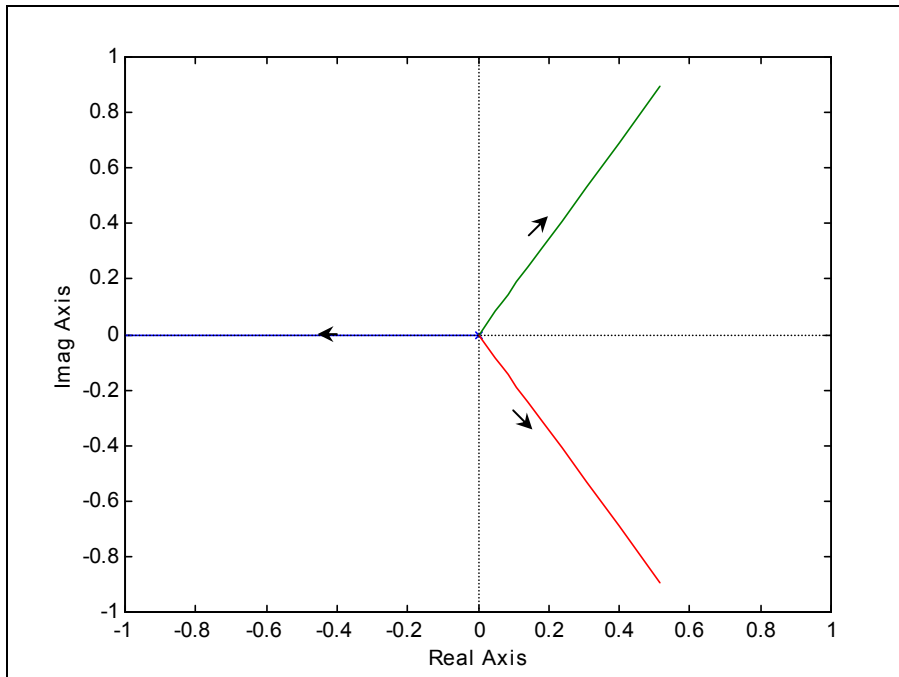
Điểm tách có giá trị: 0

Kết luận: hệ thống không ổn định.

Bài 4:

$$KGH = \frac{k}{s^3}$$

- » num = 2;
- » den =[1 0 0 0];
- » rlocus(num,den)



Từ đồ thị ta có:

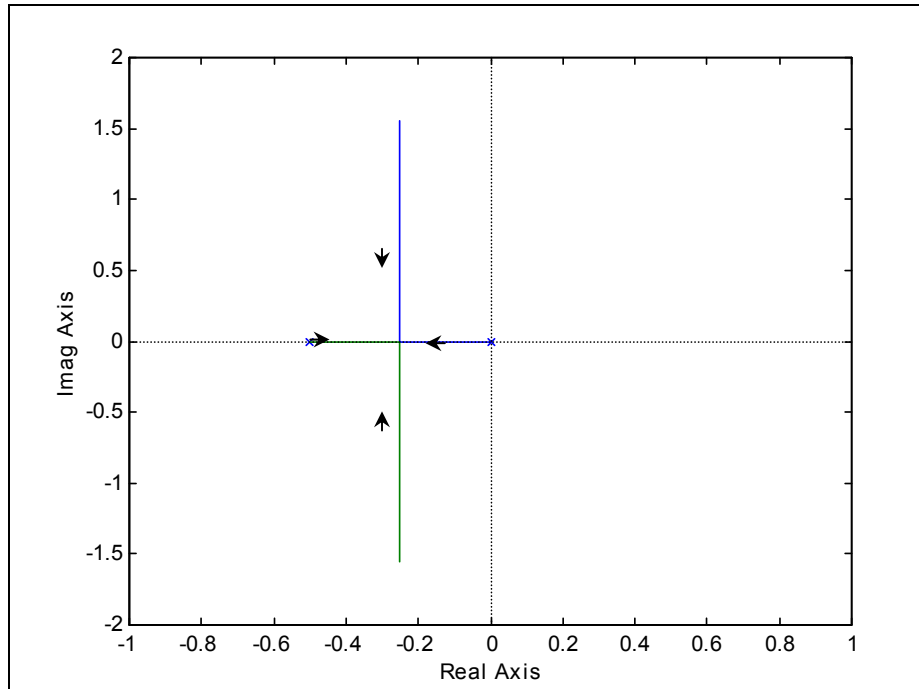
1. Điểm cực: 0.
2. Quỹ đạo nghiệm có 3 nhánh.
3. Điểm zero ở vô hạn (∞).
4. Điểm tách có giá trị: 0

Kết luận: hệ thống không ổn định (vì hai nhánh của quỹ đạo nghiệm số luôn nằm nửa phải mặt phẳng phức).

Bài 5:

$$KGH = \frac{k}{s(ts+1)} \quad (k=1, t=2)$$

- » num = 1;
- » den = [2 1 0];
- » rlocus(num,den)



1. Điểm cực : 0,-0.5
2. Quỹ đạo nghiệm có 2 nhánh
3. Điểm zero ở vô hạn (∞)
4. Điểm tách được được xác định bằng cách từ cửa sổ MATLAB ta nhập:

- » num = 1;
- » den = [2 1 0];
- » rlocus(num,den);
- » rlocfind(num,den)

Sau khi nhập lệnh thì trên cửa sổ lệnh sẽ xuất hiện hàng chữ:

Select a point in the graphics window (hãy chọn 1 điểm trên đồ thị minh họa).

Trên đồ thị sẽ có thước cho ta chọn điểm – kéo rê chuột để chọn điểm cần chọn.

selected_point = -0.253

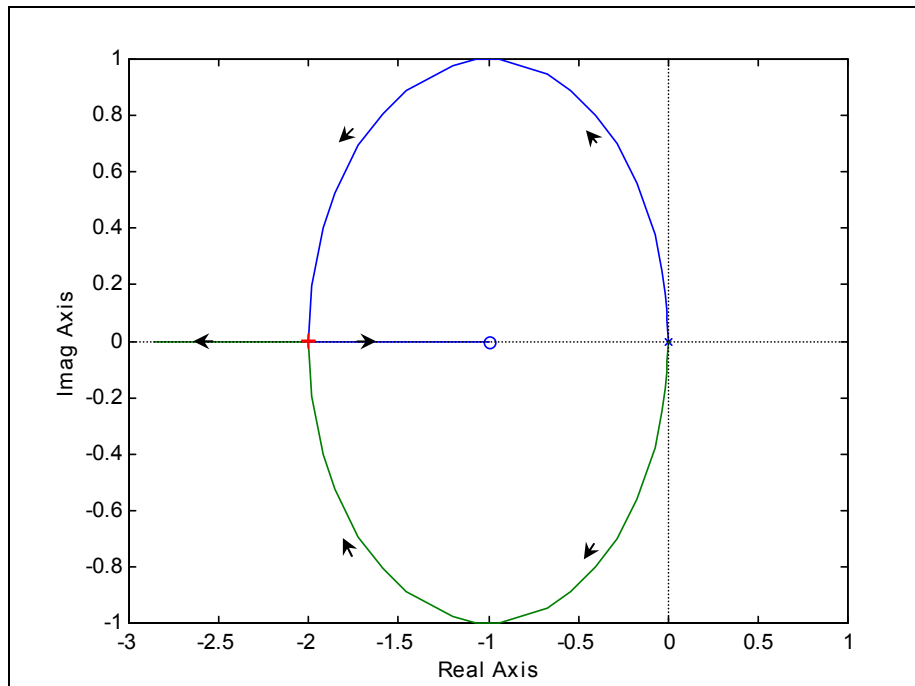
Điểm tách có giá trị: -0.253-

Kết luận: hệ thống luôn ổn định (vì quỹ đạo nghiệm luôn nằm ở nửa trái mặt phẳng phức).

Bài 6:

$$KGH = \frac{k(ts+1)}{s^2} \quad (k=1, t=1)$$

```
» num = [1 1];  
» den = [1 0 0];  
» rlocus(num,den)
```



1. Điểm cực: 0
2. Quỹ đạo nghiệm có 2 nhánh
3. Điểm zero ở ∞ , -1
4. Điểm tách được được xác định bằng cách từ cửa sổ MATLAB ta nhập:

```
» num = [1 1];  
» den = [1 0 0];  
» rlocus(num,den);  
» rlocfind(num,den)
```

Sau khi nhập lệnh thì trên cửa sổ lệnh sẽ xuất hiện hàng chữ:

Select a point in the graphics window (hãy chọn 1 điểm trên đồ thị minh họa).

Trên đồ thị sẽ có thước cho ta chọn điểm – kéo rê chuột để chọn điểm cần chọn.

selected_point = -2

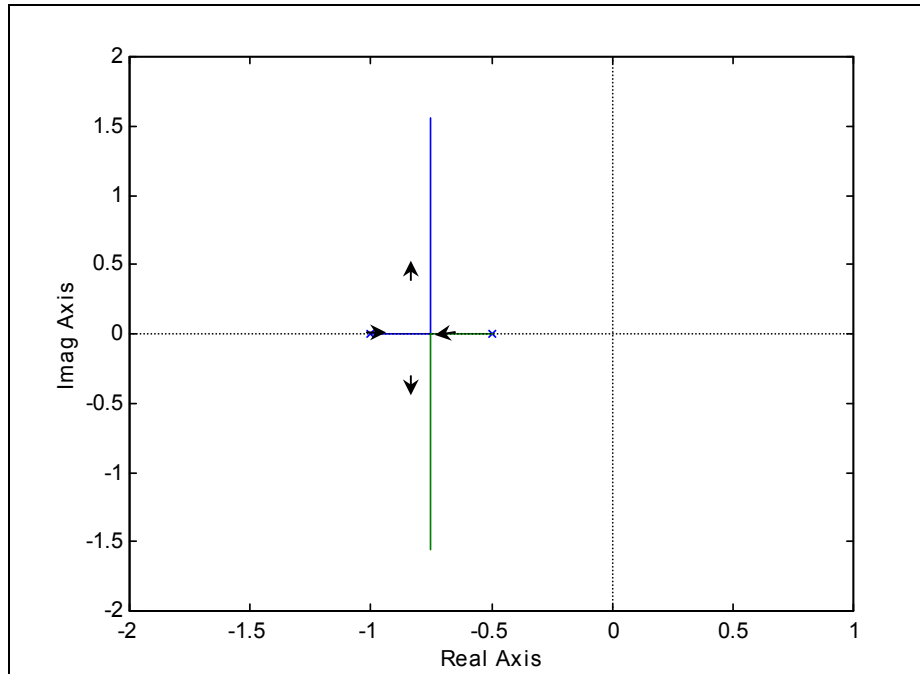
Điểm tách có giá trị: -2.

Kết luận: hệ thống ở biên ổn định.

Bài 7:

$$KGH = \frac{k}{(t_1s + 1)(t_2s + 1)} \quad (k = 1, t_1 = 2, t_2 = 1)$$

```
» num = 1;  
» den = [2 3 1];  
» rlocus(num,den)
```



1. Điểm cực: -0.5, -1.
2. Quỹ đạo nghiệm có 2 nhánh
3. Điểm zero ở vô hạn (∞)
4. Điểm tách được được xác định bằng cách từ cửa sổ MATLAB ta nhập:

```
» num = 1;  
» den = [2 3 1];  
» rlocus(num,den);  
» rlocfind(num,den)
```

Sau khi nhập lệnh thì trên cửa sổ lệnh sẽ xuất hiện hàng chữ:
Select a point in the graphics window (hãy chọn 1 điểm trên đồ thị minh họa).

**Trên đồ thị sẽ có thước cho ta chọn điểm – kéo rê chuột để chọn điểm cần chọn.
selected_point = -0.75.**

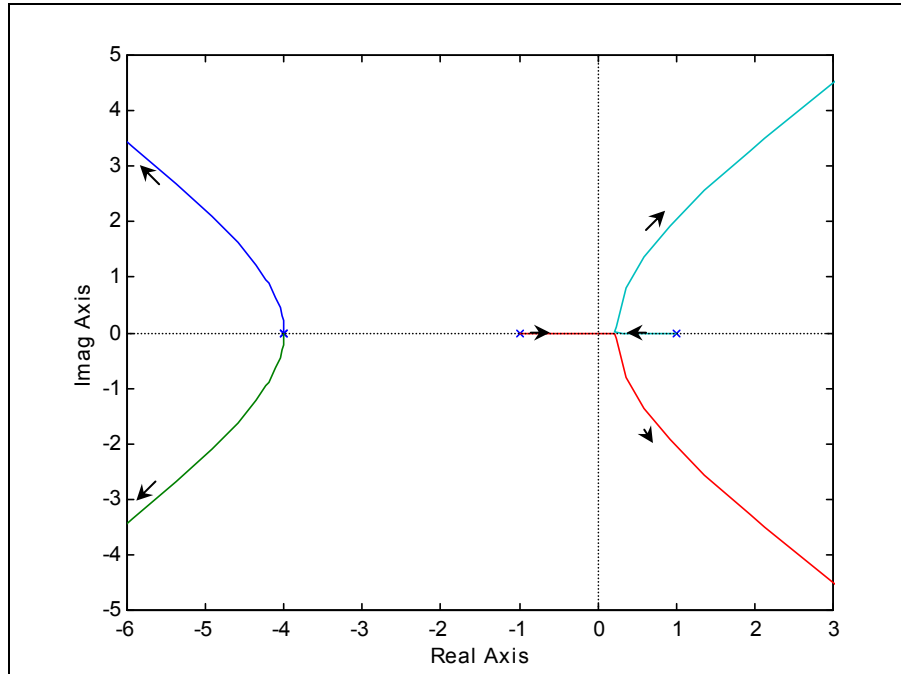
Điểm tách có giá trị: -0.75

Kết luận: hệ thống luôn ổn định.

Bài 8:

$$KGH = \frac{k}{(s+1)(s-1)(s+4)^2} \quad (k = 10)$$

```
» num =10;  
» den = [ 1 8 15 -8 -16];  
» rlocus(num,den)
```



1. Điểm cực : 1, -1 và 1 cực kép -4.
2. Quỹ đạo nghiệm có 4 nhánh.
3. Điểm zero: có 4 zero ở vô cùng (∞).
4. Điểm tách được được xác định bằng cách từ cửa sổ MATLAB ta nhập:

```
» num =10;  
» den = [ 1 8 15 -8 -16];  
» rlocus(num,den);  
» rlocfind(num,den)
```

Sau khi nhập lệnh thì trên cửa sổ lệnh sẽ xuất hiện hàng chữ:
Select a point in the graphics window (hãy chọn 1 điểm trên đồ thị minh họa).

**Trên đồ thị sẽ có thước cho ta chọn điểm – kéo rê chuột để chọn điểm cần chọn.
selected_point = 0.2308, -4**

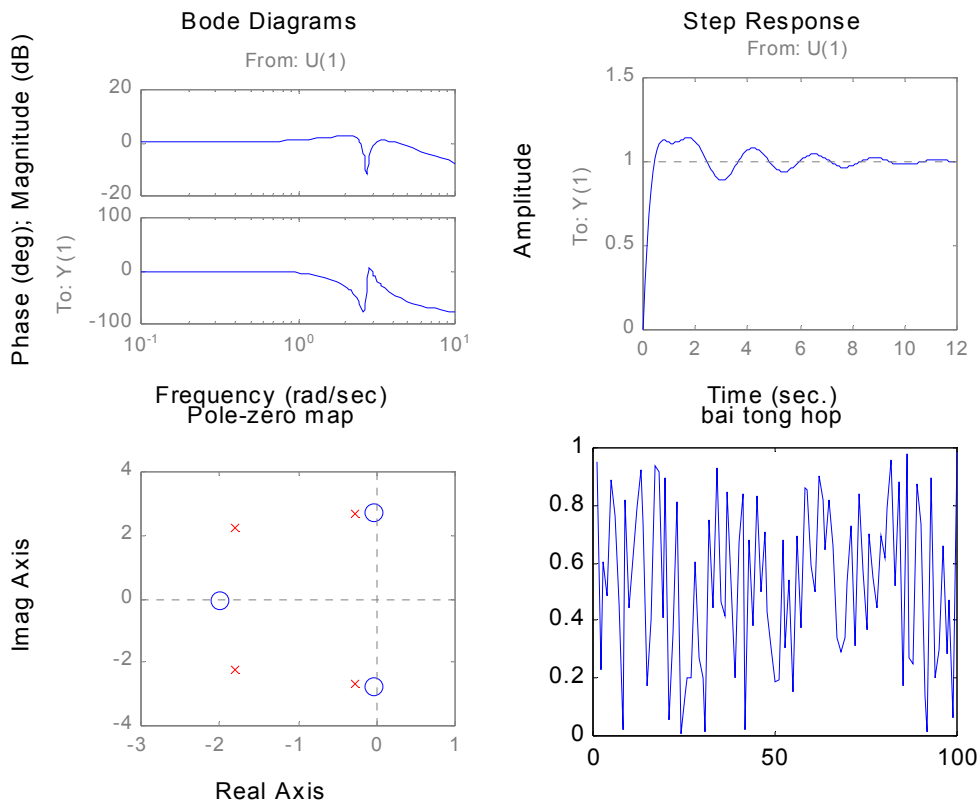
Điểm tách có giá trị: 0.2308, -4

Kết luận: Hệ thống luôn không ổn định vì tồn tại 1 nghiệm của phương trình đặc trưng nằm bên phải mặt phẳng phức.

Bài 9: Trích từ trang 5-19 sách ‘Control System Toolbox’

Bài này tổng hợp các lệnh:

- » `h=tf([4 8.4 30.8 60],[1 4.12 17.4 30.8 60]);`
- » `subplot(221)`
- » `bode(h)`
- » `subplot(222)`
- » `step(h)`
- » `subplot(223)`
- » `pzmap(h)`
- » `subplot(224)`
- » `plot(rand(1,100))`
- » `plot(rand(1,100))`



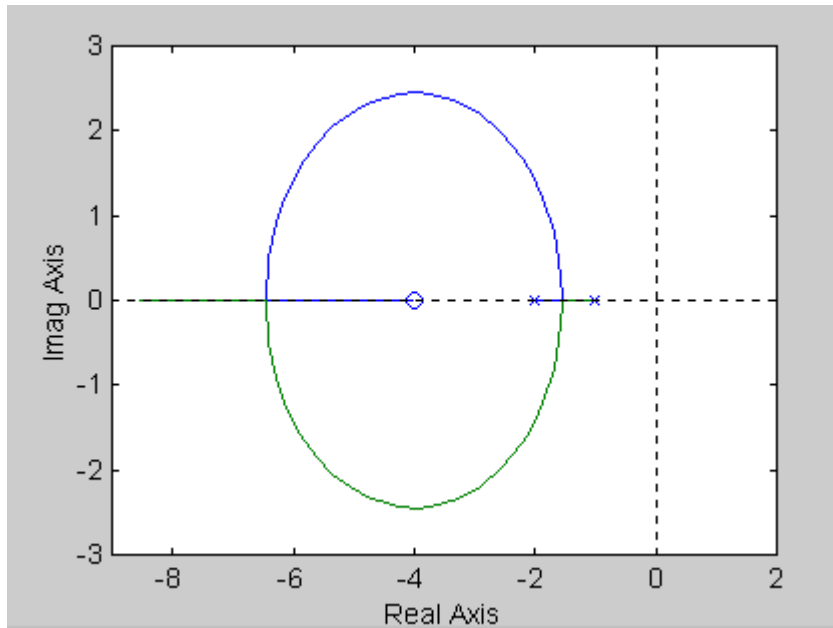
Bài 10: Cho hàm truyền như sau:

$$G(s) = \frac{s + 4}{(s + 1)(s + 2)}$$

Viết theo cấu trúc sau ta có được đồ thị biểu diễn quỹ đạo nghiệm:

```
» num=[1 4];  
» den=conv([1 1],[1 2])  
» rlocus(num,den)
```

Kết quả như hình sau:



KHẢO SÁT SỰ ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG

LÝ THUYẾT:

- Hệ thống ổn định ở trạng thái hở, sẽ ổn định ở trạng thái kín nếu biểu đồ Nyquist không bao điểm $(-1+i0)$ trên mặt phẳng phức.
- Hệ thống không ổn định ở trạng thái hở, sẽ ổn định ở trạng thái kín nếu biểu đồ Nyquist bao điểm $(-1+i0)$ p lần ngược chiều kim đồng hồ (p là số cực GH nằm ở phải mặt phẳng phức).

Từ dấu nhắc của cửa sổ MATLAB, ta nhập:

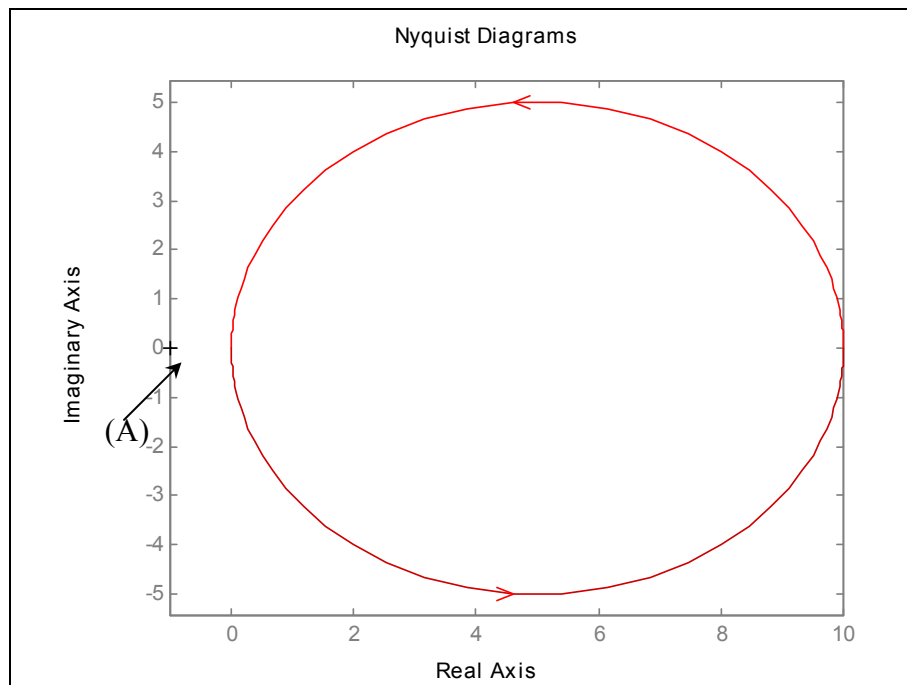
- » num = [nhập các hệ số của tử số theo chiều giảm dần của số mũ].
- » den = [nhập các hệ số của mẫu số theo chiều giảm dần của số mũ].
- » nyquist(num,den)

Bài tập 1:

$$GH(s) = \frac{k}{1-st} \quad (\text{với } k=10, t=1)$$

- » num = 10;
- » den = [-1 1];
- » nyquist(num,den)

Kết quả:



Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Nhận xét: hàm truyền vòng hở có 1 cực nằm bên phải mặt phẳng phức. Biểu đồ Nyquist không bao điểm A (-1+j0).

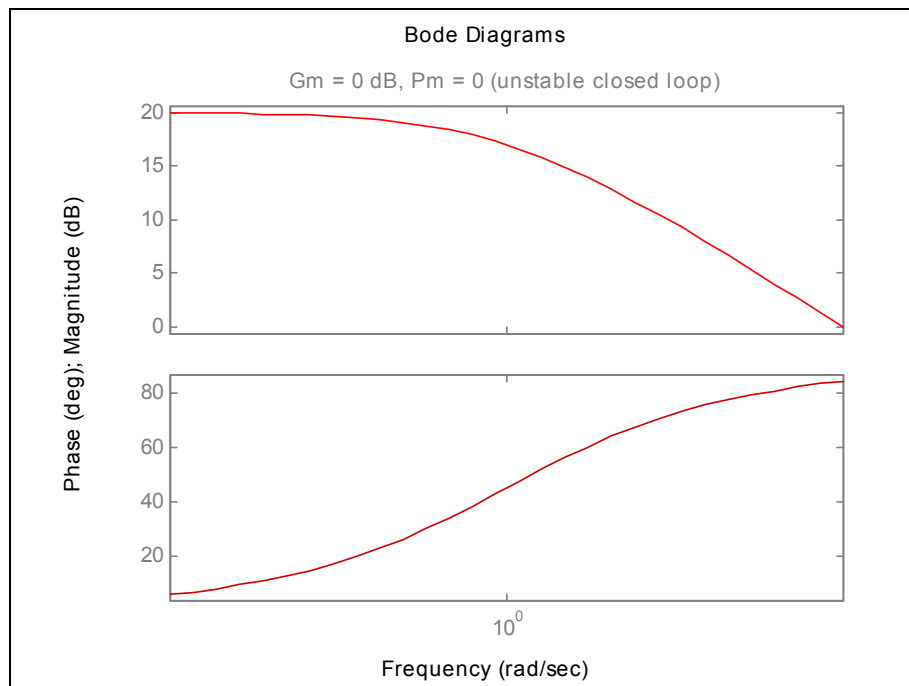
Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis), điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ không ổn định.

* Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.

Từ dấu nhắc của cửa sổ lệnh MATLAB ta dùng lệnh 'margin':

```
» num = 10;  
» den = [-1 1];  
» margin(num,den);
```



Kết luận:

Độ dự trữ biên ($G_m = 0$ dB).

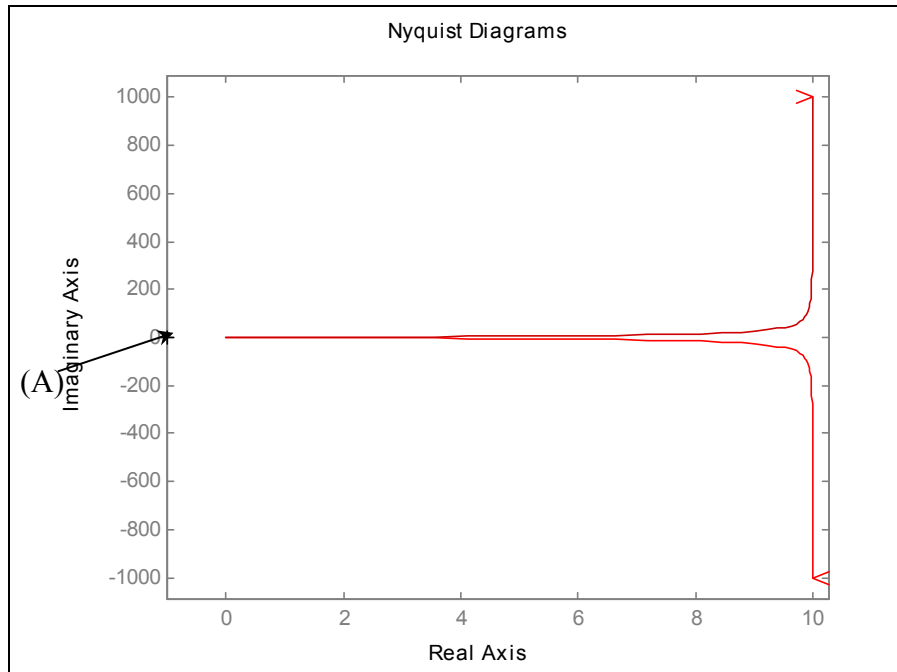
Độ dự trữ pha ($P_m = 0^\circ$).

Warning: Closed loop is unstable (hệ vòng kín không ổn định).

Bài tập 2:

$$GH(s) = \frac{k}{s(1-st)} \quad (k = 10, t = 1)$$

```
» num = 10;  
» den = [-1 1 0];  
» nyquist(num,den)
```



Nhân xét: hàm truyền vòng hở có 1 cực nằm bên phải mặt phẳng phức và 1 cực nằm tại gốc tọa độ. Biểu đồ Nyquist không bao điểm A $(-1+j0)$.

Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis), điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ không ổn định.

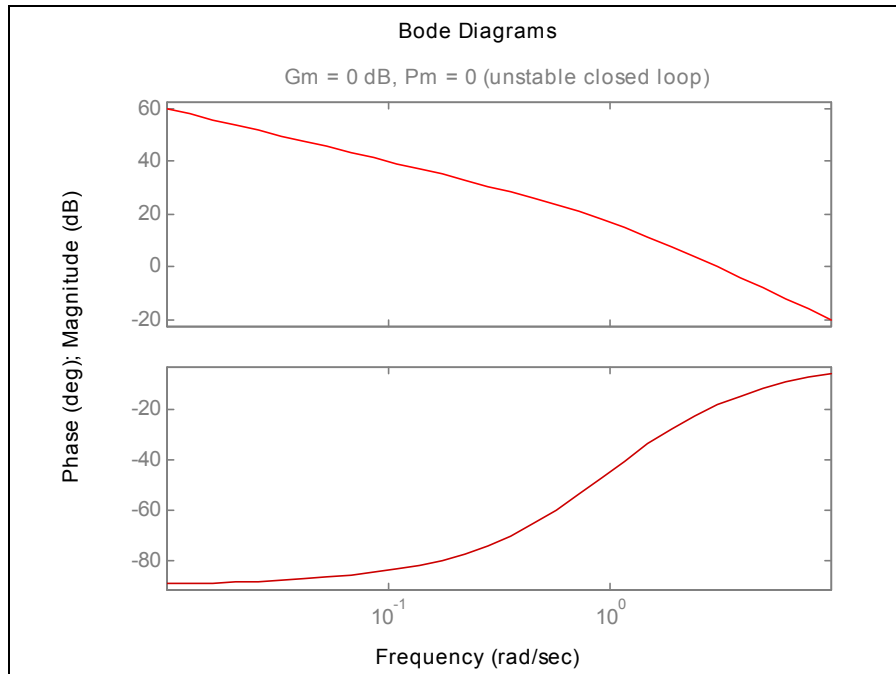
* Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.

Từ dấu nhắc của cửa sổ lệnh MATLAB ta dùng lệnh 'margin':

» num = 10;

» den = [-1 1 0];

»margin(num,den)



Kết luận:

Độ dự trữ biên (Gm = 0 dB).

Độ dự trữ pha (Pm = 0°).

Warning: Closed loop is unstable (hệ vòng kín không ổn định).

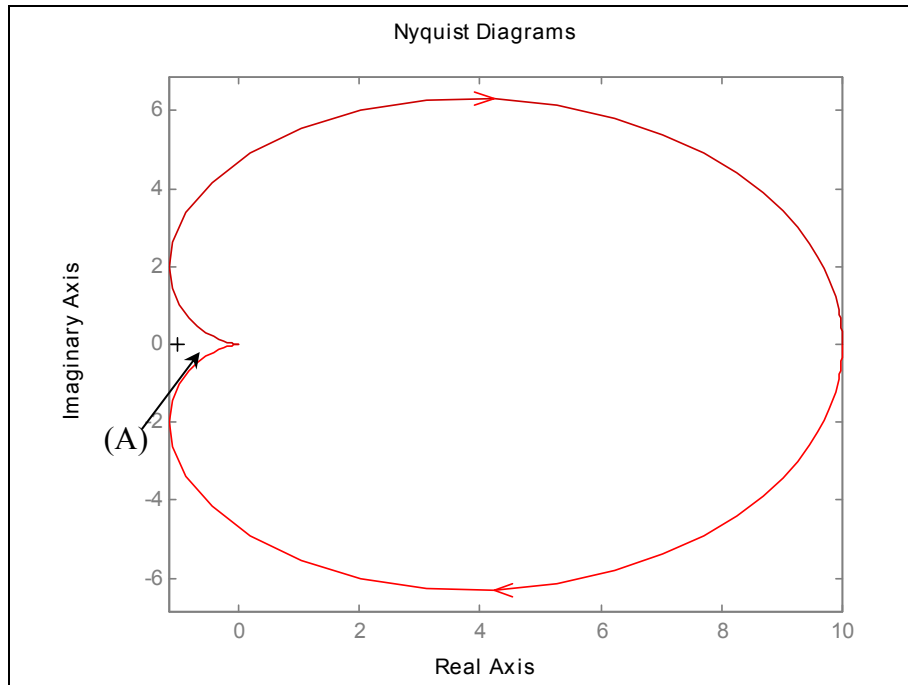
Bài tập 3:

$$GH(s) = \frac{k}{(t_1s + 1)(t_2s + 1)} \quad (k = 10, t_1 = 1, t_2 = 2)$$

» num = 10;

» den = [2 3 1];

» nyquist(num,den)



Nhân xét: hàm truyền vòng hở có 2 cực nằm bên trái mặt phẳng phức. Biểu đồ Nyquist không bao điểm A $(-1+j0)$.

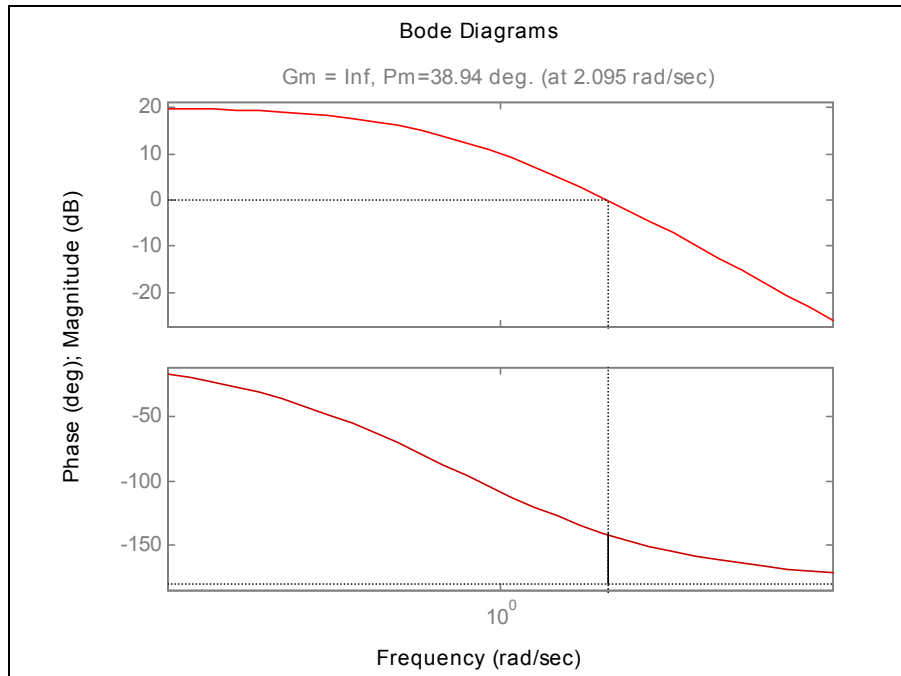
Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis), điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ thống ổn định.

* **Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.**

Từ dấu nhắc của cửa sổ MATLAB dùng lệnh 'margin'.

- » num = 10;
- » den = [2 3 1];
- » margin(num,den)



Kết luận: hệ thống ổn định.

Độ dự trữ biên ($G_m = \infty$).

Độ dự trữ pha ($P_m = 38.94^\circ$), tại tần số cắt biên 2.095 rad/sec.

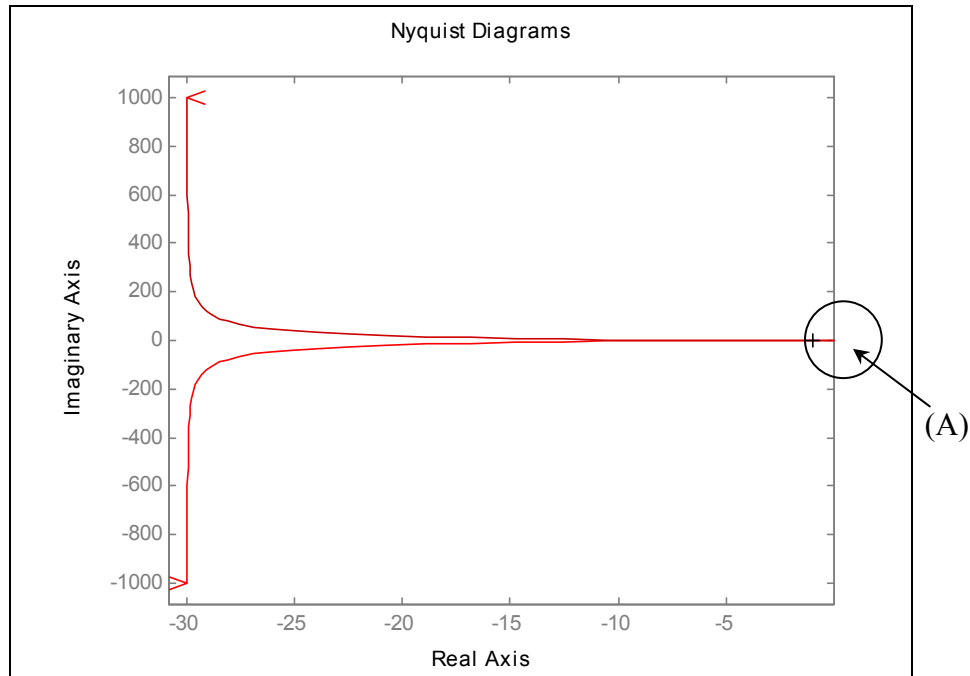
Bài tập 4:

$$GH(s) = \frac{k}{s(t_1s+1)(t_2s+1)} \quad (k=10 \quad t_1=1, t_2=2)$$

» num = 10;

» den = [2 3 1 0];

» nyquist(num,den)



Nhận xét: hàm truyền vòng hở có 2 cực nằm bên trái mặt phẳng phức và 1 cực ở zero. Biểu đồ Nyquist bao điểm A(-1+j0).

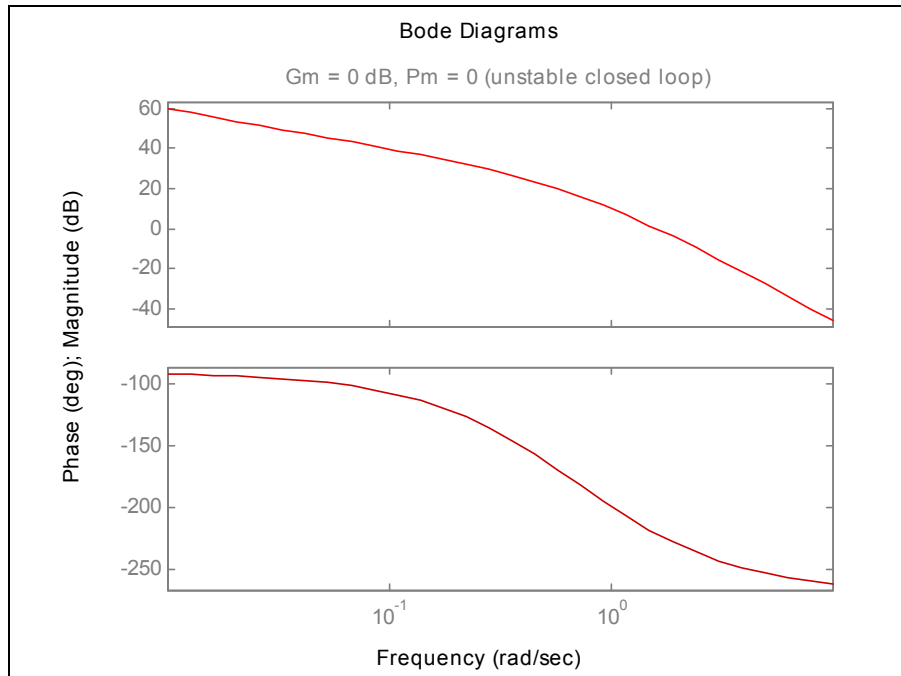
Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis) , điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ không ổn định.

* **Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.**

Từ dấu nhắc của cửa sổ MATLAB ta dùng lệnh 'margin' để kiểm chứng lại hệ:

```
» num = 10;  
» den = [2 3 1 0];  
»margin(num,den)
```



Kết luận: hệ thống không ổn định.

Độ dự trữ biên ($G_m = 0$ dB).

Độ dự trữ pha ($P_m = 0^\circ$)

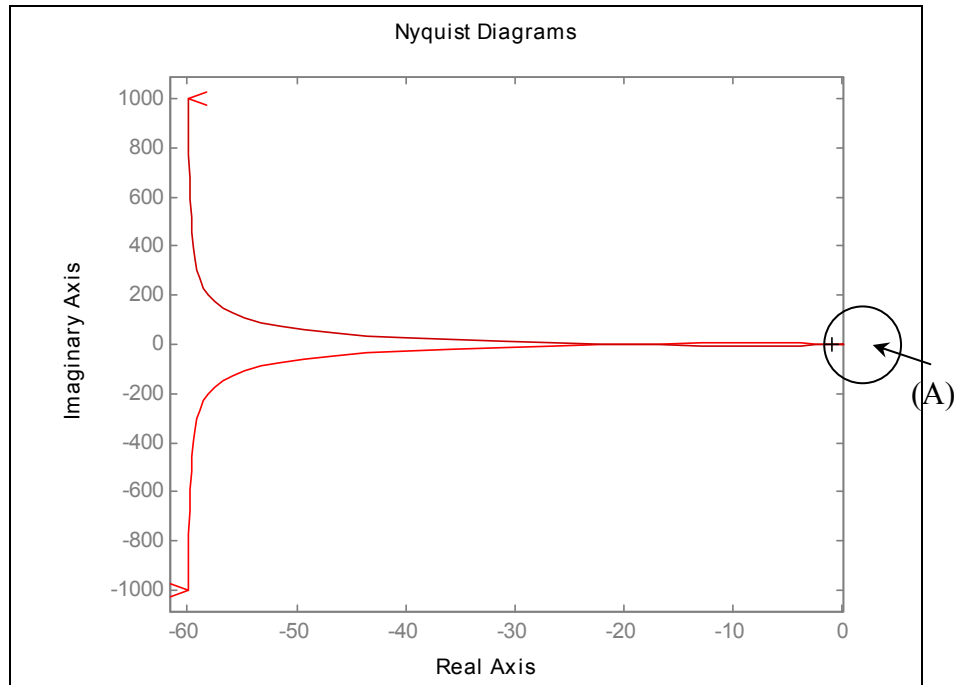
Bài tập 5:

$$GH(s) = \frac{k}{s(t_1s+1)(t_2s+1)(t_3s+1)} \quad (t_1=1, t_2=2, t_3=3, k=10)$$

» num = 10;

» den = [6 11 6 1 0];

» nyquist(num,den)



Nhận xét: hàm truyền vòng hở có 3 cực nằm bên trái mặt phẳng phức và 1 cực ở zero. Biểu đồ Nyquist bao điểm A (-1+i0).

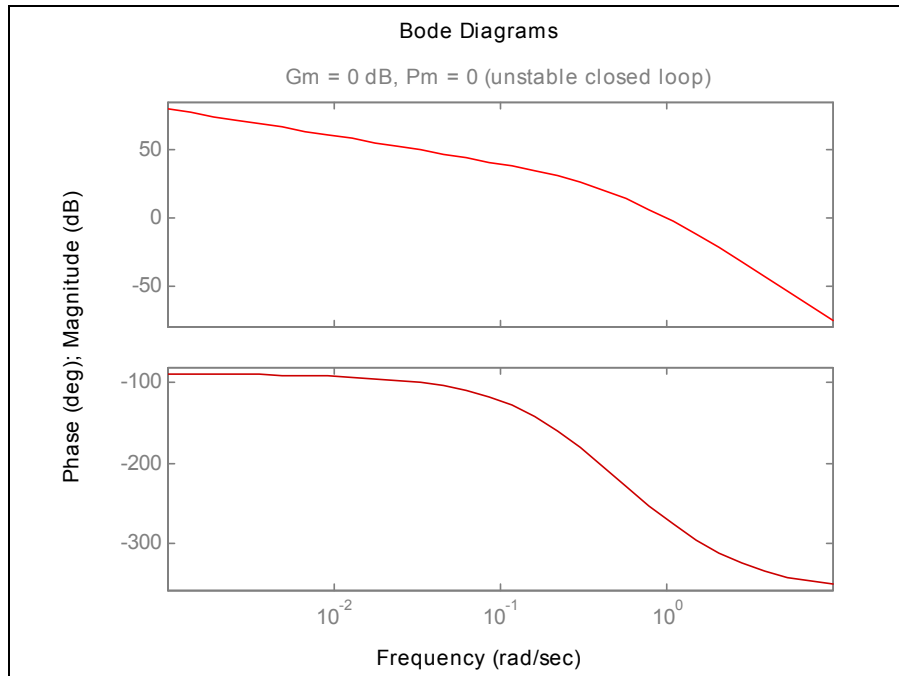
Điểm -1 ký hiệu (+) nằm trên trục thực âm (Real Axis), điểm 0 nằm trên trục ảo (Imaginary Axis).

Kết luận: hệ không ổn định.

* **Dùng lệnh margin để tìm biên dự trữ và pha dự trữ.**

Từ dấu nhắc của cửa sổ MATLAB, dùng lệnh 'margin' để kiểm chứng lại hệ:

- » num = 10;
- » den = [6 11 6 1 0];
- » margin(num,den)



Kết luận: hệ thống không ổn định.

Độ dự trữ biên ($G_m = 0$ dB).

Độ dự trữ pha ($P_m = 0^\circ$).

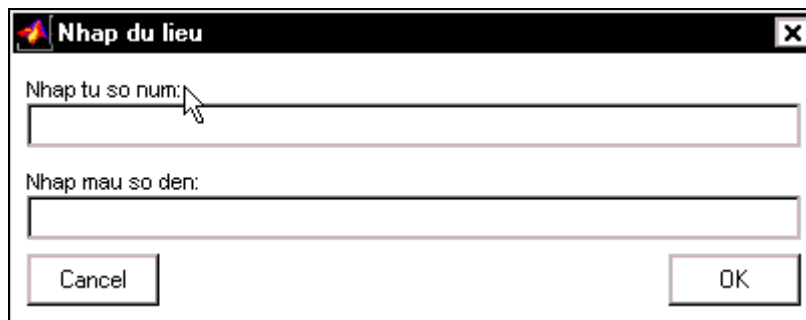
Bài tập 6: Sau đây là dạng bài tập tổng quát với tử và mẫu của một hàm truyền là các số liệu mà ta phải nhập vào.

Chương trình:

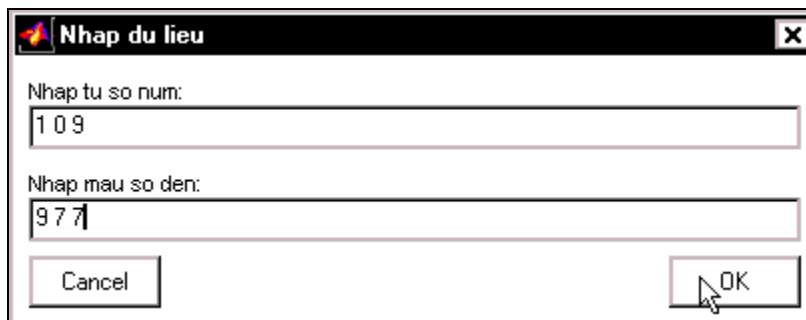
```
%%Tap tin khao sat on dinh he thong
%%PHAM QUOC TRUONG - DT: 9230774
function ondinh()
promptstr={'Nhập tử số num:', 'Nhập mẫu số den:'};
inistr={' ', ' '};
dlgTitle='Nhập dữ liệu';
lineNo=1;
result=inputdlg(promptstr, dlgTitle, lineNo, instr);
num=str2num(char(result(1)));
den=str2num(char(result(2)));
[z, p, k]=residue(num, den); %Tim cac cuc p
z=roots(num) %Tim cac zero z
zplane(z, p) %Ve cuc va zero
```

Sau khi chạy chương trình ta được kết quả:

Bạn hãy nhập số liệu vào:



Giả sử ta nhập số liệu sau và chọn OK:



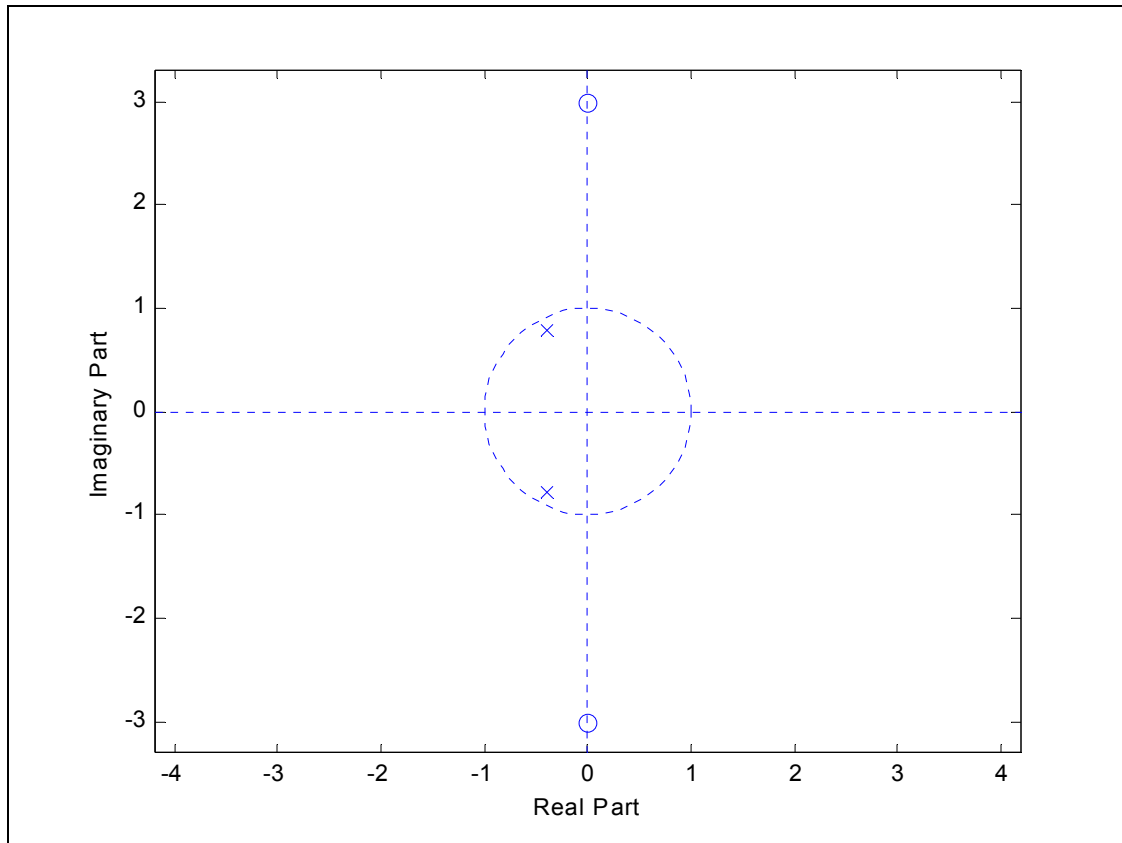
Kết quả ngoài cửa sổ MATLAB Command Windows

$z =$

$$0 + 3.0000i$$

$$0 - 3.0000i$$

Hình vẽ cực và zero:



Khảo sát hệ thống theo tiêu chuẩn Hurwitz

ÔN LẠI LÝ THUYẾT:

Xét Phương trình đặc trưng:

$$F(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0 \text{ với } a_n \neq 0$$

1. Điều kiện cần để hệ ổn định:

- Các hệ số a_j ($j = 0, \dots, n-1$) cùng dấu với a_n .
- $a_j \neq 0$ ($j = 0, \dots, n$)

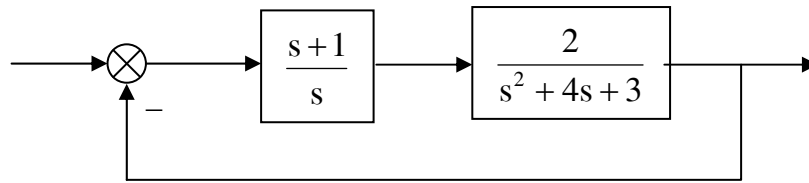
2. Tiêu chuẩn Hurwitz:

Điều kiện cần và đủ để hệ ổn định (các nghiệm của phương trình đặt trưng nằm bên trái mặt phẳng phức) là tất cả các định thức Hurwitz D_k đều cùng dấu ($k = 0..n$)

3. Tiêu chuẩn Routh:

Điều cần và đủ để hệ ổn định là tất cả các phần tử của cột 1 bảng Routh đều cùng dấu, nếu có sự đổi dấu thì số lần đổi dấu thì số lần đổi dấu bằng số nghiệm ở phải mặt phẳng phức.

Bài tập 7: Cho hệ thống điều khiển phản hồi:



Dùng giản đồ Bode để khảo sát ổn định của hệ thống trên.

Khảo sát hệ xem hệ có ổn định hay không.

Trước tiên ta dùng lệnh 'series' kết nối 2 hệ thống:

```
» num1 = [1 1];  
» den1 = [1 0];  
» num2 = 2;  
» den2 = [1 4 3];  
» [num,den] = series(num1,den1,num2,den2)
```

num =

```
0 0 2 2
```

den =

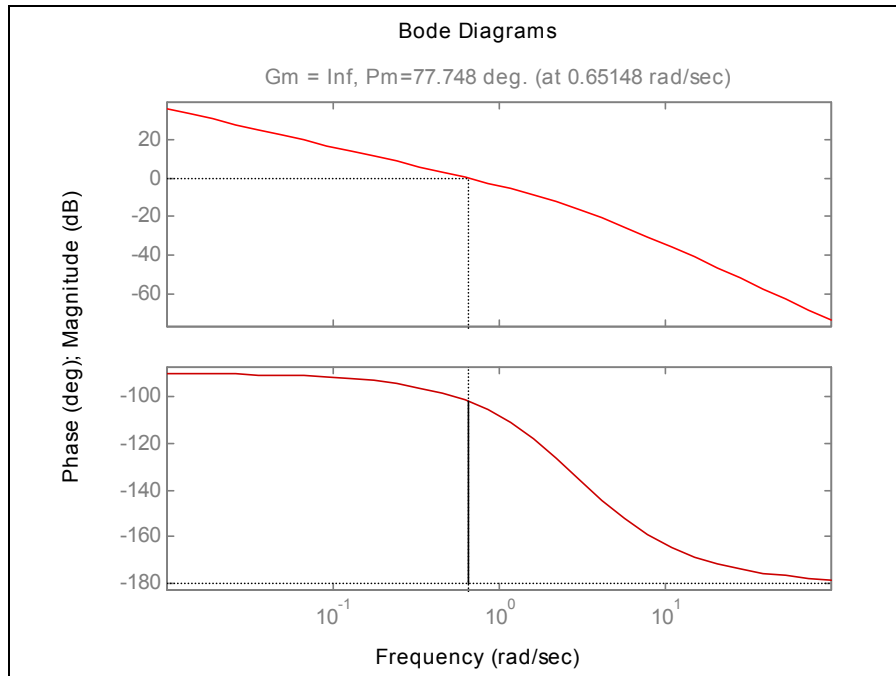
```
1 4 3 0
```

Hàm truyền nối tiếp là:

$$GH(s) = \frac{2s + 2}{s^3 + 4s^2 + 3s}$$

Dùng giản đồ Bode để khảo sát ổn định:

```
» num = [2 2];  
» den = [1 4 3 0];  
» margin(num,den)
```



Kết luận:

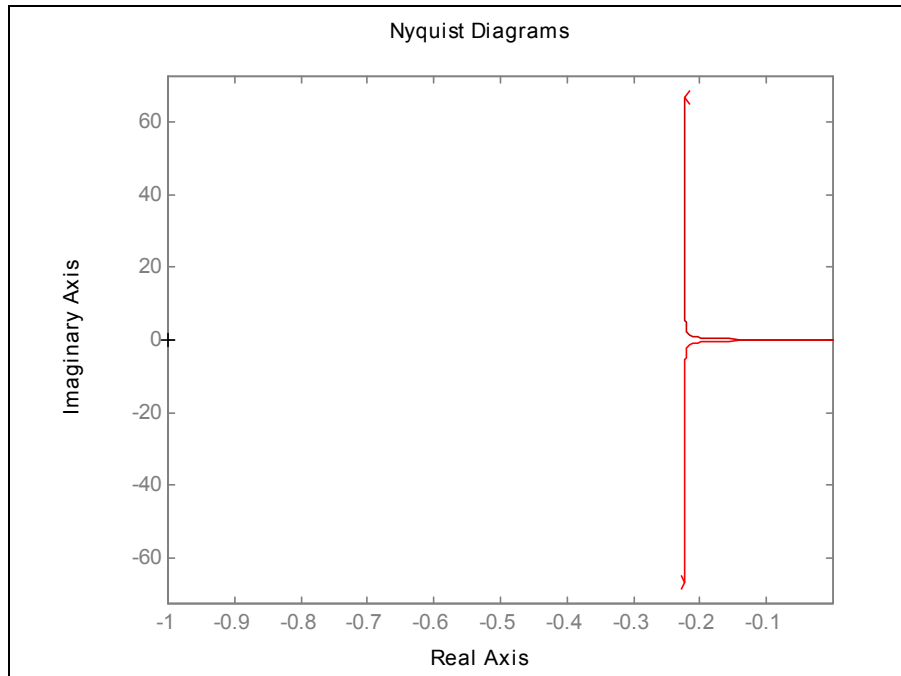
Biên dự trữ: $G_m = \infty$

Pha dự trữ $P_m = 77.74^\circ$ tại tần số cắt biên $\omega_b = 0.65$

Vậy hệ thống ổn định.

Vẽ biểu đồ Nyquist:

» `nyquist(num,den)`



Bên cạnh đó ta có thể khảo sát ổn định bằng tiêu chuẩn đại số:

Phương trình đặc trưng: $s^3 + 4s^2 + 5s + 2 = 0$

Trước tiên ta gọi 'hurwitz' từ cửa sổ lệnh:(liên hệ PQT để có chương trình)

» hurwitz

Cho biết số bậc cao nhất của hàm: 3

Cho biết hệ số a(0): 1

Cho biết hệ số a(1): 4

Cho biết hệ số a(2): 5

Cho biết hệ số a(3): 2

Các định thức Hurwitz:

$$D[1] = 1$$

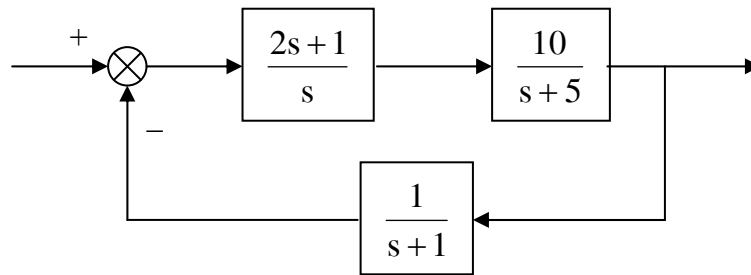
$$D[2] = 4$$

$$D[3] = 18$$

$$D[4] = 36$$

- HE THONG ON DINH. -

Bài tập 8: Khảo sát hệ thống:



Trước tiên, ta kết nối hệ thống:

Từ cửa sổ lệnh của MATLAB, ta nhập lệnh:

```
» num1 = [2 1];  
» den1 = [1 0];  
» num2 = 10;  
» den2 = [1 5];  
» [num,den] = series(num1,den1,num2,den2)
```

Và ta sẽ có:

num =

0 20 10

den =

1 5 0

Ta nhập tiếp:

```
» numc = [20 10];  
» denc = [1 5 0];  
» numd = 1;  
» dend = [1 1];  
» [num,den] = feedback(numc,denc,numd,dend)  
    (nếu sau dend, có 1 tức là hồi tiếp dương)
```

num =

0 20 30 10

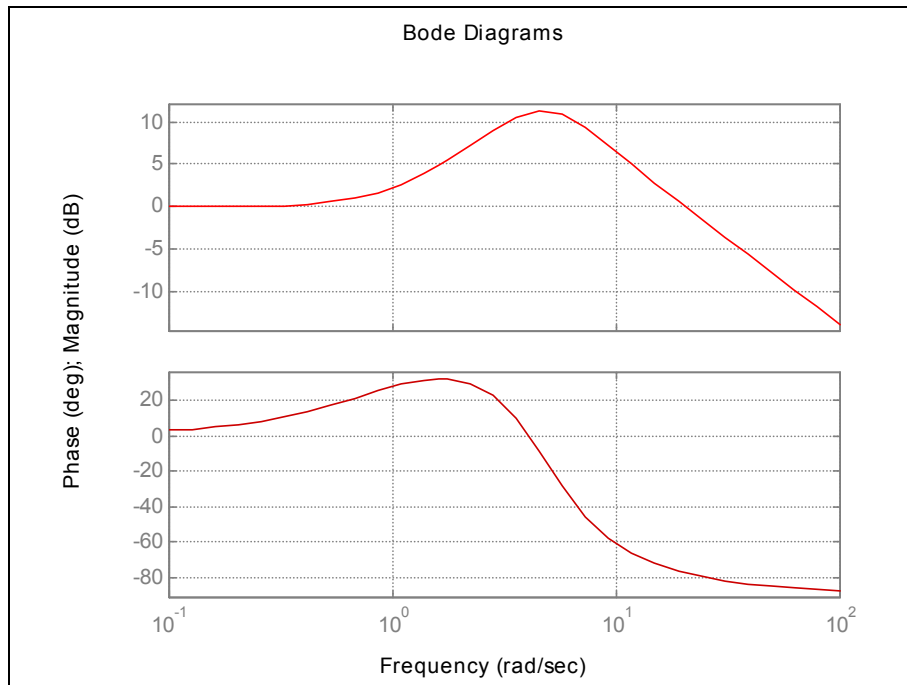
den =

1 6 25 10

Hàm truyền của hệ thống là: $G(s)H(s) = \frac{20s^2 + 30s + 10}{s^3 + 6s^2 + 25s + 10}$

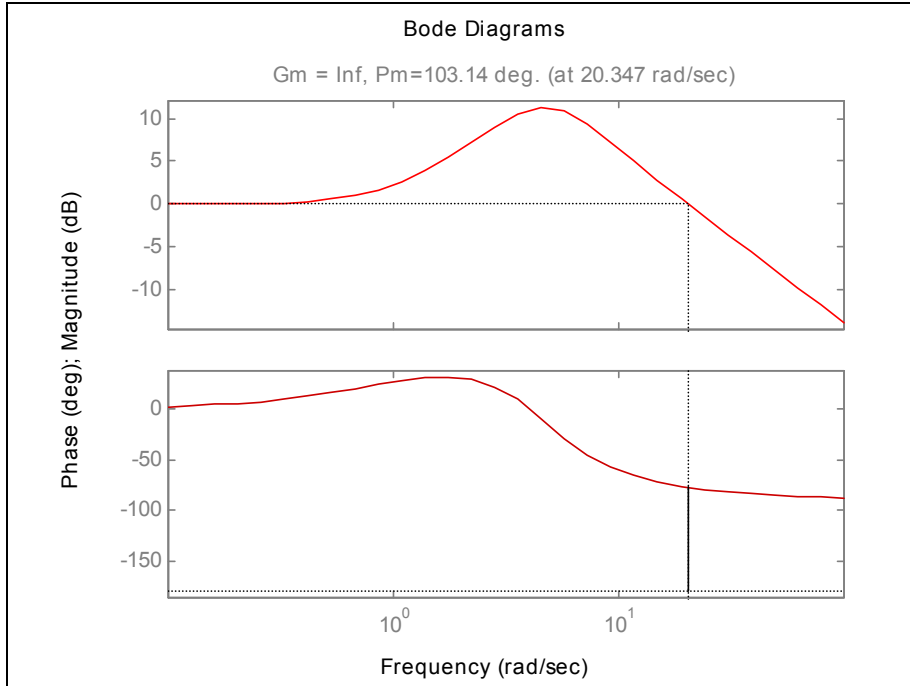
Vẽ giản đồ Bode của hệ:

- » num = [20 30 10];
- » den = [1 6 25 10];
- » bode(num,den)



Tính biên dự trữ và pha dự trữ của hệ:

- » margin(num,den)



Kết luận:

Hệ ổn định.

Biên dự trữ: $G_m = \infty$.

Pha dự trữ: $P_m = 103.14^\circ$ tại tần số cắt biên là 20.347 rad/sec.

Chú ý: Sau khi đã vào cửa sổ lập trình, ta lập chương trình khảo sát hệ có phương trình đặc trưng theo tiêu chuẩn đại số (tiêu chuẩn Hurwitz) xem hệ có ổn định hay không.

Trong cửa sổ lệnh (cửa sổ làm việc), gọi lệnh » hurwitz (chương trình đã được soạn thảo trong phần lập trình mang tên Hurwitz) sẽ có những hàng chữ:

cho biết số bậc cao nhất của hàm: (nhập vào hệ số a_n)

cho biết hệ số $a(0)$:

...

cho biết hệ số $a(n)$:

Dưới đây là phần đánh vào cửa sổ lập trình

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% PHAM QUOC TRUONG - MSSV: 97102589 %%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% DT: 9230774 %%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function Hurwitz()
%
% * Công dụng: Xét tính ổn định của hệ thống theo tiêu chuẩn
Hurwitz.
%
% * Cách sử dụng:
% Trước tiên, nhập vào đa thức đặc trưng f theo dạng:
```

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

```
% f = [a(n) a(n-1) a(n-2) ..... a(1) a(0)]  
% voi a(n), a(n-1), a(n-2), ....., a(1),a(0) la cac he so cua da  
thuc dac trung.  
% Sau do, goi lenh Hurwitz(f)
```

XIN VUI LONG LIÊN HỆ PHẠM QUỐC TRƯỜNG ĐỂ CÓ CHƯƠNG TRÌNH

Chạy chương trình các ví dụ:

Ví dụ 1: Cho phương trình đặc trưng:

$$F(s) = s^4 + 3s^3 + 2s^2 + 2s + 1$$

» Hurwitz

Cho biết số bậc cao nhất của hàm: 4 (nhập xong nhấn Enter)

Cho biết hệ số $a(0) = 1$

Cho biết hệ số $a(1) = 3$

Cho biết hệ số $a(2) = 2$

Cho biết hệ số $a(3) = 2$

Cho biết hệ số $a(4) = 1$

Sau khi đã nhập các hệ số, MATLAB sẽ tự động giải và cho ta kết quả:

Các định thức Hurwitz:

$$D[1] = 1$$

$$D[2] = 3$$

$$D[3] = 4$$

$$D[4] = -1$$

$$D[5] = -1$$

- HE THONG KHONG ON DINH. -

Ví dụ 2: Cho phương trình đặc trưng:

$$F(s) = 5s^4 + 8s^3 + 21s^2 + 10s + 3$$

» Hurwitz

Cho biết số bậc cao nhất của hàm: 4

Cho biết hệ số $a(0) = 5$

Cho biết hệ số $a(1) = 8$

Cho biết hệ số $a(2) = 21$

Cho biết hệ số $a(3) = 10$

Cho biết hệ số $a(4) = 3$

Các định thức Hurwitz:

$$D[1] = 5$$

Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

$$D[2] = 8$$

$$D[3] = 118$$

$$D[4] = 988$$

$$D[5] = 2964$$

- HE THONG ON DINH. -

Ví dụ 3: Cho phương trình đặc trưng:

$$F(s) = s^5 + 10s^4 + 16s^3 + 160s^2 + s + 10$$

» hurwitz

Cho biet so bac cao nhat cua ham: 5

Cho biet he so $a(0) = 1$

Cho biet he so $a(2) = 10$

Cho biet he so $a(3) = 16$

Cho biet he so $a(4) = 160$

Cho biet he so $a(5) = 1$

Cho biet he so $a(6) = 10$

Sau khi đã nhập các hệ số, MATLAB sẽ tự động giải và cho ta kết quả:

Cac dinh thuc Hurwitz:

$$D[1] = 1$$

$$D[2] = 10$$

$$D[3] = 0$$

$$D[4] = 0$$

$$D[5] = 0$$

$$D[6] = 0$$

- HE THONG O BIEN ON DINH. -

Khảo sát hệ thống theo tiêu chuẩn Routh

Chương trình:(liên hệ PQT)

%% PHAM QUOC TRUONG MSSV:97102589 %%%%%%%%%
%% Dien thoai: 9230774 %%%%%%%%%



Chạy chương trình các ví dụ:

Ví dụ 1: Cho phương trình đặc trưng

$$F(s) = s^4 + 3s^3 + 2s^2 + 2s + 1$$

» routh

- CHUONG TRINH TAO HAM ROUTH -

Cho biet so bac cao nhat cua he: 4

Cho biet he so a(0) = 1

Cho biet he so a(1) = 3

Cho biet he so a(2) = 2

Cho biet he so a(3) = 2

Cho biet he so a(4) = 1

- HE THONG KHONG ON DINH. -

Ví dụ 2: Cho phương trình đặc trưng

$$F(s) = s^5 + s^4 + 4s^3 + 4s^2 + 2s + 1$$

» routh

- CHUONG TRINH TAO HAM ROUTH -

Cho biet so bac cao nhat cua he: 5

Cho biet he so a(0) = 1

Cho biet he so a(1) = 1

Cho biet he so a(2) = 4

Cho biet he so a(3) = 4

Cho biet he so a(4) = 2

Cho biet he so a(5) = 1

- HE THONG KHONG ON DINH. -

Ví dụ 3: Cho phương trình đặc trưng

$$F(s) = s^5 + 10s^4 + 16s^3 + 160s^2 + s + 10$$

» routh

- CHUONG TRINH TAO HAM ROUTH -

Cho biet so bac cao nhat cua he: 5

Cho biet he so a[0] = 1

Cho biet he so a[1] = 10

Cho biet he so a[2] = 16

Cho biet he so a[3] = 160

Cho biet he so a[4] = 1

Cho biet he so a[5] = 10

- HE THONG ON DINH. -

MỘT SỐ CHƯƠNG TRÌNH KHẢO SÁT, THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

(Nếu bạn nào quan tâm đến các chương trình thì liên hệ với PQT)

1. Chương trình 1:

Viết chương trình xác định hàm truyền vòng kín có khâu hồi tiếp đơn vị.

2. Chương trình 2:

Viết chương trình tìm cực và zero của hàm truyền.

3. Chương trình 3:

Viết chương trình khảo sát tính ổn định của hệ tuyến tính liên tục dùng giản đồ Bode.

4. Chương trình 4:

Tạo ra lệnh hurwitz để xét tính ổn định của hệ thống tuyến tính liên tục theo tiêu chuẩn Hurwitz.

5. Chương trình 5:

Viết chương trình tự động vẽ giản đồ Bode, biểu đồ Nyquist, quỹ đạo nghiệm của hệ tuyến tính liên tục.

6. Chương trình 6:

Viết chương trình để tìm các chỉ tiêu trong miền thời gian của hệ bậc 2.

7. Chương trình 7:

Viết chương trình để thực hiện bổ chính cho một hệ thống tuyến tính liên tục bằng giản đồ Bode.

8. Chương trình 8:

Viết chương trình khảo sát ảnh hưởng của khâu PID vào hệ thống tuyến tính bậc 2. trong các tập tin này chương trình sẽ không thực hiện được.

9. Chương trình 9:

Viết lệnh dùng để khảo sát tính ổn định của hệ thống tuyến tính gián đoạn theo tiêu chuẩn Jury.

11. Chương trình 11:

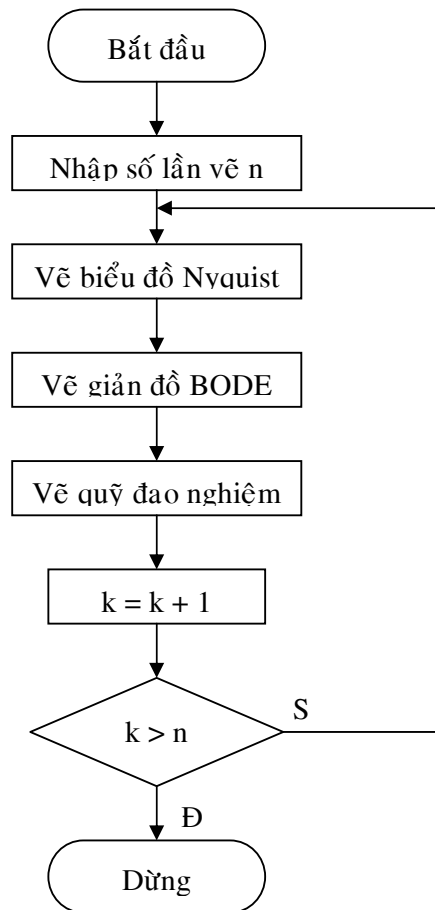
Viết chương trình đồ họa để vẽ các đáp ứng tần số và đáp ứng thời gian bằng cách chọn trong menu.

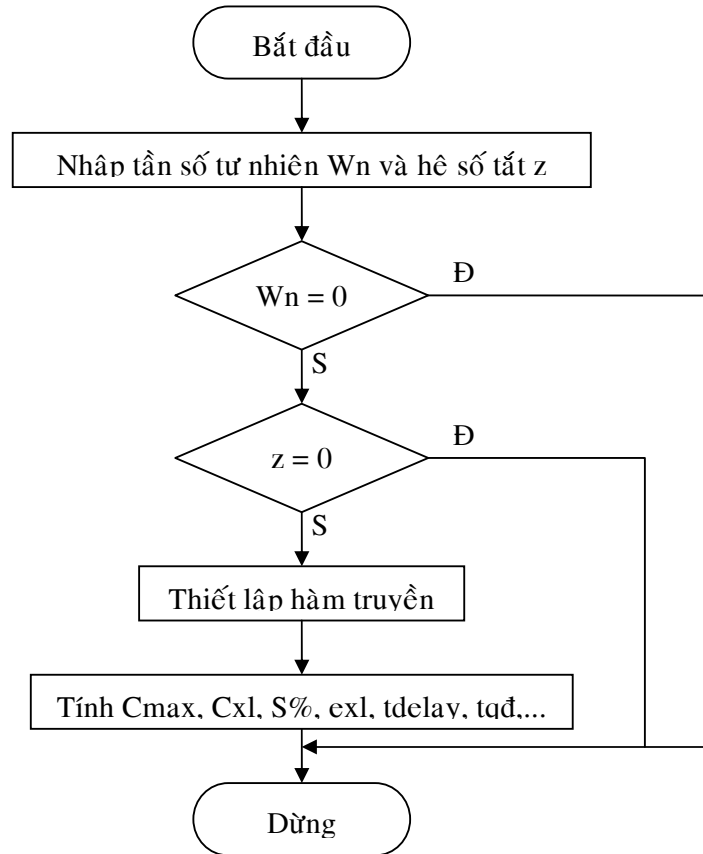
Chương trình được soạn thảo trong 2 tập tin dohoa.m và action.m và hệ thống trong chương trình này có hàm truyền là:

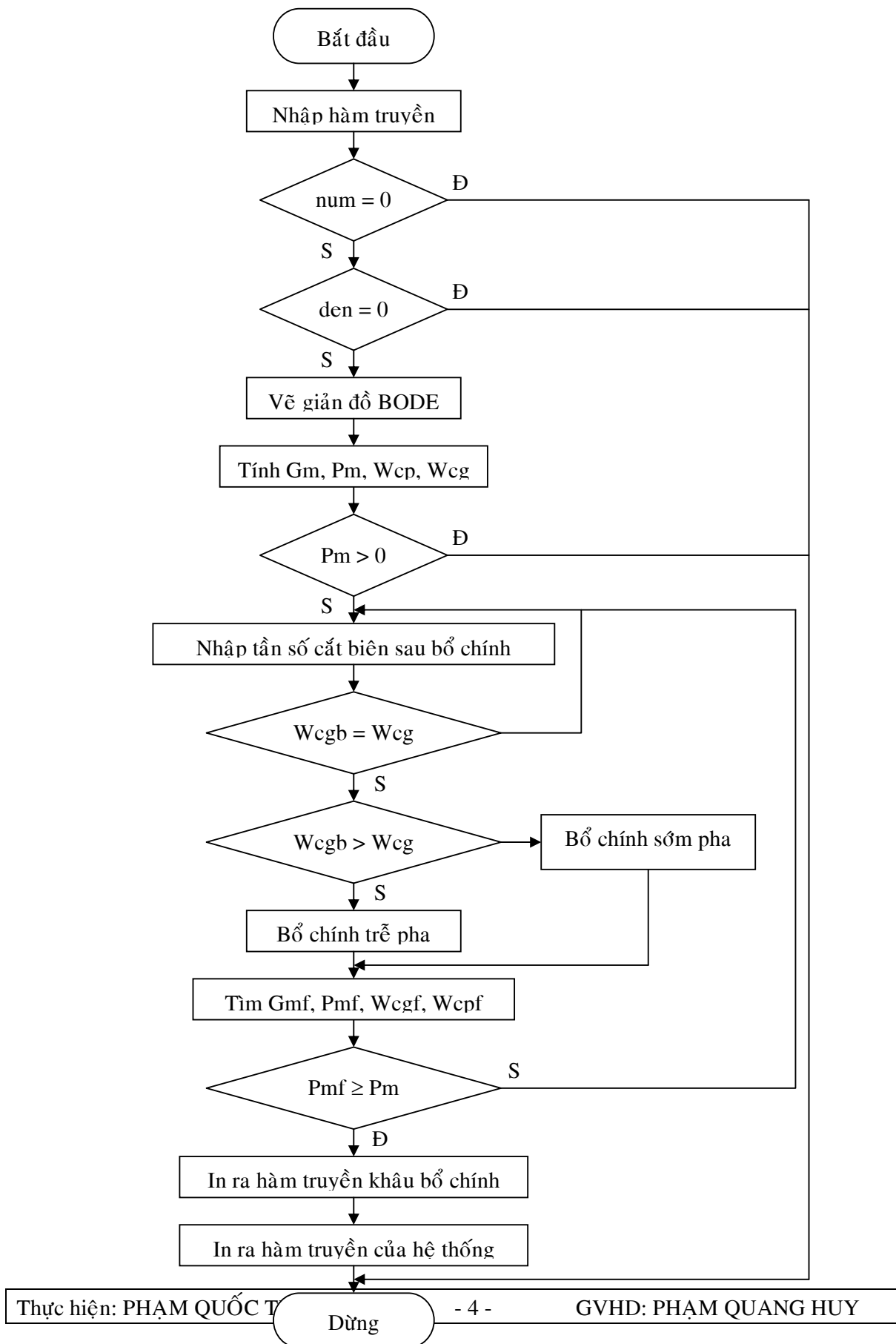
$$G(s) = \frac{1}{s(s+4)(s+5)}$$

PHỤ CHƯƠNG: LƯU ĐỒ CÁC CHƯƠNG TRÌNH

Lưu đồ chương trình tự động vẽ biểu đồ Nyquist, giản đồ Bode và quỹ đạo nghiệm

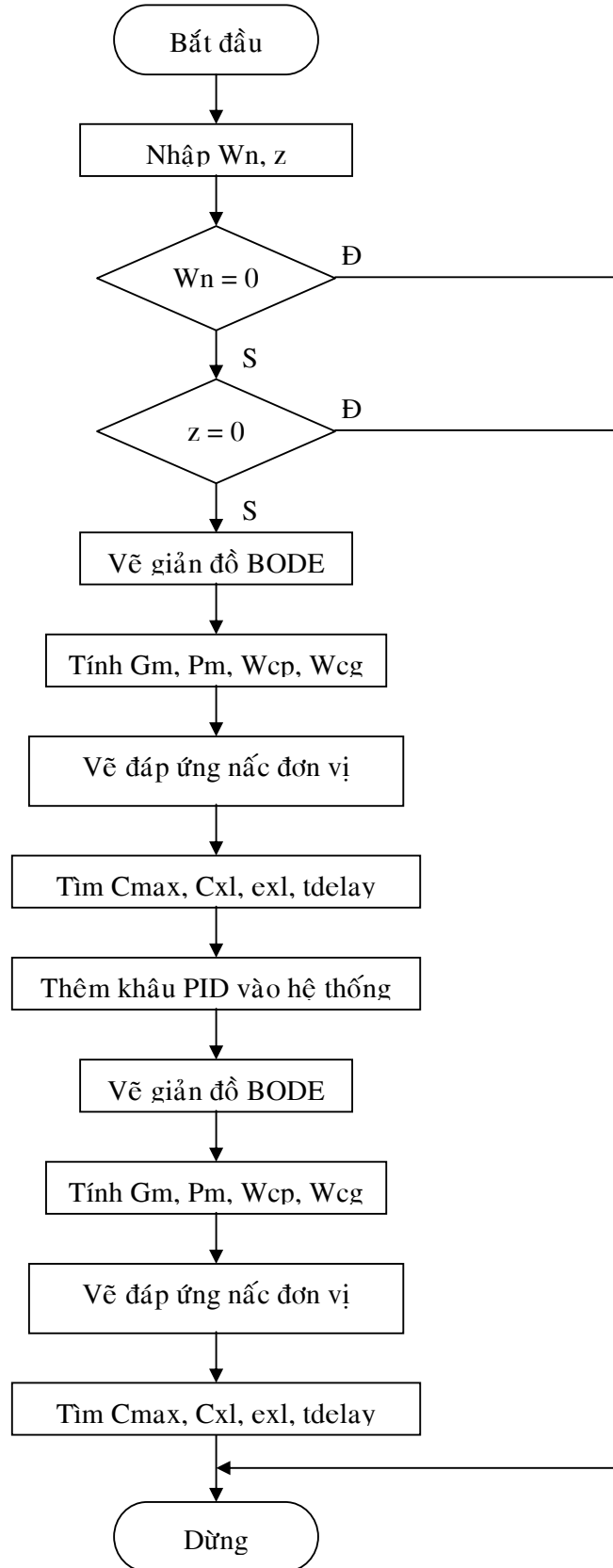






Khảo sát ứng dụng MATLAB trong điều khiển tự động

Chương trình khảo sát ảnh hưởng của khâu PID vào hệ thống



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



CƠ SỞ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

(Dùng cho sinh viên hệ đào tạo đại học từ xa)

Lưu hành nội bộ

HÀ NỘI - 2006

CƠ SỞ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Biên soạn : Ths. ĐẶNG HOÀI BẮC

LỜI NÓI ĐẦU

Lịch sử phát triển của điều khiển tự động được ghi nhận từ trước công nguyên, bắt đầu từ đồng hồ nước có phao điều chỉnh Ktesibios ở Hy Lạp. Hệ điều chỉnh nhiệt độ đầu tiên do Cornelis Drebbel (1572 - 1633) người Hà Lan sáng chế. Hệ điều chỉnh mức đầu tiên là của Polzunov người Nga (1765) Hệ điều chỉnh tốc độ được ứng dụng trong công nghiệp đầu tiên là của James Watt (1769). Thế chiến lần thứ hai đòi hỏi sự phát triển về lý thuyết và ứng dụng để có những máy bay lái tự động, những hệ điều khiển vị trí của loại pháo, điều khiển các loại vũ khí khác, điều khiển tự động các radar v.v... Những năm 1950, các phương pháp toán học và phân tích đã phát triển và đưa vào ứng dụng nhanh chóng. ở Mỹ thịnh hành hướng nghiên cứu trong miền tần số với các công trình ứng dụng của Bode, Nyquist và Black ở các trung tâm thí nghiệm điện tín. Trong khi ấy, ở Liên Xô (cũ) ngự trị lĩnh vực lý thuyết và ứng dụng trong miền thời gian.

Từ những năm 1980, máy tính số bắt đầu được sử dụng rộng rãi, cho phép điều khiển với độ chính xác cao các đối tượng khác nhau. Các phương pháp của Liapunov, Minorsky cũng như lý thuyết điều khiển tối ưu hiện đại của L.S. Pontryagin (Liên Xô cũ), của R. Bellman (Mỹ) có ý nghĩa rất lớn. Các nguyên tắc điều khiển thích nghi, điều khiển bền vững, điều khiển mờ, các “hệ thông minh” v.v... ra đời và được áp dụng có hiệu quả vào thực tiễn.

Nhìn chung, cơ sở điều khiển tự động là môn học trang bị cho sinh viên những kiến thức cơ bản để phân tích và tổng hợp hệ thống điều khiển kỹ thuật trong miền thời gian và miền tần số bằng công cụ toán học. Trong sách hướng dẫn học tập này, chúng ta tập trung xét các hệ thống trong miền liên tục và miền rời rạc, đề cập đến các vấn đề cơ bản nhất của lý thuyết hệ thống điều khiển được ứng dụng cho kỹ thuật. Các phương pháp được đề cập đến để phân tích và tổng hợp hệ thống là phương pháp kinh điển khảo sát theo hàm truyền đạt của hệ thống và phương pháp không gian trạng thái. Nội dung chính sẽ bao gồm 7 chương:

Chương 1: Mô tả toán học hệ thống ĐKTD liên tục.

Chương II. Các đặc tính của hệ thống ĐKTD liên tục.

Chương III. Khảo sát tính ổn định của hệ thống ĐKTD liên tục.

Chương IV. Khảo sát chất lượng hệ thống ĐKTD liên tục.

Chương V. Tổng hợp hệ thống ĐKTD liên tục.

Chương VI. Mô tả toán học hệ thống ĐKTD rời rạc.

Chương VII. Phân tích và tổng hợp hệ thống ĐKTD rời rạc.

Ngày nay, các công cụ để điều khiển đều biến đổi nhanh chóng và hoàn thiện, nhưng những nguyên lý cơ bản vẫn không thay đổi hoặc thay đổi không đáng kể. Các vấn đề được đề cập trong sách hướng dẫn này dựa trên các giáo trình về Điều khiển tự động trong và ngoài nước nhưng được tóm tắt và cô đọng giúp học viên nắm được những vấn đề cơ bản nhất của môn học.

Vì thời gian có hạn, chắc còn một số sai sót không tránh khỏi, nhóm biên soạn mong nhận được các góp ý của người đọc để hoàn thiện trong các lần xuất bản sau.

Tác giả

CHƯƠNG I. MÔ TẢ TOÁN HỌC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC

NỘI DUNG

1.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Trong mọi hoạt động của con người, ở bất cứ lĩnh vực nào, bất cứ vị trí nào đều liên quan đến hai từ điều khiển. Trong khoa học, tồn tại một ngành khoa học đã và đang phát triển mạnh mẽ, đó là điều khiển học.

Điều khiển học là khoa học nghiên cứu về các quá trình thu thập, xử lý tín hiệu và điều khiển trong mọi lĩnh vực đời sống xã hội, khoa học công nghệ, môi trường... Điều khiển học chia ra làm nhiều lĩnh vực khác nhau gồm điều khiển học toán học, điều khiển học sinh học, điều khiển học kỹ thuật...

Điều khiển học kỹ thuật là khoa học nghiên cứu về quá trình thu thập, xử lý tín hiệu và điều khiển các quá trình và hệ thống thiết bị kỹ thuật. Khái niệm điều khiển được hiểu là tập hợp tất cả các tác động mang tính tổ chức của một quá trình nhằm đạt được mục đích mong muốn của quá trình đó. Hệ thống điều khiển mà không có sự tham gia trực tiếp của con người trong quá trình điều khiển được gọi là *điều khiển tự động*.

Chương này đề cập đến các vấn đề sau:

+ Khái niệm chung về hệ thống điều khiển, phân tích sơ đồ khối của một hệ thống điều khiển thông thường và các phân loại các hệ thống điều khiển.

+ Mô tả toán học các hệ thống điều khiển trong miền thời gian và trong miền tần số. Các cách biểu diễn hệ thống điều khiển tự động (ĐKTĐ) và mối quan hệ giữa chúng.

1.1.1 Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tự động điển hình.

Một hệ thống ĐKTĐ gồm ba thành phần cơ bản là đối tượng điều khiển (Object - O), thiết bị điều khiển (Controller - C) và thiết bị đo lường (Measuring Device - M).

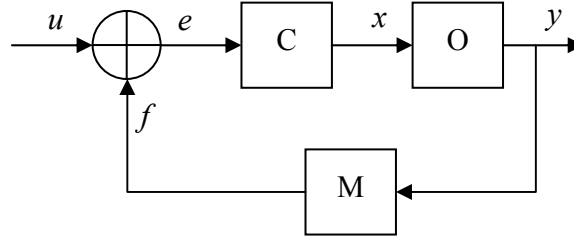
Đối tượng điều khiển là thành phần tồn tại khách quan có tín hiệu ra là đại lượng cần được điều khiển và nhiệm vụ cơ bản của điều khiển là phải tác động lên đầu vào của đối tượng điều khiển sao cho đại lượng cần điều khiển đạt được giá trị mong muốn. Thiết bị điều khiển là tập hợp tất cả các phần tử của hệ thống nhằm mục đích tạo ra giá trị điều khiển tác động lên đối tượng. Giá trị này được gọi là tác động điều khiển.

Đại lượng cần điều khiển còn được gọi là đại lượng ra của hệ thống ĐKTĐ. Những tác động từ bên ngoài lên hệ thống được gọi là tác động nhiễu.

Có ba phương thức điều khiển là phương thức điều khiển theo chương trình, phương thức bù nhiễu và phương thức điều khiển theo sai lệch.

Trong phương thức điều khiển theo chương trình, tín hiệu điều khiển được phát ra do một chương trình định sẵn trong thiết bị điều khiển. Với phương thức bù nhiễu, tín hiệu điều khiển được hình thành khi xuất hiện nhiễu loạn tác động lên hệ thống, tín hiệu điều khiển phát ra nhằm bù lại sự tác động của nhiễu loạn để giữ cho giá trị ra của đại lượng cần điều khiển không đổi. Vì vậy hệ bù nhiễu còn được gọi là hệ bất biến.

Trong kỹ thuật thường sử dụng phương thức điều khiển theo sai lệch, trong đó tín hiệu điều khiển là sự sai lệch giữa giá trị mong muốn và giá trị đo được của đại lượng cần điều khiển. Sơ đồ cấu trúc của hệ điều khiển tự động theo sai lệch được mô tả trên hình 1.1.



Hình 1.1. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tự động điển hình

Các tín hiệu tác động trong hệ thống:

u : tín hiệu vào (input)

y : tín hiệu ra (output)

x : tín hiệu điều khiển tác động lên đối tượng (O)

e : sai lệch điều khiển

f : tín hiệu phản hồi

Hệ thống ĐKTD luôn tồn tại một trong hai trạng thái là trạng thái xác lập (trạng thái tĩnh) và trạng thái quá độ (trạng thái động). Trạng thái xác lập là trạng thái mà tất cả các đại lượng của hệ thống đều đạt được giá trị không đổi. Trạng thái quá độ là trạng thái kể từ thời điểm có tác động nhiễu cho đến khi hệ thống đạt được trạng thái xác lập mới. Lý thuyết điều khiển tự động tập trung mô tả và phân tích trạng thái quá độ của hệ thống. Trạng thái xác lập đánh giá độ chính xác của quá trình điều khiển. Nếu ở trạng thái xác lập vẫn còn tồn tại sai lệch giữa tín hiệu chủ đạo và tín hiệu đo, giá trị này được gọi là sai lệch dư (hay sai lệch tĩnh), ký hiệu là δ , hệ thống được gọi là hệ thống có sai lệch dư. Nếu $\delta = 0$ thì gọi là hệ thống không có sai lệch dư.

1.1.2 Phân loại hệ thống điều khiển tự động.

Có rất nhiều cách phân loại hệ thống ĐKTD. Mục đích của phần này không phải nhằm đi sâu các cách phân loại hệ thống mà đi sâu một cách phân loại để chúng ta thấy được vị trí, giới hạn của phần lý thuyết mà mình đang nghiên cứu. Với mục đích đó, hệ thống ĐKTD được phân làm hai loại chính, phụ thuộc vào tính chất của các phần tử trong hệ thống là hệ thống tuyến tính và hệ thống phi tuyến.

- Hệ tuyến tính là hệ thống mà tất cả các phần tử của nó đều là tuyến tính.

- Hệ phi tuyến là hệ thống mà chỉ cần một trong các phần tử của nó là phi tuyến.

Nội dung cơ bản nhất của lý thuyết điều khiển tự động là đi sâu nghiên cứu hệ tuyến tính. Đặc trưng cơ bản nhất của các phần tử tuyến tính là nguyên lý xếp chồng, nghĩa là khi có một tổ hợp tín hiệu tác động ở đầu vào của phần tử thì tín hiệu ra sẽ bằng tổ hợp tương ứng của các tín hiệu ra thành phần. Hệ thống phi tuyến không có tính chất này.

Dựa vào tính chất truyền tín hiệu mà hệ thống tuyến tính lại được phân ra làm hai loại là hệ thống liên tục tuyến tính và hệ thống rời rạc tuyến tính. Các khái niệm liên tục và rời rạc ở đây được hiểu theo biến thời gian.

- Hệ thống liên tục tuyến tính nếu tất cả các tín hiệu xuất hiện trong hệ thống đều là tín hiệu liên tục theo thời gian.

- Hệ thống rời rạc tuyến tính nếu chỉ cần một tín hiệu xuất hiện trong hệ thống tín hiệu rời rạc theo thời gian.

Dựa vào lượng thông tin thu thập được ban đầu về đối tượng điều khiển và tính chất của nó mà ta phải xây dựng được hệ thống thiết bị điều khiển thích hợp, đảm bảo được chất lượng của điều khiển. Do đó, hệ thống liên tục tuyến tính được phân ra làm hai loại là *hệ điều khiển thông thường* và *hệ điều khiển tự thích nghi*.

Hệ thống tuyến tính được xây dựng cho những đối tượng mà các thông tin ban đầu về chúng khá đầy đủ. Trong hệ thống này, cấu trúc và tham số của thiết bị điều khiển là không đổi với đối tượng điều khiển cụ thể. Đối với những đối tượng điều khiển mà thông tin ban đầu không đầy đủ hay quá trình công nghệ có yêu cầu đặc biệt thì hệ thống tuyến tính không đáp ứng được thì phải xây dựng *hệ thống thích nghi*. Đối với hệ thống thích nghi, ngoài cấu trúc thông thường, trong thiết bị điều khiển còn có một số thiết bị đặc biệt khác thực hiện chức năng riêng của nó nhằm đảm bảo chất lượng của quá trình điều khiển.

Hệ thống ĐKTD còn được phân ra làm hai loại là hệ thống hở và hệ thống kín. Đối với hệ thống hở, tín hiệu của đại lượng cần điều chỉnh không được sử dụng trong quá trình tạo ra tác động điều khiển. Hệ thống kín sử dụng phương pháp điều khiển theo sai lệch. Tín hiệu đo được của đại lượng cần điều khiển được đưa phản hồi trở lại đầu vào hệ thống và được sử dụng trong quá trình tạo ra tác động điều khiển.

Việc phân loại các hệ thống ĐKTD trên đây chỉ là một cách. Tuy nhiên, giữa các loại hệ thống này có liên quan mật thiết với nhau, ví dụ như trong hệ tuyến tính có hệ liên tục và hệ rời rạc...

1.2 CÁC PHƯƠNG PHÁP MÔ TẢ ĐỘNG HỌC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG.

Các đặc tính quan trọng của hệ thống điều khiển tự động bao gồm: đặc tính tĩnh, đặc tính động, các đặc tính thời gian và các đặc tính tần số.

Đặc tính tĩnh đưa ra quan hệ vào ra của hệ thống ở trạng thái xác lập, nó thể hiện độ chính xác điều khiển của hệ thống.

Đặc tính động của hệ thống thường được mô tả bằng hàm truyền đạt. Nếu thay $p = j\omega$ trong công thức tính hàm truyền đạt, ta nhận được hàm truyền tần số và từ đây có thể khảo sát đặc tính động học của hệ thống thông qua đặc tính tần số của nó.

1.2.1 Mô tả hệ thống trong miền thời gian

1.2.1.1 Hàm truyền đạt của hệ thống

Mối quan hệ vào – ra trong hệ thống ĐKTD thường được biểu diễn thông qua hàm truyền đạt:

$$Y(p) = W(p).U(p) \quad (1.1)$$

trong đó:

$Y(p)$ là tín hiệu ra của hệ thống

$U(p)$ là tín hiệu vào của hệ thống

$W(p)$ là hàm truyền đạt của hệ thống

Định nghĩa: Hàm truyền đạt của hệ thống là tỉ số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của hệ thống đã biểu diễn theo biến đổi Laplace với điều kiện đầu triệt tiêu.

$$W(p) = \frac{L\{y(t)\}}{L\{u(t)\}} \quad (1.2)$$

với L là biến đổi Laplace.

Một hệ thống điều khiển tự động thường được biểu diễn dưới dạng phương trình vi phân (PTVP) dạng tổng quát:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y = b_0 \frac{d^m u}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \dots + b_{m-1} \frac{du}{dt} + b_m u \quad (1.3)$$

trong đó $a_0 \div a_n, b_0 \div b_m$ là các hệ số và $n \geq m$

Với điều kiện đầu triệt tiêu:

$$\begin{cases} y(0) = y^{(1)}(0) = \dots = y^{(n)}(0) = 0 \\ u(0) = u^{(1)}(0) = \dots = u^{(m)}(0) = 0 \end{cases} \quad (1.4)$$

Biến đổi Laplace của (1.3) ta có hàm truyền đạt của HTĐKTĐ là:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_{m-1} p + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n} \quad (1.5)$$

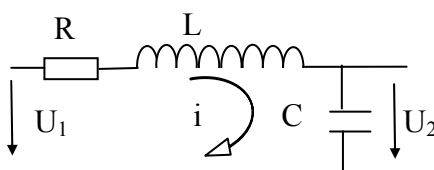
$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (1.6)$$

(1.6) được gọi là phương trình đặc tính hay phương trình đặc trưng (PTĐT) của hệ thống ĐKTĐ.

Trong biểu thức (1.5), các nghiệm của đa thức tử số được gọi là các *điểm không* (zero), còn các nghiệm của đa thức mẫu số được gọi là các *điểm cực* (pole).

1.2.1.2 Phương trình trạng thái mô tả hệ thống

Để hiểu rõ về cách xây dựng phương trình trạng thái, ta hãy xét một mạch lọc tương tự RLC như sau:



Từ sơ đồ này ta có các phương trình mô tả vào ra hệ thống như sau

$$\begin{cases} U_1 = iR + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int idt & (1) \\ U_2 = \frac{1}{C} \int idt & (2) \end{cases}$$

Ta thấy rằng các trạng thái của mạch sẽ phụ thuộc i và U_2 . Để xây dựng mô hình toán ta đặt:

$$U_2 = x_1$$

$$i = x_2$$

x_1, x_2 được gọi là biến trạng thái, tạo ra một không gian trạng thái mô tả các trạng thái của mạch điện trên. Trong bài toán điều khiển tự động người ta quan tâm đến tốc độ biến thiên của trạng thái: \dot{x}_1, \dot{x}_2 (đạo hàm hay vi phân bậc 1 của x_1, x_2).

$$\left. \begin{cases} (2) \rightarrow \dot{x}_1 = \frac{1}{C} x_2 \\ (1) \rightarrow \dot{x}_2 = \frac{-1}{L} x_1 - \frac{R}{L} x_2 + \frac{1}{L} U_1 \end{cases} \right\} \Leftrightarrow \begin{cases} \dot{x}_1 = 0 \cdot x_1 + \frac{1}{C} x_2 + 0 \cdot U_1 \\ \dot{x}_2 = \frac{-1}{L} x_1 - \frac{R}{L} x_2 + \frac{1}{L} U_1 \end{cases}$$

Biểu diễn dưới dạng ma trận, ta có:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix}}_{\dot{X}} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{C} \\ \frac{-1}{L} & \frac{R}{L} \end{bmatrix}}_A \underbrace{\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}}_X + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix}}_{B.U} U_1$$

$$\Leftrightarrow \dot{X} = AX + BU \quad (*)$$

(*): gọi là phương trình trạng thái mô tả hoạt động của mạch RLC trên.

Như vậy thay vì ta phải nghiên cứu từ mạch điện cụ thể, từ phương trình trạng thái, dưới góc độ toán học ta hoàn toàn có thể thể hiện toàn bộ các hoạt động của mạch điện với các kết quả tương tự như khi nghiên cứu trên mạch cụ thể.

Với A, B là các ma trận trạng thái quyết định việc thay đổi các trạng thái của hệ. Ma trận A được gọi là ma trận chuyển trạng thái.

Đối với các hệ thống phức tạp, ta có dạng tổng quát của phương trình trạng thái và phương trình ra là:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, u, t) \\ y = g(x, u, t) \end{cases} \quad (1.7)$$

trong đó: x, \dot{x}, f : là các vector n chiều

u : là các vector r chiều

y, g : là các vector m chiều

Nếu hệ tuyến tính thì (1.7) được viết dưới dạng **phương trình trạng thái dạng tổng quát** mô tả một hệ thống ĐKTD bất kỳ như sau:

$$\begin{cases} \dot{x} = A(t)x + B(t)u \\ y = C(t)x + D(t)u \end{cases} \quad (1.8)$$

(các hệ số của ma trận là hàm thay đổi theo thời gian)

Nếu hệ thống tuyến tính là dừng, tức A, B, C, D là ma trận hằng số (không đổi theo thời gian) thì ta có hệ phương trình trạng thái:

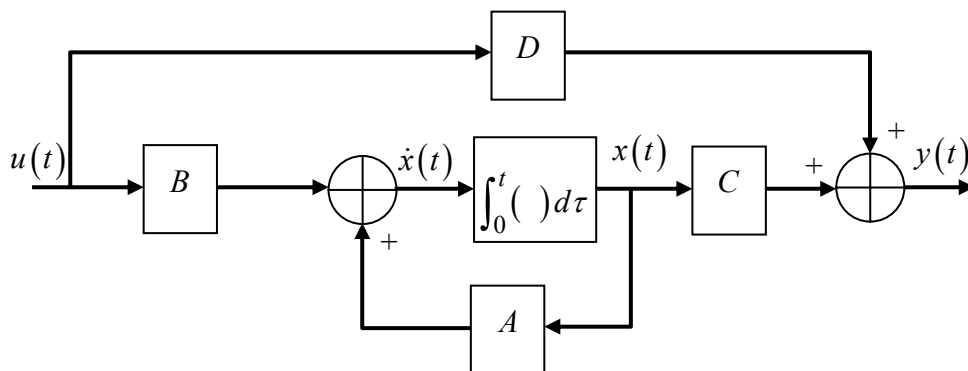
$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases} \quad (1.9)$$

trong đó:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1r} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nr} \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1r} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mr} \end{bmatrix}$$

Sau khi được biểu diễn bởi phương trình trạng thái như (1.8), (1.9) ta sẽ có sơ đồ cấu trúc dạng tổng quát biểu diễn như hình vẽ



Hình 1.2 Sơ đồ cấu trúc tổng quát theo phương trình trạng thái của hệ liên tục

1.2.1.3 Thành lập phương trình trạng thái từ hàm truyền đạt cho trước.

* Nếu đặc tính động học của hệ thống được mô tả bằng PTVP dạng:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y = ku \quad (1.10)$$

với u là tác động đầu vào của hệ thống.

Hàm truyền đạt của hệ có dạng:

$$W(p) = \frac{k}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n} \quad (1.11)$$

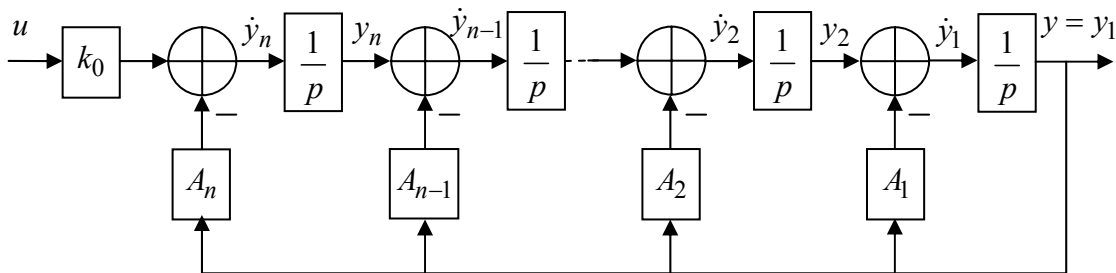
Giải phương trình (1.10), ta tìm được hàm $y(t)$, nghĩa là biết được sự thay đổi của tín hiệu ra theo thời gian khi có tác động đầu vào. Có thể chuyển (1.10) thành n PTVP bậc nhất bằng cách thay đổi biến số:

$$\text{Đặt: } \begin{cases} y_1 = y \\ \frac{dy_1}{dt} = y_2 - A_1 y_1 \\ \frac{dy_2}{dt} = y_3 - A_2 y_1 \\ \dots \\ \frac{dy_{n-1}}{dt} = y_n - A_{n-1} y_1 \\ \frac{dy_n}{dt} = ku - A_n y_1 \end{cases}$$

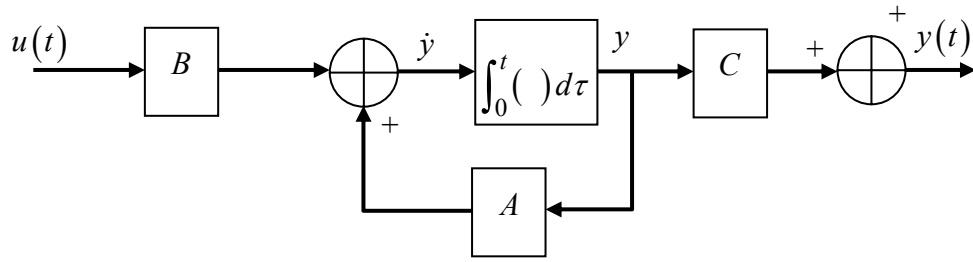
Vậy ta có phương trình trạng thái mô tả hệ thống:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases}$$

$$\text{với } A = \begin{bmatrix} -A_1 & 1 & \dots & 0 \\ -A_2 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -A_n & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ k \end{bmatrix}, \quad C = [1 \quad 0 \quad \dots \quad 0]$$



Hình 1.3 Sơ đồ cấu trúc hệ thống



Hình 1.4 Sơ đồ cấu trúc trạng thái của hệ

* Nếu đặc tính động học của hệ thống được mô tả bằng PTVP dạng:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y = b_0 \frac{d^m u}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + b_{m-1} \frac{du}{dt} + b_m u \quad (1.12)$$

thì hàm truyền đạt của hệ thống có dạng:

$$W(p) = \frac{B_0 p^m + B_1 p^{m-1} + \dots + B_{m-1} p + B_m}{p^n + A_1 p^{n-1} + \dots + A_{n-1} p + A_n} \quad (1.13)$$

với $B_i = b_i/a_0$, $A_i = a_i/a_0$.

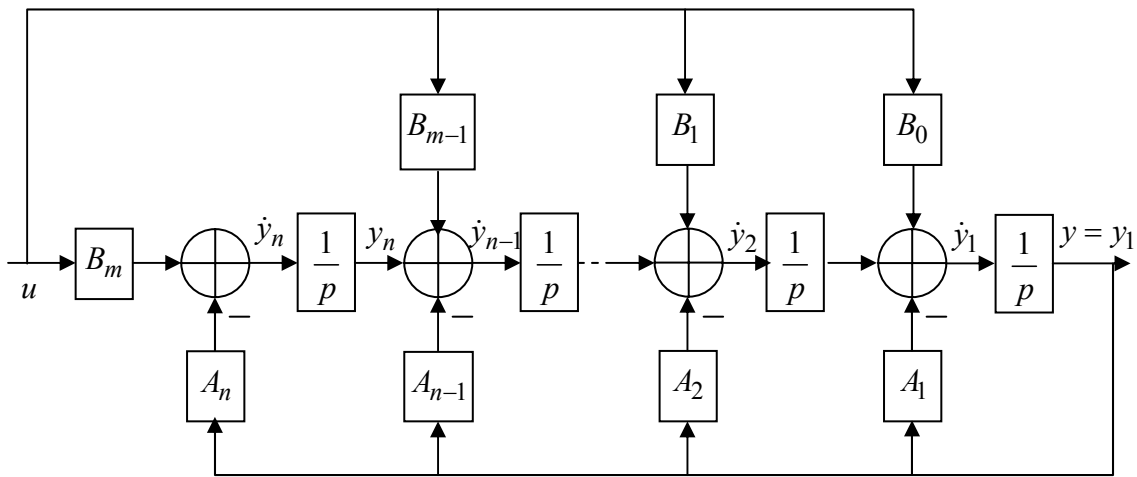
Đặt:

$$\begin{cases} y_1 = y \\ \frac{dy_1}{dt} = y_2 - A_1 y_1 + B_0 u \\ \frac{dy_2}{dt} = y_3 - A_2 y_1 + B_1 u \\ \dots \\ \frac{dy_{n-1}}{dt} = y_n - A_{n-1} y_1 + B_{m-1} u \\ \frac{dy_n}{dt} = B_m u - A_n y_1 \end{cases}$$

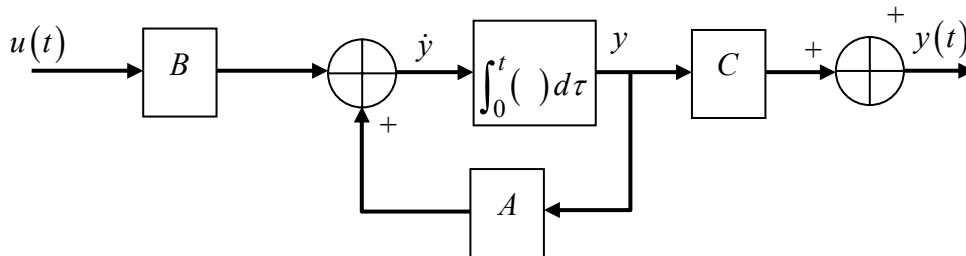
Vậy ta có phương trình trạng thái mô tả hệ thống:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases}$$

với $A = \begin{bmatrix} -A_1 & 1 & \dots & 0 \\ -A_2 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -A_n & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ \dots \\ B_m \end{bmatrix}$, $C = [1 \ 0 \ \dots \ 0]$



Hình 1.5 Sơ đồ cấu trúc hệ thống

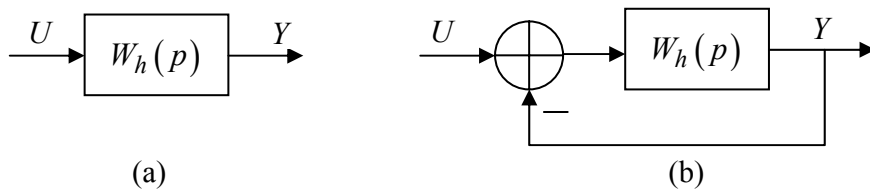


Hình 1.6 Sơ đồ cấu trúc trạng thái của hệ

1.2.2 Mô tả hệ thống trong miền tần số

Để xác định các đặc tính tần số của hệ thống, trước hết phải xác định hàm truyền đạt của nó, sau đó thay $p = j\omega$ vào, ta sẽ nhận được hàm truyền tần số để từ đó xét các đặc tính tần số của hệ thống.

Thông thường, hệ thống ĐKTD được phân ra thành hệ thống hở và hệ thống kín.



Hình 1.7 Sơ đồ hệ thống hở (a) và hệ thống kín (b)

Gọi $W_h(p)$ là hàm truyền đạt của hệ hở và $W_k(p)$ là hàm truyền đạt của hệ kín thì ta có mối quan hệ giữa chúng là:

$$W_k(p) = \frac{W_h(p)}{1 + W_h(p)} \quad (1.14)$$

1.2.2.1 Các đặc tính tần số của hệ hở

Giả sử hệ thống hở được mô tả bởi hàm truyền đạt:

$$W_h(p) = W_1(p).W_2(p)...W_n(p) \quad (1.15)$$

Nếu hàm truyền tần số của các phần tử được mô tả dưới dạng:

$$W_i(j\omega) = A_i(\omega).e^{j\varphi_i(\omega)} \quad (1.16)$$

thì hàm truyền tần số của hệ hở được tính theo biểu thức:

$$W_h(j\omega) = \prod_{i=1}^n A_i(\omega).e^{j\sum_{i=1}^n \varphi_i(\omega)} \quad (1.17)$$

Các đặc tính tần số của hệ hở sẽ là:

- Đặc tính biên tần (BT):

$$A(\omega) = \prod_{i=1}^n A_i(\omega) \quad (1.18)$$

- Đặc tính pha tần (hay pha tần logarithm – PT- PTL)

$$\varphi(\omega) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(\omega) \quad (1.19)$$

- Đặc tính biên tần logarithm (BTL)

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = \sum_{i=1}^n 20 \lg A_i(\omega) = \sum_{i=1}^n L_i(\omega) \quad (1.20)$$

Như vậy, đặc tính BTL và PTL của hệ hở bằng tổng đại số của các đặc tính BTL và PTL của các phần tử thành phần.

1.2.2.2 Đặc tính tần số của hệ kín

Nếu hàm truyền tần số của hệ hở được biểu diễn theo công thức (1.17) thì theo (1.14), (1.18), (1.19), ta có hàm truyền tần số của hệ kín là:

$$W_k(j\omega) = \frac{A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}}{1 + A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}} = \frac{A(\omega)}{e^{-j\varphi(\omega)} + A(\omega)} \quad (1.21)$$

Sử dụng công thức Euler:

$$e^{-j\varphi(\omega)} = \cos \varphi(\omega) - j \sin \varphi(\omega) \quad (1.22)$$

ta được:

$$W_k(j\omega) = \frac{A(\omega)}{A(\omega) + \cos \varphi(\omega) - j \sin \varphi(\omega)} \quad (1.23)$$

Tách phần thực và phần ảo ta có:

$$W_k(j\omega) = \frac{A(\omega)[A(\omega) + \cos \varphi(\omega)]}{1 + A^2(\omega) + 2 \cos \varphi(\omega) A(\omega)} + j \frac{A(\omega) \sin \varphi(\omega)}{1 + A^2(\omega) + 2 \cos \varphi(\omega) A(\omega)} \quad (1.24)$$

- Đặc tính BT của hệ kín

$$A_k(\omega) = \frac{A(\omega)}{\sqrt{1 + A^2(\omega) + 2 \cos \varphi(\omega) A(\omega)}} \quad (1.25)$$

- Đặc tính PT của hệ kín:

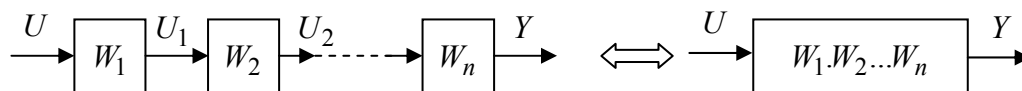
$$\varphi_k(\omega) = \arctg \frac{\sin \varphi(\omega)}{A(\omega) + \cos \varphi(\omega)} \quad (1.26)$$

Như vậy có thể dựa vào các công thức trên để xây dựng các đặc tính tần số của hệ thống kín.

1.3 CÁC QUY TẮC BIẾN ĐỔI SƠ ĐỒ KHỐI

1.3.1 Hệ thống gồm các phần tử mắc nối tiếp

Các phần tử được gọi là mắc nối tiếp nhau nếu tín hiệu ra của phần tử trước là tín hiệu vào của phần tử sau. Tín hiệu vào của hệ thống là tín hiệu vào của phần tử đầu tiên và tín hiệu ra của hệ thống là tín hiệu ra của phần tử cuối cùng. Sơ đồ của các phần tử mắc nối tiếp được mô tả trên hình 1.8.



Hình 1.8 Sơ đồ hệ thống gồm các phần tử mắc nối tiếp

Từ hình 1.8 ta có:

$$W_1 = U_1/U$$

$$W_2 = U_2/U_1$$

...

$$W_n = Y/U_{n-1}$$

Vậy hàm truyền đạt của hệ thống:

$$W(p) = \frac{Y}{U} = W_1.W_2...W_n \quad (1.27)$$

1.3.2 Hệ thống gồm các phần tử mắc song song

Hệ thống được xem là gồm các phần tử mắc song song nếu tín hiệu vào của hệ thống là tín hiệu vào của các phần tử thành phần còn tín hiệu ra của hệ thống bằng tổng đại số của các tín hiệu ra của từng phần tử thành phần. Sơ đồ hệ thống gồm các phần tử mắc song song được mô tả trên hình 1.9.

Từ hình 1.9 ta có:

$$Y_1 = W_1 U$$

$$Y_2 = W_2 U$$

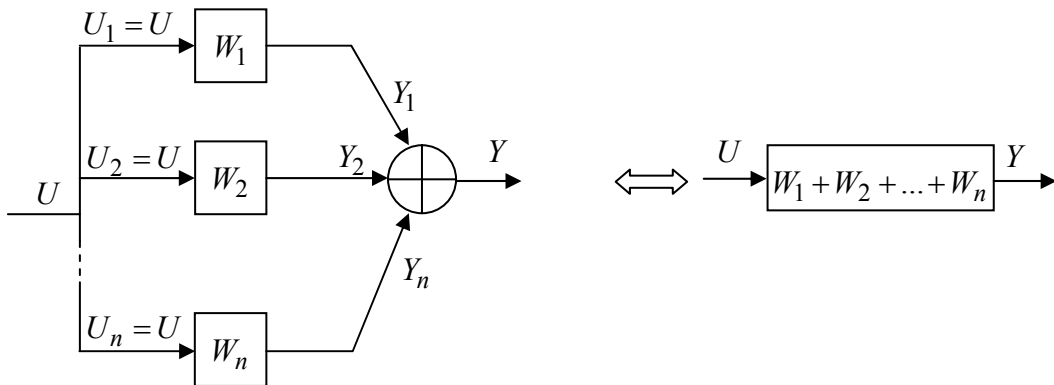
...

$$Y_n = W_n U$$

Với $Y = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n$

Vậy hàm truyền đạt của hệ thống:

$$W(p) = \frac{Y}{U} = W_1 + W_2 + \dots + W_n \quad (1.28)$$

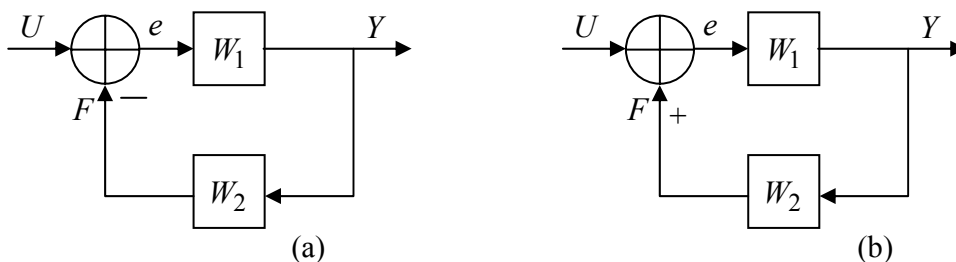


Hình 1.9 Sơ đồ hệ thống gồm các phần tử mắc song song

1.3.3 Hệ thống có mạch mắc phản hồi (hồi tiếp)

Hệ thống có mạch mắc phản hồi gồm hai loại là phản hồi âm và phản hồi dương.

Đối với phản hồi dương: tín hiệu ra của hệ thống chính là tín hiệu được đưa về phản hồi còn trong phản hồi âm, tín hiệu đó có thêm dấu âm.



Hình 1.10 Sơ đồ hệ thống có mạch phản hồi âm (a) và dương (b)

*Xét hệ thống có phản hồi âm (hình 1.10a):

$$e = U - F$$

$$Y = W_1 \cdot e$$

$$Z = W_2 \cdot Y$$

Giải ra ta có:

$$W(p) = \frac{Y}{U} = \frac{W_1}{1 + W_1 W_2} \quad (1.29)$$

* Xét hệ thống có phản hồi dương: $e = U + F$

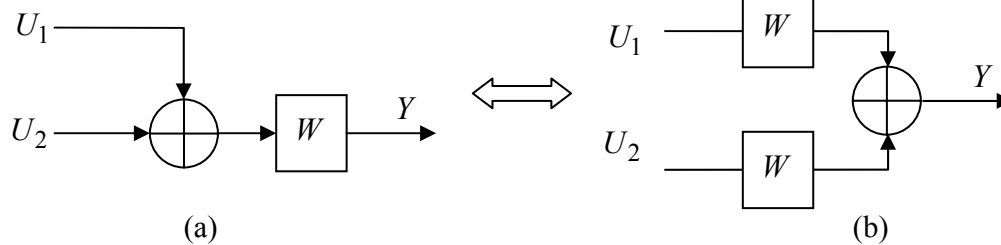
$$W(p) = \frac{Y}{U} = \frac{W_1}{1 - W_1 W_2} \quad (1.30)$$

1.3.4 Chuyển đổi vị trí các tín hiệu

Chuyển đổi vị trí các tín hiệu là công cụ để chuyển sơ đồ khối các mạch liên kết phức tạp sang các mạch liên kết đơn giản như mắc song song, nối tiếp, hồi tiếp để từ đó có thể sử dụng các quy luật đã nêu trên nhằm xác định hàm truyền đạt của hệ thống. Nguyên tắc của việc chuyển đổi là không làm thay đổi sự truyền tín hiệu trong hệ thống.

1.3.4.1 Chuyển đổi tín hiệu vào

* Từ trước ra sau một khối:

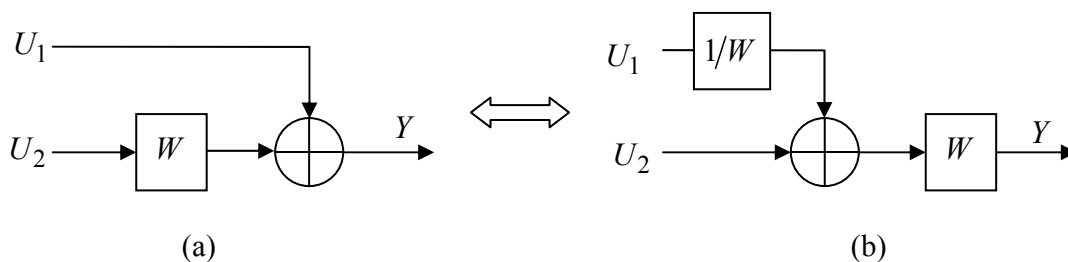


Hình 1.11 Chuyển tín hiệu vào từ trước ra sau một khối

Từ hình 1.11 (a) và (b) ta có: $Y = WU_1 + WU_2$

Vậy tín hiệu U_1 chuyển từ trước ra sau một khối thì tín hiệu đó phải đi qua một khối mới có hàm truyền đạt chính bằng khối đó.

* Từ sau ra trước một khối:



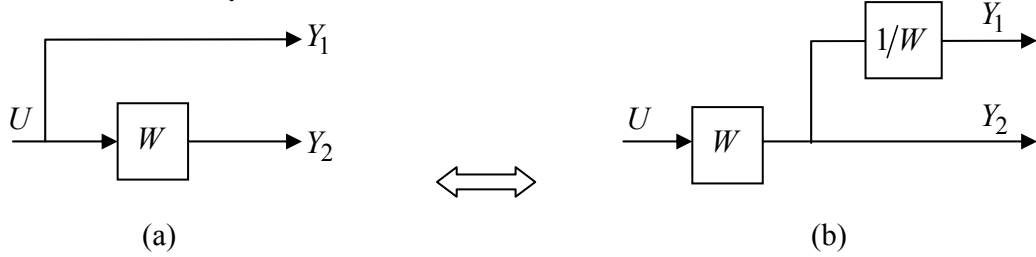
Hình 1.12 Chuyển tín hiệu vào từ sau ra trước một khối

Từ hình 1.12 (a) và (b) ta có: $Y = U_1 + WU_2$

Vậy tín hiệu U_1 chuyển từ sau ra trước một khối thì tín hiệu đó phải đi qua một khối mới có hàm truyền đạt chính bằng nghịch đảo của khối đó.

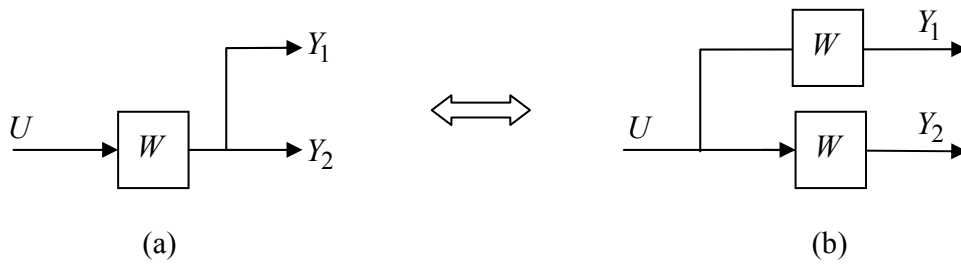
1.3.4.2 Chuyển đổi tín hiệu ra

*** Từ trước ra sau một khối:**



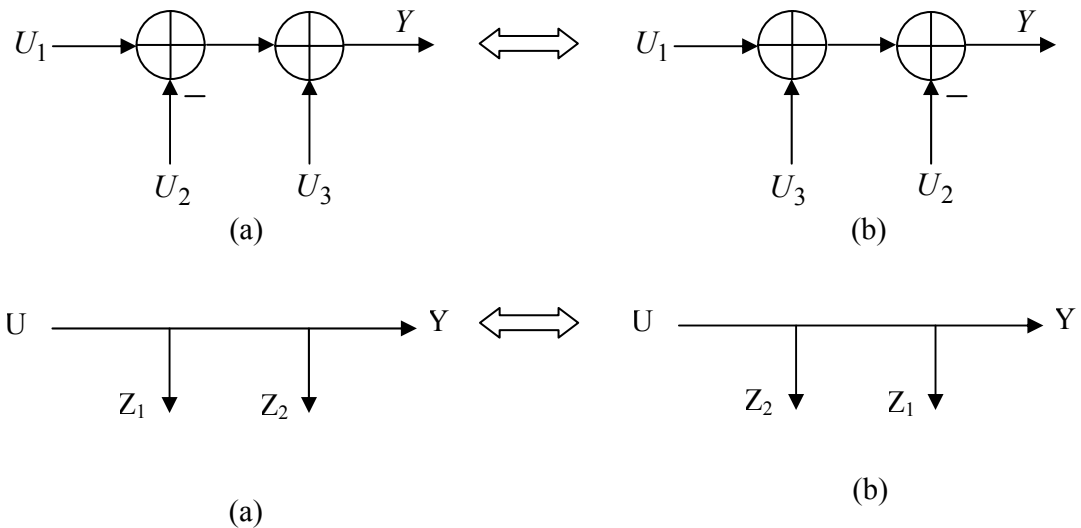
Hình 1.13 Chuyển tín hiệu ra từ trước ra sau một khối

*** Từ sau ra trước một khối:**



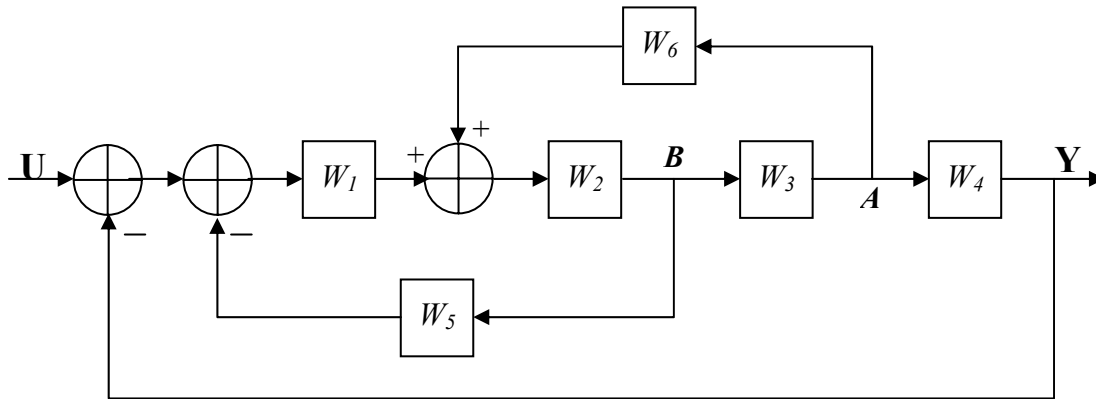
Hình 1.14 Chuyển tín hiệu ra từ sau ra trước một khối

1.3.4.3 Các bộ cộng, điểm rẽ nhánh liên nhau có thể đổi chỗ cho nhau



Hình 1.15 Các bộ cộng, điểm rẽ nhánh có thể chuyển vị trí cho nhau

Ví dụ 1.1: Xác định hàm truyền đạt của hệ thống có sơ đồ như hình 1.16:



Hình 1.16

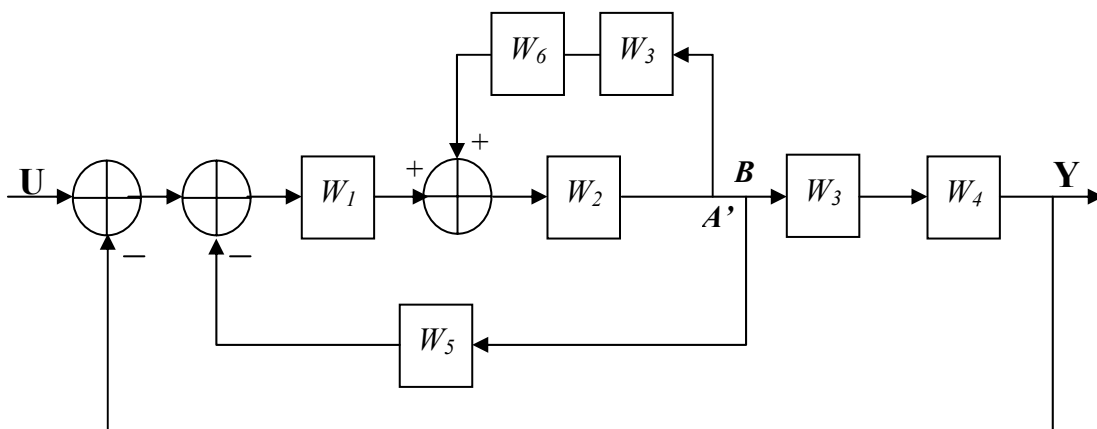
Để tính được hàm truyền đạt của hệ thống, ta phải chuyển hệ thống về dạng có thể áp dụng được các công thức trong phần 1.3. Có nhiều cách thực hiện như:

- Cách 1: Chuyển A về B (chuyển tín hiệu ra từ sau ra trước khối W_3), sau đó hoán đổi vị trí của A và B.
- Cách 2: Chuyển B về A (chuyển tín hiệu ra từ trước ra sau khối W_3), sau đó hoán đổi vị trí của A và B.

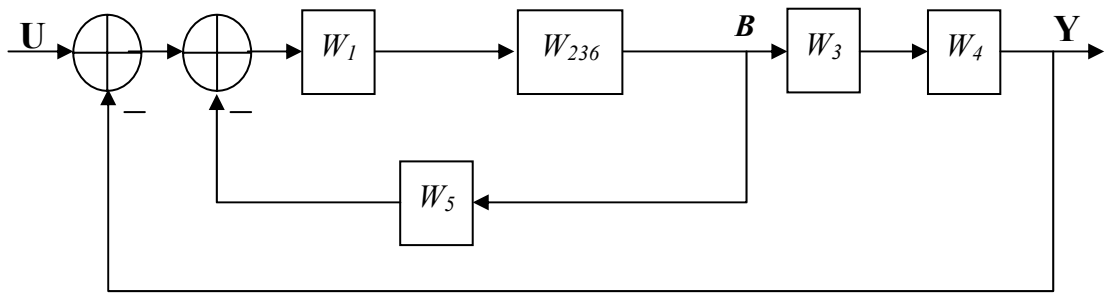
Sau đây ta sẽ thực hiện theo cách 1, khi đó ta có hệ thống tương đương như trên hình 1.17.

Từ hình 1.17, ta có thể tính hàm truyền đạt của ba khâu W_2, W_3, W_6 và có hệ thống tương đương như hình 1.18:

$$W_{236} = \frac{W_2}{1 - W_2 \cdot W_3 \cdot W_6}$$



Hình 1.17



Hình 1.18

Từ hình 1.18:

$$W_{12356} = \frac{W_1 \cdot W_{236}}{1 + W_5 \cdot W_1 \cdot W_{236}}$$

Hàm truyền đạt hở của hệ thống:

$$W_h = W_{12356} \cdot W_3 \cdot W_4$$

Hàm truyền đạt kín của hệ thống:

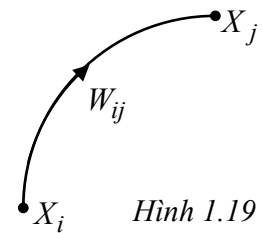
$$W_k = \frac{W_h}{1 + W_h}$$

1.4 GRAPH TÍN HIỆU

Được dùng để xác định hàm truyền đạt của hệ thống ĐKTD với các đặc điểm sau:

- Graph là đồ hình gồm các nhánh và các nút.
- Mỗi một nút của graph được biểu diễn bằng một điểm và ghi tên một đại lượng nào đó trong hệ thống điều khiển. Nút gốc là lượng vào, nút ngọn là lượng ra của một khâu nào đó.
- Một nhánh nối nút gốc và nút ngọn có mũi tên, trên đó ghi giá trị hàm truyền đạt tương ứng với một khâu nào đó (hình 1.19). Hàm truyền đạt của một nhánh bằng tỉ số giữa giá trị nút ngọn và giá trị nút gốc:

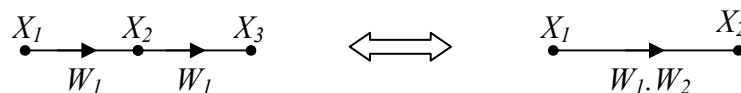
$$W_{ij} = X_j / X_i$$



Tương tự như sơ đồ cấu trúc, sự liên kết của các nhánh riêng lẻ tạo thành một graph tín hiệu cho một hệ thống điều khiển.

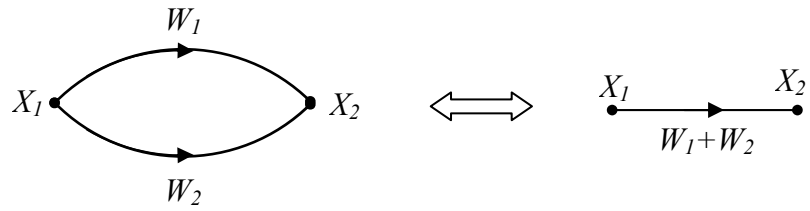
* Các quy tắc biến đổi của graph:

- Các nhánh nối tiếp:



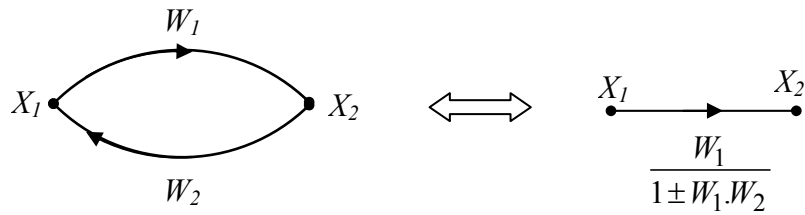
Hình 1.20

- Các nhánh song song:



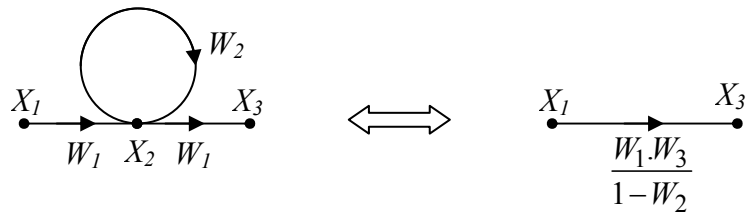
Hình 1.21

- Phản hồi dương (âm)



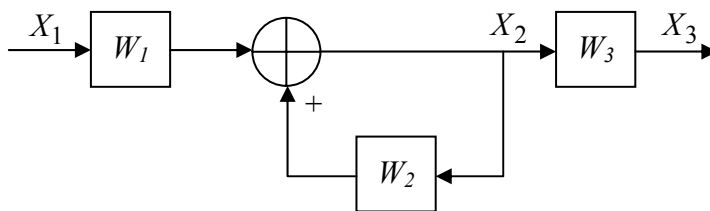
Hình 1.22

- Khử nhánh tạo vòng kín:



Hình 1.23

* Sự tương quan giữa sơ đồ cấu trúc hệ thống và graph tín hiệu trong hệ thống điều khiển
 Hình 1.23 là graph tín hiệu biểu diễn hệ thống có sơ đồ cấu trúc như hình 1.24.



Hình 1.24

Theo hình 1.23 ta có:

$$X_2 = W_1 X_1 + W_2 X_2$$

$$X_3 = W_3 X_2$$

Vậy:
$$W_{13} = \frac{X_3}{X_1} = \frac{W_1 W_3}{1 - W_2}$$

Theo hình 1.24 ta có:

$$W_{13} = \frac{X_3}{X_1} = W_1 \frac{1}{1 - W_2} W_3 = \frac{W_1 W_3}{1 - W_2}$$

Vậy hai sơ đồ là tương đương với nhau.

TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 1

Trong chương này ta cần nhớ các khái niệm sau:

+ Một hệ thống điều khiển tự động bao gồm ba thành phần cơ bản là đối tượng điều khiển, thiết bị điều khiển và thiết bị đo lường. Các hệ thống điều khiển mà ta xét ở đây đều sử dụng phương thức điều khiển theo sai lệch.

+ Đặc trưng cơ bản nhất của các phần tử tuyến tính là nguyên lý xếp chồng, nghĩa là khi có một tổ hợp tín hiệu tác động ở đầu vào của phần tử thì tín hiệu ra sẽ bằng tổ hợp tương ứng của các tín hiệu ra thành phần.

+ Có thể mô tả một hệ thống điều khiển tự động bằng hàm truyền đạt, bằng phương trình trạng thái và sơ đồ cấu trúc của hệ thống sẽ thể hiện mối liên hệ giữa hai phương pháp mô tả này.

+ Chương này cũng đưa ra các nguyên tắc biến đổi sơ đồ khối như chuyển đổi vị trí các tín hiệu vào/ra một khối; tìm hàm truyền đạt tương đương của các khâu mắc nối tiếp, song song, hồi tiếp... để từ đó, ta tìm hàm truyền đạt của toàn hệ thống.

+ Graph tín hiệu cũng là một cách mô tả hệ thống, được dùng để tìm hàm truyền đạt của hệ thống. Các quy tắc biến đổi giữa các nhánh của nó cũng tương đương như các quy tắc biến đổi giữa các khối trong sơ đồ cấu trúc của hệ thống.

BÀI TẬP

Bài 1:

Sơ đồ khối của một hệ thống điều khiển điển hình?

Bài 2:

Thế nào là hàm truyền đạt của hệ thống?

- Hàm truyền đạt của hệ thống là tỉ số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của hệ thống đó biểu diễn theo thời gian.
- Hàm truyền đạt của hệ thống là tỉ số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của hệ thống đó biểu diễn theo biến đổi Laplace với điều kiện đầu không đổi.
- Hàm truyền đạt của hệ thống là tỉ số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của hệ thống đó biểu diễn theo biến đổi Laplace với điều kiện đầu triệt tiêu.

- d. Hàm truyền đạt của hệ thống là tỉ số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của hệ thống đó biểu diễn theo biến đổi Laplace với các điều kiện đầu khác nhau.

Bài 3:

Nghiệm đa thức mẫu số của PTĐT là:

- Các điểm cực (pole)
- Các điểm không (zero)

Bài 4:

Xây dựng phương trình trạng thái mô tả hệ thống liên tục tuyến tính từ PTVP mô tả quá trình động học của hệ thống dạng:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y = ku$$

Bài 5:

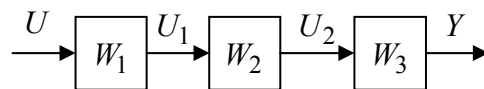
Đặc tính tần số của hệ thống hở?

Bài 6:

Đặc tính tần số của hệ thống kín?

Bài 7:

Cho hệ thống như hình sau:



Hàm truyền đạt của hệ thống là:

- $W = W_1 + W_2 + W_3$
- $W = W_1 \cdot W_2 \cdot W_3$
- $W = \frac{W_1}{W_2 + W_3}$

Bài 8:

Khi chuyển tín hiệu vào từ trước ra sau một khối thì:

- Tín hiệu đó phải đi qua một khối mới có hàm truyền đạt chính bằng khối đó.
- Tín hiệu đó phải đi qua một khối mới có hàm truyền đạt bằng nghịch đảo của khối đó.

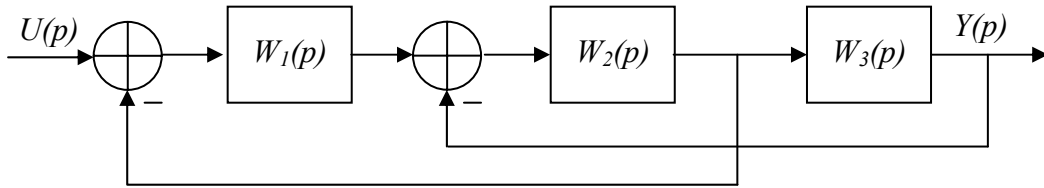
Bài 9:

Khi chuyển tín hiệu ra từ trước ra sau một khối thì:

- Tín hiệu đó phải đi qua một khối mới có hàm truyền đạt chính bằng khối đó.
- Tín hiệu đó phải đi qua một khối mới có hàm truyền đạt bằng nghịch đảo của khối đó.

Bài 10:

Cho hệ thống như hình sau:

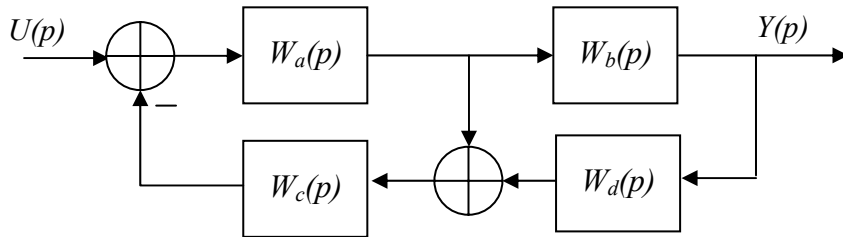


Tìm hàm truyền đạt của hệ thống?

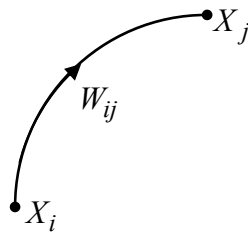
Bài 11:

Cho hệ thống như hình sau

Tìm hàm truyền đạt của hệ thống?



Bài 12:

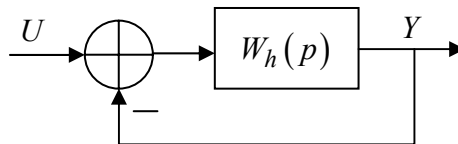


Graph tín hiệu như hình trên biểu thị hàm truyền đạt W_{ij} bằng bao nhiêu?

- a. $W_{ij} = X_j / X_i$
- b. $W_{ij} = X_i / X_j$

Bài 13:

Hàm truyền đạt của hệ thống trong hình sau sẽ bằng:



a. $W_k(p) = \frac{W_h(p)}{1+W_h(p)}$

b. $W_k(p) = \frac{W_h(p)}{1-W_h(p)}$

c. $W_k(p) = \frac{1}{1+W_h(p)}$

d. $W_k(p) = \frac{W_h(p)}{1+W_h^2(p)}$

Bài 14:

Nghiệm đa thức mẫu số của hàm truyền đạt được gọi là gì?

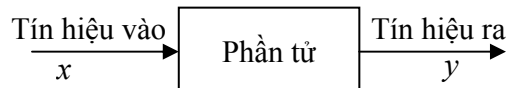
- a. Các điểm không
- b. Các điểm cực
- c. Các điểm cực trị
- d. Các điểm uốn

CHƯƠNG II. CÁC ĐẶC TÍNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC

NỘI DUNG

2.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Để thuận tiện cho việc nghiên cứu, hệ thống ĐKTD được phân ra những phần nhỏ gọi là các *phần tử* (hay các khâu) của hệ thống. Mỗi phần tử có tác động ngoài vào gọi là tín hiệu vào, ký hiệu là x , và tín hiệu biểu hiện phản ứng của phần tử đối với tác động đầu vào gọi là tín hiệu ra của phần tử, ký hiệu là y . Mô hình phần tử được mô tả như hình 2.1.



Hình 2.1 Mô hình biểu diễn phần tử

Mỗi phần tử có hai đặc tính cơ bản là đặc tính tĩnh và đặc tính động. Hai đặc tính này biểu diễn hai trạng thái của nó là trạng thái tĩnh và trạng thái động.

* Đặc tính tĩnh của phần tử: là mối liên hệ giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của phần tử ở trạng thái xác lập. Dựa vào đặc tính tĩnh mà các phần tử tuyến tính được chia ra làm bốn loại là phần tử nguyên hàm, phần tử tích phân, phần tử vi phân và phần tử trễ.

- Phần tử nguyên hàm: có đặc tính tĩnh được mô tả bởi công thức:

$$y = Kx \quad (2.1)$$

trong đó K là hệ số truyền của phần tử.

- Phần tử tích phân: có đặc tính tĩnh được mô tả bởi công thức:

$$y = \frac{1}{T_i} \int x \cdot dt \quad (2.2)$$

trong đó T_i là hằng số thời gian tích phân của phần tử.

- Phần tử vi phân: có đặc tính tĩnh được mô tả bởi công thức:

$$y = T_d \frac{dx}{dt} \quad (2.3)$$

trong đó T_d là hằng số thời gian vi phân của phần tử.

- Phần tử trễ: có đặc tính tĩnh được mô tả bởi công thức:

$$y(t) = x(t - \tau) \quad (2.4)$$

Tất cả các phần tử mà đặc tính tĩnh của nó không được liệt vào một trong bốn loại trên thì đều thuộc phần tử phi tuyến.

* Đặc tính động học của phần tử: mô tả sự thay đổi của tín hiệu ra theo thời gian khi có tác động ở đầu vào. Đặc tính động mô tả quá trình động học xảy ra trong hệ thống và thường được biểu diễn bằng PTVP dạng tổng quát:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y = b_0 \frac{d^m u}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \dots + b_{m-1} \frac{du}{dt} + b_m u \quad (2.5)$$

Trong chương này, ta cũng sẽ đề cập đến các đặc tính thời gian, đặc tính tần số của các phần tử cũng như đặc điểm của các khâu động học cơ bản.

2.2 ĐẶC TÍNH THỜI GIAN CỦA PHẦN TỬ

Đặc tính thời gian của phần tử là sự thay đổi của phần tử theo thời gian khi tác động ở đầu vào là những tín hiệu chuẩn. Các đặc tính đó bao gồm hàm quá độ, đường quá độ, hàm quá độ xung và đường quá độ xung.

Các hàm thời gian này đều mô tả sự biến thiên của tín hiệu ra khi phần tử chuyển từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng khác do sự tác động của một trong các nhiễu chuẩn. Để đơn giản, ta xét trạng thái cân bằng ban đầu của các phần tử là không ($y(0) = 0$)

2.2.1 Tín hiệu tác động ở đầu vào

* Tín hiệu bậc thang đơn vị $1(t)$:

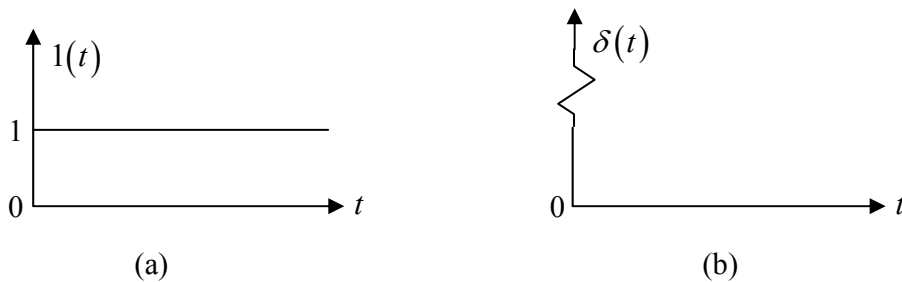
$$1(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t \leq 0 \\ 1 & \text{khi } t > 0 \end{cases} \quad (2.6)$$

* Tín hiệu xung đơn vị $\delta(t)$:

$$\delta(t) = \frac{d}{dt} 1(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t \neq 0 \\ \infty & \text{khi } t = 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

Hàm $\delta(t)$ có tính chất:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1 \quad (2.8)$$



Hình 2.2. (a). Đồ thị hàm $1(t)$

(b). Đồ thị hàm $\delta(t)$

* Tín hiệu điều hòa:

$$\sin(\omega t + \varphi) \text{ hay } e^{j\omega t + \varphi} \quad (2.9)$$

* Tín hiệu có dạng bất kỳ $x(t)$: có thể được mô tả thông qua hàm $1(t)$ và $\delta(t)$

- Biểu diễn $x(t)$ qua hàm $1(t)$: dựa vào tích phân Duyamen (khi $\alpha \rightarrow 0$):

$$x(t) = x(\alpha) \cdot 1(t) + \int_0^t \frac{dx(\tau)}{d\tau} \cdot 1(t-\tau) d\tau \quad (2.10)$$

- Biểu diễn $x(t)$ qua hàm $\delta(t)$ (khi $\alpha \rightarrow 0$):

$$x(t) = \int_{-\infty}^{t+\alpha} x(\tau) \cdot \delta(t-\tau) d\tau \quad (2.11)$$

2.2.2 Phản ứng của phần tử

* Hàm quá độ:

Được ký hiệu là $h(t)$, là phản ứng của phần tử khi tín hiệu tác động ở đầu vào là hàm bậc thang đơn vị $1(t)$.

$$\text{Nếu } x(t) = 1(t) \text{ thì } L[1(t)] = \frac{1}{p}$$

Mối liên hệ giữa hàm truyền đạt và hàm quá độ của phần tử là:

$$W(p) = \frac{L(h(t))}{L(1(t))} = p \cdot L[h(t)]. \text{ Vậy:}$$

$$L[h(t)] = \frac{W(p)}{p} \quad (2.12)$$

* Đường quá độ:

Được ký hiệu là $H(t)$, là phản ứng của phần tử khi tín hiệu tác động ở đầu vào là nhiễu bậc thang có biên độ bằng A dạng $A \cdot 1(t)$. Dựa vào nguyên lý xếp chồng của phần tử tuyến tính:

$$H(t) = A \cdot h(t). \text{ Vậy:}$$

$$L(H(t)) = \frac{A W(p)}{p} \quad (2.13)$$

* Hàm quá độ xung (hàm trọng lượng):

Được ký hiệu là $k(t)$, là phản ứng của phần tử khi tín hiệu tác động ở đầu vào là nhiễu xung đơn vị có ký hiệu là $\delta(t)$. Mối liên hệ giữa $1(t)$ và $\delta(t)$ là:

$\delta(t) = 1'(t)$. Vậy $L[\delta(t)] = 1$. Ta có:

$$L[k(t)] = W(p) \quad (2.14)$$

* Đường quá độ xung:

Được ký hiệu là $K(t)$, là phản ứng của phần tử khi tín hiệu tác động ở đầu vào là nhiễu xung đơn vị có biên độ bằng A dạng $A\delta(t)$. Theo tính chất của $\delta(t)$ ta có thể viết:

$$x(t) = x(t) \cdot \int_0^t \delta(t-\tau) \cdot d\tau = \int_0^t x(\tau) \delta(t-\tau) \cdot d\tau \quad (2.15)$$

trong đó: $x(\tau)$ là giá trị hàm $x(t)$ tại thời điểm $t = \tau$.

$\delta(t-\tau)$ là hàm xung đơn vị được phát tại thời điểm $t = \tau$.

Theo nguyên lý xếp chồng, ta có thể xác định đáp ứng $y(t)$ của phần tử:

$$y(t) = \int_0^t x(\tau) k(t-\tau) \cdot d\tau \quad (2.16)$$

2.3 ĐẶC TÍNH TẦN SỐ CỦA PHẦN TỬ

Đặc tính tần số của phần tử mô tả mối liên hệ giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của phần tử ở trạng thái xác lập khi thay đổi tần số dao động điều hòa tác động ở đầu vào của phần tử.

Nếu ở đầu vào của phần tử cho tác động một dao động điều hòa dạng:

$$x(t) = A_v \sin(\omega t) \quad (2.17)$$

thì sau một thời gian quá độ, đầu ra của nó sẽ nhận được một dao động điều hòa có cùng tần số nhưng khác nhau về biên độ và pha:

$$y(t) = A_r \sin(\omega t + \varphi) \quad (2.18)$$

Nếu giữ $A_v = \text{const}$ và thay đổi ω thì A_r và φ sẽ thay đổi. Sự thay đổi của φ theo ω được gọi là đặc tính pha tần (PT), ký hiệu là $\varphi(\omega)$ còn sự thay đổi của $A(\omega) = A_r/A_v$ theo ω được gọi là đặc tính biên tần (BT).

Nếu đầu vào của phần tử chịu tác động của dao động điều hòa dạng tổng quát:

$$x(t) = A_v e^{j\omega t} \quad (2.19)$$

thì ở trạng thái xác lập, đầu ra của phần tử nhận được dao động dạng:

$$y(t) = A_r e^{j(\omega t + \varphi)} \quad (2.20)$$

Ta có:

$$\frac{d^n x(t)}{dt^n} = A_v (j\omega)^n \cdot e^{j\omega t} \quad (2.21)$$

$$\frac{d^n y(t)}{dt^n} = A_r (j\omega)^n \cdot e^{j[\omega t + \varphi(\omega)]} \quad (2.22)$$

Thay (2.21) và (2.22) và (2.5):

$$\left[a_0 (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + \dots + a_{n-1} j\omega + a_n \right] A_v e^{j[\omega t + \varphi(\omega)]} = \left[b_0 (j\omega)^m + b_1 (j\omega)^{m-1} + \dots + b_{m-1} j\omega + b_m \right] A_v e^{j\omega t} \quad (2.23)$$

Vậy:

$$W(j\omega) = \frac{A_r}{A_v} e^{j\varphi(\omega)} = \frac{b_0 (j\omega)^m + b_1 (j\omega)^{m-1} + \dots + b_{m-1} j\omega + b_m}{a_0 (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + \dots + a_{n-1} j\omega + a_n} \quad (2.24)$$

(2.24) được gọi là *hàm truyền đạt tần số* của phân tử. Vậy muốn tìm *hàm truyền đạt tần số của phân tử*, ta chỉ việc thay biến $p = j\omega$ vào *hàm truyền đạt* của nó.

Tách riêng phần thực, phần ảo của tử số và mẫu số trong (2.24) ta được:

$$W(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)} = \frac{R_1(\omega) + jI_1(\omega)}{R_2(\omega) + jI_2(\omega)} \quad (2.25)$$

trong đó: $A(\omega) = A_r / A_v$: đặc tính biên tần của phân tử

$R_1(\omega), R_2(\omega)$: đặc tính phần thực của tử số và mẫu số

$I_1(\omega), I_2(\omega)$: đặc tính phần ảo của tử số và mẫu số

Tách phần thực và phần ảo của biểu thức (2.25) ta được:

$$A(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)} = \frac{R_1(\omega) \cdot R_2(\omega) + I_1(\omega) \cdot I_2(\omega)}{R_2^2(\omega) + I_2^2(\omega)} + j \frac{R_2(\omega) \cdot I_1(\omega) - R_1(\omega) \cdot I_2(\omega)}{R_2^2(\omega) + I_2^2(\omega)} \quad (2.26)$$

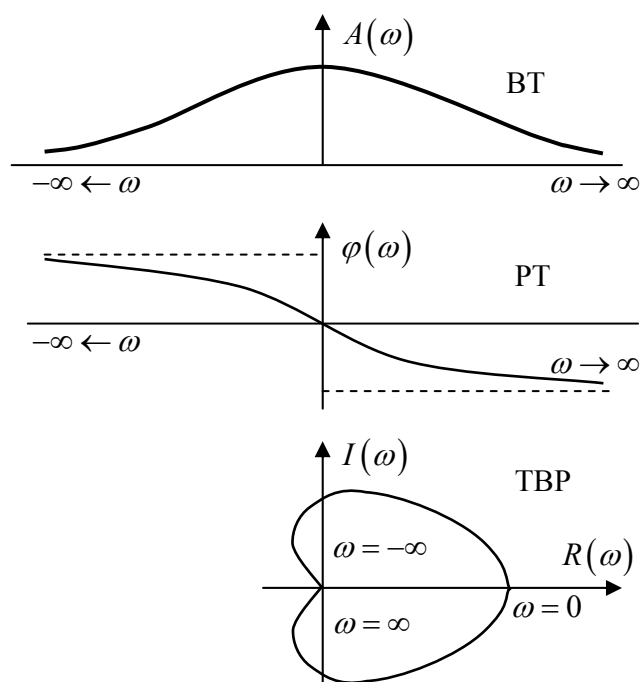
$$R(\omega) = \frac{R_1(\omega) \cdot R_2(\omega) + I_1(\omega) \cdot I_2(\omega)}{R_2^2(\omega) + I_2^2(\omega)} \quad (2.27)$$

được gọi là đặc tính phần thực của phân tử

$$I(\omega) = \frac{R_2(\omega) \cdot I_1(\omega) - R_1(\omega) \cdot I_2(\omega)}{R_2^2(\omega) + I_2^2(\omega)} \quad (2.28)$$

được gọi là đặc tính phần ảo của phân tử

$R(\omega)$ là hàm chẵn, nghĩa là $R(\omega) = R(-\omega)$, còn đặc tính phần ảo là hàm lẻ, nghĩa là $I(\omega) = -I(-\omega)$.



Hình 2.3 Các đặc tính tần số của phân tử

Đặc tính biên tần của phân tử được xác định theo biểu thức:

$$A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)} \quad (2.29)$$

và đặc tính pha tần của phân tử được xác định theo biểu thức:

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} \quad (2.30)$$

Cho ω thay đổi từ $-\infty$ đến ∞ , ta sẽ xây dựng được các đặc tính BT, PT. Đồng thời, trong hệ tọa độ $R(\omega)$ và $I(\omega)$ sẽ xây dựng được đường đặc tính gọi là đặc tính tần biên pha (TBP) và đường đặc tính này đối xứng qua trục thực. Vì vậy, khi xây dựng các đặc tính BT, PT, TBP, ta chỉ xét ω thay đổi từ 0 đến ∞ . Hình 2.3 là một ví dụ về xây dựng đặc tính tần số của phân tử.

Đặc tính tần số còn được biểu diễn dưới dạng đặc tính tần số logarithm:

Lấy logarithm hai vế của (2.25) ta có:

$$\ln W(j\omega) = \ln A(\omega) + j\varphi(\omega)$$

Hàm số $\ln A(\omega)$ được gọi là đặc tính biên tần logarithm (BTL) và $\varphi(\omega)$ được gọi là đặc tính pha tần logarithm (PTL) của phân tử.

Đặc tính BTL thường được đo bằng decibel (dB). Khi tính theo decibel, đặc tính BTL được xác định theo công thức:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) \quad (2.31)$$

Đặc tính PTL được tính theo đơn vị độ. Khi xây dựng các đặc tính logarithm, để thuận tiện, lấy trục hoành theo logarithm của tần số ($\lg \omega$) và đơn vị tính của nó là decade (dec). 1 dec ứng với tần số tăng 10 lần.

2.4 CÁC KHÂU ĐỘNG HỌC CƠ BẢN

Một hệ thống gồm các phần tử nối tiếp với nhau theo các phương thức chung như nối tiếp, song song, hồi tiếp. Tính chất của quá trình quá độ toàn hệ thống phụ thuộc vào tính chất động học của các phần tử hợp thành. Các phần tử hợp thành đó thường được phân tích thành những khâu cơ bản.

Các khâu động học cơ bản là các phần tử của hệ thống ĐKTD có các tính chất sau:

- Chỉ có một tín hiệu vào và một tín hiệu ra
- Tín hiệu chỉ truyền đi một chiều, nghĩa là khi có tín hiệu vào thì có tín hiệu ra nhưng tín hiệu ra không ảnh hưởng đến tín hiệu vào.
- Quá trình động học của phần tử được biểu diễn bằng phương trình vi phân không quá bậc hai.

2.4.1 Các khâu nguyên hàm

2.4.1.1 Khâu khuếch đại

* Phương trình vi phân:

$$y = k.x \quad (2.32)$$

trong đó k là hệ số khuếch đại.

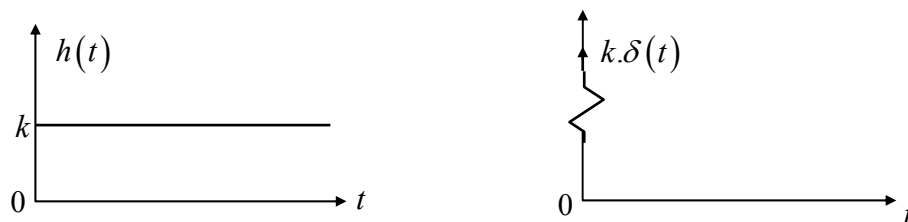
Các phần tử có hàm truyền đạt là khâu khuếch đại: các phần tử đo lường (sensor, biến trở, bộ phát tín hiệu cảm ứng...), phần tử khuếch đại (bộ khuếch đại điện tử, bán dẫn, ion...).

* Hàm truyền đạt của khâu: $W(p) = k$

* Các đặc tính thời gian:

- Hàm quá độ: $h(t) = k.1(t)$
- Hàm trọng lượng: $k(t) = k.\delta(t)$

Các đặc tính thời gian được mô tả trên hình 2.4.

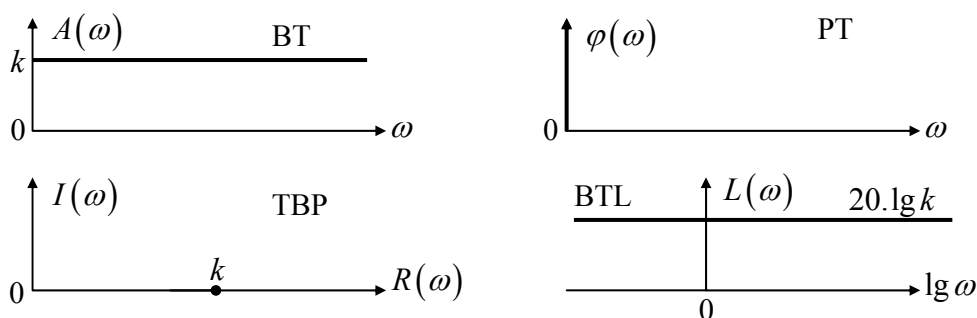


Hình 2.4. Các đặc tính thời gian của khâu khuếch đại

* Các đặc tính tần số:

- Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = k$
- Đặc tính BT: $A(\omega) = k$
- Đặc tính PT: $\varphi(\omega) = 0$
- Đặc tính BTL: $L(\omega) = 20 \cdot \lg k$

Các đặc tính tần số được mô tả trên hình 2.5.



Hình 2.5 Các đặc tính tần số của khâu khuếch đại

Nhận xét: Khâu khuếch đại chỉ làm khuếch đại tín hiệu lên k lần, tín hiệu vào và ra của khâu khuếch đại là cùng pha với nhau.

2.4.1.2 Khâu quán tính bậc nhất

* Phương trình vi phân: $T \cdot \frac{dy}{dt} + y = kx$

trong đó k là hệ số truyền và T là hằng số thời gian của khâu.

Các phần tử thuộc khâu quán tính bậc nhất: khuếch đại từ, máy phát điện một chiều, mạch điện R-C, L-R, lò điện trở, động cơ điện không đồng bộ hai pha và ba pha nếu lượng ra là tốc độ quay

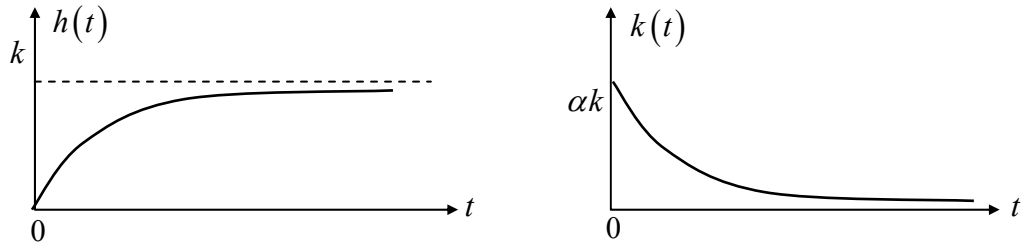
* Hàm truyền đạt của khâu: $W(p) = \frac{k}{Tp + 1}$

* Các đặc tính thời gian:

- Hàm quá độ: Hàm $h(t)$ nhận được do giải PTVP $T \frac{dh(t)}{dt} + h(t) = k$ với điều kiện $h(0) = 0$ và $h(\infty) = k$, ta được:

$$h(t) = k(1 - e^{-\alpha t}) \text{ với } \alpha = 1/T$$

- Hàm trọng lượng: $k(t) = h'(t) = \alpha \cdot k \cdot e^{-\alpha t}$



Hình 2.6 Đặc tính thời gian của khâu quán tính bậc 1

* Các đặc tính tần số:

- Hàm truyền tần số:

$$W(j\omega) = \frac{k}{Tj\omega + 1} = \frac{k}{(T\omega)^2 + 1} - j \frac{kT\omega}{(T\omega)^2 + 1} = R(\omega) + jI(\omega)$$

- Đặc tính BT: $A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)} = \frac{k}{\sqrt{(T\omega)^2 + 1}}$

- Đặc tính PT: $\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = -\arctg(T\omega)$

- Đặc tính TBP: Từ mối liên hệ $A^2(\omega) = R^2(\omega) + I^2(\omega)$, qua một số phép biến đổi ta tìm được:

$$\left(R(\omega) - \frac{k}{2}\right)^2 + I^2(\omega) = \left(\frac{k}{2}\right)^2$$

Đây chính là phương trình đường tròn có tâm $(k/2; 0)$ và bán kính bằng $k/2$. Nếu lấy ω thay đổi từ 0 đến ∞ nó là nửa đường tròn nằm ở góc phần tư thứ IV.

- Đặc tính BTL:

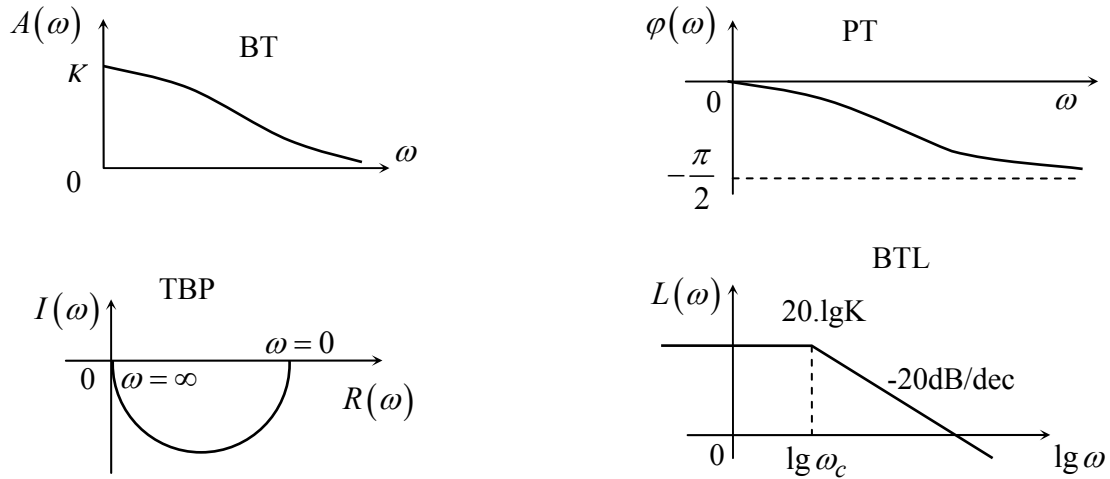
$$L(\omega) = 20 \cdot \lg A(\omega) = 20 \cdot \lg k - 20 \cdot \lg \sqrt{(T\omega)^2 + 1}$$

Vẽ chính xác thì $L(\omega)$ là một đường cong nhưng ta có thể vẽ gần đúng bằng cách tuyến tính hóa từng đoạn:

+ Khi $\omega \ll 1/T$, $L(\omega) \approx 20 \cdot \lg k$

+ Khi $\omega \gg 1/T$, $L(\omega) \approx 20 \cdot \lg k - 20 \cdot \lg T - 20 \cdot \lg \omega$

Đặt $\omega_c = 1/T$, được gọi là tần số cắt, ta có đặc tính tần số của khâu quán tính bậc 1 như hình 2.7.



Hình 2.7 Đặc tính tần số của khâu quán tính bậc 1.

Nhận xét:

+ Hàm quá độ $h(t)$ của khâu quán tính bậc 1 cho ta thấy, khâu quán tính bậc 1 không đạt ngay giá trị k mà tiến từ từ đến giá trị k theo quy luật hàm mũ (vì thế khâu quán tính bậc 1 còn được gọi là khâu phi chu kỳ). Như vậy, quá trình tích lũy năng lượng và giải phóng năng lượng không xảy ra đồng thời, gây ra hiện tượng quán tính.

+ Hàm trọng lượng $k(t)$ của khâu quán tính bậc 1 cho ta thấy, khi hàm quá độ $h(t)$ đạt giá trị xác lập hàm trọng lượng $k(t)$ sẽ giảm về 0, có nghĩa là lúc này khâu quán tính bậc 1 được giải phóng sức ì quán tính.

+ Đặc tính BT $A(\omega)$ cho ta thấy, khâu quán tính bậc 1 không làm việc được với tín hiệu cao tần (đặc tính $A(\omega)$ giống như bộ lọc thông thấp)

+ Đặc tính PT $\varphi(\omega)$ cho ta thấy tín hiệu ra của khâu quán tính bậc 1 luôn chậm pha so với tín hiệu vào một góc từ 0 đến $\pi/2$, nghĩa là khâu quán tính bậc 1 có tác động chậm.

2.4.1.3 Khâu bậc hai (khâu dao động)

* Phương trình vi phân:

$$T^2 \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot \frac{dy}{dt} + y = k \cdot x \tag{2.33}$$

trong đó: T : hằng số

k : hệ số truyền

ξ : hệ số ($\xi < 1$)

Các phần tử thuộc khâu dao động: mạch điện R-L-C, động cơ điện một chiều kích từ độc lập lượng vào là điện áp phần ứng, lượng ra là tốc độ quay; hệ cơ học đàn hồi; con quay hồi chuyển trong bộ phận lái máy bay...

* Hàm truyền đạt của khâu:

Chuyển PTVP sang dạng toán tử p , ta được:

$$(T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot p + 1) \cdot Y(p) = k \cdot X(p) \quad (2.34)$$

Vậy hàm truyền đạt là:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{k}{T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot p + 1} \quad (2.35)$$

* Các đặc tính thời gian:

- Hàm quá độ:

Phương trình đặc trưng của khâu dao động:

$$T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot p + 1 = 0 \quad (2.36)$$

Phương trình có hai nghiệm phức liên hợp là: $p_{1,2} = -\frac{\xi}{T} \pm j \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T} = -\alpha \pm j\beta$

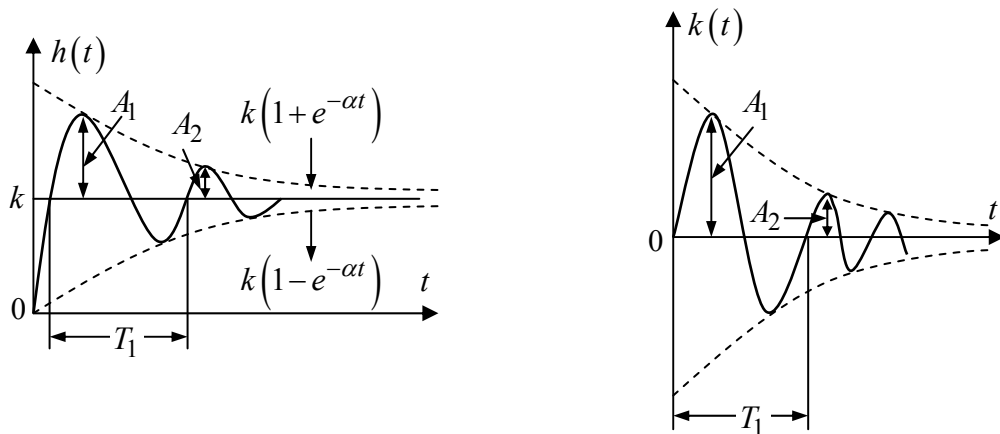
$$\begin{aligned} h(t) &= L^{-1} \left\{ \frac{k}{T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{p} \right\} \\ &= k \cdot 1(t) \cdot \left[1 - e^{-\alpha t} \left(\cos \beta t + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta t \right) \right] \end{aligned} \quad (2.37)$$

trong đó: $\alpha = \xi \cdot \omega_0$; $\beta = \sqrt{1-\xi^2} \cdot \omega_0$; $\omega_0 = \frac{1}{T}$

- Hàm trọng lượng:

$$\omega(t) = \frac{dh(t)}{dt} = \frac{k \cdot \omega_0^2}{\beta} \cdot 1(t) \cdot e^{-\alpha t} \cdot \sin \beta t \quad (2.38)$$

Hình 2.8 mô tả các đặc tính thời gian của khâu dao động.



Hình 2.8 Các đặc tính thời gian của khâu dao động

Từ đồ thị của $h(t)$ ta xác định được các tham số: k , A_1 , A_2 và T . Từ đó tính ra:

$$\begin{cases} \alpha = \frac{2\pi}{T_1} \\ \beta = \frac{1}{T_1} \cdot \ln \frac{A_1}{A_2} \\ \omega_0 = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} = \frac{1}{T} \\ \xi = \alpha \cdot T \end{cases} \quad (2.39)$$

* Đặc tính tần số:

- Hàm truyền tần số:

$$W(j\omega) = \frac{k}{-T^2 \cdot \omega^2 + 2\xi \cdot T \cdot j\omega + 1} \quad (2.40)$$

- Đặc tính BT:

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(1 - \omega^2 \cdot T^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \omega^2 \cdot T^2}} \quad (2.41)$$

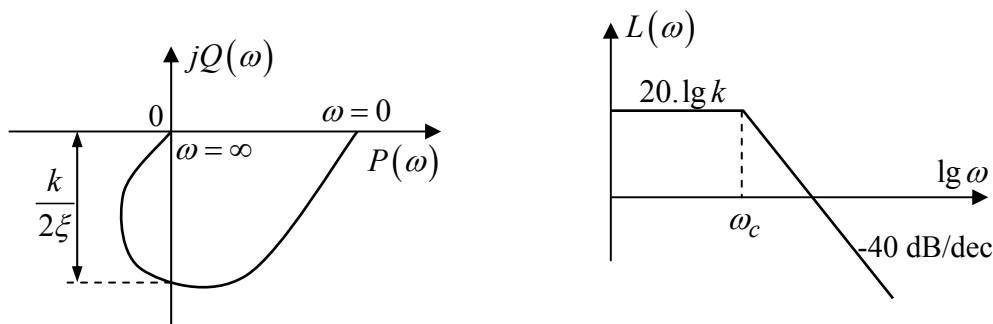
- Đặc tính PT:

$$\varphi(\omega) = -\arctg \frac{2 \cdot \xi \cdot \omega \cdot T}{1 - \omega^2 \cdot T^2} \quad (2.42)$$

- Đặc tính BTL:

$$L(\omega) = 20 \cdot \lg A(\omega) = 20 \cdot \lg k = 20 \cdot \lg \sqrt{(1 - \omega^2 \cdot T^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \omega^2 \cdot T^2} \quad (2.43)$$

Hình 2.9 mô tả các đặc tính tần số của khâu dao động.



Hình 2.9 Đặc tính tần số của khâu dao động

Nhận xét:

+ Hàm quá độ $h(t)$ của khâu quán tính bậc 1 cho ta thấy, khâu quán tính bậc 1 không đạt ngay giá trị k mà dao động tiến đến giá trị k . Muốn hệ dao động, trong hệ phải có bộ tích động năng và một bộ tích thế năng, ví dụ trong mạch R-L-C thì C tích thế năng còn L tích động năng.

+ Hàm trọng lượng $k(t)$ của khâu dao động cho ta thấy, khi hàm quá độ $h(t)$ đạt giá trị xác lập hàm trọng lượng $k(t)$ sẽ giảm về 0, có nghĩa là lúc này khâu dao động được giải phóng sức ì quán tính.

+ Đặc tính BT $A(\omega)$ cho ta thấy, khâu dao động cũng không làm việc được với tín hiệu cao tần và đạt giá trị $A_{\max}(\omega)$ tại ω

+ Đặc tính PT $\varphi(\omega)$ cho ta thấy tín hiệu ra của khâu dao động cũng luôn chậm pha so với tín hiệu vào tức là khâu dao động có độ tác động chậm.

2.4.2 Khâu tích phân (khâu phi tĩnh)

* Phương trình vi phân: $y = k \int x dt$

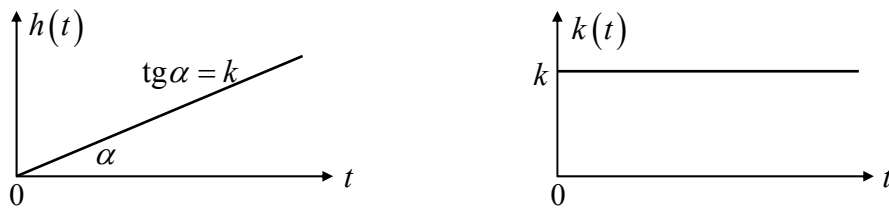
trong đó $T = 1/k$ là hằng số thời gian tích phân

* Hàm truyền đạt của khâu: $W(p) = \frac{1}{Tp}$

* Các đặc tính thời gian:

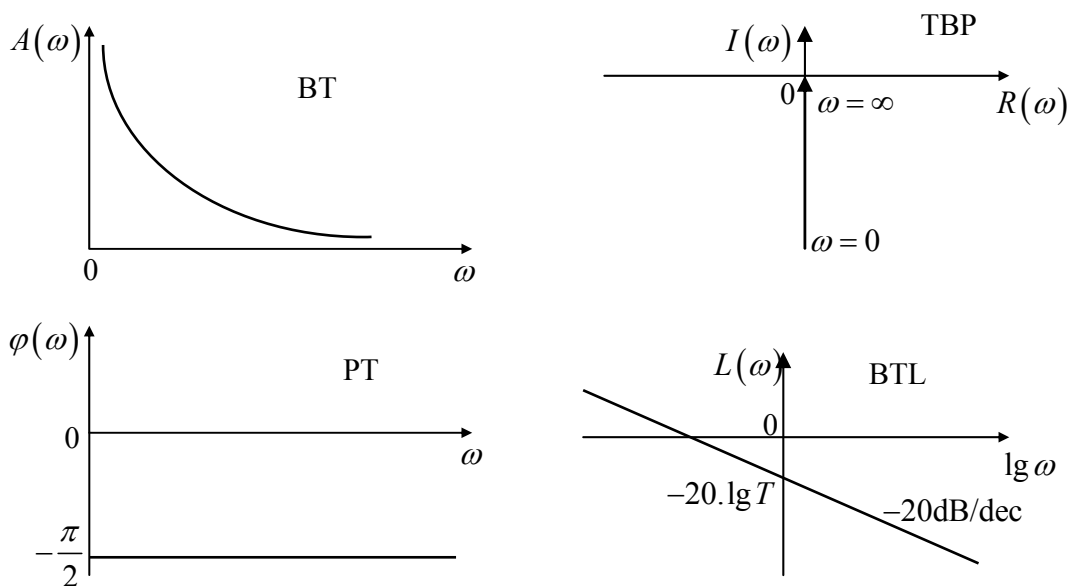
- Hàm quá độ: $h(t) = k \int 1(t) dt = kt$
- Hàm trọng lượng: $k(t) = h'(t) = k$

Hình 2.10 mô tả các đặc tính thời gian của khâu tích phân.



Hình 2.10 Các đặc tính thời gian của khâu tích phân

* Các đặc tính tần số:



Hình 2.11 Các đặc tính tần số của khâu tích phân

- Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = \frac{1}{T \cdot j\omega} = -j \frac{1}{T\omega}$
- Đặc tính BT: $A(\omega) = \frac{1}{T\omega}$
- Đặc tính PT: $\varphi(\omega) = -\pi/2$
- Đặc tính BTL: $L(\omega) = 20 \cdot \lg A(\omega) = -20 \cdot \lg T\omega$

Hình 2.11 mô tả các đặc tính tần số của khâu tích phân.

Nhận xét:

+ Hàm quá độ $h(t)$, hàm trọng lượng $k(t)$ của hệ thống của tích phân cho ta thấy, khâu tích phân có tính chất có nhớ. Nghĩa là, khâu tích phân sẽ giữ nguyên trạng thái tại thời điểm dừng tác động đầu vào.

+ Đặc tính PT của khâu tích phân bậc n là tín hiệu ra luôn chậm pha so với tín hiệu vào một góc bằng $\pi/2$.

2.4.3 Khâu vi phân

* Phương trình vi phân: $y = T \frac{dx}{dt}$

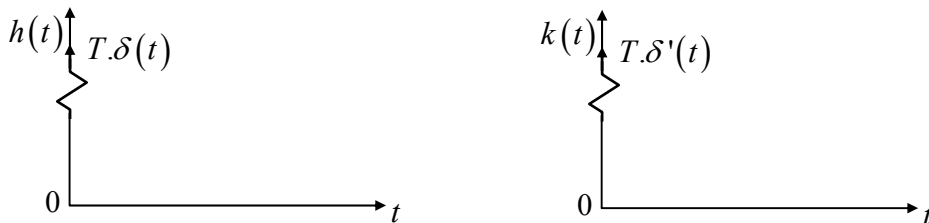
trong đó T là hằng số thời gian vi phân

* Hàm truyền đạt của khâu: $W(p) = Tp$

* Các đặc tính thời gian:

- Hàm quá độ: $h(t) = T \cdot 1'(t) = T \cdot \delta(t)$
- Hàm trọng lượng: $k(t) = h'(t) = T \cdot \delta'(t)$

Hình 2.12 mô tả các đặc tính thời gian của khâu vi phân.



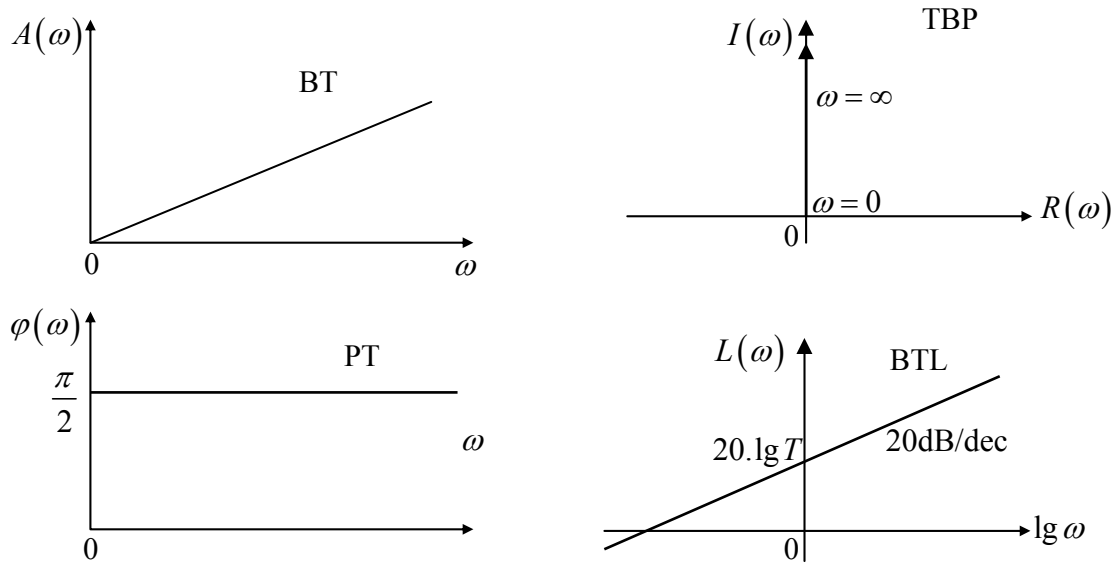
Hình 2.12. Các đặc tính thời gian của khâu vi phân

* Các đặc tính tần số:

- Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = T \cdot j\omega$

- Đặc tính BT: $A(\omega) = T\omega$
- Đặc tính PT: $\varphi(\omega) = \pi/2$
- Đặc tính BTL: $L(\omega) = 20 \cdot \lg A(\omega) = 20 \cdot \lg T\omega$

Hình 2.13 mô tả các đặc tính tần số của khâu vi phân.



Hình 2.13 Các đặc tính tần số của khâu vi phân

Nhận xét:

+ Các đặc tính quá độ $h(t)$ và trọng lượng $k(t)$ của khâu vi phân cho thấy khâu vi phân có xu hướng mất ổn định.

+ Khâu vi phân có tín hiệu ra của khâu vi phân luôn sớm pha hơn tín hiệu vào một góc bằng $\pi/2$, đây là đặc tính nổi bật của khâu vi phân khiến cho hệ thống tác động nhanh.

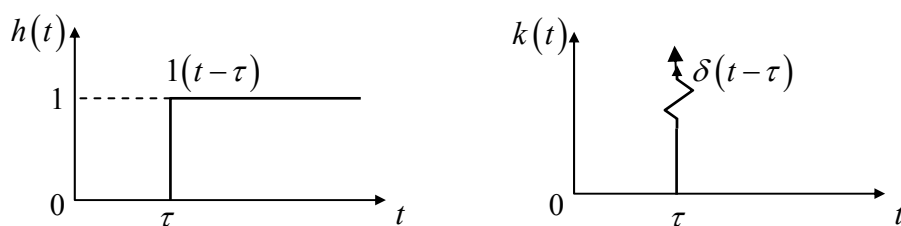
2.4.4 Khâu trễ

* Phương trình vi phân: $y(t) = x(t - \tau)$

* Các đặc tính thời gian:

- Hàm quá độ: $h(t) = 1(t - \tau)$
- Hàm trọng lượng: $k(t) = h'(t) = \delta(t - \tau)$

Hình 2.14 mô tả các đặc tính thời gian của khâu trễ.

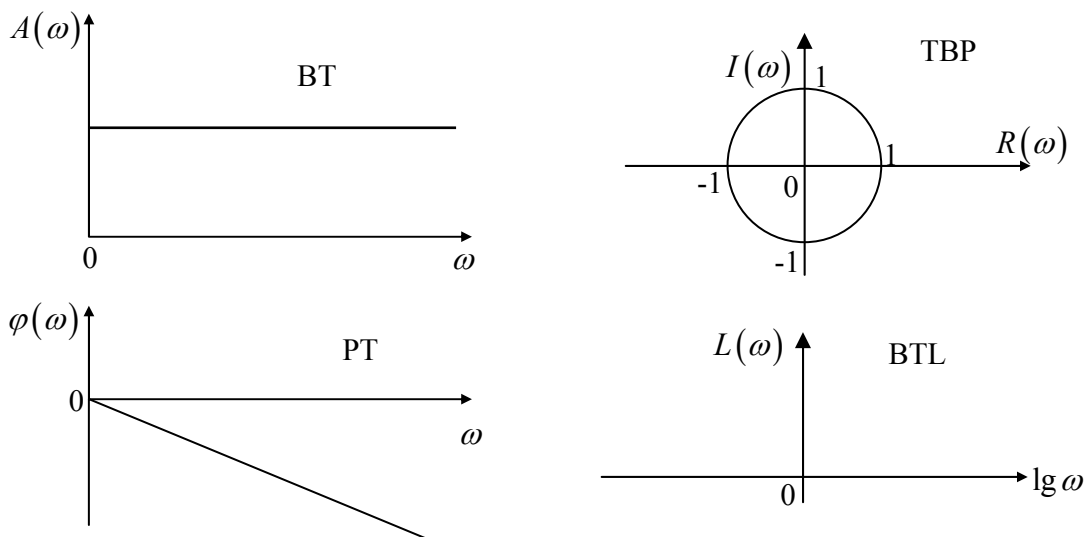


Hình 2.14. Các đặc tính thời gian của khâu trễ

* Các đặc tính tần số

Nếu tín hiệu vào có dạng: $x(t) = Ae^{j\omega t}$ thì tín hiệu ra sẽ có dạng $y(t) = Ae^{j\omega(t-\tau)}$

- Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = e^{-j.\omega\tau}$
- Đặc tính BT: $A(\omega) = 1$
- Đặc tính PT: $\varphi(\omega) = -\omega\tau$
- Đặc tính BTL: $L(\omega) = 20.\lg A(\omega) = 0$
- Hình 2.15 mô tả các đặc tính tần số của khâu tích phân.
-



Hình 2.15 Các đặc tính tần số của khâu trễ

Nhận xét:

+ Ta thấy rằng khâu trễ không làm biến đổi hình trạng tín hiệu nhưng khâu trễ luôn có tín hiệu ra chậm pha so với tín hiệu vào.

TỔNG KẾT CÁC KHÂU ĐỘNG HỌC CƠ BẢN.

Sau khi đã nghiên cứu các khâu cơ bản trên ta thấy rằng:

+ Khâu khuếch đại, khâu quán tính bậc 1, khâu dao động luôn đưa hệ thống đến giá trị k ở trạng thái xác lập.

+ Khâu khuếch đại có tín hiệu ra trùng pha tín hiệu vào. Khâu tích phân, khâu quán tính bậc 1, khâu dao động, khâu trễ là các khâu có tín hiệu ra chậm pha hơn so với tín hiệu vào. Chỉ có duy nhất khâu vi phân là tín hiệu ra nhanh pha hơn so với tín hiệu vào. Chính vì đặc điểm này nên khâu vi phân thường dùng cho các cơ cấu yêu cầu tác động nhanh.

+ Các đặc tính biên độ tần số logarith BTL có những đặc điểm theo bậc n của PTĐT như sau:

$n = 0$ độ dốc 0db/dec

$n = 1$ độ dốc ± 20 db/dec

$n = 2$ độ dốc ± 40 db/dec

Dấu + cho biết tín hiệu ra nhanh pha hơn so với tín hiệu vào.

Dấu - cho biết tín hiệu ra chậm pha hơn so với tín hiệu vào.

TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 2

Các vấn đề cần quan tâm ở chương này bao gồm:

+ Các đặc tính thời gian của phần tử

+ Các đặc tính tần số của phần tử

+ Các khâu động học cơ bản:

- Khâu khuếch đại.
- Khâu quán tính bậc 1.
- Khâu dao động.
- Khâu tích phân.
- Khâu vi phân.
- Khâu trễ.

BÀI TẬP

Bài 1.

Hàm quá độ của một khâu là đáp ứng của khâu đó khi tín hiệu vào là nhiễu có dạng:

- a. $\delta(t)$
- b. $A\delta(t)$
- c. $1(t)$

d. $A.1(t)$

Bài 2.

Hàm trọng lượng của một khâu là đáp ứng của khâu đó khi tín hiệu vào là nhiễu có dạng:

a. $\delta(t)$

b. $A.\delta(t)$

c. $1(t)$

d. $A.1(t)$

Bài 3.

Khi xét các đặc tính tần số của một khâu, ta cần xét các đặc tính nào?

a. BT, PT

b. TBP

c. BTL

d. Cả bốn đặc tính trên

Bài 4.

Nêu các đặc điểm của các khâu động học cơ bản?

Bài 5.

Sự khác nhau cơ bản giữa khâu tích phân và khâu vi phân?

Bài 6.

Tại sao khi xây dựng các đặc tính tần số, ta chỉ cần xét sự thay đổi của ω từ 0 đến ∞ .

Bài 7.

Muốn tìm hàm truyền đạt tần số của một khâu hay một hệ thống, ta thay p bằng gì vào hàm truyền đạt của nó?

a. $p = \omega$

b. $p = -\omega$

c. $p = j\omega$

d. $p = -j\omega$

Bài 8.

Tại sao đặc tính TBP của khâu trễ lại là đường tròn có bán kính bằng 1?

Bài 9.

Nếu hàm truyền đạt của phân tử được biểu diễn dưới dạng: $W(j\omega) = R(\omega) + jI(\omega)$ thì đặc tính biên tần của phân tử được xác định theo công thức nào sau đây?

a. $A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) - I^2(\omega)}$

b. $A(\omega) = \sqrt{R(\omega) + I(\omega)}$

c. $A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)}$

d. $A(\omega) = \sqrt{R(\omega) - I(\omega)}$

Bài 10.

Trong khâu khuếch đại, mối quan hệ về pha giữa tín hiệu vào và tín hiệu ra là?

- a. Tín hiệu vào chậm pha hơn so với tín hiệu ra một góc là $\pi/2$
- b. Hai tín hiệu vào và ra là đồng pha với nhau
- c. Tín hiệu vào sớm pha hơn so với tín hiệu ra
- d. Tín hiệu vào sớm pha hơn so với tín hiệu ra một góc là π

Bài 11.

Nếu $R(\omega)$ là hàm chẵn và $I(\omega)$ là hàm lẻ thì $\varphi(\omega)$ là hàm chẵn?

- a. Đúng
- b. Sai

Bài 12.

Cho hệ thống có hàm truyền đạt hờ dạng:

$$W_h(p) = \frac{10p + 4}{8p^3 + 5p^2}$$

Cho biết hệ hờ gồm những khâu cơ bản nào?

CHƯƠNG III. KHẢO SÁT TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC

NỘI DUNG

3.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Chương 1 và 2 đã trình bày mô tả toán học và các đặc tính của hệ thống ĐKTD liên tục. Trong chương này sẽ sử dụng kiến thức trong hai chương trước để giải quyết nhiệm vụ đầu tiên khi phân tích hệ thống ĐKTD, đó là tính ổn định của nó. Hệ thống muốn sử dụng được thì trước hết nó phải ổn định.

Hệ thống ĐKTD được gọi là ổn định nếu sau khi bị phá vỡ trạng thái cân bằng do tác động của nhiễu, nó sẽ tự điều chỉnh để trở lại trạng thái cân bằng. Nếu nó không trở lại trạng thái cân bằng mà tín hiệu ra tiến tới vô cùng thì hệ thống sẽ không ổn định. Trạng thái trung gian giữa ổn định và không ổn định được gọi là biên giới ổn định, khi đó tín hiệu ra của hệ thống dao động với biên độ không đổi.

Trong chương này sẽ trình bày điều kiện để một hệ thống ĐKTD ổn định; các tiêu chuẩn đại số và tần số thường dùng để xét tính ổn định của hệ thống có thông số bất biến; phương pháp quỹ đạo nghiệm số dùng để xét tính ổn định cho hệ thống có thông số bất biến và khái niệm độ dự trữ ổn định của hệ thống.

3.2 ĐIỀU KIỆN ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG

Vậy điều kiện ổn định của hệ thống là $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) \rightarrow 0$ (hoặc một giá trị cố định) .

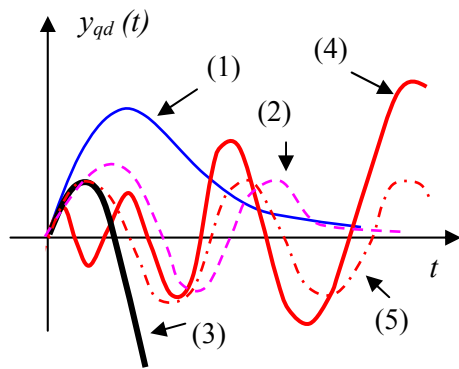
Hệ thống sẽ không ổn định nếu $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) \rightarrow \infty$.

Hệ thống sẽ ở biên giới ổn định nếu $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) \rightarrow$ dao động có biên độ không đổi.

Khảo sát tính ổn định của hệ thống chính là khảo sát hệ thống ở 2 quá trình: quá độ và xác lập. Ta thấy rằng ở quá trình xác lập, hệ thống luôn ổn định.

Xét sự ổn định của hệ thống chủ yếu là khảo sát hệ thống ở quá trình quá độ.

Một hệ thống tuyến tính liên tục được gọi là ổn định nếu quá trình quá độ của nó tắt dần theo thời gian, không ổn định nếu quá trình quá độ của nó tăng dần theo thời gian và ở biên giới ổn định nếu quá trình quá độ của nó dao động với biên độ không đổi hoặc bằng hằng số. Hình 3.1 mô tả 5 trạng thái quá độ của hệ thống ĐKTD.



- (1): Hệ thống ổn định và không dao động.
 (2): Hệ thống ổn định và dao động.
 (3): Hệ thống không ổn định và không dao động.
 (4): Hệ thống không ổn định và dao động.
 (5): Hệ thống dao động với biên độ không đổi (biên giới ổn định).

Hình 3.1

Để biết hệ thống ĐKTD có ổn định hay không, ta phải giải PTVP mô tả quá trình động học của nó. Dạng tổng quát:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y = b_0 \frac{d^m u}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \dots + b_{m-1} \frac{du}{dt} + b_m u \quad (3.1)$$

Nghiệm của PTVP này gồm hai phần: $y(t) = y_{qd}(t) + y_0(t)$

Với: $y_{qd}(t)$ là nghiệm tổng quát của (3.1), đặc trưng cho quá trình quá độ

$y_0(t)$ là nghiệm riêng của (3.1), đặc trưng cho quá trình xác lập.

$y_{qd}(t)$ có được bằng cách giải PTVP đồng nhất:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y = 0 \quad (3.2)$$

Nghiệm riêng phụ thuộc tác động đầu vào, nếu tác động đầu vào cố định thì $y_0(t)$ cũng cố định, như vậy nó không ảnh hưởng đến tính ổn định của hệ thống.

Tính ổn định của hệ thống được phản ánh qua nghiệm tổng quát, nghiệm này hoàn toàn không chịu ảnh hưởng của tác động bên ngoài, vậy tính ổn định là tính chất bên trong của hệ thống, là bản chất của hệ thống.

Để xác định $y_{qd}(t)$ ta phải tìm nghiệm của PTĐT:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (3.3)$$

Nghiệm tổng quát của $y_{qd}(t)$ là:

$$y_{qd}(t) = \sum_{i=1}^n c_i e^{p_i t} \quad (3.4)$$

trong đó c_i là các hằng số. Nghiệm p_i có thể tồn tại một trong các dạng sau:

+ Nghiệm thực: $p_i = \alpha_i$

+ Nghiệm phức: $p_i = \alpha_i \pm j\omega_i$

+ Nghiệm thuần ảo: $p_i = j\omega_i$

*Ảnh hưởng của các loại nghiệm đến tính chất của hệ thống:

Khi nghiệm của PTĐT là nghiệm thực (hệ không dao động):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{\alpha_i t} \begin{cases} \rightarrow 0 & \text{khi } \alpha_i < 0 \\ \rightarrow \infty & \text{khi } \alpha_i > 0 \end{cases}$$

Còn khi nó là nghiệm phức (hệ dao động):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{(\alpha_i + j\omega_i)t} \begin{cases} \rightarrow 0 & \text{khi } \alpha_i < 0 \\ \rightarrow \infty & \text{khi } \alpha_i > 0 \end{cases}$$

Nếu là nghiệm thuần ảo thì:

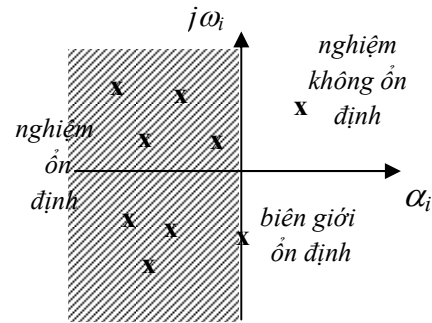
$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{j\omega_i t} \rightarrow \text{dao động với biên độ không đổi.}$$

Như vậy:

- hệ thống ĐKTD ổn định ($\lim_{t \rightarrow \infty} y_{qd} \rightarrow 0$ khi $t \rightarrow \infty$) nếu tất cả các nghiệm của PTĐT có phần thực âm (các nghiệm nằm ở nửa bên trái mặt phẳng phức).

- hệ thống ĐKTD không ổn định ($\lim_{t \rightarrow \infty} y_{qd} \rightarrow \infty$ khi $t \rightarrow \infty$) nếu PTĐT chỉ cần có một nghiệm có phần thực dương (nghiệm nằm ở nửa bên phải mặt phẳng phức).

- hệ thống ĐKTD sẽ nằm ở biên giới ổn định nếu PTĐT chỉ cần có 1 nghiệm có phần thực = 0 và các nghiệm còn lại có phần thực < 0 (có 1 nghiệm nằm trên trục ảo, các nghiệm còn lại nằm trên mặt trái mặt phẳng phức).



Hình 3.2. Phân vùng trên mặt phẳng phân bố nghiệm số

3.3 CÁC TIÊU CHUẨN ỔN ĐỊNH ĐẠI SỐ

Khi không thể xác định được nghiệm số của PTĐT để xét tính ổn định của hệ thống theo phương pháp trên, người ta dùng các tiêu chuẩn ổn định đại số và tần số.

3.3.1 Điều kiện cần.

Điều kiện cần thiết để một hệ thống điều khiển tuyến tính ổn định là các hệ số của phương trình đặc trưng dương. Khi không tồn tại điều kiện cần thì hệ thống được liệt vào loại có cấu trúc không ổn định, và lúc đó ta phải thay đổi cấu trúc của nó.

Ví dụ 3.1 : Hệ thống ĐKTD có phương trình đặc trưng:

$$0.2p^3 + 3p^2 + 0.1p + 5 = 0$$

có các hệ số $a_i > 0$ nên hệ có thể ổn định. (Muốn biết hệ có ổn định hay không thì cần phải xét cả điều kiện đủ).

3.3.2 Tiêu chuẩn Routh (1875).

* *Phát biểu:* Điều kiện cần và đủ để hệ thống tuyến tính ổn định là tất cả các số hạng trong cột thứ nhất của bảng Routh dương.

* *Bảng Routh:*

Giả sử hệ thống có phương trình đặc trưng bậc n :

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (3.5)$$

Sắp xếp các hàng của bảng Routh:

a_0	a_2	a_4	a_6	...
a_1	a_3	a_5	a_7	...
b_0	b_2	b_4	b_6	...
b_1	b_3	b_5	b_7	...
...	
z_0				
z_1				

Cách tính các hệ số của bảng Routh:

$$b_0 = - \begin{vmatrix} a_0 & a_2 \\ a_1 & a_3 \end{vmatrix}, \quad b_2 = - \begin{vmatrix} a_0 & a_4 \\ a_1 & a_5 \end{vmatrix}$$

$$b_1 = - \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ b_0 & b_2 \end{vmatrix}, \quad b_3 = - \begin{vmatrix} a_1 & a_5 \\ b_0 & 0 \end{vmatrix}$$

* *Cách lập bảng:*

+ Dòng đầu tiên của bảng Routh ghi các số hạng có chỉ số chẵn, dòng thứ hai ghi các số hạng có chỉ số lẻ.

+ Mỗi số hạng trong một hàng của bảng Routh là một số âm có giá trị là một định thức bậc hai với cột thứ nhất là cột thứ nhất của hai hàng ngay sát trên hàng có số hạng đang tính; cột thứ hai là hai hàng ngay sát trên và nằm bên phải hàng có số hạng đang tính.

+ Bảng Routh sẽ kết thúc khi nào dòng cuối cùng chỉ còn một số hạng.

* *Tính chất của bảng Routh:*

- Có thể nhân hoặc chia các số hạng trên cùng một hàng của bảng Routh với một số dương thì kết quả tính toán vẫn không thay đổi.

- Số lần đổi dấu của các số hạng trong cột đầu tiên của bảng Routh bằng số nghiệm của phương trình đặc trưng có phần thực dương.

- Nếu cột đầu tiên của bảng có một số hạng bằng không thì hệ cũng không ổn định.

* *Ứng dụng:*

- Tiêu chuẩn này được sử dụng để xét ổn định cho cả hệ hở và kín.

Ví dụ 3.2: Xét tính ổn định của hệ thống có phương trình đặc trưng:

$$12p^5 + 6p^4 + 18p^3 + 6p^2 + 6p + 1 = 0$$

* *Điều kiện cần:*

Ta nhận thấy $a_i, (i = 0 \div 5) > 0$ nên thỏa mãn điều kiện cần để hệ ổn định.

* Điều kiện đủ:

- Lập bảng Routh:

$$\begin{array}{ccc|ccc}
 12 & 18 & 6 & & 2 & 3 & 1 \\
 6 & 6 & 1 & & 6 & 6 & 1 \\
 b_0 & b_2 & & \text{hay} & b_0 & b_2 & \\
 b_1 & b_3 & & & b_1 & b_3 & \\
 c_0 & & & & c_0 & & \\
 c_1 & & & & c_1 & &
 \end{array}$$

(vì các số hạng thuộc hàng 1 của bảng Routh đều chia hết cho 6).

Ta có:

$$b_0 = -\begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 6 & 6 \end{vmatrix} = 6, \quad b_2 = -\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 6 & 1 \end{vmatrix} = 4, \quad b_1 = -\begin{vmatrix} 6 & 6 \\ 6 & 4 \end{vmatrix} = 12, \quad b_3 = -\begin{vmatrix} 6 & 1 \\ 6 & 0 \end{vmatrix} = 6$$

$$c_0 = -\begin{vmatrix} 6 & 4 \\ 12 & 6 \end{vmatrix} = 12, \quad c_1 = -\begin{vmatrix} 12 & 6 \\ 12 & 0 \end{vmatrix} = 72$$

Ta nhận thấy các số hạng thuộc cột đầu tiên của bảng Routh đều dương nên thỏa mãn điều kiện ổn định. Vậy hệ thống đã cho là ổn định.

Ví dụ 3.3: Cho hệ thống có đối tượng điều khiển:

$$W_0(p) = \frac{1}{p^3 + 5p^2 + 8p + 4}$$

Bộ điều khiển có hàm truyền đạt: $W_C(p) = K_P + K_D p$ (Bộ PD)

Tìm khoảng hiệu chỉnh các tham số của bộ điều khiển (Thực chất, đây là bài toán tìm điều kiện để hệ ổn định).

Giải:

Bước 1: Tìm đa thức đặc trưng của hệ thống kín $A(p)$:

Hàm truyền đạt của hệ thống hở:

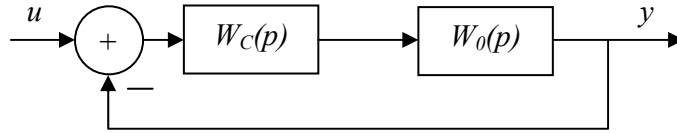
$$W_h(p) = W_0(p) \cdot W_C(p) = \frac{1}{p^3 + 5p^2 + 8p + 4} \cdot (K_P + K_D p)$$

Hàm truyền đạt của hệ thống kín:

$$W_k(p) = \frac{W_h(p)}{1 + W_h(p)} = \frac{K_P + K_D p}{p^3 + 5p^2 + (8 + K_D)p + (4 + K_P)}$$

Phương trình đặc trưng của hệ thống kín là:

$$A(p) = p^3 + 5p^2 + (8 + K_D)p + (4 + K_P) = 0$$



Hình 3.3 Biểu diễn hệ thống sơ đồ trong ví dụ 3.3

Bước 2: Xét ổn định:

* Điều kiện cần: Các hệ số a_i ($i = 0 \div 3$) > 0

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 8 + K_D > 0 \\ 4 + K_P > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} K_D > 8 \\ K_P > -4 \end{cases}$$

Trên thực tế, $\begin{cases} K_D \geq 0 \\ K_P > 0 \end{cases}$. Nếu $K_D = 0$, ta có bộ điều khiển P (tỉ lệ).

* Điều kiện đủ: Xét ổn định theo tiêu chuẩn Routh:

- Lập bảng Routh:

$$1 \quad 8 + K_D$$

$$5 \quad 4 + K_P$$

$$b_0$$

$$b_1$$

$$\text{Ta có: } b_0 = - \begin{vmatrix} 1 & 8 + K_D \\ 5 & 4 + K_P \end{vmatrix} = 36 + 5K_D - K_P, \quad b_1 = - \begin{vmatrix} 5 & 4 + K_P \\ b_0 & 0 \end{vmatrix} = (4 + K_P)b_0$$

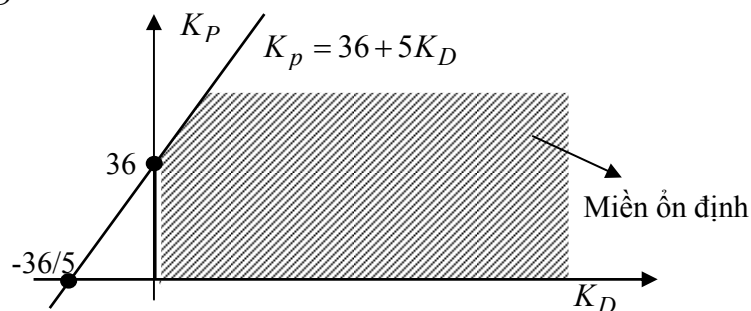
Điều kiện ổn định:

$$\begin{cases} b_0 > 0 \\ b_1 > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 36 + 5K_D - K_P > 0 \\ 4 + K_P > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} K_P < 36 + 5K_D \\ K_P > -4 \end{cases}$$

Kết hợp với điều kiện cần, ta có điều kiện để hệ ổn định là:

$$\begin{cases} K_D \geq 0 \\ K_P > 0 \\ K_P < 36 + 5K_D \end{cases}$$

Vậy miền ổn định là vùng gạch chéo trên hình vẽ 3.4.



Hình 3.4 Biểu diễn miền ổn định trong ví dụ 3.3

3.3.3 Tiêu chuẩn Hurwitz (1895).

* *Phát biểu:* Điều kiện cần và đủ để hệ thống tuyến tính ổn định là hệ số $a_0 > 0$ và các định thức Hurwitz dương.

* *Cách lập định thức Hurwitz:*

Giả sử hệ thống có phương trình đặc trưng bậc n :

$$A(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (3.6)$$

Định thức Hurwitz bậc n :

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & \dots \\ a_0 & a_2 & a_4 & \dots \\ 0 & a_1 & a_3 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots \end{vmatrix}$$

Đường chéo chính của Δ_n bắt đầu từ a_1 đến a_n . Trong cùng một cột, các số hạng trên số hạng thuộc đường chéo chính có chỉ số tăng dần; các số hạng dưới số hạng thuộc đường chéo chính có chỉ số giảm dần. Nếu chỉ số lớn hơn n hoặc nhỏ hơn 0 thì ghi 0. Có tất cả n định thức Hurwitz từ bậc 1 đến bậc n .

* *Ứng dụng:*

- Tiêu chuẩn này thường dùng cho hệ thống có phương trình đặc trưng bậc thấp ($n < 4$).
- Tiêu chuẩn này cũng được dùng để xét ổn định cho cả hệ hở và kín.

Ví dụ 3.4: Xét ổn định của hệ thống có phương trình đặc trưng bậc 2:

$$a_0 p^2 + a_1 p + a_2 = 0$$

Giải:

* Điều kiện cần: $a_0, a_1, a_2 > 0$

* Điều kiện ổn định theo Hurwitz:

$$\begin{cases} \Delta_1 = a_1 > 0 \\ \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & 0 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} > 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a_1 > 0 \\ a_2 > 0 \end{cases}$$

Kết hợp cả hai điều kiện trên, ta có điều kiện cần và đủ để một hệ thống có phương trình đặc trưng bậc 2 ổn định là: $a_0, a_1, a_2 > 0$

Nhận xét:

+ Các tiêu chuẩn đại số có thể được sử dụng để xét ổn định cho cả hệ thống hở và hệ thống kín. Tuy nhiên, nếu xét về mức độ phức tạp thì việc tính toán các định thức Hurwitz phức tạp hơn việc lập bảng Routh rất nhiều, nhất là đối với các phương trình đặc tính bậc cao. Vì vậy, trong thực tế thường hay dùng tiêu chuẩn Routh hơn.

+ Có thể dùng tiêu chuẩn Routh hoặc Hurwitz để xét điều kiện ở biên giới ổn định của hệ thống. Đối với tiêu chuẩn Routh: số hạng cuối cùng trong cột đầu tiên của bảng Routh bằng 0 và các số hạng còn lại trong cột đầu tiên của bảng Routh dương. Đối với tiêu chuẩn Hurwitz: định thức Δ_{n-1} bằng 0 còn giá trị các định thức khác dương.

3.4 CÁC TIÊU CHUẨN ỔN ĐỊNH TẦN SỐ

3.4.1 Tiêu chuẩn Mikhailopec

- Dựa vào tính chất tần số của đa thức đặc tính để xét tính ổn định của hệ thống.

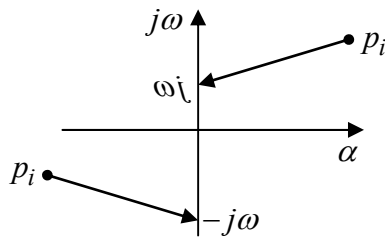
Giả sử hệ thống ĐKTD có PTĐT dạng:

$$A(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (3.7)$$

có nghiệm là p_i với $i = 1, 2, \dots, n$ thì đa thức đặc tính của nó có thể chuyển sang dạng:

$$A(p) = a_0 \prod_{i=1}^n (p - p_i) \quad (3.8)$$

Nếu xét trên mặt phẳng phức thì mỗi số hạng trong đa thức trên là một vector có chân tại điểm p_i và đỉnh nằm trên trục ảo $j\omega$.



Hình 3.5 Vector $j\omega - p_i$ trên mặt phẳng phức

Nếu p_i nằm bên trái trục ảo thì $\Delta \arg(j\omega - p_i) = \pi$.
 $-\infty \leq \omega \leq \infty$

Nếu p_i nằm bên phải trục ảo thì $\Delta \arg(j\omega - p_i) = -\pi$.
 $-\infty \leq \omega \leq \infty$

(Vector quay theo chiều kim đồng hồ lấy dấu âm còn ngược lại lấy dấu dương).

Biểu đồ vector đa thức đặc tính có thể biểu diễn như sau:

$$A(p) = a_0 \prod_{i=1}^n (p - p_i) = a_0 \prod_{i=1}^n |j\omega - p_i| e^{j \sum_{i=1}^n \arg(j\omega - p_i)} \quad (3.9)$$

$$\text{Vậy, } \Delta \arg A(j\omega) = \sum_{i=1}^n \Delta \arg(j\omega - p_i) = (n - k)\pi - k\pi = (n - 2k)\pi$$

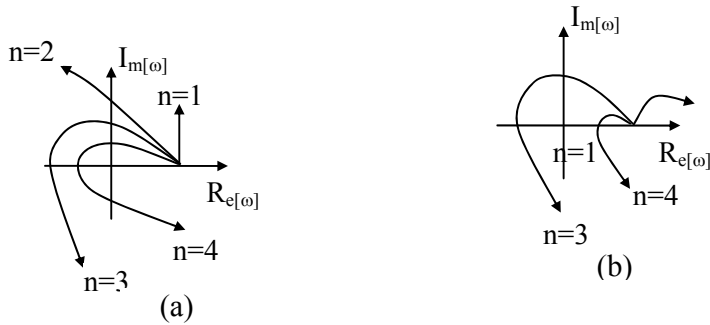
Với k là số nghiệm của PTĐT có phần thực dương. Hệ thống ổn định khi $k = 0$ nên:

$$\Delta \arg A(j\omega) = n\pi \quad \text{hay} \quad \Delta \arg A(j\omega) = n \cdot \pi / 2 \quad \text{vì thường xét } \omega \text{ biến đổi từ } 0 \text{ đến } \infty.$$

Từ những phân tích trên, Mikhailopec đã phát biểu thành tiêu chuẩn ổn định như sau:

Hệ thống ĐKTD có đa thức đặc tính bậc n với các hệ số dương sẽ ổn định nếu biểu đồ vector đa thức đặc tính $A(j\omega)$ xuất phát từ một điểm trên phần dương trục thực quay một góc bằng $n.\pi/2$ quanh gốc tọa độ và ngược chiều kim đồng hồ khi ω thay đổi từ 0 đến ∞ .

Hình 3.6 là biểu đồ vector đa thức đặc tính cho hệ thống ổn định (a) và không ổn định (b).



Hình 3.6 Các dạng biểu đồ vector đa thức đặc trưng

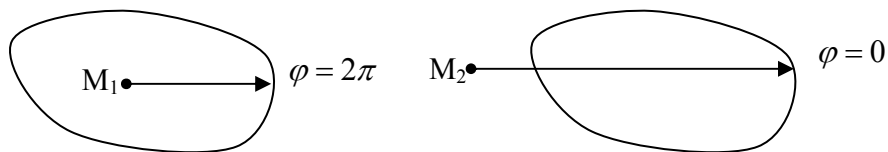
3.4.2 Tiêu chuẩn Nyquist

- Dùng xét ổn định cho cả hệ hở và hệ kín dựa vào đặc tính tần – biên – pha của hệ hở.

* Phát biểu: Nếu PTĐT của hệ hở có k nghiệm nằm bên phải trục ảo thì hệ thống kín sẽ ổn định nếu đặc tính TBP của hệ hở bao điểm $(-1, j0)$ một góc bằng $k\pi$ khi ω thay đổi từ 0 đến ∞ .

* Khái niệm đường cong bao một điểm:

Kẻ một vector có chân là điểm được bao còn đầu ở trên đường cong. Cho đầu vector trượt từ đầu đường cong đến cuối đường cong. Góc quay φ của vector bằng bao nhiêu thì ta nói đường cong bao điểm đã cho bấy nhiêu (vector quay theo chiều kim đồng hồ thì góc quay lấy dấu âm còn quay ngược chiều kim đồng hồ thì góc quay lấy dấu dương).



Hình 3.7 Sơ đồ mô tả góc bao

Trên hình 3.7, đường cong khép kín bao điểm M_1 một góc bằng 2π và không bao điểm M_2 (góc bao $\varphi = 0$).

* Chứng minh tiêu chuẩn Nyquist:

Giả sử hệ thống hở có hàm truyền đạt: $W_h(p) = \frac{Q(p)}{P(p)}$

Trong đó $P(p)$ là đa thức đặc tính bậc n và $Q(p)$ là đa thức bậc m với $m < n$. Giả sử $P(p)$ có k nghiệm nằm bên phải trục ảo. Như vậy:

$$\Delta \arg P(j\omega) = (n-k)\pi/2 - k\pi/2 = (n-2k)\pi/2 \quad (3.10)$$

$0 \leq \omega \leq \infty$

Hàm truyền đạt của hệ thống kín:

$$W_k(p) = \frac{W_h(p)}{1+W_h(p)} = \frac{Q(p)}{Q(p)+P(p)} \quad (3.11)$$

Đa thức đặc tính của hệ thống kín là $Q(p)+P(p)$. Theo tiêu chuẩn Mikhailopec, hệ kín sẽ ổn định nếu:

$$\Delta \arg [Q(j\omega)+P(j\omega)] = n\pi/2 \quad (3.12)$$

$0 \leq \omega \leq \infty$

Xét biểu thức $J(j\omega) = 1 + W_h(j\omega) = \frac{Q(j\omega)+P(j\omega)}{P(j\omega)}$

$$\Delta \arg J(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega)+P(j\omega)] - \Delta \arg P(j\omega) \quad (3.13)$$

$0 \leq \omega \leq \infty \quad \quad \quad 0 \leq \omega \leq \infty \quad \quad \quad 0 \leq \omega \leq \infty$

Khi hệ kín ổn định thì

$$\Delta \arg J(j\omega) = n\pi/2 - (n-2k)\pi/2 = k\pi \quad (3.14)$$

$0 \leq \omega \leq \infty$

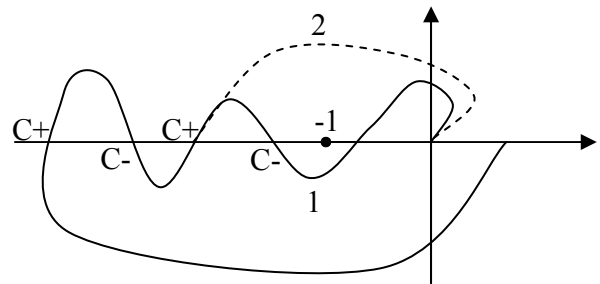
Như vậy, khi ω thay đổi từ 0 đến ∞ , biểu đồ vector $J(j\omega)$ sẽ bao tâm tọa độ một góc bằng $k\pi$. Biểu đồ $J(j\omega)$ chính là đồ đặc tính TBP của hệ thống hở chuyển sang bên phải 1 đơn vị. Do đó, nếu $J(j\omega)$ bao tâm tọa độ một góc bằng $k\pi$ thì đặc tính TBP của hệ hở cũng bao điểm $(-1, j0)$ một góc bằng $k\pi$ (điều phải chứng minh).

* Trong thực tế thường gặp hệ hở ổn định hay ở biên giới ổn định ($k=0$), lúc đó hệ kín sẽ ổn định nếu đặc tính TBP của hệ hở không bao điểm $(-1, j0)$.

Trong nhiều trường hợp, hệ hở ổn định hay ở biên giới ổn định có đặc tính TBP rất phức tạp nên việc xác định nó bao hay không bao điểm $(-1, j0)$ rất khó khăn. Đối với trường hợp này, ta có thể sử dụng số lần chuyển từ âm sang dương (C+) và từ dương sang âm (C-) của đặc tính TBP của hệ hở trên nửa đường thẳng từ $-\infty$ đến -1 thuộc trục thực.

Nếu $C+ = C-$ thì hệ kín ổn định (đặc tính TBP hệ hở không bao điểm $(-1, j0)$).

Nếu $C+ \neq C-$ thì hệ kín không ổn định.



Hình 3.8 Cách xét ổn định cho các đường đặc tính TBP phức tạp

3.5 PHƯƠNG PHÁP QUỸ ĐẠO NGHIỆM SỐ

3.5.1 Đặt vấn đề

Phương pháp này dùng để phân miền ổn định của hệ thống ĐKTD trong tọa độ thay đổi thông số của nó. Ứng với một giá trị cố định của thông số biến đổi, hệ thống có một trạng thái ổn định nào đó. Ta có thể biểu diễn trạng thái ổn định của hệ bằng vị trí nghiệm số của PTĐT trên mặt phẳng phức. Khi giá trị thông số biến đổi thì vị trí nghiệm của PTĐT trên mặt phẳng phức cũng thay đổi. Do sự thay đổi đó mà vị trí các nghiệm số phương trình đặc tính sẽ tạo nên một số quỹ đạo nào đó trong mặt phẳng phức.

Những đoạn quỹ đạo nghiệm số nằm bên trái trục ảo ứng với hệ thống ổn định; giao điểm của quỹ đạo nghiệm số với trục ảo cho ta trạng thái hệ thống ở biên giới ổn định và nếu quỹ đạo nghiệm số nằm bên phải trục ảo thì hệ thống không ổn định.

Phương pháp này thường dùng cho hệ có một thông số biến đổi tuyến tính.

3.5.2 Phương pháp xây dựng quỹ đạo nghiệm số

Xét hệ thống có PTĐT bậc n :

$$A(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (3.15)$$

Nếu trong hệ thống có một thông số λ biến đổi thì PTĐT sẽ có dạng:

$$A(p) = N(p) + \lambda M(p) = 0 \quad (3.16)$$

trong đó $N(p)$ là đa thức bậc n và $M(p)$ là đa thức bậc m với $m \leq n$.

Từ (3.16) ta có:

$$\lambda = -\frac{N(p)}{M(p)} \quad (3.17)$$

Gọi: p_j'' ($j = 1, 2, \dots, m$) là các nghiệm của phương trình $M(p) = 0$

p_i' ($i = 1, 2, \dots, n$) là các nghiệm của phương trình $N(p) = 0$

p_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là các nghiệm của phương trình $A(p) = 0$

Ta có thể biểu diễn $M(p)$, $N(p)$ và $A(p)$ thông qua dạng tích của các thừa số:

$$M(p) = \prod_{j=1}^m (p - p_j'')$$

$$N(p) = \prod_{i=1}^n (p - p_i')$$

$$A(p) = \prod_{i=1}^m (p - p_i)$$

Khi đó (3.16) sẽ có dạng:

$$A(p) = \prod_{i=1}^n (p - p_i') + \lambda \prod_{j=1}^m (p - p_j'') = 0 \quad (3.18)$$

Để xây dựng quỹ đạo nghiệm số ta cần xác định: điểm xuất phát và điểm kết thúc của quỹ đạo nghiệm số; số lượng quỹ đạo trên mặt phẳng nghiệm; các đường tiệm cận của quỹ đạo, hướng dịch chuyển của quỹ đạo và các điểm đặc biệt.

1. Xác định điểm xuất phát của quỹ đạo nghiệm số.

Ứng với giá trị $\lambda = 0$. Theo (3.18), các nghiệm p_i của $A(p) = 0$ cũng chính là nghiệm p_i' của $N(p) = 0$. Vì bậc của $A(p)$ bằng bậc của $N(p)$ nên quỹ đạo nghiệm số có n điểm xuất phát từ p_i' .

Vậy, ứng với giá trị $\lambda = 0$, quỹ đạo nghiệm số sẽ xuất phát từ n điểm là nghiệm p_i' của $N(p) = 0$.

2. Xác định điểm kết thúc của quỹ đạo nghiệm số

Ứng với giá trị $\lambda = \infty$. PTĐT (3.18) có thể viết dưới dạng:

$$A(p) = \frac{1}{\lambda} \prod_{i=1}^n (p - p_i') + \prod_{j=1}^m (p - p_j'') = 0 \quad (3.19)$$

Khi $\lambda = \infty$, theo (3.19) thì các nghiệm p_i của $A(p) = 0$ cũng chính là nghiệm p_j'' của $M(p) = 0$.

Vậy, ứng với giá trị $\lambda = \infty$, quỹ đạo nghiệm số sẽ kết thúc ở m điểm là nghiệm p_j'' của $M(p) = 0$.

3. Xác định số lượng quỹ đạo trên mặt phẳng nghiệm:

Ứng với một giá trị λ xác định, PTĐT $A(p)$ có n nghiệm sẽ được biểu diễn tương ứng n vị trí trên mặt phẳng phức. Khi λ biến đổi từ 0 đến ∞ , các nghiệm p_i sẽ biến đổi, do đó n nghiệm sẽ vạch nên n đường trên quỹ đạo nghiệm số.

+ Nếu $m < n$, quỹ đạo nghiệm số có m đường khởi đầu từ n nghiệm p_i' và kết thúc ở m nghiệm p_j'' . Vì quỹ đạo nghiệm số có n đường nên sẽ có $(n - m)$ đường khởi đầu từ $(n - m)$ nghiệm p_i' và tiến xa vô cùng.

+ Vì các nghiệm của $A(p) = 0$ có thể có các nghiệm phức liên hợp nên các quỹ đạo nghiệm số đó sẽ đối xứng qua trục thực.

4. Xác định các đường thẳng tiệm cận

Do có $(n - m)$ đường tiệm cận xa vô cùng nên ta phải tìm các đường thẳng tiệm cận cho $(n - m)$ đường đó.

$$p \approx \lambda^{n-m} e^{j \frac{2k+1}{n-m} \pi} + R_0 \quad (k = 0, 1, \dots, n - m - 1) \quad (3.20)$$

với
$$R_0 = \frac{1}{n - m} \left(\sum_{i=1}^n p_i' - \sum_{j=1}^m p_j'' \right) \quad (3.21)$$

(3.20) là phương trình các đường thẳng tiệm cận của $(n - m)$ quỹ đạo tiến xa vô cùng.

Theo (3.20), với $\lambda = 0$ thì $p = R_0 = \text{const}$, tức $(n - m)$ đường tiệm cận đều đi qua 1 điểm (tâm) trên trục hoành có hoành độ R_0 . Các đường tiệm cận này tạo nên một hình sao gồm $(n - m)$ tia. Mỗi tia của hình sao tạo với trục hoành một góc nghiêng là:

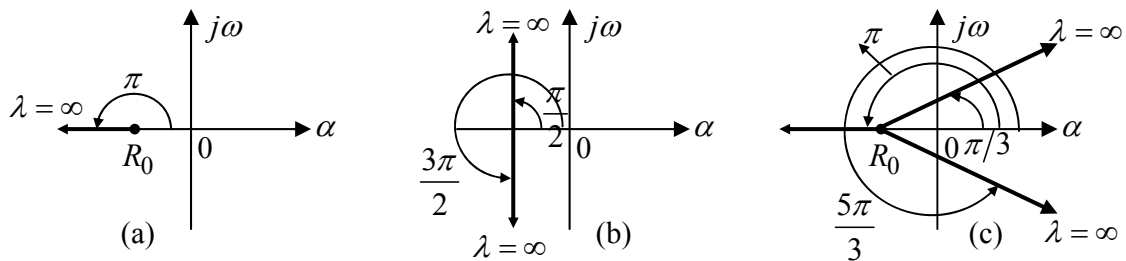
$$\alpha_k = \frac{2k+1}{n-m} \pi \quad (k = 0, 1, \dots, n - m - 1) \quad (3.22)$$

Ví dụ 3.5:

+ Nếu $(n - m) = 1$ thì từ (3.22) ta có:

$$\alpha_0 = \frac{\pi}{n - m} = \pi$$

Đường thẳng tiệm cận chính là một nửa trục hoành tiến ra xa vô cùng như hình 3.9a.



Hình 3.9 minh họa quỹ đạo nghiệm số trong ví dụ 3.5

+ Nếu $(n - m) = 2$ thì từ (3.22) ta có hai đường tiệm cận là (hình 3.9b):

$$\alpha_0 = \frac{\pi}{n - m} = \frac{\pi}{2} \quad (k = 0)$$

$$\alpha_1 = \frac{2 \times 1 + 1}{2} \pi = \frac{3\pi}{2} \quad (k = 1)$$

+ Nếu $(n - m) = 3$ thì từ (3.22) ta có ba đường tiệm cận là (hình 3.9c):

$$\alpha_0 = \frac{\pi}{n - m} = \frac{\pi}{3} \quad (k = 0)$$

$$\alpha_1 = \frac{2 \times 1 + 1}{3} \pi = \pi \quad (k = 1)$$

$$\alpha_2 = \frac{2 \times 2 + 1}{3} \pi = \frac{5\pi}{3} \quad (k = 2)$$

5. Xác định hướng dịch chuyển của quỹ đạo nghiệm

Từ PTĐT (3.16) ta viết lại thành:

$$-\lambda = \frac{N(p)}{M(p)} \quad (3.23)$$

Giả thiết p là số thực, ta xây dựng đồ thị hàm $f(p) = N(p)/M(p)$. Giao điểm của đường cong $f(p)$ với đường thẳng $-\lambda$ sẽ xác định các nghiệm p_i của $A(p) = 0$ ứng với các trị số λ xác định.

Từ các điểm cực trị ($df(p)/dp = 0$) sẽ xác định các điểm các điểm tách khỏi trục thực của mặt phẳng nghiệm.

Từ đồ thị $f(p)$ và đường thẳng $-\lambda$, tùy thuộc vào sự biến đổi của λ mà ta xác định được hướng dịch chuyển của quỹ đạo.

6. Xác định các giao điểm của quỹ đạo nghiệm số với trục ảo của mặt phẳng nghiệm

Nghiệm nằm trên trục ảo có giá trị $p = j\omega_c$, khi đó PTĐT có dạng:

$$A(j\omega) = P_A(\omega_c) + jQ_A(\omega_c) = 0 \quad (3.24)$$

Trong (3.24) còn có thông số λ_c chưa biết nên phối hợp giải hai phương trình:

$$\begin{aligned} P_A(\omega_c \lambda_c) &= 0 \\ Q_A(\omega_c \lambda_c) &= 0 \end{aligned} \quad (3.25)$$

ta sẽ xác định được giá trị tần số ω_c và λ_c ở giao điểm quỹ đạo nghiệm số và trục ảo.

3.5.3 Trình tự xây dựng quỹ đạo nghiệm số

1. Xác định các điểm đầu và điểm cuối của quỹ đạo

- Viết PTĐT dạng: $N(p) + \lambda M(p) = 0$
- Điểm đầu của quỹ đạo ứng với n nghiệm của $N(p) = 0$
- Điểm cuối của quỹ đạo ứng với m nghiệm của $M(p) = 0$

2. Xác định các đường thẳng tiệm cận của $(n - m)$ quỹ đạo tiến ra xa vô cùng

- Tâm hình sao của các tia tiệm cận có hoành độ:

$$R_0 = \frac{1}{n - m} \left(\sum_{i=1}^n p_i' - \sum_{j=1}^m p_j'' \right)$$

- Góc tạo bởi các tia của hình sao và trục hoành:

$$\alpha_k = \frac{2k + 1}{n - m} \pi \quad (k = 0, 1, \dots, n - m - 1)$$

3. Xác định điểm tách khỏi trục thực và hướng dịch chuyển của quỹ đạo

- Vẽ đồ thị hàm để tìm hướng dịch chuyển của quỹ đạo:
- Tính đạo hàm $(df(p)/dp = 0)$ để tìm điểm tách khỏi trục thực.

Nếu có nhiều điểm cực đại, ta phải chọn điểm có $\lambda < 0$ để phù hợp với phương trình (3.23)

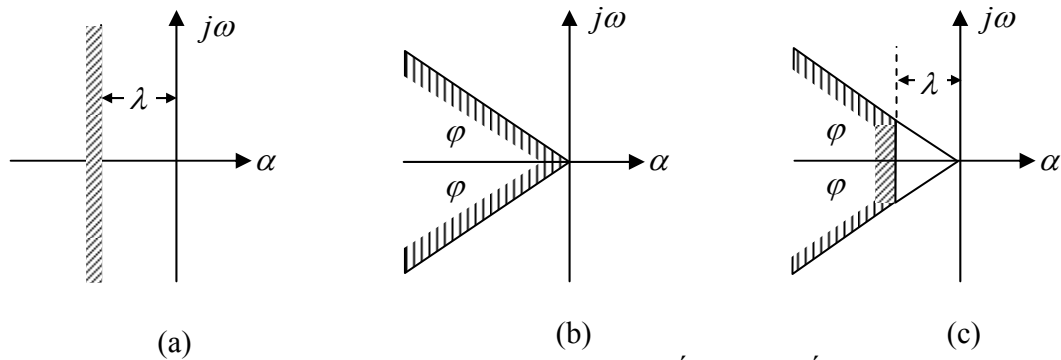
4. Xác định giao điểm của trục ảo và quỹ đạo nghiệm

Giải các phương trình (3.25) để tìm ra ω_c và λ_c .

3.6 ĐỘ DỰ TRỮ ỔN ĐỊNH

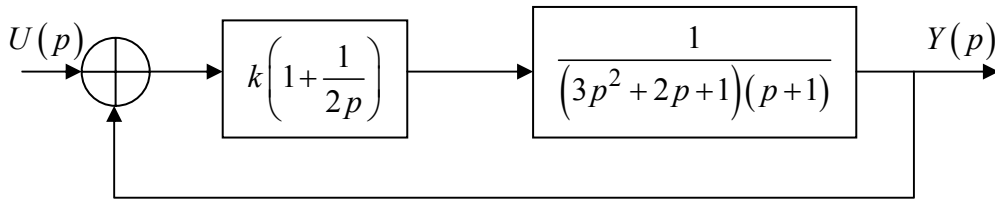
Để đánh giá được chính xác quá trình quá độ ta phải biết chính xác nghiệm của PTĐT, có nghĩa là phải giải được PTĐT, nhưng việc này rất khó thực hiện. Tuy nhiên, có thể không cần giải PTĐT mà biết được vùng phân bố nghiệm số của nó trên nửa mặt phẳng nằm bên trái trục ảo. Ví dụ, có thể tìm được giá trị λ là giá trị phần thực của nghiệm số gần trục ảo nhất so với các nghiệm khác. Như vậy, vùng gạch sọc trên hình 3.10a là vùng phân bố nghiệm số của PTĐT. Giá trị λ được gọi là hệ số tắt dần, mức độ ổn định hay độ dự trữ ổn định của hệ thống. Như vậy, với độ dự trữ nhỏ, hệ thống có thể từ ổn định trở nên mất ổn định khi thông số của nó vì một lý do nào đó mà bị thay đổi một cách đáng kể. Bởi vậy, khi thiết kế cần phải lựa chọn độ dự trữ ổn định có độ lớn cần thiết.

Cũng có thể không cần giải PTĐT mà tìm được giá trị góc 2φ , tương ứng với phần gạch sọc trên hình 3.10b, trong đó phân bố tất cả các nghiệm số của PTĐT. Giá trị $m = -\cotg\varphi$ được gọi là mức độ dao động của hệ thống. Cả λ và m đều là những chỉ tiêu gián tiếp đánh giá chất lượng của quá trình quá độ. Nếu kết hợp λ và m ta sẽ được sự phân bố nghiệm của PTĐT trong phần gạch sọc trên hình 3.10c.



Hình 3.10 Các vùng phân bố nghiệm số

Ví dụ 3.6: Tìm k để hệ thống ĐKTD như hình 3.11 có hệ số tắt dần $\lambda = 0.1$.



Hình 3.11 Sơ đồ khối hệ thống điều khiển

Giải:

* Hàm truyền đạt của hệ hở:

$$W_h(p) = \frac{k(2p+1)}{2p(3p^2+2p+1)(p+1)}$$

* Hàm truyền đạt của hệ kín:

$$W_k(p) = \frac{k(2p+1)}{2p(3p^2+2p+1)(p+1) + k(2p+1)}$$

* PTĐT của hệ thống kín:

$$2p(3p^2+2p+1)(p+1) + k(2p+1) = 0$$

$$\text{hay} \quad 6p^4 + 10p^3 + 6p^2 + 2p(k+1) + k = 0 \quad (3.26)$$

Thay $p = s - 0.1$ ta có (3.23) tương đương với:

$$6s^4 + 7.6s^3 + 3.36s^2 + (2k + 1.076)s + 0.8k - 0.1494 = 0$$

Hệ có hệ số tắt dần λ trong tọa độ p sẽ tương ứng với hệ ở biên giới ổn định trong tọa độ s . Có hai trường hợp xảy ra: hoặc PTĐT có nghiệm thực bằng 0 ($s = 0$), hoặc PTĐT có nghiệm thuần ảo.

+ Hệ có nghiệm thực bằng 0 thì hệ số $a_n = 0$ và phần còn lại phải có nghiệm nằm bên trái trục ảo. Vậy ta có: $0.8k - 0.1494 = 0 \Leftrightarrow k = 0.187$

Thay k vào phần còn lại của phương trình ta được:

$$s = 0 \quad \text{và} \quad 6s^3 + 7.6s^2 + 3.36s + 1.45 = 0$$

Phương trình này có nghiệm nằm bên trái trục ảo vì $a_1 \cdot a_2 = 25.536 > a_0 \cdot a_3 = 8.7$

Vậy khi $k = 0.187$, hệ có hệ số tắt dần bằng 0.1 và nghiệm gần trục ảo nhất là một nghiệm thực.

+ Trường hợp phương trình đặc tính có nghiệm thuần ảo: ta có thể dùng tiêu chuẩn Routh hoặc Hurwitz để xét. Giả sử dùng tiêu chuẩn Routh.

Lập bảng Routh:

$$\begin{array}{ccc} 6 & 3.36 & 0.8k - 0.1494 \\ 7.6 & 2k + 1.076 & 0 \\ 19.08 - 12k & 6.08 - 1.13544 & 0 \\ -24k^2 - 20.96k + 29.16 & & \end{array}$$

Vậy hệ ở biên giới ổn định khi:

$$\begin{cases} 19.08 - 12k > 0 \\ -24k^2 - 20.96k + 29.16 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow k = 0.749 \text{ (chỉ lấy } k \text{ dương)}$$

Vậy khi $k = 0.749$, hệ có hệ số tắt dần bằng 0.1 và nghiệm gần trục ảo nhất là một cặp nghiệm phức.

TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 3

Vấn đề quan trọng nhất trong chương 3 là điều kiện để hệ thống ĐKTD ổn định. Tính ổn định sẽ phụ thuộc vào nghiệm của phương trình đặc trưng, hệ thống sẽ ổn định khi và chỉ khi tất cả các nghiệm của PTĐT có phần thực âm, hay nói cách khác tất cả các nghiệm của PTĐT phân bố ở bên trái mặt phẳng phức.

Chương này cũng đã đề cập đến một số phương pháp thường dùng khi xét tính ổn định của hệ thống, một trong những yêu cầu đầu tiên khi sử dụng một hệ thống điều khiển tự động. Ta lưu ý một số đặc điểm:

+ Nếu phương trình đặc trưng của hệ thống có ít nhất một hệ số âm thì có thể kết luận hệ thống đó không ổn định

+ Tiêu chuẩn Routh thường được dùng để xét ổn định của hệ thống vì đối với các hệ thống có phương trình đặc tính bậc cao, việc tính toán các định thức Hurwitz rất phức tạp

+ Các tiêu chuẩn ổn định tần số (Mikhailope, Nyquist) thường được dùng khi có sự trợ giúp của máy tính (và thường dùng phần mềm Matlab) vì chúng xét ổn định của hệ thống dựa vào biểu đồ vector đa thức đặc trưng.

+ Phương pháp xét ổn định cho hệ thống có thông số thay đổi dựa trên quỹ đạo nghiệm số ít được sử dụng vì chúng ta thường xét các hệ thống có thông số bất biến theo thời gian (hệ thống dừng).

+ Độ dự trữ ổn định của hệ thống điều khiển tự động không những đảm bảo khả năng ổn định của hệ thống khi có thông số thay đổi mà còn ảnh hưởng đến tính chất quá độ của hệ thống. Trị số cụ thể của độ dự trữ ổn định được chọn dựa vào yêu cầu của quá trình quá độ

BÀI TẬP

Bài 1.

Hệ thống ĐKTD có hàm truyền đạt của hệ hở như sau:

$$W_h(p) = \frac{3p+1}{3p(4p^4 + 2p^3 + 6p^2 + 2p+1)}$$

Hệ hở:

- Ổn định
- Không ổn định
- Ở biên giới ổn định

Bài 2.

Xét tính ổn định của hệ kín có hàm truyền đạt của hệ hở như trên? Hãy xét xem hệ kín thỏa mãn nhận xét nào sau ?

- Ổn định
- Không ổn định
- Ở biên giới ổn định

Bài 3.

Cho hệ thống có đối tượng điều khiển dạng

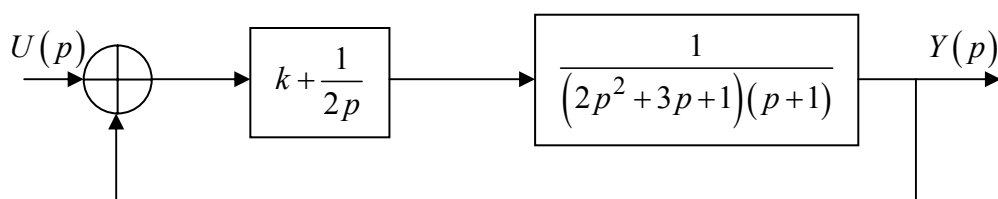
$$W_0(p) = \frac{1}{p^3 + 5p^2 + 8p + 4}$$

và bộ điều khiển $W_c(p) = K_P + \frac{K_I}{p}$

Xác định miền hiệu chỉnh của các tham số?

Bài 4.

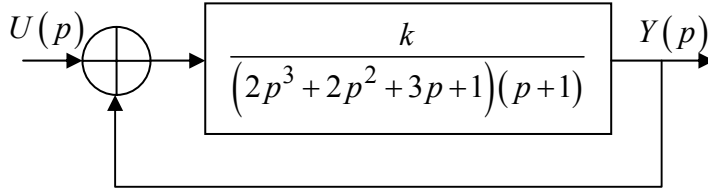
Hệ thống có sơ đồ cấu trúc như hình sau:



Dùng tiêu chuẩn đại số tìm k giới hạn để hệ thống kín ổn định?

Bài 5.

Hệ thống ĐKTD có sơ đồ cấu trúc như hình sau



Dùng tiêu chuẩn Nyquist xác định giới hạn k để hệ ổn định?

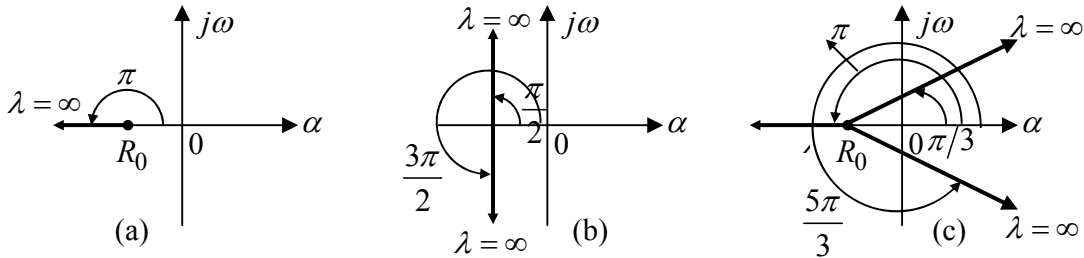
Bài 6.

Hệ thống ở biên giới ổn định nếu:

- Các số hạng trong cột đầu tiên của bảng Routh dương
- Số hạng đầu trong cột đầu tiên của bảng Routh dương và các số hạng còn lại trong cột đầu tiên của bảng Routh bằng 0
- Số hạng cuối cùng trong cột đầu tiên của bảng Routh bằng 0 và các số hạng còn lại trong cột đầu tiên của bảng Routh dương

Bài 7.

Theo phương pháp quỹ đạo nghiệm số, hình nào dưới đây mô tả đường tiệm cận của hệ thống tương ứng với $n - m = 1$?



- a
- b
- c

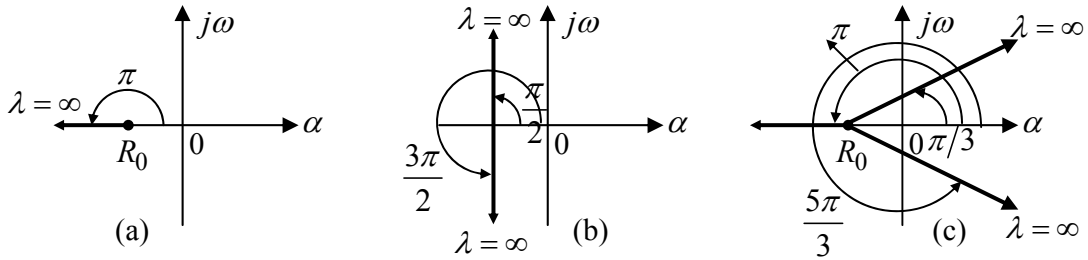
Bài 8.

Muốn xét tính ổn định của một hệ thống ĐKTD, ta chỉ phải xét quá trình xác lập, đúng hay sai?

- Đúng
- Sai

Bài 9.

Theo phương pháp quỹ đạo nghiệm số, hình nào dưới đây tương ứng với $n - m = 3$?



- a. a
- b. b
- c. c

Bài 10.

Theo tiêu chuẩn Mikhailope, hệ thống ĐKTD có đa thức đặc tính bậc n với các hệ số dương sẽ ổn định nếu biểu đồ vector đa thức đặc tính $A(j\omega)$ xuất phát từ một điểm trên phần dương trục thực quay một góc bằng bao nhiêu quanh gốc tọa độ và ngược chiều kim đồng hồ khi ω thay đổi từ 0 đến ∞ .

- a. $n\pi$
- b. $n\pi/4$
- c. $n\pi/2$

Bài 11.

Theo tiêu chuẩn Nyquist, nếu hệ hở ổn định hay ở biên giới ổn định ($k = 0$), lúc đó hệ kín sẽ ổn định nếu đặc tính TBP của hệ hở có đặc điểm gì?

- a. Bao điểm $(-1, j0)$
- b. Không bao điểm $(-1, j0)$

Bài 12.

Theo tiêu chuẩn Nyquist, nếu PTĐT của hệ hở có k nghiệm nằm bên phải trục ảo thì hệ thống kín sẽ ổn định nếu đặc tính TBP của hệ hở bao điểm $(-1, j0)$ một góc bằng bao nhiêu khi ω thay đổi từ 0 đến ∞ .

- a. $k\pi$
- b. $k\pi/2$
- c. $2k\pi$

Bài 13.

Cho hệ thống hở có hàm truyền đạt:

$$W_h(p) = \frac{4}{Tp^2 + p + 1}$$

Với $T = 2$ thì hệ kín tương ứng có ổn định không?

Bài 14.

Hàm truyền đạt của hệ hở có dạng: $W_h(p) = \frac{k}{p^2 + p + 1}$. Với điều kiện nào của k thì hệ kín tương ứng ổn định?

CHƯƠNG IV. KHẢO SÁT CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC

NỘI DUNG

4.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Ổn định là điều kiện cần đối với một hệ thống ĐKTD. Tuy nhiên, một hệ thống ổn định nhưng chất lượng có thể chưa cao vì một số lý do:

- + Sai lệch điều khiển lớn hay nói cách khác là độ chính xác điều khiển kém.
- + Thời gian quá trình quá độ có thể kéo quá dài gây ra độ tác động chậm,
- + Độ dao động của hệ thống khi tiến đến trạng thái xác lập lớn dẫn đến tổn thất năng lượng của hệ thống lớn.

...

Do vậy nhìn chung, chất lượng của hệ thống ĐKTD được đánh giá qua chỉ tiêu tính ổn định và chỉ tiêu chất lượng ở trạng thái xác lập và quá trình quá độ. Quá trình quá độ của hệ thống được đánh giá bằng độ dự trữ dao động và thời gian quá độ. Có rất nhiều phương pháp để đánh giá chất lượng trạng thái quá độ như đánh giá theo sự phân bố nghiệm số của PTĐT, theo đặc tính TBP của hệ hở... Trạng thái xác lập của hệ thống được đánh giá qua sai số xác lập của hệ thống.

Có thể có nhiều yêu cầu về chất lượng cùng một lúc được đặt ra khi hệ làm việc với một tín hiệu vào nhất định nào đó. Khi khảo sát quá trình điều khiển của các hệ ổn định, người ta dùng tín hiệu vào có dạng thường gặp như dạng bậc thang đơn vị, dạng hàm tăng dần đều hay sóng điều hòa để khảo sát.

Do các vấn đề ổn định của hệ thống đã được xét ở chương 3, trong chương này sẽ đề cập về các nội dung sau:

- Đánh giá chất lượng của hệ thống ở trạng thái xác lập
- Quá trình quá độ của hệ thống và phân tích các chỉ tiêu chất lượng
- Đánh giá chất lượng của hệ thống qua tiêu chuẩn tích phân để tính sai số của hệ thống.

4.2 KHẢO SÁT CHẤT LƯỢNG CỦA HỆ THỐNG Ở TRẠNG THÁI XÁC LẬP

Trạng thái xác lập của hệ thống là trạng thái khi hệ thống có tác động đầu vào $u(t)$ và sau khi kết thúc quá trình quá độ (hay quá trình chuyển trạng thái) thì hệ thống sẽ thiết lập một trạng thái ổn định mới. Ở trạng thái xác lập mới này, hệ thống sẽ có một sai số nào đó tùy thuộc vào tham số và cấu trúc của hệ thống.

Trạng thái xác lập của hệ thống được đánh giá bằng sai lệch dư của điều khiển. Nó là giá trị sai lệch còn tồn tại sau khi quá trình điều khiển kết thúc. Chỉ tiêu về độ chính xác của điều khiển này do yêu cầu của quy trình công nghệ đặt ra mà hệ thống điều khiển nhất thiết phải đáp ứng được. Giá trị sai lệch dư theo lý thuyết được ký hiệu là δ và được tính theo công thức:

$$\partial = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) \quad (4.1)$$

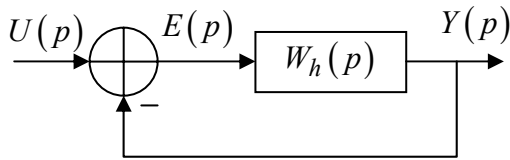
trong đó $e(t)$ là sai lệch động còn tồn tại trong quá trình điều khiển.

* Tính sai số của hệ thống ở trạng thái xác lập (sai lệch tĩnh):

Tính sai lệch $E(p)$ khi biết $U(p)$?

Xét hệ thống như hình 4.1 với $W_h(p)$ là hàm truyền đạt hở của hệ thống:

$$W_h(p) = \frac{Y(p)}{E(p)} = \frac{k}{p^i} \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + 1}{a_0 p^{n-i} + a_1 p^{n-i-1} + \dots + 1} \quad (4.2)$$



Hình 4.1 HTĐKTDĐ điển hình

$$W_k(p) = \frac{W_h(p)}{1 + W_h(p)} = \frac{Y(p)}{U(p)} \quad (4.3)$$

Vậy:

$$E(p) = \frac{1}{1 + W_h(p)} U(p) \quad (4.4)$$

Sai số ở trạng thái xác lập, ∂ , là: $\partial = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t)$

Theo định lý tiên tiến giới hạn ảnh và gốc trong biến đổi Laplace:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pE(p) \quad (4.5)$$

$$\text{Vậy:} \quad \partial = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{p}{1 + W_h(p)} U(p) \quad (4.6)$$

1. Khi tín hiệu vào $u(t) = 1(t) = \begin{cases} 0 & \text{khi } t < 0 \\ 1 & \text{khi } t \geq 0 \end{cases} \Rightarrow U(p) = \frac{1}{p}$

Ta có: $\partial = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{1 + W_h(p)}$

2. Khi $u(t) = kt \Rightarrow U(p) = k/p^2$

Ta có:
$$\partial = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{1 + W_h(p)} \cdot \frac{k}{p}$$

Ví dụ 4.1:

Tín hiệu vào có dạng bậc thang đơn vị $u(t) = 1(t) \Rightarrow U(p) = \frac{1}{p}$

a. Nếu hệ là khâu quán tính $W(p) = \frac{k}{Tp+1}$ thì sai lệch tĩnh được xác định:

$$\partial = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{p}{1 + \frac{k}{Tp+1}} \frac{1}{p} = \frac{1}{k+1}$$

Sai số tĩnh hầu như tỉ lệ nghịch với hệ số khuếch đại.

b. Nếu hệ là khâu quán tính cùng với một khâu tích phân:

$$\partial = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{p}{1 + \frac{1}{p} \left(\frac{k}{Tp+1} \right)} \frac{1}{p} = 0$$

Sai lệch tĩnh bằng 0 và hệ được gọi là vô sai tĩnh hay vô sai cấp 1 (Astatic)

Ví dụ 4.2:

Nếu tín hiệu vào là hàm tăng dần đều $u(t) = t \Rightarrow U(p) = 1/p^2$, hệ cũng là khâu quán tính và một khâu tích phân. Sai lệch tĩnh được tính như trên:

$$\partial = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{p}{1 + \frac{1}{p} \left(\frac{k}{Tp+1} \right)} \frac{1}{p^2} = \frac{1}{k}$$

Hệ không còn là vô sai tĩnh và sai lệch tĩnh tỉ lệ nghịch với hệ số khuếch đại của hệ thống.

Khâu tích phân và hệ số khuếch đại có ảnh hưởng lớn trong việc xác định sai lệch tĩnh của hệ thống. Nếu tách riêng hai thành phần này trong hàm truyền đạt hở của hệ thống, ta có:

$$W_h(p) = \frac{k}{p^r} \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + 1}{a_0 p^{n-r} + a_1 p^{n-r-1} + \dots + 1} \quad (4.7)$$

và r là bậc vô sai tĩnh của hệ thống.

Bảng 4.1 là kết quả của một số trường hợp thường gặp. Ở đây k_p, k_v, k_a tương ứng là hệ số khuếch đại với trường hợp tín hiệu vào là không đổi, tốc độ tín hiệu vào không đổi và gia tốc của tín hiệu vào không đổi.

Bậc vô sai tĩnh	$r = 0$	$r = 1$	$r = 2$
Tín hiệu vào			
$u(t) = 1(t), U(p) = 1/p$	$1/(1+K_p)$	0	0
$u(t) = t, U(p) = 1/p^2$	∞	$1/k_v$	0
$u(t) = (1/2)t^2, U(p) = 1/p^3$	∞	∞	$1/k_a$

Bảng 4.1

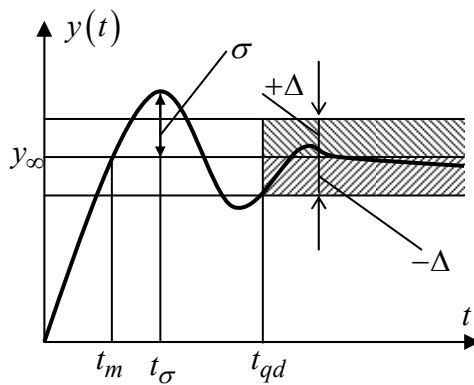
4.3 KHẢO SÁT CHẤT LƯỢNG CỦA HỆ THỐNG Ở QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ

Một hệ thống ĐKTD được gọi là ổn định khi tín hiệu ra của hệ thống tắt dần theo thời gian:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y_{qd}(t) = 0 \quad (4.8)$$

hay là tín hiệu ra của hệ khi tín hiệu vào $u(t)$ là hàm đơn vị ($u(t) = 1(t)$) sẽ tiến tới một giá trị ổn định là hằng số.

Hình 4.2 là hàm quá độ của một hệ điều khiển. Các chất lượng được đánh giá trực tiếp gồm:



Hình 4.2 Hàm quá độ của một hệ điều khiển

1. Sai lệch tĩnh

Sai lệch tĩnh xác định độ chính xác tĩnh của hệ thống:

$$\delta = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pE(p) \quad (4.9)$$

2. Độ quá điều chỉnh

Độ quá điều chỉnh được xác định bởi trị số cực đại của hàm quá độ so với trị số xác lập của nó:

$$\sigma\% = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\infty}} 100 \quad (4.10)$$

3. Thời gian quá độ

Thời gian quá độ t_{qd} được xác định bởi thời điểm mà hàm quá độ $y(t)$ không vượt ra khỏi biên giới của miền giới hạn Δ quanh trị số xác lập. $\Delta = \pm 5\%y_{\infty}$ hay có khi dùng $\Delta = \pm 2\%y_{\infty}$.

4. Thời gian đáp ứng

Thời gian đáp ứng t_m xác định bởi thời điểm mà hàm quá độ lần đầu tiên đạt được trị số xác lập y_{∞} khi có quá điều chỉnh.

5. Thời gian có quá điều chỉnh

Thời gian có quá điều chỉnh t_{σ} được xác định bởi thời điểm hàm quá độ đạt cực đại.

6. Số lần dao động

Số lần dao động N được tính bởi số lần mà hàm quá độ dao động quanh trị số xác lập trong thời kỳ quá độ ($0 < t < t_{qd}$).

σ , t_{σ} và N đặc trưng cho tính chất suy giảm của quá trình quá độ.

t_{qd} , t_m đặc trưng cho tính chất tác động nhanh của hệ.

Như vậy, chất lượng ở quá trình quá độ được đánh giá qua các chỉ tiêu như độ quá điều chỉnh, thời gian quá độ, thời gian đáp ứng, thời gian có quá điều chỉnh...

Có hai phương pháp đánh giá chất lượng này là phương pháp trực tiếp và phương pháp gián tiếp. Phương pháp trực tiếp dựa trên việc đo và xác định chất lượng của hệ theo tín hiệu đầu ra như hàm quá độ. Phương pháp gián tiếp xác định ảnh hưởng cấu trúc và thông số của hệ thống đối với tác động nhanh... của quá trình quá độ. Ở đây ta chỉ xét phương pháp trực tiếp, và cụ thể là đánh giá chất lượng quá độ theo sự phân bố nghiệm của PTĐT.

Hệ thống ĐKTD có hàm truyền đạt:

$$W_k(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{Q(p)}{P(p)} \quad (4.11)$$

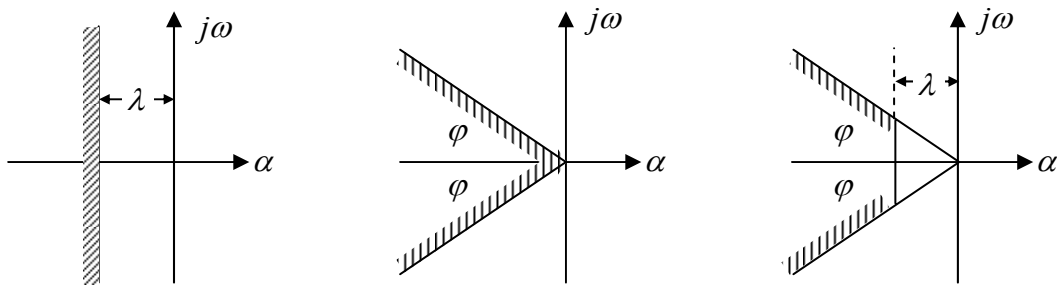
Nếu đầu vào của hệ thống cho tác động một xung đơn vị, nghĩa là $U(p) = 1$ thì đầu ra sẽ nhận được hàm trọng lượng và chuyển đổi Laplace của nó chính là hàm truyền đạt của hệ thống.

Phần này ta chỉ xét cho trường hợp hệ thống ổn định khi tất cả các nghiệm của PTĐT $P(p)=0$ nằm bên trái trục ảo. Dựa vào nghiệm của PTĐT có thể đánh giá được phần nào chất lượng của quá trình quá độ.

- Nếu tất cả các nghiệm của PTĐT phân bố trên trục thực thì hệ thống không dao động.
- Nếu có nghiệm ngoài trục thực thì hệ thống sẽ dao động.

Giải quyết vấn đề này ta có thể dựa vào độ dự trữ ổn định (hệ số tắt dần) và độ dự trữ dao động của hệ thống.

Muốn cho hệ thống có độ dự trữ ổn định λ cho trước, ta chỉ cần thay $p = -\lambda + j\omega$ vào PTĐT của hệ thống và tiến hành phân vùng ổn định để biết vùng nào có độ dự trữ ổn định cao hơn.



Hình 4.3 Các vùng phân bố nghiệm số

Nếu cần giới hạn độ dự trữ dao động của hệ thống là m thì phải thay $p = \omega(m + j)$ vào PTĐT khi ω thay đổi từ $-\infty$ đến 0 và thay $p = \omega(-m + j)$ vào PTĐT khi ω thay đổi từ 0 đến ∞ . Hai đường này kết hợp với nhau tạo thành một đường ranh giới chia vùng ổn định thành hai phần, một phần có độ dự trữ dao động $< m$, còn phần kia có độ dự trữ dao động $> m$. Để phân biệt được vùng nào hệ ít dao động hơn cũng sử dụng nguyên lý gạch sọc như phân miền D. Vùng nào có gạch sọc nhiều hơn thì hệ ít dao động hơn.

Chúng ta cũng có thể phân vùng trong tọa độ các tham số sao cho hệ thống có độ dự trữ ổn định là λ và độ dự trữ dao động là m . Muốn vậy ta chia ω thành 3 đoạn: đoạn 1 ω thay đổi từ $-\infty$ đến $-\lambda/m$, đoạn 2 từ $-\lambda/m$ đến λ/m và đoạn 3 thay đổi từ λ/m đến ∞ . Trong đoạn thứ 2, việc phân vùng dựa vào độ dự trữ ổn định λ còn hai đoạn kia dựa vào độ dự trữ dao động m . Kết quả của 3 đoạn này sẽ tạo ra một vùng ổn định thỏa mãn về giới hạn λ và m .

Tính tắt dần của quá trình quá độ cơ bản được giải quyết bằng giá trị λ và được xác định gần đúng theo công thức:

$$e(t) = e_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (4.12)$$

Trong đó e_0 là giá trị sai lệch ban đầu. Nếu quá trình điều khiển đòi hỏi phải xảy ra trong khoảng thời gian t_d và sai lệch tĩnh là ∂ thì có thể xác định giá trị λ theo:

$$\lambda = \ln[e_0/\varrho]/t_d \quad (4.13)$$

Tính dao động của hệ thống ĐKTD có thể được đánh giá gần đúng thông qua giá trị m , tức thông qua nghiệm số của PTĐT nằm trên đường ranh giới với m . Ta có:

$$e(t) = e_0 \cdot e^{\omega(-m+j)t} \quad (4.14)$$

Biên độ dao động sau thời gian một nửa chu kỳ $t = T/2$ là:

$$e(T/2) = e_0 \cdot e^{-m\omega T/2} = e_0 \cdot e^{-m\pi} \quad (4.15)$$

Độ quá điều chỉnh của hệ thống có thể xác định theo công thức:

$$\sigma = \frac{e(T/2)}{e_0} = e^{-m\pi} \quad (4.16)$$

Như vậy có thể xác định giá trị m tới hạn khi hệ thống đòi hỏi có độ quá điều chỉnh $\sigma\%$ cho trước theo công thức:

$$m = -\frac{\ln \sigma}{\pi} \quad (4.17)$$

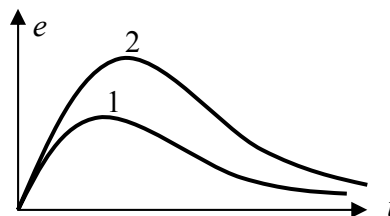
4.4. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG QUA TIÊU CHUẨN TÍCH PHÂN

Ở đây ta sẽ đánh giá chất lượng hệ thống qua tiêu chuẩn tích phân. Quá trình quá độ điều khiển có thể được đánh giá là tốt hay xấu thông qua giá trị tích phân của sai lệch giữa giá trị chủ đạo và giá trị tức thời đo được của đại lượng cần điều khiển.

Gọi tín hiệu ra của hệ thống là $y(t)$, giá trị của nó ở trạng thái xác lập là y_0 , sai lệch của cả quá trình điều khiển là $e(t) = y(t) - y_0$.

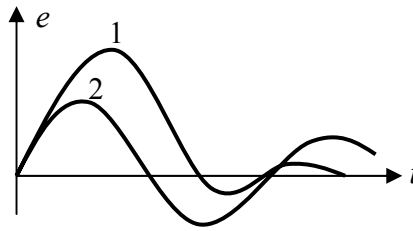
Đối với hệ thống không dao động với sai lệch của tín hiệu điều khiển được mô tả trong hình 4.4 có thể sử dụng tiêu chuẩn tích phân dạng I_1 để đánh giá chất lượng của quá trình quá độ.

$$I_1 = \int_0^{\infty} e(t) dt \quad (4.18)$$



Hình 4.4 Quá độ không dao động

I_1 chính là diện tích hình được tạo bởi đường cong và hai trục tọa độ. Theo hình 4.4, quá trình quá độ trường hợp 1 tốt hơn, giá trị của I_1 trong trường hợp 1 nhỏ hơn. Vậy I_1 càng nhỏ thì quá trình quá độ xảy ra càng nhanh và ngược lại. Quá trình quá độ sẽ tốt nhất nếu $I_1 \rightarrow \min$.



Hình 4.5 Quá độ có dao động

Đối với hệ có dao động thì I_1 lại không sử dụng được vì lúc đó, giá trị tích phân có lúc dương, lúc âm phụ thuộc vào dấu của e nên I_1 có giá trị nhỏ nhưng lại không phản ánh đúng chất lượng về hệ thống. Theo hình 4.5, ta nhận thấy quá trình quá độ theo đường 1 tốt hơn nhưng nếu tính theo I_1 thì nó lại cho giá trị lớn hơn. Trong trường hợp này, ta phải sử dụng tích phân dạng:

$$I_2 = \int_0^{\infty} |e| dt \quad (4.19)$$

Với công thức này, dấu của e không còn ảnh hưởng tới giá trị của tích phân nữa. Theo hình 4.5, giá trị I_2 của đường 1 nhỏ hơn đường 2 và quá trình điều khiển sẽ tốt nhất nếu $I_2 \rightarrow \min$.

Tuy I_2 có thể sử dụng để đánh giá chất lượng của quá trình quá độ có hay không có dao động nhưng trên thực tế nó ít được sử dụng vì muốn tính theo (4.19) thì phải biết trước đường biến thiên của e .

Để thuận tiện cho việc đánh giá quá trình quá độ, người ta sử dụng tiêu chuẩn tích phân bình phương sai lệch được tính theo công thức dạng:

$$I_3 = \int_0^{\infty} e^2 dt \quad (4.20)$$

Cực tiểu của I_3 ứng với tỉ số tắt dần $\zeta = 0.5$ của hệ bậc hai, có độ quá điều chỉnh lớn hơn ở I_2 . I_3 xem nhẹ những diện tích bé vì bình phương của một số nhỏ sẽ nhỏ hơn trị số tuyệt đối của nó. Tuy vậy, I_3 cho phép tính toán và thực hiện đơn giản hơn I_2 .

Biến đổi Fourier ngược có dạng:

$$e(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} E(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (4.21)$$

nên nếu nhân hai vế với $e(t)$ và lấy tích phân theo t từ 0 đến ∞ , ta có:

$$I_3 = \int_0^{\infty} e^2(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} E(j\omega) \left[\int_0^{\infty} e(t) e^{j\omega t} dt \right] d\omega \quad (4.22)$$

vì
$$\int_0^{\infty} e(t) e^{j\omega t} dt = E(-j\omega)$$

nên cuối cùng
$$I_3 = \int_0^{\infty} e^2(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |E(j\omega)|^2 d\omega$$

Đây là biểu thức Parseval cho phép tính I_3 và thông số tối ưu của hệ thống theo I_3 .

Ta có thể viết

$$I_3 = \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} \frac{b(p)b(-p)}{a(p)a(-p)} dp \quad (4.23)$$

trong đó:

$$b(p) = b_0 p^{n-1} + b_1 p^{n-2} + \dots + b_{n-1}$$

$$a(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n$$

Với $n=1$, $I_3 = \frac{b_0^2}{2a_1 a_2}$

Với $n=2$, $I_3 = \frac{b_0^2 a_2 + b_1^2 a_0}{2a_2 a_1 a_0}$

Với $n=3$, $I_3 = \frac{b_0^2 a_2 a_3 + (b_1^2 - 2b_0 b_2) a_0 a_3 + b_2^2 a_0 a_1}{2a_0 a_3 (-a_0 a_3 + a_1 a_2)}$

Các tích phân trên có một nhược điểm cơ bản là chưa đánh giá ảnh hưởng của tốc độ thay đổi của e lên chất lượng quá trình quá độ. Vì vậy chưa thể khẳng định chắc chắn là giá trị tích phân nhỏ nhất sẽ tương ứng với quá trình điều khiển tốt nhất. Trong nhiều trường hợp, khi chọn được tham số của hệ thống để I_3 là nhỏ nhất nhưng dẫn đến kết quả là hệ thống dao động rất lớn mà thực tế điều khiển không thể chấp nhận được. Để khắc phục nhược điểm này, có thể sử dụng tiêu chuẩn tích phân dạng:

$$I_4 = \int_0^{\infty} \left[e^2 + \alpha \left(\frac{de}{dt} \right)^2 \right] dt \quad (4.24)$$

trong đó α là giá trị cố định, thông thường α được chọn trong khoảng $\frac{t_{qd}}{6} < \alpha < \frac{t_{qd}}{3}$.

I_4 cho ta sự đánh giá đầy đủ về chất lượng quá trình quá độ. Khi $I_4 \rightarrow \min$ nghĩa là đạt được I_3 nhỏ nhưng tốc độ thay đổi của sai lệch cũng không cao. Đối với từng hệ thống riêng biệt phải chọn được giá trị α thích hợp, có thể chọn α nhỏ cho quá trình cho phép dao động lớn.

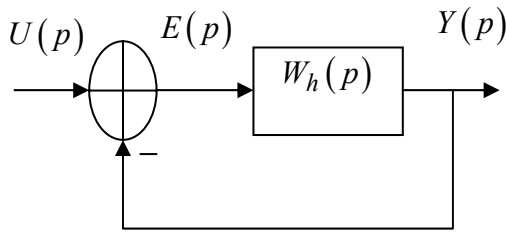
Ví dụ 4.3:

Hãy xác định I_3 của hệ có hàm truyền đạt:

$$W_k(p) = \frac{1}{p^3 + Ap^2 + Bp + 1}$$

và xác định thông số tối ưu của A, B để I_3 đạt cực tiểu?

Giải:



Hình 4.6 Hệ thống ĐKTD điển hình

Từ mối quan hệ giữa hàm truyền đạt của hệ hở và kín, ta có:

$$E(p) = \frac{1}{1+W_h(p)} U(p) = [1-W_k(p)] U(p)$$

Khi tín hiệu vào có dạng bậc thang đơn vị:

$$E(p) = \left[1 - \frac{1}{p^3 + Ap^2 + Bp + 1} \right] \frac{1}{p}$$

$$= \frac{p^2 + Ap + B}{p^3 + Ap^2 + Bp + 1}$$

Với $n=3$, $I_3 = \frac{b_0^2 a_2 a_3 + (b_1^2 - 2b_0 b_2) a_0 a_3 + b_2^2 a_0 a_1}{2a_0 a_3 (-a_0 a_3 + a_1 a_2)}$

trong đó: $\begin{cases} a_0 = 1 \\ a_1 = A \\ a_2 = B \\ a_3 = 1 \end{cases}, \begin{cases} b_0 = 1 \\ b_1 = A \\ b_2 = B \end{cases}$

$$\text{Vậy } I_3 = \frac{B + (A^2 - 2B) + AB^2}{2(-1 + AB)} = \frac{B(AB - 1) + A^2}{2(AB - 1)} = \frac{B}{2} + \frac{A^2}{2(AB - 1)}$$

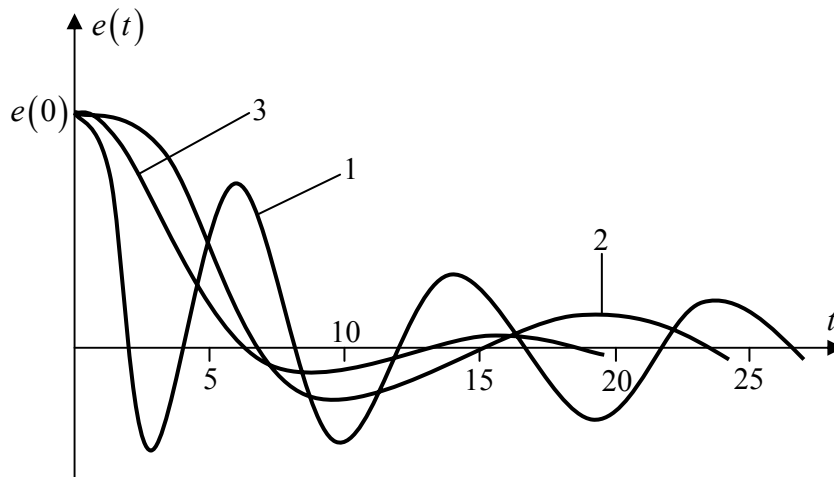
Lấy đạo hàm riêng theo A và B , cân bằng 0 ta có:

$$\frac{\partial I_3}{\partial A} = \frac{2A(AB - 1)A^2 B}{2(AB - 1)^2} = 0$$

$$\frac{\partial I_3}{\partial B} = \frac{1 - A^3 / (AB - 1)^2}{2}$$

và xác định được $A^* = 1, B^* = 2$ ứng với $I_{3\min} = 1.5$.

Đặc tính quá độ của $e(t)$ như hình 4.7. Rõ ràng là theo chỉ tiêu chất lượng I_3 , độ quá điều chỉnh khá lớn. Ở hình 4.7 có ba đường cong có cùng một trị số I_3 nhưng đường 1 có chất lượng động xấu nhất và đường 3 có chất lượng tốt nhất.



Hình 4.7 Các dạng đặc tính quá độ của sai lệch $e(t)$

TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 4

Ổn định mới chỉ là chỉ tiêu đầu tiên để nói rằng hệ thống có làm việc được hay không, còn chất lượng quá trình quá độ mới nói tới việc hệ thống điều khiển tự động có sử dụng được hay không? Có ba chỉ tiêu chất lượng cơ bản là:

+ Chỉ tiêu ở trạng thái tĩnh: được đánh giá dựa vào sai lệch dư của điều khiển và được tính theo công thức: $\partial = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t)$

+ Chỉ tiêu ở trạng thái quá độ: được đánh giá bằng hai chỉ tiêu cơ bản là thời gian kéo dài của quá trình điều khiển và tính dao động của điều khiển. Các chỉ tiêu này do yêu cầu về chất lượng của quy trình công nghệ đặc ra. Nó được thể hiện qua một số tiêu chí như thời gian điều chỉnh, độ quá điều chỉnh, số lần dao động...

+ Chỉ tiêu tích phân: Dùng để đánh giá chất lượng của quá trình quá độ. Dựa vào đặc điểm của từng loại quá trình quá độ mà ta có thể dùng các chỉ tiêu tích phân khác nhau như quá trình quá độ có dao động, không có dao động...

BÀI TẬP

Bài 1.

Nếu hàm truyền đạt hở của hệ thống có dạng:

$$W_h(p) = \frac{k}{p^r} \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + 1}{a_0 p^{n-r} + a_1 p^{n-r-1} + \dots + 1}$$

thì r là

- vô sai cấp 1 của hệ thống
- vô sai cấp 2 của hệ thống
- vô sai cấp 3 của hệ thống
- bậc vô sai tĩnh của hệ thống

Bài 2.

Sai lệch tĩnh của hệ thống được tính theo công thức:

- a. $\partial = \lim_{t \rightarrow 0} e(t)$
- b. $\partial = \lim_{p \rightarrow \infty} pE(p)$
- c. $\partial = \lim_{p \rightarrow 0} pE(p)$
- d. $\partial = \lim_{p \rightarrow 0} E(p)$

Bài 3.

Độ quá điều chỉnh được xác định theo công thức:

- a. $\sigma\% = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\infty}} 100$
- b. $\sigma\% = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\max}} 100$
- c. $\sigma\% = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\infty}}$
- d. $\sigma\% = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{100}$

Bài 4.

Đối với hệ không dao động, để đánh giá chất lượng của hệ thống, ta có thể dùng tiêu chuẩn tích phân $I_1 = \int_0^{\infty} e(t) dt$, hệ thống đạt chất lượng tốt nhất khi:

- a. $I_1 \rightarrow \min$
- b. $I_1 \rightarrow \max$

Bài 5.

Với hệ không dao động, có thể sử dụng tiêu chuẩn tích phân $I_2 = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$ để đánh giá chất lượng của hệ thống không?

- a. Không
- b. Có

Bài 6.

Sai số xác lập của hệ thống có hàm truyền đạt hở:

$$W_h(p) = \frac{1}{p^2 + p + k}$$

khi đầu vào $u(t) = 1(t)$ là bao nhiêu?

- a. $1/k$
- b. k
- c. $(1+k)/k$
- d. $k/(k+1)$

Bài 7.

Độ quá điều chỉnh của hệ thống càng nhỏ càng tốt, đúng hay sai?

- a. đúng
- b. sai

Bài 8.

Trong các tiêu chuẩn tích phân, tiêu chuẩn nào cho ta đánh giá chính xác nhất chất lượng quá độ của hệ thống?

- a. $I_1 = \int_0^{\infty} e(t) dt$
- b. $I_2 = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$
- c. $I_3 = \int_0^{\infty} e^2 dt$
- d. $I_4 = \int_0^{\infty} \left[e^2 + \alpha \left(\frac{de}{dt} \right)^2 \right] dt$

Bài 9.

Nếu hệ là khâu quán tính có dạng $W(p) = \frac{k}{Tp+1}$ thì sai lệch tĩnh bằng bao nhiêu, với tín hiệu vào $u(t) = 1(t)$?

Bài 10.

Muốn triệt tiêu sai lệch tĩnh trong khâu quán tính ($\partial = 0$) thì phải mắc nối tiếp khâu quán tính đó với khâu có hàm truyền đạt như thế nào để tạo thành hệ vô sai cấp 1?

- a. $1/p^2$
- b. $1/p$

- c. p
- d. p^2

CHƯƠNG V. TỔNG HỢP HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC

NỘI DUNG

5.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Bộ điều khiển là cơ cấu có cấu trúc nhất định và thông số có thể thay đổi trong phạm vi nhất định. Khác với bộ điều khiển, khâu điều khiển được lắp ráp với thông số cố định, sau đó tính toán đối với một đối tượng cụ thể. Chức năng của bộ điều khiển và khâu điều khiển là như nhau. Có thể mắc cả khâu điều khiển và bộ điều khiển trong cùng một hệ thống để nâng cao chất lượng của nó.

Theo chức năng, bộ điều khiển được phân thành các loại là bộ điều khiển tỉ lệ (P - Proportional), bộ điều khiển tích phân (I - Integration), bộ điều khiển tỉ lệ - tích phân (PI), bộ điều khiển tỉ lệ - vi phân (PD - Proportional Derivative) và bộ điều khiển tỉ lệ vi tích phân (PID). Bộ điều khiển đơn giản nhất là bộ điều khiển tỉ lệ (P), tác dụng của nó như một khâu khuếch đại với hệ số thay đổi được. Thay đổi hệ số khuếch đại có thể làm thay đổi sai lệch tĩnh nhưng không thể triệt tiêu được nó. Hệ số khuếch đại càng lớn thì hệ càng mất khả năng ổn định. Tác dụng của khâu tích phân trong bộ điều khiển là triệt tiêu sai lệch tĩnh, còn chức năng của phần tử vi phân (D) là cải thiện quá trình quá độ nếu xác định đúng thông số của nó.

Trong chương này, ta sẽ đề cập đến các nội dung chính sau:

- + Các phương pháp nâng cao chất lượng hệ thống.
- + Luật điều chỉnh PID.
- + Tính điều khiển được, quan sát được của hệ thống.

5.2 CÁC PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG

Khi tổng hợp hệ thống điều khiển tự động, điều cốt lõi là phải đảm bảo được chất lượng của quá trình điều khiển theo yêu cầu của quy trình công nghệ, nghĩa là phải xác định được tham số tối ưu của thiết bị điều khiển. Tuy nhiên, có nhiều trường hợp, khi đã xác định được tham số tối ưu của thiết bị điều khiển nhưng vẫn không đáp ứng được chất lượng của quá trình điều khiển. Điều này đòi hỏi chúng ta phải tìm các biện pháp khác để nâng cao chất lượng bằng cách thay đổi cấu trúc của hệ thống điều khiển tự động. Sau đây là một số phương pháp thực hiện với mục đích đó.

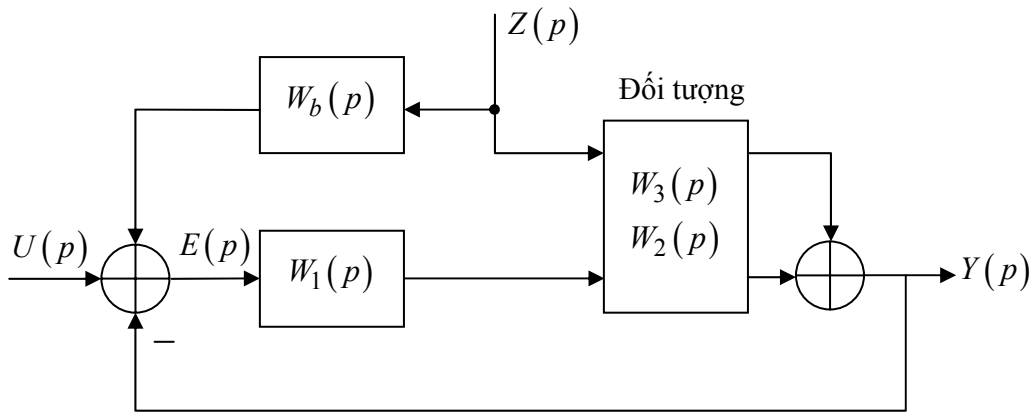
5.2.1 Phương pháp bù tác động nhiễu

Trong hệ thống điều khiển tự động có những nhiễu thường xuyên tác động làm ảnh hưởng chất lượng của quá trình điều khiển. Nếu các nhiễu loạn này đo được thì có thể sử dụng nguyên lý bất biến bù tác động nhiễu để nâng cao chất lượng điều khiển của hệ thống. Nếu có một nhiễu nào đó tác động lên hệ thống nhưng tín hiệu đại lượng cần điều khiển và cả sai lệch đều không đổi thì hệ thống bất biến với tác động của nhiễu đó. Như vậy, nếu chúng ta xây dựng được hệ thống bất

biến với nhiễu tác động thường xuyên thì chất lượng của quá trình điều khiển được nâng cao rất nhiều. Nhiễu loạn của hệ thống được chia ra làm hai loại là nhiễu phụ tải và nhiễu đặt trước. Chúng ta sẽ xét hệ thống bù cho các nhiễu này.

5.2.1.1 Bù nhiễu phụ tải

Hệ thống điều khiển tự động chịu tác động của nhiễu phụ tải $z(t)$. Yêu cầu đặt ra là phải xây dựng lại hệ thống sao cho nó bất biến với tác động đó. Muốn vậy, trong hệ thống phải ghép thêm phần tử bù với hàm truyền đạt $W_b(p)$ như hình 5.1.



Hình 5.1 Xây dựng hệ thống bất biến với nhiễu phụ tải

Để $y(t)$ bất biến với nhiễu $z(t)$, nghĩa là khi có $z(t)$ tác động thì $y(t)$ vẫn cố định thì cấu trúc của hệ thống phải thỏa mãn điều kiện:

$$W_b(p).W_1(p).W_2(p)+W_3(p)=0 \quad (5.1)$$

Vậy, hàm truyền đạt của phần tử bù phải được xây dựng theo công thức:

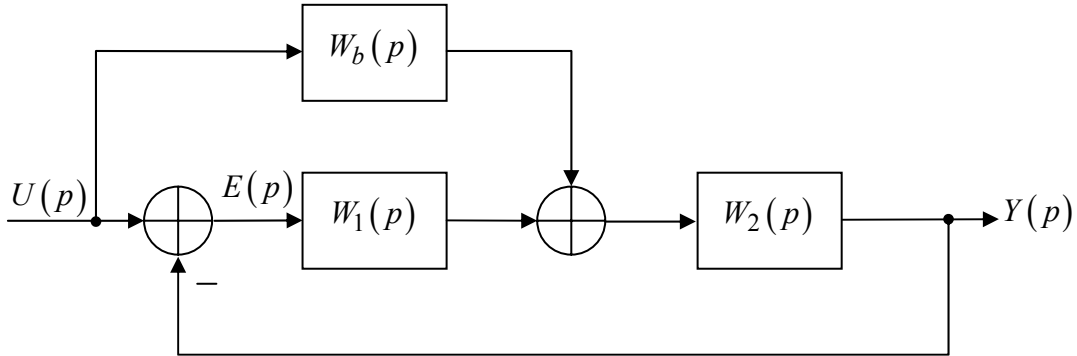
$$W_b(p) = -\frac{W_3(p)}{W_1(p).W_2(p)} \quad (5.2)$$

Khi khối bù có hàm truyền đạt như (5.2) thì $y(t)$ sẽ hoàn toàn cố định khi có tác động $z(t)$. Ta nói $y(t)$ bất biến tuyệt đối so với tác động $z(t)$. Tuy nhiên trong thực tế điều này rất khó thực hiện, vì vậy thường chỉ tồn tại hệ thống bất biến tương đối. Lúc đó phải chọn cấu trúc của khối bù sao cho vừa mang tính thực thi, vừa có hàm truyền đạt gần giống với (5.2) nhất.

5.2.1.2 Bù nhiễu đặt trước

Trong hệ thống điều khiển chương trình, tín hiệu chủ đạo thường thay đổi liên tục. Việc xây dựng hệ thống điều khiển chương trình có độ chính xác cao là rất cần thiết. Nếu chỉ sử dụng các hệ thống điều khiển thông thường thì luôn tồn tại sai lệch dư (xem chương 4). Có thể thay đổi hệ

thống điều khiển có độ chính xác cao bằng cách sử dụng nguyên lý bất biến theo tác động của tín hiệu đặt trước. Hình 5.2 là sơ đồ của hệ thống được xây dựng nhằm mục đích này.



Hình 5.2 Sơ đồ hệ thống điều khiển bù nhiễu đặt trước

Điều kiện bất biến ở đây là giá trị ra $y(t)$ của hệ thống phải luôn luôn bằng giá trị đặt $u(t)$, tức giá trị sai lệch $e(t) = 0$ khi $u(t)$ thay đổi. Để điều kiện này xảy ra thì cấu trúc của hệ thống phải đảm bảo được đẳng thức:

$$W_b(p).W_2(p) = 1 \quad (5.3)$$

Như vậy, hàm truyền đạt của khối bù phải được xây dựng theo công thức:

$$W_b(p) = \frac{1}{W_2(p)} \quad (5.4)$$

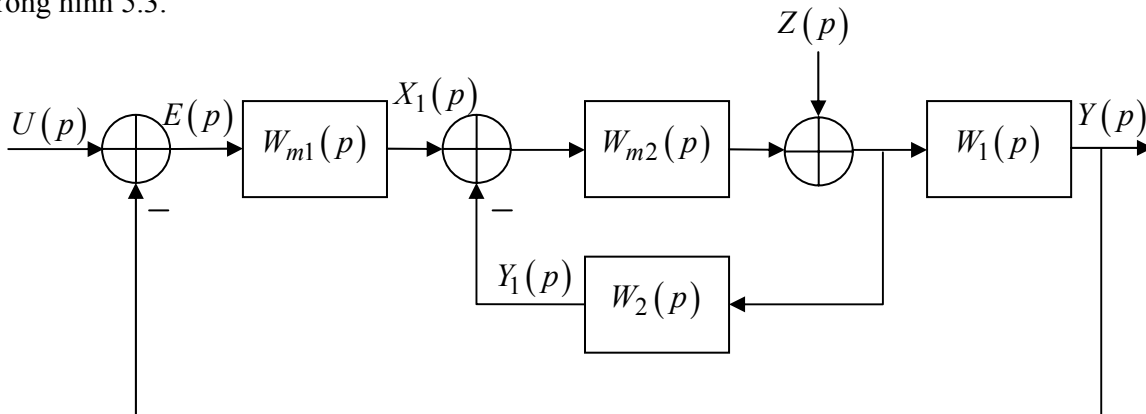
Khi cấu trúc của khối bù được xây dựng hoàn toàn chính xác theo công thức (5.4) thì sẽ luôn đảm bảo $u(t) = y(t)$ và ta có thể nói hệ thống bất biến với nhiễu đặt trước.

Trong thực tế, $W_2(p)$ là hàm truyền đạt của đối tượng điều khiển có cấu trúc phức tạp nên việc xây dựng hàm truyền đạt của khối bù theo (5.4) là hoàn toàn không thể thực hiện được, có nghĩa là không thể tạo được bất biến tuyệt đối mà chỉ có thể xây dựng hệ thống bất biến tương đối. Cấu trúc của khối bù phải chọn khả thi và hàm truyền đạt của nó gần với công thức (5.4) nhất. Có thể sử dụng phép bù tĩnh là phép bù đơn giản nhất. Trong phép bù tĩnh, hàm truyền đạt của khối bù chỉ là khâu khuếch đại có hệ số khuếch đại bằng giá trị nghịch đảo hệ số truyền của đối tượng.

5.2.2 Phương pháp xây dựng hệ thống điều khiển tăng

Những nguyên nhân cơ bản làm cản trở tốc độ tác động của thiết bị điều khiển và vì vậy, làm giảm độ chính xác của điều khiển là sự chậm trễ và quán tính trong việc truyền tín hiệu theo kênh điều khiển của đối tượng. Trong trường hợp này, nhiều hệ thống điều khiển có cấu trúc mạch vòng không đáp ứng được yêu cầu về chất lượng của quá trình điều khiển ngay cả khi sử dụng các

quy luật điều khiển phức tạp với tham số tối ưu của nó. Để nâng cao chất lượng của các hệ thống điều khiển đó, tốt nhất là sử dụng hệ thống điều khiển tầng có sơ đồ cấu trúc được mô tả như trong hình 5.3.



Hình 5.3 Hệ thống điều khiển tầng

Trong cấu trúc của hệ thống không chỉ có một thiết bị điều khiển như hệ thống thông thường mà có hai thiết bị điều khiển. Đại lượng cần điều khiển ở đây là $y(t)$, tín hiệu vào là $u(t)$, hệ thống điều khiển ở đây chính là thiết bị điều khiển với hàm truyền đạt $W_{m1}(p)$ và đối tượng có hàm truyền đạt $W_1(p)$. Do tính chất trễ và quán tính trong việc truyền tín hiệu điều khiển theo kênh $W_1(p)$ nên chất lượng của hệ thống không đáp ứng được yêu cầu. Chất lượng của hệ thống điều khiển sẽ được nâng cao nếu chúng ta xây dựng thêm một mạch điều khiển phụ tự ổn định và một tham số trung gian của đối tượng điều khiển là $y_1(t)$, có hàm truyền đạt là $W_2(p)$. Để ổn định đại lượng trung gian này, thiết bị điều khiển $W_{m2}(p)$ được sử dụng.

Điều cơ bản ở đây là tín hiệu truyền qua đối tượng theo kênh $W_2(p)$ phải nhanh hơn kênh $W_1(p)$. Thiết bị điều khiển $W_{m1}(p)$ không tác động trực tiếp lên đối tượng điều khiển mà tín hiệu ra của nó là tín hiệu chủ đạo cho thiết bị điều khiển $W_{m2}(p)$.

Trong khi tổng hợp hệ thống phải đảm bảo quá trình quá độ của mạch vòng trong $(W_{m2}(p) - W_2(p))$ phải xảy ra nhanh hơn rất nhiều so với mạch vòng ngoài (mạch vòng chính với thiết bị điều khiển $W_{m1}(p)$). Như vậy, khi có nhiễu $z(t)$ tác động thì máy điều khiển $W_{m2}(p)$ sẽ nhanh chóng tác động theo tín hiệu trung gian $y_1(t)$ để khử ảnh hưởng của nhiễu này lên mạch vòng chính. Rõ ràng, chất lượng của quá trình điều khiển được nâng cao rất nhiều.

Đối tượng điều khiển của thiết bị điều khiển $W_{m2}(p)$ là $W_2(p)$, còn đối tượng điều khiển của thiết bị điều khiển $W_{m1}(p)$ phải được xác định theo công thức:

$$W_{d1}(p) = \frac{W_{m2}(p).W_1(p)}{1 + W_{m2}(p).W_2(p)} \quad (5.5)$$

5.3 HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG VỚI CÁC BỘ ĐIỀU CHỈNH CHUẨN PID.

Bộ điều chỉnh là cơ cấu có cấu trúc nhất định và thông số của nó có thể thay đổi trong phạm vi nhất định. Các hệ thống điều khiển tự động trong công nghiệp hiện nay thường sử dụng các bộ điều chỉnh chuẩn là bộ điều chỉnh tỉ lệ, bộ điều chỉnh tích phân, bộ điều chỉnh tỉ lệ - tích phân, bộ điều chỉnh tỉ lệ - vi phân và bộ điều chỉnh tỉ lệ vi tích phân. Trong phần này chúng ta sẽ đi sâu phân tích chất lượng của hệ thống điều khiển tự động sử dụng các bộ điều chỉnh này.

5.3.1 Quy luật tỉ lệ (P)

Tín hiệu điều khiển trong quy luật tỉ lệ được hình thành theo công thức:

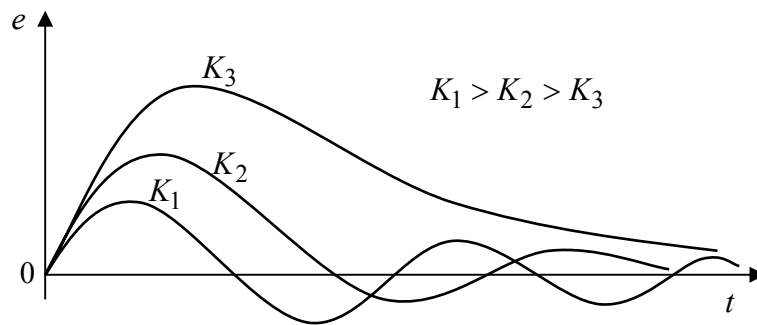
$$x = K_p \cdot e \quad (5.6)$$

Trong đó K_p là hệ số khuếch đại của quy luật. Theo tính chất của khâu khuếch đại (hay khâu tỷ lệ) ta thấy tín hiệu ra của khâu luôn luôn trùng pha với tín hiệu vào. Điều này nói lên ưu điểm của khâu khuếch đại là có độ tác động nhanh. Vì vậy, trong công nghiệp, quy luật tỉ lệ làm việc ổn định với mọi đối tượng. Tuy nhiên, nhược điểm cơ bản của khâu tỉ lệ là khi sử dụng với các đối tượng tĩnh, hệ thống điều khiển luôn tồn tại sai lệch tĩnh. Để giảm giá trị sai lệch tĩnh thì phải tăng hệ số khuếch đại nhưng khi đó, tính dao động của hệ thống sẽ tăng lên và có thể làm hệ thống mất ổn định.

Trong công nghiệp, quy luật tỉ lệ thường được dùng cho những hệ thống cho phép tồn tại sai lệch tĩnh. Để giảm sai lệch tĩnh, quy luật tỉ lệ thường được hình thành theo biểu thức:

$$x = x_0 + K_p \cdot e \quad (5.7)$$

trong đó x_0 là điểm làm việc của hệ thống. Tác động điều khiển luôn giữ cho tín hiệu điều khiển thay đổi xung quanh giá trị này khi xuất hiện sai lệch. Hình 5.4 mô tả quá trình điều khiển với các hệ số K_p khác nhau.



Hình 5.4 Quá trình điều khiển với các hệ số K_p khác nhau

5.3.2 Quy luật tích phân (I)

Trong quy luật tích phân, tín hiệu điều khiển được xác định theo biểu thức:

$$x = K_i \int e \cdot dt = \frac{1}{T_i} \int e \cdot dt \quad (5.8)$$

trong đó $T_i = 1/K_i$ được gọi là hằng số thời gian tích phân

Từ công thức này ta thấy giá trị điều khiển x chỉ đạt được giá trị xác lập (quá trình điều khiển đã kết thúc) khi $e = 0$. Như vậy ưu điểm của quy luật tích phân là triệt tiêu sai lệch tĩnh.

Xét đặc tính của khâu tích phân, tín hiệu ra của nó luôn chậm pha so với tín hiệu vào một góc $\pi/2$, điều này nghĩa là quy luật tích phân có độ tác động chậm. Do sự tác động chậm mà trong công nghiệp, hệ thống điều khiển tự động sử dụng quy luật tích phân kém ổn định. Vì vậy, quy luật này hiện nay ít được sử dụng trong công nghiệp.

5.3.3 Quy luật tỉ lệ - tích phân (PI)

Để hệ thống vừa có tác động nhanh, vừa triệt tiêu được sai lệch dư, người ta kết hợp quy luật tỉ lệ với quy luật tích phân để tạo ra quy luật tỉ lệ - tích phân.

Tín hiệu điều khiển được xác định theo công thức:

$$x = K_p \cdot e + K_i \int e \cdot dt = K_p \left(e + \frac{1}{T_i} \int e \cdot dt \right) \quad (5.9)$$

trong đó: K_p là hệ số khuếch đại

$T_i = K_p/K_i$ là hằng số thời gian tích phân

Hàm truyền đạt của quy luật tỉ lệ tích phân có dạng:

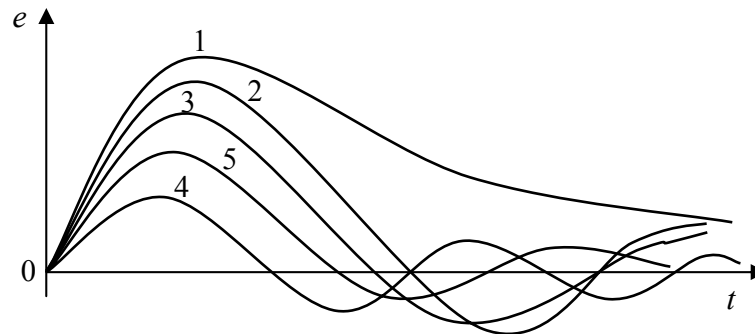
$$W(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} \right) \quad (5.10)$$

Hàm truyền tần số của quy luật PI:

$$W(j\omega) = K_p \left(1 - j \frac{1}{T_i \cdot \omega} \right) \quad (5.11)$$

Như vậy khi $\omega = 0$ thì $\varphi(\omega) = -\pi/2$, còn khi $\omega = \infty$ thì $\varphi(\omega) = 0$. Tín hiệu ra chậm pha so với tín hiệu vào một góc trong khoảng từ $-\pi/2$ đến 0 phụ thuộc vào các tham số K_p , T_i và tần số tín hiệu vào.

Rõ ràng, về tốc độ tác động thì quy luật PI chậm hơn quy luật tỉ lệ nhưng nhanh hơn quy luật tích phân. Hình 5.5 mô tả các quá trình quá độ của hệ thống điều khiển tự động sử dụng quy luật PI với các tham số K_p và T_i khác nhau.



Hình 5.5 Các quá trình quá độ điều khiển của quy luật PI

Đường 1 ứng với K_p nhỏ và T_i lớn. Tác động điều khiển nhỏ nên hệ thống không dao động.

Đường 2 ứng với K_p nhỏ và T_i nhỏ. Tác động điều khiển tương đối lớn và thiên về quy luật tích phân nên hệ thống có tác động chậm, dao động với tần số nhỏ và không tồn tại sai lệch dư.

Đường 3 mô tả quá trình khi K_p lớn và T_i lớn. Tác động điều khiển tương đối lớn nhưng thiên về quy luật tỉ lệ nên hệ thống dao động với tần số lớn và tồn tại sai lệch dư.

Đường 4 tương ứng với quá trình điều khiển khi K_p lớn và T_i nhỏ. Tác động điều khiển rất lớn. Quá trình điều khiển dao động mạnh, thời gian điều khiển kéo dài và không có sai lệch dư.

Đường 5 được xem như là quá trình tối ưu khi K_p và T_i thích hợp với đối tượng điều khiển.

Trong thực tế, quy luật điều khiển PI được sử dụng khá rộng rãi và đáp ứng được chất lượng cho hầu hết các quá trình công nghệ. Tuy nhiên, do có thành phần tích phân nên độ tác động của quy luật bị chậm đi. Vì vậy, nếu đối tượng có nhiều tác động liên tục mà hệ thống điều khiển lại đòi hỏi độ chính xác cao thì quy luật PI không đáp ứng được.

5.3.4 Quy luật tỉ lệ - vi phân (PD)

Tác động điều khiển của quy luật PD được hình thành theo công thức:

$$x = K_p \cdot e + K_d \cdot \frac{de}{dt} = K_p \left(e + T_d \cdot \frac{de}{dt} \right) \quad (5.12)$$

trong đó: K_p là hệ số khuếch đại

$T_d = K_d/K_p$ là hằng số thời gian vi phân

Có thêm thành phần vi phân làm tăng tốc độ tác động của hệ thống.

Hàm truyền đạt của quy luật tỉ lệ - vi phân có dạng:

$$W(p) = K_p(1 + T_d \cdot p) \quad (5.13)$$

Hàm truyền tần số của quy luật PD:

$$W(j\omega) = K_p(1 + jT_d \cdot \omega) \quad (5.14)$$

Đặc tính pha tần:

$$\varphi(\omega) = \text{arctg}(T_d \cdot \omega) \quad (5.15)$$

Như vậy khi ω thay đổi từ 0 đến ∞ thì đặc tính PT sẽ thay đổi từ 0 đến $\pi/2$. Ta có thể khẳng định tốc độ tác động của quy luật PD còn nhanh hơn cả quy luật tỉ lệ. Tuy nhiên, do có thêm thành phần vi phân nên hệ thống sẽ phản ứng với các nhiễu cao tần có biên độ nhỏ, là điều mà chúng ta không mong muốn, đồng thời quy luật PD cũng không làm giảm sai lệch dư. Vì vậy, trong công nghiệp, quy luật PD chỉ sử dụng ở khâu đòi hỏi tốc độ tác động nhanh như điều khiển tay máy...

5.3.5 Quy luật điều khiển tỉ lệ vi tích phân (PID)

Để tăng tốc độ tác động của quy luật PI, trong thành phần của nó người ta ghép thêm thành phần vi phân và nhận được quy luật điều khiển tỉ lệ vi tích phân. Tác động điều khiển được tính toán theo công thức:

$$x = K_p \cdot e + K_I \int e \cdot dt + K_d \cdot \frac{de}{dt} = K_p \left(e + \frac{1}{T_i} \int e \cdot dt + T_d \cdot \frac{de}{dt} \right) \quad (5.16)$$

trong đó: K_p là hệ số khuếch đại

$T_i = K_p/K_i$ là hằng số thời gian tích phân

$T_d = K_d/K_p$ là hằng số thời gian vi phân

Hàm truyền đạt của quy luật tỉ lệ - vi tích phân có dạng:

$$W(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot p} + T_d \cdot p \right) \quad (5.17)$$

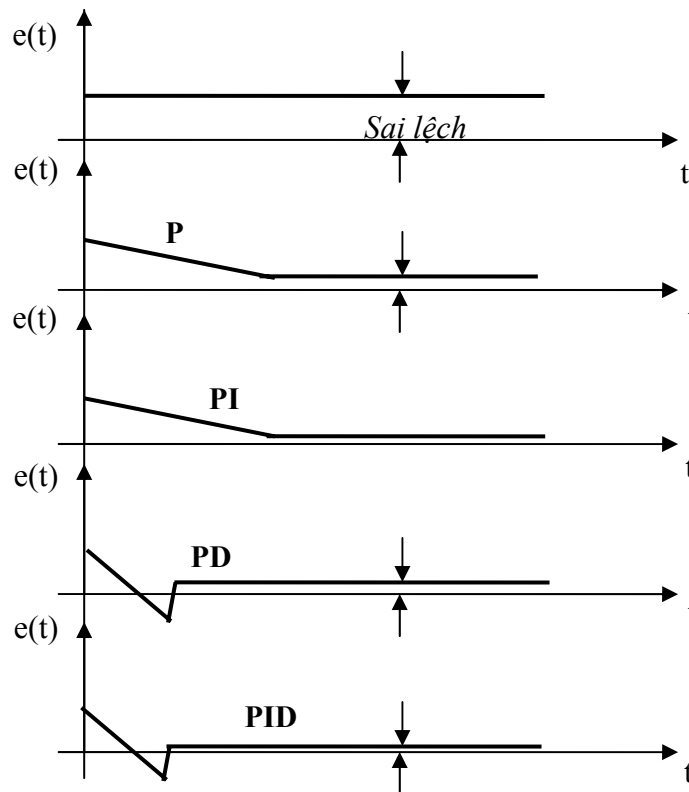
Hàm truyền tần số của khâu PID:

$$W(j\omega) = K_p \left(1 + j \left(T_d \cdot \omega - \frac{1}{T_i \cdot \omega} \right) \right) \quad (5.18)$$

Đặc tính pha tần:

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} \left(\frac{T_i \cdot T_d \cdot \omega^2 - 1}{T_i \cdot \omega} \right) \quad (5.19)$$

Như vậy khi $\omega = 0$ thì $\varphi(\omega) = -\pi/2$, còn khi $\omega = \sqrt{1/T_i \cdot T_d}$ thì $\varphi(\omega) = 0$ và khi $\omega = \infty$ thì $\varphi(\omega) = \pi/2$. Rõ ràng góc lệch pha của tín hiệu ra so với tín hiệu vào nằm trong khoảng từ $-\pi/2$ đến $\pi/2$, phụ thuộc vào các tham số K_p, T_i, T_d và tần số của tín hiệu vào. Nghĩa là về tốc độ tác động, quy luật PID còn có thể nhanh hơn cả quy luật tỉ lệ. Nói tóm lại, quy luật PID là hoàn hảo nhất. Nó đáp ứng được yêu cầu về chất lượng của hầu hết các quy trình công nghệ nhưng việc hiệu chỉnh các tham số của nó rất phức tạp, đòi hỏi người sử dụng phải có một trình độ nhất định. Vì vậy, trong công nghiệp, quy luật PID chỉ sử dụng ở những nơi cần thiết, khi quy luật PI không đáp ứng được yêu cầu về chất lượng điều chỉnh.



Hình 5.6. Minh họa sai lệch điều khiển với các luật điều chỉnh

5.4 TỔNG HỢP HỆ THỐNG TRONG KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI

Trong không gian trạng thái, ta xét tính điều khiển được và quan sát được của hệ thống. Khái niệm về điều khiển được và quan sát được (Controllability and Observability) lần đầu tiên do R. Kalman đưa ra.

Các biến trạng thái xuất hiện từ các biến đổi toán học. Số lượng các biến trạng thái thường lớn hơn số lượng các biến đầu ra có thể đo được. Có phải tất cả các biến trạng thái đều có thể điều khiển được hay không? Có thể xác định được tất cả các trạng thái từ các đầu ra đo được hay không?

5.4.1 Tính điều khiển được

Một hệ thống được gọi là điều khiển được nếu ta có thể tìm được một vector điều khiển $u(t)$ để với một tác động đầu vào, hệ thống chuyển từ một trạng thái ban đầu bất kỳ $x(0)$ đến một trạng thái cuối bất kỳ $x(t)$ trong một khoảng thời gian hữu hạn $t - t_0$.

Định lý 5.1. Hệ thống tuyến tính được mô tả bởi phương trình trạng thái cấp n :

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad (5.20)$$

được gọi là điều khiển được hoàn toàn khi và chỉ khi ma trận sau có hạng bằng n :

$$P = [B \quad A.B \quad A^2.B \quad \dots \quad A^{n-1}.B] \quad (5.21)$$

Ví dụ 5.1. Cho hệ thống được mô tả bằng phương trình trạng thái sau:

$$\begin{cases} \dot{X} = A.X + B.U \\ y = C.X \end{cases}$$

Trong đó $A = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ -2 & 1 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$

Xét tính điều khiển được của hệ thống?

Giải: Theo công thức (5.21), hệ thống điều khiển được hoàn toàn khi ma trận P sau có hạng bằng 2:

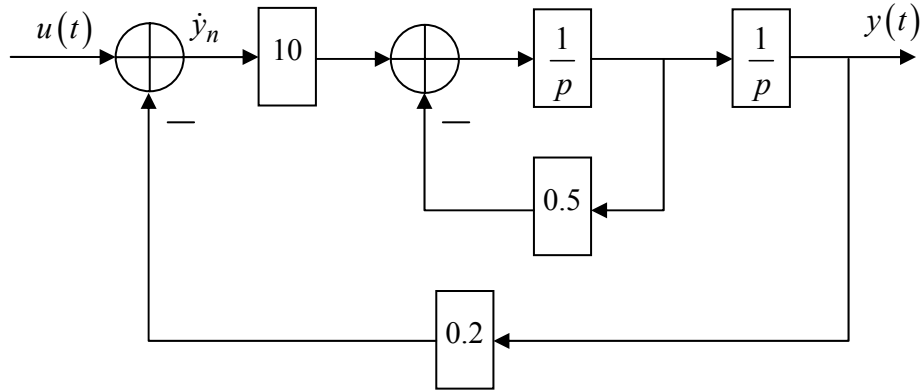
$$P = [B \quad A.B] = \begin{bmatrix} -1 & \begin{bmatrix} 0.5 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} \\ 0 & \begin{bmatrix} -2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -0.5 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Hạng của ma trận P :

$$\text{rank}(P) = 2 \text{ vì } \det(P) = -2 \neq 0$$

Kết luận: Hệ thống đã cho điều khiển được hoàn toàn.

Ví dụ 5.2. Cho hệ thống như hình 5.6:



Hình 5.6

Xét tính điều khiển được của hệ thống trên?

Giải: Từ hệ thống như hình 5.6, ta xác định được hàm truyền đạt của hệ kín là:

$$W_k(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{20}{2p^2 + p + 4}$$

Đặt:

$$\begin{cases} x_1 = y \\ \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -2x_1 - 0.5x_2 + 10u \end{cases}$$

Phương trình trạng thái tương ứng là:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \end{bmatrix} u$$

Xét tính điều khiển được của hệ thống theo công thức (5.21):

$$P = [B \quad A.B] = \begin{bmatrix} 0 & \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \end{bmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 10 \\ 10 & -5 \end{bmatrix}$$

Hạng của ma trận P :

$$\text{rank}(P) = 2 \text{ vì } \det(P) = -100 \neq 0$$

Kết luận: Hệ thống đã cho điều khiển được hoàn toàn.

5.4.2 Tính quan sát được

Hệ thống được gọi là quan sát được nếu với các tọa độ đo được ở đầu ra của hệ thống, ta có thể khôi phục được các vector trạng thái $x(t)$ trong một khoảng thời gian hữu hạn.

Định lý 5.2. Hệ tuyến tính dừng liên tục được mô tả bởi phương trình trạng thái:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A.x(t) + B.u(t) \\ y(t) = C.x(t) \end{cases} \quad (5.22)$$

được gọi là quan sát được hoàn toàn khi và chỉ khi ma trận L sau có hạng bằng n :

$$L = \begin{bmatrix} C' & A'.C' & (A')^2.C' & \dots & (A')^{n-1}.C' \end{bmatrix} \quad (5.23)$$

Ví dụ 5.3. Cho hệ thống được mô tả bởi phương trình trạng thái sau:

$$\begin{cases} \dot{X} = A.X + B.U \\ y = C.X \end{cases}$$

Trong đó $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -0.5 & -0.2 & 0.3 \\ -30 & -65 & -5 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 30 \end{bmatrix}$; $C = [1 \ 0 \ 0]$

Xét tính quan sát được của hệ thống?

Giải: Theo công thức (5.23), hệ thống quan sát được hoàn toàn khi ma trận L sau có hạng bằng 3:

$$L = \begin{bmatrix} C' & A'.C' & (A')^2.C' \end{bmatrix}$$

$$C' = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad A' = \begin{bmatrix} 0 & -0.5 & -30 \\ 1 & -0.2 & -65 \\ 0 & 0.3 & -5 \end{bmatrix}$$

$$A'.C' = \begin{bmatrix} 0 & -0.5 & -30 \\ 1 & -0.2 & -65 \\ 0 & 0.3 & -5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$(A')^2 \cdot C' = A' \cdot (A' \cdot C') = \begin{bmatrix} 0 & -0.5 & -30 \\ 1 & -0.2 & -65 \\ 0 & 0.3 & -5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.5 \\ -0.2 \\ 0.3 \end{bmatrix}$$

$$\text{Vậy } L = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -0.5 \\ 0 & 1 & -0.2 \\ 0 & 0 & 0.3 \end{bmatrix}$$

Hạng của ma trận L :

$$\text{rank}(L) = 3 \text{ vì } \det(L) = -0.3 \neq 0$$

Kết luận: Hệ thống đã cho quan sát được hoàn toàn.

TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 5

Trong chương này chúng ta cần lưu ý một số nội dung sau:

+ Có những hệ thống không thể thỏa mãn được các yêu cầu kỹ thuật đặt ra dù các tham số của bộ điều khiển đã được chọn tối ưu. Trong trường hợp đó, ta phải thay đổi cấu trúc của nó theo các phương pháp khác nhau như phương pháp bù tác động nhiễu (nếu biết được nhiễu tác động vào hệ thống là nhiễu phụ tải hoặc nhiễu đặt trước), phương pháp xây dựng hệ thống điều khiển tầng, phương pháp phân ly...

+ Theo chức năng, các bộ điều chỉnh được phân ra thành bộ điều chỉnh tỉ lệ, bộ điều chỉnh tích phân, bộ điều chỉnh tỉ lệ - tích phân, bộ điều chỉnh tỉ lệ - vi phân và bộ điều chỉnh tỉ lệ vi tích phân. Bộ điều chỉnh P làm giảm sai lệch nhưng không thể triệt tiêu vì hệ số khuếch đại không thể quá lớn. Bộ điều chỉnh I có thể triệt tiêu sai lệch tĩnh nhưng có độ tác động chậm. Bộ điều chỉnh PI có thể thay đổi được tốc độ giảm sai lệch Bộ điều chỉnh PD cải thiện được chất lượng động nhưng không triệt tiêu được sai lệch tĩnh còn bộ điều chỉnh PID kết hợp được các đặc điểm của cả ba thành phần PID là hệ thống có thể làm việc ổn định với mọi đối tượng, triệt tiêu được sai lệch tĩnh của hệ thống và bộ điều khiển có tác động nhanh.

+ Khi hệ thống được biểu diễn trong không gian trạng thái, ta xét đến hai đặc điểm của hệ thống là tính điều khiển được và tính quan sát được hoàn toàn các biến trạng thái.

BÀI TẬP

Bài 1.

Có thể có bộ điều khiển vi phân (D – Derivative)?

- Đúng
- Sai

Bài 2.

Bộ điều khiển tỉ lệ có tác dụng như một khâu:

- a. Khuếch đại
- b. Tích phân
- c. Vi phân
- d. Khâu trễ

Bài 3.

Trong quy luật tích phân, tín hiệu điều khiển được xác định theo biểu thức:
$$x = K_i \int e dt = \frac{1}{T_i} \int e dt$$
 (trong đó $T_i = 1/K_i$ được gọi là hằng số thời gian tích phân). Vậy tại sao ưu điểm của quy luật tích phân là triệt tiêu sai lệch tĩnh?

Bài 4.

Theo tính chất của khâu khuếch đại ta thấy tín hiệu ra của khâu luôn luôn trùng pha với tín hiệu vào. Điều này nói lên ưu điểm của khâu khuếch đại là có độ tác động nhanh, điều đó đúng hay sai?

- a. Sai
- b. Đúng

Bài 5.

Khi ω thay đổi từ 0 đến ∞ thì đặc tính pha tần của bộ điều khiển PD sẽ thay đổi như thế nào?

- a. Từ $-\pi/2$ đến $\pi/2$
- b. Từ $-\pi/2$ đến 0
- c. Bằng $\pi/2$, không thay đổi
- d. Từ 0 đến $\pi/2$

Bài 6.

Trong công nghiệp, quy luật tỉ lệ (P) thường được dùng cho những hệ thống có đặc điểm gì?

- a. Cho phép tồn tại sai lệch tĩnh
- b. Không ổn định
- c. Yêu cầu độ tác động rất nhanh
- d. Yêu cầu độ chính xác của điều khiển phải cao

Bài 7.

Nói về độ tác động, quy luật PID còn có thể nhanh hơn cả quy luật tỉ lệ, điều đó đúng hay sai?

- a. Sai
- b. Đúng

Bài 8.

Tác dụng của khâu tích phân trong bộ điều khiển?

- a. Triệt tiêu sai lệch tĩnh
- b. Rút ngắn quá trình quá độ của hệ thống
- c. Làm tăng tốc độ của bộ điều khiển
- d. Làm giảm tốc độ của bộ điều khiển

Bài 9.

Cho hệ thống có hàm truyền đạt hờ dạng:

$$W_h(p) = \frac{10p + 4}{8p^3 + 5p^2}$$

Tìm sai số xác lập của hệ thống nếu tín hiệu hiệu vào $u(t) = 1(t)$?

Bài 10.

Hệ thống tuyến tính được mô tả bởi phương trình trạng thái cấp n :

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A.x(t) + B.u(t) \\ y(t) = C.x(t) \end{cases}$$

được gọi là điều khiển được hoàn toàn khi và chỉ khi ma trận P có hạng bằng n . Vậy ma trận P được xây dựng như thế nào?

a. $P = [B' \quad A.B' \quad A^2.B' \quad \dots \quad A^{n-1}.B']$

b. $P = [C' \quad A'.C' \quad (A')^2.C' \quad \dots \quad (A')^{n-1}.C']$

c. $P = [C \quad A'.C \quad (A')^2.C \quad \dots \quad (A')^{n-1}.C]$

d. $P = [B \quad A.B \quad A^2.B \quad \dots \quad A^{n-1}.B]$

Bài 11.

Cho hệ thống được mô tả bằng phương trình trạng thái dạng:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A.x(t) + B.u(t) \\ y(t) = C.x(t) \end{cases}$$

với $A = \begin{bmatrix} 0.5 & 1.5 \\ -2 & 3 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$; $C = [1 \quad 0]$

Hệ thống này có quan sát được hoàn toàn không?

Bài 12.

Cho hệ thống được mô tả bằng phương trình trạng thái dạng:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A.x(t) + B.u(t) \\ y(t) = C.x(t) \end{cases}$$

với $A = \begin{bmatrix} 0.5 & 3 \\ -2 & 1 \end{bmatrix}$; $B = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$; $C = [1 \quad 0]$

Hệ thống này có điều khiển được hoàn toàn không?

CHƯƠNG VI. MÔ TẢ TOÁN HỌC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG RỜI RẠC

NỘI DUNG

6.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Phụ thuộc vào tính chất truyền tín hiệu và hệ thống ĐKTD tuyến tính được phân ra thành hệ thống liên tục tuyến tính và hệ thống rời rạc tuyến tính.

+ Nếu trong tất cả các mắt xích của hệ thống, tín hiệu được truyền đi liên tục thì hệ được gọi là hệ liên tục.

+ Nếu tại một mắt xích nào đó, tín hiệu không được truyền đi liên tục (bị rời rạc hoá) thì hệ là hệ rời rạc tuyến tính (hay hệ xung-số).

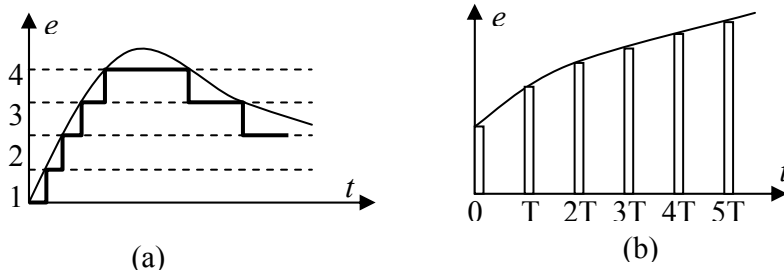
Trong phần trước chúng ta đã nghiên cứu về hệ thống liên tục tuyến tính. Trong phần này, chúng ta sẽ nghiên cứu về hệ thống rời rạc tuyến tính.

Trong bất cứ một hệ thống rời rạc nào cũng tồn tại ít nhất một phần tử đóng vai trò chuyển tín hiệu từ liên tục thành rời rạc. Đây được gọi là quá trình lượng tử hóa. Có ba phương pháp lượng tử hóa là lượng tử hóa theo mức, lượng tử hóa theo thời gian và lượng tử hóa hỗn hợp.

+ Lượng tử hóa theo mức: giá trị tín hiệu ra được quy định theo những mức nhất định phụ thuộc vào giá trị vào của tín hiệu.

+ Lượng tử hóa theo thời gian: là phép lượng tử được thực hiện sau những khoảng thời gian bằng nhau gọi là chu kỳ lấy mẫu T . Phần tử thực hiện phép lượng tử này là phần tử xung. hệ thống ĐKTD có phần tử xung (hình 6.2) được gọi là hệ thống điều khiển xung - số (hay hệ rời rạc). Quá trình hình thành xung ở đầu ra của phần tử xung phụ thuộc vào biên độ của tín hiệu tại thời điểm lấy mẫu, và được gọi là quá trình điều chế xung. Có bốn phương pháp điều chế xung là điều chế theo biên độ, điều chế theo độ rộng, điều chế theo pha và điều chế theo tần số. Trong hệ thống này thường sử dụng các phần tử xung có phương pháp điều chế theo biên độ hoặc theo độ rộng xung. Ngoài phần tử xung, các phần tử còn lại trong hệ thống là những phần tử tuyến tính, vì vậy nó được gọi là hệ thống điều khiển rời rạc tuyến tính. Trong phần này ta sẽ đi sâu nghiên cứu hệ thống dạng này.

+ Lượng tử hỗn hợp: thực hiện bằng cách chia giá trị tín hiệu ra những mức cách đều nhau. Khoảng cách giữa các mức lân cận được gọi là một bước lượng tử. Chu kỳ lấy mẫu là cố định, giá trị tín hiệu ra bằng giá trị mức lượng tử gần với giá trị tín hiệu vào tại thời điểm lấy mẫu nhất.

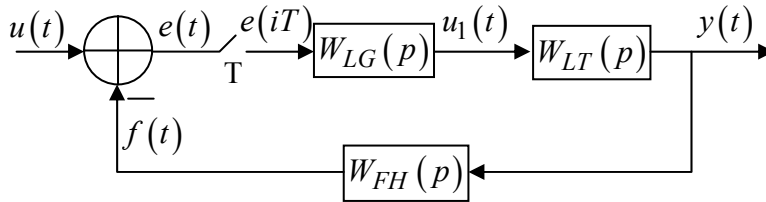


Hình 6.1 Một số phương pháp lượng tử

(a). Lượng tử hóa theo mức

(b). Lượng tử hóa theo thời gian (điều chế theo biên độ)

6.1.1 Sơ đồ khối hệ thống



Hình 6.2 HTĐKTD rời rạc tuyến tính

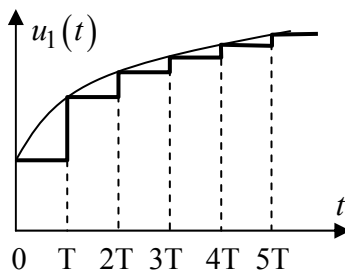
Nhận xét:

+ Trong hệ thống, ngoài T là phân tử tạo xung lý tưởng (xung Diract), các phân tử còn lại trong hệ thống là tuyến tính nên hệ thống được gọi là hệ thống rời rạc tuyến tính hay hệ xung - số.

+ Khóa T được mắc nối tiếp với khâu $W_{LG}(p)$ có tác dụng định hình xung từ dạng xung lý tưởng. Phần liên tục $W_{LT}(p)$ là phần tử cơ bản nhất của hệ thống xung - số.

+ Để phân tích hệ thống, người ta ghép hai khâu $W_{LG}(p)$ và $W_{LT}(p)$ tạo nên phân tử liên tục quy đổi: $W_{LTQD}(p) = W_{LG}(p) * W_{LT}(p)$.

6.1.2 Bộ lưu giữ bậc 0 (ZOH – Zero Order Hold)



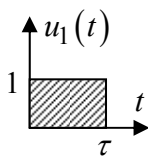
Hình 6.3 Bộ lưu giữ bậc 0

Trong hệ thống rời rạc như trên, $W_{LG}(p)$ là hàm truyền đạt của bộ lưu giữ bậc 0. Tùy thuộc vào dạng xung thực tế của bộ tạo xung lý tưởng T mà $W_{LG}(p)$ có các dạng khác nhau.

Bộ lưu giữ bậc 0 là bộ mà trong khoảng thời gian T , giá trị hàm rời rạc được giữ không đổi với T là chu kỳ cắt mẫu.

$$u_1(t) = u_1(iT) \quad iT \leq t \leq (i+1)T \quad (6.1)$$

Giả sử phân tử tạo xung thực tế $(T + W_{LG}(p))$ tạo ra xung Diract (biên độ: 1, độ rộng: τ): $u_1(t) = 1(t) - 1(t - \tau)$.



Hình 6.4 Xung Diract

$$W_{LG}(p) = \frac{U_1(p)}{L\{\delta(t)\}} = \frac{1}{p} (1 - e^{-p\tau})$$

Đặt $\tau = \gamma T$ trong đó γ là hệ số tỉ lệ, $0 \leq \gamma \leq 1$, thường $\gamma = 1$ và T là chu kỳ lấy mẫu.

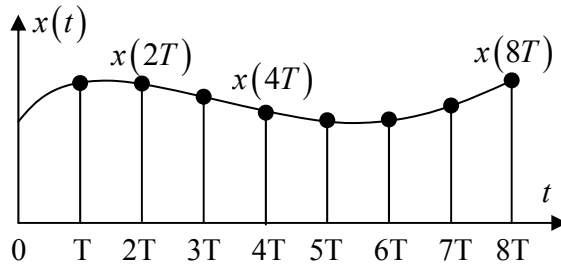
Vậy, hàm truyền đạt của khâu lưu giữ bậc 0:

$$W_{LG}(p) = \frac{U_1(p)}{L\{\delta(t)\}} = \frac{1}{p} (1 - e^{-pT}) \quad (6.2)$$

6.1.3 Tần số cắt mẫu T (chu kỳ cắt mẫu)

+ Việc biến đổi từ tín hiệu liên tục sang rời rạc được gọi là quá trình cắt mẫu hay quá trình lượng tử hóa.

+ Thông thường, trong hệ thống số, $T = \text{const}$, tức tín hiệu được lượng tử hóa theo thời gian. $x(t)$ là tín hiệu liên tục và $x(iT)$ là tín hiệu rời rạc tương ứng.



Hình 6.5 Quá trình lượng tử hóa theo thời gian

6.2 MÔ TẢ TOÁN HỌC TÍN HIỆU RỜI RẠC

* Sai phân của hàm rời rạc:

- Nếu dãy xung $x(nT)$ có độ rộng vô cùng nhỏ, ta có thể xem đó là xung tức thời, dãy xung đó chính là hàm rời rạc $x(i)$.

- Đối với hàm rời rạc $x(i)$, không có phép tính đạo hàm, tích phân, vi phân nhưng có phép tính tương tự là sai phân và tổng.

Hàm rời rạc $x(i)$ là tập hợp một dãy xung tức thời $x(nT)$ có giá trị bằng giá trị tín hiệu liên tục tại thời điểm lấy mẫu, độ rộng của xung bằng 0 và thời điểm lấy mẫu là nT với T là chu kỳ lấy mẫu và $n = 0, 1, \dots, n$. Sai phân cấp 1 của hàm rời rạc biểu thị sự sai khác của hai xung lân cận và được tính theo công thức:

$$\Delta x(i) = x(i+1) - x(i)$$

Sai phân cấp 1 của hàm rời rạc tương đương như đạo hàm cấp 1 của tín hiệu liên tục $x(t)$.

Sai phân cấp 2:

$$\Delta^2 f(i) = \Delta f(i+1) - \Delta f(i) = f(i+2) - 2f(i+1) + f(i)$$

Vậy có thể trực tiếp xác định sai phân bậc 2 của hàm rời rạc mà không cần phải thông qua sai phân bậc 1. Đây chính là sự khác nhau giữa phép tính sai phân của hàm rời rạc và phép tính đạo hàm của hàm liên tục. Sai phân cấp n :

$$\Delta^n f(i) = \sum_{j=0}^n (-1)^{n-j} \frac{n!}{j!(n-j)!} f(i+j) \quad (6.3)$$

* Phổ và ảnh của tín hiệu rời rạc:

Tín hiệu rời rạc $x^*(t)$ được mô tả bằng biểu thức:

$$x^*(t) = \sum_{n=0}^{\infty} x(nT) \delta(t - nT) \quad (6.4)$$

Chuyển đổi Laplace của hàm rời rạc $x^*(t)$ được gọi là chuyển đổi Laplace rời rạc và được xác định theo biểu thức:

$$X^*(p) = \sum_{n=0}^{\infty} x(nT) \int_0^{\infty} \delta(t-nT) e^{-pt} dt \quad (6.5)$$

Giá trị tích phân bằng e^{-pnT} , như vậy ảnh của hàm rời rạc $x^*(t)$ có dạng:

$$X^*(p) = \sum_{n=0}^{\infty} x(nT) e^{-pnT} \quad (6.6)$$

Phổ của tín hiệu rời rạc được xác định bằng cách thay $p = j\omega$ vào (6.6):

$$X^*(j\omega) = \sum_{n=0}^{\infty} x(nT) e^{-j\omega nT} \quad (6.7)$$

Đặc trưng cơ bản của phổ và ảnh của hàm rời rạc là nó có tính chu kỳ với tần số $\omega_0 = 2\pi/T$ vì:

$$e^{-j(\omega-k\omega_0)nT} = e^{-j\omega nT} e^{-kn2\pi j} = e^{-j\omega nT} \quad (6.8)$$

Vì vậy, khi nghiên cứu phổ và ảnh của tín hiệu rời rạc, ta chỉ nghiên cứu trong dải tần số $-\omega_0/2 \leq \omega \leq \omega_0/2$.

6.3 MÔ TẢ TOÁN HỌC HỆ THỐNG RỜI RẠC

6.3.1 Biến đổi Z

Thay $z = e^{pT}$ với $p = \alpha + j\omega$ vào (6.6), biểu thức ảnh của hàm rời rạc là:

$$X(z) = \sum_{n=0}^{\infty} x(nT) z^{-n} \quad (6.9)$$

$X(z) = Z\{x(n)\}$ được gọi là chuyển đổi z của hàm rời rạc $x^*(t)$. Sau đây là một số tính chất của chuyển đổi Z :

+ Tính tuyến tính:

$$Z\{ax_1[n] + bx_2[n]\} = a.Z\{x_1[n]\} + b.Z\{x_2[n]\} \quad (6.10)$$

+ Tính chất hàm trễ:

$$\text{Nếu } Z\{f[n]\} = F(z) \text{ thì } Z\{f[n-k]\} = z^{-k}F(z)$$

+ Chuyển đổi Z của sai phân:

$$\text{Sai phân cấp 1: } Z[\Delta x(n)] = Z[y(n)] = Y(z) = (z-1)X(z) - zx(0)$$

$$\text{Sai phân cấp 2: } Z[\Delta^2 x(n)] = Z[\Delta y(n)] = (z-1)Y(z) - zy(0)$$

Tương tự như vậy, ta có thể xác định chuyển đổi Z của các sai phân bậc cao hơn trên cơ sở chuyển đổi Z của các sai phân bậc thấp hơn đã xác định.

+ Chuyển đổi Z của hàm tích chập hai hàm số:

$$\begin{aligned} Z\left\{\sum f_1(mT) \cdot f_2[(n-m)T]\right\} &= Z\left\{\sum f_1[(n-m)T] \cdot f_2(mT)\right\} \\ &= Z\{f_1(mT)\} \cdot Z\{f_2(nT)\} = F_1^*(p) \cdot F_2^*(p) \end{aligned} \quad (6.11)$$

6.3.2 Mô tả toán học bằng phương trình sai phân

- Trong hệ liên tục, mô tả động học của hệ thống bằng PTVP:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dy}{dt} + a_n y = b_0 \frac{d^m u}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} y}{dt^{m-1}} + \dots + b_{m-1} \frac{du}{dt} + b_m u \quad (6.12)$$

- Trong hệ rời rạc, mô tả động học của hệ thống bằng phương trình sai phân:

$$a_0 \Delta^n y(i) + a_1 \Delta^{n-1} y(i) + \dots + a_{n-1} \Delta y(i) + a_n y(i) = u(i) \quad (6.13)$$

hay

$$a_0 y(i+n) + a_1 y(i+n-1) + \dots + a_{n-1} y(i+1) + a_n y(i) = u(i) \quad (6.14)$$

với: $a_0, a_n \neq 0$

$y(i), u(i)$ là tín hiệu ra, vào rời rạc.

Chú ý: Đối với hệ liên tục, cấp của đạo hàm cao nhất của PTVP chính là cấp của PTVP, còn ở hệ rời rạc, cấp của sai phân cao nhất không trùng với cấp cao nhất của phương trình sai phân.

Ví dụ 6.1: Hệ thống được mô tả bởi phương trình sai phân dạng (6.13):

$$\Delta^3 y(i) + 2\Delta^2 y(i) + 6\Delta y(i) + 5y(i) = 0$$

Ta biến đổi nó về dạng (6.13) bằng cách dùng công thức (6.3):

$$y(i+3) - y(i+2) + 5y(i+1) = 0$$

Đặt $j = i+1$ ta có phương trình sai phân tương đương:

$$y(j+2) - y(j+1) + 5y(j) = 0$$

Vậy cấp của sai phân cao nhất là 3 và \neq cấp cao nhất của phương trình sai phân là 2.

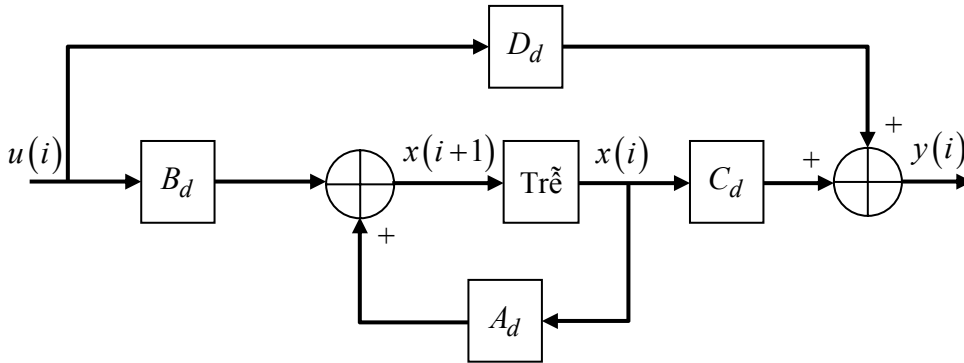
Vật phương trình sai phân có cấp n khi $a_0, a_n \neq 0$.

6.3.3 Mô tả trong không gian trạng thái

Tương tự như trong hệ liên tục, phương trình trạng thái mô tả hệ rời rạc có dạng:

$$\begin{cases} x(i+1) = A_d x(i) + B_d u(i) \\ y(i) = C_d x(i) + D_d u(i) \end{cases} \quad (6.15)$$

Hình 6.6 là sơ đồ cấu trúc trạng thái biểu diễn hệ (6.14)



Hình 6.6 Sơ đồ cấu trúc trạng thái của hệ rời rạc

6.3.4 Chuyển từ hệ liên tục sang hệ rời rạc

Hệ thống liên tục tuyến tính được mô tả dưới dạng phương trình trạng thái dạng:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) \end{cases} \quad (6.16)$$

Cách 1: Dùng biến đổi Laplace:

$$\begin{cases} A_d = \Phi(T) \\ B_d = \int_0^T \Phi(\tau) B d\tau \\ C_d = C \\ D_d = D \end{cases} \quad (6.17)$$

trong đó, $\Phi(t) = L^{-1}\{(pI - A)^{-1}\}$ với I là ma trận đơn vị có hạng bằng hạng của ma trận A .

Cách 2: Tiến hành tính gần đúng đạo hàm cấp 1:

$$\dot{x} \approx \frac{\Delta x}{T} = [x(i+1) - x(i)]/T \quad (6.18)$$

$$\begin{cases} A_d = I + TA \\ B_d = TB \\ C_d = C \\ D_d = D \end{cases} \quad (6.19)$$

Cách 3: Phương pháp hình thang. Ta thay thế gần đúng đạo hàm như sau:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) \approx [x(i+1) - x(i)]/T \\ x(t) = x_{tb} = [x(i+1) + x(i)]/2 \\ u = u(i) \end{cases} \quad (6.20)$$

$$\begin{cases} A_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1} \cdot \left[I + \frac{TA}{2} \right] \\ B_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1} \cdot T \cdot B \\ C_d = C \\ D_d = D \end{cases} \quad (6.21)$$

6.3.5 Quan hệ giữa các phương pháp mô tả

Giả sử hệ thống rời rạc được mô tả bằng phương trình sai phân dạng:

$$a_0 y(i+l) + a_1 y(i+l-1) + \dots + a_{l-1} y(i+1) + a_l y(i) = ku(i) \quad (6.22)$$

Đặt :

$$\begin{cases} y(i) = y_1(i) \\ y_1(i+1) = y_2(i) - A_1 y_1(i) \\ y_2(i+1) = y_3(i) - A_2 y_1(i) \\ \dots \\ y(i+l) = k_0 u(i) - A_l y_1(i) \end{cases} \quad (6.23)$$

với $k_0 = k/a_0$, $A_i = a_i/a_0$

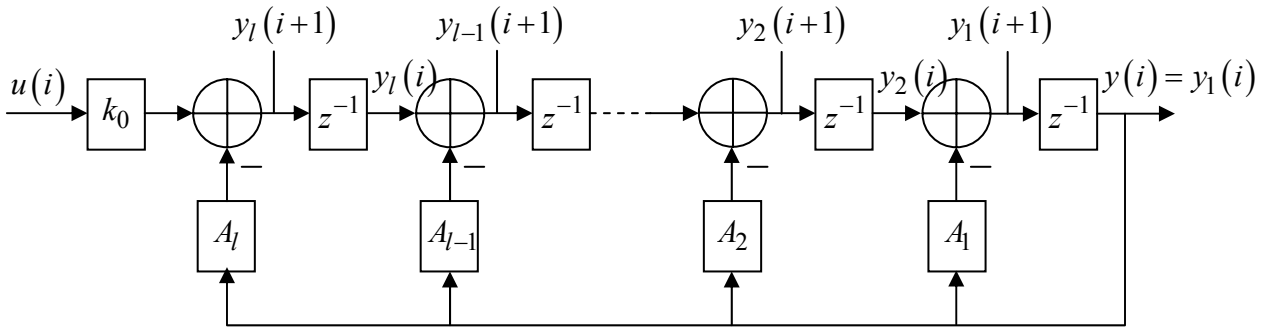
được gọi là phương trình trạng thái của hệ thống rời rạc. Các biến y_1, y_2, \dots, y_l được gọi là các biến trạng thái. Hệ trên viết dưới dạng vector ma trận:

$$\begin{bmatrix} y_1(i+1) \\ y_2(i+1) \\ \dots \\ y_l(i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_1 & 1 & \dots & 0 \\ -A_2 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -A_l & 0 & \dots & -A_l \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1(i) \\ y_2(i) \\ \dots \\ y_l(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ k_0 \end{bmatrix} u(i) \quad (6.24)$$

Tín hiệu ra của hệ thống được xác định theo công thức:

$$y(i) = [1 \quad 0 \quad \dots \quad 0] \cdot \begin{bmatrix} y_1(i) \\ y_2(i) \\ \dots \\ y_l(i) \end{bmatrix} \quad (6.25)$$

Hình 6.7 là sơ đồ cấu trúc hệ thống được mô tả bởi (6.22). Chú ý, tín hiệu vào trước khâu z^{-1} là đạo hàm tín hiệu ra của nó.



Hình 6.7 Sơ đồ cấu trúc hệ thống

Trên cơ sở này, ta dễ dàng xây dựng được sơ đồ cấu trúc của hệ thống rời rạc mà quá trình động học được mô tả bằng phương trình sai phân có dạng:

$$a_0 y(i+l) + a_1 y(i+l-1) + \dots + a_{l-1} y(i+1) + a_l y(i) = b_0 u(i+m) + b_1 u(i+m-1) + \dots + b_{m-1} u(i+1) + b_m u(i) \quad (6.26)$$

Chia cả hai vế cho a_0 ta có:

$$y(i+l) + A_1 y(i+l-1) + \dots + A_{l-1} y(i+1) + A_l y(i) = B_0 u(i+m) + B_1 u(i+m-1) + \dots + B_{m-1} u(i+1) + B_m u(i) \quad (6.27)$$

Với $A_i = a_i/a_0$, $B_i = b_i/a_0$.

Hàm truyền đạt của hệ thống có dạng:

$$W(z) = \frac{B_0 z^m + B_1 z^{m-1} + \dots + B_{m-1} z + B_m}{A_0 z^l + A_1 z^{l-1} + \dots + A_{l-1} z + A_l} \quad (6.28)$$

Đặt:

$$\begin{cases} y_1(i) = y(i) \\ y_1(i+1) = y_2(i) - A_1 y_1(i) + B_0 u(i) \\ y_2(i+1) = y_3(i) - A_2 y_1(i) + B_1 u(i) \\ \dots \\ y_{l-1}(i+1) = y_l(i) - A_{l-1} y_1(i) + B_{m-1} u(i) \\ y_l(i+1) = -A_l y_1(i) + B_m u(i) \end{cases}$$

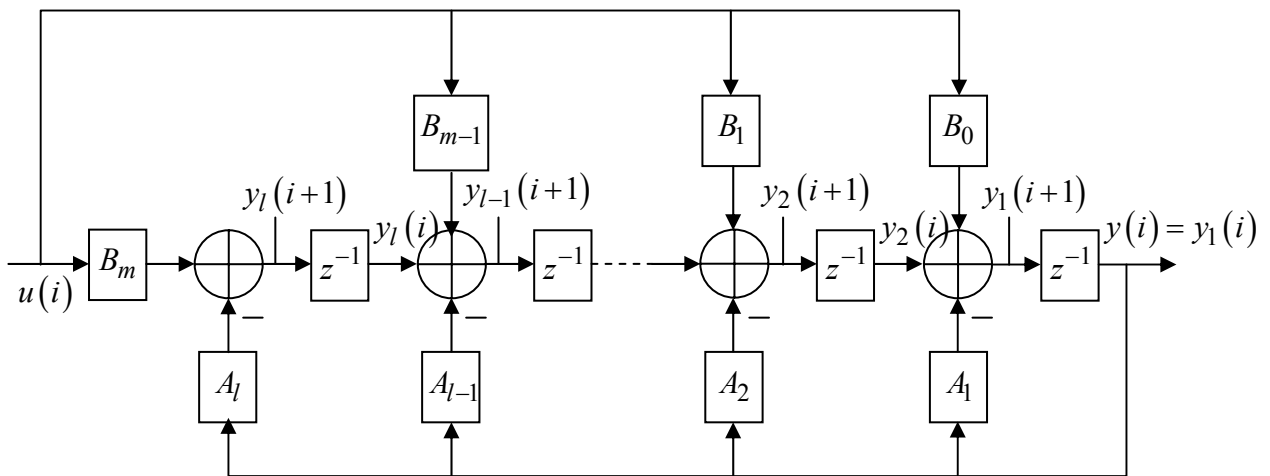
Vậy là có hệ phương trình trạng thái viết dưới dạng vector là:

$$\begin{bmatrix} y_1(i+1) \\ y_2(i+1) \\ \dots \\ y_l(i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -A_1 & 1 & \dots & 0 \\ -A_2 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -A_l & 0 & \dots & -A_l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1(i) \\ y_2(i) \\ \dots \\ y_l(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ \dots \\ B_m \end{bmatrix} u(i) \quad (6.29)$$

Tín hiệu ra của hệ thống được xác định theo công thức:

$$y(i) = [1 \quad 0 \quad \dots \quad 0] \cdot \begin{bmatrix} y_1(i) \\ y_2(i) \\ \dots \\ y_l(i) \end{bmatrix} \quad (6.30)$$

Hình 6.8 là sơ đồ cấu trúc hệ thống được mô tả bởi (6.27). Chú ý, tín hiệu vào trước khâu z^{-1} là đạo hàm tín hiệu ra của nó.



Hình 6.8 Sơ đồ cấu trúc hệ thống

6.4 HÀM TRUYỀN ĐẠT TRONG HỆ THỐNG RỜI RẠC

Tương tự như trong hệ thống liên tục tuyến tính, chuyển đổi Laplace rời rạc của hàm trọng lượng rời rạc sẽ là hàm truyền đạt của hệ thống rời rạc.

6.4.1 Hàm truyền đạt của hệ hở

* Xác định hàm truyền đạt theo phương trình sai phân:

Giả sử hệ rời rạc được mô tả bằng phương trình sai phân dạng:

$$a_0 y(i+n) + a_1 y(i+n-1) + \dots + a_n y(i) = b_0 u(i+m) + b_1 u(i+m-1) + \dots + b_b u(i) \quad (6.31)$$

Với điều kiện đầu triệt tiêu, nhờ công thức biến đổi Z ta có:

$$(a_0z^n + a_1z^{n-1} + \dots + a_n)Y(z) = (b_0z^m + b_1z^{m-1} + \dots + b_m)U(z) \quad (6.32)$$

Hàm truyền đạt trong hệ rời rạc là tỉ số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào theo biến đổi Z :

$$W(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{b_0z^m + b_1z^{m-1} + \dots + b_m}{a_0z^n + a_1z^{n-1} + \dots + a_n} \quad (6.33)$$

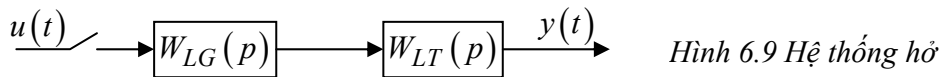
Nếu hệ thống được mô tả ở dạng không gian trạng thái:

$$\begin{cases} x(i+1) = A_d x(i) + B_d u(i) \\ y(i) = C_d x(i) \end{cases} \quad (6.34)$$

Với điều kiện đầu triệt tiêu, hàm truyền đạt ma trận có dạng:

$$W(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = C_d (ZI - A_d)^{-1} B_d \quad (6.35)$$

* Xác định hàm truyền rời rạc theo hàm truyền đạt phần liên tục:



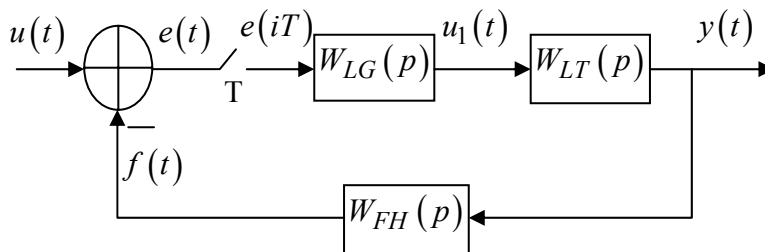
Hình 6.9 Hệ thống hở

$$Y(z) = Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p)\}.U(z) \Rightarrow W(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p)\}$$

Mà $W_{LG}(p) = \frac{1}{p}(1 - e^{-pT})$. Vậy

$$Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p)\} = (1 - z^{-1}).Z\left\{\frac{W_{LT}(p)}{p}\right\} \quad (6.36)$$

6.4.2 Hàm truyền đạt của hệ kín



Hình 6.10 Hệ thống ĐKTD rời rạc tuyến tính

$$\text{Ta có: } Y(z) = Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p)\}E(z)$$

$$F(z) = Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p).W_{FH}(p)\}E(z)$$

$$E(z) = U(z) - F(z)$$

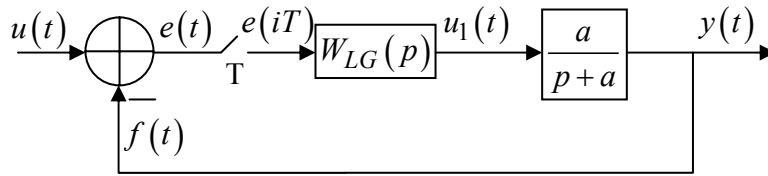
Trong đó:

$$\begin{cases} F(z) = Z\{f(iT)\} \\ E(z) = Z\{e(iT)\} \\ e(iT) = u(iT) - f(iT) \end{cases}$$

Vậy hàm truyền đạt của hệ kín là:

$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p)\}}{1 + Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p).W_{FH}(p)\}} \quad (6.37)$$

Ví dụ 6.2: Cho hệ thống rời rạc như hình 6.11. Hãy xác định hàm truyền đạt của hệ kín.



Hình 6.11 Hệ thống
Trong ví dụ 6.2

Giải: Theo trên ta có hàm truyền đạt của khâu $W_{LG}(p)$:

$$W_{LG}(p) = \frac{1}{p}(1 - e^{-pT})$$

$$\begin{aligned} W_{LTQD}(p) &= W_{LG}(p).W_{LT}(p) \\ &= \frac{1 - e^{-pT}}{p} \cdot \frac{a}{p + a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y(t) &= L^{-1}\{W_{LTQD}(p)\} = L^{-1}\left\{\frac{1 - e^{-pT}}{p} \cdot \frac{a}{p + a}\right\} \\ &= L^{-1}\left\{\left[\frac{1}{p} - \frac{1}{p + a}\right](1 - e^{-pT})\right\} \\ &= (1 - e^{-at})u(t) - (1 - e^{-a(t-T)})u(t-T) \end{aligned}$$

Hàm rời rạc:

$$y(iT) = (1 - e^{-aiT})u(iT) - (1 - e^{-a(i-1)T})u(iT - T)$$

Do đó:

$$W_{LTQD}(z) = Y(z) = \frac{1}{1 - z^{-1}} \frac{1}{1 - e^{-aT}.z^{-1}} - z^{-1} \left(\frac{1}{1 - z^{-1}} \right) - z^{-1} \left(\frac{1}{1 - e^{-aT}.z^{-1}} \right)$$

$$Q_{LTQD}(z) = \frac{z^{-1}(1 - e^{-aT})}{(1 - e^{-aT}.z^{-1})}$$

Hàm truyền đạt của hệ kín là:

$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LTQD}(p)\}}{1 + Z\{W_{LTQD}(p)\}} = \frac{z^{-1}(1 - e^{-aT})}{1 + (1 - e^{-aT})z^{-1}}$$

TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 6

+ Hệ thống rời rạc mà ta xét trong chương này chỉ có phần tử tạo xung lý tưởng là rời rạc, các phần tử còn lại trong hệ thống đều là các phần tử liên tục tuyến tính. Phần tử ZOH (khâu lưu giữ bậc 0) có tác dụng định hình xung từ phần tử tạo xung lý tưởng.

+ Nếu hệ thống liên tục được mô tả bằng phương trình vi phân thì hệ thống rời rạc được mô tả bằng phương trình sai phân và trong phương trình sai phân, cấp cao nhất của phương trình không trùng với cấp của sai phân cao nhất. Phương trình sai phân có bậc n khi nó thỏa mãn điều kiện $a_0, a_0 \neq 0$.

+ Có ba phương pháp chuyển từ hệ liên tục sang hệ rời rạc với chu kỳ cất mẫu T là dùng biến đổi Laplace, tính gần đúng đạo hàm cấp 1 và phương pháp hình thang, trong đó phương pháp hình thang cho kết quả chính xác nhất.

BÀI TẬP

Bài 1.

Trong các hệ thống điều khiển rời rạc tuyến tính, phương pháp lượng tử hóa nào thường được sử dụng?

- Lượng tử hóa theo mức
- Lượng tử hóa theo thời gian
- Lượng tử hóa hỗn hợp

Bài 2.

Đâu là hàm truyền đạt của khâu $W_{LG}(p)$ trong một hệ thống rời rạc tuyến tính?

- $W_{LG}(p) = \frac{1}{p}(1 - e^{-pT})$
- $W_{LG}(p) = \frac{1}{p}(1 - e^{-T})$
- $W_{LG}(p) = 1 - e^{-pT}$

Bài 3.

Cho hệ thống được biểu diễn dưới dạng phương trình sai phân (6.12):

$$\Delta^3 y(i) + 4\Delta^2 y(i) + 5\Delta y(i) + 2y(i) = 0$$

Chuyển phương trình sai phân này về dạng (6.13)?

Bài 4.

Cấp sai phân cao nhất là cấp cao nhất của phương trình sai phân?

- a. Đúng
- b. Sai

Bài 5.

Phần liên tục tuyến tính của hệ thống rời rạc có hàm truyền đạt:

$$W_{LT}(p) = \frac{2(p+1)}{p(2p+1)(5p+1)}$$

Xác định hàm truyền đạt của hệ rời rạc hờ với $\gamma = 0.4$, $T = 0.01$?

Bài 6.

Phần liên tục tuyến tính của hệ thống rời rạc có hàm truyền đạt:

$$W_{LT}(p) = \frac{3p+1}{(4p+1)(2p+1)(p+1)}$$

Xác định hàm truyền đạt của hệ rời rạc hờ với $\gamma = 0.5$, $T = 0.01$?

Bài 7.

Cho hệ điều khiển liên tục tuyến tính được biểu diễn dưới dạng phương trình trạng thái:

$$\begin{cases} \dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \\ y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \end{cases}$$

Với chu kỳ lấy mẫu $T = 0.1$ (s), chuyển hệ thống này sang dạng rời rạc?

Bài 8.

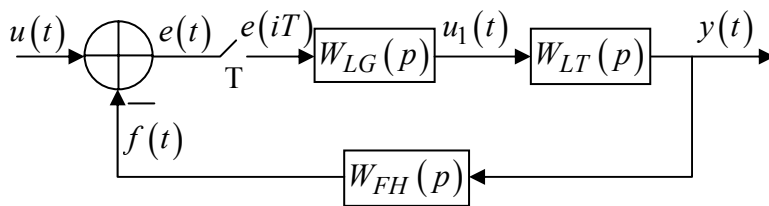
Hàm truyền đạt của hệ kín được xác định theo công thức nào sau đây?

- a.
$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p)\}}{1 + Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p)\}}$$
- b.
$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}{1 + Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p)\}}$$
- c.
$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p)\}}{1 + Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$$

Bài 9.

Nếu hệ thống điều khiển rời rạc tuyến tính có mô hình như hình 6.12 thì hàm truyền đạt của hệ kín được xác định theo công thức nào nếu hàm truyền đạt của khâu ZOH là

$$W_{LG}(p) = \frac{1}{p}(1 - e^{-pT})?$$



Hình 6.12

- a.
$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p)\}}{1 + Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$$
- b.
$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p)\}}{1 + Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$$
- c.
$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LT}(p)\}}{1 + Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$$
- d.
$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p)\}}{1 + Z\{W_{LG}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$$

Bài 10.

Cách biến đổi từ hệ thống liên tục sang hệ thống rời rạc trong không gian trạng thái theo phương pháp hình thang? (Trong đó I là ma trận đơn vị. A, B, C, D là các ma trận trạng thái trong hệ liên tục và A_d, B_d, C_d, D_d là các ma trận trạng thái trong hệ rời rạc)

$$a. \quad A_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right] \cdot \left[I + \frac{TA}{2} \right]; B_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1} \cdot T \cdot B; C_d = C; D_d = D$$

$$b. \quad A_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1} \cdot \left[I + \frac{TA}{2} \right]; B_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right] \cdot T \cdot B; C_d = C; D_d = D$$

$$c. \quad A_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1} \cdot \left[I + \frac{TA}{2} \right]; B_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1}; C_d = C; D_d = D$$

$$d. \quad A_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1} \cdot \left[I + \frac{TA}{2} \right]; B_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1} \cdot T \cdot B; C_d = C; D_d = D$$

Bài 11.

Cách biến đổi từ hệ thống liên tục sang hệ thống rời rạc trong không gian trạng thái theo phương pháp tính gần đúng đạo hàm cấp 1? (Trong đó I là ma trận đơn vị. A, B, C, D là các ma trận trạng thái trong hệ liên tục và A_d, B_d, C_d, D_d là các ma trận trạng thái trong hệ rời rạc)

$$a. \quad a. \quad A_d = I - TA; B_d = TB; C_d = C; D_d = D$$

$$b. \quad A_d = I + TA; B_d = TB; C_d = C; D_d = D$$

$$c. \quad A_d = I + A; B_d = TB; C_d = C; D_d = D$$

$$d. \quad A_d = I + TA; B_d = B; C_d = C; D_d = D$$

Bài 12.

Cho hệ thống được mô tả bằng phương trình trạng thái dạng:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A \cdot x(t) + B \cdot u(t) \\ y(t) = C \cdot x(t) \end{cases}$$

$$\text{với } A = \begin{bmatrix} 0.5 & 1.5 \\ -2 & 3 \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}; C = [1 \quad 0]$$

Hãy chuyển hệ trên sang hệ rời rạc tương đương với thời gian cắt mẫu $T = 0.25s$

CHƯƠNG VII. PHÂN TÍCH VÀ TỔNG HỢP HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG RỜI RẠC

NỘI DUNG

7.1 GIỚI THIỆU CHUNG

Tương tự như khi nghiên cứu hệ thống ĐKTD liên tục, khi khảo sát, tổng hợp hệ thống ĐKTD rời rạc, chúng ta cũng phải đề cập đến các vấn đề về tính ổn định, chất lượng, tính điều khiển được, quan sát được của hệ thống rời rạc. Trong chương này, ta sẽ đề cập đến các nội dung chính như sau:

- Xét tính ổn định của hệ thống rời rạc (bao gồm các tiêu chuẩn ổn định đại số và các tiêu chuẩn ổn định tần số).
- Các tiêu chuẩn đánh giá chất lượng của một hệ thống rời rạc
- Tính điều khiển được, quan sát được của hệ thống rời rạc.

7.2 TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG RỜI RẠC

7.2.1 Khái niệm ổn định của hệ thống rời rạc

Tương tự như trong hệ thống liên tục, để xét tính ổn định của một hệ thống rời rạc, ta phải giải phương trình sai phân (6.13):

$$a_0 y(i+n) + a_1 y(i+n-1) + \dots + a_{n-1} y(i+1) + a_n y(i) = u(i) \quad (7.1)$$

Tương tự như PTVP, nghiệm của phương trình sai phân cũng bao gồm nghiệm riêng và nghiệm tổng quát:

$$y(nT) = y_{qd}(nT) + y_0(nT) \quad (7.2)$$

Nghiệm tổng quát $y_{qd}(nT)$ (giải bằng cách cho vế phải của phương trình sai phân bằng 0) đặc trưng cho quá trình quá độ và nghiệm riêng $y_0(nT)$ đặc trưng cho quá trình xác lập của hệ thống, nghĩa là nó không làm ảnh hưởng đến tính ổn định của hệ thống.

Như vậy, để xét ổn định của một hệ thống rời rạc, tương tự như hệ thống liên tục, ta chỉ phải giải phương trình sai phân có dạng:

$$a_0 y(i+n) + a_1 y(i+n-1) + \dots + a_{n-1} y(i+1) + a_n y(i) = 0 \quad (7.3)$$

Nghiệm của phương trình này được xác định dựa vào nghiệm của PTĐT:

$$a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + \dots + a_{n-1} z + a_n = 0 \quad (7.4)$$

trong đó: $z = e^{pT} = e^{(\alpha + j\omega)T} = e^{\alpha T} \cdot e^{j\omega T}$

$$z = e^{\alpha T} \cdot (\cos \omega T + j \sin \omega T) \quad (7.5)$$

Trong biểu thức (7.5), thành phần $(\cos \omega T + j \sin \omega T)$ luôn có module giới hạn bằng 1, do đó, module của z là:

$$|z| = e^{\alpha T} \quad (7.6)$$

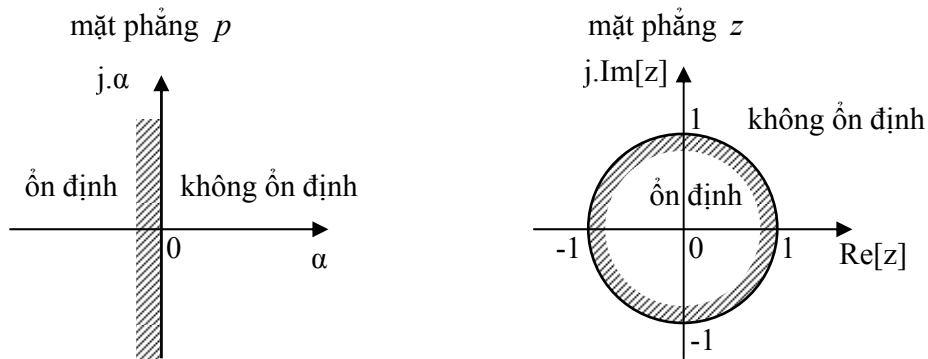
Vậy:

$$\begin{aligned} \alpha > 0, & \quad |z| > 1 \\ \alpha = 0, & \quad |z| = 1 \\ \alpha < 0, & \quad |z| < 1 \end{aligned} \quad (7.7)$$

Từ đó ta có mối quan hệ giữa mặt phẳng p và mặt phẳng z :

Mặt phẳng p	Mặt phẳng z
$\alpha > 0$: Nửa bên phải mặt phẳng p$	|z| > 1$: Bên ngoài đường tròn đơn vị
$\alpha = 0$: Trục ảo $j\omega$	$|z| = 1$: Nằm trên đường tròn đơn vị
$\alpha < 0$: Nửa bên trái mặt phẳng p$	|z| < 1$: Bên trong đường tròn đơn vị

Bảng 7.1 Quan hệ ổn định giữa miền liên tục và miền rời rạc.



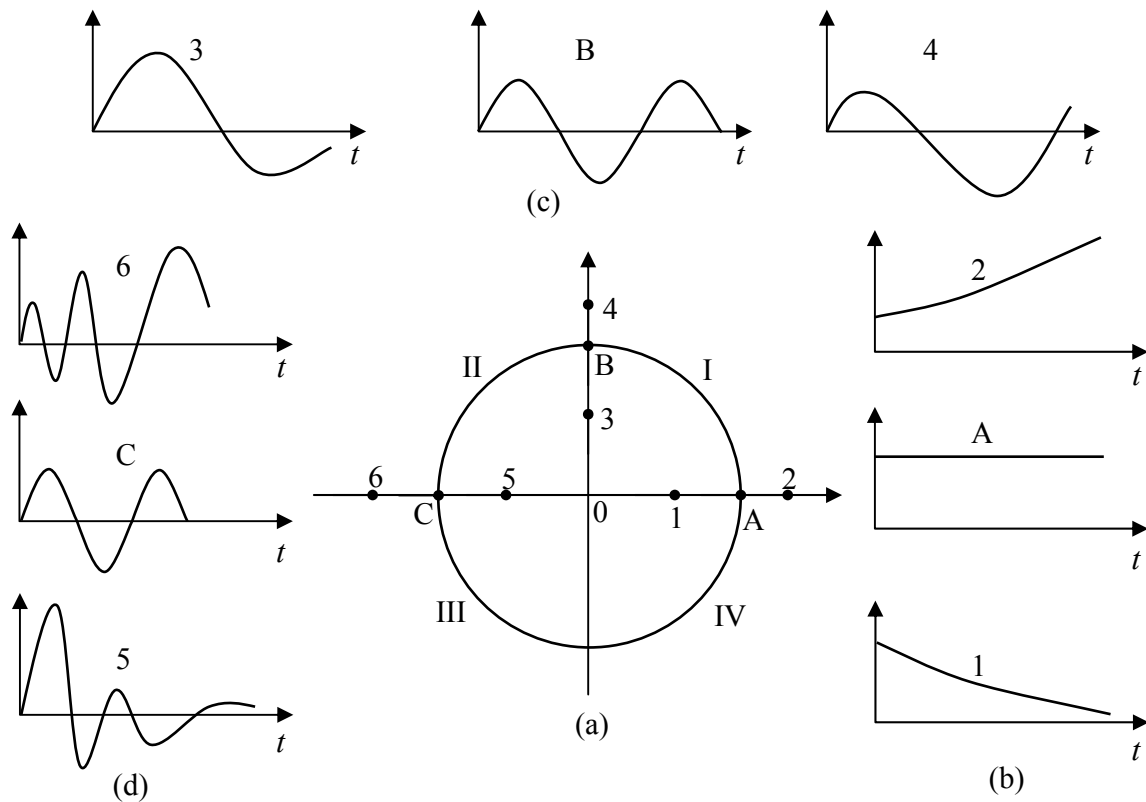
Hình 7.1 Phân vùng ổn định trên mặt phẳng nghiệm số

Từ những phân tích trên ta thấy:

- Hệ thống điều khiển rời rạc tuyến tính sẽ ổn định nếu PTĐT của hệ thống có các nghiệm thực hoặc nghiệm phức có module nhỏ hơn 1 ($|z| < 1$).
- Hệ thống điều khiển rời rạc tuyến tính sẽ không ổn định nếu PTĐT của hệ thống có ít nhất một nghiệm thực hoặc phức có module lớn hơn 1 ($|z| > 1$).

- Hệ thống điều khiển rời rạc tuyến tính sẽ ổn định nếu PTĐT của hệ thống có ít nhất một nghiệm thực hoặc phức có module bằng 1 ($|z|=1$) và các nghiệm còn lại là nghiệm thực hoặc phức có module nhỏ hơn 1.

Như vậy, nếu tất cả các nghiệm của PTĐT nằm trên tia OA (hình 7.2a), tất cả các nghiệm đều là nghiệm thực thì quá trình quá độ của hệ thống sẽ không dao động (hình 7.2b). Nếu có nghiệm nằm ngoài đoạn OA (PTĐT có nghiệm phức) thì quá trình quá độ có dao động. Tần số dao động của hệ thống phụ thuộc vào vị trí phân bố của các nghiệm số. Nếu tất cả các nghiệm của PTĐT phân bố ở góc phần tư thứ I và IV (nghiệm phức luôn đi thành cặp) thì tần số dao động của hệ thống nằm trong khoảng $0 < \Omega < \pi/2$ (nghiệm nằm trên trục OB có tần số dao động $\Omega = \pi/2$). Nghiệm nằm trên trục OC cho ta tần số dao động $\Omega = \pi$. Hình 7.2b,c,d mô tả đường biến thiên của tín hiệu ra ứng với vị trí các nghiệm của PTĐT trên mặt phẳng z (hình 7.2a).



Hình 7.2 Đặc tính quá độ theo sự phân bố nghiệm số

7.2.2 Tiêu chuẩn ổn định đại số

7.2.2.1 Phương pháp biến đổi bảo toàn hình dạng

Tương tự như hệ thống liên tục tuyến tính, việc giải PTĐT của hệ thống cũng rất phức tạp, vì vậy ta phải dùng các phương pháp khác để xét tính ổn định của hệ thống khi không thể tìm được sự phân bố nghiệm số của hệ thống.

Giả sử hệ thống điều khiển rời rạc có PTĐT dạng:

$$a_0 z^l + a_1 z^{l-1} + \dots + a_{l-1} z + a_l = 0 \quad (7.8)$$

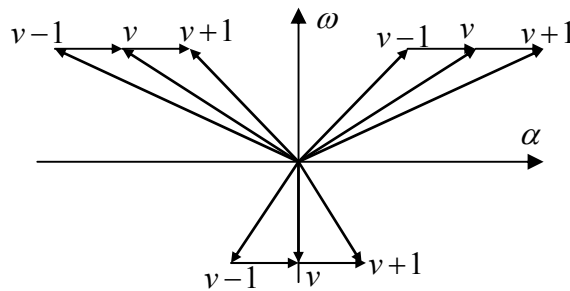
Thay $z = \frac{v+1}{v-1}$ vào PTĐT và biến đổi, ta có phương trình tương đương theo biến v là:

$$A_0 v^l + A_1 v^{l-1} + \dots + A_{l-1} v + A_l = 0 \quad (7.9)$$

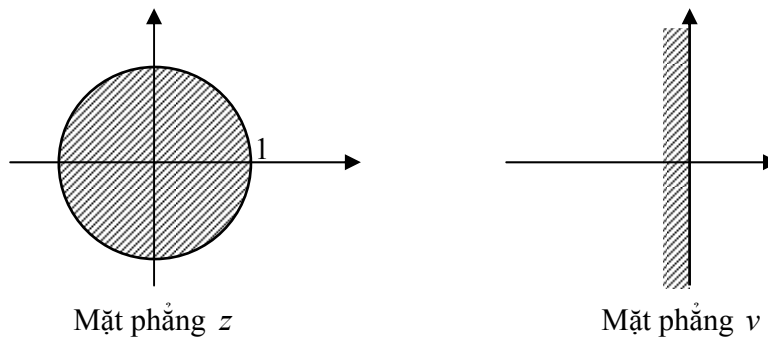
Hình 7.3 minh họa mối quan hệ tương quan sự phân bố nghiệm v của phương trình (7.9) với nghiệm z của phương trình (7.8).

- Nếu nghiệm v nằm bên trái trục ảo ta có $|v+1| < |v-1|$ hay $|z| < 1$, tương đương với nghiệm z nằm trong đường tròn đơn vị.
- Nếu nghiệm nằm bên phải trục ảo thì $|v+1| > |v-1|$ hay $|z| > 1$, tương đương với nghiệm z nằm ngoài đường tròn đơn vị.
- Nếu nghiệm nằm trên trục ảo thì $|v+1| = |v-1|$ hay $|z| = 1$, tương đương với nghiệm z nằm trên đường tròn đơn vị.

Như vậy, khi chuyển từ mặt phẳng z sang mặt phẳng v thì việc xét tính ổn định của hệ thống cũng chuyển từ điều kiện $|z| < 1$ sang điều kiện là tất cả các nghiệm của phương trình (7.9) phải nằm bên trái trục ảo. Các tiêu chuẩn đại số dùng để xét tính ổn định cho hệ thống điều khiển liên tục hoàn toàn có thể áp dụng để xét ổn định cho hệ rời rạc trong mặt phẳng v .



Hình 7.3 Mối quan hệ giữa nghiệm số v và module của z



Hình 7.4 Sự biến đổi tương đương giữa hai mặt phẳng

Ví dụ 7.1: Xét ổn định của hệ rời rạc có PTĐT bậc 2 dạng:

$$2z^2 + 3z + 4 = 0$$

Giải: Thay $z = \frac{v+1}{v-1}$ vào PTĐT, sau khi biến đổi ta có phương trình theo biến v dạng:

$$9v^2 - 4v + 3 = 0$$

Theo tiêu chuẩn ổn định đại số cho hệ liên tục thì hệ thống này không ổn định vì có hệ số $a_1 = -4 < 0$. Vậy hệ rời rạc đã cho không ổn định.

Ví dụ 7.2: Xét ổn định của hệ rời rạc có PTĐT bậc nhất dạng:

$$a_0z + a_1 = 0$$

Giải: Thay $z = \frac{v+1}{v-1}$ vào PTĐT, sau khi biến đổi ta có phương trình theo biến v dạng:

$$(a_0 + a_1)v + a_0 - a_1 = 0$$

Theo tiêu chuẩn ổn định đại số thì hệ có PTĐT bậc nhất sẽ ổn định khi các hệ số của nó cùng dấu:

$$(a_0 + a_1)(a_0 - a_1) > 0$$

Giải bất phương trình này ta có điều kiện để hệ ổn định là $|a_0| > |a_1|$

Nhận xét: Hệ rời rạc kém ổn định hơn hệ liên tục. Đối với hệ liên tục, nếu hệ thống có PTĐT bậc nhất hoặc bậc 2 với các hệ số dương thì hệ thống đó luôn ổn định, còn trong hệ rời rạc, tính ổn định của hệ thống phụ thuộc vào dấu giá trị của các hệ số trong PTĐT.

7.2.2.2 Tiêu chuẩn Jury

Tiêu chuẩn Jury là tiêu chuẩn khảo sát tính ổn định của hệ rời rạc đối với các hệ thống có PTĐT có bậc l lớn. Tiêu chuẩn Jury được xây dựng như sau:

Giả sử hệ thống rời rạc có PTĐT dạng:

$$A(z) = a_0z^l + a_1z^{l-1} + \dots + a_{l-1}z + a_l = 0 \quad (7.10)$$

* **Lập bảng Jury:**

Số hàng					
1	a_l	a_{l-1}	...	a_1	a_0
2	a_0	a_1	...	a_{l-1}	a_l
3	b_{l-1}	b_{l-2}	...	b_0	
4	b_0	b_1	...	b_{l-1}	
...	
$(2l-3)$					

trong đó:

$b_{l-1} = \begin{vmatrix} a_l & a_0 \\ a_0 & a_l \end{vmatrix}$	$b_{l-2} = \begin{vmatrix} a_l & a_1 \\ a_0 & a_{l-1} \end{vmatrix}$	...	$b_k = \begin{vmatrix} a_l & a_{l-k-1} \\ a_0 & a_{k+1} \end{vmatrix}$
$c_{l-2} = \begin{vmatrix} b_{l-1} & b_0 \\ b_0 & b_{l-1} \end{vmatrix}$	$c_{l-3} = \begin{vmatrix} b_{l-1} & b_1 \\ b_0 & b_{l-2} \end{vmatrix}$	...	$c_k = \begin{vmatrix} b_{l-1} & b_{l-k-2} \\ b_0 & b_{k+1} \end{vmatrix}$
...

*** Điều kiện ổn định theo tiêu chuẩn Jury**

1. $A(1) > 0$
2. $A(-1) > 0$ nếu l chẵn và $A(-1) < 0$ nếu l lẻ.
3. $(l-1)$ điều kiện ràng buộc:
 - a. $|a_l| < |a_0|$
 - b. $|b_{l-1}| > |b_0|$
 - c. $|c_{l-1}| > |c_0|$
 - ...

Nhận xét: Như vậy bảng Jury sẽ có $(2l-3)$ hàng và khi xét tính ổn định của hệ thống sẽ có $(l+1)$ điều kiện ràng buộc.

Ví dụ 7.3: Xét ổn định của hệ có PTĐT sau theo tiêu chuẩn Jury:

$$A(z) = 4z^3 + 2z^2 - 5$$

Giải:

* Điều kiện để hệ ổn định:

1. $A(1) = 4 + 2 - 5 = 1 > 0$: thỏa mãn
2. $l = 3$ lẻ, vậy $A(-1) = -4 + 2 - 5 = -7 < 0$: thỏa mãn
3. $l-1 = 2$ điều kiện ràng buộc:
 - a. $|a_l| = 5 < |a_0| = 4$: vô lý

Kết luận: Hệ thống rời rạc đã cho không ổn định.

Ví dụ 7.4: Xét ổn định của hệ có PTĐT sau theo tiêu chuẩn Jury:

$$A(z) = 16z^4 + 16z^3 - 4z - 1$$

Giải:

* Lập bảng Jury: $l = 4$, vậy bảng sẽ có $2l - 3 = 5$ hàng.

Hàng					
1	-1	-4	0	16	16
2	16	16	0	-4	-1
3	b_3	b_2	b_1	b_0	
4	b_0	b_1	b_2	b_3	
5	c_2	c_1	c_0		

Ta có:

$b_3 = \begin{vmatrix} -1 & 16 \\ 16 & -1 \end{vmatrix} = -255$	$b_2 = \begin{vmatrix} -1 & 16 \\ 16 & -4 \end{vmatrix} = -252$
$b_1 = \begin{vmatrix} -1 & 0 \\ 16 & 0 \end{vmatrix} = 0$	$b_0 = \begin{vmatrix} -1 & -4 \\ 16 & 16 \end{vmatrix} = 48$
$c_2 = \begin{vmatrix} b_3 & b_0 \\ b_0 & b_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -255 & 28 \\ 48 & -255 \end{vmatrix} = 62721$	$c_1 = \begin{vmatrix} -255 & 0 \\ 48 & -252 \end{vmatrix} = 64260$
$c_0 = \begin{vmatrix} -255 & -252 \\ 48 & 0 \end{vmatrix} = 12096$	

* Điều kiện ổn định:

1. $A(1) = 16 + 16 - 4 - 1 = 27 > 0$: thỏa mãn
2. $l = 4$ chẵn, $A(-1) = 16 - 16 + 4 - 1 = 3 > 0$: thỏa mãn
3. $l - 1 = 3$ điều kiện ràng buộc
 - a. $|a_l| = 1 < |a_0| = 16$: thỏa mãn
 - b. $|b_{l-1}| = 255 > |b_0| = 48$: thỏa mãn
 - c. $|c_{l-2}| = 62721 > |c_0| = 12096$: thỏa mãn

* Kết luận: Vậy hệ đã cho là ổn định.

7.2.3 Tiêu chuẩn ổn định tần số

7.2.3.1 Nguyên lý góc quay-Tiêu chuẩn Mikhailope

- Dựa vào tính chất tần số của đa thức đặc tính để xét tính ổn định của hệ thống.

Giả sử hệ thống ĐKTD có PTĐT dạng:

$$A(z) = a_0 z^l + a_1 z^{l-1} + \dots + a_{n-1} z + a_l = 0 \quad (7.11)$$

có nghiệm là z_i với $i = 1, 2, \dots, l$ thì đa thức đặc tính của nó có thể chuyển sang dạng:

$$A(z) = a_0 \prod_{i=1}^l (z - z_i) \quad (7.12)$$

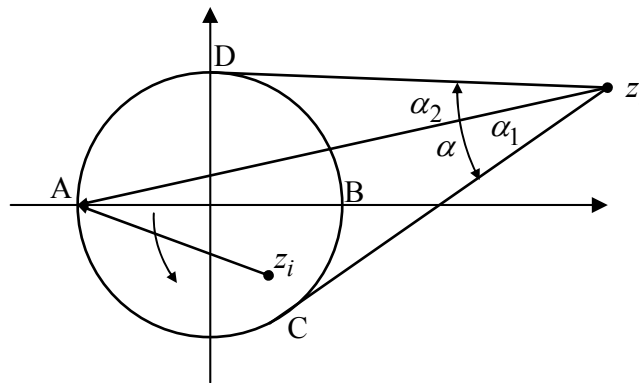
Nếu xét trên mặt phẳng z thì mỗi số hạng trong đa thức trên là một vector có chân tại điểm z_i và đỉnh nằm trên đường tròn đơn vị:

$$z = e^{jT\omega} = e^{j\Omega} \text{ với } -\pi \leq \Omega = T\omega \leq \pi$$

Vậy,

$$\Delta \arg A(z) = \sum_{i=1}^l \Delta \arg (z - z_i) \quad (7.13)$$

Hình 7.5 mô tả phân bố của các vector này cho hai trường hợp z_i nằm trong đường tròn đơn vị và z_i nằm ngoài đường tròn đơn vị.



Hình 7.5 Các vector $z - z_i$

- Khi z_i nằm trong đường tròn đơn vị: vector $z - z_i$ bắt đầu quay từ điểm A ($\Omega = -\pi$) ngược chiều kim đồng hồ đến điểm B ($\Omega = 0$) và quay tiếp đến điểm A ($\Omega = \pi$):

$$\Delta \arg (z - z_i) = 2\pi \quad (7.14)$$

- Khi z_i nằm ngoài đường tròn đơn vị: vector $z - z_i$ bắt đầu quay từ điểm A ($\Omega = -\pi$) ngược chiều kim đồng hồ đến điểm C được góc α_1 , tiếp tục quay theo chiều kim đồng hồ đến điểm D được góc $-\alpha$, cuối cùng quay ngược chiều kim đồng hồ về điểm A ($\Omega = \pi$) được góc α_2 . Như vậy, tổng góc quay của vector là $\alpha_1 - \alpha + \alpha_2 = 0$

$$\Delta \arg (z - z_i) = 0 \quad (7.15)$$

Hệ thống ổn định khi các nghiệm của PTĐT đều nằm trong đường tròn đơn vị thì góc quay của biểu đồ vector đa thức đặc tính là:

$$\Delta \arg(z - z_i) = 2l\pi \quad (7.16)$$

$$-\pi \leq \Omega \leq \pi$$

Trên thực tế, do tính đối xứng của các nghiệm phức nên chúng ta chỉ cần xét khi Ω thay đổi từ 0 đến π :

$$\Delta \arg(z - z_i) = l\pi \quad (7.17)$$

$$0 \leq \Omega \leq \pi$$

Từ những phân tích trên, tiêu chuẩn ổn định theo nguyên lý góc quay của hệ thống rời rạc, tương đương với tiêu chuẩn Mikhailope trong hệ liên tục, đã phát biểu như sau:

Hệ thống điều khiển rời rạc có PTĐT bậc l sẽ ổn định nếu biểu đồ vector đa thức đặc tính của nó quay một góc bằng $l\pi$ quanh gốc tọa độ khi Ω thay đổi từ 0 đến π .

Ví dụ 7.4: Xét ổn định của hệ thống rời rạc có PTĐT bậc nhất:

$$a_0z + a_1 = 0$$

Giải:

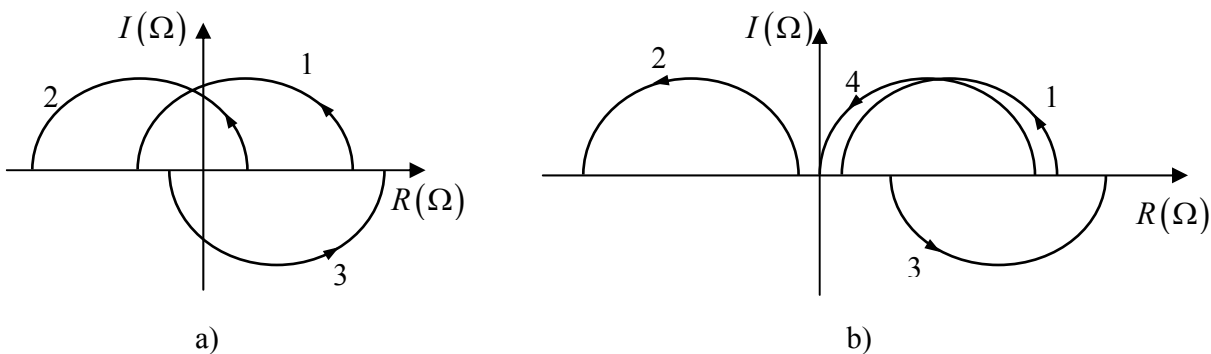
Thay $z = e^{j\Omega} = \cos \Omega + j \sin \Omega$ vào PTĐT ta được:

$$a_0 \cos \Omega + a_1 + ja_0 \sin \Omega = 0$$

Đặc tính phần thực: $R(\Omega) = a_0 \cos \Omega + a_1$

Đặc tính phần ảo: $I(\Omega) = a_0 \sin \Omega$

Hình 7.6a mô tả biểu đồ đa thức đặc tính của hệ ổn định (khi $|a_1| < |a_0|$) còn hình 7.6b mô tả biểu đồ đa thức đặc tính của hệ không ổn định và ở biên giới ổn định (khi $a_1 \geq a_0$)



Hình 7.6 Biểu đồ đa thức đặc tính

Trong hình 7.6a:

- + Đường 1 tương ứng với cả hai điều kiện khi cả hai hệ số a_1 và a_0 đều dương.
- + Đường 2 tương ứng với a_1 âm và a_0 dương.

+ Đường 3 tương ứng với a_1 dương và a_0 âm.

Theo tiêu chuẩn Mikhailope thì cả ba trường hợp này hệ thống đều ổn định vì biểu đồ đa thức đặc tính của nó bao góc tọa độ một góc bằng π .

Trong hình 7.6b:

+ Đường 1 tương ứng với cả hai điều kiện khi cả hai hệ số a_1 và a_0 đều âm.

+ Đường 2 tương ứng với a_1 âm và a_0 dương.

+ Đường 3 tương ứng với a_1 dương và a_0 âm.

Theo tiêu chuẩn Mikhailope thì cả ba trường hợp này hệ thống đều không ổn định vì biểu đồ đa thức đặc tính của nó bao góc tọa độ một góc bằng 0. Đường 4 ứng với trường hợp khi hệ thống ở biên giới ổn định ($a_1 = a_0$), biểu đồ đa thức đặc tính đi qua tâm tọa độ.

7.2.3.2 Tiêu chuẩn Nyquist

- Dùng xét ổn định cho cả hệ rời rạc hở và hệ rời rạc kín dựa vào đặc tính tần – biên – pha của hệ thống hở.

* *Phát biểu: Nếu hệ thống điều khiển rời rạc hở ổn định (tất cả các nghiệm $|z_i| < 1$) hoặc ở biên giới ổn định (có nghiệm $|z_i| = 1$) thì hệ thống kín sẽ ổn định nếu đặc tính TBP của hệ hở không bao điểm $(-1, j0)$.*

* *Khái niệm đường cong bao một điểm:*

Khái niệm bao và chứng minh tiêu chuẩn này hoàn toàn tương đương như đối với hệ thống liên tục tuyến tính.

Giả sử hệ thống rời rạc hở ổn định hoặc ở biên giới ổn định có hàm truyền đạt:

$$W_h(p) = \frac{Q(z)}{R(z)}$$

Trong đó $R(z)$ là đa thức đặc tính của hệ hở, bậc l và $Q(z)$ là đa thức tử số có bậc $< l$.

Do hệ hở ổn định nên:

$$\Delta \arg R(z) = l\pi \quad (7.18)$$

$$0 \leq \Omega \leq \pi$$

Hàm truyền đạt của hệ thống kín:

$$W_k(z) = \frac{W_h(z)}{1 + W_h(z)} = \frac{Q(z)}{R(z) + Q(z)} \quad (7.19)$$

Đa thức đặc tính của hệ thống kín là $G(z) = Q(z) + R(z)$. Theo tiêu chuẩn Mikhailope, hệ kín sẽ ổn định nếu:

$$\Delta \arg G(z) = l\pi \quad (7.20)$$

$$0 \leq \Omega \leq \pi$$

Xét biểu đồ của vector: $J(z) = 1 + W_h(z) = \frac{Q(z) + R(z)}{R(z)}$

Khi hệ kín và hệ hở ổn định thì:

$$\Delta \arg J(z) = \Delta \arg [Q(z) + R(z)] - \Delta \arg R(z) = l\pi - l\pi = 0 \quad (7.21)$$

$$0 \leq \Omega \leq \pi \quad 0 \leq \Omega \leq \pi \quad 0 \leq \Omega \leq \pi$$

Biểu đồ vector $J(z)$ không bao tâm tọa độ. Như vậy, đặc tính TBP của hệ thống hở không bao điểm $(-1, j0)$, vì biểu đồ vector $J(z)$ chính là đặc tính TBP của hệ hở dịch sang phải 1 đơn vị.

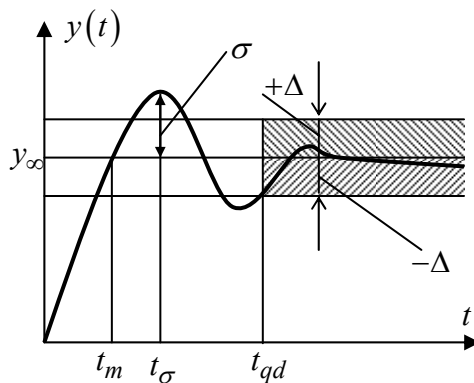
7.3. KHẢO SÁT CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG RỜI RẠC TUYẾN TÍNH

Tương tự như hệ thống ĐKTD liên tục, quá trình hoạt động của một hệ điều khiển rời rạc cũng được đặc trưng bởi sự vận hành của nó ở quá trình quá độ và xác lập. Bên cạnh đó, người ta cũng quan tâm khảo sát quá trình hoạt động của hệ thống khi có nhiễu, sự nhạy cảm của hệ thống khi có sự thay đổi về thông số và cấu trúc hệ thống. Sau đây, chúng ta sẽ khảo sát chất lượng của hệ thống rời rạc ở quá trình quá độ và ở trạng thái xác lập.

7.3.1 Khảo sát chất lượng hệ thống rời rạc ở quá trình quá độ

Tiêu chí ở quá trình quá độ được xác định theo hàm quá độ như ở hệ liên tục đối với hệ bậc 2 vì một mặt ở hệ bậc 2, chỉ tiêu chất lượng có thể được xác định bằng phương pháp giải tích, mặt khác các mối quan hệ này vẫn có ý nghĩa đối với các hệ bậc cao hơn.

Nếu chu kỳ lấy mẫu nhỏ hơn nhiều so với chu kỳ riêng của đối tượng thì điều khiển liên tục hay gián đoạn kiểu bậc thang nhờ bộ lưu giữ bậc 0 cũng cho đáp ứng giống nhau. Như vậy, tương tự như trong hệ liên tục, quá trình quá độ của hệ rời rạc cũng được đánh giá theo các tiêu chí:



Hình 7.7 Hàm quá độ của một hệ điều khiển RR

1. Độ quá điều chỉnh

Độ quá điều chỉnh được xác định bởi trị số cực đại của hàm quá độ so với trị số xác lập của nó:

$$\sigma\% = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\infty}} 100 \quad (7.22)$$

2. Thời gian quá độ

Thời gian quá độ t_{qd} được xác định bởi thời điểm mà hàm quá độ $y(t)$ không vượt ra khỏi biên giới của miền giới hạn Δ quanh trị số xác lập. $\Delta = \pm 5\%y_{\infty}$ hay có khi dùng $\Delta = \pm 2\%y_{\infty}$.

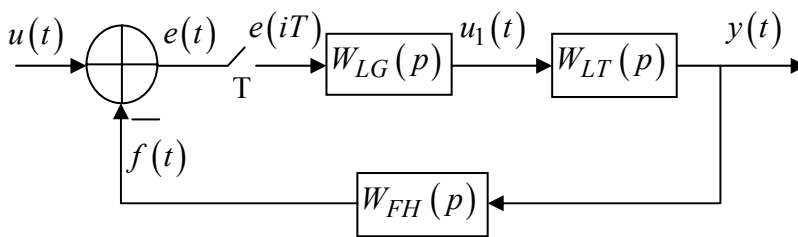
3. Thời gian đáp ứng

Thời gian đáp ứng t_m xác định bởi thời điểm mà hàm quá độ lần đầu tiên đạt được trị số xác lập y_{∞} khi có quá điều chỉnh.

4. Thời gian có quá điều chỉnh

Thời gian có quá điều chỉnh t_{σ} được xác định bởi thời điểm hàm quá độ đạt cực đại.

7.3.2 Khảo sát chất lượng hệ thống rời rạc ở trạng thái xác lập



Hình 7.8 Hệ thống ĐKTD RR tuyến tính

Chất lượng của hệ thống của hệ thống rời rạc cũng được phản ánh qua sai số xác lập, sai số càng nhỏ hệ thống có chất lượng càng cao, nếu hệ thống có chất lượng lý tưởng thì sai số này sẽ bằng 0. Sau đây ta sẽ khảo sát sai số này.

Dựa vào phần 6.4.2, ta có thể tính được sai lệch giữa tín hiệu vào và ra của hệ thống kín như sau:

$$E(z) = \frac{1}{1 + Z \{W_{LG}(p).W_{LT}(p).W_{FH}(p)\}} U(z) \quad (7.23)$$

trong đó $e(t)$ là sai lệch tĩnh ở chế độ xác lập ($e(\infty)$).

Theo định lý về mối quan hệ giữa hàm ảnh và hàm gốc trong biến đổi Z ta sẽ xác định được sai số xác lập hay sai lệch tĩnh ở chế độ xác lập như sau:

$$e(\infty) = \lim_{i \rightarrow T} e(iT) = \lim_{z \rightarrow 1} (1 - z^{-1}) E(z) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} E(z) \quad (7.24)$$

+ Khi $u(t) = 1(t) \rightarrow U(z) = \frac{z}{z-1}$. Ta có sai số xác lập được xác định như sau:

$$e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{1}{1 + Z \{W_{LG}(p).W_{LT}(p).W_{FH}(p)\}} \quad (7.25)$$

+ Khi $u(t) = t \rightarrow U(z) = \frac{Tz}{(z-1)^2}$. Ta có sai số xác lập được xác định như sau:

$$e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{T}{(z-1) \left[1 + Z \{ W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p) \} \right]} \quad (7.26)$$

7.4 TỔNG HỢP HỆ RỜI RẠC

7.4.1 Tổng hợp hệ rời rạc trong không gian trạng thái

Trong phần 6.3.3, ta đã biết cách mô tả một hệ thống rời rạc trong miền không gian trạng thái cũng như cách chuyển từ hệ liên tục sang hệ rời rạc. Các tiêu chí để tổng hợp hệ thống trong miền trạng thái là tính điều khiển được và quan sát được của nó. Các tiêu chuẩn này lần đầu tiên cho Kalman đưa ra.

Giả sử hệ thống được mô tả bởi phương trình trạng thái:

$$\begin{cases} x(i+1) = A_d x(i) + B_d u(i) \\ y(i) = C_d x(i) + D_d u(i) \end{cases} \quad (7.27)$$

Ta sẽ xác định các điều kiện quan sát được và điều khiển được như sau.

7.4.1.1 Tính điều khiển được

Một hệ thống được gọi là điều khiển được nếu ta có thể tìm được một vector điều khiển $u(i)$ để chuyển được hệ thống từ một trạng thái ban đầu bất kỳ $x(0)$ đến một trạng thái cuối bất kỳ $x(n)$ trong một khoảng thời gian giới hạn.

Hệ thống rời rạc được mô tả bởi (7.27) sẽ điều khiển được hoàn toàn khi và chỉ khi ma trận sau có hạng bằng n .

$$M = \begin{bmatrix} A_d^{n-1} \cdot B_d & A_d^{n-2} \cdot B_d & \dots & B_d \end{bmatrix} \quad (7.28)$$

$$\text{rank}(M) = n \quad (7.29)$$

Ví dụ 7.5: Cho hệ thống cấp 2 sau:

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} x_1(i+1) \\ x_2(i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(i) \\ x_2(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} u(i) \\ y(i) = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1(i) \\ x_2(i) \end{bmatrix} \end{cases}$$

Xét tính điều khiển được của hệ thống?

Giải:

Hệ thống trên sẽ có $A_d = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$, $B_d = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$, $C_d = [1 \ 0]$, $n = 2$

Theo tiêu chuẩn điều khiển được hoàn toàn của Kalman, ta tính:

$$A_d \cdot B_d = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Vậy $M = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$, $\det M = -4 \neq 0$ nên $\text{rank}(M) = 2$

Kết luận: Hệ thống là điều khiển được hoàn toàn.

7.4.1.2 Tính quan sát được

Một hệ thống được gọi là quan sát được nếu từ các số liệu đo được ở đầu ra, ta có thể xác định được các trạng thái $x(i)$ (các ước lượng trạng thái).

Hệ thống rời rạc được mô tả bởi (7.27) sẽ quan sát được hoàn toàn khi và chỉ khi ma trận sau có hạng bằng n .

$$N = \begin{bmatrix} C_d' & A_d' \cdot C_d' & \dots & (A_d')^{n-1} \cdot C_d' \end{bmatrix} \quad (7.30)$$

$$\text{rank}(N) = n \quad (7.31)$$

Ví dụ 7.6: Vẫn với hệ thống đã cho ở ví dụ 7.5, hệ thống có điều khiển được hoàn toàn không?

Giải: Với các số liệu đã cho, ta có:

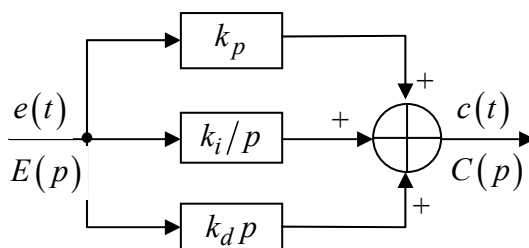
$$A_d' \cdot C_d' = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ -2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix}$$

Vậy: $N = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}$, $\det N = -2 \neq 0$ nên $\text{rank}(N) = 2$

Kết luận: Hệ thống quan sát được hoàn toàn.

7.4.2 Bộ điều chỉnh PID số

Bộ điều chỉnh PID (Proportional – Intergral - Derivative) liên tục được mô tả trên hình 7.9 gồm 3 kênh song song là tỉ lệ, tích phân và vi phân.



Hình 7.9 Bộ điều chỉnh PID liên tục

- + Khâu tỉ lệ có hệ số truyền k_p
- + Khâu tích phân có tỉ số truyền k_i/p
- + Khâu vi phân có tỉ số truyền $k_d \cdot p$

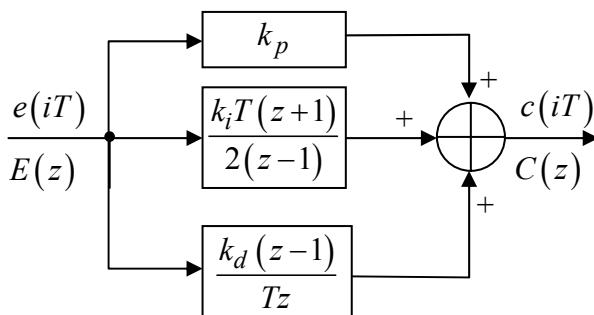
Đối với khâu tích phân số, ta có nhiều cách thể hiện và nếu theo phương pháp tích phân hình thang ta sẽ có hàm truyền là: $\frac{k_i T (z+1)}{2(z-1)}$.

Còn khâu vi phân số, sau khi biến đổi ta sẽ có hàm truyền đạt là: $\frac{k_d \cdot (z-1)}{T \cdot z}$

Hàm truyền đạt của bộ điều chỉnh PID số được mô tả trên hình 7.12.

$$W_{PID}(z) = k_p + \frac{k_i T (z+1)}{2(z-1)} + \frac{k_d \cdot (z-1)}{T \cdot z} \quad (7.32)$$

$$= \frac{(k_i T^2 + 2k_d + 2k_p T)z^2 + (k_p T^2 - 2k_p T - 4k_d)z + 2k_d}{2Tz(z-1)}$$



Hình 7.10 Bộ điều chỉnh PID số

Ví dụ 7.7: Cho hệ thống điều khiển có hàm truyền đạt:

$$W_0(p) = \frac{10}{(p+1)(p+2)}$$

và hàm truyền đạt của khâu ZOH là $W_{LG}(p) = \frac{1-e^{-Tp}}{p}$

Xét hoạt động của hệ thống khi mắc thêm bộ điều khiển PID với chu kỳ lấy mẫu $T = 0.1(s)$?

Giải:

Theo công thức (6.36) ta có:

$$Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p)\} = (1-z^{-1}).Z\left\{\frac{W_{LT}(p)}{p}\right\} \quad (7.33)$$

Dùng công thức biến đổi z ta tính được:

$$\begin{aligned} W_{LTQD}(z) &= Z\{W_{LG}(p).W_0(p)\} \\ &= (1-z^{-1}).Z\left\{\frac{10}{(p+1)(p+2)}\right\} \end{aligned}$$

Vậy:

$$W_{LTQD}(z) = \frac{0.0453(z+0.904)}{(z-0.905)(z-0.819)}$$

Hàm truyền đạt mạch kín khi không có bộ PID là:

$$W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{0.0453(z+0.904)}{z^2 - 1.679z + 0.782} \quad (7.34)$$

+ Khi hệ thống có thêm bộ điều chỉnh PID với các tham số:

$$k_p = 1; k_i = 0.997 \text{ và } k_d = 0$$

Hàm truyền đạt của bộ điều chỉnh PID là:

$$W_{PID}(z) = 1.0499 \frac{z-0.905}{z-1} \quad (7.35)$$

Lúc đó hàm truyền đạt của hệ kín (bao gồm khâu ZOH, đối tượng và bộ điều chỉnh PID) là:

$$W_h(z) = W_{PID}(z).W_{LTQD}(z) = \frac{0.0453(z+0.904)}{(z-1)(z-0.819)} \quad (7.36)$$

Khi đó ta có thể tính được hàm truyền đạt của cả hệ kín khi có bộ điều chỉnh PID.

7.4.3 Tổng hợp hệ ổn định vô tận

Một đặc điểm quan trọng của hệ thống điều khiển rời rạc khác với hệ thống tuyến tính liên tục là tồn tại khả năng ổn định vô tận. Đây chính là chỉ tiêu tác động nhanh của hệ thống điều khiển rời rạc mà cơ sở lý thuyết của nó có thể trình bày như sau:

Nếu tất cả các nghiệm p_i của PTĐT lùi xa đến âm vô cùng thì nó chỉ có nghiệm duy nhất $z_i = 0$. Trong trường hợp này, PTĐT của hệ rời rạc $G(z) = 0$ phải tồn tại điều kiện:

$$a_1 = a_2 = \dots = a_l = 0 \quad (7.37)$$

và chỉ còn lại dạng:

$$G(z) = a_0.z^l = 0 \quad (7.38)$$

Hàm truyền đạt của hệ thống có $m = l - 1$ là:

$$W(z) = \frac{b_0 z^{l-1} + b_1 z^{l-2} + \dots + b_{l-2} z + b_{l-1}}{a_0 z^l} \quad (7.39)$$

hay

$$W(z) = B_0 z^{-1} + B_1 z^{-2} + \dots + B_{l-2} z^{-l+1} + B_{l-1} z^{-l} \quad (7.40)$$

trong đó $B_i = b_i / a_0$.

Như đã nói ở chương 6, chuyển đổi Laplace rời rạc của hàm quá độ xung là hàm truyền đạt của hệ thống rời rạc, nghĩa là:

$$W^*(p) = \sum_{n=0}^{\infty} k(nT) e^{-pnT} \quad (7.41)$$

hay viết dưới dạng toán tử z :

$$W(z) = \sum_{n=0}^{\infty} k(nT) z^{-n} \quad (7.42)$$

Hai công thức (7.41) và (7.42) đều mô tả hàm truyền đạt của hệ thống rời rạc nên ta có thể rút ra kết luận:

$$\begin{aligned} k(0) &= 0; \quad k(T) = B_0; \quad k(2T) = B_1; \dots; \quad k(lT) = B_{l-1} \\ k(nT) &= 0 \quad \text{khi } n > l \end{aligned} \quad (7.43)$$

Như vậy, quá trình quá độ xung $k(nT)$ của hệ thống kết thúc trong một khoảng thời gian nhất định $t = lT$.

Hàm quá độ xung $k(nT)$ là đáp ứng đầu ra của hệ thống khi tác động ở đầu vào là xung Diract. Khi đầu vào của hệ thống cho tác động bởi một hàm bất kỳ $x(nT)$ thì tín hiệu ra của hệ thống được xác định bằng tích chập các hàm $x(nT)$ và $k(nT)$ theo công thức:

$$y(nT) = \sum_{m=0}^n x(mT) \cdot k[(n-m)T] \quad (7.44)$$

Đặt $j = n - m \rightarrow m = n - j$, ta có:

$$y(nT) = \sum_{j=n}^0 x[(n-j)T] \cdot k(jT) \quad (7.45)$$

Đặt $m = j$ và chuyển tổng từ $j = n$ đến 0 thành $j = 0$ đến n thì từ (7.45) ta có:

$$y(nT) = \sum_{m=0}^n x[(n-m)T] \cdot k(mT) \quad (7.46)$$

Ta nhận thấy rằng, theo (7.46), khi tồn tại điều kiện (7.43) thì quá trình quá độ của hệ thống sẽ kết thúc sau một khoảng thời gian nhất định $m=l$ do các số hạng trong (7.46) bằng 0 khi $m > l$ và công thức này có thể chuyển thành:

$$y(nT) = \sum_{m=0}^l x[(n-m)T].k(mT) \quad (7.47)$$

Quá trình quá độ của hệ thống kết thúc sau một khoảng thời gian ngắn nhất $t_d = lT$. Vì vậy hệ thống còn được gọi là tối ưu tác động nhanh. Khi tín hiệu vào là hàm bậc thang $A.1(t)$ thì tọa độ giá trị ra theo thời gian được xác định như sau:

$$y(0) = 0$$

$$y(T) = A.k(T)$$

$$y(2T) = A.[k(T) + k(2T)]$$

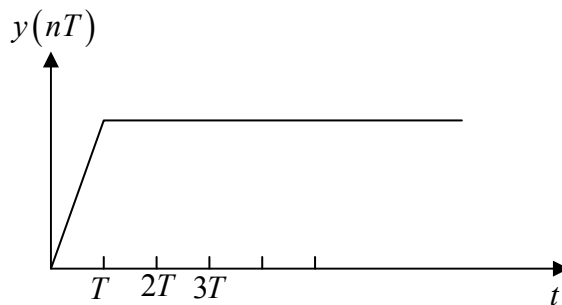
$$y(3T) = A.[k(T) + k(2T) + k(3T)]$$

.....

$$y(lT) = A.[k(T) + k(2T) + \dots + k(lT)]$$

Do $k(nT) = 0$ khi $n > l$ nên các giá trị tiếp theo đều bằng $y(lT)$. Quá trình quá độ kết thúc tại thời điểm $t = lT$.

Hình 7.11 mô tả quá trình quá độ của hệ thống điều khiển rời rạc tối ưu tác động nhanh khi $l=1$. Quá trình quá độ kết thúc sau 1 bước lấy mẫu.



Hình 7.11 Quá trình quá độ trong hệ thống tối ưu tác động nhanh

TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 7

Về một khía cạnh nào đó, các hệ thống rời rạc tuyến tính có mối tương đồng so với các hệ thống liên tục tuyến tính:

+ Về tính ổn định của hệ thống, mối quan hệ giữa điều kiện ổn định của hệ thống trong miền p (hệ liên tục) và trong miền z (hệ rời rạc) được thể hiện qua bảng 7.1. Hệ thống rời rạc sẽ ổn định khi tất cả các điểm cực của hệ thống (nghiệm của PTĐT) nằm hoàn toàn trong vòng tròn đơn vị. ($|z| < 1$)

+ Nếu sau khi dùng phương pháp biến đổi bảo toàn hình dạng cho hệ rời rạc, ta hoàn toàn có thể áp dụng các tiêu chuẩn xét tính ổn định cho hệ liên tục như tiêu chuẩn Routh, Hurwitz (phương pháp này chỉ xét cho các hệ có PTĐT bậc thấp). Nếu PTĐT của hệ thống có bậc cao thì ta dùng phương pháp đại số xét ổn định cho hệ thống theo tiêu chuẩn Jury. Một chú ý là hệ rời rạc khó ổn định hơn hệ liên tục (ví dụ, hệ liên tục có PTĐT bậc nhất với các hệ số dương sẽ luôn ổn định nhưng hệ rời rạc thì phải kèm theo điều kiện $|a_0| > |a_1|$).

+ Tiêu chuẩn nguyên lý góc quay trong hệ rời rạc tương đương với tiêu chuẩn Mikhailope dùng xét ổn định cho hệ liên tục tiêu tiêu chuẩn tần số.

+ Khi xét các chỉ tiêu chất lượng của hệ rời rạc, ta cũng chú đến các thông số như độ quá điều chỉnh cực đại, thời gian quá độ... và sai số của hệ thống ở trạng thái xác lập.

+ Xét đặc điểm của hệ thống trong không gian trạng thái ta cũng xét tính điều khiển được hoàn toàn và quan sát được hoàn toàn của hệ thống.

Một đặc điểm của hệ thống rời rạc mà hệ thống liên tục không có là tồn tại khả năng ổn định vô hạn của hệ thống.

BÀI TẬP

Bài 1.

Điều kiện để một hệ thống rời rạc tuyến tính ổn định là các nghiệm của PTĐT:

- Có phần thực nhỏ hơn 0
- Có phần thực lớn hơn 0
- Nằm trong đường tròn đơn vị
- Nằm ngoài đường tròn đơn vị

Bài 2.

Sau khi đặt biến phụ theo phương pháp biến đổi bảo toàn hình dạng, ta có thể xét tính ổn định của một hệ thống rời rạc theo các tiêu chuẩn ổn định của

- Hệ liên tục
- Hệ rời rạc

Bài 3.

Điều kiện cần để một hệ thống rời rạc ổn định là các hệ số của PTĐT dương?

- Đúng
- Sai

Bài 4.

Khi tín hiệu vào $u(t) = t$, sai số xác lập của hệ rời rạc được xác định theo công thức nào?

- a.
$$e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{T}{1 + Z \{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$$
- b.
$$e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{1}{(z-1) \left[1 + Z \{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\} \right]}$$
- c.
$$e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{T}{(z+1) \left[1 + Z \{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\} \right]}$$
- d.
$$e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{T}{(z-1) \left[1 + Z \{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\} \right]}$$

Bài 5.

Hàm truyền đạt của bộ điều khiển PID số?

- a.
$$W_{PID}(z) = k_p + \frac{k_i T (z+1)}{2(z-1)} + \frac{k_d \cdot (z-1)}{T \cdot z}$$
- b.
$$W_{PID}(z) = k_p + \frac{k_d T (z+1)}{2(z-1)} + \frac{k_i \cdot (z-1)}{T \cdot z}$$
- c.
$$W_{PID}(z) = k_i + \frac{k_p T (z+1)}{2(z-1)} + \frac{k_d \cdot (z-1)}{T \cdot z}$$
- d.
$$W_{PID}(z) = k_d + \frac{k_i T (z+1)}{2(z-1)} + \frac{k_p \cdot (z-1)}{T \cdot z}$$

Bài 6.

Cho hệ thống được biểu diễn trong không gian trạng thái dạng:

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} x_1(i+1) \\ x_2(i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(i) \\ x_2(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} u(i) \\ y(i) = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1(i) \\ x_2(i) \end{bmatrix} \end{cases}$$

Ma trận điều khiển được và hạng của ma trận?

Bài 7.

Cho hệ thống được biểu diễn trong không gian trạng thái dạng:

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} x_1(i+1) \\ x_2(i+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(i) \\ x_2(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} u(i) \\ y(i) = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} x_1(i) \\ x_2(i) \end{bmatrix} \end{cases}$$

Ma trận quan sát được và hạng của ma trận?

Bài 8.

Với tín hiệu vào $u(t) = 1(t)$, sai số xác lập của hệ rời rạc được xác định theo công thức nào?

- $e(\infty) = \lim_{z \rightarrow \infty} \frac{1}{1 + Z \{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$
- $e(\infty) = \lim_{z \rightarrow T} \frac{1}{1 + Z \{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$
- $e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{1}{1 + Z \{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$
- $e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{1}{1 + Z \{W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$

Bài 9.

Điều kiện để hệ thống có PTĐT bậc nhất dạng: $a_0z + a_1 = 0$ ổn định theo phương pháp bảo toàn hình dạng là gì?

Bài 10.

Giả sử hệ thống rời rạc có PTĐT dạng: $2z^2 + 3z + 4 = 0$.

Chuyển về hệ liên tục tuyến tính tương đương theo phương pháp biến đổi bảo toàn hình dạng?

Bài 11.

Một trong những điều kiện để hệ thống rời rạc có phương trình đặc trưng ổn định theo tiêu chuẩn Jury là:

- $A(-1) > 0$ nếu l chẵn và $A(-1) < 0$ nếu l lẻ

- b. $A(-1) < 0$ nếu l chẵn và $A(-1) > 0$ nếu l lẻ
- c. $A(-1) = 0$ nếu l chẵn và $A(-1) < 0$ nếu l lẻ
- d. $A(-1) > 0$ nếu l chẵn và $A(-1) = 0$ nếu l lẻ

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI VÀ ĐÁP ÁN BÀI TẬP

CHƯƠNG 1

Bài 1:

- Vẽ được sơ đồ khối của hệ thống
- Nêu được chức năng của các khối
- Nêu được các tín hiệu có trong hệ thống

Bài 2: Đáp án c.

c. Hàm truyền đạt của hệ thống là tỉ số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào của hệ thống đó biểu diễn theo biến đổi Laplace với điều kiện đầu triệt tiêu.

Bài 3: Đáp án c.

c. các điểm cực (pole)

Bài 4:

- Từ phương trình vi phân đặc các biến trạng thái
- Viết được phương trình trạng thái mô tả hệ thống dạng
- $$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases}$$
- Vẽ được sơ đồ dạng tổng quát biểu diễn hệ thống trong không gian trạng thái.

Bài 5:

- Nêu cách xây dựng hàm truyền tần số
- Trình bày cách tính đặc tính biên tần, pha tần, biên tần logarithm và pha tần logarithm của hệ hở.

Bài 6:

- Nêu cách xây dựng hàm truyền tần số
- Trình bày cách tính đặc tính biên tần, pha tần của hệ kín

Bài 7:

Đáp án c.

c. $W = W_1.W_2.W_3$

Bài 8:

Đáp án a.

a. Tín hiệu đó phải đi qua một khối mới có hàm truyền đạt chính bằng khối đó.

Bài 9:

Đáp án b.

b. Tín hiệu đó phải đi qua một khối mới có hàm truyền đạt bằng nghịch đảo của khối đó.

Bài 10:

- Chuyển tín hiệu ra từ trước ra sau khối W_3 .
- Tìm hàm truyền đạt của hệ thống:

$$W(p) = \frac{W_1 W_2 W_3}{1 + W_2 W_3 + W_1 W_2}$$

Bài 11:

- Chuyển tín hiệu ra từ trước ra sau khối $W_b(p)$.
- Tìm hàm truyền đạt của hệ thống:

$$W(p) = \frac{W_a W_b}{1 + W_a W_c + W_a W_b W_c W_d}$$

Bài 12:

Đáp án a.

a. $W_{ij} = X_j / X_i$

Bài 13:

Đáp án a.

a. $W_k(p) = \frac{W_h(p)}{1 + W_h(p)}$

Bài 14:

Đáp án b.

b. Các điểm cực

CHƯƠNG 2

Bài 1.

Đáp án c.

c. $1(t)$

Bài 2.

Đáp án a.

a. $\delta(t)$

Bài 3.

Đáp án d.

d. Cả bốn đặc tính trên (BT, PT, TBP, PTL).

Bài 4.

- Chỉ có một tín hiệu vào và một tín hiệu ra
- Tín hiệu chỉ truyền đi một chiều, nghĩa là khi có tín hiệu vào thì có tín hiệu ra nhưng tín hiệu ra không ảnh hưởng đến tín hiệu vào.
- Quá trình động học của phần tử được biểu diễn bằng phương trình vi phân không quá bậc hai.

Bài 5.

- Nêu được sự khác nhau về PTVP, hàm truyền đạt
- Sự khác nhau giữa các đặc tính thời gian
- Sự khác nhau giữa các đặc tính tần số
- Sự khác nhau về mối quan hệ giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào (theo pha)

Bài 6.

- Vì các đặc tính tần số có tính chất đối xứng.
- Nêu được đặc tính tần số nào đối xứng qua đâu? (BT, TBP đối xứng qua trục thực, PT đối xứng qua gốc tọa độ)

Bài 7.

Đáp án c.

c. $p = j\omega$

Bài 8.

Chứng minh rằng khâu trễ có $R^2(\omega) + I^2(\omega) = 1$

Bài 9.

Đáp án c.

c. $A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)}$

Bài 10.

Đáp án b.

b. Hai tín hiệu vào và ra là đồng pha với nhau

Bài 11.

Đáp án b.

b. Sai

Bài 12.

- Viết hàm truyền đạt hệ hở dưới dạng tích của các khâu cơ bản nối với nhau
- Kết luận là hệ hở gồm hai khâu tích phân, một khâu quán tính bậc 1 và một khâu vi phân

CHƯƠNG 3

Bài 1.

Đáp án c.

c. Hệ hở ở biên giới ổn định

Bài 2.

Đáp án a.

a. Hệ thống kín ở biên giới ổn định

Bài 3.

Thực chất đây là bài toán tìm các tham số để hệ ổn định

Bước 1. Tìm đa thức đặc trưng $A(p)$ của hệ thống kín

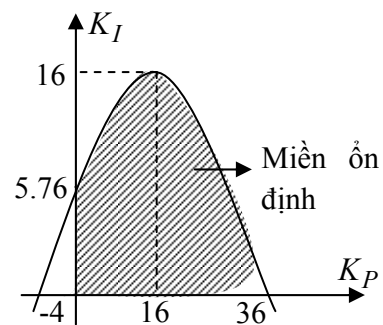
$$A(p) = p^4 + 5p^3 + 8p^2 + (4 + K_P)p + K_I$$

Bước 2. Xét ổn định

+ Điều kiện cần:
$$\begin{cases} K_P > 0 \\ K_I > 0 \end{cases}$$

+ Điều kiện đủ: Xét ổn định theo tiêu chuẩn Routh:

Bảng Routh:



$$\begin{array}{ccc} 1 & 8 & K_I \\ 5 & 4 + K_P & 0 \\ -K_P + 36 & 5K_I & \\ (4 + K_P)(-K_P + 36) - 25K_I & 0 & \end{array}$$

$$\text{Điều kiện ổn định: } \begin{cases} K_P < 36 \\ K_I < \frac{(K_P + 4)(-K_P + 36)}{25} \end{cases}$$

Kết hợp điều kiện cần ta có điều kiện để hệ ổn định là:

$$\begin{cases} K_P > 0 \\ K_I > 0 \\ K_P < 36 \\ K_I < \frac{(K_P + 4)(-K_P + 36)}{25} \end{cases}$$

Bài 4.

Từ sơ đồ cấu trúc ta có hàm truyền đạt của hệ hở:

$$W_h(p) = \frac{2kp + 1}{2p(2p^2 + 3p + 1)(p + 1)}$$

+ Hàm truyền đạt của hệ kín:

$$W_k(p) = \frac{2kp + 1}{2p(2p^2 + 3p + 1)(p + 1) + 2kp + 1}$$

+ PTĐT của hệ thống kín:

$$2p(2p^2 + 3p + 1)(p + 1) + 2kp + 1 = 0$$

$$\Leftrightarrow 4p^4 + 10p^3 + 8p^2 + 2(k + 1)p + 1 = 0$$

+ Điều kiện cần để hệ ổn định: $k > -1$

+ Lập bảng Routh (sau khi chia các phần tử dòng 2 cho 2):

$$\begin{array}{ccc} 4 & 8 & 1 \\ 5 & k + 1 & 0 \\ 36 - 4k & 5 & \\ -4k^2 + 32k + 11 & & \end{array}$$

Điều kiện ổn định là các số hạng trong cột đầu tiên của bảng Routh dương

$$\Rightarrow \begin{cases} k < 9 \\ -0.33 < k < 8.33 \end{cases}$$

Kết với điều kiện cần, ta có điều kiện để hệ kín ổn định là: $-0.33 < k < 8.33$

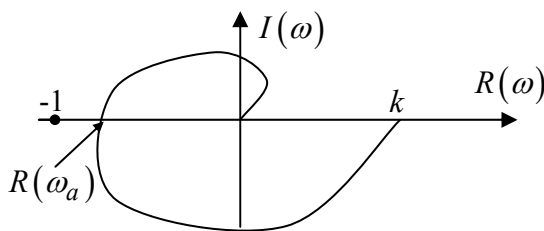
Bài 5.

+ Xét ổn định của hệ hở:

$$\text{PTĐT của hệ hở: } (2p^3 + 2p^2 + 3p + 1)(p + 1) = 0$$

Phương trình $p + 1 = 0$ cho ta nghiệm $p = -1$

Phương trình $2p^3 + 2p^2 + 3p + 1 = 0$ cho các nghiệm nằm bên trái trục ảo vì có $a_1 a_2 = 6 > a_0 a_3 = 2$. Vậy hệ hở ổn định. Trong trường hợp này, theo tiêu chuẩn Nyquist, hệ kín ổn định khi đặc tính TBP hệ hở không bao điểm $(-1, j0)$ và có đồ thị tương đương như hình 3.11.



Hình 3.11 Đặc tính TBP của hệ hở khi hệ kín ổn định

Vậy hệ kín ổn định khi:

$$\begin{cases} -1 < R(\omega_a) \\ k = R(0) > -1 \end{cases} \quad (\omega_a \text{ là tần số mà tại đó đặc tính TBP cắt trục thực})$$

+ Khảo sát đặc tính TBP hệ hở: thay $p = j\omega$ vào hàm truyền đạt hệ hở, tách phần thực và phần ảo, ta có:

$$R(\omega) = \frac{k(2\omega^4 - 5\omega + 1)}{(2\omega^4 - 5\omega + 1)^2 + j(4\omega - 4\omega^3)^2}$$

$$I(\omega) = \frac{k(4\omega - 4\omega^3)}{(2\omega^4 - 5\omega + 1)^2 + j(4\omega - 4\omega^3)^2}$$

Cho $I(\omega) = 0$ ta tìm được $\omega_a = 1$. Thay vào công thức $R(\omega)$ ta được $R(\omega) = -k/2$ và $R(0) = k$. Vậy hệ ổn định khi $-k/2 > -1$ và $k > -1$. Vậy hệ kín ổn định khi $-1 < k < 2$.

Bài 6.

Đáp án c.

c. Số hạng cuối cùng trong cột đầu tiên của bảng Routh bằng 0 và các số hạng còn lại trong cột đầu tiên của bảng Routh dương

Bài 7.

Đáp án a.

a.

Bài 8.

Đáp án b.

b. Sai

Bài 9.

Đáp án c.

c.

Bài 10.

Đáp án c.

c. $n\pi/2$

Bài 11.

Đáp án b.

b. Không bao điểm $(-1, j0)$

Bài 12.

Đáp án a.

a. $k\pi$

Bài 13.

- Thay $T=2$, tìm được hàm truyền đạt của hệ thống kín:

$$W_k = \frac{4}{2p^2 + p + 5}$$

Xác định được phương trình đặc trưng của hệ thống kín:

$$2p^2 + p + 5 = 0$$

- Xét tính ổn định của hệ thống theo một trong các tiêu chuẩn đã học

* Điều kiện cần: $a_0, a_1, a_2 > 0$, thỏa mãn

* Điều kiện đủ:

Tính nghiệm của phương trình đặc trưng:

$$p_{1,2} = \frac{-1 \pm i\sqrt{39}}{8}$$

* Kết luận: hệ ổn định

Bài 14.

- Xác định được phương trình đặc trưng:

$$p^2 + p + k + 1 = 0$$

- Xét ổn định

+ Điều kiện cần: $k > -1$

+ Điều kiện đủ:

Lập bảng Routh, xác định điều kiện để $b_0 > 0$

$$b_0 = k + 1 > 0 \Rightarrow k > -1$$

+ Kết luận: hệ ổn định khi $k > -1$

CHƯƠNG 4

Bài 1.

Đáp án d.

d. bậc vô sai tĩnh của hệ thống

Bài 2.

Đáp án c.

$$c. \partial = \lim_{p \rightarrow 0} pE(p)$$

Bài 3.

Đáp án a.

a. $\sigma\% = \frac{y_{\max} - y_{\infty}}{y_{\infty}} 100$

Bài 4.

Đáp án a.

a. $I_1 \rightarrow \min$

Bài 5.

Đáp án b.

b. có

Bài 6.

Đáp án d.

d. $k/(k+1)$

Bài 7.

Đáp án a.

a. đúng

Bài 8.

Đáp án d.

d. $I_4 = \int_0^{\infty} \left[e^2 + \alpha \left(\frac{de}{dt} \right)^2 \right] dt$

Bài 9.

- Viết được biểu thức tính sai lệch tĩnh của hệ thống
- Tìm được $U(p)$
- Tìm được sai số $\partial = \frac{1}{k+1}$

Bài 10.

Đáp án b.

b. $1/p$

CHƯƠNG 5

Bài 1.

Đáp án b.

b. Sai

Bài 2.

Đáp án a.

a. Khâu khuếch đại

Bài 3.

- Vì giá trị điều khiển x chỉ đạt được giá trị xác lập (quá trình điều khiển đã kết thúc) khi $e = 0$.
- Cho ví dụ minh họa

Bài 4.

Đáp án b.

b. Đúng

Bài 5.

Đáp án d.

d. Từ 0 đến $\pi/2$

Bài 6.

Đáp án a.

a. Cho phép tồn tại sai lệch tĩnh

Bài 7.

Đáp án b.

b. Đúng

Bài 8.

Đáp án a.

a. Triệt tiêu sai lệch tĩnh

Bài 9.

- Viết được công thức tính sai số xác lập của hệ thống

$$\partial = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{p}{1 + W_h(p)} U(p)$$

- Từ $u(t)$ tìm $U(p)$ theo biến đổi Laplace
- Tìm được sai số của hệ thống: $\partial = 0$

Bài 10.

Đáp án d.

$$d. P = \begin{bmatrix} B & A.B & A^2.B & \dots & A^{n-1}.B \end{bmatrix}$$

Bài 11.

- Viết được công thức tính ma trận quan sát được

$$N = [C' \quad A'C']$$

- Tính ma trận quan sát được theo các thông số đã cho

$$N = \begin{bmatrix} 1 & [0.5 & -2] \\ 0 & [1.5 & 3] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.5 \\ 0 & 1.5 \end{bmatrix}$$

- Xét điều kiện để hệ thống quan sát được hoàn toàn

$$\det(N) = 1.5 \neq 0 \Rightarrow \text{rank}(N) = 2 = n$$

Kết luận: Hệ quan sát được hoàn toàn

Bài 12.

- Viết được công thức tính ma trận điều khiển được

$$P = [B \quad AB]$$

- Tính ma trận điều khiển được theo các thông số đã cho

$$P = \begin{bmatrix} -1 & [-0.5 & 3] \\ 0 & [-2 & 1] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -0.5 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$$

- Xét điều kiện để hệ thống điều khiển được hoàn toàn

$$\det(P) = -2 \neq 0 \Rightarrow \text{rank}(P) = 2 = n$$

Kết luận: Hệ điều khiển được hoàn toàn.

CHƯƠNG 6

Bài 1.

Đáp án b.

b. Lượng tử hóa theo thời gian

Bài 2.

Đáp án a.

a. $W_{LG}(p) = \frac{1}{p} (1 - e^{-pT})$

Bài 3.

$y(j+1) + y(j) = 0$ với $j = i + 2$.

Bài 4.

Đáp án b.

b. Sai

Bài 5.

$$W(z) = \frac{0.008}{z-1} + \frac{0.00267}{1.005z-1} - \frac{0.01067}{1.002z-1}$$

Bài 6.

$$W(z) = \frac{0.000834}{1.0025z-1} + \frac{0.0025}{1.005z-1} - \frac{0.00334}{1.01z-1}$$

Bài 7.

$$\begin{cases} x(i+1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1-e^{-0.1} & e^{-0.1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1(i) \\ x_2(i) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -e^{-0.1} \end{bmatrix} u(i) \\ y(i) = [0 \quad 1] \cdot \begin{bmatrix} x_1(i) \\ x_2(i) \end{bmatrix} \end{cases}$$

Bài 8.

Đáp án c.

$$c. W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p)\}}{1+Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p).W_{FH}(p)\}}$$

Bài 9.

Đáp án a.

$$a. W_k(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p)\}}{1+Z\{W_{LG}(p).W_{LT}(p).W_{FH}(p)\}}$$

Bài 10.

Đáp án d.

$$d. A_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1} \cdot \left[I + \frac{TA}{2} \right]; B_d = \left[I - \frac{TA}{2} \right]^{-1} \cdot T \cdot B; C_d = C; D_d = D$$

Bài 11.

Đáp án b.

$$b. A_d = I + TA; B_d = TB; C_d = C; D_d = D$$

Bài 12.

- Viết được công thức tính A_d, B_d, C_d theo các thông số trong hệ liên tục:

$$\begin{cases} A_d = I + TA \\ B_d = TB \\ C_d = C \end{cases}$$

- Tính cụ thể A_d, B_d, C_d theo các thông số đã cho

$$A_d = \begin{bmatrix} 1.125 & 0.375 \\ -0.5 & 1.75 \end{bmatrix}$$

$$B_d = \begin{bmatrix} 0.25 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C_d = [1 \quad 0]$$

- Viết được phương trình trạng thái biểu diễn hệ xung - số

$$\begin{cases} x(i+1) = \begin{bmatrix} 1.125 & 0.375 \\ -0.5 & 1.75 \end{bmatrix} x(i) + \begin{bmatrix} 0.25 \\ 0 \end{bmatrix} u(i) \\ y(i) = [1 \quad 0] x(i) \end{cases}$$

CHƯƠNG 7

Bài 1.

Đáp án c.

c. Nằm trong đường tròn đơn vị

Bài 2.

Đáp án a.

a. Hệ liên tục

Bài 3.

Đáp án b.

b. Sai

Bài 4.

Đáp án d.

$$d. e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{T}{(z-1) \left[1 + Z \{ W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p) \} \right]}$$

Bài 5.

Đáp án a.

$$a. W_{PID}(z) = k_p + \frac{k_i T (z+1)}{2(z-1)} + \frac{k_d \cdot (z-1)}{T \cdot z}$$

Bài 6.

- Viết được công thức tính ma trận điều khiển được của hệ thống số:

$$M = [A_d \cdot B_d \quad B_d]$$

- Tính $M = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$, $\text{rank}(M) = 2$

- Kết luận hệ điều khiển được hoàn toàn

Bài 7.

- Viết được công thức tính ma trận điều khiển được của hệ thống số:

$$N = [C_d' \quad A_d' \cdot C_d']$$

- Tính $N = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}$, $\text{rank}(N) = 2$

- Kết luận hệ quan sát được hoàn toàn

Bài 8.

Đáp án c.

$$c. e(\infty) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{1}{1 + Z \{W_{LG}(p) \cdot W_{LT}(p) \cdot W_{FH}(p)\}}$$

Bài 9.

- Viết được công thức của phương pháp biến đổi bảo toàn hình dạng: $z = \frac{v+1}{v-1}$
- Xét ổn định của hệ thống trong mặt phẳng v theo phương pháp đại số như cho hệ liên tục tuyến tính
- Kết luận điều kiện để hệ ổn định là $|a_0| > |a_1|$

Bài 10.

- Viết được công thức của phương pháp biến đổi bảo toàn hình dạng: $z = \frac{v+1}{v-1}$
- Tìm được phương trình tương đương trong mặt phẳng v là: $9v^2 - 4v + 3 = 0$

Bài 11.

Đáp án a.

a. $A(-1) > 0$ nếu l chẵn và $A(-1) < 0$ nếu l lẻ

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. *Lý thuyết Điều khiển tự động*, Phạm Công Ngô, NXB KHKT, 2001
- [2]. *Cơ sở điều khiển tự động*, Ngô Văn Hoà, NXB KHKT, 1999
- [3]. *Lý thuyết Điều khiển tự động thông thường và hiện đại*, Nguyễn Thương Ngô, NXB KHKT, 2005.
- [4]. *Điều khiển tự động*, Nguyễn Thị Phương Hà, NXB KHKT, 1996
- [5]. *Bài tập điều khiển tự động*, Nguyễn Thị Phương Hà, NXBKHKT, 1996
- [6]. *Automatic Control Systems*, Benjamin C. Kuo, Prentice - Hall International Editions, Seventh Edition 1995.
- [7]. *Modern Control System Theory and Design*, Stanley M. Shinnars, New York, 1992.
- [8]. *Feedback Control Systems*, John Van De Vegte, Prentice-Hall, 1991.
- [9]. *Modern Control Engineering*, Katsuhiko Ogata, Prentice-Hall, 1990.
- [10]. *Digital Control System Analysis and Design*, Charles L. Phillips & H. Troy Nagle, Prentice-Hall, 1992.
- [11]. *Applied Digital Control Theory, Design and Implementation*, Leigh J.R, London 1984.
- [12]. *Computer Controlled Systems Theory and Design*, Karl j. Astrom and Bjorn Wittenmark, Prentice-Hall Information and System Sciences Series, Thomas Kailath, Editor, 1984.

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
CHƯƠNG I. MÔ TẢ TOÁN HỌC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC	4
NỘI DUNG	4
1.1 GIỚI THIỆU CHUNG	4
1.2 CÁC PHƯƠNG PHÁP MÔ TẢ ĐỘNG HỌC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG.	6
1.3 CÁC QUY TẮC BIẾN ĐỔI SƠ ĐỒ KHỐI.....	14
1.4 GRAPH TÍN HIỆU	19
TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 1	21
BÀI TẬP	21
CHƯƠNG II. CÁC ĐẶC TÍNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC	25
NỘI DUNG	25
2.1 GIỚI THIỆU CHUNG	25
2.2 ĐẶC TÍNH THỜI GIAN CỦA PHẦN TỬ'.....	26
2.3 ĐẶC TÍNH TẦN SỐ CỦA PHẦN TỬ'.....	28
2.4 CÁC KHÂU ĐỘNG HỌC CƠ BẢN	31
TỔNG KẾT CÁC KHÂU ĐỘNG HỌC CƠ BẢN.	41
TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 2	41
BÀI TẬP	41
CHƯƠNG III. KHẢO SÁT TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC	44
NỘI DUNG	44
3.1 GIỚI THIỆU CHUNG	44
3.2 ĐIỀU KIỆN ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG	44
3.3 CÁC TIÊU CHUẨN ỔN ĐỊNH ĐẠI SỐ	46
3.4 CÁC TIÊU CHUẨN ỔN ĐỊNH TẦN SỐ	51
3.5 PHƯƠNG PHÁP QUỸ ĐẠO NGHIỆM SỐ	54
3.6 ĐỘ DỰ TRỮ ỔN ĐỊNH	58
TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 3	60
BÀI TẬP	61
CHƯƠNG IV. KHẢO SÁT CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC....	65

NỘI DUNG	65
4.1 GIỚI THIỆU CHUNG	65
4.2 KHẢO SÁT CHẤT LƯỢNG CỦA HỆ THỐNG Ở TRẠNG THÁI XÁC LẬP	65
4.3 KHẢO SÁT CHẤT LƯỢNG CỦA HỆ THỐNG Ở QUÁ TRÌNH QUÁ ĐỘ	68
4.4. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG QUA TIÊU CHUẨN TÍCH PHẦN	71
TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 4	75
BÀI TẬP	75
CHƯƠNG V. TỔNG HỢP HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG LIÊN TỤC	79
NỘI DUNG	79
5.1 GIỚI THIỆU CHUNG	79
5.2 CÁC PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG.....	79
5.3 HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG VỚI CÁC BỘ ĐIỀU CHỈNH CHUẨN PID.	83
5.4 TỔNG HỢP HỆ THỐNG TRONG KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI	87
TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 5	91
BÀI TẬP	91
CHƯƠNG VI. MÔ TẢ TOÁN HỌC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG RỜI RẠC	95
6.1 KHÁI NIỆM CHUNG	95
6.2 MÔ TẢ TOÁN HỌC TÍN HIỆU RỜI RẠC	97
6.3 MÔ TẢ TOÁN HỌC HỆ THỐNG RỜI RẠC	98
6.4 HÀM TRUYỀN ĐẠT TRONG HỆ THỐNG RỜI RẠC	103
TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 6	106
BÀI TẬP	106
CHƯƠNG VII. PHÂN TÍCH VÀ TỔNG HỢP HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG RỜI RẠC	110
NỘI DUNG	110
7.1 GIỚI THIỆU CHUNG	110
7.2 TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG RỜI RẠC.....	110
7.3. KHẢO SÁT CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG RỜI RẠC TUYẾN TÍNH.....	120
7.4 TỔNG HỢP HỆ RỜI RẠC	122
TÓM TẮT NỘI DUNG HỌC TẬP CHƯƠNG 7	127
BÀI TẬP	128
HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI VÀ ĐÁP ÁN BÀI TẬP	132
CHƯƠNG 1	132
CHƯƠNG 2	133

CHƯƠNG 3	135
CHƯƠNG 4	139
CHƯƠNG 5	141
CHƯƠNG 6	143
CHƯƠNG 7	145
TÀI LIỆU THAM KHẢO	148
MỤC LỤC	149

CƠ SỞ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

Mã số: 491LDK350

Chịu trách nhiệm bản thảo

TRUNG TÂM ĐÀO TẠO BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG 1

(Tài liệu này được ban hành theo Quyết định số: 828 /QĐ-TTĐT1 ngày 30/10/2006 của Giám đốc Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông)

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC
KHOA CÔNG NGHỆ TỰ ĐỘNG**

Giáo Trình:

**LÝ THUYẾT
ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG**

HÀ NỘI - 2009

MỤC LỤC

Chương I: **Định nghĩa và khái niệm cơ bản của hệ điều khiển tự động**

- 1.1 Một số định nghĩa và khái niệm thường dùng
- 1.2 Những nguyên tắc điều khiển cơ bản
- 1.3 Phân loại hệ thống điều khiển tự động
- 1.4 Nhiệm vụ môn học

Chương II: **Mô tả toán học hệ điều khiển tự động**

- 2.1 Khái niệm về mô tả toán học hệ điều khiển tự động
- 2.2 Mô hình toán học theo cấu trúc hàm truyền đạt
- 2.3 Tín hiệu tác động vào và phản ứng của khâu hay hệ
- 2.4 Đặc tính động học của các khâu cơ bản
- 2.5 Hàm truyền của hệ thống điều khiển và các đặc tính của hệ thống điều khiển
- 2.6 Mô tả toán học theo phương trình và mô hình trạng thái

Chương III: **Tiêu chuẩn ổn định hệ thống**

- 3.1 Khái niệm và thông số ảnh hưởng
- 3.2 Tiêu chuẩn ổn định Đại số (1,5 tiết)
- 3.3 Tiêu chuẩn ổn định tần số (2,5 tiết)
- 3.4 Lý thuyết phân vùng ổn định (1 tiết)
- 3.5 Độ dự trữ ổn định (1 tiết)
- 3.6 Tính điều khiển được và quan sát được của hệ điều khiển tuyến tính (1 tiết)

Chương IV: **Đánh giá chất lượng hệ điều khiển tự động**

- 4.1 Khái niệm và các chỉ tiêu chất lượng (1 tiết)
- 4.2 Đánh giá chất lượng hệ ở chế độ xác lập (1 tiết)
- 4.3 Đánh giá chất lượng hệ ở chế độ quá độ (1,5 tiết)
- 4.4 Đánh giá gián tiếp chất lượng hệ điều khiển ở chế độ quá độ (2,5tiết)

Chương V: **Tổng hợp hệ điều khiển tự động tuyến tính**

- 5.1 Khái niệm (0,5 tiết)
- 5.2 Ổn định hoá hệ thống (0,5 tiết)
- 5.3 Tổng hợp hệ thống theo đặc tính tần số (2 tiết)
- 5.4 Tổng hợp hệ thống theo phương pháp tối ưu (2 tiết)
- 5.6 Tổng hợp theo phương pháp gán điểm cực (3 tiết)
- 5.7 Tổng hợp theo phương pháp cân bằng mô hình (1 tiết)
- 5.8 Bộ điều chỉnh PID (1 tiết)

Chương VI: **Nâng cao chất lượng hệ ĐKTD tuyến tính**

- 6.1 Tổng hợp hệ thống theo phương pháp bù nhiễu.
- 6.2 Tổng hợp hệ thống theo phương pháp bù tín hiệu.
- 6.3 Hệ thống điều khiển thích nghi.
- 6.4 Phân ly hệ thống điều khiển tự động.

Chương VI: **Ứng dụng phần mềm Matlab.**

- 7.1 Giới thiệu phần mềm Matlab.
- 7.2 Malab – Controll systems.

CHƯƠNG I

KHÁI NIỆM VÀ CÁC NGUYÊN TẮC ĐIỀU KHIỂN CƠ BẢN

I. Một số định nghĩa và khái niệm thường dùng:

Lý thuyết điều khiển tự động là cơ sở lý thuyết của một ngành khoa học, nó nghiên cứu những nguyên tắc thành lập hệ tự động và các qui luật của các quá trình xảy ra trong hệ. Từ đó xây dựng được các hệ tối ưu hoặc gần tối ưu bằng những phương pháp kỹ thuật, đồng thời nghiên cứu quá trình tĩnh và động của hệ thống đó.

Với những phương pháp hiện đại của lý thuyết điều khiển tự động, chúng ta có thể lựa chọn được cấu trúc hệ thống hợp lý, xác định trị số tối ưu của các thông số. Đánh giá tính ổn định và các chỉ tiêu chất lượng trong quá trình điều khiển.

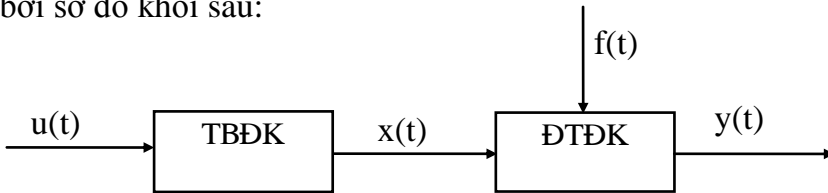
Một vài khái niệm có tính chất chung nhất của kỹ thuật điều khiển trong các ngành khoa học khác nhau. Không kể đến đặc điểm cụ thể, nguyên lý tác động và công dụng của các hệ thống đó, các khái niệm đó là:

- **Đối tượng điều khiển:** Là các thiết bị tạo ra đại lượng vật lý theo yêu cầu của công nghệ.
- **Thiết bị điều khiển:** Là thiết bị gia công tín hiệu điều khiển để tác động vào đối tượng điều khiển (ĐTĐK).
- **Tín hiệu điều khiển:** Là tín hiệu phù hợp để tác động vào ĐTĐK.

- **Điều khiển**: Là tập hợp tất cả các tác động được thực hiện lên đối tượng cần điều khiển theo một nguyên tắc, một quy luật nào đó nhằm thoả mãn các yêu cầu đặt ra.

- Một hệ thống không có sự tham gia trực tiếp của con người trong quá trình điều khiển được gọi là hệ thống điều khiển tự động.

Một cách tổng quát hệ thống điều khiển tự động được mô tả bởi sơ đồ khối sau:



Trong đó:

TBĐK: Thiết bị điều khiển, có nhiệm vụ tác động lên đối tượng điều khiển theo một quy luật nào đó để thoả mãn yêu cầu công nghệ.

ĐTĐK: Đối tượng cần điều khiển (Cơ cấu chấp hành), là tập hợp những phương tiện kỹ thuật như máy móc, thiết bị, khí cụ...chịu những tác động nào đó để đạt được mục đích điều khiển đề ra.

$u(t)$: Tín hiệu vào

$y(t)$: Tín hiệu ra.

$x(t)$: Tín hiệu điều khiển tác động lên đối tượng.

$f(t)$: Tín hiệu nhiễu loạn tác động vào hệ thống.

- **Tín hiệu**: là một hàm số phụ thuộc thời gian mang thông tin về các thông số kỹ thuật và được truyền tải bởi các đại lượng vật lý.

- Hệ đơn điệu: là hệ mà đại lượng $\frac{dy}{dt}$ không đảo dấu.

- Hệ đơn điệu: là hệ mà đại lượng $\frac{dy}{dt}$ có đảo dấu.

- **Phản hồi**: Là mối liên hệ ngược trích một phần năng lượng ở đầu ra quay lại không chế đầu vào. Bao gồm các loại phản hồi sau:

- Phản hồi **âm**: là mối liên hệ phản hồi mà tín hiệu phản hồi và tín hiệu đặt luôn ngược dấu nếu là một chiều và ngược pha nếu là xoay chiều, có tác dụng giữ ổn định cho hệ.

- Phản hồi **dương**: là mối liên hệ phản hồi mà tín hiệu phản hồi và tín hiệu đặt luôn cùng dấu nếu là một chiều và cùng pha nếu là xoay chiều, có tác dụng nâng cao hệ số khuếch đại và tạo nên hệ tự kích.

- Phản hồi **cứng**: là mối liên hệ phản hồi mà nó tham gia làm việc trong hệ cả ở chế độ quá độ và chế độ xác lập nhưng hiệu quả cơ bản là ở chế độ xác lập còn ở chế độ quá độ ít hiệu quả (thường bỏ qua), có tác dụng nâng cao chất lượng xác lập. Để tạo phản hồi cứng phải dùng các thiết bị có tính tỷ lệ như máy phát tốc, can nhiệt, mạch điện tử...

- Phản hồi **mềm**: là mối liên hệ phản hồi mà nó tham gia làm việc trong hệ ở chế độ quá độ còn chế độ xác lập không tham gia, có tác dụng nâng cao chất lượng quá độ. Để tạo phản

hồi mềm phải dùng các thiết bị có tính vi, tích phân như mạch R-C; R-L, cầu mềm (cầu động), biến áp vi phân...

Tổ hợp của bốn loại phản hồi trên tạo ra: Phản hồi âm cứng, dương mềm, âm mềm, dương cứng tùy theo từng trường hợp thực tế với yêu cầu cụ thể.

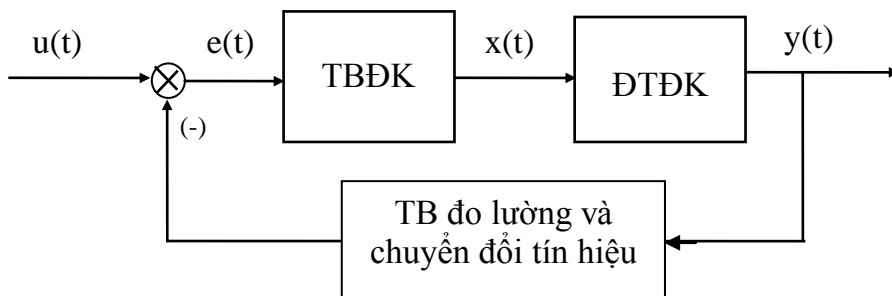
II. Những nguyên tắc điều khiển cơ bản

1. Nguyên tắc điều khiển theo sai lệch:

Là nguyên tắc mà tín hiệu điều khiển $x(t)$ được thành lập dựa trên sự sai lệch của lượng ra thực tế so với yêu cầu (đặt ở đầu vào).

$$x(t) = f[y(t) - u(t)] = f[e(t)]$$

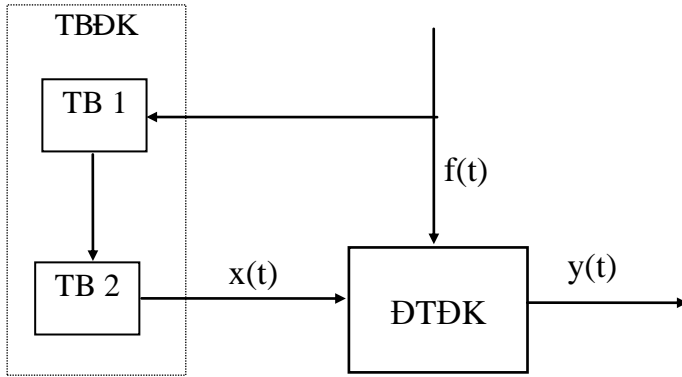
Sơ đồ cấu trúc như sau:



2. Nguyên tắc điều khiển theo nhiễu loạn (bù nhiễu):

Là nguyên tắc mà tín hiệu điều khiển $x(t)$ được thành lập dựa trên đo tín hiệu nhiễu và tạo hàm điều khiển để khử nhiễu ở đầu ra. $x(t) = f[f(t)]$

Những hệ thống được xây dựng theo nguyên tắc này là những hệ thống hở (không có phản hồi). Sơ đồ cấu trúc như sau:



Trong đó:

TB 1 là thiết bị để đo nhiễu.

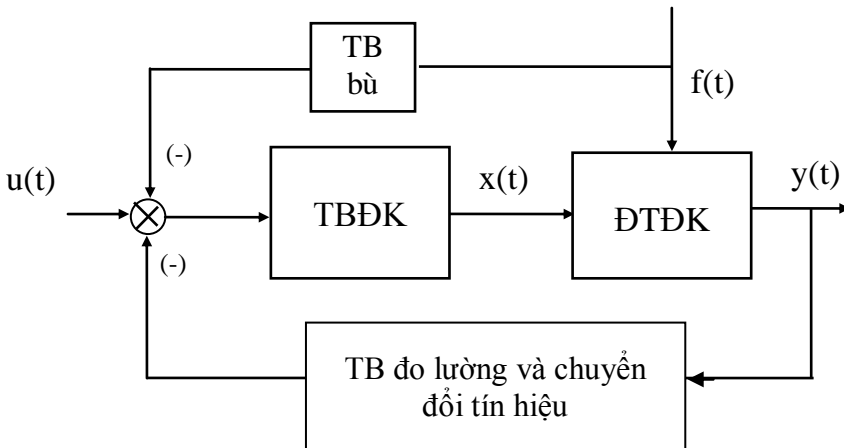
TB 2 là thiết bị để tạo ra tín hiệu điều khiển $x(t)$.

3. Điều khiển hỗn hợp (theo sai lệch và bù nhiễu):

Là nguyên tắc mà tín hiệu điều khiển $x(t)$ được thành lập dựa vào sự tổng hợp của hai phương pháp trên.

$$x(t) = f[e(t), f(t)]$$

Sơ đồ cấu trúc tổng quát như sau:



III. Phân loại các hệ thống tự động:

Hệ thống điều khiển tự động rất đa dạng, tùy thuộc vào các quan điểm khi phân loại mà ta có các cách phân loại khác nhau.

1. Phân loại theo nhiệm vụ:

- **Hệ điều khiển giữ ổn định**: là hệ khi lượng vào là giá trị đặt trước (chủ đạo) thì lượng ra biến đổi xung quanh giá trị yêu cầu với sai lệch nào đó. Ví dụ hệ điều khiển tự động giữ ổn định điện áp đầu ra máy phát; hệ tự động giữ ổn định nhiệt độ lò; hệ tự động giữ ổn định tốc độ trên trục động cơ... Để tạo ra hệ điều khiển này ta phải dùng phản hồi âm và để giữ ổn định đại lượng vật lý nào ta dùng phản hồi đại lượng đó.

- **Hệ điều khiển theo chương trình**: là hệ thống khi lượng vào biến đổi theo quy luật nào đó thì lượng ra cũng biến đổi theo qui luật ấy. Qui luật vào được gọi là chương trình điều khiển, nó có thể là qui luật theo không gian hoặc thời gian, có thể là liên tục hoặc rời rạc theo thời gian. Hiện nay qui luật được tạo nên do phần mềm điều khiển.

- **Hệ điều khiển tùy động**: là lượng ra biến đổi theo đúng qui luật của lượng vào nhưng lượng vào là hàm bất kỳ của không gian và thời gian hoàn toàn không biết trước, để tạo ra hệ này phải gồm hai phần:

+ **Hệ điều khiển theo chương trình**.

+ Thiết bị đo các đại lượng vật lý thực tế và gia công tạo chương trình điều khiển đầu vào.

Ví dụ: hệ điều khiển theo hướng của radar, các hệ điều khiển xe tự hành...

2. Phân loại theo phương pháp tác động:

- **Hệ điều khiển trực tiếp**: là hệ chỉ có thiết bị đo lường và cơ cấu điều khiển, với ưu điểm là đơn giản nhưng nhược điểm là sai số điều khiển lớn nên nó phù hợp với thiết bị gia đình như bàn là, nồi cơm điện, tủ lạnh...

- **Hệ điều khiển không trực tiếp**: là hệ ngoài thiết bị đo lường và cơ cấu điều khiển còn có khâu khuếch đại trung gian (khuếch đại sai lệch) có ưu điểm là độ chính xác cao nên thường là các hệ điều khiển dùng trong công nghiệp.

3. Phân loại theo nguyên tắc tác động:

- Hệ điều khiển liên tục: là hệ mà tín hiệu được xử lý trong hệ là tín hiệu liên tục theo thời gian, thiết bị sử dụng trong hệ là thiết bị tương tự và tính toán theo hệ thập phân.

- Hệ điều khiển rời rạc (hệ điều khiển xung -số): là hệ chỉ cần có một tín hiệu trong hệ là hàm rời rạc theo thời gian. Thiết bị được sử dụng trong hệ có thiết bị số và tính toán theo hệ nhị phân.

- Hệ điều khiển Role: là hệ mà trong nó tồn tại phần tử làm việc theo đặc tính role.

4. Theo mô tả toán học:

- Hệ tuyến tính: là hệ trong quá trình làm việc thông số của các phần tử không thay đổi hay là hệ thống có các phần tử được mô tả bởi phương trình vi phân tuyến tính. Đặc trưng cơ bản của hệ tuyến tính là chịu tác động của nguyên lý xếp chồng.

- Hệ phi tuyến: là hệ trong quá trình làm việc chỉ cần một thông số nào đó biến đổi hoặc có ít nhất một phần tử trong hệ là phi tuyến. Hệ phi tuyến không chịu tác động của nguyên lý xếp chồng.

5. Phân loại theo mạch vòng:

- Hệ thống hở (không có phản hồi)
- Hệ thống có một mạch vòng.
- Hệ thống có nhiều mạch vòng.

6. Theo khả năng thích nghi:

- Hệ không tự động thích nghi: khi môi trường thay đổi tác động vào hệ thống thì đặc tính của hệ không thay đổi.

- Hệ tự động thích nghi: tự chỉnh định các biến đổi của bên ngoài ảnh hưởng đến hệ thống và nó tự chọn chế độ thích ứng.

7. Theo khả năng nhận tín tức:

- Hệ tiền định: là hệ thống mà các lượng tác động vào hệ đã biết trước.

- Hệ không tiền định (hệ ngẫu nhiên) : những thông tin về các lượng tác động vào hệ thống hoàn toàn ngẫu nhiên.

8. Theo sai lệch:

- Hệ vô sai tĩnh : là hệ khi kết thúc quá trình điều khiển $e(t)$ ■■■.

- Hệ hữu sai: là hệ khi kết thúc quá trình điều khiển $e(t)$ ■■■

9. Theo dạng tiêu thụ năng lượng: hệ điều khiển điện, cơ, khí nén, thủy lực

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

IV.Nhiệm vụ của môn học: Môn học LTĐKTD phải giải hai bài toán kỹ thuật

1.Bài toán phân tích hệ thống:

Áp dụng cho các hệ điều khiển đã có ta phải phân tích, xác định được các chỉ tiêu của hệ như:

- Hệ có làm việc được hay không (có ổn định hay không).
- Chất lượng của hệ ở chế độ quá độ và chế độ xác lập.
- Thông số của các đại lượng điều khiển cho phép trong phạm vi nào.

2. Bài toán tổng hợp hệ thống (thiết kế hệ thống):

Áp dụng cho hệ điều khiển chưa có đi thiết kế mới. Xuất phát từ yêu cầu công nghệ (đơn đặt hàng) ta thành lập hệ thống đáp ứng và được thực hiện qua các bước:

- Khảo sát và tìm hiểu công nghệ, từ đó có các chỉ tiêu điều khiển cần.
- Từ các chỉ tiêu cần xây dựng nên bài toán điều khiển.
- Từ bài toán điều khiển xây dựng sơ đồ khối cho hệ thống.
- Thiết kế sơ đồ nguyên lý cho từng khối trong hệ và cả hệ thống.
- Tính chọn thông số cho các thiết bị trong hệ.
- Quay về bài toán một để kiểm tra, nếu chưa được ta hiệu chỉnh và kiểm tra cho đến khi đảm bảo yêu cầu công nghệ thì bài toán thiết kế kết thúc.
- Lắp thử và kiểm nghiệm thực tế.

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

CHƯƠNG II

MÔ TẢ TOÁN HỌC HỆ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

II-1 Khái niệm

Để khảo sát hệ điều khiển tự động (hệ gia công qui luật biến đổi tín hiệu) bắt buộc phải tìm qui luật biến đổi hàm do đó ta phải sử dụng công cụ toán học. Muốn vậy ta phải **chuyển đổi từ hệ điều khiển thực** cho bởi mô hình nào đó (sơ đồ nguyên lý, sơ đồ lắp giáp,...) **sang mô hình mô tả bằng toán học**, đó gọi là mô tả toán học cho hệ điều khiển. Khi chuyển mô hình phải thoả mãn các yêu cầu sau:

- Phải mô tả hệ là hệ điều khiển (hệ gia công tín hiệu).
- Khá chính xác nhưng dễ áp dụng.
- Có tính tổng quát: áp dụng được cho những hệ điều khiển với mục đích khác nhau và nguyên lý làm việc khác nhau.

Để thoả mãn các yêu cầu trên, trong điều khiển thường dùng các mô hình toán:

- **Phương trình vi phân**: không gian hàm gốc.
- **Sơ đồ cấu trúc** và **hàm truyền đạt**: không gian toán tử Laplace.
- **Đặc tính tần số**: không gian toán tử Fourier.
- Hệ phương trình trạng thái: **không gian trạng thái**.

II-2 Mô tả hệ điều khiển tự động bằng phương trình vi phân

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Để khảo sát một hệ thống tự động, ta phải mô tả được các phần tử trong hệ tự động bằng các biểu thức toán học thông qua phương trình vi phân. Mô hình một phần tử trong hệ tự động như hình vẽ:



Để mô tả quá trình động học xảy ra trong phần tử người ta thường dùng phương trình vi phân tuyến tính với dạng tổng quát như sau:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{du}{dt} + b_0 u$$

Hay:

$$a_0 y^{[n]}(t) + a_{n-1} y^{[n-1]}(t) + \dots + a_1 y'(t) + a_0 y(t) = b_m u^{[m]}(t) + b_{m-1} u^{[m-1]}(t) + \dots + b_1 u'(t) + b_0 u(t)$$

Trong đó: a_i, b_j là các hệ số.

Để tìm nghiệm $y(t) = f[u(t)]$ ta phải giải phương trình vi phân trên. Nhận thấy đây là phương trình vi phân không thuần nhất, nghiệm tổng quát của nó có dạng:

$$y(t) = y_{inh}(t) + y^*(t)$$

Với:

$y^*(t)$: Là nghiệm riêng của phương trình vi phân trên

$y^{(n)}(t)$: Là nghiệm tổng quát của phương trình vi phân thuần nhất



Nghiệm tổng quát của phương trình vi phân thuần nhất có dạng:

$$y^{(n)}(t) = \sum_{i=1}^n c_i e^{p_i t}$$

c_i : Là hệ số được xác định bởi các điều kiện ban đầu.

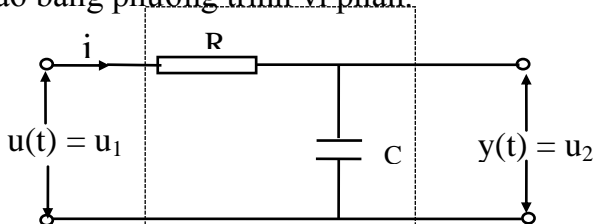
p_i : Là nghiệm thứ i của phương trình đặc tính.

Thay: $y^{(i)}(t)$ ($i=1, \dots, n$) vào phương trình vi phân thuần nhất ta được phương trình đặc tính (phương trình đặc trưng của phương trình vi phân thuần nhất)

$$a_0 p^n + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0$$

Nhận xét: Với trường hợp phương trình vi phân bậc thấp ta có thể giải nó nhanh chóng. Với trường hợp bậc cao việc giải phương trình vi phân để tìm nghiệm $y(t)$ bằng cách thông thường gặp nhiều khó khăn, nhiều khi **không giải được**. Để khắc phục nhược điểm này người ta chuyển từ giải trực tiếp phương trình vi phân sang giải bằng cách thông qua **toán tử Laplace**.

Ví dụ: Cho mạch điện như hình vẽ hãy mô tả quan hệ giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào bằng phương trình vi phân.



Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Từ sơ đồ nguyên lý ta viết phương trình vi phân mô tả phần tử:

$$u(t) = R \cdot i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

$$y(t) = u_2 = \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

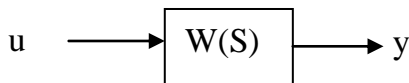
$$\text{Hay: } i(t) = C \frac{dy(t)}{dt}$$

Thay vào phương trình đầu ta được: $RC \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = u_1(t)$

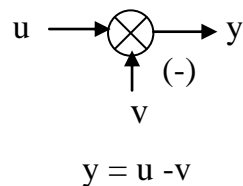
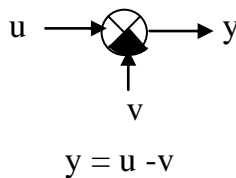
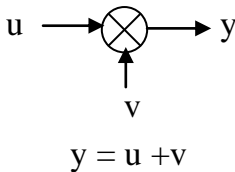
II-3 MÔ HÌNH TOÁN HỌC THEO CẤU TRÚC HÀM TRUYỀN ĐẠT

I. Sơ đồ cấu trúc

- Trong sơ đồ cấu trúc mỗi phần tử hay nhóm phần tử được mô tả bởi một ô hình chữ nhật trong đó có ghi hàm truyền đạt (ký hiệu $w(p)$). Các phần tử được nối với nhau bởi mũi tên chỉ hướng tác động hay hướng truyền tín hiệu.



- Tại các điểm có từ hai tín hiệu vào trở lên trong sơ đồ cấu trúc dùng nút cộng tín hiệu là vòng tròn gạch chéo, nếu ô quạt để trắng tín hiệu có dấu +, nếu ô quạt bôi đen hoặc ghi dấu (-) bên ngoài thì tín hiệu có dấu -



II. Hàm truyền đạt

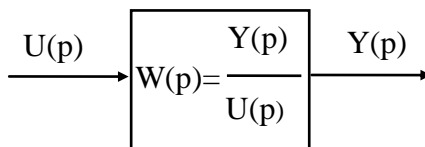
Hàm số truyền của phần tử tự động hay hệ thống (hay còn gọi là hàm truyền đạt) là tỷ số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào biểu diễn dưới dạng toán tử Laplace với điều kiện đầu triệt tiêu.

$$u(t) \quad \blacksquare \quad (p) = L[u(t)]$$

$$y(t) \quad \blacksquare \quad (p) = L[y(t)]$$

Khi đó: Hàm truyền được ký hiệu $W(p)$

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} \quad \text{điều kiện đầu triệt tiêu}$$



III. Phép biến đổi Laplace

1. Công thức tìm hàm ảnh khi biết hàm gốc:

Nếu $f(t)$ là hàm gốc, gọi $F(p)$ là hàm ảnh Laplace của nó thì:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-pt} \cdot dt$$

Với $f(t)$ là hàm liên tục và có đạo hàm liên tục trong khoảng khảo sát.

Quan hệ giữa hàm gốc và ảnh còn được viết theo ký hiệu sau: $f(t) \xrightarrow{L} F(p) = L[f(t)]$

Các tính chất cơ bản của chuyển đổi Laplace:

- Tính chất 1 (Tính chất đơn ánh): $X(p) = L[x(t)]; Y(p) = L[y(t)];$

Nếu $x(t) = y(t)$ thì $X(p) = Y(p)$.

- Tính chất 2 (Tính chất tuyến tính T): $X(p) = L[x(t)]; Y(p) = L[y(t)]$ khi đó:

$$L[a \cdot y(t) + b \cdot x(t)] = L[a \cdot y(t)] + L[b \cdot x(t)] = a \cdot Y(p) + b \cdot X(p)$$

- Tính chất 3 (phép dịch trục):

$X(p) = L[x(t)]$ và $y(t) = x(t-T)$ khi đó:

$$Y(p) = L[y(t)] = X(p)e^{-pT}$$

- Tính chất 4: $X(p) = L[x(t)]$ và $y(t) = x(t)e^{-at}$ khi đó:

$$Y(p) = L[y(t)] = X(p+a)$$

- Tính chất 5 (ảnh của khâu đạo hàm): $X(p) = L[x(t)]$

$$y(t) = \frac{dx(t)}{dt}$$

.

.

$$y(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2}$$

(Với các điều kiện đầu bằng 0)

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

- Tính chất 6 (ảnh của khâu tích phân): $X(p) = L[x(t)]$

$$y(t) \int_0^t x(\tau) d\tau \quad X(p) = \frac{X(p)}{p}$$

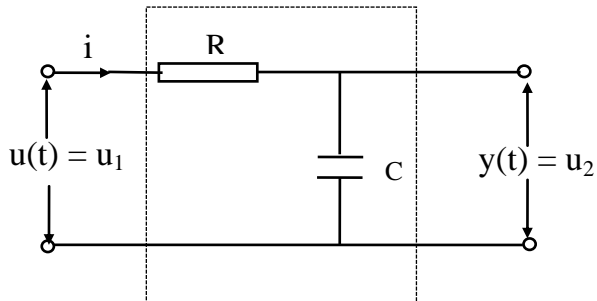
$$y(t) \int_0^t x(\tau) d\tau \quad X(p) = \frac{X(p)}{p}$$

- Định lý về giới hạn thứ nhất: $X(p) = L[x(t)]$ và tồn tại $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t)$ thì: $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pX(p)$

- Định lý về giới hạn thứ hai: $X(p) = L[x(t)]$ và tồn tại $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t)$ thì: $\lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pX(p)$

(Với các điều kiện đầu bằng 0)

Ví dụ: Dùng toán tử p tìm mối quan hệ giữa lượng ra và lượng vào của phần tử sau:



Từ sơ đồ nguyên lý ta viết phương trình vi phân mô tả phần tử:

$$u(t) = R \frac{dy(t)}{dt} + y(t)$$

$$y(t) = \frac{1}{R} \int u(t) dt + y(0)$$

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Chuyển sang toán tử p ta được:

$$U(p) = U_1(p) \cdot R \cdot I(p) \cdot \frac{I(p)}{C \cdot p} = I(p) \frac{RCp}{Cp}$$

$$Y(p) = U_2(p) \cdot \frac{I(p)}{C \cdot p}$$

(Với điều kiện ban đầu bằng 0)

Như vậy ta đã xác định được quan hệ giữa lượng ra và lượng vào:

$$\frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} \cdot \frac{1}{CRp} \cdot \frac{1}{Tp}; \quad (\text{Với } T = RC)$$

2. Công thức tìm hàm gốc khi biết hàm ảnh:

Nếu có hàm ảnh Laplace thì ta có thể xác định hàm gốc của nó.

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{\sigma - j\infty}^{\sigma + j\infty} F(p) e^{pt} dp$$

Quan hệ giữa hàm ảnh và gốc còn được viết theo ký hiệu sau:

$$F(p) \leftrightarrow f(t) = L^{-1}[F(p)]$$

Thông thường để đơn giản trong quá trình tính toán, phép biến đổi ngược laplace thường được sử dụng theo phương pháp sau: (biến đổi ngược hàm hữu tỷ).

Giả sử hàm $f(t)$ có ảnh laplace $F(p)$:

$$F(p) = \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{b_0 p^m}{a_0 p^n} \cdot \frac{b_m}{a_n}$$

Để tìm $f(t)$ ta thực hiện theo các bước sau:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

- Phân tích $F(p)$ thành tổng các phân thức tối giản (khai triển hệ vi sai)

$$F(p) = A + \sum_k \frac{A_{ki}}{(p - a_k)^i} + \sum_k \frac{B_k(p - a_k)}{(p - a_k)^2} + \sum_k \frac{C_k}{(p - a_k)^2}$$

Trong đó: A, A_{ki}, B_k, C_k là các hằng số. a_k là các nghiệm thực bội n và $\pm j\omega_k$ là các nghiệm phức liên hợp của phương trình $A(p) = 0$.

- Xác định hàm gốc cho từng phân tử trong tổng trên như sau:

$$\mathcal{L}^{-1}[A] = A \cdot \delta(t)$$

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{A_{ki}}{(p - a_k)^i}\right] = A_{ki} \frac{t^{i-1} e^{a_k t}}{(i-1)!} \mathcal{I}(t)$$

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{B_k(p - a_k)}{(p - a_k)^2}\right] = B_k e^{a_k t} \cos(\omega_k t) \mathcal{I}(t)$$

$$\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{C_k}{(p - a_k)^2}\right] = C_k e^{a_k t} \sin(\omega_k t) \mathcal{I}(t)$$

Ví dụ: Cho hàm ảnh $F(p) = \frac{1}{(p+1)(p+2)}$ hãy tìm hàm gốc $f(t)$

$$\text{Ta có: } F(p) = \frac{1}{(p+1)(p+2)} = \frac{1}{p+1} - \frac{1}{p+2}$$

Theo công thức ta có: $f(t) = (e^{-t} - e^{-2t}) \mathcal{I}(t)$

II.4 TÍN HIỆU TÁC ĐỘNG VÀ PHẢN ỨNG CỦA KHÂU HAY HỆ

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Với mỗi một khâu hay hệ thống tín hiệu tác động vào thường có hai loại. Tín hiệu tiền định và tín hiệu ngẫu nhiên. Trong phạm vi giáo trình này chúng ta chỉ xét tín hiệu vào khâu hay hệ là tín hiệu tiền định.

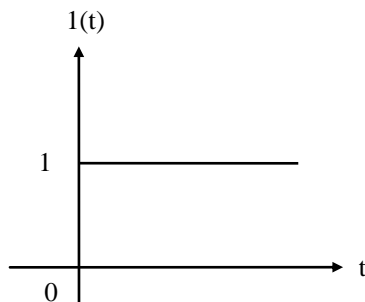
I. Tín hiệu tác động vào hệ:

1. Tín hiệu bậc thang đơn vị: $1(t)$

$$1(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 1 & t \geq 0 \end{cases}$$

Và:

$$1(t) = \int_{-\infty}^t \delta(\tau) d\tau$$



2. Tín hiệu xung đơn vị: $\delta(t)$

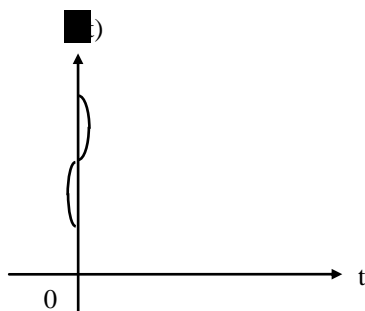
$$\delta(t) = \frac{d}{dt} 1(t)$$

Hay:

$$\int_{-\infty}^t \delta(\tau) d\tau = 1(t)$$

Và:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$$



3. Tín hiệu điều hoà:

Là tín hiệu có dạng:

$$x(t) = X_m \sin(\omega t + \phi)$$

$$\text{Hay: } x(t) = X_m e^{j(\omega t + \phi)}$$

$$\text{Và: } A \cdot \sin(\omega t + \phi) = \frac{A}{p^2} \left[A \cdot \sin(\omega t + \phi) \right]$$

$$A \cdot \cos(\omega t + \phi) = \frac{A \cdot p}{p^2}$$

4. Tín hiệu bất kỳ:

Tùy theo từng trường hợp khảo sát mà ta có thể phân tích tín hiệu theo hàm bất kỳ thành tín hiệu theo hàm $1(t)$ hay $\delta(t)$. Khi đó việc khảo sát hệ thực chất theo các tín hiệu trên.

- Biểu diễn tín hiệu bất kỳ $x(t)$ theo tín hiệu $1(t)$

$$x(t) = x_0 \cdot 1(t) + \int_0^t \frac{dx(t)}{dt} 1(t - \tau) d\tau$$

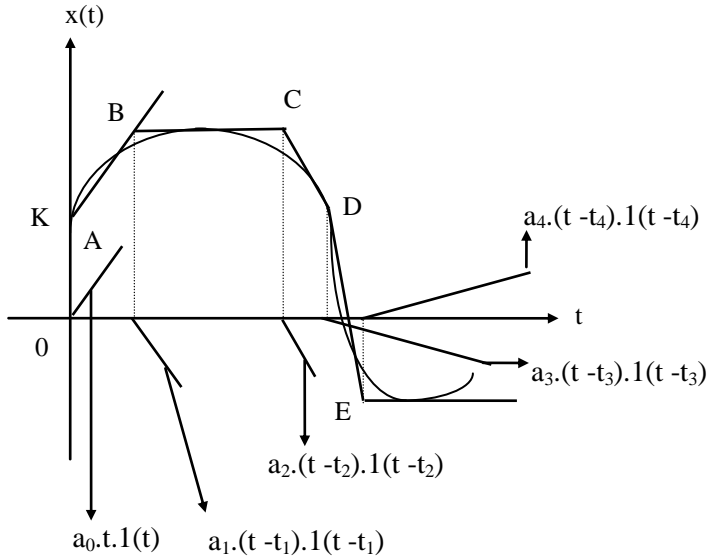
- Biểu diễn tín hiệu bất kỳ $x(t)$ theo hàm $\delta(t)$. Nếu hàm $x(t)$ xác định và liên tục với mọi giá trị của t thì:

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \delta(t - \tau) d\tau$$

Trong thực tế người ta thường sử dụng biểu thức gần đúng biểu diễn $x(t)$ theo $1(t)$ sau:

$$x(t) = x_0 \cdot 1(t) + \sum_i \left[x(t_i) \cdot 1(t - t_i) \right]$$

Ví dụ: Phân tích hàm $x(t)$ bất kỳ như hình vẽ theo hàm $1(t)$.



$x(t)$ [REDACTED]

II. Phản ứng của khâu hay hệ:

1. Đặc tính thời gian:

Đặc tính thời gian của phần tử hay hệ thống là sự thay đổi tín hiệu ra theo thời gian khi tín hiệu vào là các hàm $1(t)$, [REDACTED] hoặc tín hiệu bất kỳ $x(t)$.

Hàm quá độ $h(t)$: Mô tả sự thay đổi của tín hiệu ra khi tín hiệu vào là hàm bậc thang đơn vị **$1(t)$** .

Ta có:

Tín hiệu vào: $u(t)$ [REDACTED] $\frac{1}{p}$

Tín hiệu ra: $y(t)$ [REDACTED]

Hàm truyền của phần tử:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{H(p)}{\frac{1}{p}} \cdot H(p) \text{ Hay: } H(p) = \frac{1}{p} \cdot W(p)$$

Hàm trọng lượng k (t): Là phản ứng của phần tử khi tín hiệu vào là hàm xung đơn vị ($\delta(t)$).

Tín hiệu vào: $u(t)$

Tín hiệu ra: $y(t)$

Hàm truyền của phần tử:

$$W(p) = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K(s)}{1}$$

Hay: $K(p) = W(p)$

Từ $H(p)$ và $K(p)$ ta có mối liên hệ giữa $h(t)$ và $k(t)$:

$$h(t) = \int_0^t k(\tau) d\tau \text{ hay } k(t) = \frac{dh(t)}{dt}$$

2. Đặc tính tần số:

Đặc tính tần số của phần tử hay hệ thống là mối liên hệ giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào ở trạng thái xác lập khi thay đổi tần số của tín hiệu vào. Với tín hiệu vào biến đổi theo qui luật điều hoà.

Giả sử ở đầu vào phần tử cho tác động $u(t)$ có dạng:

$$u(t) = A_v \sin(\omega t)$$

thì sau thời gian quá độ, đầu ra của nó nhận được một dao động điều hoà khác có cùng **tần số**, khác **biên độ** và **lệch pha so** với $u(t)$ 1 góc ϕ

$$y(t) = A_R \sin(\omega t + \phi)$$

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Nếu giữ $A_V = \text{Const}$ và thay đổi ω thì A_R và ϕ sẽ thay đổi theo.

- Sự phụ thuộc của A_R vào ω được gọi là đặc tính pha tần số (PT) ký hiệu là $\phi(\omega)$

- Sự thay đổi của $A(\omega) = \frac{A_R}{A_V}$ theo ω được gọi là đặc tính biên độ tần số (BT).

- Hàm truyền tần số của phần tử:

Nếu đầu vào phần tử có dạng: $u(t) = A_V \cdot e^{j\omega t}$

Thì ở trạng thái xác lập đầu ra của phần tử là: $y(t) = A_R \cdot e^{j(\omega t + \phi)}$

Đồng thời:

$$\frac{d^m u}{dt^m} = A_V (j\omega)^m e^{j\omega t}$$

$$\frac{d^n y}{dt^n} = A_R (j\omega)^n e^{j(\omega t + \phi)}$$

Mặt khác theo phân tử ta có:

$$a_0 \cdot \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \cdot \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n \cdot y(t) = b_0 \cdot \frac{d^m u}{dt^m} + b_1 \cdot \frac{d^{m-1} u}{dt^{m-1}} + \dots + b_m \cdot \frac{du}{dt} + b_{m+1} \cdot u(t)$$

Thay vào biến đổi ta được:

$$[a_0 \cdot (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + \dots + a_n] A_R e^{j(\omega t + \phi)} = [b_0 (j\omega)^m + b_1 (j\omega)^{m-1} + \dots + b_m] A_V e^{j\omega t}$$

Chuyển đổi biểu thức trên và đặt:

$$W(j\omega) = \frac{A_R}{A_V} \frac{b_0 (j\omega)^m + b_1 (j\omega)^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + \dots + a_n}$$

$W(j\omega)$ được gọi là hàm truyền tần số của phần tử với:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

$A(\omega) = \frac{A_R}{A_V}$: Là biên độ của $W(j\omega)$

$\phi(\omega)$: Là góc pha của $W(j\omega)$

Mặt khác ta có hàm truyền đạt của phần tử là:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{b_m p^m + \dots + b_0}{a_n p^n + \dots + a_0}$$

So sánh ta thấy rằng có thể nhận được hàm truyền tần số của phần tử từ hàm truyền đạt của nó bằng cách thay $p = j\omega$

- Đặc tính tần số phần thực và phần ảo:

Tách phần thực và phần ảo của $W(j\omega)$ ta được

$W(j\omega) =$

$$A(\omega) e^{j\phi(\omega)} = \frac{R_1(\omega) I_1(\omega)}{R_2(\omega) I_2(\omega)} = \frac{R_1(\omega) I_1(\omega)}{R_2(\omega) I_2(\omega)} e^{j\phi(\omega)}$$

Trong đó:

$$R(\omega) = \frac{R_1(\omega) I_1(\omega)}{R_2(\omega) I_2(\omega)}$$

được gọi là đặc tính tần số phần

thực của phần tử.

$$I(\omega) = \frac{R_2(\omega) I_2(\omega)}{R_1(\omega) I_1(\omega)}$$

được gọi là đặc tính tần số phần

ảo của phần tử.

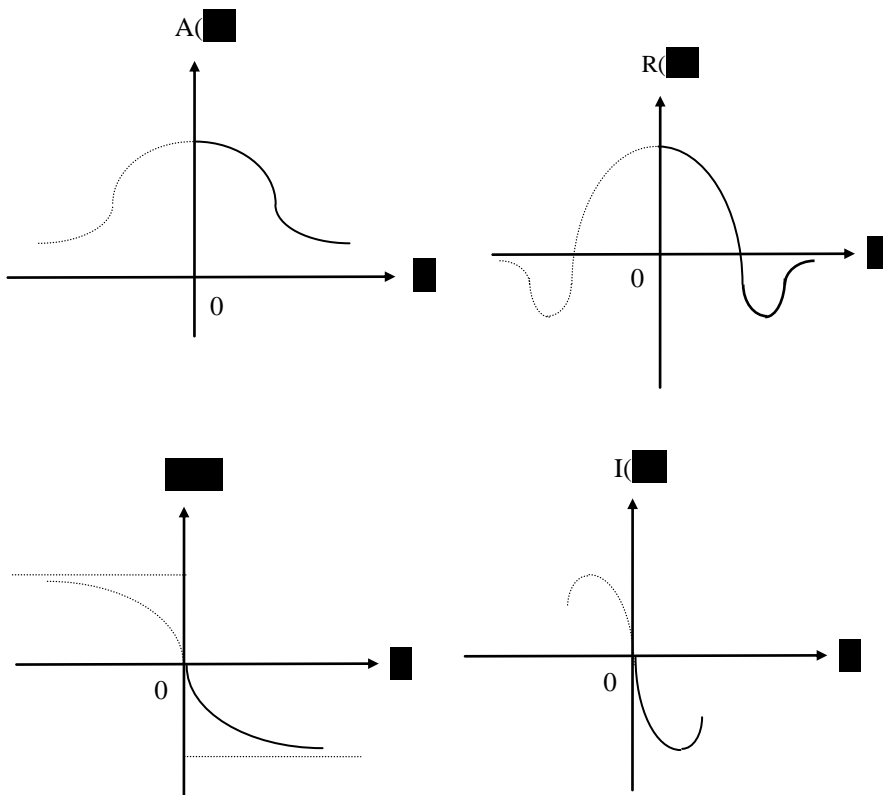
Khi đó đặc tính biên độ tần số và đặc tính pha tần số xác định theo biểu thức:

$$A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)}$$

$$\phi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)}$$

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Đặc tính $A(\omega)$ và $R(\omega)$ là các hàm chẵn đối xứng qua trục tung.
 Đặc tính $I(\omega)$ là các hàm lẻ đối xứng qua gốc tọa độ.



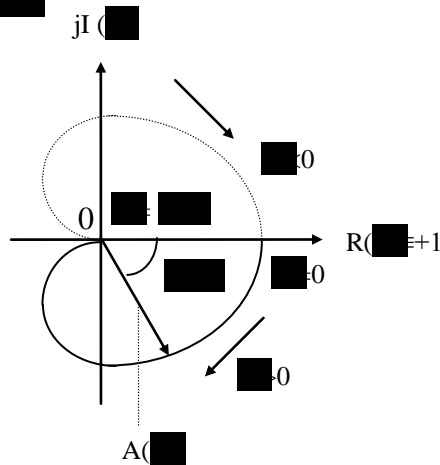
- Đặc tính tần số biên pha: (ĐTBP)

Cho ω biến thiên (từ $-\infty$ đến ∞) biểu diễn hàm truyền đạt tần số

$$W(j\omega) = R(\omega) + j.I(\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

trên mặt phẳng phức ta sẽ được đặc tính tần số biên pha.

Đặc tính tần số biên pha gồm hai nhánh đối xứng nhau qua trục thực. Nên khi khảo sát và vẽ ĐTBP ta chỉ cần xét trong đoạn $0 \leq \omega < \infty$



- **Đặc tính tần số logarit:**

Lấy **logarit 2** vế hàm truyền tần số $W(j\omega) = A(\omega)e^{j\phi(\omega)}$ ta được:

$$\ln W(j\omega) = \ln A(\omega) + j\phi(\omega)$$

Người ta gọi:

- $\ln A(\omega)$: đặc tính biên độ tần số logarit (BTL). Để đơn giản cho tính toán chuyển từ ln sang lg.

- $\phi(\omega)$: đặc tính pha logarit (PTL).

Đặc tính biên độ tần số logarit $L(\omega)$ được vẽ trên hệ trục tọa độ vuông góc, với:

- **Trục tung** biểu diễn biên độ **đơn vị tính là decibel (db)**.

1 Đêxiben bằng $\frac{1}{10}$ bel. Bel là đơn vị đo logarit **thập phân** của

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

hệ số khuếch đại công suất của tín hiệu. 1 bel ứng với khuếch đại công suất lên 10 lần, 2 bel khuếch đại lên 100 lần ...Mà công suất của tín hiệu lại tỷ lệ với bình phương biên độ tín hiệu nên:

$$1 \text{ bel} = 10 \lg \left(\frac{A^2}{A_0^2} \right) = 20 \lg \left(\frac{A}{A_0} \right)$$

Nếu tính đơn vị là Đêxibel:

$$1 \text{ bel} = 10 \text{ db} \Rightarrow 20 \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) = 20 \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) \text{ (db)}$$

Đặc tính biên độ tần số Logarit tính theo đơn vị Đêxibel được ký hiệu là L

$$L(\omega) = 20 \lg \left(\frac{A(\omega)}{A_0} \right) \text{ (db)}$$

- Trục hoành biểu diễn tần số ω à có thể dùng các đơn vị:

. **Radiăng (rad)**: biểu diễn trực tiếp tần số ω (rad/s) đơn giản dễ hiểu nhưng phải chia phi tuyến theo hàm logarit cơ số 10 nên khó áp dụng, chỉ nên dùng khi có tọa độ chia sẵn.

. Decac (dec): là đơn vị đo **logarit thập phân** của độ tăng tần số 10 lần:

$$1 \text{ dec} = 10 \lg \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right), \text{ nếu } \omega_2 = 10 \omega_1$$

Chọn ω_1 làm gốc muốn tìm giá trị dec của ω_2 ắt kỳ

ta có:

$$\lg \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)$$

Và ω_1 : gốc tọa độ

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Khi đó trục hoành được chia đều, đây là đơn vị thường dùng

. Octavit (Oct): là đơn vị đo logarit thập phân của độ tăng tần số 2 lần

$$1 \text{ (oct)} = \lg \omega_2$$

$$\frac{\omega_2}{\omega_1}$$

Đặc tính pha tần số logarit được vẽ trên hệ trục tọa độ vuông góc, với trục tung biểu diễn góc pha với đơn vị đo bằng độ hoặc radiăng trục hoành đo theo đơn vị decac (dec).

Để sử dụng thuận lợi thường vẽ L cùng chung trục hoành hoặc trục hoành là tịnh tiến của nhau.

III. Phân loại các khâu động học

Dựa vào mô tả toán học người ta phân loại các khâu động học thành 4 nhóm

1. Nhóm khâu nguyên hàm: là những khâu động học mà ở chế độ xác lập lượng ra lặp lại quy luật lượng vào

- Khâu tỷ lệ: $W(p) = K$
- Khâu quán tính: $W(p) = \frac{K}{1 + T_p p}$
- Khâu dao động: $W(p) = \frac{K}{1 + T_p p + T_d p^2}$
- Khâu không ổn định: $W(p) = \frac{K}{1 - T_p p}$

2. **Nhóm khâu vi phân:** là những khâu động học mà ở chế độ xác lập lượng ra tỷ lệ với vi phân lượng vào.

- Vi phân lý tưởng: $W(p) = K \cdot p$

- Vi phân thực: $W(p) = K \cdot \frac{p}{T_p p + 1}$

3. **Khâu tích phân:** là khâu động học mà ở chế độ xác lập lượng ra tỷ lệ với tích phân lượng vào. $W(p) = \frac{K}{p}$

4. **Khâu chậm sau:** là khâu động học mà lượng ra lặp lại lượng vào sau một khoảng thời gian trễ \tilde{t} . $W(p) = e^{-\tilde{t}p}$

IV CÁC ĐẶC TÍNH CỦA CÁC KHẤU ĐỘNG HỌC CƠ BẢN

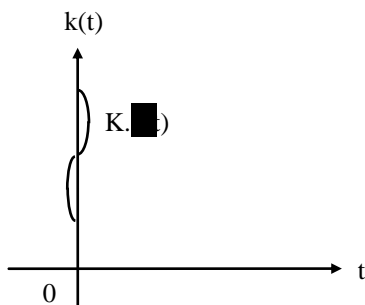
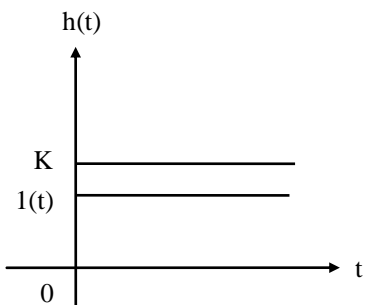
I. Các đặc tính của khâu nguyên hàm:

1. **Khâu khuếch đại (tỷ lệ):** $W(p) = K$

a. **Đặc tính thời gian:**

- Hàm quá độ: $h(t) = K \cdot 1(t)$

- Hàm trọng lượng: $k(t) = \frac{dh(t)}{dt} = K \cdot \delta(t)$



b. Đặc tính tần số:

- Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = K + j0 = K \cdot e^{j0}$

- Đặc tính tần số biên pha: TBP

$$R(\omega) = K$$

$$I(\omega) = 0$$

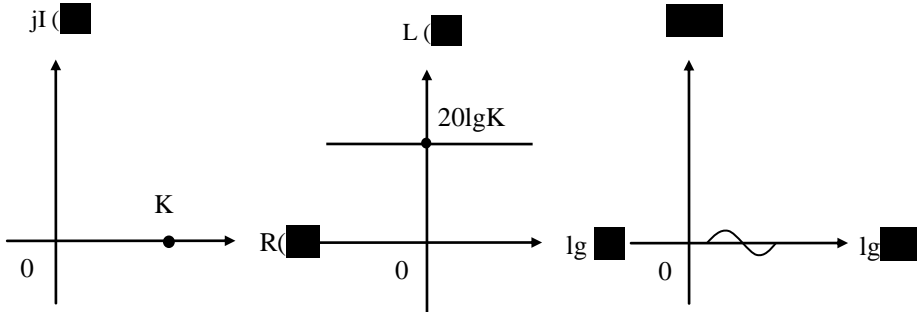
- Đặc tính biên độ tần số logarit: L()

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K$$

- Đặc tính Pha tần số logarit: ()

$$\phi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)}$$

đặc tính trùng với trục hoành như hình vẽ.



2. Khâu quán tính bậc 1: $W(p) = \frac{K}{Tp}$

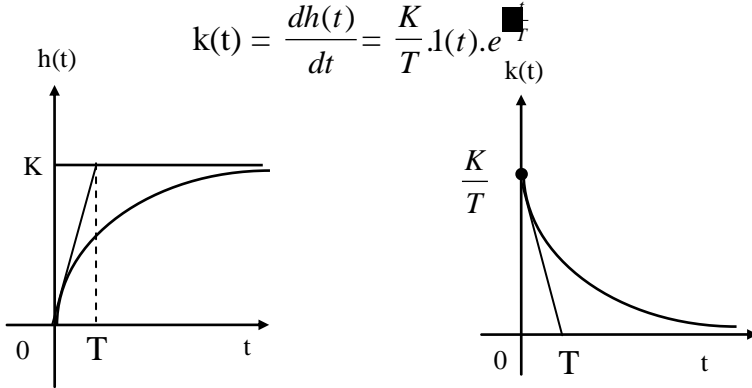
a. Đặc tính thời gian:

- Hàm quá độ $h(t)$:

$$\text{Ta có: } H(p) = \frac{1}{p} \cdot W(p) = \frac{1}{p} \cdot \frac{K}{Tp}$$

$$h(t) = L^{-1}[H(p)] = L^{-1}\left[\frac{1}{p} \cdot \frac{K}{1 + Tp}\right] = K \cdot 1(t) \cdot (1 - e^{-t/T})$$

- Hàm trọng lượng $k(t)$:



b. Đặc tính tần số:

- Hàm truyền tần số:

$$W(j\omega) = \frac{K}{1 + Tj\omega} = \frac{K}{1 + Tj\omega} \cdot \frac{KT}{KT} = R(\omega) + jI(\omega) = A(\omega)e^{j\phi(\omega)}$$

$$A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)} = \frac{K}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}}$$

$$\phi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg(\omega T)$$

- Đặc tính tần số biên pha: ta có $A^2(\omega) = R^2(\omega) + I^2(\omega)$ và

$$\frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \omega T$$

$$\omega^2 T^2 = \frac{K^2}{1 + (\omega T)^2}$$

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

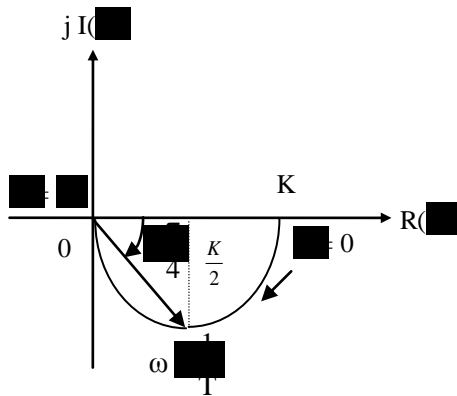
$$R^2 + \left(\frac{K}{2}\right)^2 - K^2 R^2 + \left(\frac{K}{2}\right)^2 - \left(\frac{K}{2}\right)^2 + KR$$

$$R^2 + \left(\frac{K}{2}\right)^2 - K^2 R^2 + \left(\frac{K}{2}\right)^2 - \left(\frac{K}{2}\right)^2 + KR$$

Hay $R^2 + \left(\frac{K}{2}\right)^2 - K^2 R^2 + \left(\frac{K}{2}\right)^2 - \left(\frac{K}{2}\right)^2 + KR$

Đây là phương trình đường tròn tâm $\left(\frac{K}{2}, 0\right)$, bán kính $\frac{K}{2}$.

Theo trên ta chỉ xét $\omega = 0$ như vậy đặc tính là một nửa đường tròn như hình vẽ:



- Đặc tính biên độ tần số logarit: $L(\omega)$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \frac{K}{\sqrt{1 + \omega^2}} = 20 \lg K - 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2}$$

Nếu vẽ chính xác đặc tính là đường cong tuy nhiên ta có thể thay thế bằng các đường tiệm cận:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

$$L(\omega) = \dots$$

Thật vậy:

- Đường tiệm cận $L_1(\omega)$

$$L_1(\omega) = \dots$$

- Đường tiệm cận $L_2(\omega)$

$$L_2(\omega) = \dots$$

Xác định độ nghiêng: $tg \frac{L(\omega)}{lg \omega} = \dots$

$$- L_1(\omega) \quad tg \frac{L_1(\omega)}{lg \omega} = \dots$$

$$- L_2(\omega) \quad tg \frac{L_2(\omega)}{lg \omega} = \dots$$

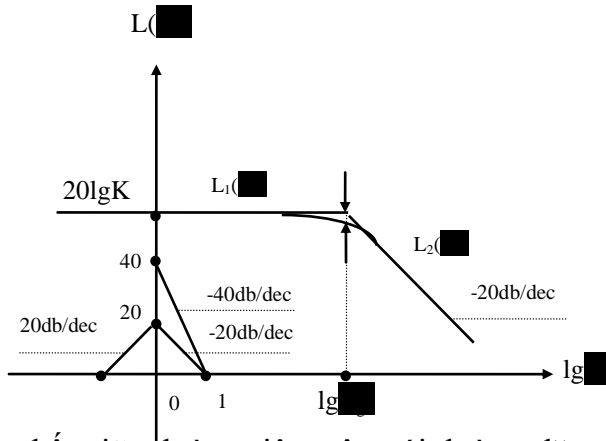
$$tg \frac{20lgK}{lg \omega} = -20 \text{ (db/dec)}$$

Xác định tần số gãy: ω_g

Hai đặc tính $L_1(\omega)$ và $L_2(\omega)$ cắt nhau tại tần số gãy ω_g được xác định

$$L_1(\omega_g) = L_2(\omega_g) \quad 20lgK = 20lgK - 20lg \omega_g \quad \omega_g = \frac{1}{T}$$

Đặc tính có dạng như hình vẽ:



Sai lệch lớn nhất giữa đường tiệm cận với đường đặc tính chính xác tại $\omega = \omega_c$ là:

$$\Delta L(\omega_c) = L_1(\omega_c) - L(\omega_c) = 20\lg K - [20\lg K - 20\lg \sqrt{1 + (\omega_c/\omega_c)^2}] = 20\lg \sqrt{2} \text{ (db)} \approx 2,9 \text{ (db)} < [3 \text{ (db)}]$$

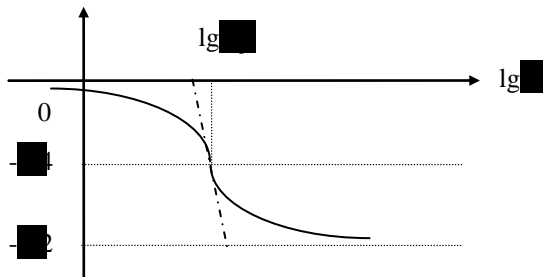
- Đặc tính pha tần số logarit: $\varphi(\omega)$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg(\omega/\omega_c)$$

Khi $\omega \rightarrow 0$ $\varphi(\omega) = 0$

$$\varphi(\omega_c) = \frac{1}{T} \varphi(\omega_c) = \frac{\pi}{4} \text{ (điểm uốn)}$$

$$\varphi(\omega \rightarrow \infty) = \frac{\pi}{2} \text{ (điểm bão hòa)}$$



Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

3. Khâu dao động:

Hàm truyền đạt có dạng: $W(p) = \frac{K}{T^2 \cdot p^2 + 2\zeta T p + 1}$

Từ hàm truyền đạt ta có phương trình đặc tính:

$$T^2 \cdot p^2 + 2\zeta T p + 1 = 0$$

a. Đặc tính thời gian:

- Trường hợp 1: nếu $\zeta > 0$ hay $\zeta < 0$ phương trình đặc tính có hai nghiệm thực. Ta có thể tách khâu dao động thành hai khâu quán tính:

$$W(p) = K \cdot \frac{1}{1 + T_1 p} \cdot \frac{1}{1 + T_2 p}$$

$$\text{Với: } T_1 + T_2 = 2\zeta T \text{ và } T_1 \cdot T_2 = T^2$$

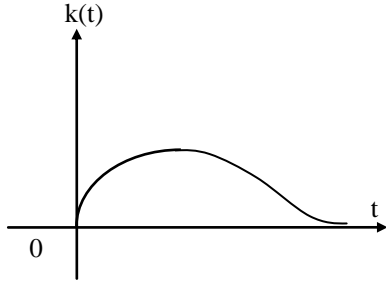
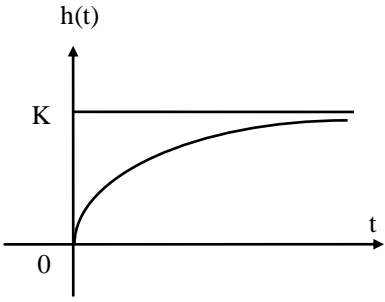
- Hàm quá độ $h(t)$:

$$\text{Ta có: } H(p) = \frac{1}{p} \cdot W(p) = \frac{1}{p} \cdot K \cdot \frac{1}{1 + T_1 p} \cdot \frac{1}{1 + T_2 p}$$

$$h(t) = L^{-1}[H(p)] = L^{-1}\left[\frac{1}{p} \cdot K \cdot \frac{1}{1 + T_1 p} \cdot \frac{1}{1 + T_2 p}\right]$$

Giả sử $T_1 > T_2$ thì hàm quá độ là:

$$h(t) = K \left(1 + \frac{T_1}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{T_2}{T_1 - T_2} e^{-\frac{t}{T_2}} \right) \cdot 1(t)$$



- Hàm trọng lượng $k(t)$:

$$k(t) \frac{dh(t)}{dt} = \frac{K \cdot 1(t)}{T_1 T_2} \left[\frac{t}{T_1} - \frac{t}{T_2} \right]$$

- Trường hợp 2: nếu $\zeta < 0$ hay $\zeta > 1$ phương trình đặc tính có hai nghiệm phức:

$$p_{1,2} = \frac{-\zeta \pm \sqrt{\zeta^2 - 1}}{T}$$

Với:

$$\zeta = \frac{1}{2T}$$

$$\sqrt{\zeta^2 - 1} = \frac{\sqrt{1 - 4\zeta^2}}{2}$$

- Hàm quá độ $h(t)$:

Ta có: $H(p) = \frac{1}{p} \cdot W(p) = \frac{1}{p} \cdot \frac{K}{T^2 \cdot p^2 + 2\zeta T p + 1}$

$$h(t) = L^{-1}[H(p)] = L^{-1} \left[\frac{1}{p} \cdot \frac{K}{T^2 \cdot p^2 + 2\zeta T p + 1} \right]$$

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

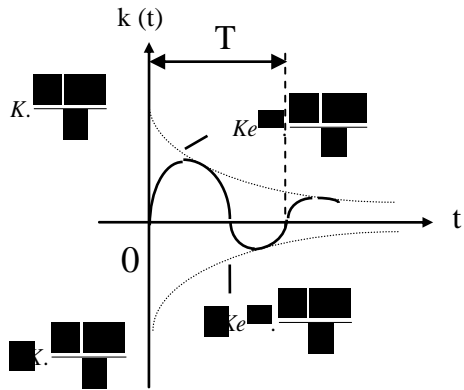
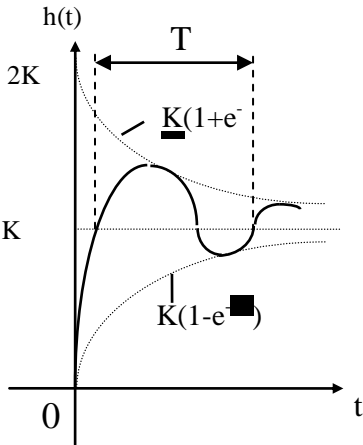
$$K \left[\cos(\omega t) - \sin(\omega t) \right] \cdot 1(t)$$

- Hàm trọng lượng $k(t)$:

$$k(t) \frac{dh(t)}{dt} = \frac{K}{T} e^{-\frac{t}{T}} \sin(\omega t) \cdot 1(t)$$

$$K \cdot \frac{1}{T} \left[\cos(\omega t) - \sin(\omega t) \right] = K \cdot \frac{1}{T} \left[\sin(\omega t) + \cos(\omega t) \right]$$

$$= K \cdot 1(t) \cdot \frac{1}{T} \sin(\omega t)$$



b. Đặc tính tần số:

- Trường hợp 1: nếu $\omega < 0$ hay $\omega > 0$ khi đó:

Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = \frac{K}{1 - \omega^2 T^2 + j\omega T}$

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

$$= \frac{K(1 - r^2 \cos^2 \varphi)}{(1 - r^2 \cos^2 \varphi)^2 + (r \sin \varphi)^2} + j \frac{2Kr \sin \varphi \cos \varphi}{(1 - r^2 \cos^2 \varphi)^2 + (r \sin \varphi)^2}$$

$$= R(\varphi) + jI(\varphi) = A(\varphi) e^{j\psi(\varphi)}$$

$$R(\varphi) = \frac{K(1 - r^2 \cos^2 \varphi)}{(1 - r^2 \cos^2 \varphi)^2 + (r \sin \varphi)^2}$$

$$I(\varphi) = \frac{2Kr \sin \varphi \cos \varphi}{(1 - r^2 \cos^2 \varphi)^2 + (r \sin \varphi)^2}$$

$$A(\varphi) = \frac{K}{\sqrt{R^2(\varphi) + I^2(\varphi)}} = \frac{K}{\sqrt{(1 - r^2 \cos^2 \varphi)^2 + (r \sin \varphi)^2}}$$

$$\psi(\varphi) = \arctg \frac{I(\varphi)}{R(\varphi)} = \arctg \frac{2r \sin \varphi \cos \varphi}{1 - r^2 \cos^2 \varphi}$$

Khảo sát $A(\varphi)$ ta thấy hàm số có thể có cực trị tại các tần số

$$\varphi = 0; \varphi = \frac{1}{T} \sqrt{1 - r^2}; \varphi = \pi$$

Trong đó φ chỉ tồn tại khi $\sqrt{1 - r^2} > 0$ $r < \sqrt{0.5}$ $\approx 0,707$ và được gọi là tần số cộng hưởng. Biên độ cực đại ứng với tần số này là:

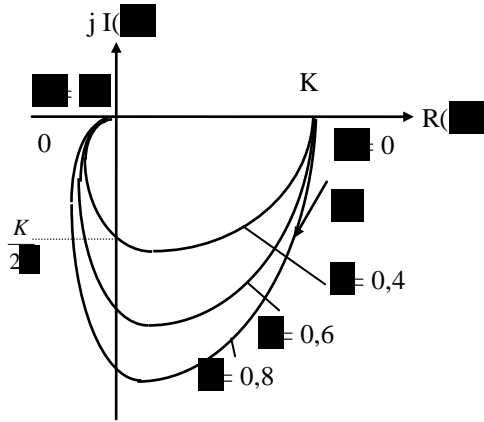
$$A(\varphi) = \frac{K}{2\sqrt{1 - r^2}}$$

Khi r càng nhỏ hiện tượng cộng hưởng xảy ra càng mãnh liệt, khi $r = 0$ thì $A(\varphi) \rightarrow \infty$.

- Đặc tính tần số biên pha: Cho φ biến thiên từ 0 đến π ta được đặc tính tần số biên pha như hình vẽ:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

ω	$R(\omega)$	$I(\omega)$
0	K	0
$1/T$	0	$-K/2$
∞	0	0



- Đặc tính biên độ tần số logarit:

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$$

$$L(\omega) = 20 \lg \frac{K}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}}$$

Nếu vẽ chính xác đặc tính là đường cong tuy nhiên ta có thể thay thế bằng các đường tiệm cận:

$$L(\omega) \approx \begin{cases} 20 \lg K & \omega \ll 1/T \\ 20 \lg K - 40 \lg \omega & \omega \gg 1/T \end{cases}$$

Thật vậy:

- Đường tiệm cận $L_1(\omega)$

$$L_1(\omega) = 20 \lg K$$

- Đường tiệm cận $L_2(\omega)$

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

$$L_2(\omega) = \dots$$

Xác định độ nghiêng: $tg \dots \frac{L(\dots)}{lg \dots}$

$$- L_1(\dots) \frac{tg \dots L_1(\dots)}{lg \dots}$$

$$- L_2(\dots) \frac{tg \dots L_2(\dots)}{lg \dots}$$

$$\dots = \frac{[20lgK \dots - 40lg \dots] \dots [20lgK \dots - 40lg \dots]}{lg \dots} = -40 \text{ (db/dec)}$$

Xác định tần số gãy: \dots

Hai đặc tính $L_1(\dots)$ và $L_2(\dots)$ cắt nhau tại tần số gãy \dots được xác định

$$L_1(\dots) = L_2(\dots) \dots 0lgK = 20lgK - 40lg \dots = \frac{1}{T}$$

Để có thể tiệm cận hoá được đường cong $L(\dots)$ theo $L_1(\dots)$ và $L_2(\dots)$ thì sai lệch biên độ lớn nhất tại tần số $t \dots = \frac{1}{T}$ phải thoả

mãn điều kiện: \dots (db).

Khi đó:

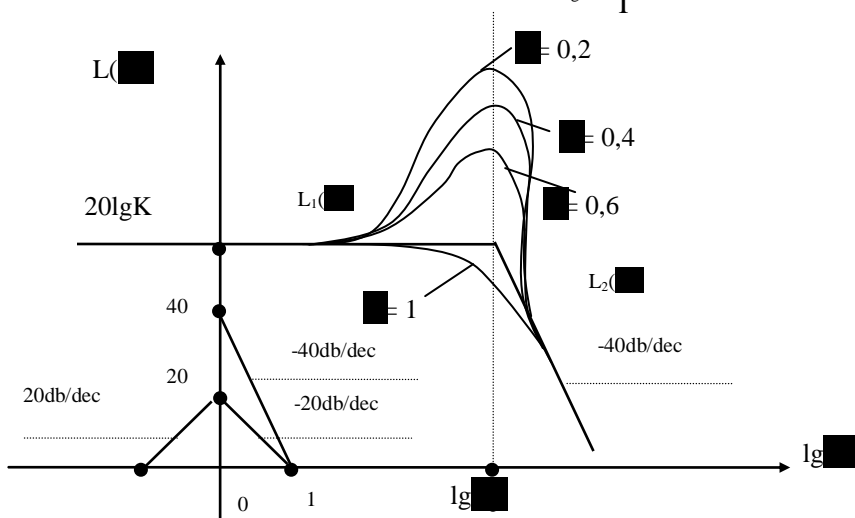
$$\begin{aligned} \dots &= L_1(\dots) - L(\dots) \\ &= 20lgK - (20lgK \dots 20lg \sqrt{(1 \dots)^2 \dots}) \\ &= 20lg \sqrt{4 \dots} = \dots 20lg 2 \dots \text{ (db)}. \end{aligned}$$

Hay: $0,38 \dots, 71$ (*)

Khi ζ không thoả mãn điều kiện (*) thì ta phải vẽ chính xác $L(\omega)$ theo:

$$L(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \sqrt{(1 - r^2)^2 + 4 \zeta^2 r^2}$$

Khi ζ thoả mãn điều kiện (*) đặc tính có dạng như hình vẽ: khi $\zeta = 0,38$ đặc tính xảy ra cộng hưởng tại $\omega = 1$



- Đặc tính pha tần số logarit: $\varphi(\omega)$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg \frac{2 \zeta r}{1 - r^2}$$

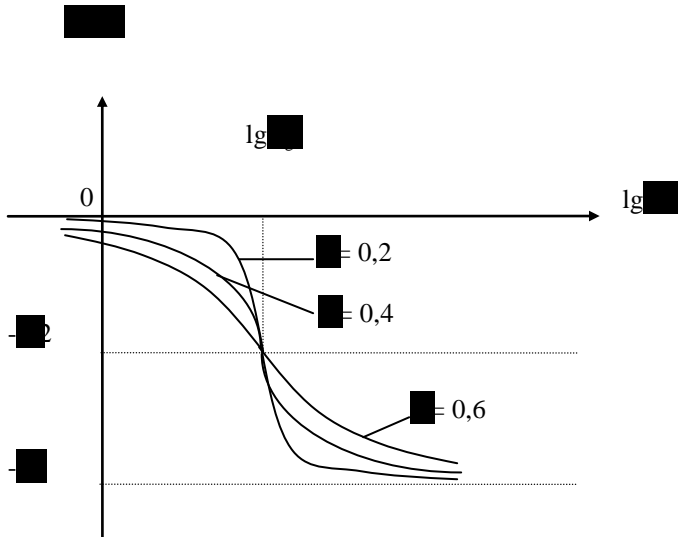
Khi $\zeta = 0$ $\varphi(\omega) = 0$

$$\varphi(\omega) = \frac{1}{T} \varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} \text{ (điểm uốn)}$$

$$\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$$

Khi ζ càng nhỏ hệ số góc của tiếp tuyến tại điểm uốn càng lớn

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động



- Trường hợp 2: nếu $\xi < 1$ hay $\xi > 1$ phương trình đặc tính có hai nghiệm thực. Ta có thể tách khâu dao động thành hệ gồm hai khâu quán tính mắc nối tiếp. khi đó các đặc tính tần số của hệ thống sẽ được xét ở phần sau.

4. Khâu không ổn định bậc một: $W(p) = \frac{K}{Tp - 1}$

a. Đặc tính thời gian:

- Hàm quá độ $h(t)$:

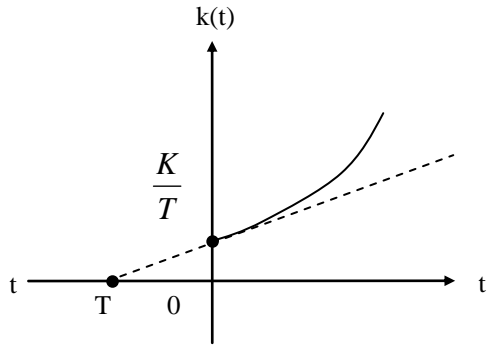
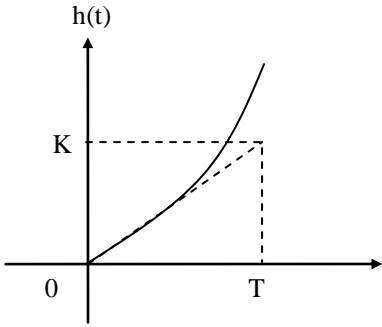
$$\text{Ta có: } H(p) = \frac{1}{p} \cdot W(p) = \frac{1}{p} \cdot \frac{K}{Tp - 1}$$

$$h(t) = L^{-1}[H(p)] = L^{-1}\left[\frac{1}{p} \cdot \frac{K}{Tp - 1}\right] = K \cdot 1(t) \cdot (e^{\frac{t}{T}} - 1)$$

- Hàm trọng lượng $k(t)$:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

$$k(t) = \frac{dh(t)}{dt} = \frac{K}{T} \cdot 1(t) \cdot e^{\frac{t}{T}}$$



b. Đặc tính tần số:

- Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = \frac{K}{jT\omega}$

$$= \frac{K}{1 + jT\omega} = \frac{KT}{1 + jT\omega} = R(\omega) + jI(\omega)$$

$$= A(\omega) e^{j\phi(\omega)}$$

$$A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)} = \frac{K}{\sqrt{1 + (T\omega)^2}}$$

Ta thấy rằng $R(\omega)$ là Iv (đều âm nên:

$$\phi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg \frac{-1}{T\omega} + (-\frac{\pi}{2})$$

- Đặc tính tần số biên pha: ta có $A^2(\omega) = R^2(\omega) + I^2(\omega)$ và

$$\frac{I(\omega)}{R(\omega)}$$

$$\frac{-1}{T\omega} \Rightarrow \left(\frac{-1}{T\omega} \right)^2 \text{ ta có } R^2(\omega) = \frac{K^2}{1 + (T\omega)^2}$$

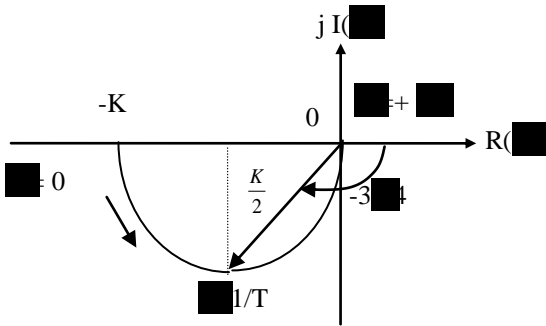
$$R^2 \left(\frac{K^2}{4} - \frac{K^2}{4} \right) + K^2 R^2 \left(\frac{K^2}{4} - \frac{K^2}{4} \right) = \left(\frac{K}{2} \right)^2$$

$$R^2 \left(\frac{K^2}{4} - \frac{K^2}{4} \right) + \frac{K^2}{4} = \frac{K^2}{4}$$

Hay $R^2 \left(\frac{K}{2} \right) + \frac{K}{2} = \frac{K}{2}$

Đây là phương trình đường tròn tâm $\left(\frac{K}{2}, 0 \right)$, bán kính $\frac{K}{2}$.

Theo trên ta chỉ xét $\omega = 0$ như vậy đặc tính là một nửa đường tròn như hình vẽ:



- Đặc tính biên độ tần số logarit: $L(\omega)$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \frac{K}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{T} \right)^2}} = 20 \lg K - 20 \lg \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{T} \right)^2}$$

Nếu vẽ chính xác đặc tính là đường cong tuy nhiên ta có thể thay thế bằng các đường tiệm cận:

$$L(\omega) = \begin{cases} 20 \lg K & \text{khi } \omega \ll T \\ 20 \lg K - 20 \lg \frac{\omega}{T} & \text{khi } \omega \gg T \end{cases}$$

Thật vậy:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

- Đường tiệm cận $L_1(\omega)$

$L_1(\omega)$

- Đường tiệm cận $L_2(\omega)$

$L_2(\omega)$

Xác định độ nghiêng: $tg \frac{L(\omega)}{lg \omega}$

- $L_1(\omega) \quad tg \frac{L_1(\omega)}{lg \omega}$

- $L_2(\omega) \quad tg \frac{L_2(\omega)}{lg \omega}$

$$\frac{[20lgK - 20lg\omega] - [20lgK - 20lg\omega]}{lg \omega} = -20 \text{ (db/dec)}$$

Xác định tần số gãy: ω

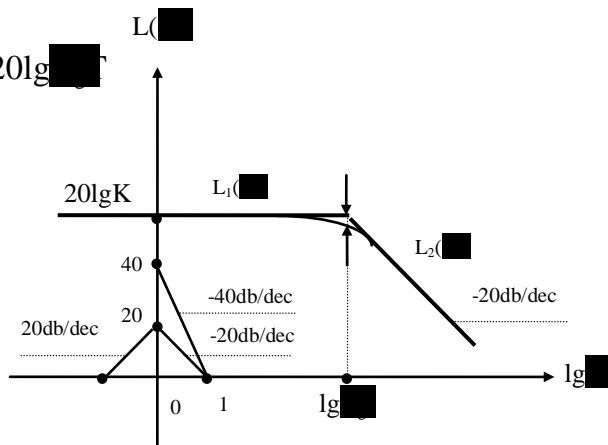
Hai đặc tính $L_1(\omega)$ và $L_2(\omega)$ cắt nhau tại tần số gãy ω được xác định

$$L_1(\omega) = L_2(\omega)$$

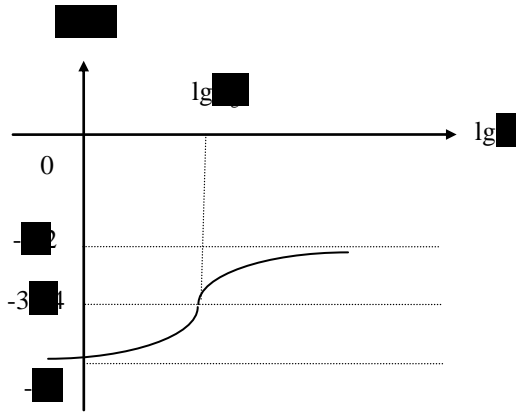
$$20lgK - 20lg\omega = 20lgK - 20lg\omega$$

$$\omega = \frac{1}{T}$$

Đặc tính có dạng như hình vẽ.



Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động



Sai lệch lớn nhất giữa đường tiệm cận với đường đặc tính chính xác tại $\omega = \omega_c$ là:

$$\Delta L(\omega_c) = L_1(\omega_c) - L(\omega_c) = 20\lg K - [20\lg K - 20\lg \sqrt{1 + (\omega_c/\omega_n)^2}] = 20\lg \sqrt{2} \approx 3,01 \text{ (db)}$$

- Đặc tính pha tần số logarit:

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg(\omega/\omega_n)$$

Khi $\omega \rightarrow 0$ thì $\varphi = 0$

$$\varphi(\omega_n) = \arctg(1) = 45^\circ$$

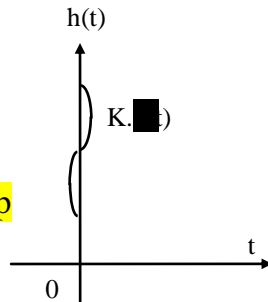
$$\varphi(\infty) = \arctg(\infty) = 90^\circ$$

II. Các đặc tính của khâu vi phân:

1. **Khâu vi phân lý tưởng:** $W(p) = Kp$

a. **Đặc tính thời gian:**

- Hàm quá độ:



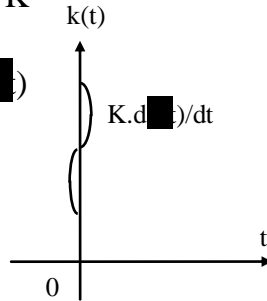
Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Ta có: $H(p) = \frac{1}{p} \cdot W(p) = \frac{1}{p} \cdot Kp = K$

$k(t) = L^{-1}[H(p)] = L^{-1}[K] = K \cdot \delta(t)$

- Hàm trọng lượng:

$k(t) = \frac{dh(t)}{dt} = K \frac{d\delta(t)}{dt}$



b. Đặc tính tần số:

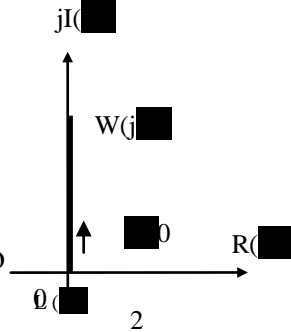
Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = jK \cdot R(j\omega) = A(\omega) \cdot j\varphi(\omega)$

$A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega)} = K$

$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg \frac{0}{K} = 0$

- Đặc tính tần số biên pha: TBP

Cho ω biến thiên từ 0 đến $+\infty$ được đặc tính tần số TBP là một nửa trục ảo như hình vẽ



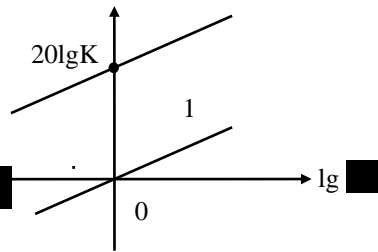
$R(\omega) = 0$

$I(\omega) = K$

- Đặc tính biên độ tần số logarit: $L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K$

$L(\omega) = 20 \lg K = 20 \lg K$

$= 20 \lg K + 20 \lg 1$



Khi $K = 1$ $L(\omega) = 20 \lg 1 = 0$

Đặc tính là đường 1 trên hình vẽ cắt trục hoành tại tần số $\omega = 1$

$\omega = 1$, có độ nghiêng được xác định như sau:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

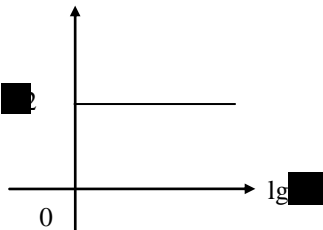
$$20 \lg \frac{L(\omega)}{L(0)} = \frac{20 \lg \frac{20 \lg \omega}{\lg \omega}}{\lg \omega} = +20 \text{ (db/dec)}$$

Khi $K > 1$ đặc tính là đường 2 trên hình vẽ:

- Đặc tính Pha tần số logarit:

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg \frac{\omega}{2}$$

đặc tính như hình vẽ.



2. Khâu vi phân bậc một: $W(p) = K(Tp + 1)$

a. Đặc tính thời gian:

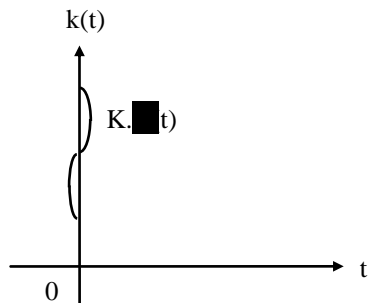
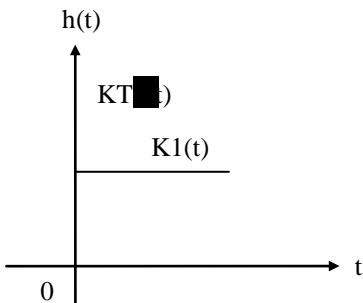
- Hàm quá độ:

$$\text{Ta có: } H(p) = \frac{1}{p} \cdot W(p) = \frac{1}{p} K(Tp + 1) = K \left(T + \frac{1}{p} \right)$$

$$h(t) = L^{-1}[H(p)] = L^{-1} \left[K \left(T + \frac{1}{p} \right) \right] = K \left[1(t) + T \cdot \delta(t) \right]$$

- Hàm trọng lượng:

$$k(t) = \frac{dh(t)}{dt} = K \left[\delta(t) + T \cdot \frac{d\delta(t)}{dt} \right]$$



b. Đặc tính tần số:

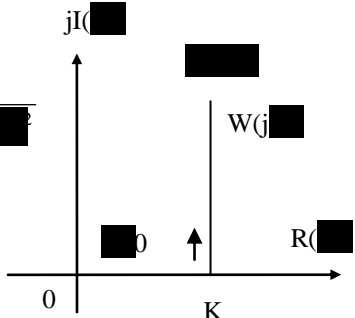
Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = K(Tj\omega - 1) = K + jKT\omega = R(\omega) + jI(\omega)$

$= A(\omega) e^{j\varphi(\omega)}$

$A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)} = K\sqrt{1 + T^2\omega^2}$

$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg T\omega$



- Đặc tính tần số biên pha: TBP

Cho φ biến thiên từ 0 đến $+\infty$ được đặc tính tần số TBP như hình vẽ

- Đặc tính biên độ tần số logarit: $L(\omega)$

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg (K\sqrt{1 + T^2\omega^2})$
 $= 20 \lg K + 20 \lg \sqrt{1 + T^2\omega^2}$

Nếu vẽ chính xác đặc tính là đường cong tuy nhiên ta có thể thay thế bằng các đường tiệm cận:

$L(\omega) = \begin{cases} 20 \lg K & \text{khi } \omega \ll K \\ 20 \lg K + 40 \lg \omega & \text{khi } \omega \gg K \end{cases}$

Thật vậy:

- Đường tiệm cận $L_1(\omega)$

$L_1(\omega) = 20 \lg K$

- Đường tiệm cận $L_2(\omega)$

$L_2(\omega) = 20 \lg K + 40 \lg \omega$

Xác định độ nghiêng: $tg \frac{L(\omega)}{lg \omega}$

$$- L_1(\omega) = tg \frac{L_1(\omega)}{lg \omega}$$

$$- L_2(\omega) = tg \frac{L_2(\omega)}{lg \omega}$$

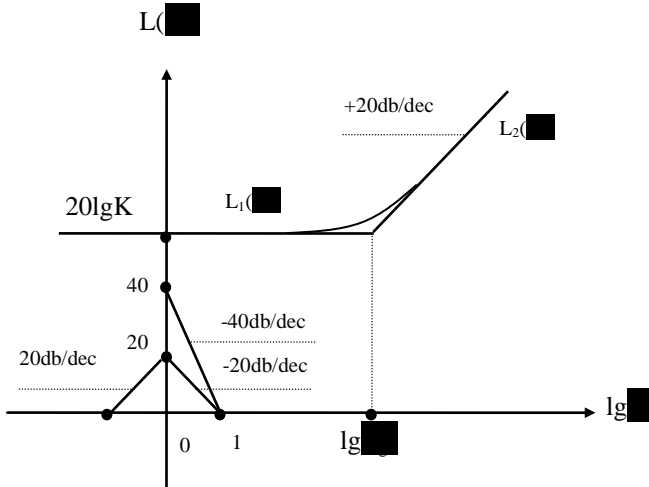
$$\frac{[20lgK \cdot 20lg10] - [20lgK \cdot 20lg]}{lg10} = +20 \text{ (db/dec)}$$

Xác định tần số gãy:

Hai đặc tính $L_1(\omega)$ và $L_2(\omega)$ cắt nhau tại tần số gãy được xác định

$$L_1(\omega) = L_2(\omega) \Rightarrow 20lgK = 20lgK + 20lg \frac{1}{T} = \frac{1}{T}$$

Đặc tính có dạng như hình vẽ:



Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

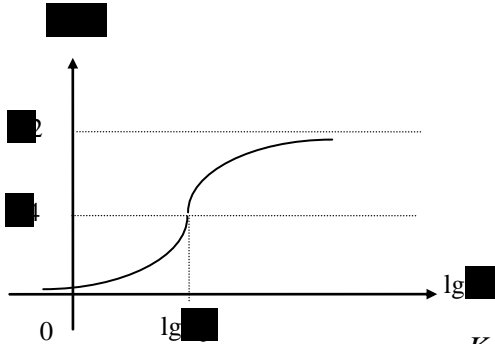
- Đặc tính pha tần số logarit: $\varphi(\omega)$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)$$

Khi $\omega \rightarrow 0$ $\varphi(\omega) = 0$

$$\varphi(\omega) = \frac{1}{T} \varphi(\omega) = \frac{\pi}{4} \text{ (điểm uốn)}$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2}$$



III. Các đặc tính của khâu tích phân: $W(p) = \frac{K}{p}$

1. Đặc tính thời gian:

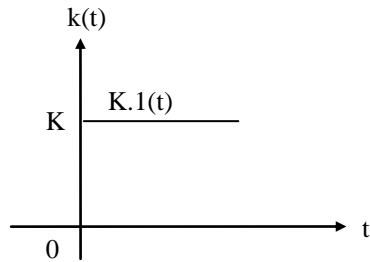
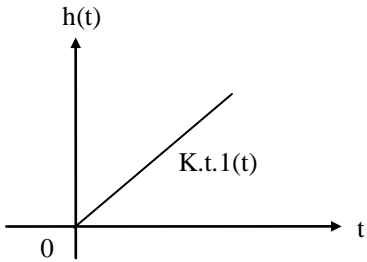
- Hàm quá độ:

Ta có:
$$H(p) = \frac{1}{p} \cdot W(p) = \frac{1}{p} \cdot \frac{K}{p} = \frac{K}{p^2}$$

$$h(t) = L^{-1}[H(p)] = L^{-1}\left[\frac{1}{p} \cdot \frac{K}{p}\right] = K \cdot t \cdot 1(t)$$

- Hàm trọng lượng:

$$k(t) = \frac{dh(t)}{dt} = K \cdot 1(t)$$

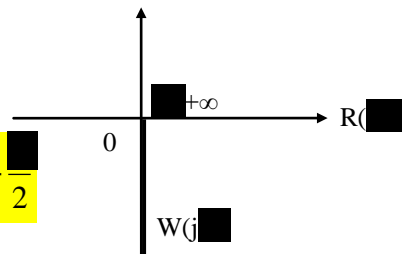


2. Đặc tính tần số:

Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = \frac{K}{j\omega} = \frac{K}{j\omega} = R(\omega) + jI(\omega) =$

$A(\omega) = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)} = \frac{K}{\omega}$

$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg(-\frac{1}{\omega}) = -\frac{1}{2}$

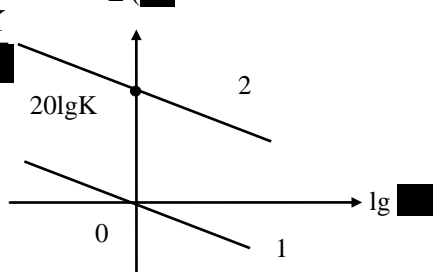


- Đặc tính tần số biên pha: TBP

Cho ω biến thiên từ 0 đến $+\infty$ được đặc tính tần số TBP là một nửa trục ảo như hình vẽ

- Đặc tính biên độ tần số logarit: $L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \frac{K}{\omega} = 20 \lg K - 20 \lg \omega$



Khi $K = 1$ $L(\omega) = -20 \lg \omega$

Đặc tính là đường 1 trên hình vẽ cắt trục hoành tại tần số $\omega = 1$, có độ nghiêng được xác định như sau:

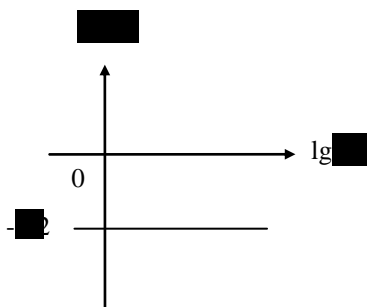
$$\text{tg} \frac{L(\omega) - L(\omega_0)}{\lg \omega - \lg \omega_0} = \frac{20 \lg \omega - 20 \lg \omega_0}{\lg \omega - \lg \omega_0} = \dots - 20$$

(db/dec)

Khi $K > 1$ đặc tính là đường 2 trên hình vẽ:

- Đặc tính Pha tần số logarit: $\varphi(\omega)$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I(\omega)}{R(\omega)} = \arctg \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{\frac{\tau}{2}}$$



IV. các đặc tính của khâu chậm trễ: $W(p) = e^{-pT}$

1. Đặc tính thời gian:

- Hàm quá độ:

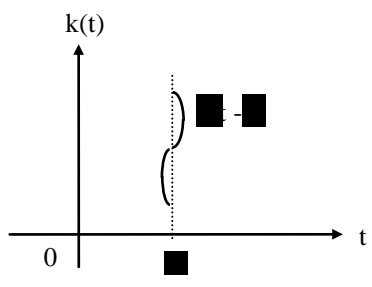
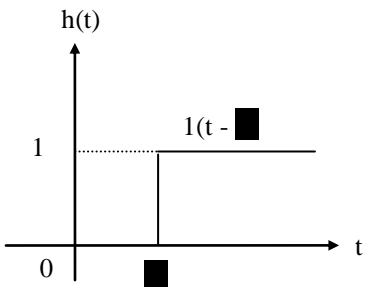
Ta có: $H(p) = \frac{1}{p} \cdot W(p) = \frac{1}{p} \cdot e^{-pT}$

$$h(t) = L^{-1} \left[\frac{1}{p} \cdot e^{-pT} \right] = 1(t - T)$$

- Hàm trọng lượng:

$$k(t) = \frac{dh(t)}{dt} = \frac{d1(t - T)}{dt} = \delta(t - T)$$

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động



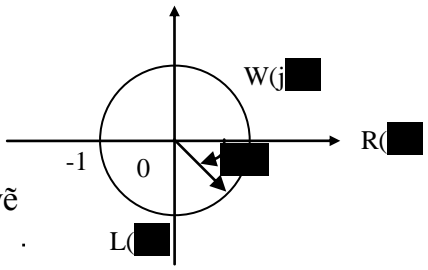
2. Đặc tính tần số:

Hàm truyền tần số: $W(j\omega) = e^{-j\omega t} = R(\omega) + jI(\omega) = A(\omega) e^{j\phi(\omega)}$
 $A(\omega) = 1 = \sqrt{R^2(\omega) + I^2(\omega)}$

- **Đặc tính tần số biên pha: TBP**

$R^2(\omega) + I^2(\omega) = 1$

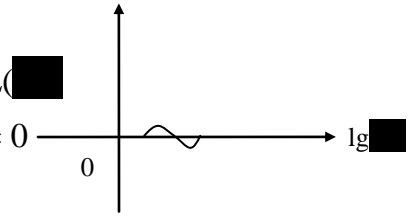
Là vòng tròn đơn vị như hình vẽ



- **Đặc tính biên độ tần số logarit: L(omega)**

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg 1 = 0$

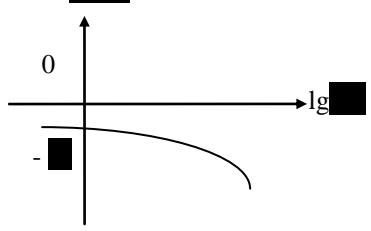
Đặc tính trùng với trục hoành



- **Đặc tính Pha tần số logarit:**

$\phi(\omega) = -\omega t$

đặc tính như hình vẽ.



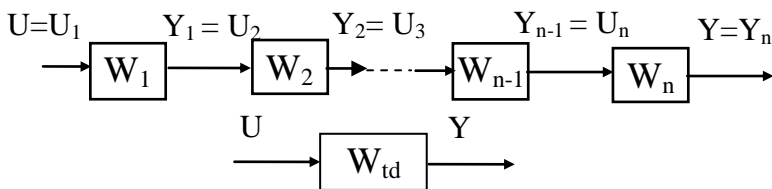
II-5 HÀM TRUYỀN CỦA HỆ THỐNG VÀ CÁC ĐẶC TÍNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

I. Hàm truyền của hệ thống điều khiển (dai so so do khoi)

Phân trước chúng ta đã mô tả toán học các phần tử trong hệ điều khiển dưới dạng hàm truyền Nhưng ta thấy rằng một hệ thống điều khiển gồm nhiều các phần tử ghép nối với nhau theo một qui luật nào đó, nhằm đáp ứng được các yêu cầu của hệ. Sau đây ta đi xác định **hàm truyền của hệ thống gồm các khâu mắc nối tiếp, song song, mạch mắc phản hồi và nguyên lý chuyển đổi tín hiệu.**

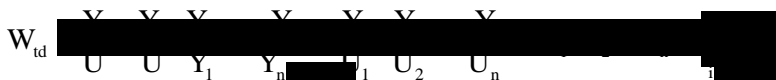
1. Hệ thống gồm các phần tử mắc nối tiếp:

Các phần tử được gọi là mắc nối tiếp nếu tín hiệu ra của phần tử trước là tín hiệu vào của phần tử sau. Tín hiệu vào của hệ thống là tín hiệu vào của phần tử đầu tiên. Tín hiệu ra của hệ thống là tín hiệu ra của phần tử cuối cùng.



Ta

có:

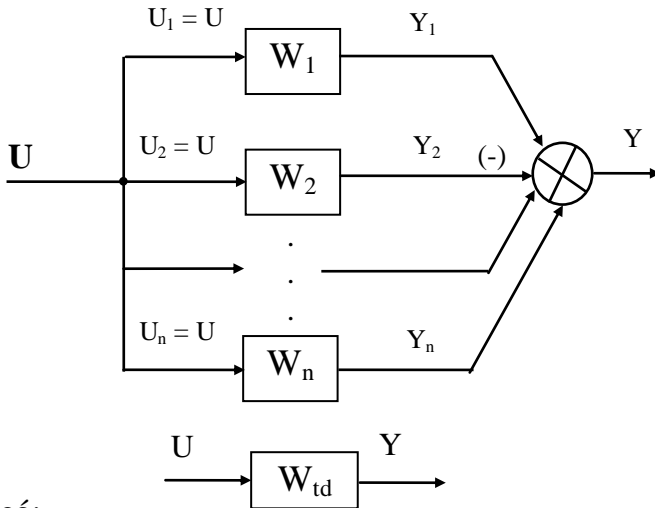


2. Hệ thống gồm các phần tử mắc song song:

Các phần tử được gọi là mắc song song nếu tín hiệu vào của hệ thống là tín hiệu vào của các phần tử thành phần. Tín hiệu ra

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

của hệ thống bằng tổng đại số tín hiệu ra của các phần tử thành phần.



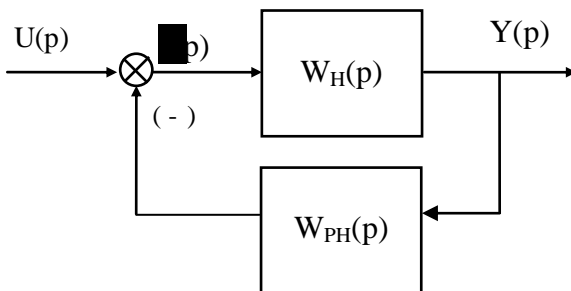
Ta có:



3. Hệ thống có khâu phản hồi:

a. Hàm số truyền hệ kín với phản hồi âm:

Sơ đồ cấu trúc của hệ kín với phản hồi (-) như hình vẽ.



Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Ta có: $W_K(p) = \frac{Y(p)}{U(p)}$; $W_H(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)}$

Mặt khác: $\varepsilon(p) = U(p) - Y(p)W_{PH}(p)$

Suy ra : $W_H(p) = \frac{Y(p)}{\varepsilon(p)} = \frac{Y(p)}{U(p) - Y(p)W_{PH}(p)}$

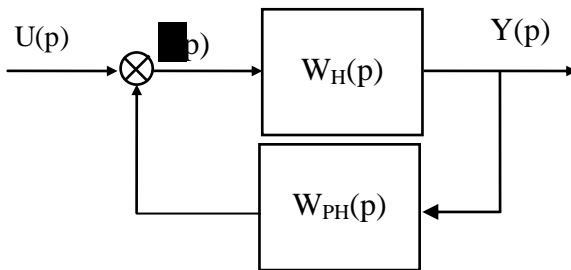
Vậy:

$$W_K(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{W_H(p)}{1 + W_{PH}(p)}$$

b. Hàm số truyền hệ kín với phản hồi dương:

Sơ đồ cấu trúc của hệ kín với phản hồi (+) như hình vẽ.

Làm tương tự ta tìm được

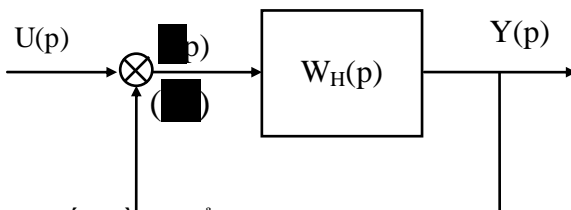


$$W_K(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{W_H(p)}{1 - W_{PH}(p)}$$

Chú ý: với hệ có phản hồi đơn vị ($W_{PH}(p) = 1$)

Thì hàm truyền hệ kín được tính như sau:

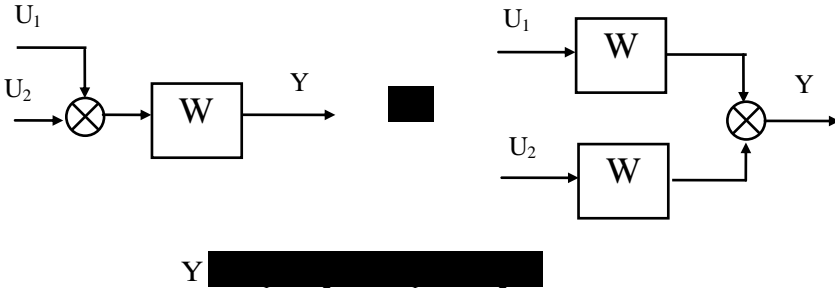
$$W_K(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{W_H(p)}{1 + W_H(p)}$$



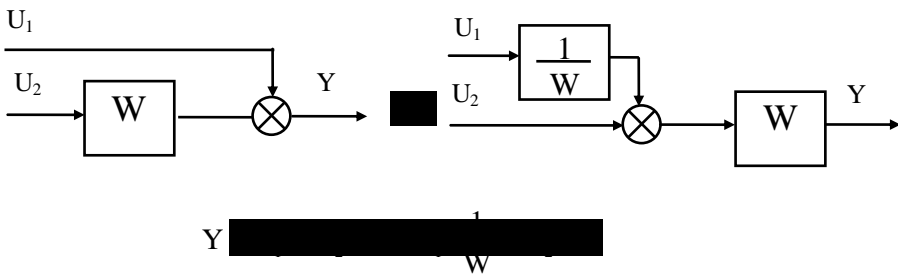
4. Chuyển đổi tín hiệu:

Chuyển đổi bộ cộng tín hiệu:

- Từ trước một khối ra sau khối đó:

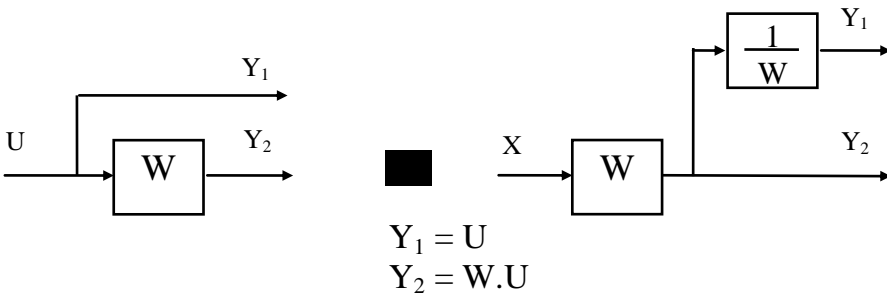


- Từ sau một khối ra trước khối đó:

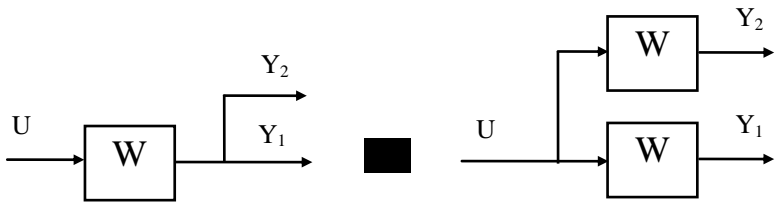


Chuyển đổi nút rẽ nhánh tín hiệu:

- Từ trước một khối ra sau khối:

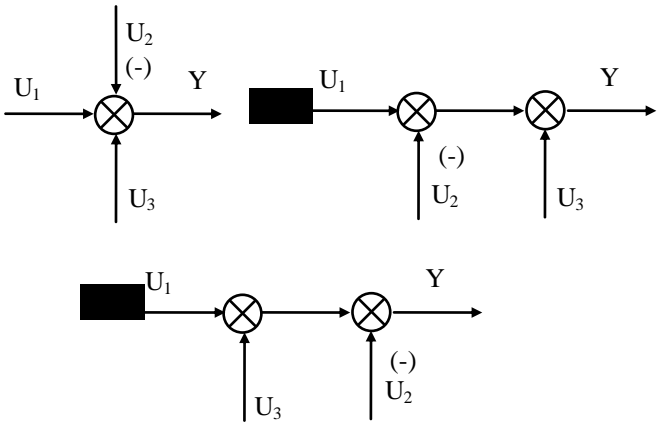


- Từ sau một khối ra trước khối đó:



$$Y_1 = U \cdot W$$

- Các bộ cộng liên nhau có thể đổi chỗ cho nhau:



II Các đặc tính tần số của hệ thống điều khiển tự động

1. Đặc tính tần số biên pha:

Từ hàm truyền đạt của hệ ta đi xác định hàm truyền tần số bằng cách thay $p = j$

$$W(p) = \frac{B(p)}{A(p)}$$

$$W(j) = \frac{B(j)}{A(j)}$$

Cho biến thiên từ 0 đến ∞ lập bảng biến thiên cho R (I hoặc A) Sau đó vẽ chúng lên mặt phẳng phức được đặc tính biên pha của hệ.

2. Đặc tính tần số biên độ logarit:

Với đặc tính này người ta thường vẽ đặc tính hệ hở trong hệ kín với phản hồi (-1).

Hệ thống hở gồm nhiều phần tử mắc nối tiếp nhau và được mô tả bởi:

$$W_H(p) = \frac{K \prod_{i=1}^m (p + z_i)}{\prod_{j=1}^n (p + p_j)} \cdot e^{-pT} = \dots$$

$$W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot W_3(p) \dots W_n(p)$$

Thay $p = j\omega$ ta được hàm truyền tần số của hệ thống hở:

$$W_H(j\omega) = W_1(j\omega) \cdot W_2(j\omega) \cdot W_3(j\omega) \dots W_n(j\omega) = \dots(j\omega)$$

Nếu hàm truyền tần số được viết dưới dạng

$$W_i(j\omega) = \dots$$

Khi đó:

$$W_H(j\omega) = \dots$$

$$L_H(\omega) = \dots$$

L_H

Ta thấy rằng để vẽ đặc tính biên độ tần số logarit của hệ hở L_H ta chỉ việc cộng đại số các đặc tính L_i của các khâu có trong hệ. Phép cộng này có thể thực hiện như sau:

- Vẽ tất cả các đặc tính L_i của các phần tử trong hệ lên cùng một hệ trục tọa độ sau đó cộng đồ thị.
- Để đơn giản ta có thể thực hiện theo các bước sau:

- Bước 1: Xác định các tần số gãy $\omega_i = \frac{1}{T_i}$

Tính $lg \omega_i$ và đặt chúng lên trục hoành.

- Bước 2: Xác định giá trị $20lgK$ hệ hở:

$$20lgK_h = 20lg \left[\frac{K}{\prod_{i=1}^n T_i} \right]$$

Sau đó đặt chúng lên trục tung.

- Qua điểm $20lgK_H$ vừa tìm được kẻ từ trái qua phải đường thẳng có độ nghiêng -20 db/dec (n là số khâu tích phân có trong hệ) và dừng lại ở tần số gãy nhỏ nhất.

- Tại các tần số gãy đặc tính thay đổi độ nghiêng. Độ nghiêng của hệ thống bằng độ nghiêng của hệ trước đó cộng với độ nghiêng của khâu ứng với tần số gãy.

- Hiệu chỉnh lại đặc tính nếu cần thiết khi trong hệ thống có khâu dao động với ζ không thỏa mãn điều kiện: $\zeta < 0,38$

3. Đặc tính tần số pha logarit:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

$$\begin{bmatrix} \dots \\ \dots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dots \\ \dots \end{bmatrix}$$

Ta thấy rằng đặc tính đều là các hàm arctg. Vì vậy để vẽ đặc tính tần số pha logarit của hệ ta có thể thực hiện bằng phương pháp cộng đồ thị.

II-6 MÔ TẢ HỆ BẰNG HỆ PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI VÀ MÔ HÌNH TRẠNG THÁI

Để mô tả quá trình động học xảy ra trong hệ điều khiển người ta dùng phương trình vi phân tổng quát có dạng:

$$a_0 \frac{d^n y(t)}{dt^n} + \dots + a_{n-1} \frac{dy(t)}{dt} + a_n y(t) = b_0 \frac{d^m u(t)}{dt^m} + \dots + b_{m-1} \frac{du(t)}{dt} + b_m u(t)$$

Như trên ta đã biết để tìm mối liên hệ giữa lượng ra và lượng vào ta phải giải phương trình vi phân trên. Có thể giải trực tiếp với phương trình vi phân đơn giản hoặc chuyển sang giải phương trình đại số bằng chuyển đổi laplace sau đó biến đổi Laplace ngược. Ngoài ra từ phương trình vi phân bậc cao trên ta có thể đưa về hệ các phương trình vi phân bậc một hay hệ phương trình mô tả các trạng thái của hệ và từ đó ta đưa ra được mô hình trạng thái.

I. Thành lập phương trình trạng thái và mô hình trạng thái từ phương trình vi phân:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

1. Vế phải của phương trình không chứa đạo hàm của tín hiệu vào hệ thống:

$$a_0 \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{dy(t)}{dt} + \dots + a_1 y(t) = b_m u(t)$$

Ta đặt:

$$x_1 = y$$

$$x_2 = \frac{dy}{dt}$$

$$x_3 = \frac{d^2 y}{dt^2}$$

.....

$$x_n = \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}}$$

$$\frac{dx_n}{dt} = \frac{d^n y}{dt^n}$$

Như vậy phương trình vi phân trên có thể viết về dạng hệ các phương trình như sau:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \dots \\ \dot{x}_{n-1} = x_n \\ \dot{x}_n = -\frac{a_{n-1}}{a_0} x_n - \frac{a_{n-2}}{a_0} x_{n-1} - \dots - \frac{a_1}{a_0} x_1 + \frac{b_m}{a_0} u(t) \end{cases}$$

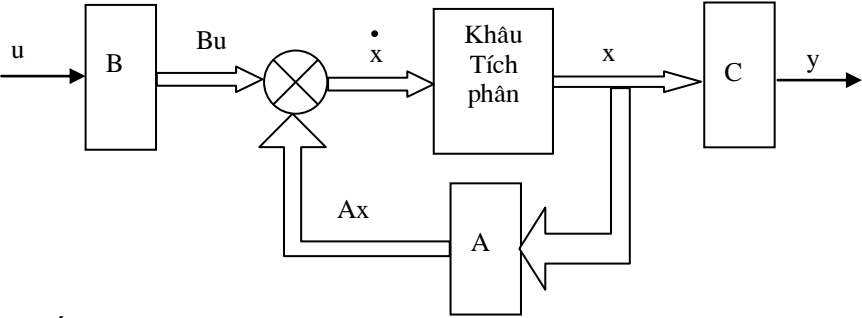
Hay:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

$$\dot{\underline{x}} = \underline{A} \underline{x} + \underline{B} u$$

$$y = \underline{C} \underline{x}$$

Từ hệ phương trình trạng thái rút gọn ta xây dựng được sơ đồ cấu trúc trạng thái của hệ thống như sau:



2. Về phải của phương trình chứa đạo hàm của tín hiệu vào hệ thống:

$$a_0 \frac{d^n y(t)}{dt^n} + \dots + a_{n-1} \frac{dy(t)}{dt} + a_n y(t) = b_0 \frac{d^m u(t)}{dt^m} + \dots + b_{m-1} \frac{du(t)}{dt} + b_m u(t)$$

Xét trường hợp tổng quát $n = m$. Ta đặt

$$y = \underline{y}$$

$$\dot{x}_1 = \underline{\dot{x}}_1$$

$$\dot{x}_2 = \underline{\dot{x}}_2$$

$$\dots$$

$$\dot{x}_n = \underline{\dot{x}}_n$$

Khi đó:

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= \frac{dy}{dt} \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{d^2y}{dt^2} \\ \frac{d^3y}{dt^3} &= \frac{d^3y}{dt^3} \\ &\dots \\ \frac{d^n y}{dt^n} &= \frac{d^n y}{dt^n} \\ \frac{d^n y}{dt^n} &= \frac{d^n y}{dt^n} \end{aligned}$$

Thay vào phương trình trên ta được:

$$\begin{aligned} &a_0 \dots + \\ &+ a_1 \dots + \dots + \\ &+ a_n x_2 \dots + a_n x_1 \dots \frac{d^m}{dt^m} \dots \frac{d}{dt} \dots \end{aligned}$$

Chọn các hệ số $B_1 \dots B_n$ theo các hệ số $a_0 \dots a_n, b_0 \dots b_n$ sao cho đạo hàm của tín hiệu vào triệt tiêu khi đó ta có:

$$\begin{aligned} \dot{x}_n &= \frac{1}{a_0} \dots \frac{1}{a_0} \dots \frac{1}{a_0} \dots \frac{1}{a_0} \dots \\ \dot{x}_n &= \dots \end{aligned}$$

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Với:

$$a_1 \frac{a_1}{a_0}; a_2 \frac{a_2}{a_0}; \dots a_n \frac{a_n}{a_0};$$

$$B_m \frac{1}{a_0} (B_1 B_n, B_2 B_n, \dots, B_n B_0, B_m)$$

Như vậy đạo hàm của các biến trạng thái có thể được viết lại:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \vdots \\ \dot{x}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{a_1}{a_0} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -\frac{a_2}{a_0} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & -\frac{a_n}{a_0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{a_0} B_1 \\ \frac{1}{a_0} B_2 \\ \vdots \\ \frac{1}{a_0} B_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ \vdots \\ u \end{bmatrix}$$

Hệ phương trình trên được gọi là hệ phương trình trạng thái. Các biến $x_1 \dots x_n$ được gọi là các biến trạng thái. Hệ phương trình trạng thái có thể viết dưới dạng ma trận vector như sau:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{B} u$$

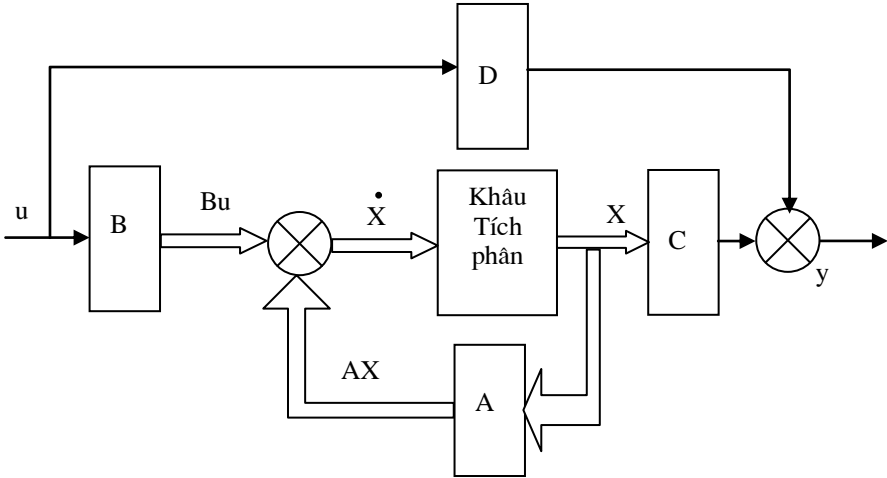
Tín hiệu ra của hệ

$$y = \mathbf{C} \mathbf{x} + D u$$

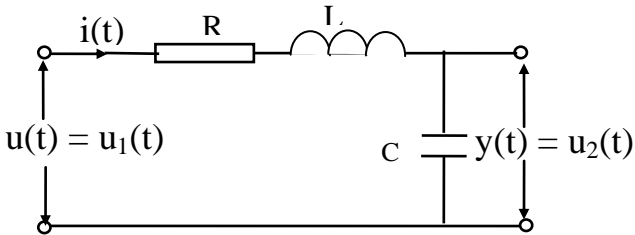
Ta có thể viết gọn như sau:
 Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động



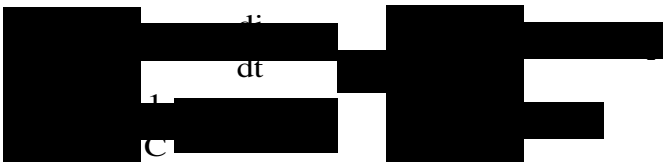
Từ hệ phương trình trạng thái ta xây dựng được sơ đồ cấu trúc trạng thái của hệ thống như sau:



Ví dụ: Hãy thành lập hệ phương trình trạng thái cho mạch điện sau:

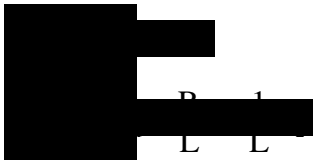


Ta có:



Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

hay:



Đặt: $u_2 = x_1$ là biến trạng thái thứ nhất.

$i = x_2$ là biến trạng thái thứ hai.

Khi đó:



Hệ trên có thể viết dưới dạng ma trận vector như sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{L} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} u_2$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Hay :

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{L} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} u_2$$

Ví dụ: Hãy thành lập hệ phương trình trạng thái cho động cơ 1 chiều kích từ độc lập với tín hiệu vào là điện áp mạch phần ứng, tín hiệu ra là tốc độ quay:

Ta có:

Bài giảng lý thuyết điều khiển tự động

Ç ÿkQ JLŞQ [pW ÿÝQJ Fk_cã0FKÃ ÿÝ NK{QJ

»:W = x₁ Oj EWÃQJ WKiL WKí QK©W
i = x₂ Oj ELÃQ WU¥QJ WKiL WKí KDL
.KL ÿy

+Ë WUrQ Fy WKÇ YLÃW GmßL G¥QJ PD WU

$$\begin{array}{cccc} x_1 & 0 & \frac{K_M}{j} & x_1 & 0 \\ x_2 & K_M & R & x_2 & \frac{1}{L} u \end{array}$$



y 

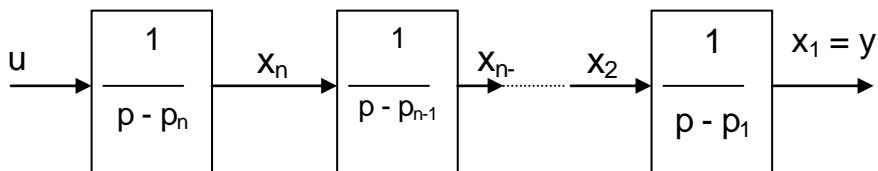
Hay : 

%jL JLOSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

II. Thành lập phương trình và mô hình trạng thái từ hàm truyền đạt:

1. Khi hàm truyền có dạng:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{1}{a_0 p^n \dots a_n} \frac{1}{(p - p_1)(p - p_2) \dots (p - p_n)}$$



TD Fy V k ÿ x F © X W U ~ F E L Ç X G L É Q F i F E L
7 İ V k ÿ x F © X L W B ~ y F » W B E i F E L Ñ , Q , x W U ≠ Q J W I

ta có:

$$\begin{aligned} x_1 &= \dots \\ x_2 &= \dots \\ &\dots \text{ Hay} \dots \\ x_n &= \dots \\ u &= \dots \end{aligned}$$

7 D F y K Ë S K m k Q J W U ≠ Q J W K i L

9 ß L

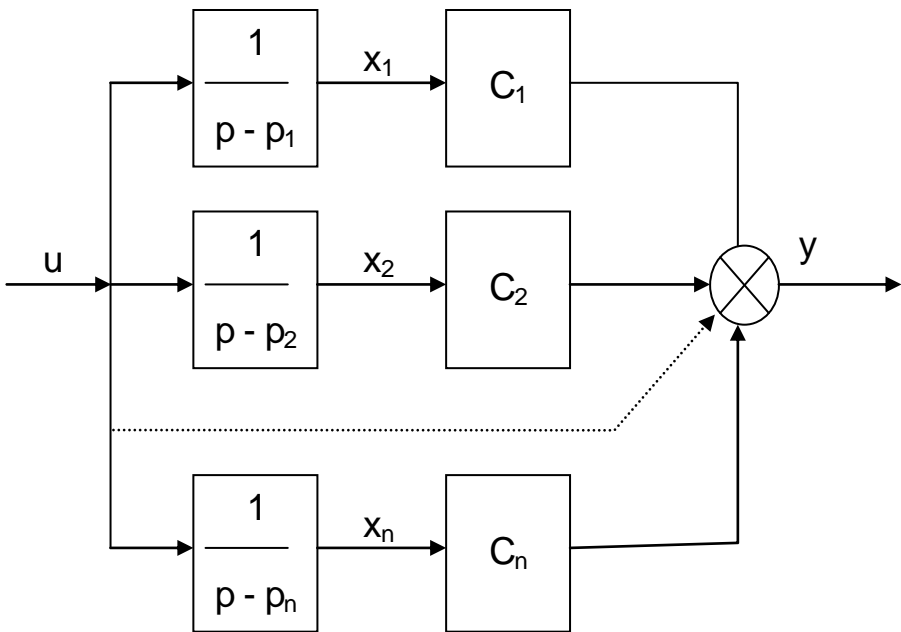
% j L J I O S Q W K X \ Ñ W ÿ L Å X N K L Ç Q W ò ÿ Ý Q J

$$\underline{x}; \underline{x}; A; B; C \dots 0$$

2. Khi hàm truyền có dạng:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{1}{a_0 p^n \dots a_n} \cdot \frac{C_1}{p - p_1} \cdot \frac{C_2}{p - p_2} \dots \frac{C_n}{p - p_n}$$

TD Fy V k ÿ x F©X WU~F ELÇX GLÉQ FiF YÁ



%jL JIOSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

7i V k ÿx F©X LVË Æ ~jF» Wß E i F EL Ñ, Q., x W U ≠ Q J
ta có:

u [redacted]
.....
u [redacted]
y [redacted]
x₁ [redacted]
x₂ [redacted]
.....
x_n [redacted]
y [redacted]

Hay

7 D F y K Ë S M h k u Q K W U ≠ Q J W K i L

[redacted]

9 ß L

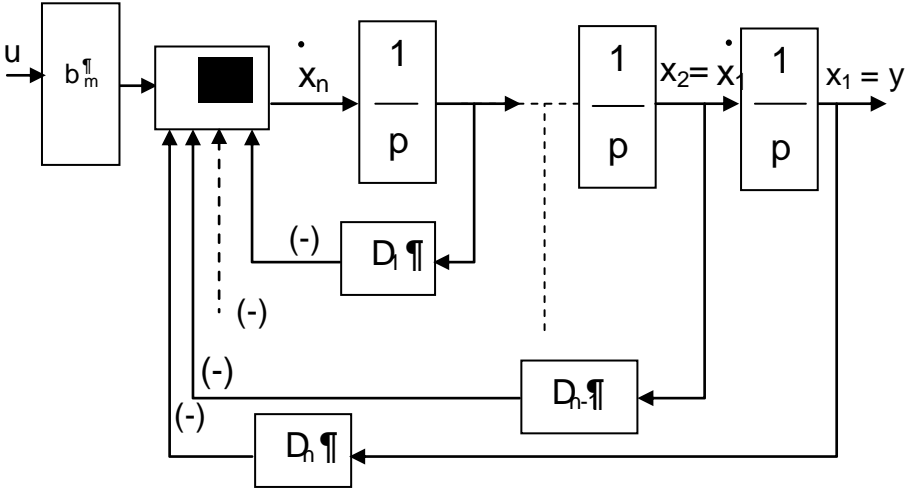
\underline{x} [redacted]; \underline{x} [redacted]; A [redacted];
B [redacted]; C [redacted] . C_n

3. Khi hàm truyền có dạng:

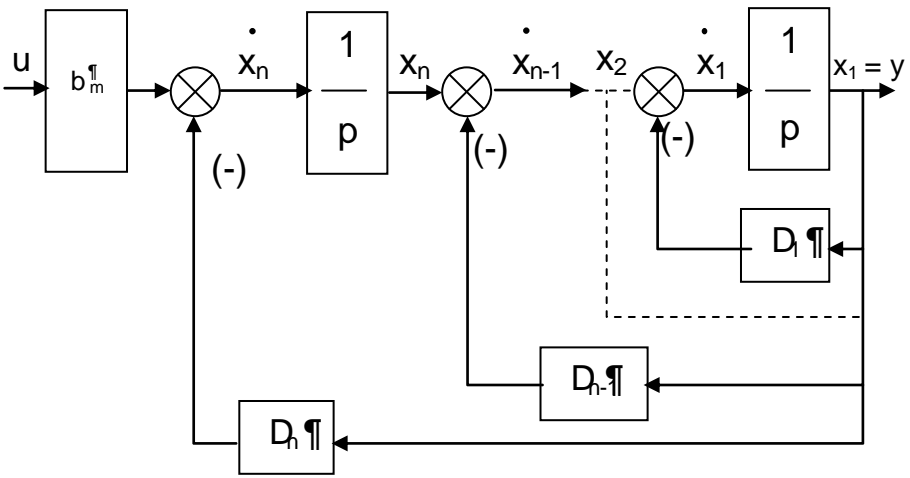
% j L J I O S Q W K X \ Ñ W ÿ L Ñ X N K L Ç Q W ò ÿ Ý Q J

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0}$$

a. Cách 1:



b. Cách 2:

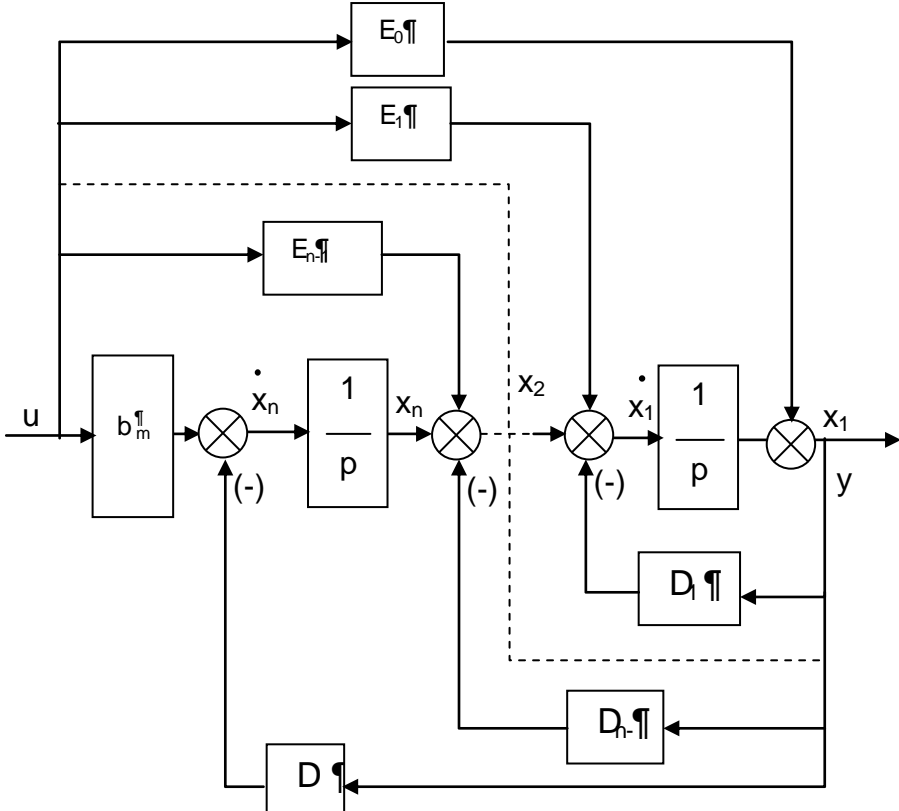


%jL JLOSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

.KL KJP WUX\ÅQ Fy G¥QJ

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n}$$

;pW WUmáQJ KçS WÙQJ TXiW Q P
TD Fy Vk ÿx F©X WU~F ELÇX GLÉQ FiF EL



&K~ ê WURQJ WUmáQJ KçS P Q VÕKu Q
EiQjR WKu WURQJ P¥FK YzQJ WU¥QJ WK
EÓ P¥FK YzQJ)WU¥QJ WKiL ÿy

%jL JLOSQ WKX\ÃW ÿLÅX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

CHƯƠNG III ỔN ĐỊNH

III-1 Khái niệm và thông số ảnh hưởng

1. Khái niệm:

ổ Q yĩ QK Oj WtQK FK©W FëD KË Wõ WU
NÃW WK~F WiFXy Ớ Q ¼ Q F KD \ QMK K § Q QJ FëD
WU ¼ QJ WKiL FkQ EµQJ Qj\ VDQJ WU ¼ QJ W

9t Gé WD [pW Yĩ WUt FëD TX§ F«X WUR



Trạng thái ổn định

Trạng thái không ổn định

% LrQ JLβL

2. Thông số ảnh hưởng

1Km WD ym ELÃW KË yLÃX NKLCQ WK
y ùL TXL OX ± W VKj QK JTXL OX ± W OmçQJ U
P»W WRiQ KÑF TXi WUuQK ELÃQ y ùL y y
WUuQK YL SKkQ WÙQJ TXiW VDX

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} \frac{dy}{dt} \frac{d^n u}{dt^n} \frac{du}{dt}$$

7URQJi, y ODFiF KË VÕ

Ç WuP QJKLE (P) ta W K§LI X§L SKmkQJ V
phân trên 1K ± Q WKj \ Oj µSK UmkQJ WUuQK YL S
WKX « Q QK©W QJKLEP WÙQJ TXiW FëD Q

y(t) [redacted]

% jL JLOS Q WKX \ÃW yLÃX NKLCQ Wõ yÝQJ

9 3 L

$y^*(t)$: Là QJKLEP ULRQJ FëD SâK mē QQUQW Uu
 YBL PÝW Wt FQj RYyÿ » F WUmQUu QKR[IFXO WS
 WUÏ VÕ FëD ÿ¥L OmçQJ F«Q. ÿLÅX NKLÇQ
 $\bar{y}(t)$ /j QJKLEP WÙQJ TXiW FëD S KmkQJ
 QK©W Qy ÿ » F WUmQJ F1KRm TX± \ WUu QKK ÛTQX
 FëD KË FKÍ FzQ SKé WKXÝ F(t) yj Rj WQK QK S
 WÙQJ TXiW FëD Qy Oj

$\bar{y}(t)$ [redacted]

C_1 /j KË VÕ ÿmçF [iF YÄX KILFëQ FDFQ ÿÿ«
 c© Xúc, tham sÖ ë DË

p_1 /j QJKLEP SâK mē QQUQW Uu QK ÿ » F WtQK
 $a_0 p^n + a_1 p^{n-1} \ll Dp + a_1 = 0$

Hay: $y(t) = y^{(i)}(t) \cdot e^{p_1 t}$

1 Km Y± \ WD Fy WKÇ QKkQ [pW WtQK ÛQ ÿ

- 1 ã Xim [redacted] thì $y(t) = y^{(i)}(t) \cdot e^{p_1 t}$ KË ÛQ ÿÿQK

- 1 ã Xim [redacted] thì $y(t) \cdot e^{p_1 t}$ KË NK{QJ ÛQ ÿÿQK

- 1 ã Xim [redacted] thì $y(t) = y^{(i)}(t) + c \cdot y^{(i)}(t)$

[redacted] KË ã ELrQ JLBL ÛQ ÿÿQK

%jL JLOS QWKX \ ãW ÿLÅX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

1 Km Y±\ WtQK ÛQ yİQK FëD KË SKé W

do: $\bar{y}(t)$

+D\ FKtQK Oj SKé WKXÝF YjR QJKLËP
tíQK 0j QJKLËP FëD SKmkQJ WUuQK y¥L
EŞQ Oj QJKLËP WKõF Yj QJKLËP SKÍF

Khi p_i là nghiệm thực:

- 1 $\tilde{A} X S \quad \bar{y} \gg W$

$\bar{y}(t)$ \dots \dots \dots \dots + Ë ÛQ yİQK

- 1 $\tilde{A} X Fy \quad QJKLËP$ (S QJKLËP F $\bar{y} \gg W$

$p_i = - \dots$ NKL $\bar{y} y$

$\bar{y}(t)$ \dots \dots \dots KË ã ELrQ JLBL ÛQ

- 1 $\tilde{A} X Fy \quad QJKLËP$ (S QJKLËP NKÍF

$p_i = - \dots$ $p_i^* = \dots$ NKL $\bar{y} y$

$\bar{y}(t)$ \dots \dots \dots KËK{QJ ÛQ yİQK

Khi p_i là nghiệm phức: $p_{i,i+1} = \dots$

Ta có:

$c_i e^{(a+ib)t} + \bar{c}_i e^{(a-ib)t} = \dots$

$(a+ib)e^{(a+ib)t} + (a-ib)e^{(a-ib)t} = \dots$

$= 2A_i e^{at} \cdot \cos(bt)$

9 ß L

%jL JLOSQ WKX\ÃW yLÃX NKLÇQ Wõ yÝQJ

$$A_i = \sqrt{a^2 - b^2}; \arctg \frac{b}{a}$$

1 Km $Y_{\pm}(t)$

4XD ELÇX WKÍF WURQ WD WK©\ UμC
 $y(t)$ FKÍ SKé WK©\ FëD QJKLËP
 SKÍF

- 1 $\tilde{A} < 0$ $n\bar{v}(t)$ KË ÙQ \ddot{y} QK

- Nêú = 0 cò (n/2 ± F & 0 KË ã

biêQ JLβL ÙQ \ddot{y} QK

- N $\tilde{A} > 0$ cò (n/2 ± F & 0 KË

NK{QJ ÙQ \ddot{y} QK

3. **Két luận:** 1 Km $Y_{\pm}(t)$ ÙQ \ddot{y} QK FëD KË FK
 SK«Q WKöF QJKLËP FëD SKmkQJ WUuQK

- 1 $\tilde{A} X$ W©W FŞ FiF QJKLËP FëD SKmkQJ
 \ddot{y} AX Fy SK« \ddot{y} QK ÙQ \ddot{y} QK

- & KÍ F«Q QJKLËP FëD SKmkQJ WUuQK \ddot{y} » F
 FzQ FiF QJKLËP NKÍF \ddot{y} EQ WKJLβL

\ddot{y} QK

- & KÍ F«Q QJKLËP FëD SKmkQJ WUuQK
 Gmk KË WKöQJ ÙQ \ddot{y} QK

7KHR NÃW OX±Q ã WURQ WD WK©\ UμC
 SKŞL \ddot{y} L WuP QJKLËP FëD SKmkQJ WUuQK

%jL JIÖQ WKX\ÃW \ddot{y} LÃX NKLÇQ Wö \ddot{y} YQJ

WUuQK E±F FDR YLĚF JL§ NKŸK NKQO WUuQ
 ýÇ NK³F SKéF QKmçF ýLÇP WUrQ-Q JmÇá L V
 [pW ÙQ ýİQK ýy Oj
 - 7LrX F NK-QİQK ý¥L VŌ
 - 7LrX F NK-QİQK W«Q VŌ

III-2 TIÊU CHUẨN ỔN ĐỊNH ĐẠI SỐ

I. Điều kiện cần để hệ ĐKTD ổn định:

LĂX NLĚQ F«Q ýÇ KĚ .7 ÙQ ýFĈ Oj V
 SKmkQJ WUuQK ý» FhaWFKQJ SKÇX GmkQJ

$$A(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0$$

II. Điều kiện cần và đủ để hệ ĐKTD tuyến tính hoá ổn định:

- İQK Oê 1ĂX W©W F§ FiF QJKLĚP F
 WtQK KĚ WX\ĂQ WtQK KRi Fy SK«Q WKõF
 SKé WKXÝF YjSKFiF FhFjQFDR EÓ ýL NKL W

- İQK Oê 1ĂX QJKLĚP FëD SKmkQJ
 WX\ĂQ WtQK KRi Fy SK«Q WKõF GmkQJ
 NK{QJ SKé WKXÝF YjR FiF WKjQK SK«Q

tính hoá.

- İQK Oê 1ĂX SKjy»KQW WQKu EëD KĚ W
 KRi Fy QJKLĚP Fy SK«Q WKõF EµQJ Fz
 SK«Q WKõF kP WKu WtQK ÙQ ýİQK FëD K
 WKjQK SK«Q E±F FDR EÓ ýL NKL WX\ĂQ
 [pW KĚ Oj KĚ SKL WX\ĂQ WKHR Oê WKX\Ă

%jL JİÇQ WKX\ĂW ýLĂX NKLÇQ Wõ ýÝQJ

III. Tiêu chuẩn ổn định RAOX:

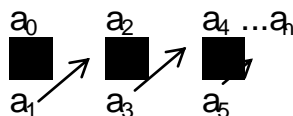
1. Phát biểu:

LÃX NLËQ F«Q Yj ÿë ÿÇ KË .7 WX\ÃÇ
F§ FiF VÕ K¥QJ WURQJ FÝW ÿ«X WLRQ Fë

2. Cách lập bảng RAOX:

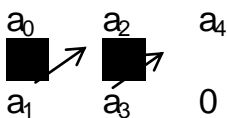
% § QJ 5 \$ 2 ; ÿ m ç F WKjQK O ± S ; GFöDD YjR
SKmkQJ WfihuAQK = ÿpⁿ + a₁pⁿ⁻¹ + ... + a_{n-1}p + a_n = 0
9j ÿ m ç F WKjQK O ± S TXD FiF EmßF VDX
% m ß F +DL KjQJ ÿ«X WLRQ WURQJ E§
EãL FiF ; WËK MË D XL OX ± W VDX

HËs Õ nào không có ghi giá trị
b µ QJ



Khi x X © W K [] Q ÿ t F Ý W W tr Q]

ÿ NK { QJ WKXÝF E§ QJ 5 DR [9'
FKR SKmkQJ WUuQK ÿ » F WtQK
 $A(p) = a_0p^4 + a_1p^3 + a_2p^2 + a_3p + a_4 = 0$



% m ß F & i F VÕ K¥QJ FzQ O¥L WURQJ
WKHR TXL0 Ô X ± W Õ K ¥ QJ WURQJ PÝW KjQJ
PÝW WKö k QJ VÕ

% j L J L O S Q W K X \ Ã W ÿ LÃX NK L Ç Q W ð ÿ Ý Q J

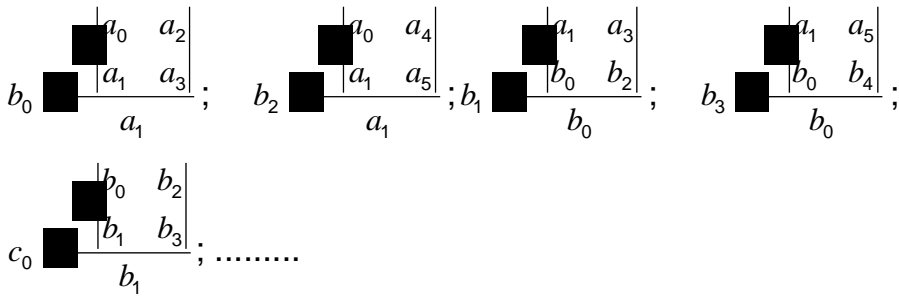
- 7ñ VÕ Oj yİQK WKİF E±F KDL PDQJ G©
 FÝW y«X WLRQ FëD KjQJ WURQ VÕ K¥QJ
 ViW ErQ SKŞL FëD KjQJ WURQ VÕ K¥QJ y

- 0-X VÕ W©W FŞ FiF VÕ K¥QJ WURQJ
 WUXQJ P-X K¥QJ JOÿ «X WLRQ FëD KjQJ WURQJ

tính.

'¥QJ WÙQJ TXiW FëD EŞQJ 5DR[

a_0	a_2	a_4	a_6	a_8	.	.
a_1	a_3	a_5	a_7	.	.	.
b_0	b_2	b_4	.	.	.	.
b_1	b_3	.	.	.	.	.
c_0	c_2	.	.	.	.	.
c_1	.	.	.	.	.	.



3. Các tính chất của bảng Raoux:

- &y WKÇ QKkQ KR»F FKL D W©W FŞ Fi
 KjQJ FëD EŞQJ VÕ K¥QJ WURQJ 5DR
 NK{QJ WKD\ yÙL

- 6Õ O«Q yÙL G©X FëD FiF VÕ K¥QJ WURQJ
 EµQJ VÕ QJKLËP FëD SKmkQJ WUuQK y»F
 %jL JIOSQ WKX\ÃW yLÃX NKLÇQ Wõ yÝQJ

- 7URQJ FÝW WKÍ QK©W FëD EŞQJ 5DR[
KË NK{QJ ÙQ yİQK

- &y WKÇ G•QJ WLRX FKX-Q 5DR[yÇ [iF
PÝW WK{QJ Mõh ÈÙRy İyQKµQJ FiFK JLŞL K
SKmkQJ WUuQK FiF VÕ K¥QJ FÝW WKÍ QK

Chú ý:

- 7LRX FKXİ-S QÇQ ÙQ İQK R FŞ KË Kã Yj K
v ß ph mrg tình y » Fhb ± 5 ©W

- 1ÃX WURQJ KË Fy NKKX WU^PİF KİDX YB
ÿy SKmkQJ WUuQK y»F Wjt SK \$ k CSJ W K ÙQJ
VÕ WX\ÃQ WtQK 0XÕQ is GéQJ WLRX FKX
e^P WKHR FKXÛL 7D\OR Yj O©\ ELÇX WKÍF

$$e^{\frac{a_0}{0!} + \frac{a_1}{1!} + \frac{a_2}{2!} + \dots + \frac{a_p}{p!}}$$

IV. Tiêu chuẩn ổn định Hurwitz:

1. Phát biểu:

LÃX NLËQ F«Q Yj yë yÇ KË yLÃK NKLÇ
FiF KË FVÕ S SKmkQJ WUuQK y»F WtQK Gm
WKÍF KXUZLW] GmkQJ

2. Cách lập định thức Hurwitz:

İQK WKÍF KXUZLW] ymçF WKj Q KDO ± S
SKmkQJ WUuQK y»F WtQK \$ S Yj ymçF
sau:

% m ß F WİQİK FD KXP©W KjQJ Q FÝW
WKjQK O ± S QKm VDX

% jL JİS©W WKX\ÃW yLÃX NKLÇQ Wõ yÝQJ

- 7UrQ ýmáQJtQFKpýRnçFK V³S [ÃS Wã ID FiF
 ■ YβL FKÍ VÕ W QJ G«Q Wĩ WUrQ [XÕQQJ
 - % Û [XQJ FiF VÕ K≠QJ WURVQJLFFÝKÍ E Ñ
 JLŞP G«Q WKHR FKLÅ.XH ËÕhàWkñgQó[giÕQJ G
 giátr ìb µ QJ

% mβF 7tQK FiF ýİQK WKÍF +XUZLW]
 ýİQK WKÍF FDR QK©W WD EÓ G«Q WİQJ K

- İQK V■KÍF 7İ ýİQK ■WKDFEÓ ýL KJQJ WK
 WKÍ Q

- İQK V■KÍF 7İİQK ■KÍWD EÓ ýL KJQJ WK
 FÝW WKÍ Q

- « «

$$\begin{array}{cccc|cccc}
 & a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \cdot & 0 & \\
 & a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \cdot & 0 & \\
 & 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \cdot & 0 & \\
 \blacksquare \blacksquare & 0 & a_0 & a_2 & a_4 & \cdot & 0 & \\
 & 0 & 0 & a_1 & a_3 & \cdot & 0 & \\
 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_n &
 \end{array}$$

3. Chú ý:

- 7LrX FKX-Q Qj\ iS GéQJ FKR FŞ KË Kã
 - &y WKÇ G•QJ W LrX FKX-Q +XUZLW] ýÇ
 FëD PÝW WK{QamVÕ ÛQj RýİQJ FiFKKËLŞ©W
 SKmkQJ WUuQK VDX

%jL JİSçQWKX\ÃW ýLÅX NKLÇQ Wõ ýÝQJ



- 1ÃX WURQJ KË Fy NKKX FK±P VDX PX
Qj\ WD FÊQJ SKŞL NKDL WULÇQ 7D\OR

III-3 TIÊU CHUẨN ỔN ĐỊNH TẦN SỐ

I. Tiêu chuẩn ổn định Nyquist:

7LrX FKX-Q Qj\ iS GéQJ yÇ WpKvÕ QUQ NtQ
SKŞQ-KxG YDR y»CF e Dý » F WtQ Ë EWQ ÖQJ Kã

1. Sử dụng đặc tính tần số biên pha: $W_H(j\omega)$

a. phát biểu: LÃX NLËQ F«Q Yj yë yÇ KË yLÃ
WX\ÃQ WtQK ÙQ yïQK ã WU¥QJ WKiL NtQ

- Khi KË Kã ÙQ yïQK KIR y»FQ äy ËQK QWJKLuß y » F
VÕ ELrQ SKHj [redacted] ENKãQJ ymçF(-E, D)Rkhj [redacted] P
ELÃQ y [redacted] Vi

- .KL KË Kã NK{QJ ÙQ yïQK WKu y»F WtQ
 $W_H(j\omega)$ SKŞL EDR jöy lnçPvòng khi ELÃQ y [redacted] Wï
[redacted] 9ßL P Oj VÕ QKkLËQPI FêUDuQK y » F WtQK
GmkQJ

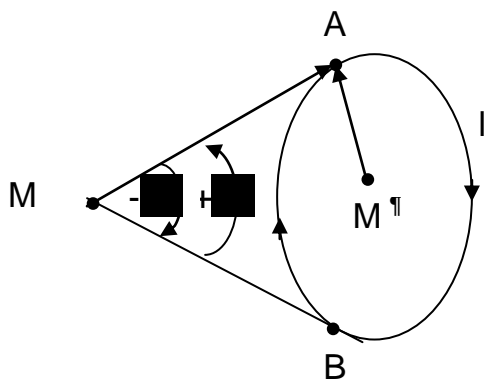
b. Nguyên lý bao:

- &KR ymáQJ FRQJ NtQ O Yj yLÇP O QJ
Wï O Nç YHFWRU O\$ WLÃS [-F YßL ymáQ

%jL JIOSQ WKX\ÃW yLÃX NKLÇQ Wõ yÝQJ

WUmçW WURQ ÿ QJWFRQRJ FWKILÅ X PÊL Wr
 TXD\ ÿL ÿr QFKJy FKUQK YÁ

- 7LÃS WéF FKR 0% V mç W/HW UFrQL ÅXWFIÉ
 YHFWRU Qj\ TX \1yKm Yj\FNKL YHFWRU Q
 WRjQ ÿmáQJ FRQJ O WÜQJ J = K \ Pj G
 = 0



- &KR ÿL ÇQµP WURQJ ÿmáQJi FRQJ NtG
 vector M' \$ Yj FKR Qy WUmçW WURQ WRjQ ÿ
 JyF TXD\ Pj Qy ÿW ÿmçF Oj

2

1Km Y±\ NK LÿmçPEOR YzQJ WKU YHF
 ÿL J 1ÃXÿmçF EDR N YzQJ WKU YHFWRU
 2k

.ÃW OX±Q OXÕQEWRPFVÕ ÿmçQ FRQJ
 YBL ÿ1QP WKU W1jY L P YHFWRU WBL ÿ«X
 (íQJ YBL Yj FKR WUmçW WURQ WRjQ ÿmá

%jL JLOSQ WKX\ÃW ÿLÅX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

TXD\ WKu NÃW OX±Q Oj NK{Q [REDACTED] DR 1
 NÃW OX±Q Oj EDR N YzQJ

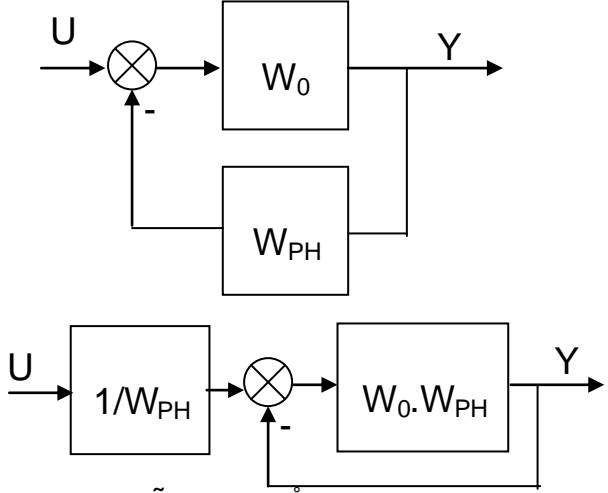
C. Nguyên lý điểm chuyển đổi:

- LÇP FKX\ÇQ ÿÛL /j FiF ÿLÇP [REDACTED] PF³Wh áQ
 WUéF KRjQK WUR [REDACTED] KRŞQJ Wi

- 1JX\rQ Oê ÿLÇP FKX\ÇQ ÿÛL [REDACTED] WWKHR
 O [REDACTED] QÃX W¥L FiF ÿLÇP FKX\ÇQ [REDACTED] Q KÿX\ÇQ »Wi
 JyF WKí WDIQJ JWÐ Fy ÿLÇP FKX\ÇQ ÿÛL
 là c⁺ &zQ FKX\ÇQ Wi JyF WKí VDQJ Jy
 FKX\ÇQ ÿÛL kP NKELKÿLyË XÕF YzQJ EDR ÿmç
 k [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]

d. Chú ý:

7LrX FKX-Q Qj\ FKÍ iS GéQJ [pW ÛQ ÿÛC
 hxL ÿkQ Yİ1ÃX KË Fy SKŞQWKKL WØiSKŞL E
 YÃ SKŞQ KxMDX ÿy PßL ÿmçF iS GéQJ



%jL JIOSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLCÇQ Wõ ÿÝQJ

Ç iS GéQJ WLRX FKX-Q Qj\ WD OjP WK
- ;pW ÙQ yïQK FKR KË Kã 1ÃX KË Kã N
[pW [HP SKmkQWtWUuQK y»F WtQK
WKõF GmkQJ P &y WKÇ G•QJ WLRX FK
WLÃS SKmkQJ WUuQK y»F WtQK

- 9Á y»F Wj KíF yïQK VÕ YzQJ B,ÐR FëD
WKHR QJX\rQ Oê EDR 'õD YjR EmßF
yïQK KD\ NK{QJ

- 9ßL ymáQJh(j) OSKíF W≠S WD [iF yïQK V
WKHR QJX\rQ Oê yLÇP FKX\ÇQ yÛL

2. Sử dụng đặc tính tần số Logarit: $L_H(\dots)$ à \dots

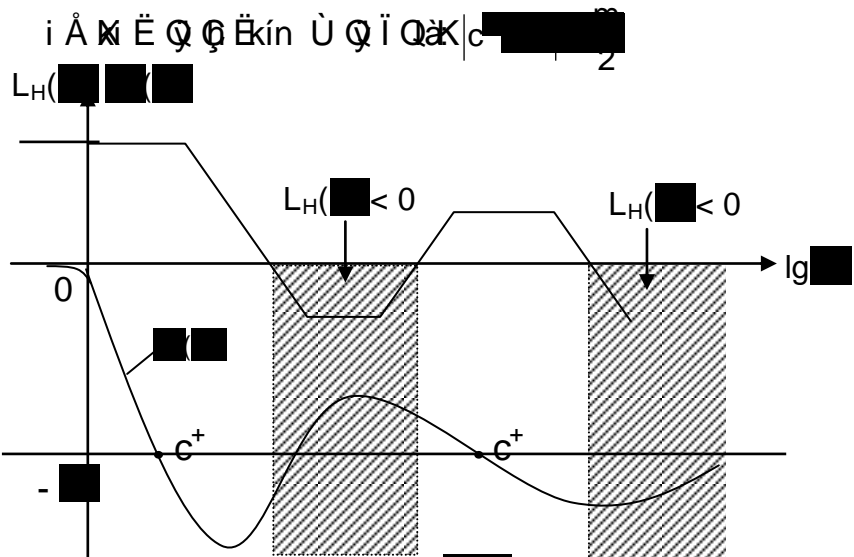
a. phát biểu:

LÃX NLËQ F«Q Yj yë yç KË yLÃX NKLÇQ
yïQK ã WU≠QJ WKiL NPQFÇX\ÇQ DEYÙV ÕG ðLkó
yLÇP FKX\ÇQ yÛL kP WURQ y»Fh§WtQK W «
m/2 khi ELÃQ WKiL V9ß P Oj VÕ QJ KLËP
SKmkQJ WUuQK y»F WtQK KË Kã Fy SK«C

b. Điểm chuyển đổi:

7KHR FKLÃX WïQ WÃX ymáQJWÿQK
F³W ym QJVURQJ N R § W Kú yLÇP yy J
Oj yLÇP FKX\ÇQ yÛL

1ÃX W≠L yLÇP f XÇ Q Qy ÛL W(U Q ymá
[XÕQJ Gmß(L y W K Q JWD Fy yLÇP FKX\ÇQ y
FKX\ÇQ Wï G(m IO n ã Q W r Q y W K Q JWD Fy yL
FKX\ÇQ yÛL kP F
%jL JIOSQ WKX\ÃW yLÃX NKLÇQ Wõ yÝQJ



Theo hình trên ta có $c^+ = 2$, $c^- = 0$ - $c^- = 2$

Ta có $\frac{m}{2}$ [blacked out] 4 QK m Y ± \ Q ã X SKmkQJ WUuQK

Fy QJKLËP Fy SK «Q WKöF GmkQJ P & y WK

c. Chú ý:

7LrX FKX-Q Qj\ FKÍ is GéQJ [pW ùQ yïC
 KxL ÿk-Q Yï ã X KË Fy SKŞQWKxL WØiSKŞL E
 YÁ SKŞQ KxL DX ÿy PßL ÿmçF is GéQJ

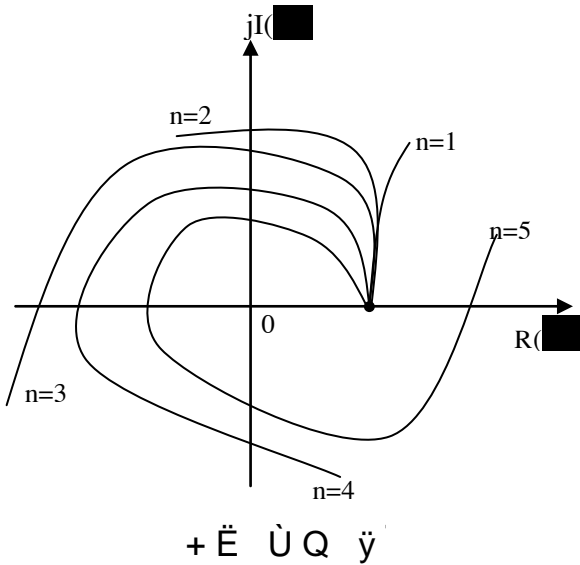
Ç is GéQJ W LrX FKX-Q Qj\ WD OjP WK
 - 7uP [HP SKmkQJ WUuQK ÿ»F WtQK K
 QJKLËP Fy SK«Q WKöF GmkQJ P & y WK
 KR»F JLŞL WUöF WL ã S SKmkQJ WUuQK ÿ»

- 9Á ÿ»F M [blacked out] ;if yïQK ÿLÇP FKX\Ç
 GõD YjR EmßF Qj\ NãW ÖKöng KË NtQ ùQ

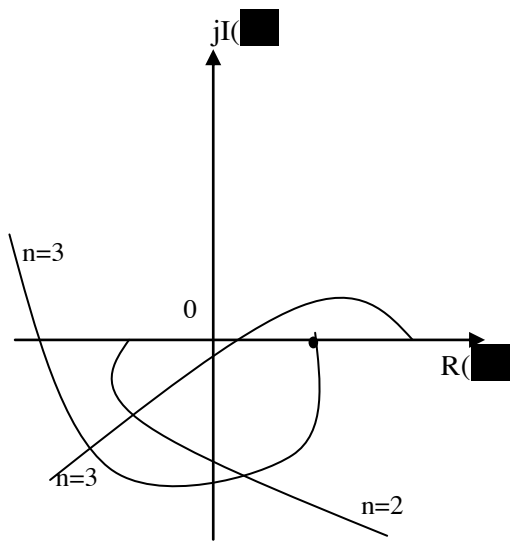
%jL JIÖQ WKX\ ã W ÿL ã X NK LÇQ Wö ÿÝQJ

II. Tiêu chuẩn ổn định Mikhailop:

1. *Phát biểu:* LÃX NLĒQ F«Q Yj yē yÇ KĒ yLÅ
 ÛQ yĭQK Oj YpF Wk yD █████ WSKKĚ Lÿ ĩX©Wt SKiS
 yLÇP WURQ WUéF WKõF GmkQJ TXD\ O«G
 FKLÅX NLP y █████ EL ĀQr WK █████ 9BL Q Oj VÕ
 FēD SKmkQJ WUuQK y»F WtQK KĒ WKÕQJ



%jL JLOSQ WKX\ÃW yLÅX NKLÇQ Wõ yÝQJ



+ Ë NK{QJ ù

2. Cách vẽ $A(j\omega)$

Ç YÁ YHI RMD \$XOW SKiW Wi SKmkQJ
 WKÕQJ \$ S V\ÿ\$ WMFK WKjQK SK
 SK«Q \$ = R + jI(Cho ELÃQ WK DWS
 EŞQJ ELÃQ WKL Wi ÿy YÁ \$ M

3. Chú ý:

7LrX FKX-Q Qj\ iS GéQJ FKR FŞ KË Kã
 WUuQK ÿ»F WtQK Fy E±F E©W Nä 7URQ
 A(j Pj Y-Q Fy WKÇ iS GéQJ WKrXJEŞX-Q
 SKmkQJ ≠ 0 QK ÿmçF FiF Qa ËP
 Yj ÿ»W FiF QJKLËP Qj\ QrQ WUéF W«Q VÕ

%jL JIOSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

- & iF W « Q V ■ OjPKR ■ F , O « Q OmçW [I
nhau

- Khi ■ 0 thì R ■ > 0.

- 6 Õ QJKLËP VÕ VÕ E±F FëD SKmkQJ V
7 Ku NÃW OX±Q KË ÙQ ýİQK 1ÃX NK{QJ N

III-4 PHÂN VÙNG ỔN ĐỊNH

I. Khái niệm:

* L§ Vñ KË Fy SKmkQJ WUuQK ý»F WtQK
 $A(p) \cdot l_0 p^n \cdot l_1 p^{n-1} \cdot \dots \cdot l_n p$

7 KHR SK«Q WUmβF WD ým ELÃW WtQK
FKÍ SKé WKXËP; FëD SKmkQJ WUuQK ý»F
QJKLËP±S SKé WKXÝF; FëD SKmkQJ WUuQK

0»W NKiF; KËDVõSKmkQJ WUuQK ý»F WtQ
QrQ EãL FiF WK{QJ VÕ FëD FiF SK«Q Wñ

9u Y±\ NKL KR»F YjWWRQJJKËõWQJ\ ý
ýÃQ FiF KWVDõ ■ LF QJKLËP SSKmkQJ WU
A S WK ■ WtQK ÙQ ýİQK FëD KË FÊQJ WK

* L§ Vñ KË ýDQJ OjP YLËF ÙQ ýİQK WK
WK{QJ VÕ OjP FKR W±S KçS QJKLËP ýÃX
thông VÕ ELÃQ ýÙL OjP KË P©W ÙQ ýİQK C
QJKLËP [X©W KLËQ QJKLËP Fy SK«Q W
VÕ ELÃQ ýÙL OjP KË FKX\çQ Wİ ÙQ ýİC

%jL JIOSQ WKX\ÃW ýLÃX NKLçQ Wõ ýÝQJ

1 JmçF O≠L FÊQJ Fy WKÇ NKL WK{QJ VÕ
Wi NK{QJ ÙQÙQYQYKQKDQJ

'R TXi WUuQK WK{QJ VÕ ELÃQ ÿÙL Oj
ÿDQJ Fy SK«Q WKõF kP Pj FKX\ÇQ VDQJ
ÿ≠R GL FKX\ÇQ FëD QY██████ SKŞTLXOLÿQÇ
SK«Q WKõF WUuQK WUuQK Fy k\ KË ã ELrQ JLβL
ÿLÇP F³W WUéF §P=Q██████hLËP-██████
ÿmçF Y{ VÕ FiF QJKLËP Fy SK«Q WKõF
JLβL ÙQ ÿİQK JOQ FPF»KWJLÓD Y•QJ ÙQ ÿİ
ÙQ ÿİQK

.KL ÿy SKmkQJ WUuQK P=İrQ JLβL Fy G≠Q.

$$A(p) = a_0(j) + a_1(j)^{n-1} + \dots + a_{n-1}(j) + a_n = 0$$

1 ÆX KË Fy WK{QJ VÕ ELÃQ ÿÙL WK
SKmkQJ WUuQK ELÇX GLÉQ P»W SK·QJ
ELÃQ ÿÙL WUã OrQ WKu ÿy Oj SKmkQJ WU

II. Phân vùng ổn định khi 1 thông số biến đổi tuyến tính:

* LŞ Vñ WK{QJ VÕ ELÃQ ÿÙL WUuQK KQË V
ÿ»F WtQK FëD KË KRjQ WRjQ Fy WKÇ YLÃ

$$A(p) = N(p) + M(p) = 0 \quad \frac{N(p)}{M(p)}$$

$$\text{Thay } p = j \quad \frac{N(j)}{M(j)} = R + jI$$

% LÇX WÉRQJ P»W SK·QJ SKÍF WD VÁ ÿn
K≠Q FëD WK{QJ VÕ ELÃQ ÿÙL

III. Các bước thực hiện

% jL JCSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

- *ÑL WK{QJ VÕ ELÃQ ÿÙL V dR C à KË F «
 bi Ç K í Fch í Dông s Õi ã Q Ù L

- 9LÃW SKmkQJ WUuQK ÿ»F W M(p) YÃ G¥
 = 0

- Rút W i SKmkQJ WUuQ M(p) WtQK WURQ

Thay $p = j$ và tách $\dots = R(\dots) + jI(\dots)$

- Cho ELÃQ W M(p) EŞQJ ELÃQ WKLRQ

	0
R(
I(

9j YÁ ÿmçF ÿmáQJ FRQJ ÿÛBL[íQJQTXD
 hoànK ÿmçF ÿmáQJ FRQJ = ð ÿL íQJ Yß

- 7KHR FKLÃX W- D¥FK GÑF ErQ V
 ÿmáQJ FRQJ Y•QJ J¥FK WRjQ EÝ Yj QKLÃ

- /©\ ÿLÇP WURQJ Y•QJ ÙQ ÿak [iF ÿ
 YjR SKmkQJ WUuQK ÿ»FtQK QKQÿçQKK FëD

- 7K{QJ VÕ WURQJ WKõF WÃ Oj VÕ WKõ
 ÿÃQ FiF WUİ VÕ WURQJ Y•QJ ÙQ ÿİQK Qµ

ÿy Oj NKRŞQJ FKR SKpS WK{QJ VÕ WKD\
 9' *LŞ Vñ KË Fy SKmkQJ WUuQK ÿ»F WtQ

$$A(p) = (1+T_1p)(1+T_2p)(1+T_3p) + K = 0$$

%jL JIOSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

+m\ SKkQ Y•QJ ÛQ yïQK WTK₂HT₃WÄK₁QWU₁WÖ
 Yj FÖ yïQK

- 3KmkQJ WUuQK ÿm FKR ã G¥QJ F«Q YL

- Rút K = -(1+T_{1p})(1+T_{2p})(1+T_{3p})

Thay p=j WiFK SK«Q WKöF SK«Q §R

$K = -(1+T_1j)(1+T_2j)(1+T_3j)$

$= jT_1T_2T_3^3 + (T_1T_2 + T_1T_3 + T_2T_3)^2 - j(T_1 + T_2 + T_3) - 1$

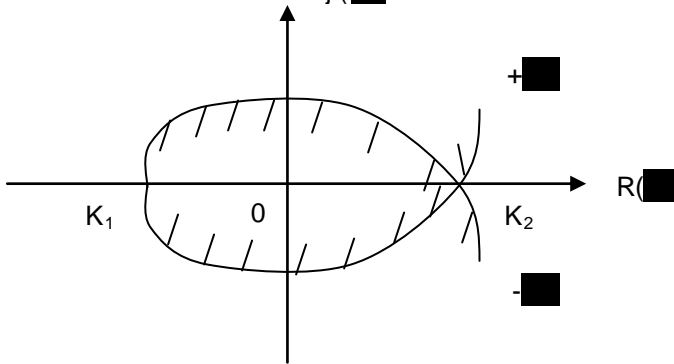
$R(\text{■}) = (T_1T_2 + T_1T_3 + T_2T_3)^2 - 1$

$I(\text{■}) = T_1T_2T_3^3 - (T_1 + T_2 + T_3)(\text{■})$

- /±S EŞQJ ELÃ₁W₁Q NKL

9j YÁ ÿmçF ÿmá₁FRQJ

jl(■)



/©\ yÖL [íQJ ÿmçF WRjQ EÝ ÿmáQJ FRQJ

- Cho₁ = ₁J¥FK VÑF ErQ WUiL ÿmáQJ

ÿmçF J¥FK VÑF WRjQ EÝ Yj QKLÅX QK©W

- 7Kñ O¥L FKR .

%jL JIÖQWKX\ÃW ÿLÅX NKLÇQ Wö yÝQJ

$$(1+T_1p)(1+T_2p)(1+T_3p)$$

=

0

$$p_1 \frac{1}{I_1}, p_2 \frac{1}{I_2}, p_3 \frac{1}{I_3}$$

7©W F§ FiF QJKLEP FyQSYKIQK WKQJ kPm
 ÙQ yİQK Y±\ NKR§QJ ELÃQ yÙL FëD WK{
 $K_1 < K < K_2$

III-5 ĐỘ DỰ TRỮ ỔN ĐỊNH

I. Khái niệm

Ý Gõ WUó ÙQ yİQK Oj YLEF yiQK JLi F
 VÕ FëD PÝW WK{QJ VÕ QjR yy KR»F NK
 tính tBL WUİ VÕ JLBL K¥Q KR»F Y•QJ JLBL K
 9BL PÝW KË WKÕQJ EuQK WKmáQJ EDF
 WUó ÙQ yİQK QjR yy /~F Qj\ PBL WKR§ P
 \rX F«X F{QJ QJKË Yj NKL WK{QJ VÕ ELÃ
 yİQK

II. Độ dự trữ ổn định theo các tiêu chuẩn:

1. Tiêu chuẩn Raou:

7Uİ VÕ JLBL K¥Q ã yk\ Oj WUİ VÕ Qr
 VÕ K¥QJ J«Q QK©W FëD FiF VÕ K¥QJ W
 *ÑL WUİ VÕ JLBL K¥Q FKR SKpS Oj
 *ÑL FiF VÕ K¥QJ WURQJ FÝW FëD E§
 NKL yy
 $\min(A_i)$

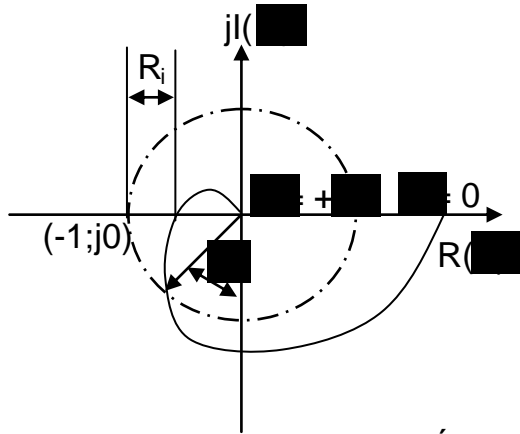
2. Tiêu chuẩn Huwitz:

%jL JIOSQ WKX\ÃW yLÃX NKLÇQ Wõ yÝQJ

7Uİ VÕ JLβL K≠Q ã ÿk\ Oj WUİ VÕ QrC
 JLi WUİ ÿİQK WKÍF +XZLW] J«Q QK©W
 * ÑL WUİ VÕ JLβL K≠Q FKR SKpS Oj
 * ÑL FiF JLi WUİ ÿİQK NKKÍF y+XZLW] Oj
 min()

3. Tiêu chuẩn Nyquits:

a. Theo đặc tính $W_h(j\omega)$



LÇP JLβL K≠Q ã -ÿKM OjQÿDÇPÝ Gõ WUó
 ýÝ ã ÿk\ Oj NKRŞQJ FiFK QKÓ yQ©WLD R ÿ
 FëD ÿmá(j) YβL WUéF KRjQK -W+ QÄ XKR
 KË Kã ÙQ ÿä QEL KR »EβL ÙQ ÿİQK- MURQJ
 QÄX KË Kã NKjQjÿÿGÿiWó YÁ SKD Oj Jy
 kP WUéF ŞR Yj JLDR ÿ(j) PY FëDY zQj QWUzG
 Yİ

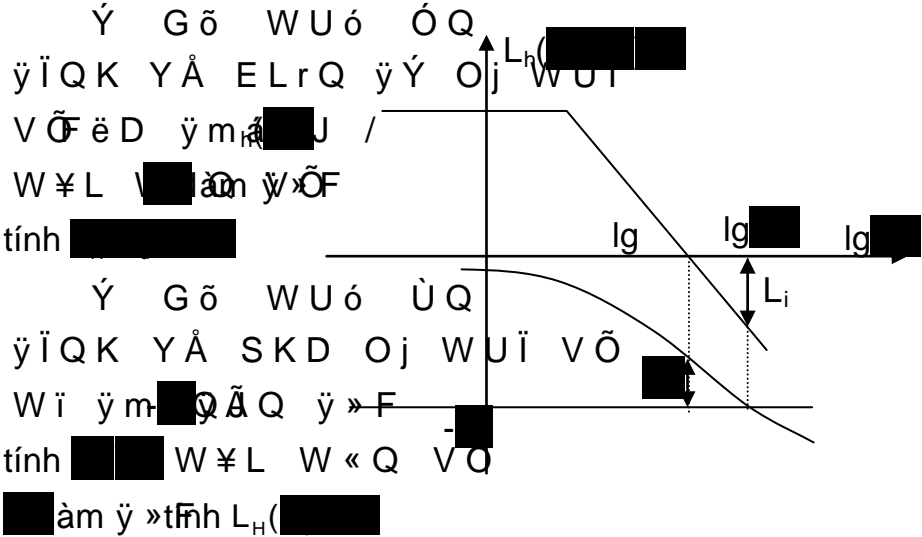
* ÑL WUİ VÕ JLβL K≠Q FKR SK và Á ELr

* ÑL NKRŞQJ ÇPFKMWi ÿÄQ JLDR ÿLÇP F
 $W_h(j\omega)$ YβL WUéF KRjQK y+ EãL QñD kP
 JLDR ÿLÇP FëD yMá QJzQJ W NKjQjÿÿYİ C

%jL JIÖSQWKX\ÄW ÿLÄX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

R_i [redacted]
[redacted]

b. Theo đặc tính L_h([redacted] à v [redacted] [redacted]



* ÑL WUĭ VŌ JLβL K≠Q FKR SK [redacted] svYẢ ELr

Cách ě SK§L WKR§ PmQ ýLĂX NLĚQ
 L_i [redacted]
 [redacted]

4. Tiêu chuẩn Mikhailop:

LÇP JLβL K≠Q Oj JŌF WR≠ ýÝ ýÝ Gõ
 YzQJ WUzQ O©\ WkjP WŌjĂ\$Ō[F~ FV R Æ Lÿ Ý HYFW
 A(j [redacted]

* ÑL WUĭ VŌ JLβL K≠Q FKR SKpS Oj 5 .

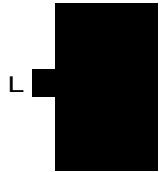
%jL JŌSŌ W KX\ĂW ýLĂX NKLÇQ Wŏ ýÝQJ

2. Tính quan sát được

0 ÝW KĒ .77/7 ýmçF JÑL₀ QĀX6 WmQFWW
QK©W JLi WUö Kç Xy KçR WUç W ýmW KiLi F V
ÿİQK PÝW FiFK FKtQK [iF WK{QJ TXD WtQ
Cho hĒy m ç t S b ß h mng tr ÷ Q hăi c © S



i Ā K Ē Q ç Ē quan sát ý m ç F ma tr ± Q



Có h ÷ Q ç Q ç Rank(L) = n

Hay: $\det(L) = 0$.

CHƯƠNG IV. ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG

ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

IV-1 Các chỉ tiêu chất lượng của hệ điều khiển tự động

6DX NKL [pW ÛQ ýİQK FKR KĒ WKHR FiF
JLşL WUöF WLĂS WuP QJKLĒP VDX ýy [p
FKX-Q ý ÷ L VŌ 5DR[+XZLWV WLRX F
0LNKDLORS FK~ Q ç FWKĒ ý W KĒ L Ā W ý m FKR
KD\ NK{QJ LĂX ýy FKR FK~QJ WD ELĂW
ýmçF KD\ NK{QJ

%jL JIOSç WKX\ĂW ýLĂX NKLçQ Wö ýÝQJ

&zQ KĚ WKŌQJ Fy ŷmçF PDQJ UD Vñ G
WKXÝF YjR FK©W OmçQJ FëD KĚ WKŌQJ
NLĚQ F«Q Yj FK©W OmçQJ FëD NKLÇQ Pß
ÿë ŷç FKÍQJ WÓ NKş Q QJ OjP YLĚF FëD
NKiF ÙQ ŷİQK Yj FK©W OmçQJ Oj FKÍ
NKLÇQ WD FKÍ NKşR ViW FK©W OmçQJ N

1 ĀX KĚ WKŌQJ NK{QJ ÙQ ŷİQK KĚ DW SKİŌş
YĀ ÙQ ŷİQK KLĚX FKÍQK WK{ .KL KĚ W
NK{QJ ŷşP EşR FK©W OmçQJ WKu WD SK
OmçQJ KĚ WKŌQJ KLĚX FKÍQK WLQK

<rX F«X FK©W OmçQJ KĚ WKŌQJ FKtQ
FëD TXi WUuQK FK©W OmçQJ KĚ JLiyEŷu QJ FK©W
Yj FK©W OmçQJ ŷÝQJ FK©W OmçQJ FëD

9ßL PÛL KĚ WKŌQJ Fé WKÇ WKu QJmál
FK©W OmçQJ W-QK Yj ŷÝQJ KĚ WKŌQJ F
\rX F«X FK©W OmçQJ Fé WKÇ ŷy

1. **Chất lượng tĩnh:** Oj VDL OĚFK W-QK FëD KĚ W
O±S 6W

$$St = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t)$$

H W VDL OĚFK ŷLĀX NKLÇQ

2. **Chất lượng động:**

a. **Độ quá điều chỉnh:** (█ max %)

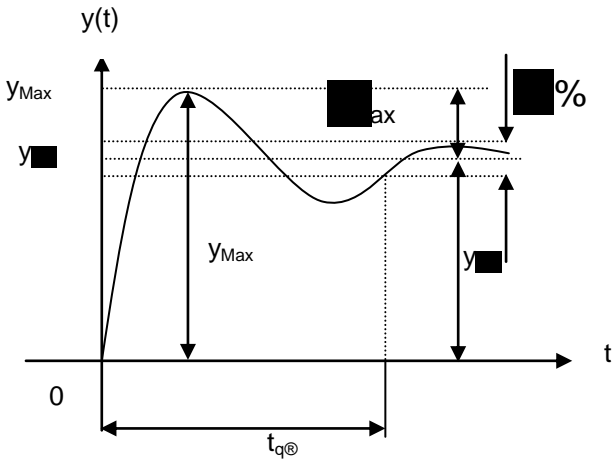
/j ELrQ ŷÝ FōF ŷ¥L FëD ŷ¥L OmçQJ F«Q
[iF O±S

%jL JİŌşQ WKX\ĀW ŷLĀX NKLÇQ Wō ŷÝQJ

$$\frac{y_{\max} - y_{\text{tr}}}{y_{\text{tr}}} \cdot 100\%$$

b. Thời gian quá độ: $t_{T\ddot{y}}$

c. Số lần dao động Q / j



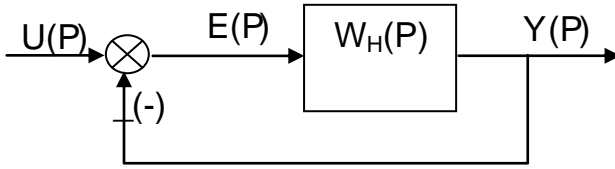
IV-2. Đánh giá chất lượng hệ thống ở chế độ xác lập

7D ELĂW FK©W OmçQJ W-QK FëD KĒ W

$$St = \lim_{t \rightarrow \infty} [u(t) - v(t)] = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t)$$

&K©W OmçQJ KĒ WKŌQJ FjQJ WŌW NKL
 *LŞ Vñ FKR KĒ WKŌQJ NtQ KŷYÁk ŷx F©

%jL JLOSQ WKX\ĂW ŷLĂX NKLçQ Wõ ŷÝQJ



0 ÝW FiFK W ÙQW_H(p) ■ KW₀(p) ■ KÑQ

$$9 \beta W_0(p) \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{b_0 p^m \dots b_m}{a_0 p^n \dots a_n};$$

. Oj KË VÕ NKX\ÃFK ý≠L FëD KË WKÕQJ
 a, b Oj FiF KË VÕ Yj ýmçF [iF ýÏQK Wï FiF
 Wñ WURQJ P≠FK

$$7i V k ýx F \otimes X \frac{W_H(p)}{W_H(p)} \frac{Y(p)}{U(p)}$$

$$\frac{W_H(p)}{U(p)}$$

$$0 \gg W NKiF W_H(p) \frac{Y(p)}{E(p)}$$

$$7i ýy W_H(p) \frac{U(p)}{W_H(p)}$$

7KHR ýÏQKß D Æ K ÷ Q W Kcö: QK © W

$$St = \lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{p \rightarrow 0} F(p) = \lim_{p \rightarrow 0} pU(p)$$

1Km Y±\ VDL OËFK W-QK FëD KË WKÕQJ
 -Tín KLËX YjR FëD KË WKÕQJ 8 S
 - & © X WU~F F W_H(p) KË WKÕQJ

1ÃX W K ß : EµQJ G≠QJ W ÙQJ TXiW WKu
 %jL JIÖQ W KX\ÃW ýLÅX NKLÇQ W ò ýÝQJ

St $\frac{p^n Y(p)}{p^n + a_0 p^n}$

1. Khi tín hiệu vào là hàm 1(t): $u(t) = U_0 \cdot 1(t)$ (p) = U_0/p

- ; p W W U m Q J K 7 d S R Q J K E N K { Q J F y N K K

T). Ta có

St $\frac{p^n Y(p)}{p^n + a_0 p^n + a_n}$

1 Km Y ± \ 6 W W ù O E Q J K i F K Y B L K E V O
F j Q J O B Q V D L O E F K W - Q K F j Q J J L S P Q K m

- ; p W W U m = 0, 2, 3, 5

St $\frac{p^n Y(p)}{p^n + a_0 p^n + a_n}$

1 Km Y ± \ y Ç K E N K { Q J F K Q W W Q K W E L Y V
W - Q K W U R Q J K E S K S L F y t W Q K © W P Y W

2. Khi tín hiệu vào là hàm: $u(t) = U_0 \cdot t$ (p) = $\frac{U_0}{p^2}$

St $\frac{p^n Y(p)}{p^n + a_0 p^n + a_n} \cdot \frac{U_0}{p^2}$

- Khi $\square = 0$ $\square = \square$ K E W K O Q J N K { Q J V ñ G é Q .

- Khi $\square = 1$ $\square = \frac{U_0 a_n}{K b_m}$ D L O E F K W - Q K W ù O E

V O N K X \ A F K y ≠ L

% j L J I O S Q W K X \ A W y L A X N K L Ç Q W ò y Y Q J

- Khi $\tau = 2, 3, 4, \dots$ $t = 0$ ζ KË Y{ VDL WURQJ
SKŞL Fy NKKX WtFK SKkQ

3. Khi tín hiệu vào là hàm: $u(t) = U_0 t^2$ $(p) = \frac{2U_0}{p^3}$

$$St \frac{p^2}{p^3} \cdot \frac{2U_0}{p^3}$$

- Khi $\tau = 0, 1$ $t =$ KË WKÕQJ NK{QJ Vñ Géc

- Khi $\tau = 2$ $t = \frac{2U_0 a_n}{Kb_m}$ DL OËFK W-QK Wù O

KË VÕ NKX\ÃFK ÿ¥L

- Khi $\tau = 3, 4, \dots$ $t = 0$ ζ KË Y{ VDL WURQJ
SKŞL Fy NKKX WtFK SKkQ

Chú ý: .KL ÿiQK JLi FK©W OmçQJ ã FKÃ ÿ
FzQ FKR FKÍ WLRX FK©W OmçQJ W-QK FK
FëD KË OXFV Qj\ ÿmçF [iF ÿİQK QKm VDX

$$St \% \frac{y}{y}$$

$$y$$

< S ÿmçF [iF ÿİQK Wi ÿ«X YjR Yj F©X V

IV-3 Đánh giá chất lượng hệ thống ở chế độ quá độ

iQK JLi FK©W Omç **FKÃ kÿÿ WKjÕQD** SKŞL
[iF ÿİQK ÿmçF FKÍ WLRX Oj ÿÝ TXi ÿLÃX
VÕ O«Q GDR ÿÝQJ WD Fy WKÇ WKõF KLË
%jL JLi QW WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

QÃËy ÿmçF ÿ»F W(t) KëDXKËÿYWKu YLËF [iF
FKÍ WLRX WURQ U©W ÿkQ JLŞQ

I. Phương pháp đại số: %LÃQ ÿÙL /DSODFH QJmçF
K W NKL ELÃW KJP + S

1. Dùng phương pháp biến đổi ngược hàm hữu tỷ.

$$* L\{ \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{b_0 p^m + \dots + b_m}{a_0 p^n + \dots + a_n} \}$$

$$. KL \{ KJP + \dots \} = Fy G \neq QJ$$

$$H(p) = \frac{1}{p} W(p)$$

Ç WuW KWD WKõF KLËQ WKHR FiF EmB
3KkQ WtFK + S WKjQK WÙQJ FiF SKkQ

$$H(p) = \frac{A_{ki}}{(p - a_k)^i} \frac{B_k(p)}{(p - a_k)^2} \dots$$

7URQJ ÿxi, B\$, C\$ Oj FiF KµkQj VÕF QJKLË
WKõF E ... Oj FiF QJKLËP SKÍF OLRQ Kç

trình $A(p) = 0$

; iF ÿİQK KJP JÕF FKR WiQJ SK«Q Wñ W

$$- L^{-1}[A] = A. \dots = h_1(t)$$

$$- L^{-1} \left[\frac{A_{ki}}{(p - a_k)^i} \right] = A_{ki} \frac{t^{i-1} e^{a_k t}}{(i-1)!} 1(t) = h_2(t)$$

$$- L^{-1} \left[\frac{B_k(p)}{(p - a_k)^2} \right] = B_k e^{a_k t} \cos(\dots) 1(t) = h_3(t)$$

%jL JLOSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

$$-L \left[\frac{C_k}{(p^2 + \dots)} \right] C_k e^{p t} \sin(\dots) 1(t) = h_4(t)$$

$$h(t) = h_1(t) + h_2(t) + h_3(t) + h_4(t)$$

2. Dùng phương pháp phương trình đặc trưng:

* L§ Vñ KĚ Fy Kjp WUX\ÅQ

$$W(p) = \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{b_0 p^m + \dots + b_m}{a_0 p^n + \dots + a_n}$$

. KL ÿy

$$h(t) = c_0 1(t) + \dots + e^{p_i t} 1(t)$$

7URQJ ÿy

c₀ Oj KµQJ VÕ ÿmçF [iF ÿİQK= WKHR ÿLÅX

$$c_0 = W(0) = \frac{B(0)}{A(0)}$$

p_i Oj QJKLĚP WKí L FëD SKmkQJ WUuQK

ç_i Oj FiF KµQJ VÕ ÿmçF [iF ÿİQK QKm VD

$$c_i = \frac{B(p_i)}{p_i A'(p_i)}$$

1ÃX Oj FiF QJKLĚP SKíF WKu WD SKŞL

$$c_i e^{p_i t} + \dots = (a - b) e^{(a-b)t} + \dots$$

%jL JIÖ§Q WKX\ÃW ÿLÅX NKLçQ Wõ ÿÝQJ

$$= 2A_i e^{-\dots} \cdot \cos \dots$$

9 B L

$$A_i = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\arctg \frac{b}{a} \text{ (rad)}$$

9 t G é F K R K Ě F w (p) $\frac{B(p)}{A(p)}$ $\frac{J}{T p}$ \ Ā ŷ tim

K W V ñ G é Q J S K m k Q J S K i S S K m k Q J W U u

$$h(t) = c_0 1(t) + c_1 e^{p_1 t} 1(t)$$

$$c_0 = W(0) - K; c_1 = \frac{B(p)}{pA'(p)} \Big|_{p=p_1} / T$$

$$h(t) = K 1(t) + K e^{-\frac{t}{T}} 1(t) = K 1(t) [1 - e^{-\frac{t}{T}}]$$

II. Phương pháp máy tính số: 6 ñ G é Q J Q J { Q Q J ó 0 \$ 7 / \$

1. Sử dụng sơ đồ cấu trúc của hệ:

/ © \ F i F N K Û L W U R Q J W K m Y L Ě Q 6 L P
 0 \$ 7 / \$ % V D X ŷ y Q Ō L R F K ~ Q J V K L ŷ W K X W U
 ŷ m F K R 9 u F « Q ŷ » F W t Q K T X i ŷ Ý Q r Q ã ŷ
 E m ß F Q K - \ V W H S Y j ã ŷ « X U D W D G • Q J I
 T X D Q V i W ŷ » F W t Q K

% j L J I O S Q W K X \ ã W ŷ L Ā X N K L Ç Q W ò ŷ Ý Q J

2. Sử dụng câu lệnh:

* LŞ Vñ KĔ ÿm FKR GmßL G¥QJ Kjp WUX
câX OĔQK ÿÇ NKDL EİR Kjp WUX\ẢQ Yj G
WtQK TXi ÿÝ

IV-4 Đánh giá gián tiếp chất lượng quá độ hệ thống

1. Sử dụng phương pháp phân bố nghiệm:

k\ Oj SKmkQJ SKiS ÿiQK JLi FK©W Omç
F«Q [iF ÿİQK ÿ»F WtQK TXiQyỠõKSKWkQ EY
QJKLĔP WUrQ P»W SK·QJ SKÍF ÿÇ FKR FI
ÿÝQJ QKDQK FĔQJ QKm ÿ»F ÿLÇP GDR ÿ
WKÕQJ

1Km WD ÿm ELĂW KĔ ÿLẢX NKLÇQ WK
ÿÛL OmçQJ YjR WKjQK OmçQJ UDqUAKHR \
WUuQK ELĂQ ÿÛL ÿy ÿmçF P{ WŞ EµQJ S
quát sau:

$$a_0 \frac{d^n y(t)}{dt^n} + \dots + a_n \frac{dy(t)}{dt} + b_0 \frac{d^m u(t)}{dt^m} + \dots + b_m \frac{du(t)}{dt} = p_m u(t)$$

7URQJ_i ÿy ODFiF KĔ VÕ

1K±Q WK©\ UµQJ ÿk\ Oj SKmkQJ WUuQ
QK©W QJKLĔP WÙQJ TXiW FĔD Qy Fy G¥

y(t) [redacted]

9 ß

y*(t) /j QJKLĔP ULrQJ FĔD SKmkQJ WUu
%jL JİSŞQ WKX\ĂW ÿLẢX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

$y(t)$ /j QJKLĚP WÙQJ TXiW FëD SKmkQ.
QK©W Qy y»F WUmQJ FKR TXi WUuQK TXi

$y(t)$ $e^{p,t}$

C_i /j KĚ VŌ ŷmçF [iFyLÿÅQKNEĚQ FëDQ ŷ«

p_i /j QJKLĚP WKí L :FëD 37 ŷ»F WtQK

$A(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} \ll D_1 p + a_n = 0$

1ÃX Sj FiF QJKLĚP WKõF kP FiF QJKLĚP
WKõF WKu

$y(t)$ $e^{p,t}$ KĚ NK{QJ GDR ŷÝQJ

1ÃX Sj FiF QJKLĚP SKí,F= S S
&y QJKLĚP QµP QJRjL WUéF WKõF WKu

$\bar{y}(t)$ $e^{\frac{n}{t}}$ KĚ VÁ GDR ŷÝQJ

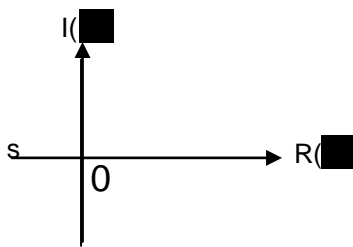
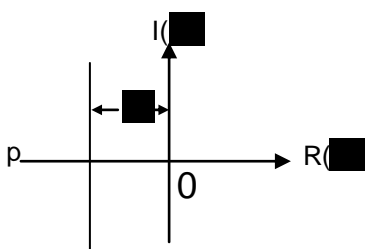
7D ŷm ELÃW WtQK ÙQ ŷİQK FëD KĚ SKé
QJKL PQÃX tlyÉWŌSik«Q WKõF FjQJ OßQ W
 p_i FjQJ [D WUéF SR©WKUQWŷQK FëD KĚ FjQ
PDQJ G©X kP Oj VŌ PÊ F FjQJ OßQ V
WKu Kjp PÊ W³W FjQJ QKDQK WKáL JLDQ
QKÓ 9u Y±\ FK©W OmçQJ 474 FëD KĚ ŷ
TXD SK« WKõF SK«Q TX ŷÉpíQK©WLV
QµP J«Q WUéF şR QK©W YÁ SKtD WUiL
WKjQK SK«Q TŌBQÝKŷQ .ê KLĚX
%jL Jİ©QWKX\ÃW ŷLÃX NKLçQ Wõ ŷÝQJ

η [redacted]

'R \ddot{y} NKL \ddot{y} iQK JLi WKáL PjY WQF 474 JF \ddot{y}
 \ddot{y} ~QJ WKD\ WKÃ WKáL JLDQ WKõF FëD K
WKjQK SK«Q WëW FK±P QK©W

1Km Y±\ WD S [redacted] \ddot{y} Ç [WFK] ã LQKLDQ 474 FëD
là t_0 NKL OmçQJ UD FëD FëD Qy \ddot{y} ≠W JLi WU
phép)

$y(t_0)$ [redacted] $\ln \frac{1}{t_0}$



1Km Y±\ \ddot{y} Ç KË WKÕQJ WKŞR PmQ WKáL
SKmkQJ WUuQK \ddot{y} »F WtQK KË \ddot{y} SKi«QJ WK B
WKRŞ PmQ [redacted] X NLËQ

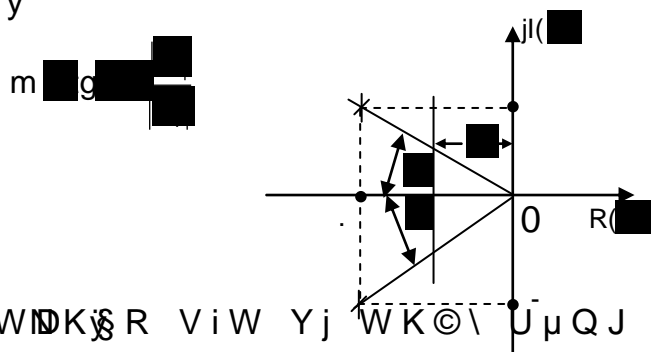
7D GáL WUéF WXQJ VDQJ [redacted] \ddot{y} ijL WPKYáW \ddot{y}
KIQË EµQJ FiFK \ddot{y} ù [redacted] Mũc này hình
WKjQK Ejl WRiQ \ddot{y} Ç KË WKÕQJ WKŞR Pm
Wku SKmkQJ WtQK KË \ddot{y} WKÕQJ s YFyL SKi FQQJ
WKõF WKRŞ P [redacted] ðY L Å X FN LËQK Oj \ddot{y} ç L Å XË NL
WKÕQJ ùQ \ddot{y} iQK íQJ YßL SKmkQJ WUuQK

%jL JIOSá W KX\ÃW \ddot{y} L Å X NKLçQ Wõ \ddot{y} ÝQJ

A(s) [REDACTED]

1ÃX FKÍ [REDACTED] W KyuÃ Q ßL FKÍ yiQK JLi ÿmçF
QKDQK FK±P FëD KË WKÕQJ 7URQJ WKõ
W«Q VÕ GDR ÿÝQJ FëD KË V [REDACTED] FwK {Q
QJKLËP1ÃX [pW F•QJ PÝW WKáL JLDQ TX
Fy SK [REDACTED] OSR WKu VÕ O«Q JLDR ÿÝQJ QKL
FiF QJKLËP [REDACTED] QKf•QJ QJKL [REDACTED] POQRKf•Q VÁ JI
ÿÝQJ tW KkQ 1Km Y±\ ÿÇ ÿiQ K DJIKIËPWF ÿÝ
GéQJ KË VÕ GDR ÿÝQJ P

1KmQJ ÿÇ ÿiQK JLi WD S K S G DWRU P ÝQË V
QK©W áChµ Q j Wi JÕF WR¥ ÿÝ ÿÃQ F»S QJH
FKR W©W F§ FiF QJKLËP FzQ O¥L QµP WU
.KL ÿy



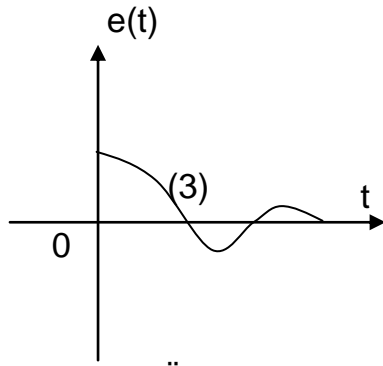
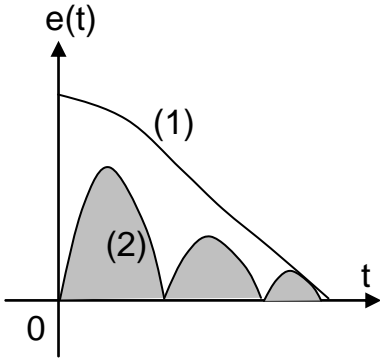
1JmáLmWmDKiS R ViW Yj WK©\ JµQJ
1ÃXm [REDACTED] .275hË GDR ÿÝQJ tW Q
P ! KË GDR ÿÝQJ QKLÃX Q !

2. Sử dụng phương pháp tích phân:

3KmkQJ SKiS Qj\ QJmLáLWVÜ W ñF é QKk Q
OË F)Ky ç ÿiQK JLi FK©WF eDm KË J 474
%jL JIÖSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

ÕL YBL KË ÓVKÕQJ ÿLÅX (NFKyÇQ≠QDLQØË
 hình (1)thu NÃW OX±Q Oj KË NK{QJ GDR ÿÝQJ

ÕL YBL KË ÓVKÕQJ ÿLÅX (NFKyÇQ≠QDLQØË
 hình (2) WKu NÃW OX±Q QjK KË JGR {QÝQFy TX
 FKÍQK



Trong haL WUJm KçS Qj\ GLËQ WFKFy FãWK Ç•Qm
 [iF ÿÏQK QKm VDX

$$I_1 \int_0^{\infty} e(t) dt$$

1ÃX GLËQ WtFK Qj\ FjQJ QKÓ WKu TXi
 QKDQK Yj QJmçF O≠L

ÕL YBL KË ÓVKÕQJ ÿLÅX (NFKyÇQ≠QDLQØË
 hình (3) WKu NÃW OjK KË GDR ÿÝQJ Yj Fy TXi ÿL

7URQJ WUmáQJ KçS Qj\ WD NK{QJ WK

$I_1 \int_0^{\infty} e(t) dt$ ÿmçF EãWYÿ ÛL GÇX\QrLá ,EµQJ W

ÿ≠VÕ FëD Sã(-)Ç-Q ÿÃQ NK{QJ SKŞQ iQK

%jL JLOSãWKX\ÃW ÿLÅX NKLCQ Wõ ÿÝQJ

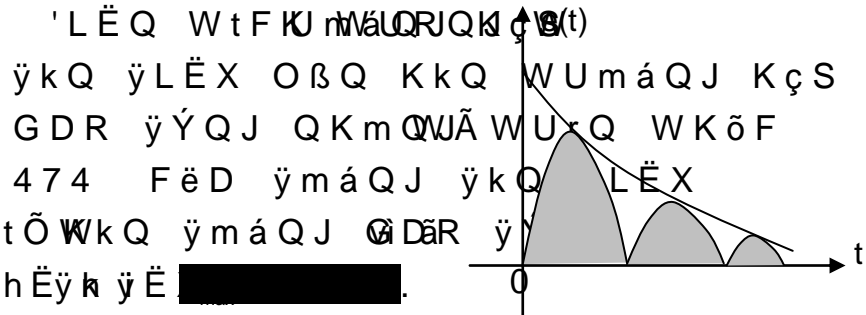
WÙQJ GLĚQ WtFKLG VQD ĩ ĀFK©WQK mçQJ 7
KçS Qj\ WD G•QJ F{QJ WKÍF

$$I_2 \int_0^{\infty} e(t) dt$$

&{QJ WKÍF Qj\ Fy WKÇ G•QJ ĩÇ ĩiQK JLi
KĚ GDR ĩÝQJ KD\ ĩkQ ĩLĚX 1KmQJ WUR
GéQJ Yu WtQK WtFK SKkQ WURQ nã» S U©
QJmáL WD Vñ GéQJ F{QJ WKÍF

$$I_3 \int_0^{\infty} [e(t)]^2 dt$$

I3 NK{QJ SKé WKXÝF YjR G©X H W QJK
YjR ĩ»F ĩLÇP FëD ĩmáQJ FRQJ TXi ĩÝ
7X\ QKLrQ QĀX [pW KĚ ĩkQ ngth ĒLX Yj
gian quá ĩ Ýh minh v Á



xQJ WKáL FiF WLRX FKX-Q
WtFK SKkQ WURQ NK{QJ QrX OrQn ĩmçF ĩ
ĩĀQ WŌFWĀLEQ ĀCē D9H Y±\ ĩÇ NK³F SKéF
UD GçQJ WÙQJ TXiW VDX

%jL JLOSQ WKX\ĀW ĩLĀX NKLÇQ Wō ĩÝQJ

$$I_4 \int_0^{\dots} v dt$$

$$Y \beta L \quad v \int \dots \frac{de}{dt} \dots \frac{de}{dt}$$

$v_1 \ll \gamma_0 c$ FIF KĚ VŌ

7URQJ WKōF WĀ QJmáL WD WKmáQJ FK

$$v \int \dots \frac{de}{dt}$$

$$KKL: \int_0^{\dots} \gamma_4 \left[e(t)^2 + v_1 \left(\frac{de}{dt} \right)^2 \right] dt$$

$$\int_0^{\dots} e(t)^2 dt \quad \gg \text{F WUmQJ FKR WŌF } \gamma \dot{\gamma} \text{ QKDQK}$$

$$\int_0^{\dots} v_1 \left(\frac{de}{dt} \right)^2 dt \quad \gg \text{F WUmQJ FKR } \gamma \dot{\gamma} \text{ E} \mu \text{QJ SK} \cdot \text{QJ}$$

3. Sử dụng đặc tính tần số:

* LŞ Vñ FKR KĚ WKŌQJ ŷLĀX NKŁÇQ Fy ŷLÇP O» S OŷL FKt QK FēD WĒQ LŌLĀX QK KOj 1 W G-Q ŷĀQ KĚ WKŌQJ VÁ NK{QJ GDR ŷ FKÍQK .KL ŷy

$$W(p) \dots ; W(j) \dots R(\dots) I(\dots) A(\dots; \dots)$$

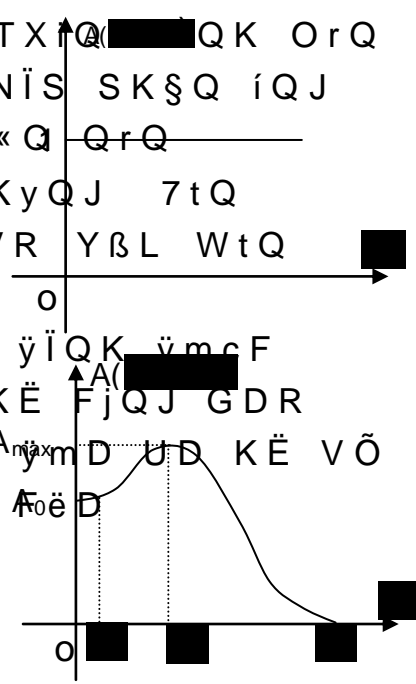
LĀX Qj\ FKÍ WKōF KLĒQ ŷmçF WURQJ không có quán tĩm 7URQJ WKōF WĀ qĀĩ tíFhēD Do WD C

QrQ ŷ» F(FQ KG \$Krd QuQK YÁ

$$A(\dots; \dots) Fy WKÇ ŷ\neq W ŷmç \dots \ll Q VŌ V$$

%jL JIOSQ WKX\ĀW ŷLĀX NKŁÇQ Wō ŷŷQJ

â W « Q V Õ F Y j » K F m A Q Q K E L r Q y Y F y J L i
 A_{max} . K L W « Q V Õ g W L ã S W é F W
 G R K Ë W K Õ Q J F y T X i Q K O r Q
 K Ë W K Õ Q J N K { Q J N Ì S S K Ş Q í Q J
 Y ß L F i F Q D F Y Y W « Q Q r Q
 $A($ J L Ş P Q K D Q K F K y Q J 7 t Q
 K L Ë X D F K ± P S K D V R Y ß L W t Q
 K L Ë X Y j R



1 J m á L W D y m [i F y i Q K y m ç F
 A_{max} F j Q J O ß Q W K u K Ë F j Q J G D R
 y Y Q J Y j Q J m á L W D y m D U D K Ë V Õ
 y i Q K J L i P D R y Y Q J F o e D
 K Ë

$$M = \frac{A_{max}}{A_0}$$

7 K { Q J W K m á Q J

- M = 1: h Ë y k y Ë

- M = 1,2 ± W K u N ã W O X ± Q K Ë < F 30% Y T X i

n <= 2

- N ã X 0 F j Q J O ß Q W K u K Ë F j Q J G D R y Y
 F K í Q K F j Q J O ß Q

' ö D Y j R y » F y Q M K Ç W t Q K y m ç F J « Q y
 T X i y Y Y j W K á L J L D Q Q j \ W ù O Ë Q J K Ì F K Y

$$t_{max} ; t_{qd}$$

% j L J O S Q W K X \ ã W y L ã X N K L Ç Q W ö y Y Q J

&+lj1* 9 7Ø1* +æ3 +Ê , Ä8 .+, Æ1
7ô Ü1* 78<Â1 7Ë1+

V-1 Khái niệm

6DX NKL [pW ÙQ yİQK WxQ WKËL WKËÕQK
ÿm ÙQ yİQK VDX NKL NKŞR ViW FK©W O
EŞR FK©W OmçQJ \rX F«X

9©Q yẢ y»W UD Oj QĂX KË WKÕQJ NK{C
ÿmD KË WKÕQJ YẢ ÙQ yİQK 1ĂX KË WKÕ
OmçQJ NK{QJ WKRŞ PmQĂ \Qj RF Qj Qj KËD
OmçQJ FëD KË

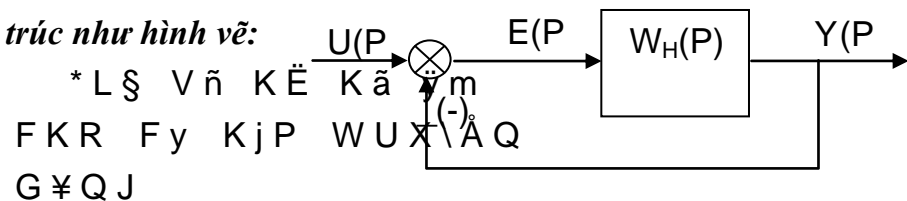
Ç JLŞL TX\ĂW FiF Y©Q yẢ yy WD WLĂQ
KçS KLËX FKÍQK KË WKÕQJ

V-2 Ổn định hoá hệ thống

I. Với hệ có cấu trúc ổn định:

+Ë Fy F©X WU~F ÙQ yİQK Oj KË WKÕQJ
FiF SK« Qj WKËWURQ yİQK FëD WKË WKRQK yİQ
F©X WU~F FëD KË NK{QJ yÛL

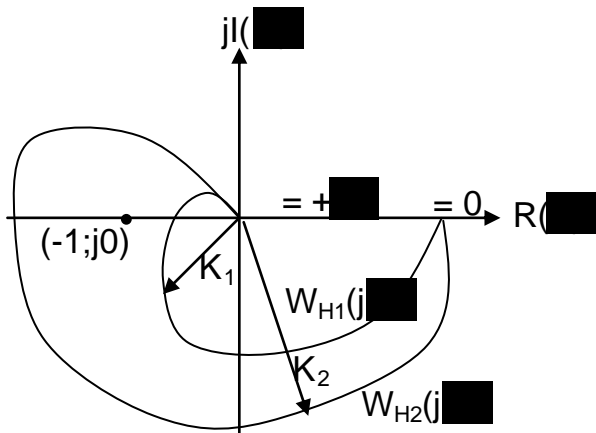
1. Giả sử hệ có cấu trúc như hình vẽ:



%jL JIŞQ WKX\ĂW yLĂX NKLCQ Wõ yÝQJ

$$W_h(p) = \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{K}{A(p)}$$

Đồ thị Nyquist của hàm truyền \$W_h(p)\$



Để hệ thống ổn định thì cần phải có \$K > K_1\$ và \$K < K_2\$.

2. Giả sử hệ thống điều khiển có hàm truyền:

$$A(p) = p^3 + T_1 p^2 + T_2 p + D$$

trong đó \$T_1, T_2, D\$ là các hằng số dương.

Để hệ thống ổn định thì cần phải có \$K < K_{lim}\$ và \$K > K_{min}\$.

Trong trường hợp này, ta có thể tìm được các giá trị \$K_{lim}\$ và \$K_{min}\$ bằng cách vẽ đồ thị Nyquist của hàm truyền \$W_h(p)\$.

II. Với hệ có cấu trúc không ổn định

Trong trường hợp này, ta cần phải xét đến ảnh hưởng của các cực nằm ở nửa mặt phẳng phải của trục thực.

Để hệ thống ổn định thì cần phải có \$K > K_{lim}\$ và \$K < K_{min}\$.

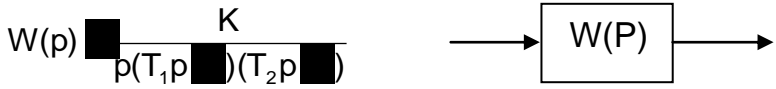
KRi KĚ WKŌQJ Qj\ WD SKŞL WKD\ yÛL F©
sau:

- Thay y Û Æ cách hépn Ōđácp « Q trong hĚ
- 7Krp FiF PŌL OLRQ KĚ SKŞQ KxL SKé Y
- Thêm PÝW VŌ WKLÃW Eİ ErQ QJRjL YjR

FKÍ.QK
0ÝW KĚ Fy F©X WU~F NK{QJ ÛQ yİQK W
SKkQ Yj NK{QJ Fy NKkX YL SKkQ P³F QŌ
NK{QJ WKRŞ PmQ yLÃX NLĚQ F«Q yÇ KĚ U

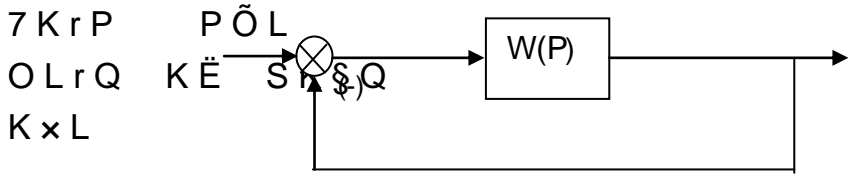
1. Thêm môi liên hệ phản hồi phụ vào trong hệ:

Gi Şsñ KĚ Fy F©X WU~F: QKm KuQK YÁ YβL



$$A(p) = \frac{K}{(T_1 p + a)(T_2 p + b)}$$

+ Ě Fy F©X WU~F NK{QJ ÛQ yİQK NK{QJ
a > 0)



$$W_k(p) = \frac{W(p)}{1 + N(p)}$$

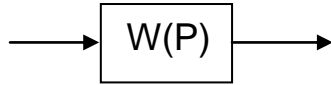
$$A(p) = \frac{K}{(T_1 p + a)(T_2 p + b)}$$

m KFX\ÇQ Wi KĚ Fy F©X WU~F NK{QJ ÛQ
ÛQ yİQK

%jL JLOSQ WKX\ÃW yLÃX NKLÇQ Wõ yÝQJ

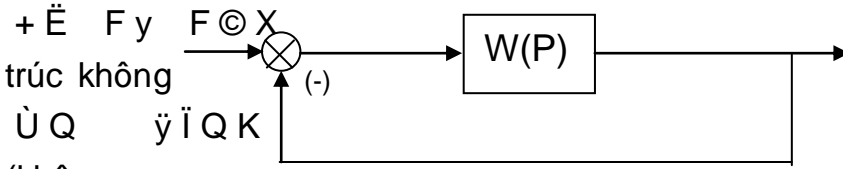
2. Thêm thiết bị hiệu chỉnh vào trong hệ:

Gi Ỡ sñ K Ễ Fy F Ө X WU ~ F Q Km Ku QK Y Á
Y Ả L



$$W(p) = \frac{K}{p^2(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}$$

$$A(p) = T_1 T_2 p^4 + T_1 T_2 p^3 + p^2 + p + 1$$



(không

WKR Ỡ P mQ ÿ L Ỡ NL Ễ Q F « Q D

7KrP P Ỗ L O LrQ K Ễ SK Ỡ Q K x L

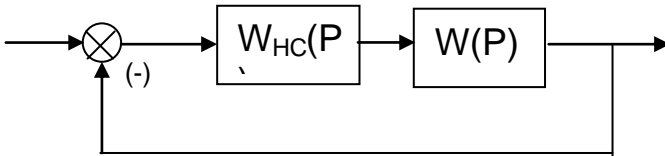
$$W_k(p) = \frac{W(p)}{1 + N(p)}$$

$$A(p) = T_1 T_2 p^4 + T_1 T_2 p^3 + p^2 + p + 1$$

K Ễ Y - Q Fy F Ө

WU ~ F NK { QJ ù Q ÿ İ Q K 7D ÿ mD WKR P WK

WL Ỗ S Fy K j P WUX \ Ỗ Q



$$W_{HC}(p) = \frac{T_3 p + 1}{T_4 p + 1}$$

$$W_k(p) = \frac{W_{HC}(p)W(p)}{1 + N_{HC}(p)W(p)}$$

% j L J O Ỡ Q W K X \ Ỗ W ÿ L Ỗ X N K L Ỡ Q W Ỗ ÿ Ý Q J

$$A(p) = \frac{1}{T_1 T_2 T_4 p^5} \frac{1}{T_1 T_2} \frac{1}{T_1 T_4} \frac{1}{T_1 T_2} p^4 \frac{1}{T_1 T_2} \frac{1}{T_4} p^3 \frac{1}{T_4} p^2 \frac{1}{T_3} p \frac{1}{T_4}$$

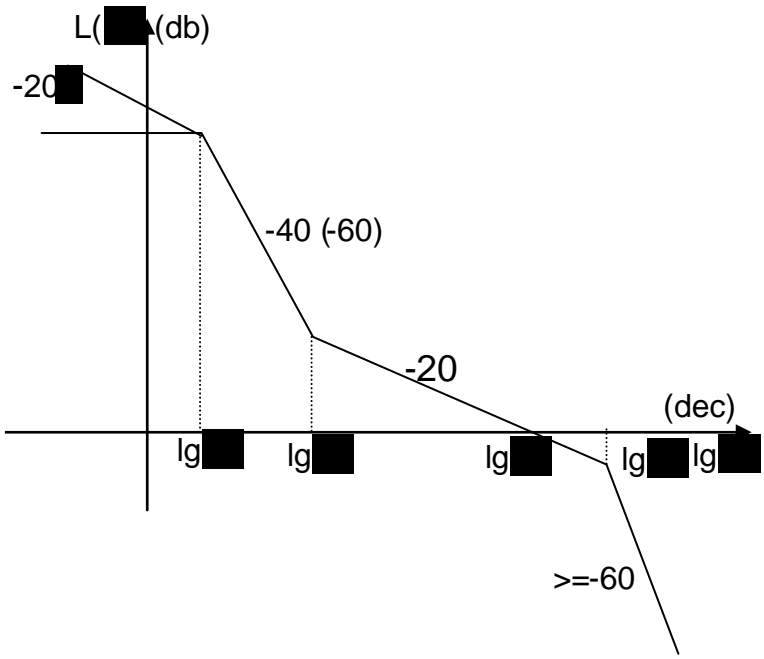
m FKX\ÇQ Wİ KË Fy F©X WU~F NK{QJ
WU~F ÙQ yİQK

6DX NKL ym ymD KË YÁ Fy F©X WU~F
KRİ KË WKÕQJ ymçF WKõF KLËQ QKm ã P

V-3 Tổng hợp hệ thống theo đặc tính tần số

I. Đặc tính L() mẫu:

1 Km WD Q ã XEE ã W WUm ßF PÝW KË WKÕC
y»F Wt Xj/Wİ y»F WtQK Qj\ WD VÁ [iF y
WK{QJ VÕ FK©W OmçQJ FëD KË



%jL JIOSQ WKX\ÃW yLÃX NKLÇQ Wõ yÝQJ

1 JmçF O≠L QÃX F{QJ QJKË \rX F«X P
OmçQJ WD VÁ ÿL WKLÃW NÃ ÿmçF PÝW K
ÿLÃXKLÇQ Qj\ WD FÊQJ VÁ FÁDÿmçF ÿ»F W

1 Km Y±\ QÃX WURQJ Nû WKX±W [X©W
FK©W OmçQJ WÕLJñLX WVD VÁ Y(ñLçFOÿ»ÿ»F W
WtQK P-X 1y Fy G≠QJ QKm KuQK YÁ Yj ÿ
WKHR G§L Wuk Q VÕ NKiF QKD

1. *Dải tần số cực thấp* [redacted] = [redacted]

Vùng t« QÕ FõF WK©S ÿÝ QJKLrQJ ÿR≠Q
TX\ÃW ÿİQK VDL OËFK W-QK FëD KË 1ÃX
ÿÝ QJKLrQJ W QJ

2. *Dải tần số thấp* [redacted]:

9•QJ W«Q VÕ WK©S ÿÝ QTXWñQJ QFëDÿÝ
TXi ÿLÃXFëDÍQÿYQÃXKLrQJ FjQJ W QJ WK
FKÍQK W QÝ WñR FëD Y•QJ Qj\ TX\ÃW ÿİ
ÿÝ FëD KË 0XÕQ WKáL JLDQ TXi ÿÝ QJ³
W QJ

3. *Dải tần trung bình* [redacted]:

Vùng trung W « Q ÿÝ UÝQTXYÃWJ ÿQK ÿÝ Gõ
ÿİQK FëDj WURQJ Nû WKX±W \rX F«X ÿç
ÿmçF WKu ÿÝ QJKLr QK§EëDÖYÿQKQFçQJ
và lg [redacted] [redacted] 0.9dec

4. *Dải tần số cao* [redacted]:

%jL JIçQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

9•QJ FDR QW« Q•QW URj\ W±S WUXQJ FKë
FëD WtQ KLËX QK LKËX WFDQW «FKÖW ÝWKKL
QJKLrQJ FëD Y•QJ Qj\ Fj QJ KËß Q Kf QJ EW C
KmãQJ QKLÅX FëD QKWÖX WwKÖL QYQQ JQj\ rQ
-60db/dec.

I. Đặc tính L_m([redacted] mong muốn:

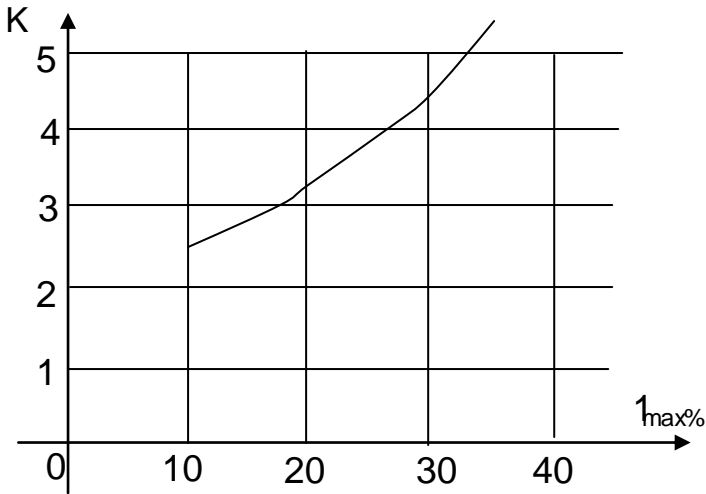
7i \rX F«X F{QJ QJKË WD SK§L [k\ GõC
íQJ ÿmçF FiF \rX F«X Nû WKX±W ÿÅ UD
PRQJ PXÖQ +Ë Qj\ Fy F©X WU~F KRjQ W
»F WtQK ELrQ ÿÝ W«Q VÖ ORJD FëD K
PRQJ PLX([redacted] 1y ÿmçF [k\ GõQJ GõD WURQ y
ÿ»F Wö [redacted] KË ÿKË FyË Yj ÿmçF WKöF KL
EmßF VDX

1.Xác định tần số cắt [redacted]

;X©W SKiW Wi FiF \r [redacted] háx«% t Fr Q Jác QJKË
ÿiQK W«Q [redacted] Vï FEWÇX WKÍF WtQKÝWKÁL
t_{qd} [redacted] t_{qd}

7URQJ ÿy . Oj KË VÖ [redacted] tráç% VjUFDÿ VQKH R i
WK [redacted]

%jL JIOSQ WKX\ÃW ÿLÅX NKLCQ Wö ÿÝQJ



7 URQJ WU má QJ Kç S NK { Ord Ffy W hç QJ ©
 J « Q ÿ ~ QJ

2

Sau ÿ yính lg và ÿ » tr é Fiàrh

2. Xây dựng đặc tính L_m (phần trung tần).

4 X D W « Q W F³ W ç O J ÿ má QJ WK · QJ Fy
 20db/dec y má QJ WK · QJ Qj \ ÿ m ç F JL₂ v ð ð Q E ã
 + DL W « Q V Õ Ñ Q K y m v ð ç K

$$3 = (2 - 4) ; 2 =$$

$$lg$$

7 K { QJ WK thá Qç Fy ç Y L Ē F W t Q K W R i Q F I
 E Ĩ K L Ē X F K í Q K ÿ k Q J L § Q Q J má L W D W K má

% j L J L S Q W K X \ ã W ÿ L Ā X N K L ç Q W ð ÿ Ý Q J

- WU•QJ YBL W«Q KR» F\OF äJD DKRE yFLË

ÿ»F WtQK PRQJ PXÖQ ã SK«Q(au SQ J QV «
W«Q VÖ WK©S

- WU•QJ YBL W«Q KR» F\OF äJD DKRE yFLË

ÿ»F WtQK PRQJ PXÖQ ã SK«Q(au SQ J QV «
FDR W«Q

6DX ÿy NLÇP WUD()LÄdecNLËQ

3. Xây dựng đặc tính L_m () phần tần số thấp.

7i ÿLÇP Wmki()NQ Jy m QJ WK•QJ (Fy ÿÝ
40db/dec, (-60db/dec), KR» F WU•QJ YBL yÝ QJKLrQ

KË FÊ *LBL K¥Q Y•QJ (7K XQ ã WW)in Q E ã

ÿmç F FKÑQ WU•QJ YBL KR» QF VOJ JLDRE DL Ç

ÿ»F WtQK PRQJ PXÖQ()YBL ã Xy »FK WtQK y/ WK

FK()YBL QJX\rQ W³F FjQJ Pã UÝQJ Y•QJ

JLDQ T~D ÿÝ FjQJ QJ³Q

4. Xây dựng đặc tính L_m () phần cao tần.

7i ÿLÇP Wmki()NQ Jy m QJ WK•QJ Fy ÿÝ
càngl ß Càngt Ö WÇthi ã Vhi Ë khí Q Kk gi ß nên k ÷càng

g « QË Ëcàngt Ö Wmg ÿ Ýghiêng không ÿ m ç-60db/dec

5. ;k\ GõQJ ÿ»m()at SK «/Q W«Q VÖ FõF W

1 ãX KË VDX KLËX FKÍQK \rX F«X()WUã V

WKu TXD ÿL()N Ç Qy m Y QJ Fy ÿ()VÖ LN Ç K X

tích phân Fy WURQJ KË

%jL JLO SQ WKX\ ãW ÿL ãX NK LÇQ Wõ ÿÝ QJ

1 Æ X NK { QJ W N W V R Q Q P V R Q J Y ß L ÿ » F V
 FK Ñ Q W U • Q J Y ß L ÿ » F W t Q K F Ê

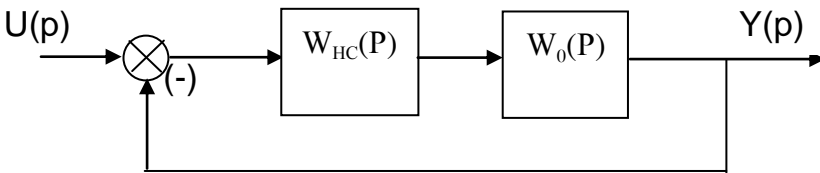
II. Tính toán thiết bị hiệu chỉnh:

6 D X N K L [k \ G ð Q y k - F 0 j W D [k \ G ð Q J
 W t Q K E L r Q y Ý W « Q M Õ O R J D F ë D K Ê

9 © Q y Å y » W U D O F Ê Q Q X F K y m F D Y W K R E S P m
 W L r X Y Å Ù Q y İ Q K Y j F K © W O m ç Q J W K u W
 N K k X J Ñ L O j W K L Æ W E İ K L E X F K Í Q K y Ç K
 y Å U D 0 é F y t F K L F L W D O J S M S L y L [i F y İ
 y m ç F C Y j W İ y y W t Q K K W Æ W Q E y m ç F E X F K Í Q K

1. Tính toán thiết bị hiệu chỉnh nối tiếp:

& © X W U ~ F Q K m K u Q K Y Á



$W_0(p)$ h j P W U X \ Å Q y ð W F ë D K Ê W K Õ Q J W U
 $W_{HC}(p)$ h j P W U X \ Å Q y ð W F ë D W K L Æ W E İ K L
 $7 i V k y x W_m(p) = W_{HC}(p) \cdot W_0(p)$

Hay:

$$W_m(j\omega) = W_{HC}(j\omega) W_0(j\omega) \quad |W_m(j\omega)| = A_{HC}(\omega) \cdot A_0(\omega)$$

$$20 \lg A_m(\omega) = 20 \lg [A_{HC}(\omega) A_0(\omega)]$$

$$= 20 \lg A_{HC}(\omega) + 20 \lg A_0(\omega)$$

% j L J I O S Q W K X \ Å W y L Å X N K L Ç Q W ð y Ý Q J

$$L_m(\dots) = L_{HC}(\dots) + L_0(\dots) \quad L_m(\dots) = L_m(\dots) - L_0(\dots)$$

1 Km Y±\ ý Ç WtQK WRiQ tWHLĀQVācāđ KLĒX
EmßF VDX

- ;k\ GõQJ ý»F WtQK VĒLĒQQR ýÝ UWW FēD K
L₀(

- ;k\ GõQJ ý»F WtQK ELrQ ýÝ W«Q VŌ
PRQJ P_m(theo_{ax}% và t_y VDX ýy NLÇP WUD
ýİQK FēD KĒ PRQJ PXŌQ

- ;iF ýİQK ý»F WtQK KLĒX FKÍQK WKHR
L_{HC}(= L_m(- L₀(7i ý»F WtQK W_{HC}(
7KLĀW NĀ ýmçF NKkX KLĒX FKÍQK VŌ Wē
m¥ FKĒ KHÍQK

2. Tính toán thiết bị hiệu chỉnh bằng cách ghép phản hồi:

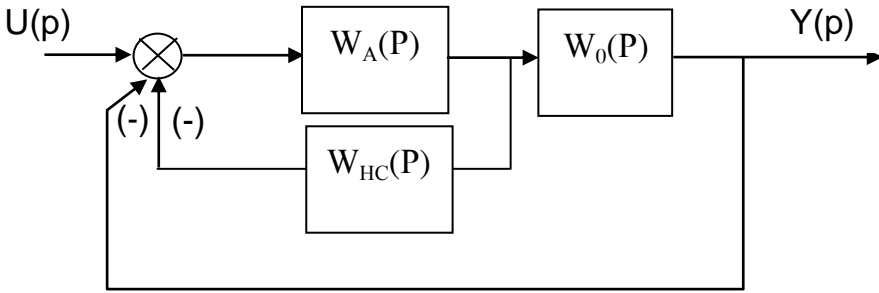
Ç WKõF KLĒQ WKHR SKmkQJ SKiS QjV
FKLD KĒ WKŌQJ FĒ WKjQK QKyP

- 1 KyP WKb ãMg sĒM Q μ Pāphia cu ŌĒē DĒ
(thi ĀW ýÝ Qđ) Fy Kjp WU XS Å Qj: NK{QJ EĪ ED
NKkX KLĒX FKÍQK

- 1 KyP WKb ãMg sĒM Ó μ Pā ý «Vocē DĒ
(thi ĀW Û Chç Sà khuy Ā F Kytung gian), § QK Km ã QJ QKI
ý Ā Q FK©W O Kmp QW tĒKQŪ QQ ýİQK (p) và jP WU
ýmçF EDR EãL NK Tã Xó K© Kuc hĒKÍQ Qm
hình v Á

$$W_m(p) \frac{W_A(p)}{1 + W_A(p)W_{HC}(p)} W_0(p)$$

%jL JIOSQ WKX\ĀW ýLĀX NKLÇQ Wõ ýÝQJ



Thay $P = j\omega$ thì $W_D(j\omega) = \frac{W_A(j\omega)}{1 + W_A(j\omega)W_{HC}(j\omega)} W_0(j\omega)$

7URQJ SK¥P YL W«Q VÕ NK§R ViW GR
FK± Ph Q

$$W_A(j\omega)W_{HC}(j\omega)$$

$$.KL \dot{y}_m(j\omega) = \frac{W_0(j\omega)}{W_{HC}(j\omega)}$$

7mkQJ Wõ QKm $W_{HC}(j\omega) = W_0(j\omega)A_m(j\omega) \dot{y}_m(j\omega) /$

Ç WKLÃW NÃ Vk ÿx QJX\rQ Oê P¥FK K
WK{QJ VÕ P¥FK KLËX FKÍQK WD OjP Wmk
WtQK E WroQ ÿVÕ ORJD WD NK{QJ YÁ FKR
QKyP WKL{QW Eİ ÑDR EãL NK{QX KLËX FKÍC

%jL JIOSQ WKX\ÃW ÿLÃX NKLCÇQ Wõ ÿÝQJ

V-4 Tổng hợp hệ thống theo phương pháp tối ưu (Modul tối ưu và Tối ưu đối xứng)

I. Khái niệm:

;X©W SKiW Wĩ EjL WRFOK Ā P Ÿ Ó J|iF X Ō QS OQ
 UD ŷ ~ Q J E μ Q Jh © F r a c h Ā Y j P á ŷ Ý m ç Ca b a m
 ŷ m ç ĩ n ç Q ŷ J W ĩ h á g i a n n g ³ Q h © W
 Ng m á d k h § B á t và th © k μ Q k j P W U X \ Å Q F ë D K Ē F y
 W K í F 7 ñ Y j P ^ X V Ō O j P Ý W ŷ D W K í F Y ß L
 - % ± F F ë D ŷ D W K E F ± F F ë D K Ó D K W Q í F P ^ X
 - D W K í F W ñ F K t Q K O j ŷ D W K í F P ^ X V D
 E ± F F D R K k Q
 - & i F K Ē V Ō F ë D ŷ D W K í F S K § L W K R § P
 P Ý W K ĩ E © Ō W Ñ ä E u Q K S K m k Q J W U ĩ l a n O « Q
 F ± Q S K § L E μ Q J

$$W(p) = \frac{a_2 p^2 + a_1 p + a_0}{a_0 p^2 + a_1 p + a_2}$$

$$\begin{aligned} & \left[\begin{array}{c} 2 \\ 1 \end{array} \right] a_0 a_2 \\ & \cdot \\ & \left[\begin{array}{c} 2 \\ n \end{array} \right] a_n a_n \end{aligned}$$

Ç ŷ k Q J L § Q Q J m á L W D F K Ñ Q

$$W_1(p) = \frac{a_n}{a_n}, \quad \ddot{y} \gg a_n$$

% j L J L O S Q W K X \ Ā W ŷ L Å X N K L Ç Q W ō ŷ Ý Q J

Nên $W_1(p)$ [redacted] : PRGXO WÖL mX

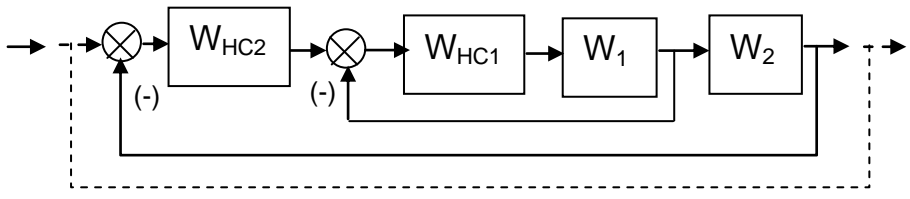
$W_2(p)$ [redacted] a_n [redacted]
 a_n [redacted]

$\ddot{y} \gg a_n$ [redacted]

Nên $W_2(p)$ [redacted] : WÖX yÖL [íQJ

$Y \approx \frac{1}{6} t_{qd}$

7URQJ KË WKÖQJ QÄX G•QJ PÝW WKLA
 WKÇ SKNK yWWSQK WRiQ Ç ykQ JLŞQ WD
 Yj FKX\ÇQ KË YÅ vk yckuFÖXQWU~F QÖL FÖ



0 » W NKiF WURQJ y WËK y FÖQJiF ËNKkX Fy
 WKáL JLDQ NKiF QKDX Yj WURQJ Nû WKX
 - & y WKÇ EÓ TXD FiF KµQJ VÖ WKáL JL
 0.001 s)

- & iF NKkX Fy KµQJ VÖ JMkáWUäDQrQ FR
 WD SKŞL yÇ QJX\rQ

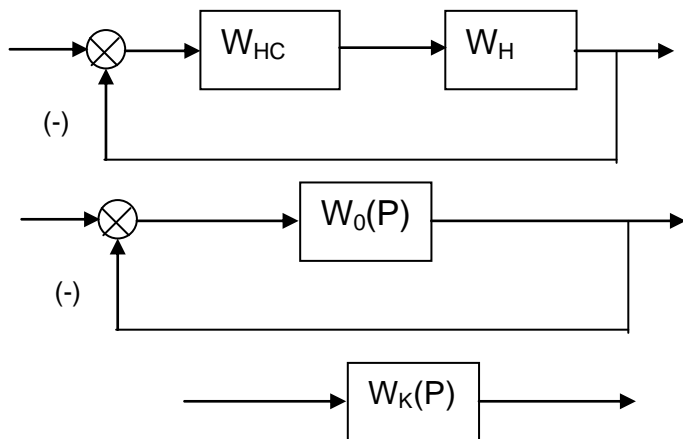
- & iF NKkXQFyVÖµWKáL JLDQ V 7
 KµQJ VÖ WKáL JLDQ QKÓ .KL y y dWD Fy

%jL JLDQ WKX\ÄW yLÄX NKLÇQ Wö yÝQJ

KμQJ VÕ WKáL JLDQ EμQJ WÙQJ KμQJ
 vβ KμQJ VÕ WKáL JLDQ EμQJ WÙQJ KμQJ
 QKÓ WKj Q_{td} « Q

II. Hiệu chỉnh bằng phương pháp Modul tối ưu:

* L§ Vñ KĚ WKÕQJ Fy KjP SWUXDÀ S KSEL KW
 NKkX KLĚX_{HC} FKÍQK D:R FKR KjP WUX\ẢQ K
 W_K(p) YβL SK§ Q K×L



7KR§ PmQ yLẢX NLĚQ FKX-Q VDX

$$W_K(p) = \frac{1}{2p^2 + 2p + 1}$$

$$W_0(p) = \frac{W_0(p)}{V_0(p)}$$

$$W_0(p) = W_H(p) \cdot W_{HC}(p)$$

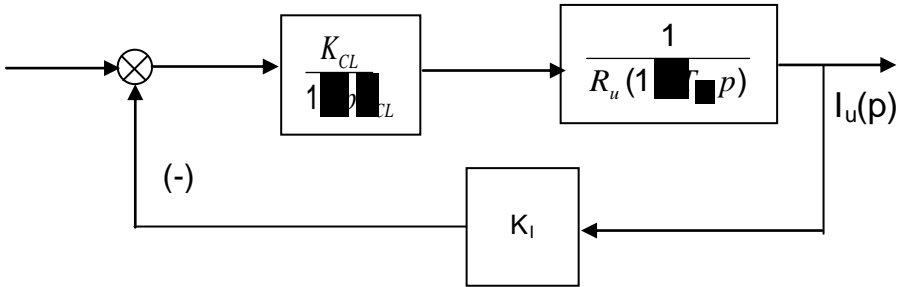
7KD\ YjR WD WuP ymçF

%jL JLOSQ WKX\ẢW yLẢX NKLCQ Wõ yÝQJ

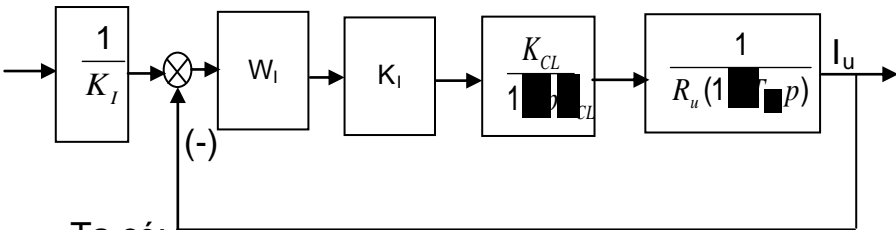
$$W_{HC} = \frac{1}{W_H 2 (1 \dots)}$$

Ç WKLÄW Eİ KLËX FKÍQK ÿkQ JLŞQ W
 WKÁL JLDQ QjRÇÿFyFWDÇ JLŞQ mßF ÿmçF
 Fy KµQWKÁÖ JLDQ OßQ

9' &KR KË Fy F©X WU~F QK m KuQK Y
 FKÍQK WKHR SKmkQJ SKiS 0RGXO WÖL m



%LÄQ ÿÜL YÄ- SKSjQÿmDLWkrP NKkX KL
 Wı S YjR KË WKÖQJ



Ta có:

$$\frac{K_I \cdot K_{CL}}{R_u} \frac{K_{W_I}}{(1 - T_r p)(1 - T_{CL} p)} (1 - T_{CL} p)$$

9ßL

%jL JLDQ WKX\ÄW ÿLÄX NKLÇQ Wö ÿÝQJ

$$K_{WI} \frac{K_I \cdot K_{CL}}{R_u}$$

1 Km WUrQ ÿm ELÃW WKHR WLrX FKX-C
 KçS KË WKÕQJ VDR FKR E• ÿmçF FiF NK
 OßQ 7URQJ KË FKÍ FzQ OÿL NKkX Fy Kµ
 WUX\ÅQ KË NtQ SKŞL WKRŞ PmQ ÿLÅX NL

$$W_K(p) \frac{W_H(p)}{V_H(p)} \frac{1}{2 \cdot p \cdot 2 \cdot p^2}$$

Hay:

$$1 \frac{1}{W_H(p)} \frac{1}{2 \cdot p \cdot 2 \cdot p^2}$$

$$W_H(p) \frac{1}{2 \cdot p \cdot 2 \cdot p^2} \frac{1}{2 \cdot p \cdot (1 \cdot p)}$$

1 Km Y±\ WD SKŞL WuRp)NKkXo:KLËX FKÍQ

$$\frac{K_{WI}}{(1 \cdot p)(1 \cdot p)} \cdot W_I(p) \frac{1}{2 \cdot p \cdot (1 \cdot p)} \frac{1}{2 \cdot p \cdot (1 \cdot p)}$$

%• NKkX Fy KµQD Wÿ WKáL JLDQ

Hay:

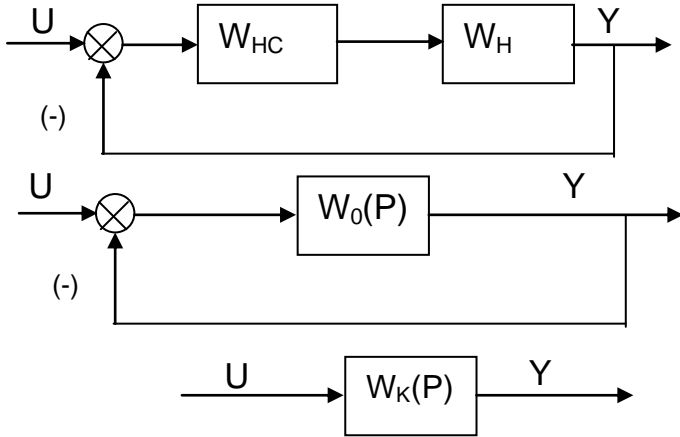
$$\frac{1}{K_{WI} \cdot 2 \cdot p}$$

$$\frac{1}{2 \cdot K_{WI} \cdot p}$$

7D WK©\ UµQJ NKkX KLËX ■ KÍQK GzQJ ÿL

%jL JLOSQ WKX\ÃW ÿLÅX NKLÇQ Wõ ÿÝQJ

III. Hiệu chỉnh bằng phương pháp tối ưu đối xứng:



* LŞ Vñ KĚ WKŌQJ Fy KYP SWUXDÅ QKŞĚ M
 NKkX KLĚX_{HC}FKÍQKDR FKR Kjp WUX\ÅQ K
 W_K S YβL SKŞQ K\ L ÿkQ Yİ
 TKRŞ PmQ ÿLÅX NLĚQ FKX-Q VDX

$$W_k(p) = \frac{4}{8p^3 + p^2 + 1}$$

TURQJ ÿy

$$W_k(p) = \frac{W_0(p)}{1 + W_0(p)}$$

$$W_0(p) = W_H(p) \cdot W_{HC}(p)$$

$$W_{HC}(p) = \frac{4}{8p^3 + p^2 + 1}$$

Ç WKLÃW Eİ KLĚX FKÍQK ÿkQ JLŞQ W
 WKáL JLDQ Q_{HC}RÿÇy W_K JLŞQ mβF ÿmçF
 NKkX Fy KµQJ VŌ WKáL JLDQ OβQ

%jL JLŞQ WKX\ÃW ÿLÅX NKLÇQ Wō ÿÝQJ

3KmkQJ SKiS Qj\ G•QJ KLĒX FKÍQK FK

tích phân. 1 ĀX WURQJ KĒ NK{QJ Fy NKkX WtI

J « Q ŷv Āu tích phân EμQJ FiFK FKÑQ KμQJ VŌ

WURQJ KĒ ∅j ○jPQJQK©WQJ

$$\frac{1}{T_{LP}} \blacksquare \frac{1}{T_{LP}}$$

6DX NKL KLĒX FKÍQK ŷmçF Kjp WUX\ĀC

NKkX YL SKkQ OjP W QJ OmçQJ TXi ŷLĀX

Jk\ UXQJ U±W Ç NK³F SKéF KLĒQ Wm

ŷÝQJ rP WD ŷmD WKOP N³FKX ŌLLĀQ ĀS Y

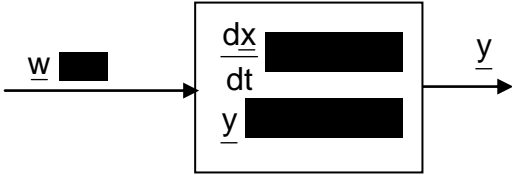
Kjp WUX\ĀQ

$$W_{HCP} \blacksquare \frac{1}{4} \blacksquare$$

V-6 Tổng hợp hệ thống theo phương pháp gán điểm cực

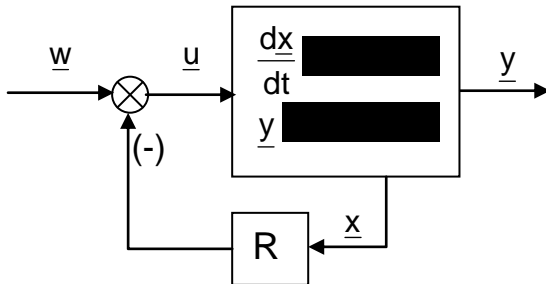
1. Theo nguyên tắc phân hồi trạng thái:

Cho hệ có c © túc:



%jL JIOSQ WKX\ĀW ŷLĀX NKLÇQ Wō ŷÝQJ

Hệ có các hệ số không mong muốn, khi hệ thống có các giá trị cho các hệ số khác nhau.



Hệ thống có các hệ số khác nhau:

$$\frac{dx}{dt} = \dots$$

Lúc này vì các hệ số khác nhau, giá trị cho các hệ số khác nhau làm các hệ số khác nhau và vì hệ số khác nhau nên các hệ số khác nhau hay:

$$\det(pI - \dots)$$

$$p^2 + \dots$$

2. Theo nguyên tắc phản hồi đầu ra

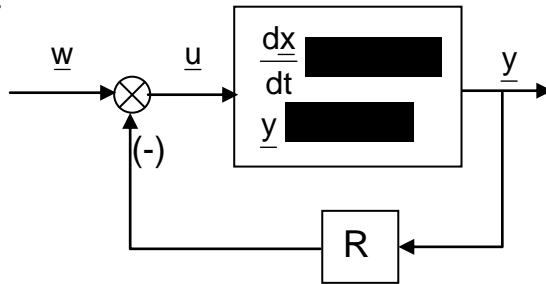


Phương pháp này ứng dụng cho các hệ thống có bậc $m < n$.

$$W(p) = \frac{b_0 p^m}{a_0 p^n}$$

Hệ thống có các hệ số khác nhau và các hệ số khác nhau.

Hệ có các ý C P ò không mong muốn, khi E P é thi A M A b Ýph S Q x lý « r t - Q K sao cho E nh ± Q giá tr ĩ p i cho trm B F làm các ý C P ò F



Hệ h Ò Q u v B Ýph S Q x lý « r R s Á có:

$$\frac{dx}{dt} = \text{[redacted]}$$

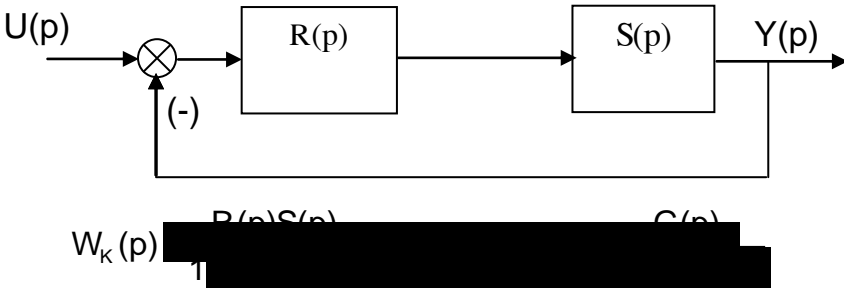
Lúc này vì E Kác ý ĩ Q K ý Q E nh ± Q giá tr ĩ p i cho trm B F làm các ý C P c ò F t m ng ý m ng v B L vi E F im R ý Q ma tr ± Q [redacted] nh ± Q giá tr ĩ p i cho trm B F m các tr ĩ iêng hay:

$$\det(pI - \text{[redacted]}) = 0$$

9 B L , O j P D W U ± Q ý k Q Ý ĩ

V-7 Tổng hợp hệ thống theo phương pháp cân bằng mô hình

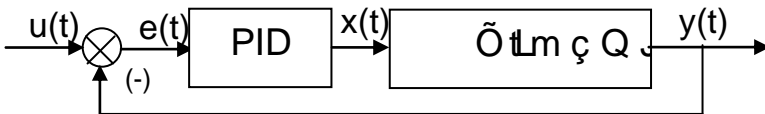
3 K m g k p h á p c â n b ằ n g m ô h ì n h l à p h m ằ n g p h á p x á c ÿ Ì Q K ÿ Æ K h i Ç R k h i b i Æ t W m ß y Õ m ç S ã h à m t r u y Æ Q « G c ẽ D Ë h Õ Q k i . V i Ë F á c ÿ Ì Q K u c p h á t i c á c c h í t i ằ u c h © W l m ç Q ð p h a i ÿ Æ y m ç E D Ë h Õ Q y Æ K h i Ç Q



V-8 Bộ điều khiển PID

PID là b Ý ÿ Æ K h i Ç Q ù l Ë t í c h ± v i p h ầ n (P r o p o r t i o n a l - I n t e g r a l - D e r i v a t i v e)

B Ý ÿ Æ K h i Ç P I D ÿ m ç F i d é Q r Ý Q ã i ÿ Q y Æ K h i Ç Q Õ L t m ç S I S O t h e o n g u ằ n t ³ S a i l Ë F K



Nếu $x(t)$ càng lớn thì thông qua thành phần « Qui đạo cho $x(t)$ càng lớn (vai trò là khâu P).

Nếu $x(t)$ chưa bị khống chế thì thông qua thành phần « Qui đạo phân, PID sẽ không làm cho $x(t)$ giảm (vai trò là khâu I).

Nếu $x(t)$ thay đổi liên tục thì thông qua thành phần « Qui đạo phân, phần « Qui đạo thích hợp $x(t)$ càng nhanh (vai trò là khâu D).

Bây giờ khi cần PID sẽ mô tả bằng truy cập sau:

$$W_{PID}(p) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right)$$

k_p là hệ số khuếch đại

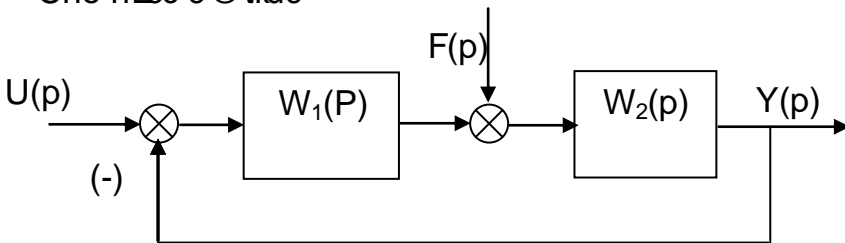
T_i là hằng số tích phân

T_d là hằng số vi phân

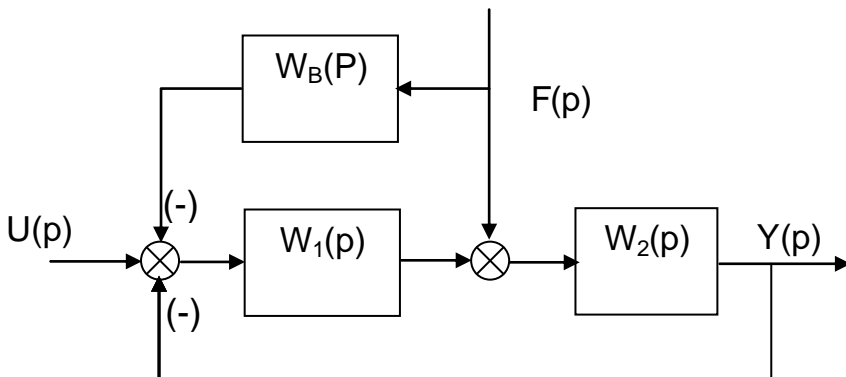
& Kỹ thuật nâng cao chất lượng hệ ĐKTD tuyến tính

6.1. Tổng hợp theo phương pháp bù nhiễu:

Cho hệ có cấu trúc



« Xa cẽ Đ Ęch ĩ XŞ QHm ã Q đ Đhi É X(p). Çh Ęb © W bi Ā Qß bhi É Xa ý anthêm vào h Ękhâu bù, v ß L © Xúc nh m hình v Ā



H Ętuy Ā Qnh v ß Hai ý « Vão U(p) và F(p) sđđ é Qnguyên lý x Ā Sx x Qkhi ý « Vão là F(p), U(p) = 0



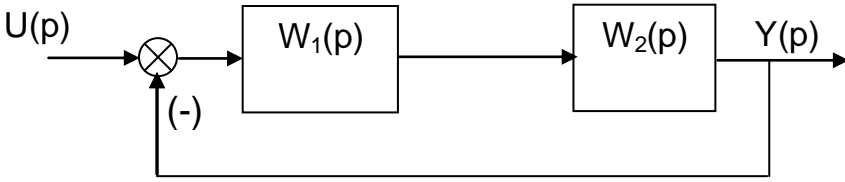
$$Y(p) = \frac{W_2(p)W_B(p)}{1 + W_2(p)W_1(p)} F(p)$$

Çh Ęb © W Ā Qß bhi É Xì tín hi Ę Xa Y(p) v ß tín hi Ę Vão F(p) phŞ L µ Qđ nên: $W_B(p) \frac{1}{W_1(p)}$

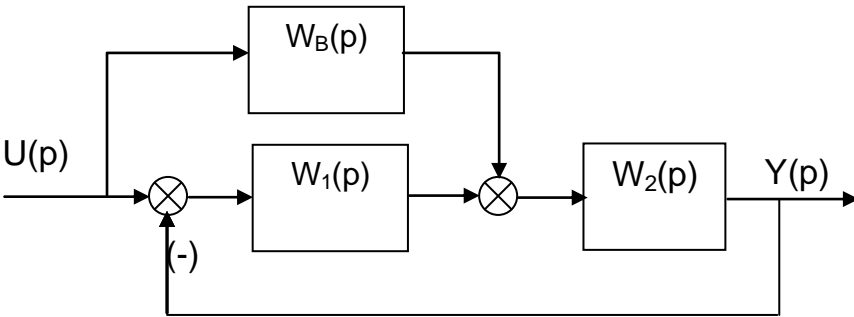
6.2 Tổng hợp theo phương pháp bù tín hiệu vào:

Cho h Ęc © Xúc:

% j L J I O S Q W K X \ Ā W ý L Ā X N K L Ç Q W õ ý Ý Q J



Mong muốn tìm hệ truyền và tính hệ vào để thêm vào khâu bù và tính hệ nh sau:



$$U(p) \quad \blacksquare$$

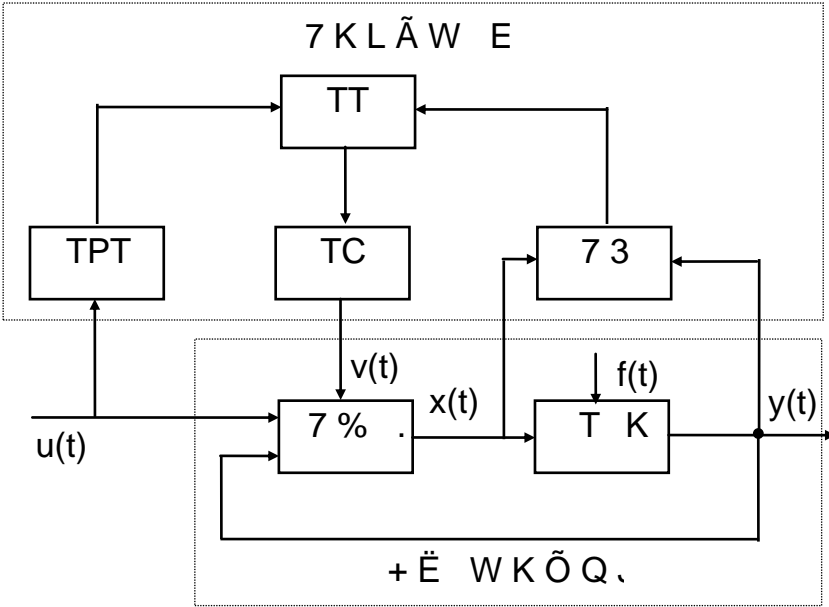
$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{W_1(p)W_2(p)}{1 + W_1(p)W_2(p)}$$

Chọn hệ X ra trùng và tính hệ X vào thì $W(p)=1$ hay $W_B(p) = \frac{1}{W_2(p)}$

6.3 Hệ thống điều khiển thích nghi:

1/ j Q J X \ r Q W ^ 3 F P j W t Q K L E X y L A X N K L Q
 G o D Y j R W @ W F S F i F \ A X W O S Q K K m a Q
 N K L Q Q

6 k y x W U Q J T X i W F e D K E y L A X N K L Q Q
 % j L J I O S Q W K X \ A W y L A X N K L Q Q W o y Y Q J



7URQJ ÿy

737 7KLÄW Eİ SKkQ WtFK WtQ KLËX Y
WtQ KLËX YjR 9' WÖF ÿÝ JLD WÖF FëD W

73 7KLÄW Eİ SKkQ WtFK ÿÖL WmçQJ
KÑF FëD ÿÖL WmçQJ F©Q ÿLÅX NKLÇQ

77 7KLÄW Eİ WtQK SKmQJiSKyS ELÄC
WtQK FëD WKLÄW Eİ ÿLÅX NKLÇQ FKtQK

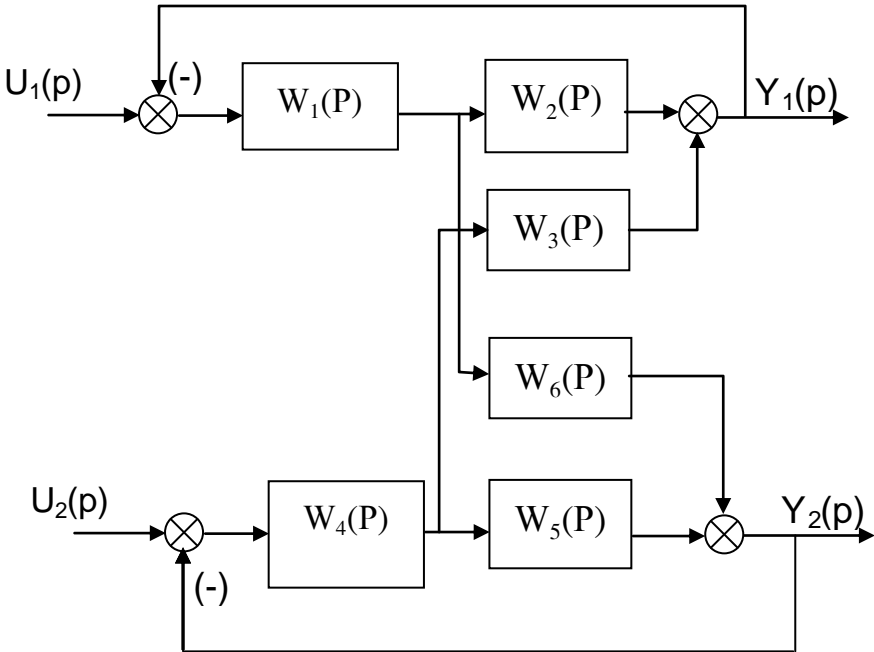
7& 7KLÄW Eİ FK©S KjQK Fy QKLËP
ÿLÅX NKLÇQ WKHR FiF WtQ KLËX QK±Q ÿ

Y W /j KjP Wö FKÍQK Qy Oj KjP ÿD W
 $v(t)=f[x(t), n(t), u(t), y(t)...]$

%jL JIOSQ WKX\ÄW ÿLÅX NKLÇQ Wö ÿÝQJ

6.4 Phân ly hệ thống điều khiển :

Trong th ờ ã có nh ó Q ÿ Ồ m ç Ồ h Ā X n hi Ē X ào và nhi Ā X n hi Ē X ào, các tín hi Ē X ào này ch ĩ X S Q h k Ā Q Ồ D Ồ S các tín hi Ē X ào. Không m Ồ m h t Ồ Q Ồ át xét h Ē MIMO (Multiple Input Multiple Output) g x P 2 tín hi Ē X ào và tín hi Ē X ra nh ình v Ā



« Xa $Y_1(p)$, $Y_2(p)$ ch ĩ X S Q h k Ā Q Ồ D S $U_1(p)$ và $U_2(p)$.

Ç ÿ « $Y_1(p)$ không ch ĩ X S Q h k Ā Q Ồ D S $U_2(p)$ (b Ồ b Ā Q B L $U_2(p)$); ÿ « $Y_2(p)$ không ch ĩ X S Q h k Ā Q Ồ D S $U_1(p)$ (b Ồ b Ā Q % j L J I Ồ S Q W K X \ Ā W ÿ L Ā X N K L Ç Q W Ồ ÿ Ý Q J

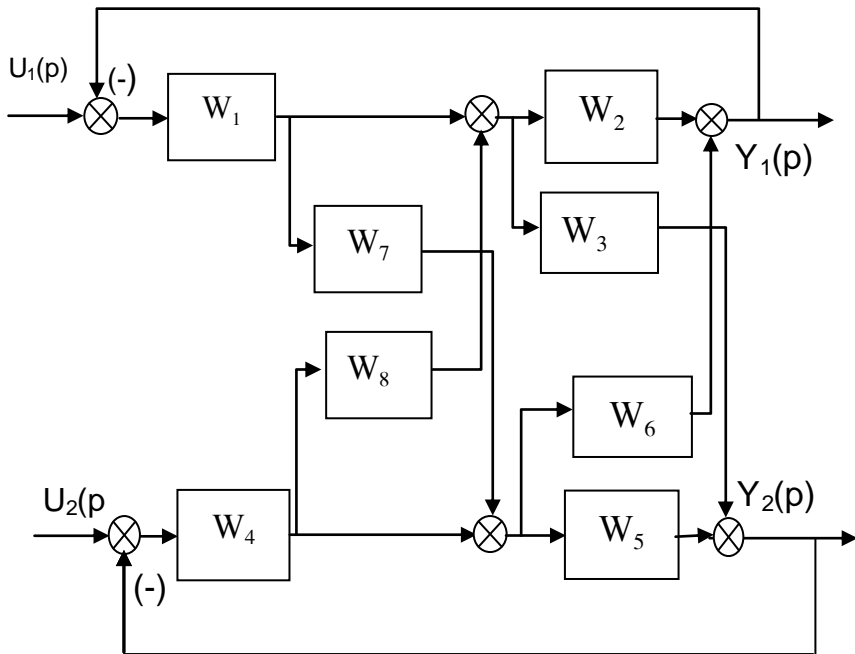
v $\beta U_1(p)$), ta ý thêm hai khâu hi ệ x h í Q $W_7(p); W_8(p)$ nh m hình v ấ

1. **Xác định điều kiện bất biến của Y_1 với U_2 :** Xét $U_1(p) = 0$;
 Tính ý « r ấ $Y_1(p)$

U_2 [redacted]

Tín hi ệ x ấ Y_1 trong trm á Q đ ấ ã ph ấ l ấ u Q ấ 7 ấ ý y W D

W u P : ý W_8 [redacted] W_2



2. **Xác định điều kiện bất biến của Y_2 với U_1 :** Xét $U_2(p) = 0$;
 7 t Q K ý « 2 (p) U D <

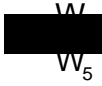
% j L J I O S Q W K X \ ã W ý L ấ X N K L Ç Q W ã ý Ý Q J

U₁



Tín hi Ẽ Ka Y₂ trong trm á Q đ S ày ph § L μ QJ 7 ì ÿ y W D

W u P ÿW₈



% j L J I O S Q W K X \ ã W ÿ L Å X N K L Ç Q W ò ÿ Ý Q J

- Sách tham K § R

> @ 1JX\ÉQ 'RmQ 3KmßF /ê WKX\ĂW
WtQK 1;% NKRD KÑF Yj Nû WKX±W +j 1Ý

[2 @ 1JX\ÉQ 7KmkQJ 1J{ /ê thm á Q ã hi Ę Q ÷ Quy Ç Q h Ę uy Ā Q nh 1;% .KRD KÑF Y
Nû WKX±W 2005 j 1ÝL

[3 @ 1JX\ÉQ 9 Q ã RQ ê &WjKXKh Q W ã
ÿÝQJ 1;% D.KÑF Yj Nû WKX±W +j 1ÝL

[4 @ 3KÿP &{QJ Xj Ā W ã hi Q W ã
KhoD KÑF Yj Nû WKX±W +j 1ÝL

> @ 1JX\ÉQ 7Kĩ 3KmkQJ +j /ê WKX\
ÿÝQJ 1;% .KRD KÑF Yj Nû WKX±W +j 1ÝL

%jL JLOS Q WKX\ĂW ŷLĂX NKLCÇQ W ã ŷÝQJ

Bài giảng môn học

Lý thuyết
ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG



Liên hệ : tdkquoc@dng.vnn.vn

MỤC LỤC

Phần mở đầu	
1	Khái niệm.....5
2	Các nguyên tắc điều khiển tự động.....6
2.1	Nguyên tắc giữ ổn định.....6
2.2	Nguyên tắc điều khiển theo chương trình.....6
3	Phân loại hệ thống ĐKTD.....6
3.1	Phân loại theo đặc điểm của tín hiệu ra.....6
3.2	Phân loại theo số vòng kín.....6
3.3	Phân loại theo khả năng quan sát tín hiệu.....7
3.4	Phân loại theo mô tả toán học.....7
4	Biểu đồ điều khiển tự động trong một nhà máy.....8
5	Phép biến đổi Laplace.....8
Chương 1: MÔ TẢ TOÁN HỌC CÁC PHẦN TỬ VÀ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG	
1	Khái niệm chung.....10
2	Hàm truyền đạt.....10
2.1	Định nghĩa :.....10
2.2	Phương pháp tìm hàm truyền đạt.....10
2.3	Một số ví dụ về cách tìm hàm truyền đạt.....11
2.4	Hàm truyền đạt của một số thiết bị điển hình.....13
2.5	Đại số sơ đồ khối.....13
3	Phương trình trạng thái.....16
3.1	Phương trình trạng thái tổng quát.....16
3.2	Xây dựng phương trình trạng thái từ hàm truyền đạt.....18
3.3	Chuyển đổi từ phương trình trạng thái sang hàm truyền.....20
Chương 2: ĐẶC TÍNH ĐỘNG HỌC CỦA CÁC KHÂU VÀ CỦA HỆ THỐNG TRONG MIỀN TẦN SỐ	
1	Khái niệm chung.....24
2	Phản ứng của một khâu.....24
2.1	Tín hiệu tác động vào một khâu (các tín hiệu tiền định).....24
2.2	Phản ứng của một khâu.....24
3	Đặc tính tần số của một khâu.....25
3.1	Hàm truyền đạt tần số.....25
3.2	Đặc tính tần số.....26
4	Đặc tính động học của một số khâu cơ bản.....27
4.1	Khâu tỉ lệ.....27
4.2	Khâu quán tính bậc 1.....27
4.3	Khâu dao động bậc 2.....29
4.4	Khâu không ổn định bậc 1.....31
4.5	Khâu vi phân lý tưởng.....32
4.6	Khâu vi phân bậc 1.....32
4.7	Khâu tích phân lý tưởng.....33
4.8	Khâu chậm trễ.....33
Chương 3: TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG	
1	Khái niệm chung.....35
2	Tiêu chuẩn ổn định đại số.....36
2.1	Điều kiện cần để hệ thống ổn định.....36
2.2	Tiêu chuẩn Routh.....36
2.3	Tiêu chuẩn ổn định Hurwitz.....37
3	Tiêu chuẩn ổn định tần số.....37
3.1	Tiêu chuẩn Nyquist theo đặc tính tần số biên pha.....37

3.2	Tiêu chuẩn Nyquist theo đặc tính tần số logarit	37
3.3	Tiêu chuẩn ổn định Mikhailov	38
4	Phương pháp quỹ đạo nghiệm số	38
4.1	Phương pháp xây dựng QĐNS	38
Chương 4: CHẤT LƯỢNG CỦA QUÁ TRÌNH ĐIỀU KHIỂN		
1	Khái niệm chung	41
1.1	Chế độ xác lập	41
1.2	Quá trình quá độ	41
2	Đánh giá chất lượng ở chế độ xác lập	41
2.1	Khi $u(t) = U_0 \cdot 1(t)$	42
2.2	Khi $u(t) = U_0 \cdot t$	42
3	Đánh giá chất lượng ở quá trình quá độ	42
3.1	Phân tích thành các biểu thức đơn giản	42
3.2	Phương pháp số Tustin	42
3.3	Giải phương trình trạng thái	44
3.4	Sử dụng các hàm của MATAB	44
4	Đánh giá thông qua độ dự trữ ổn định	45
4.1	Độ dự trữ biên độ	45
4.2	Độ dự trữ về pha	45
4.3	Mối liên hệ giữa các độ dự trữ và chất lượng điều khiển	45
5	Tính điều khiển được và quan sát được của hệ thống	46
5.1	Điều khiển được	46
5.2	Tính quan sát được	46
Chương 5: NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG VÀ TỔNG HỢP HỆ THỐNG		
1	Khái niệm chung	48
2	Các bộ điều khiển – Hiệu chỉnh hệ thống	48
2.1	Khái niệm	48
2.2	Bộ điều khiển tỉ lệ P	48
2.3	Bộ bù sớm pha Lead	48
2.4	Bộ bù trễ pha Leg	49
2.5	Bộ bù trễ-sớm pha Leg -Lead	50
2.6	Bộ điều khiển PI (Proportional Integral Controller)	51
2.7	Bộ điều khiển PD (Proportional Derivative Controller)	51
2.8	Bộ điều khiển PID (Proportional Integral Derivative Controller)	52
3	Tổng hợp hệ thống theo các tiêu chuẩn tối ưu	53
3.1	Phương pháp tối ưu modun	53
3.2	Phương pháp tối ưu đối xứng	54
Chương 6: HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN GIÁN ĐOẠN		
1	Khái niệm chung	56
2	Phép biến đổi Z	56
2.1	Định nghĩa	56
2.2	Một số tính chất của biến đổi Z	57
2.3	Biến đổi Z ngược	57
3	Lấy mẫu và giữ mẫu	58
3.1	Khái niệm	58
3.2	Lấy mẫu	58
3.3	Giữ mẫu	59
4	Hàm truyền đạt hệ gián đoạn	60
4.1	Xác định hàm truyền đạt $W(z)$ từ hàm truyền đạt hệ liên tục	60
4.2	Xác định hàm truyền đạt từ phương trình sai phân	65
5	Tính ổn định của hệ gián đoạn	65
5.1	Mối liên hệ giữa mặt phẳng p và mặt phẳng z	65
5.2	Phép biến đổi tương đương	65
Phụ lục: CONTROL SYSTEM TOOLBOX & SIMULINK TRONG MATLAB		

1	Control System Toolbox	66
1.1	Định nghĩa một hệ thống tuyến tính	66
1.2	Biên đổi sơ đồ tương đương	68
1.3	Phân tích hệ thống.....	69
1.4	Ví dụ tổng hợp	71
2	SIMULINK	73
2.1	Khởi động Simulink.....	73
2.2	Tạo một sơ đồ đơn giản.....	74
2.3	Một số khối thường dùng	75
2.4	Ví dụ.....	76
2.5	LTI Viewer	77

Phân mở đầu

Điều khiển học là khoa học nghiên cứu những quá trình điều khiển và thông tin trong các máy móc sinh vật. Trong điều khiển học, đối tượng điều khiển là các thiết bị, các hệ thống kỹ thuật, các cơ thể sinh vật...

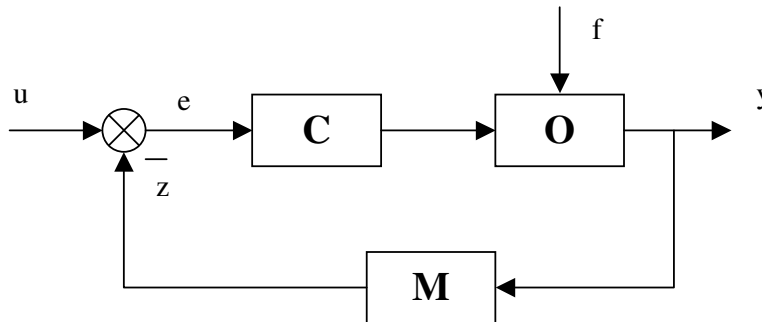
Điều khiển học nghiên cứu quá trình điều khiển các đối tượng kỹ thuật được gọi là điều khiển học kỹ thuật. Trong đó « Điều khiển tự động » là cơ sở lý thuyết của điều khiển học kỹ thuật.

Khi nghiên cứu các qui luật điều khiển của các hệ thống kỹ thuật khác nhau, người ta sử dụng các mô hình toán thay thế cho các đối tượng khảo sát. Cách làm này cho phép chúng ta mở rộng phạm vi nghiên cứu và tổng quát bài toán điều khiển trên nhiều đối tượng có mô tả toán học giống nhau.

Môn học **Điều khiển tự động** cung cấp cho sinh viên các kiến thức cơ bản về xây dựng mô hình toán học của một đối tượng và của cả hệ thống. Trên cơ sở đó, sinh viên có khả năng phân tích, đánh giá chất lượng của hệ thống điều khiển. Ngoài ra, bằng các phương pháp toán học, sinh viên có thể tổng hợp các bộ điều khiển thích hợp để hệ thống đạt được các chỉ tiêu chất lượng đề ra.

1 Khái niệm

Một hệ thống ĐKTD được xây dựng từ 3 bộ phận chủ yếu theo sơ đồ sau :



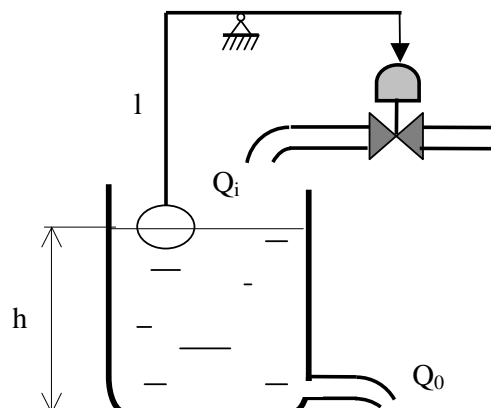
Trong đó :

- O : đối tượng điều khiển
- C : bộ điều khiển, hiệu chỉnh
- M : cơ cấu đo lường

Các loại tín hiệu có trong hệ thống gồm :

- u : tín hiệu chủ đạo (còn gọi là tín hiệu vào, tín hiệu điều khiển)
- y : tín hiệu ra
- f : các tác động từ bên ngoài
- z : tín hiệu phản hồi
- e : sai lệch điều khiển

Ví dụ về một hệ thống điều khiển đơn giản

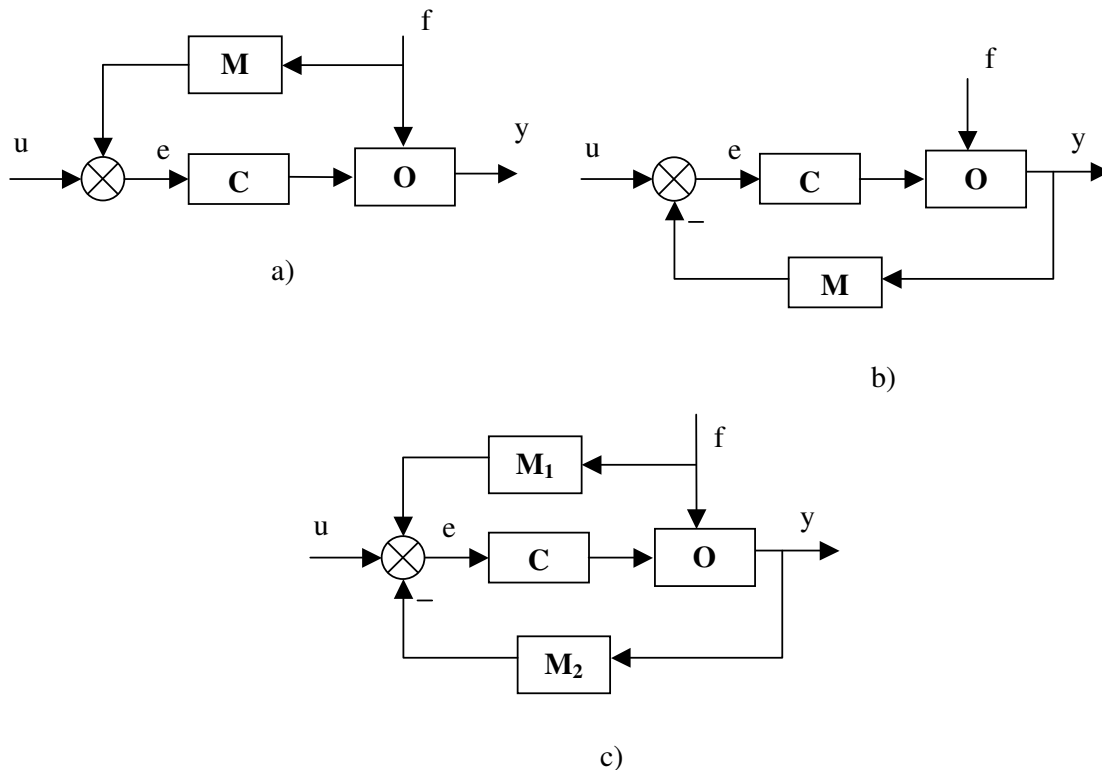


2 Các nguyên tắc điều khiển tự động

2.1 Nguyên tắc giữ ổn định

Nguyên tắc này giữ tín hiệu ra bằng một hằng số trong quá trình điều khiển, $y = \text{const}$. Có 3 phương pháp để thực hiện nguyên tắc giữ ổn định gồm :

- Phương pháp bù tác động bên ngoài (a)
- Phương pháp điều khiển theo sai lệch (b)
- Phương pháp hỗn hợp (c)



2.2 Nguyên tắc điều khiển theo chương trình

Nguyên tắc này giữ tín hiệu ra $y = y(t)$ theo một chương trình đã được định sẵn. Để một tín hiệu ra nào đó thực hiện theo chương trình, cần phải sử dụng máy tính hay các thiết bị có lưu trữ chương trình. 2 thiết bị thông dụng chứa chương trình điều khiển là :

- PLC (Programmable Logic Controller)
- CLC (Computerized Numerical Control)

3 Phân loại hệ thống ĐKTD

3.1 Phân loại theo đặc điểm của tín hiệu ra

- Tín hiệu ra ổn định
- Tín hiệu ra theo chương trình

3.2 Phân loại theo số vòng kín

- Hệ hở: là hệ không có vòng kín nào.
- Hệ kín: có nhiều loại như hệ 1 vòng kín, hệ nhiều vòng kín,...

3.3 Phân loại theo khả năng quan sát tín hiệu

3.3.1 Hệ thống liên tục

Quan sát được tất cả các trạng thái của hệ thống theo thời gian.

Mô tả toán học : phương trình đại số, phương trình vi phân, hàm truyền

3.3.2 Hệ thống không liên tục

Quan sát được một phần các trạng thái của hệ thống. Nguyên nhân:

- Do không thể đặt được tất cả các cảm biến.
- Do không cần thiết phải đặt đủ các cảm biến.

Trong hệ thống không liên tục, người ta chia làm 2 loại:

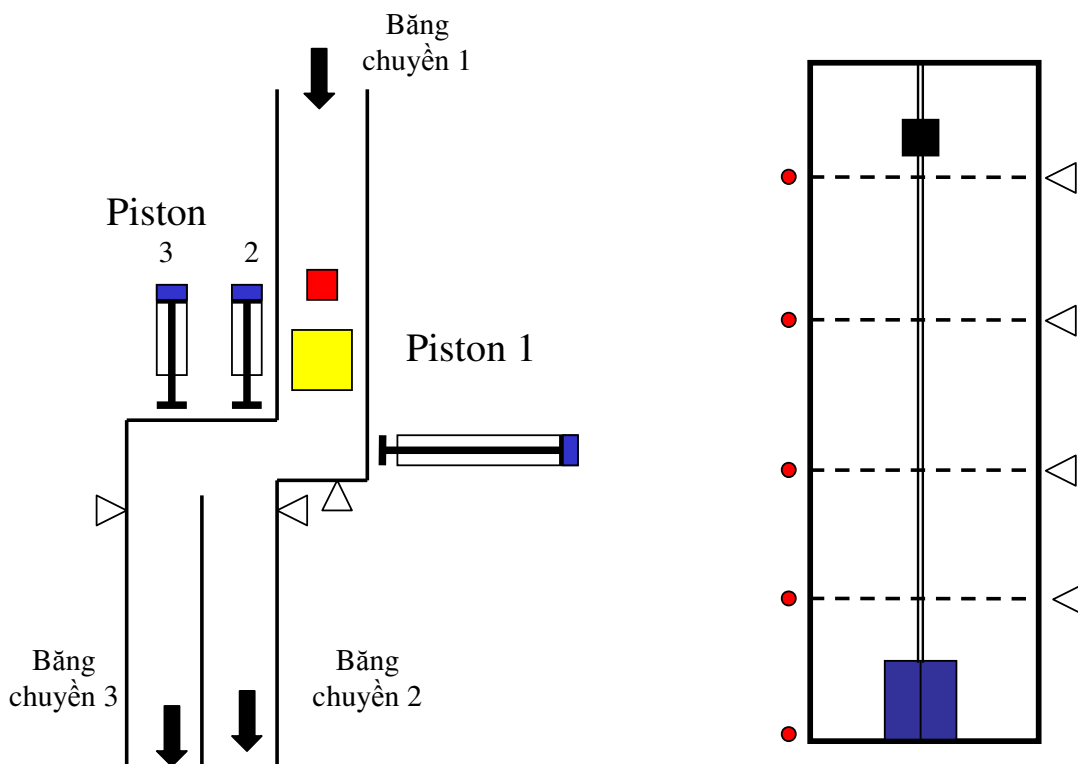
a) Hệ thống gián đoạn (*S. discret*)

Là hệ thống mà ta có thể quan sát các trạng thái của hệ thống theo chu kỳ (T). Về bản chất, hệ thống này là một dạng của hệ thống liên tục.

b) Hệ thống với các sự kiện gián đoạn (*S à événement discret*)

- Đặc trưng bởi các sự kiện không chu kỳ
- Quan tâm đến các sự kiện/ tác động

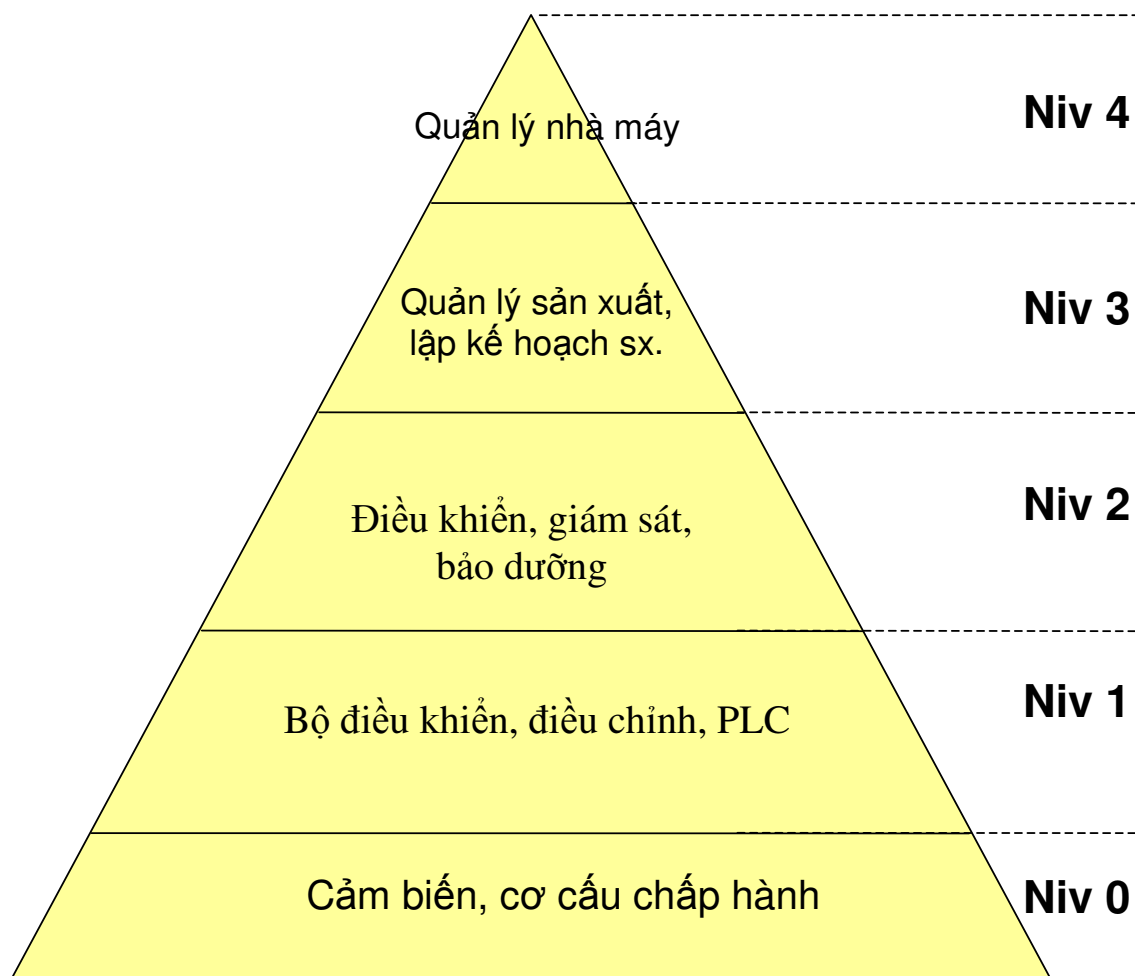
Ví dụ về hệ thống liên tục, gián đoạn, hệ thống với các sự kiện gián đoạn



3.4 Phân loại theo mô tả toán học

- Hệ tuyến tính: đặc tính tính của tất cả các phân tử có trong hệ thống là tuyến tính. Đặc điểm cơ bản: xếp chồng.
- Hệ phi tuyến: có ít nhất một đặc tính tính của một phân tử là một hàm phi tuyến.
- Hệ thống tuyến tính hóa: tuyến tính hóa từng phần của hệ phi tuyến với một số điều kiện cho trước để được hệ tuyến tính gần đúng.

4 Biểu đồ điều khiển tự động trong một nhà máy



5 Phép biến đổi Laplace

Giả sử có hàm $f(t)$ liên tục, khả tích. Ảnh Laplace của $f(t)$ qua phép biến đổi laplace, ký hiệu là $F(p)$ được tính theo định nghĩa:

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-pt} dt$$

- p : biến laplace
- $f(t)$: hàm gốc
- $F(p)$: hàm ảnh

Một số tính chất của phép biến đổi laplace

1. Tính tuyến tính

$$L\{af_1(t) + bf_2(t)\} = aF_1(p) + bF_2(p)$$

2. Ảnh laplace của đạo hàm hàm gốc

$$L\{f'(t)\} = pF(p) - f(0)$$

Nếu các điều kiện đầu bằng 0 thì:

$$L\{f^{(n)}(t)\} = p^n F(p)$$

3. Ảnh laplace của tích phân hàm gốc

$$L\left\{\int_0^t f(\tau)d\tau\right\} = \frac{F(p)}{p}$$

4. Ảnh laplace của hàm gốc có trễ

$$L\{f(t-\tau)\} = e^{-p\tau}F(p)$$

5. Hàm ảnh có trễ

$$L\{e^{-at}f(t)\} = F(p+a)$$

6. Giá trị đầu của hàm gốc

$$f(0) = \lim_{p \rightarrow \infty} pF(p)$$

7. Giá trị cuối của hàm gốc

$$f(\infty) = \lim_{p \rightarrow 0} pF(p)$$

ẢNH LAPLACE VÀ ẢNH Z CỦA MỘT SỐ HÀM THÔNG DỤNG

f(t)	F(p)	F(z)
$\delta(t)$	1	1
1	$\frac{1}{p}$	$\frac{z}{z-1}$
t	$\frac{1}{p^2}$	$\frac{Tz}{(z-1)^2}$
$\frac{1}{2t^2}$	$\frac{1}{p^3}$	$\frac{T^2z(z+1)}{2(z-1)^3}$
e^{-at}	$\frac{1}{p+a}$	$\frac{z}{z-e^{-aT}}$
$1-e^{-at}$	$\frac{a}{p(p+a)}$	$\frac{(1-e^{-aT})z}{(z-1)(z-e^{-aT})}$
sinat	$\frac{a}{p^2+a^2}$	$\frac{z \sin aT}{z^2 - 2z \cos aT + 1}$
cosat	$\frac{p}{p^2+a^2}$	$\frac{z^2 - z \cos aT}{z^2 - 2z \cos aT + 1}$

Chương 1

MÔ TẢ TOÁN HỌC CÁC PHẦN TỬ VÀ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

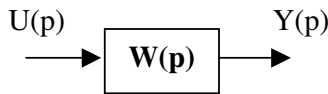
1 Khái niệm chung

- Để phân tích một hệ thống, ta phải biết nguyên tắc làm việc của các phần tử trong sơ đồ, bản chất vật lý, các quan hệ vật lý, ...
- Các tính chất của các phần tử/hệ thống được biểu diễn qua các phương trình động học, thường là phương trình vi phân.
- Để thuận lợi hơn trong việc phân tích, giải quyết các bài toán điều khiển, người ta mô tả toán học các phần tử và hệ thống bằng **hàm truyền đạt** (transfer function), **phương trình trạng thái** (state space), v.v

2 Hàm truyền đạt

2.1 Định nghĩa :

Hàm truyền đạt của một khâu (hay hệ thống) là tỉ số giữa tín hiệu ra với tín hiệu vào biểu diễn theo toán tử laplace, ký hiệu là $W(p)$, với các điều kiện ban đầu triệt tiêu.



trong đó
$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)}$$

với

$$y(0) = y'(0) = \dots = y^{(n-1)}(0) = 0$$

$$u(0) = u'(0) = \dots = u^{(m-1)}(0) = 0$$

2.2 Phương pháp tìm hàm truyền đạt

Từ phương trình vi phân tổng quát của một khâu (hệ thống) có dạng

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = b_m \frac{d^m u(t)}{dt^m} + \dots + b_1 \frac{du(t)}{dt} + b_0 u(t) \quad (1.1)$$

biến đổi laplace với các điều kiện ban đầu bằng 0 và theo định nghĩa, ta có dạng tổng quát của hàm truyền đạt

$$W(p) = \frac{b_m p^m + \dots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + \dots + a_1 p + a_0} = \frac{M(p)}{N(p)} \quad (1.2)$$

$N(p)$: đa thức đặc tính

Ý nghĩa

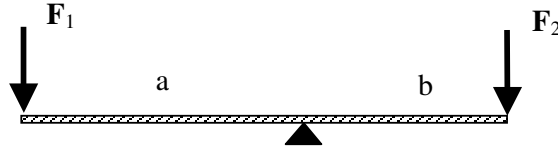
- Quan sát hàm truyền đạt, nhận biết cấu trúc hệ thống
- Xác định tín hiệu ra theo thời gian (biến đổi laplace ngược)
- Xác định các giá trị đầu, giá trị xác lập của hệ thống
- Xác định được hệ số khuếch đại tĩnh của hệ thống
- ...

2.3 Một số ví dụ về cách tìm hàm truyền đạt

Nguyên tắc chung :

- Thành lập phương trình vi phân ;
- Sử dụng phép biến đổi laplace để đưa về dạng hàm truyền đạt theo định nghĩa.

Ví dụ 1 : Khuếch đại lực bằng cánh tay đòn

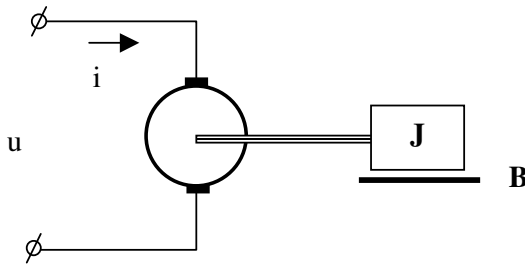


Xét phương trình cân bằng về mômen :

$$F_1(t) \cdot a = F_2(t) \cdot b \quad \Rightarrow \quad F_1(p) \cdot a = F_2(p) \cdot b$$

$$W(p) = \frac{F_2(p)}{F_1(p)} = \frac{a}{b}$$

Ví dụ 2 : Động cơ điện một chiều kích từ độc lập



Giả sử từ thông \$\Phi = \text{const}\$, \$J\$ là mômen quán tính quy về trục động cơ, \$B\$ là hệ số ma sát ở trục.

Thành lập hàm truyền đạt của động cơ với:

\$u\$: tín hiệu vào là điện áp phần ứng

\$\omega\$: tín hiệu ra là góc quay của trục động cơ.

Giải:

Phương trình quan hệ về điện áp phần ứng:

$$u = Ri + L \frac{di}{dt} + e_u$$

$$e_u = K_e \Phi \omega$$

Suy ra

$$u = Ri + L \frac{di}{dt} + K_e \Phi \omega \tag{1.3}$$

Phương trình quan hệ về momen trên trục động cơ:

$$K_t \Phi i = J \frac{d\omega}{dt} + B\omega \tag{1.4}$$

Thay (1.4) vào (1.3), ta được:

$$u = \frac{R}{K_t \Phi} \left(J \frac{d\omega}{dt} + B\omega \right) + \frac{L}{K_t \Phi} \left(J \frac{d^2\omega}{dt^2} + B \frac{d\omega}{dt} \right) + K_e \Phi \omega$$

$$\Rightarrow u = \frac{LJ}{K_i\Phi} \frac{d^2\omega}{dt^2} + \frac{RJ+LB}{K_i\Phi} \frac{d\omega}{dt} + \left(\frac{RB}{K_i\Phi} + K_e\Phi \right) \omega$$

Vậy

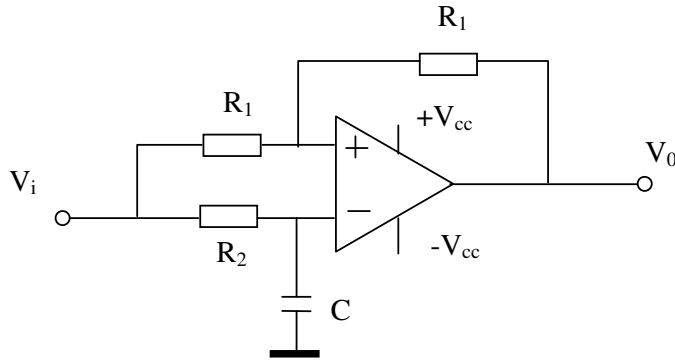
$$U(p) = (a_2p^2 + a_1p + a_0) \omega(p)$$

với $a_2 = \frac{LJ}{K_i\Phi}; a_1 = \frac{RJ+LB}{K_i\Phi}; a_0 = \left(\frac{RB}{K_i\Phi} + K_e\Phi \right)$

Hàm truyền đạt của động cơ điện một chiều là:

$$W(p) = \frac{\omega(p)}{U(p)} = \frac{1}{a_2p^2 + a_1p + a_0}$$

Ví dụ 3: Tìm hàm truyền đạt của mạch điện tử dùng KĐT, giả thiết khuếch đại thuật toán là lý tưởng.



Ta có:

$$\frac{V_i - V^-}{R_2} = C \frac{dV^-}{dt} \Rightarrow V_i = V^- + R_2C \frac{dV^-}{dt} \tag{1.5}$$

Xét dòng điện qua V^+

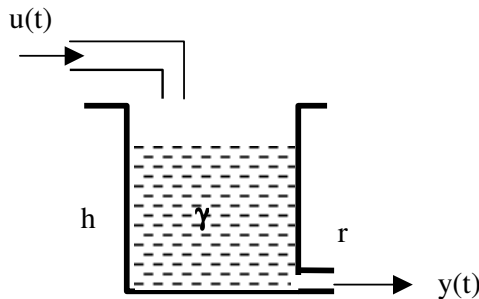
$$\frac{V_i - V^+}{R_1} = \frac{V^+ - V_0}{R_1} \Rightarrow V_i = 2V^+ + V_0 \tag{1.6}$$

Mặt khác, do giả thiết KĐT là lý tưởng nên $V^- = V^+$.

Từ (1.5) và (1.6)

$$R_2C \frac{dV_0}{dt} + V_0 = R_2C \frac{dV_i}{dt} - V_i \Rightarrow W(p) = \frac{V_0(p)}{V_i(p)} = \frac{R_2Cp - 1}{R_2Cp + 1}$$

Ví dụ 4:



Trong đó: $u(t)$: lưu lượng chất lỏng vào; $y(t)$ là lưu lượng chất lỏng ra; A là diện tích đáy của bể chất lỏng.

Gọi $p(t)$ là áp suất của chất lỏng tại đáy bể, biết các quan hệ sau:

$$y(t) = \frac{p(t)}{r} \quad (r \text{ là hệ số})$$

$$p(t) = \gamma h(t)$$

Tìm hàm truyền đạt của bể chất lỏng.

Giải

Theo các quan hệ trong giả thiết, ta có:

$$y(t) = \frac{p(t)}{r} = \frac{\gamma}{r} h \tag{1.7}$$

Độ gia tăng chiều cao cột chất lỏng là:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{u(t) - y(t)}{A} \tag{1.8}$$

Từ (1.7) và (1.8), suy ra:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{\gamma}{r} \frac{u(t) - y(t)}{A} \Rightarrow rA \frac{dy}{dt} + y(t) = \gamma u(t)$$

Hàm truyền đạt của bể chất lỏng trên là:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{\gamma}{rAp + 1} = \frac{K}{Tp + 1}$$

2.4 Hàm truyền đạt của một số thiết bị điển hình

- Các thiết bị đo lường và biến đổi tín hiệu: $W(p) = K$
- Động cơ điện một chiều: $W(p) = \frac{K}{T_1 T_2 p^2 + T_2 p + 1}$
- Động cơ không đồng bộ 3 pha $W(p) = \frac{K}{Tp + 1}$
- Lò nhiệt $W(p) = \frac{K}{Tp + 1}$
- Băng tải $W(p) = Ke^{-p\tau}$

2.5 Đại số sơ đồ khối

Đại số sơ đồ khối là biến đổi một sơ đồ phức tạp về dạng đơn giản hơn để thuận tiện cho việc tính toán.

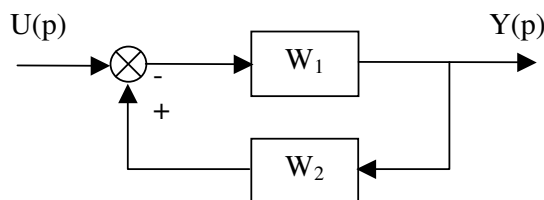
2.5.1 Mắc nối tiếp

$$W(p) = W_1 \cdot W_2 \dots W_n$$

2.5.2 Mắc song song

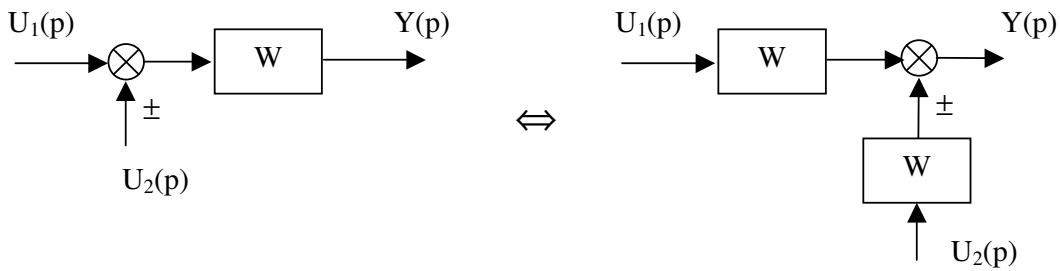
$$W(p) = W_1 \pm W_2 \pm \dots \pm W_n$$

2.5.3 Mắc phản hồi

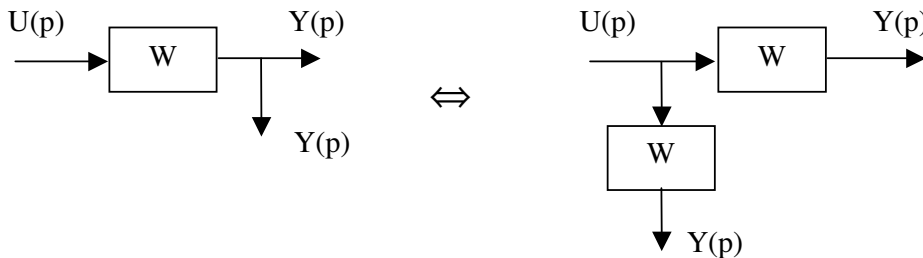


$$W(p) = \frac{W_1}{1 \pm W_1 W_2}$$

2.5.4 Chuyển tín hiệu vào từ trước ra sau một khối

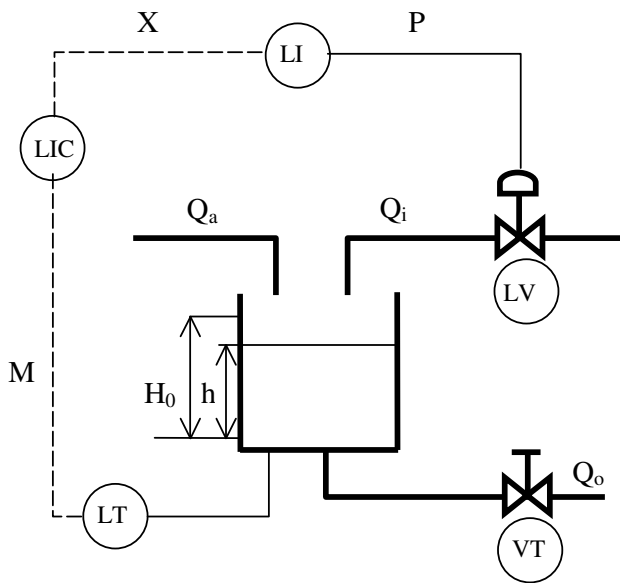


2.5.5 Chuyển tín hiệu ra từ sau ra trước một khối



Ví dụ 1: ĐIỀU KHIỂN MỨC CHẤT LỎNG TRONG BỂ CHỨA

Cho một hệ thống điều khiển tự động mức chất lỏng trong bể chứa như hình vẽ, biết rằng:



- LT : chuyển đổi mức chất lỏng
- LIC : Bộ hiệu chỉnh
- LY : chuyển đổi dòng điện/áp suất
- LV : van điều chỉnh tự động
- VT : van điều khiển bằng tay

- Hàm truyền của bộ chuyển đổi mức chất lỏng/dòng điện

$$G_{LR}(p) = \frac{1}{T_c p + 1} \text{ với } T_c = 1$$

- Phương trình vi phân biểu diễn quan hệ giữa lưu lượng và độ cao cột chất lỏng là:

$$\theta \frac{dh(t)}{dt} + h(t) = Q_i(t) + Q_a(t) \text{ với } \theta = 25$$

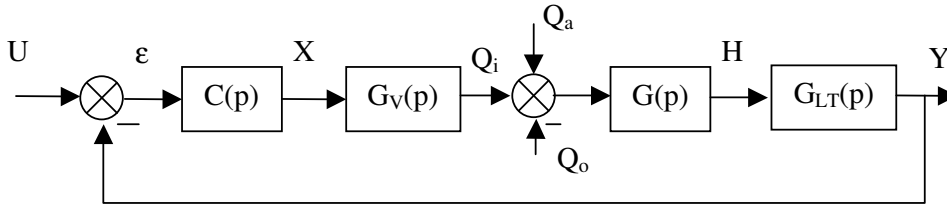
- Hàm truyền của cả bộ chuyển đổi dòng điện sang áp suất và van tự động là:

$$G_v(p) = \frac{Q_e(p)}{N(p)} = \frac{1}{T_v p + 1} = \text{với } T_v = 4$$

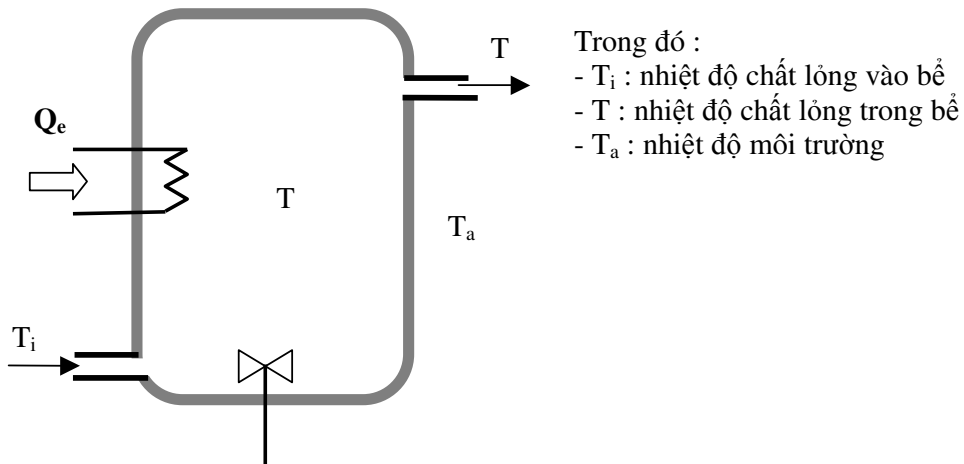
Yêu cầu :

1. Thành lập sơ đồ điều khiển của hệ thống.
2. Tìm các hàm truyền đạt $W_{HU}(p), W_{HQ_a}(p), W_{HQ_0}(p)$
3. Giả sử chưa có bộ điều khiển $C(p) = 1$. Tìm giá trị xác lập của cột nước ở ngõ ra nếu $u(t) = 5.1(t)$ và $Q_a = 2.1(t)$.

ĐS



Ví dụ 2 : Cho mô hình của một bể điều hòa nhiệt độ chất lỏng như hình vẽ



Biết rằng :

- Nhiệt lượng chất lỏng mang vào bể : $Q_i = VHT_i$

với H là hệ số nhiệt ; V là lưu lượng chất lỏng vào bể.

- Nhiệt lượng điện trở cung cấp cho bể $Q_e(t)$

- Nhiệt lượng chất lỏng mang ra khỏi bể $Q_0 = VHT$

- Nhiệt lượng tổn thất qua thành bể do chênh lệch với môi trường $Q_s = \frac{1}{R}(T - T_a)$

Biết nhiệt lượng chất lỏng nhận được sẽ làm tăng nhiệt độ chất lỏng theo biểu thức $Q_l = C \frac{dT}{dt}$

Hãy thành lập mô hình điều khiển của bể trao đổi nhiệt ở trên.

Giải

Phương trình cân bằng nhiệt của bể chất lỏng

$$Q_l = Q_i + Q_e - Q_0 - Q_a$$

Hay

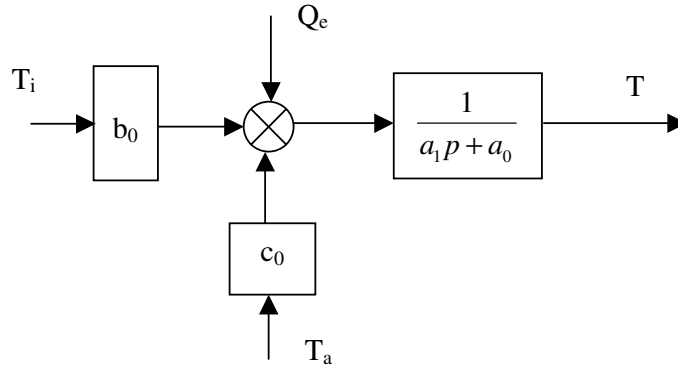
$$C \frac{dT}{dt} = VHT_i + Q_e - VHT - \frac{T - T_a}{R}$$

$$\Leftrightarrow C \frac{dT}{dt} + \left(\frac{1}{R} + VH \right) T = VHT_i + Q_e + \frac{1}{R} T_a$$

$$\Leftrightarrow (a_1 p + a_0) T(p) = b_0 T_i(p) + Q_e(p) + c_0 T_a(p)$$

$$\Leftrightarrow T(p) = \frac{1}{a_1 p + a_0} [b_0 T_i(p) + Q_e(p) + c_0 T_a(p)]$$

Mô hình điều khiển là :



Ngoài phương pháp đại số sơ đồ khối, chúng ta còn có thể dùng phương pháp Graph tín hiệu để tìm hàm truyền đạt tương đương của một hệ thống phức tạp.

3 Phương trình trạng thái

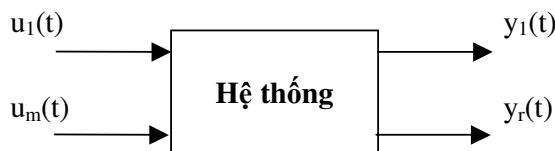
3.1 Phương trình trạng thái tổng quát

3.1.1 Khái niệm

- Đối với một hệ thống, ngoài tín hiệu vào và tín hiệu ra cần phải xác định, đôi khi ta cần quan sát các trạng thái khác. Ví dụ đối với động cơ điện là dòng điện, gia tốc động cơ, tổn hao, v.v...
- Khác với tín hiệu ra phải đo lường được bằng các bộ cảm biến, các biến trạng thái hoặc đo được, hoặc xác định được thông qua các đại lượng khác.
- Từ đó người ta xây dựng một mô hình toán cho phép ta có thể xác định được các biến trạng thái.

3.1.2 Dạng tổng quát của phương trình trạng thái

Xét hệ thống có m tín hiệu vào và r tín hiệu ra.



Hệ thống có :

- m tín hiệu vào: $u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t)$, viết $U = \begin{pmatrix} u_1 \\ \dots \\ u_m \end{pmatrix}, U \in \mathbb{R}^m$
- r tín hiệu ra: $y_1(t), y_2(t), \dots, y_r(t)$, viết $Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \dots \\ y_r \end{pmatrix}, Y \in \mathbb{R}^r$
- n biến trạng thái: $x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$, viết $X = \begin{pmatrix} x_1 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix}, X \in \mathbb{R}^n$

Phương trình trạng thái dạng tổng quát của hệ thống được biểu diễn dưới dạng :

$$\begin{cases} \dot{X} = AX + BU \\ Y = CX + DU \end{cases}$$

Với $A \in \mathbb{R}^{n \times n}, B \in \mathbb{R}^{n \times m}, C \in \mathbb{R}^{r \times n}, D \in \mathbb{R}^{r \times m}$

A, B, C, D gọi là các ma trận trạng thái, nếu không phụ thuộc vào thời gian gọi là hệ thống dừng.

Nhận xét :

- Phương trình trạng thái mô tả toán học của hệ thống về mặt thời gian dưới dạng các phương trình vi phân.
- Hệ thống được biểu diễn dưới dạng các phương trình vi phân bậc nhất.

3.1.3 Ví dụ thành lập phương trình trạng thái

Ví dụ 1

Xây dựng phương trình trạng thái của một hệ thống cho dưới dạng phương trình vi phân như sau :

$$2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} + 5y = u$$

Giải

Hệ có một tín hiệu vào và một tín hiệu ra.

$$x_1 = y$$

Đặt $x_2 = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$

Từ phương trình trên, ta có :

$$2\dot{x}_2 + x_2 + 5x_1 = u$$

Như vậy :

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \dot{y} = x_2 \\ \dot{x}_2 = -\frac{5}{2}x_1 - \frac{1}{2}x_2 + \frac{1}{2}u \end{cases}$$

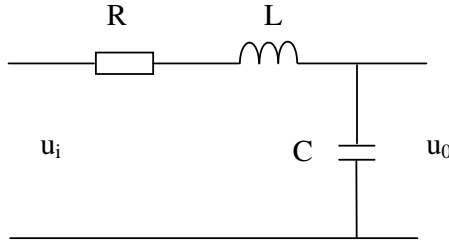
$$\Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{5}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{2} \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Đặt A, B, C, D là các ma trận tương ứng, suy ra
$$\begin{cases} \dot{X} = AX + BU \\ Y = CX + DU \end{cases}$$

Ví dụ 2

Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ sau, hãy thành lập phương trình trạng thái cho mạch điện này với u_1 là tín hiệu vào, u_2 là tín hiệu ra.



Giải

Giả sử mạch hở tải và các điều kiện đầu bằng 0. Gọi i là dòng điện chạy trong mạch, ta có :

$$\begin{cases} u_i = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int_0^t i dt \\ u_0 = \frac{1}{C} \int_0^t i dt \end{cases}$$

Đặt các biến trạng thái là : $x_1 = i, x_2 = u_0$, ta có :

$$\begin{cases} u_i = Rx_1 + L\dot{x}_1 + x_2 \\ C\dot{x}_2 = x_1 \end{cases} \quad \text{hay} \quad \begin{cases} \dot{x}_1 = -\frac{R}{L}x_1 - \frac{1}{L}x_2 + \frac{1}{L}u_i \\ \dot{x}_2 = \frac{1}{C}x_1 \end{cases} \quad \text{và } x_2 = u_0$$

Vậy :

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L} & -\frac{1}{L} \\ \frac{1}{C} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} u_i$$

$$u_0 = [0 \quad 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Hỏi : Trường hợp đặt $x_1 = u_0, x_2 = i$, phương trình trạng thái của mạch điện sẽ có dạng như thế nào ?

Nhận xét

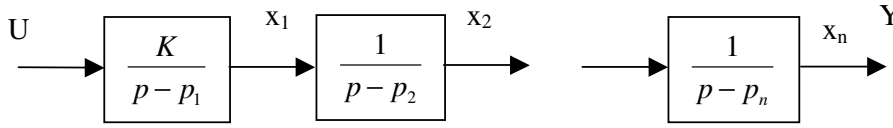
- Với cùng hệ thống sẽ có nhiều phương trình trạng thái khác nhau.
- Hàm truyền đạt của hệ thống là duy nhất.

3.2 Xây dựng phương trình trạng thái từ hàm truyền đạt

3.2.1 Khai triển thành các thừa số đơn giản

Nếu hàm truyền đạt được biểu diễn dưới dạng tích các thừa số như sau :

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = K \prod_{i=1}^n \frac{1}{(p - p_i)}$$



Đặt các biến trung gian như hình vẽ, ta có :

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = p_1 x_1 + Ku \\ \dot{x}_2 = p_2 x_2 + x_1 \\ \dots \\ \dot{x}_n = p_n x_n + x_{n-1} \end{cases} \quad \text{và } y = x_n$$

Suy ra phương trình trạng thái là :

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \vdots \\ \dot{x}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1 & & & \\ & 1 & & \\ & & p_2 & \\ & & & \ddots \\ & 0 & & & 1 & & \\ & & & & & & p_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} u$$

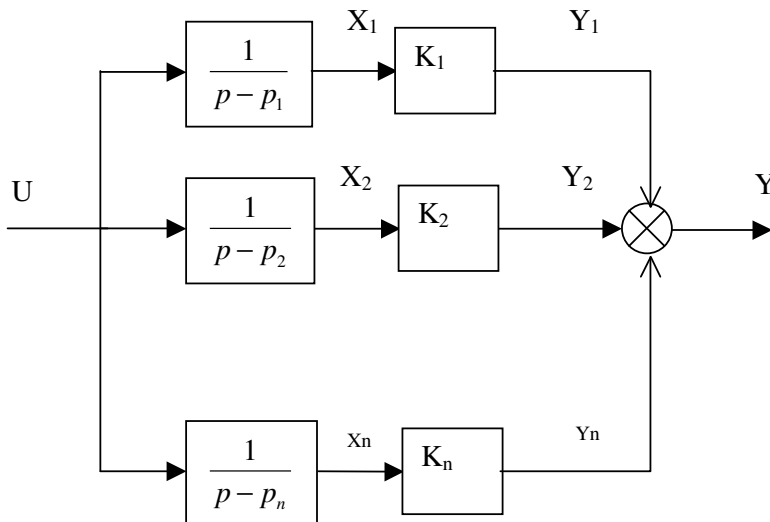
$$y = [0 \quad 0 \quad \dots \quad 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}^T$$

3.2.2 Khai triển thành tổng các phân thức đơn giản

Nếu hàm truyền đạt được khai triển dưới dạng :

$$W(p) = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{p - p_i} = \frac{Y(p)}{U(p)} \quad \Rightarrow \quad Y(p) = \left[\sum_{i=1}^n \frac{K_i}{p - p_i} \right] U(p)$$

Sơ đồ cấu trúc như sau :



Như vậy : $pX_i = p_i X_i + U \quad \Rightarrow \quad \dot{x}_i = p_i x_i + u$

Hay
$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \vdots \\ \dot{x}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1 & & & \\ & p_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & p_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$y = [K_1 \quad K_2 \quad \dots \quad K_n] [x_1 \quad x_2 \quad \dots \quad x_n]^T$$

3.2.3 Sử dụng mô hình tích phân cơ bản

Trường hợp hàm truyền đạt có dạng

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{K}{a_n p^n + \dots + a_1 p + a_0}$$

Đặt $x_1 = y, x_2 = \dot{x}_1 = \dot{y}, x_3 = \dot{x}_2 = \ddot{y}, \dots, x_n = \dot{y}^{(n-1)}, \dot{x}_n = \dot{y}^{(n)}$

Suy ra :

$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = x_3$$

...

$$\dot{x}_n = -\frac{a_1}{a_n} x_1 - \dots - \frac{a_{n-1}}{a_n} x_n + \frac{K}{a_n} u$$

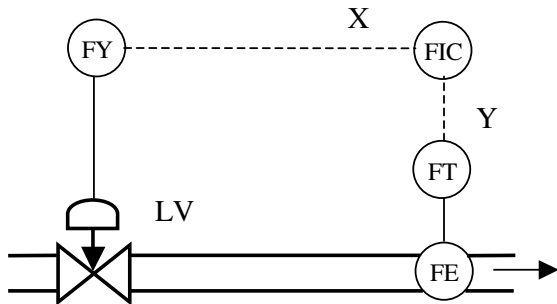
3.3 Chuyển đổi từ phương trình trạng thái sang hàm truyền

$$W(p) = C(pI - A)^{-1} B + D$$

MỘT SỐ BÀI TẬP CHƯƠNG 1

Bài tập 1 ĐIỀU KHIỂN LƯU LƯỢNG CHẤT LỎNG TRONG ỐNG DẪN

Cho sơ đồ điều khiển mực lưu lượng của một đường ống dẫn chất lỏng như hình vẽ



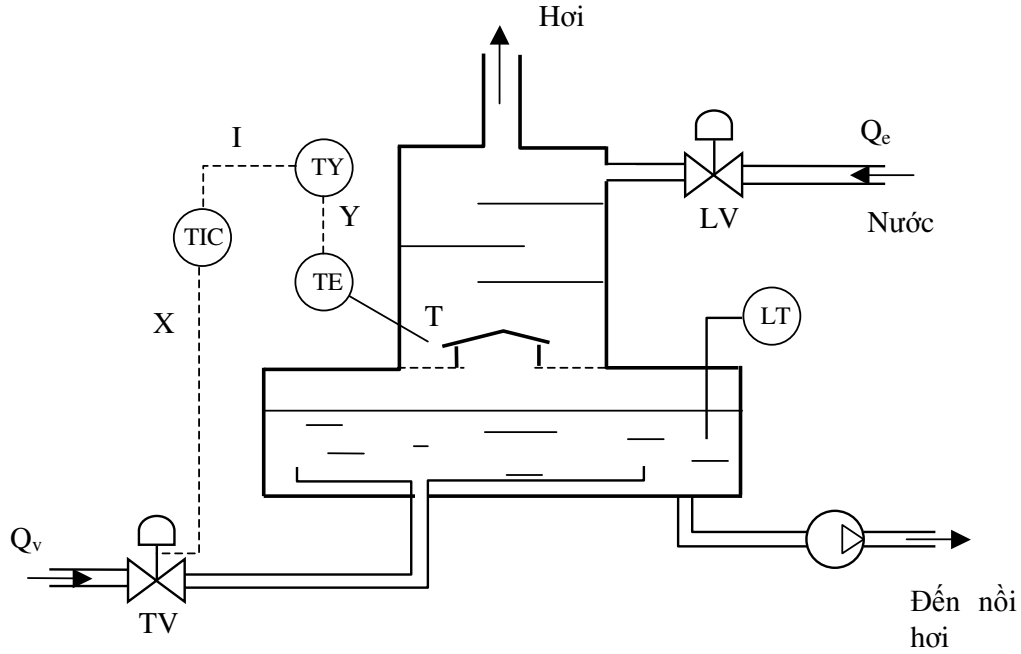
- FE : đo lưu lượng
- FT : chuyển đổi lưu lượng/ dòng điện
- FIC : bộ điều khiển lưu lượng
- FY : chuyển đổi dòng điện/áp suất

Biết hàm truyền của cơ cấu chuyển đổi từ dòng điện sang áp suất + van LV + đường ống + bộ chuyển đổi từ lưu lượng sang dòng điện là $H(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{e^{-p}}{2.2p+1}$

Hãy thành lập mô hình điều khiển của hệ thống.

Bài tập 2 ĐIỀU CHỈNH NHIỆT ĐỘ CỦA MÁY LOẠI KHÍ CHO NỒI HƠI

Nước trước khi được đưa vào lò hơi cần phải qua máy loại khí nhằm loại bớt khí CO₂ và O₂ trong nước. Các loại khí này kém tan, chính vì vậy sẽ làm áp suất hơi thấp, nhiệt độ cao. Nước trong máy loại khí này có áp suất thấp và nhiệt độ bão hòa khoảng 104°C. Sơ đồ điều chỉnh nhiệt độ của máy loại khí như sau :



- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| TE : đầu dò nhiệt độ | TV : van tự động điều chỉnh nhiệt độ |
| TY : chuyển đổi điện áp/dòng điện | LT : bộ chuyển đổi mức |
| TIC : bộ điều chỉnh nhiệt độ | LV : van điều chỉnh mức |

Hàm truyền của van điều chỉnh TV + nồi hơi + bộ đo TE là

$$T(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{2e^{-4p}}{8p+1}$$

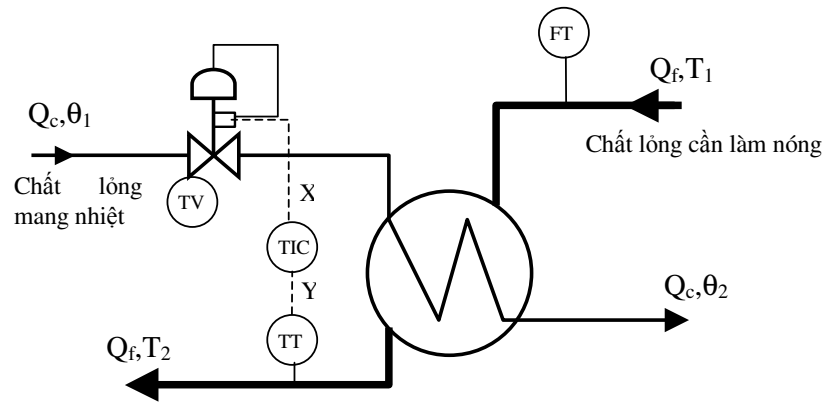
Bộ chuyển đổi điện áp/dòng điện TY có nhiệm vụ chuyển đổi tín hiệu điện áp (vài micro volt) tỉ lệ với nhiệt độ thành tín hiệu dòng điện I (4-20mA) để đưa đến bộ điều chỉnh TIC. Hàm truyền của bộ chuyển đổi TY là :

$$C(p) = \frac{I(p)}{Y(p)} = \frac{1}{0.3p+1}$$

Hãy thành lập mô hình điều khiển của hệ thống.

Bài tập 3 ĐIỀU CHỈNH NHIỆT ĐỘ CỦA BỘ TRAO ĐỔI NHIỆT

Sơ đồ của một bộ trao đổi nhiệt như hình vẽ, trong đó $\theta_1 > T_1$.



TT : bộ chuyển đổi nhiệt độ
 TIC : bộ điều chỉnh nhiệt độ
 TV : van điều chỉnh nhiệt độ
 FT : bộ chuyển đổi lưu lượng

Yêu cầu điều khiển là giữ cho nhiệt độ ra T_2 của chất lỏng cần làm nóng không đổi với mọi lưu lượng Q_f .

Một tín hiệu điều khiển X đưa đến van sẽ khống chế nhiệt độ T_2 của chất lỏng, nhiệt độ này được thể hiện qua tín hiệu đo lường Y . Hàm truyền của van TV + bộ trao đổi nhiệt + bộ đo

TT là $H(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{1.4}{(2p+1)^3}$. Mặt khác, nếu giữ tín hiệu điều khiển X không đổi nhưng

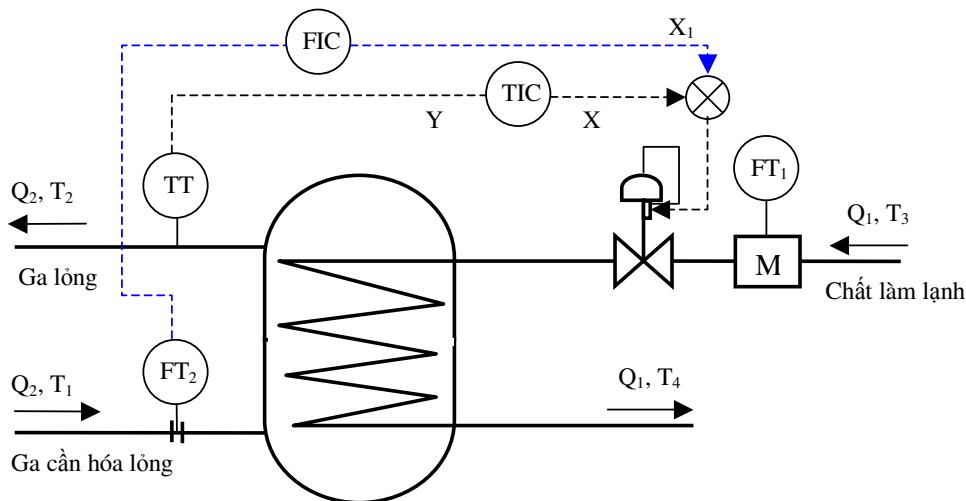
lưu lượng Q_f của chất lỏng cần làm nóng thay đổi cũng làm ảnh hưởng đến nhiệt độ ra T_2 .

Ảnh hưởng của Q_f đến T_2 được cho bởi hàm truyền $D(p) = \frac{Y(p)}{Q_f(p)} = -\frac{2}{(0.5p+1)^2}$

Hãy thành lập mô hình điều khiển của hệ thống.

Bài tập 4 ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ CỦA MỘT MÁY HÓA LỎNG GA (liquefacteur)

Sơ đồ khối của một máy hóa lỏng ga được cho trong hình sau :



Trong đó :

TT : bộ chuyển đổi nhiệt độ
 TIC : bộ điều chỉnh nhiệt độ
 FT₁ : bộ chuyển đổi lưu lượng (điện từ)
 FT₂ : bộ chuyển đổi lưu lượng với đo lường tuyến tính

Để điều khiển nhiệt độ của ga đã được hóa lỏng, người ta đổi lưu lượng Q_1 của chất làm lạnh bởi bộ điều khiển TIC. Ga trước khi hóa lỏng có nhiệt độ T_1 , sau khi được hóa lỏng sẽ có nhiệt độ T_2 . Hàm truyền của các khâu trong sơ đồ được định nghĩa như sau :

	$H_1(p) = \frac{T_2(p)}{Q_1(p)} = \frac{K_1 e^{-\tau_1 p}}{1 + \theta_1 p}$	$H_2(p) = \frac{T_2(p)}{Q_2(p)}$	$H_3(p) = \frac{T_2(p)}{T_3(p)}$
$H_4(p) = \frac{T_2(p)}{T_1(p)}$	$H_5(p) = \frac{Y(p)}{T_2(p)} = 1$	$H_6(p) = \frac{Q_1(p)}{X(p)} = 1$	

Với $K_1=2$, $\tau_1=1$ min, $\theta_1=4$ min.

Hãy thành lập mô hình điều khiển của hệ thống.

Chương 2

ĐẶC TÍNH ĐỘNG HỌC CỦA CÁC KHÂU VÀ CỦA HỆ THỐNG TRONG MIỀN TẦN SỐ

1 Khái niệm chung

- Nhiệm vụ của chương : xây dựng đặc tính động học của khâu/hệ thống trong miền tần số. Mục đích :

- + Khảo sát tính ổn định
- + Phân tích tính chất
- + Tổng hợp bộ điều khiển

- Khâu động học : những đối tượng khác nhau có mô tả toán học như nhau được gọi là khâu động học. Có một số khâu động học không có phần tử vật lý nào tương ứng, ví dụ $W(p) = Tp + 1$ hay $W(p) = Tp - 1$.

2 Phản ứng của một khâu

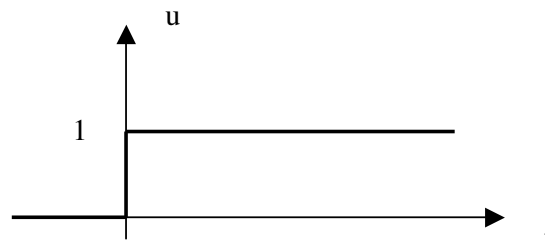
2.1 Tín hiệu tác động vào một khâu (các tín hiệu tiên định)

2.1.1 Tín hiệu bậc thang đơn vị

$$u(t) = 1(t) = \begin{cases} 1 & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

Dạng tổng quát

$$u(t) = U_0 1(t - t_0) = \begin{cases} U_0 & t \geq t_0 \\ 0 & t < t_0 \end{cases}$$

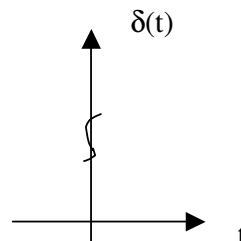


2.1.2 Tín hiệu xung đơn vị

$$u(t) = \delta(t) = \frac{d1(t)}{dt} = \begin{cases} 0 & t \neq 0 \\ \infty & t = 0 \end{cases}$$

Tính chất :

$$\int_0^{\infty} \delta(t) dt = 1$$



2.1.3 Tín hiệu điều hòa

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

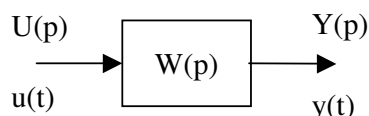
Biểu diễn dưới dạng số phức $u(t) \rightarrow U_m e^{j(\omega t + \varphi)}$

2.1.4 Tín hiệu bất kỳ

Đối với một tín hiệu vào bất kỳ, ta luôn có thể phân tích thành tổng của các tín hiệu đơn giản ở trên.

2.2 Phản ứng của một khâu

Cho một khâu được mô tả toán học như hình vẽ :



Định nghĩa: *Phản ứng của một khâu (hệ thống) đối với một tín hiệu vào xác định chính là đặc tính quá độ hay đặc tính thời gian của khâu đó.*

2.2.1 Hàm quá độ của một khâu

Hàm quá độ của một khâu là phản ứng của khâu đối với tín hiệu vào $1(t)$.

Ký hiệu : $h(t)$

Biểu thức :
$$h(t) = L^{-1} \left\{ \frac{W(p)}{p} \right\}$$

2.2.2 Hàm trọng lượng của một khâu

Hàm trọng lượng của một khâu là phản ứng của khâu đối với tín hiệu vào $\delta(t)$.

Ký hiệu : $\omega(t)$

Biểu thức :
$$\omega(t) = L^{-1} \{W(p)\} \quad \text{hay} \quad \omega(t) = \frac{dh(t)}{dt}$$

Ví dụ : Cho một khâu có hàm truyền đạt là

$$W(p) = \frac{5}{2p+1}$$

Tìm phản ứng của khâu đối với tín hiệu $u(t) = 2.1(t-2)-2.1(t-7)$.

3 Đặc tính tần số của một khâu

3.1 Hàm truyền đạt tần số

3.1.1 Định nghĩa:

Hàm truyền đạt tần số của một khâu, ký hiệu là $W(j\omega)$, là tỉ số giữa tín hiệu ra với tín hiệu vào ở trạng thái xác lập khi tín hiệu vào biến thiên theo qui luật điều hòa $u(t) = U_m \sin \omega t$.

- Ở trạng thái xác lập (nếu hệ thống ổn định): $y_{xl}(t) = Y_m \sin(\omega t + \varphi)$
- Biểu diễn dưới dạng số phức :

$$u(t) \rightarrow e^{j(\omega t)}$$

$$y_{\infty}(t) \rightarrow Y_m e^{j(\omega t + \varphi)}$$

- Theo định nghĩa :
$$W(j\omega) = \frac{y_{xl}(t)}{u(t)} = \frac{Y_m e^{j(\omega t + \varphi)}}{U_m e^{j(\omega t)}} = \frac{Y_m}{U_m} e^{j\varphi}$$

Nhận xét: Hàm truyền đạt tần số

- Là một số phức
- Phụ thuộc vào tần số tín hiệu.

Do $W(j\omega)$ là số phức nên có thể biểu diễn nó như sau :

$$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

$$W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega)$$

3.1.2 Cách tìm hàm truyền đạt tần số từ hàm truyền đạt của một khâu

Có thể chứng minh được hàm truyền đạt tần số được tìm được từ hàm truyền đạt của một khâu (hệ thống) theo quan hệ sau :

$$W(j\omega) = W(p) \Big|_{p=j\omega}$$

Ví dụ : Tìm hàm truyền đạt tần số của khâu có hàm truyền $W(p) = \frac{5}{2p+1}$.

Ý nghĩa của $W(j\omega)$

- Xác định được hệ số khuếch đại / góc lệch pha đối với tín hiệu xoay chiều
- Xác định được phương trình của tín hiệu ra ở trạng thái xác lập.

3.2 Đặc tính tần số

3.2.1 Đặc tính tần số biên pha (Nyquist)

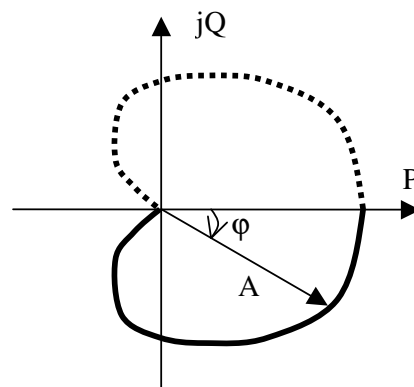
Xuất phát từ cách biểu diễn hàm truyền đạt tần số $W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega)$

- Xây dựng hệ trục với trục hoành P, trục tung Q.
- Khi ω biến thiên, vẽ nên đặc tính tần số biên pha.

Định nghĩa: **Đặc tính tần số biên pha (ĐTBP)** là quỹ đạo của hàm truyền đạt tần số $W(j\omega)$ trên mặt phẳng phức khi ω biến thiên từ $-\infty$ đến ∞

Đặc điểm :

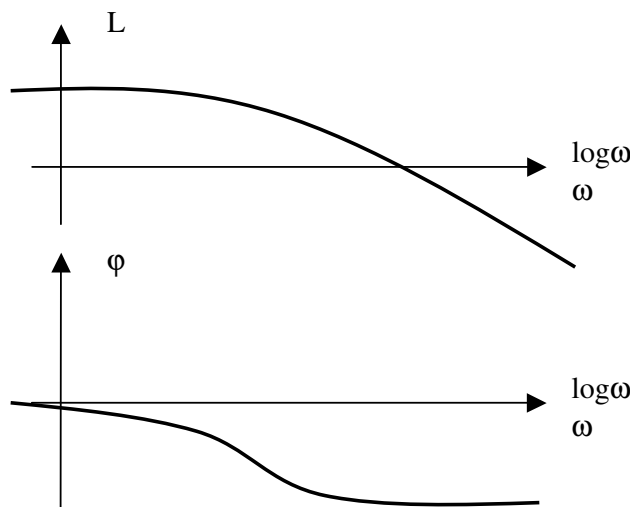
- ĐTBP đối xứng qua trục hoành nên chỉ cần xây dựng $\frac{1}{2}$ đặc tính khi ω biến thiên từ 0 đến ∞ và lấy đối xứng qua trục hoành để được toàn bộ đặc tính.
- Có thể xác định được môđun A, góc pha φ từ ĐTBP



3.2.2 Đặc tính tần số logarit (Bode)

Quan sát sự biến thiên của biên độ và góc pha theo tần số

Xây dựng hệ gồm 2 đặc tính :



* Đặc tính tần số biên độ logarit ĐTBĐ

- Hoành độ là ω hay $\log\omega$ [dec]
- Tung độ L [dB]. Hàm L được xác định
 $L = 20 \log A(\omega)$

ĐTBĐ biểu diễn biến thiên của hệ số khuếch đại tín hiệu theo tần số tín hiệu vào.

* Đặc tính tần số pha logarit ĐTPL

- Hoành độ là ω hay $\log\omega$ [dec]
- Tung độ φ [rad], được xác định trong $W(j\omega)$.

ĐTPL biểu diễn biến thiên của góc pha theo tần số tín hiệu vào.

* Đặc điểm của đặc tính logarit

Khi hệ thống có n khâu nối tiếp :

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

4 Đặc tính động học của một số khâu cơ bản

4.1 Khâu tỉ lệ

$$W(p) = K$$

4.1.1 Hàm truyền đạt tần số

4.1.2 Đặc tính Nyquist

$$P = K$$

$$Q = 0$$

4.1.3 Đặc tính Bode

$$L = 20 \lg K$$

$$\varphi = 0$$

4.1.4 Hàm quá độ

$$h(t) = K \cdot 1(t)$$

4.2 Khâu quán tính bậc 1

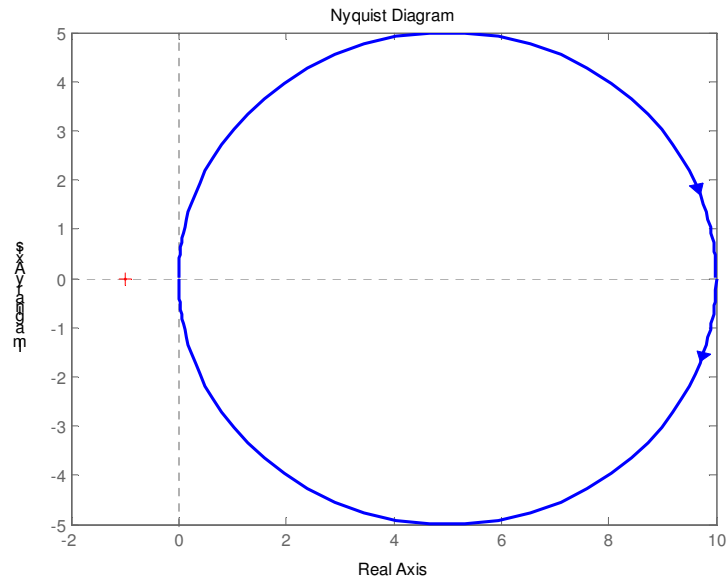
$$W(p) = \frac{K}{Tp + 1}$$

4.2.1 Hàm truyền đạt tần số

$$P = \frac{K}{T^2 \omega^2 + 1}, \quad Q = -\frac{KT\omega}{T^2 \omega^2 + 1}$$

$$A = \frac{K}{\sqrt{T^2 \omega^2 + 1}}, \quad \varphi = -\arctg \omega T$$

4.2.2 Đặc tính Nyquist

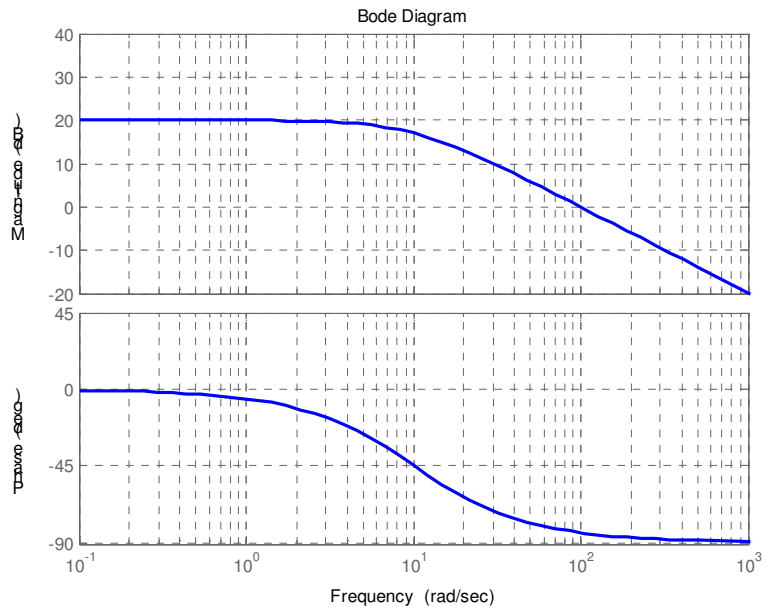


Đặc tính Nyquist của khâu quán tính bậc 1 ($K = 10, T = 0.1$)

4.2.3 Đặc tính Bode

$$L = 20 \lg K - 20 \lg \sqrt{T^2 \omega^2 + 1}$$

$$\varphi = -\arctg \omega T$$



Đặc tính Bode của khâu quán tính bậc 1 ($K = 10, T = 0.1$)

Trên hệ trục logarit, có thể vẽ đặc tính biên pha gần đúng của khâu quán tính bậc nhất như sau :

* Đặc tính biên độ logarit

- $\omega \rightarrow 0 : L \rightarrow L_1 = 20 \lg K;$

- $\omega \rightarrow \infty : L \rightarrow L_2 = 20 \lg K - 20 \lg \omega;$

- $\omega = \omega_g = 1/T : L_1(\omega_g) = L_2(\omega_g)$

* Đặc tính pha logarit

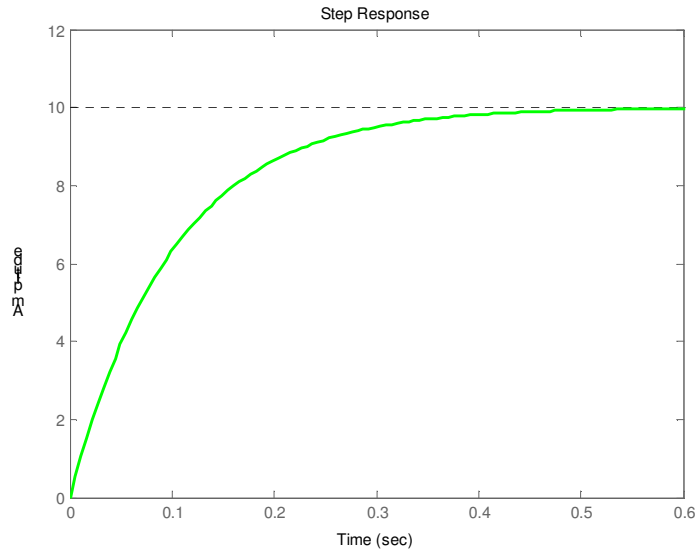
- $\omega \rightarrow 0 : \varphi \rightarrow 0;$

- $\omega \rightarrow \infty : \varphi \rightarrow -\pi/2;$
- $\omega = \omega_g = 1/T : \varphi(\omega_g) = -\pi/4$

Chú ý: sai lệch giữa đặc tính gần đúng và đặc tính chính xác không được lớn hơn 3dB.

4.2.4 Hàm quá độ

$$h(t) = K(1 - e^{-t/T})$$



Đặc tính quá độ của khâu quán tính bậc 1 (K = 10, T = 0.1)

4.3 Khâu dao động bậc 2

$$W(p) = K \frac{\omega_0^2}{p^2 + 2\xi\omega_0 p + \omega_0^2}$$

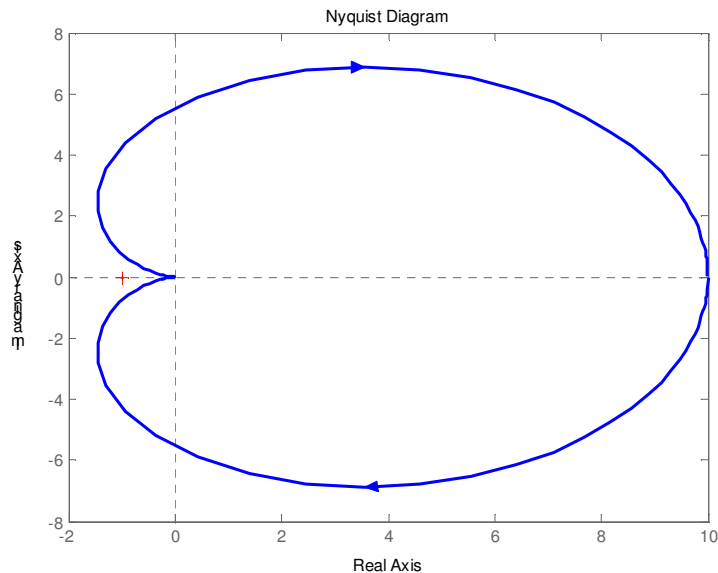
với $\xi < 1$

4.3.1 Hàm truyền đạt tần số

$$P = \frac{K\omega_0^2(\omega_0^2 - \omega^2)}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\xi^2\omega_0^2\omega^2}, \quad Q = -\frac{2K\xi\omega_0^3\omega}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\xi\omega_0^2\omega^2}$$

$$A = \frac{K\omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\xi^2\omega_0^2\omega^2}}, \quad \varphi = -\arctg \frac{2\xi\omega_0\omega}{(\omega_0^2 - \omega^2)}$$

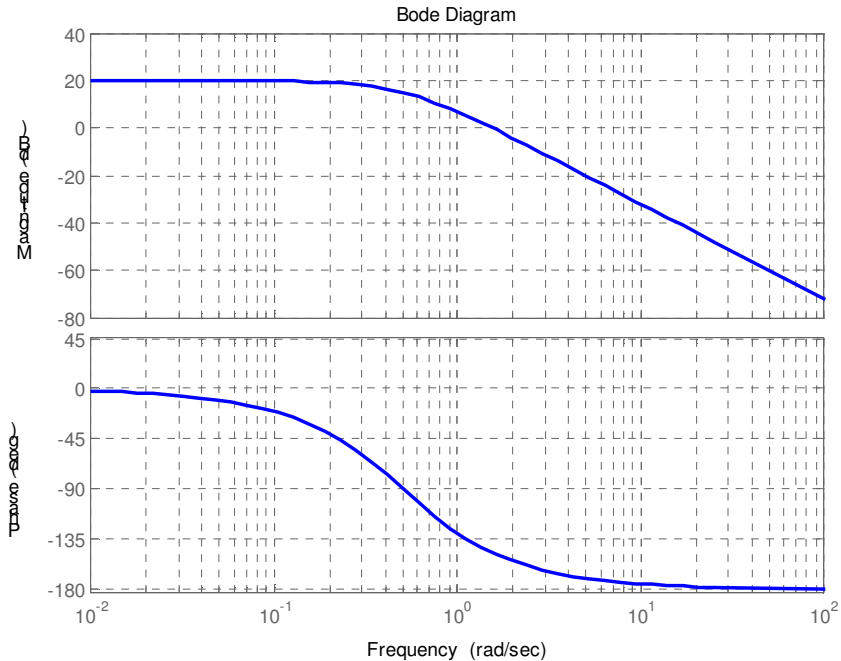
4.3.2 Đặc tính Nyquist



Đặc tính Nyquist của khâu dao động bậc 2 ($K = 10, \omega_0 = 0.5, \xi = 0.9$)

4.3.3 Đặc tính Bode

$$L = 20\lg K\omega_0^2 - 20\lg \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\xi^2\omega_0^2\omega^2}$$



Đặc tính Bode của khâu dao động bậc 2 ($K = 10, \omega_0 = 0.5, \xi = 0.9$)

Cách vẽ đặc tính biên pha gần đúng :

* Đặc tính biên độ logarit

- $\omega \rightarrow 0 : L \rightarrow L_1 = 20\lg K;$

- $\omega \rightarrow \infty : L \rightarrow L_2 = 20\lg K\omega_0^2 - 40\lg \omega;$

- $\omega = \omega_g = \omega_0: L_1(\omega_g) = L_2(\omega_g).$

ω_0 được gọi là tần số dao động tự nhiên

* Đặc tính pha logarit

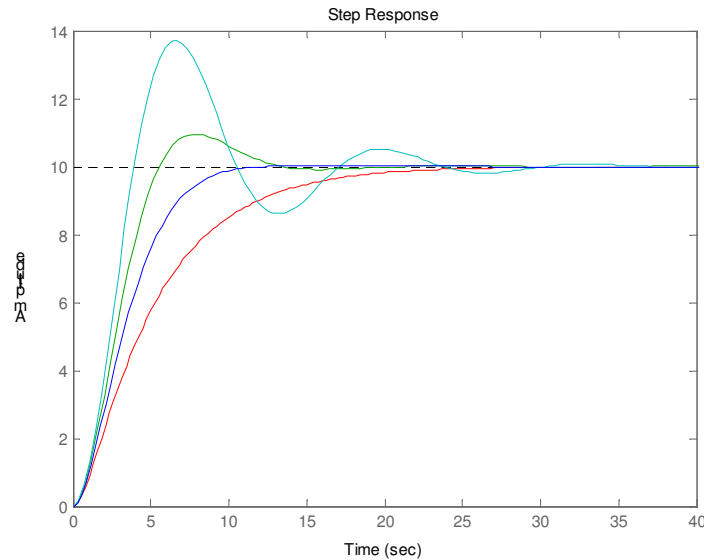
- $\omega \rightarrow 0 : \varphi \rightarrow 0$;

- $\omega \rightarrow \infty : \varphi \rightarrow -\pi$;

- $\omega = \omega_g = \omega_0 : \varphi(\omega_g) = -\pi/2$

4.3.4 Hàm quá độ

$$h(t) = K \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1-\xi^2}} e^{-\xi\omega_0 t} \sin\left(\omega_0\sqrt{1-\xi^2}t + \arccos \xi\right) \right]$$



Đặc tính quá độ của khâu dao động bậc 2 với các hệ số ξ khác nhau

4.4 Khâu không ổn định bậc 1

$$W(p) = \frac{K}{Tp-1}$$

4.4.1 Hàm truyền đạt tần số

$$P = -\frac{K}{T^2\omega^2 + 1}, \quad Q = -\frac{KT\omega}{T^2\omega^2 + 1}$$

$$A = \frac{K}{\sqrt{T^2\omega^2 + 1}}, \quad \varphi = \arctg \omega T - \pi$$

4.4.2 Đặc tính Nyquist

4.4.3 Đặc tính Bode

$$L = 20\lg K - 20\lg\sqrt{T^2\omega^2 + 1}$$

$$\varphi = \arctg \omega T - \pi$$

4.4.4 Hàm quá độ

$$h(t) = K(e^{t/T} - 1)$$

4.5 Khâu vi phân lý tưởng

$$W(p) = Kp$$

4.5.1 Hàm truyền đạt tần số

$$P = 0, \quad Q = K\omega$$

$$A = K\omega, \quad \varphi = \frac{\pi}{2}$$

4.5.2 Đặc tính Nyquist

4.5.3 Đặc tính Bode

$$L = 20\lg K + 20\lg \omega$$

4.6 Khâu vi phân bậc 1

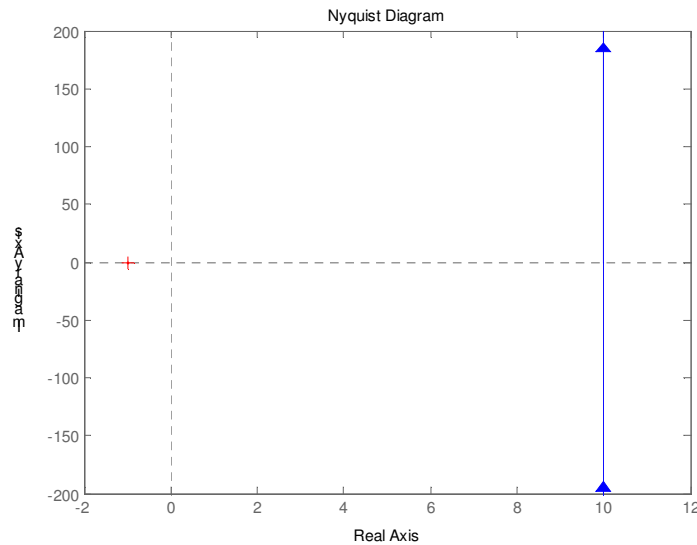
$$W(p) = K(Tp+1)$$

4.6.1 Hàm truyền đạt tần số

$$P = K, \quad Q = KT\omega$$

$$A = K\sqrt{T^2\omega^2 + 1}, \quad \varphi = \arctg T\omega$$

4.6.2 Đặc tính Nyquist

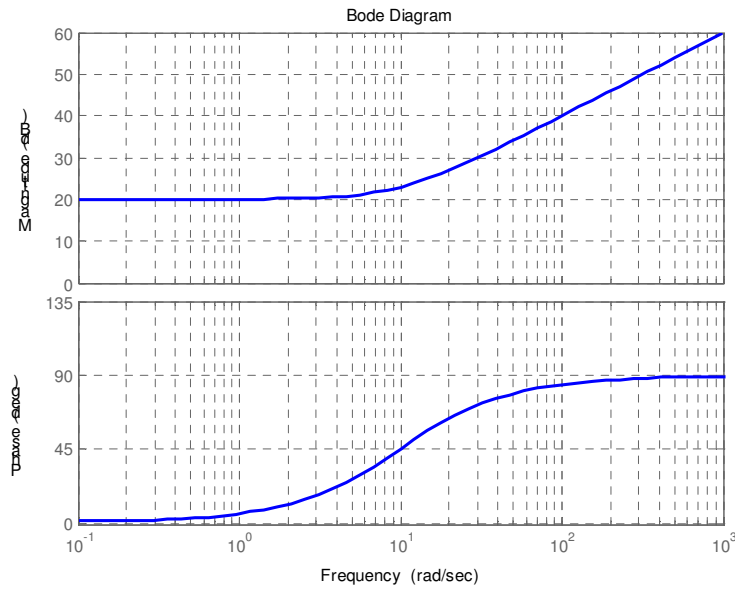


Đặc tính Nyquist của khâu vi phân bậc nhất

4.6.3 Đặc tính Bode

$$L = 20\log K + 20\log \sqrt{T^2\omega^2 + 1}$$

$$\omega_s = \frac{1}{T}$$



Đặc tính Bode của khâu vi phân bậc 1 ($K = 10, T = 0.1$)

4.7 Khâu tích phân lý tưởng

$$W(p) = \frac{K}{p}$$

4.7.1 Hàm truyền đạt tần số

$$P = 0, \quad Q = -\frac{K}{\omega}$$

$$A = \frac{K}{\omega}, \quad \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

4.7.2 Đặc tính Nyquist

4.7.3 Đặc tính Bode

$$L = 20 \lg K - 20 \lg \omega$$

4.8 Khâu chậm trễ

$$W(p) = e^{-p\tau}$$

4.8.1 Hàm truyền đạt tần số

$$W(j\omega) = e^{-j\omega\tau}$$

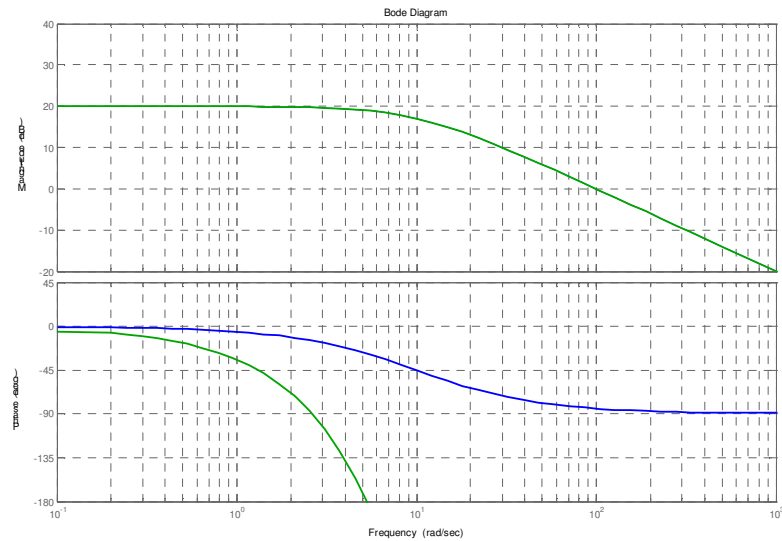
$$A = 1, \quad \varphi = -\omega\tau$$

4.8.2 Đặc tính Nyquist

4.8.3 Đặc tính Bode

$$L = 0$$

$$\varphi = -\omega\tau$$



Đặc tính Bode của khâu quán tính bậc 1 (xanh blue) và khâu quán tính bậc nhất có trễ 0.5s (xanh verte)

Các lệnh thực hiện vẽ đặc tính trên trong MATLAB :

```
num=10
den=[0.1 1]
W1=tf(num,den)
W2=W1;
set(W2,'IODelay,0.5);
W2
bode(W1);
hold on
bode(W2);
```

Chương 3

TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

1 Khái niệm chung

Khảo sát một hệ thống điều khiển tự động được mô tả toán học dưới dạng hàm truyền đạt :

$$W(p) = \frac{b_m p^m + \dots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + \dots + a_1 p + a_0} = \frac{Y(p)}{U(p)} \tag{3.1}$$

Phương trình vi phân tương ứng của hệ thống là :

$$a_n \frac{d^n y}{dt^n} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_m \frac{d^m u}{dt^m} + \dots + b_1 \frac{du}{dt} + b_0 u \tag{3.2}$$

Nghiệm của phương trình vi phân (3.2) có dạng như sau :

$$y(t) = y_0(t) + y_{qd}(t) \tag{3.3}$$

Trong đó :

- $y_0(t)$ là nghiệm riêng của phương trình (3.2) có về phải, đặc trưng cho quá trình xác lập.
- $y_{qd}(t)$ là nghiệm tổng quát của (3.2), đặc trưng cho quá trình quá độ.

Tính ổn định của một hệ thống chỉ phụ thuộc vào quá trình quá độ, còn quá trình xác lập là một quá trình ổn định.

Định nghĩa :

a) Một hệ thống ĐKTD ổn định nếu quá trình quá độ tắt dần theo thời gian.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y_{qd}(t) = 0$$

b) Một hệ thống ĐKTD không ổn định nếu quá trình quá độ tăng dần theo thời gian.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y_{qd}(t) = \infty$$

c) Một hệ thống ĐKTD ở biên giới ổn định nếu quá trình quá độ không đổi hay dao động không tắt dần.

Xét nghiệm $y_{qd}(t)$ trong (3.3), dạng tổng quát của nghiệm quá độ như sau :

$$y_{qd}(t) = \sum_{i=1}^n C_i e^{p_i t} = \sum_{i=1}^n y_{qd,i} \tag{3.4}$$

với n là bậc và p_i là nghiệm của phương trình đặc tính

$$N(p) = a_n p^n + \dots + a_1 p + a_0 = 0 \tag{3.5}$$

C_i là các hằng số (tính theo các điều kiện đầu).

*** Khảo sát các trường hợp nghiệm p_i :**

i) p_i là nghiệm thực

$$p_i = \alpha_i \Rightarrow y_{qd,i} = C_i e^{\alpha_i t}$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y_{qd,i} = \lim_{t \rightarrow \infty} C_i e^{\alpha_i t} = \begin{cases} 0, \alpha_i < 0 \\ C_i, \alpha_i = 0 \\ \infty, \alpha_i > 0 \end{cases}$$

ii) p_i là cặp nghiệm phức liên hợp:

$$p_{i,i+1} = \alpha_i \pm j\beta_i \Rightarrow y_{qd,i} + y_{qd,i+1} = 2A_i e^{\alpha_i t} \cos(\beta_i t + \varphi_i)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (y_{qd,i} + y_{qd,i+1}) = \begin{cases} 0, \alpha_i < 0 \\ \text{dao dong}, \alpha_i = 0 \\ \infty, \alpha_i > 0 \end{cases}$$

Kết luận :

- 1) Hệ thống điều khiển tự động ổn định nếu *tất cả* các nghiệm của phương trình đặc tính có *phần thực âm*.
- 2) Hệ thống điều khiển tự động không ổn định nếu có *ít nhất* một nghiệm của phương trình đặc tính có *phần thực dương*.
- 3) Hệ thống điều khiển tự động ở biên giới ổn định nếu có *ít nhất* một nghiệm của phương trình đặc tính có *phần thực bằng 0*, các nghiệm còn lại có *phần thực âm*.

2 Tiêu chuẩn ổn định đại số

2.1 Điều kiện cần để hệ thống ổn định

Xét một hệ thống điều khiển tự động có phương trình đặc tính tổng quát như sau :

$$N(p) = a_n p^n + \dots + a_1 p + a_0 = 0$$

Phát biểu :

« **Điều kiện cần để một hệ thống ĐKTD tuyến tính ổn định là tất cả các hệ số của phương trình đặc tính dương** »

2.2 Tiêu chuẩn Routh

2.2.1 Cách thành lập bảng Routh

p^n	a_n	a_{n-2}	a_{n-4}	...	a_0
p^{n-1}	a_{n-1}	a_{n-3}	a_{n-5}	...	(a_0)
p^{n-2}	$c_{n-2,1}$	$c_{n-2,2}$...		
...					
p^2	$c_{2,1}$	$c_{2,2}$			
p^1	$c_{1,1}$	$c_{1,2}$			
p^0	$c_{0,1}$				

Với :

$$c_{n-2,1} = -\frac{\begin{vmatrix} a_n & a_{n-2} \\ a_{n-1} & a_{n-3} \end{vmatrix}}{a_{n-1}}; c_{n-2,2} = -\frac{\begin{vmatrix} a_n & a_{n-4} \\ a_{n-1} & a_{n-5} \end{vmatrix}}{a_{n-1}}; \dots$$

$$c_{0,1} = -\frac{\begin{vmatrix} c_{2,1} & c_{2,2} \\ c_{1,1} & c_{1,2} \end{vmatrix}}{c_{1,1}}$$

Quy tắc :

- Mỗi số hạng trong bảng Routh là một tỉ số, trong đó :
- Tử số là định thức bậc 2, mang dấu âm. Cột thứ nhất của định thức là cột thứ nhất của 2 hàng đứng sát trên hàng có số hạng đang tính ; cột thứ hai của định thức là cột đứng sát bên phải số hạng đang tính cũng của 2 hàng trên.
 - Mẫu số : Tất cả các số hạng trên cùng một hàng có cùng mẫu số là số hạng ở cột thứ nhất của hàng sát trên hàng có số hạng đang tính.

2.2.2 Phát biểu tiêu chuẩn Routh

Điều kiện cần và đủ để hệ thống tuyến tính ổn định là tất cả các số hạng trong cột thứ nhất của bảng Routh phải dương.

2.2.3 Các tính chất của bảng Routh

- Có thể nhân hoặc chia tất cả các số hạng trên cùng một hàng của bảng Routh với một số dương.
- Số lần đổi dấu của các số hạng trong cột thứ nhất của bảng Routh bằng số nghiệm của phương trình đặc tính có phần thực dương.

- Nếu trong cột thứ nhất của bảng Routh có một số hạng bằng 0 thì hệ thống cũng không ổn định. Để xác định số nghiệm âm, có thể thay số 0 bằng số $\epsilon > 0$ rất bé để tiếp tục xác định các số hạng còn lại.
- Nếu tất cả các số hạng trên cùng 1 hàng của bảng Routh bằng 0 thì hệ thống ở biên giới ổn định.
- Trường hợp hệ thống có khâu chậm trễ, có thể khai triển Fourier hàm mũ như sau :

$$e^{-p\tau} = 1 + \frac{(-p\tau)}{1!} + \frac{(-p\tau)^2}{2!} + \dots$$

2.3 Tiêu chuẩn ổn định Hurwitz

2.3.1 Phát biểu

Điều kiện cần và đủ để hệ thống tuyến tính ổn định là các hệ số a_n và các định thức Hurwitz dương.

2.3.2 Cách thành lập định thức Hurwitz

Định thức Δ_n có :

- n cột và n hàng
- Đường chéo chính của Δ_n bắt đầu từ a_1 liên tiếp đến a_n .
- Các số hạng trong cùng một cột có chỉ số tăng dần từ dưới lên trên.
- Các số hạng có chỉ số lớn hơn n hay nhỏ hơn 0 ghi 0.

3 Tiêu chuẩn ổn định tần số

3.1 Tiêu chuẩn Nyquist theo đặc tính tần số biên pha

3.1.1 Phát biểu

Điều kiện cần và đủ để một hệ thống kín phản hồi -1 ổn định là :

- Khi hệ hở ổn định hoặc ở biên giới ổn định, đặc tính tần số biên pha của hệ hở không bao điểm $M(-1, j0)$.
- Khi hệ hở không ổn định, đặc tính tần số biên pha của hệ hở bao điểm $M(-1, j0)$ $m/2$ vòng kín khi ω biến thiên từ 0 đến ∞ với m là số nghiệm của phương trình đặc tính của hệ hở có phần thực dương.

3.1.2 Áp dụng tiêu chuẩn

- Tiêu chuẩn này chỉ áp dụng cho hệ kín. Trường hợp không phải hệ phản hồi -1 thì chuyển về dạng phản hồi -1 tương đương.
- Có thể xác định số lần bao N của đặc tính tần số (ω biến thiên từ 0 đến ∞) với điểm M như sau :

$$N = \frac{\sum C_{(-\infty, 0)}^+ - \sum C_{(-\infty, 0)}^-}{2}$$

Với :

- + C^+ giao điểm dương : là giao của $W(j\omega)$ với trục thực, có chiều \uparrow theo chiều tăng của ω .
- + C^- giao điểm âm : là giao của $W(j\omega)$ với trục thực, có chiều \downarrow theo chiều tăng của ω .

3.2 Tiêu chuẩn Nyquist theo đặc tính tần số logarit

3.2.1 Phát biểu

Điều kiện cần và đủ để hệ kín phản hồi -1 ổn định khi hệ hở ổn định (hay ở biên giới ổn định) là số giao điểm dương bằng số giao điểm âm trong phạm vi tần số ω để $L(\omega) > 0$.

3.2.2 Áp dụng tiêu chuẩn

- Trong đặc tính logarit

- + C^+ giao điểm dương : là giao của $\varphi(\omega)$ với đường thẳng $-\pi$, có chiều \downarrow theo chiều tăng của ω .
- + C^- giao điểm âm : là giao của $\varphi(\omega)$ với đường thẳng $-\pi$, có chiều \uparrow theo chiều tăng của ω .
- Tiêu chuẩn chỉ áp dụng cho hệ kín phản hồi -1, hệ hở đã ổn định.

3.3 Tiêu chuẩn ổn định Mikhailov

3.3.1 Phát biểu

Điều kiện cần và đủ để hệ thống tuyến tính ổn định là biểu đồ vector đa thức đặc tính $A(j\omega)$ xuất phát từ trục thực dương quay n góc phần tư ngược chiều kim đồng hồ khi ω tăng từ 0 đến ∞ .

3.3.2 Áp dụng tiêu chuẩn

- Tiêu chuẩn này được áp dụng để xét ổn định cho hệ bất kỳ (hở/kín)
- Đa thức đặc tính là đa thức ở tử số của hàm truyền đạt.

4 Phương pháp quỹ đạo nghiệm số

Phương pháp quỹ đạo nghiệm số (QĐNS) thường dùng cho hệ thống có một thông số biến đổi tuyến tính. Với mỗi giá trị của thông số, phương trình đặc tính của hệ thống sẽ có một tập nghiệm, mỗi nghiệm được biểu diễn bằng một điểm trên mặt phẳng phức. Khi thông số biến đổi, nghiệm của phương trình đặc tính cũng biến đổi theo. *Quỹ đạo tạo ra từ các nghiệm của phương trình đặc tính trên mặt phẳng phức khi thông số biến đổi gọi là quỹ đạo nghiệm số.*

4.1 Phương pháp xây dựng QĐNS

Xét một hệ thống tuyến tính, trong đó phương trình đặc tính chứa một thông số K biến đổi dưới dạng:

$$N(p) = N_0(p) + KM_0(p) = 0 \tag{3.6}$$

với $N(p)$, $M(p)$ là hai đa thức bậc n , m tương ứng.

Gọi p_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là nghiệm của phương trình $N(p) = 0$

p_i' ($i = 1, 2, \dots, n$) là nghiệm của phương trình $N_0(p) = 0$

p_j'' ($j = 1, 2, \dots, m$) là nghiệm của phương trình $M_0(p) = 0$

Có thể viết

$$N_0(p) = \prod_{i=1}^n (p - p_i') ; M_0(p) = \prod_{j=1}^m (p - p_j'')$$

và
$$N(p) = \prod_{i=1}^n (p - p_i') + K \prod_{j=1}^m (p - p_j'')$$

4.1.1 Xác định điểm xuất phát của QĐNS

Điểm xuất phát của QĐNS là vị trí nghiệm khi $K = 0$. Từ phương trình (3.6), điểm xuất phát của QĐNS chính là n nghiệm p_i' của phương trình $N_0(p) = 0$.

4.1.2 Xác định điểm kết thúc của QĐNS

Điểm kết thúc của QĐNS là vị trí nghiệm khi $K \rightarrow \infty$. Từ phương trình (3.6), có thể viết :

$$N(p) = \frac{1}{K} \prod_{i=1}^n (p - p_i') + \prod_{j=1}^m (p - p_j'') = 0 \tag{3.7}$$

Rõ ràng, khi $K \rightarrow \infty$, nghiệm của $N(p)$ cũng chính là m nghiệm p_j'' của phương trình $M_0(p) = 0$.

4.1.3 Xác định số lượng quỹ đạo trên mặt phẳng nghiệm

Phương trình $N(p) = 0$ có n nghiệm xuất phát, do vậy khi K biến thiên sẽ vạch nên n quỹ đạo trên mặt phẳng nghiệm. Do có m điểm kết thúc của quỹ đạo nên nếu $m < n$ thì :

- m quỹ đạo xuất phát từ p_i' và kết thúc ở p_j'' ;
- $(n - m)$ quỹ đạo xuất phát từ p_i' và tiến ra vô cùng.

Khi phương trình $N_0(p) = 0$ có nghiệm phức liên hợp thì cặp quỹ đạo tương xứng của nó sẽ đối xứng qua trục thực.

4.1.4 Xác định các đường tiệm cận

Có $(n-m)$ đường thẳng tiệm cận cho các quỹ đạo tiến ra vô cùng.

- Tâm tiệm cận : $R_0 = \frac{1}{n-m} \sum_{i=1}^n p_i' - \sum_{j=1}^m p_j''$
- Góc tạo bởi các đường tiệm cận và trục hoành : $\alpha_k = \frac{2k+1}{n-m} \pi, k = 0, 1, \dots, n-m-1$

4.1.5 Xác định điểm tách khỏi trục thực và hướng dịch chuyển của quỹ đạo

- Khảo sát hàm số $f(p) = \frac{N_0(p)}{M_0(p)}$ để xác định hướng di chuyển của quỹ đạo
- Các nghiệm của phương trình $\frac{df(p)}{dp} = 0$ chính là các điểm tách khỏi trục thực của QĐNS.

4.1.6 Xác định giao điểm của trục ảo với QĐNS

Gọi $\pm j\omega_c$ là điểm của QĐNS với trục ảo. Thay $p = j\omega_c$ vào phương trình đặc tính $N(p) = 0$, ω_c được xác định từ hệ phương trình :

$$\begin{aligned} \text{Real}(N(j\omega_c)) &= 0 \\ \text{Im}(N(j\omega_c)) &= 0 \end{aligned}$$

Ví dụ : Vẽ QĐNS của một hệ thống có phương trình đặc tính có thông số K biến thiên như sau :

$$N(p) = p^3 + 3p^2 + (K+2)p + 10K = 0$$

Giải :

Trước tiên, ta biến đổi phương trình ở trên về dạng 3.6 như sau :

$$N(p) = (p^3 + 3p^2 + 2p) + K(p+10) = 0$$

Như vậy : $N_0(p) = (p^3 + 3p^2 + 2p)$ và $M_0(p) = (p+10)$

- Các điểm xuất phát của QĐNS :

$$N_0(p) = 0 \quad p_1' = 0; p_2' = -1; p_3' = -2;$$

- Các điểm kết thúc của QĐNS :

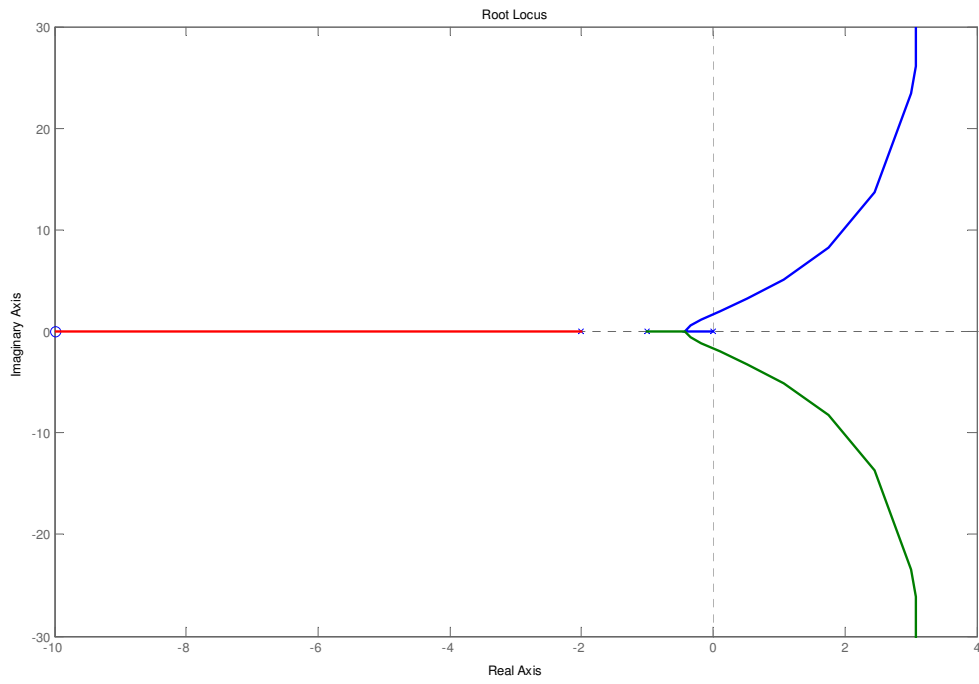
$$M_0(p) = 0 \quad p_1'' = -10$$

- Vậy có 3 điểm xuất phát, 1 điểm kết thúc nên sẽ có 2 quỹ đạo tiến ra vô cùng (tương ứng với 2 tiệm cận)

- Tâm tiệm cận : $R_0 = 7$

- Góc các tiệm cận so với trục hoành : $\alpha_k = (2k+1) \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2}; \frac{3\pi}{2}$

- Giao điểm với trục ảo : $\omega_c = \sqrt{\frac{20}{7}}$ tại $K = 6/7$.



Hình vẽ trên biểu diễn Quỹ đạo nghiệm số của hệ thống trong ví dụ trên (được vẽ bằng MATLAB).

Chương 4 CHẤT LƯỢNG CỦA QUÁ TRÌNH ĐIỀU KHIỂN

1 Khái niệm chung

Chất lượng của một hệ thống điều khiển tự động được đánh giá qua 2 chế độ : chế độ xác lập và quá trình quá độ.

1.1 Chế độ xác lập

Chất lượng điều khiển được đánh giá qua sai lệch tĩnh (hay còn gọi là sai số xác lập)
Sai lệch tĩnh (S_t) là sai lệch không đổi sau khi quá trình quá độ kết thúc.

1.2 Quá trình quá độ

Chất lượng của hệ thống được đánh giá qua 2 chỉ tiêu chính :

a) **Độ quá điều chỉnh lớn nhất σ_{max}** : là sai lệch cực đại trong quá trình quá độ so với giá trị xác lập, tính theo đơn vị phần trăm.

$$\sigma_{max} = \frac{y_{max} - y_{\infty}}{y_{\infty}} * 100\% \quad (4.1)$$

b) **Thời gian quá độ lớn nhất T_{max}** :

Về mặt lý thuyết, quá trình quá độ kết thúc khi $t \rightarrow \infty$. Trong điều khiển tự động, ta có thể xem quá trình quá độ kết thúc khi sai lệch của tín hiệu được điều khiển với giá trị xác lập của nó không vượt quá 5% (một số tài liệu chọn biên độ là $\pm 2\%$). Khoảng thời gian đó gọi là **T_{max}** .

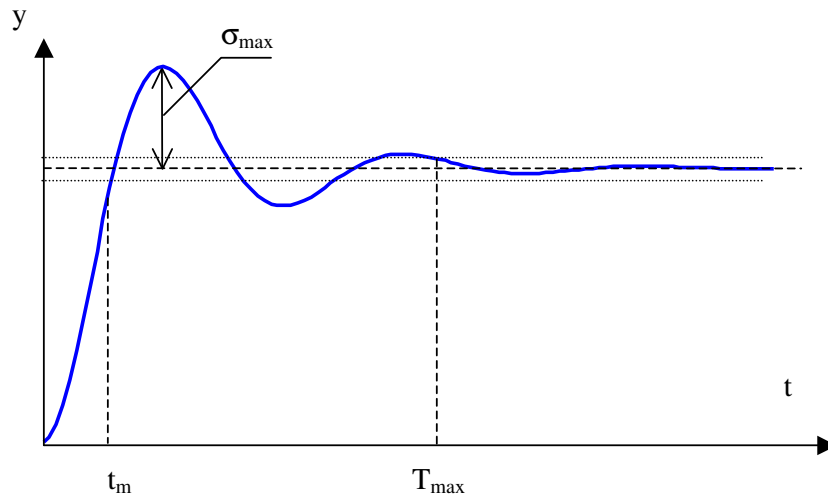
Thực tế điều khiển cho thấy : khi giảm σ_{max} thì T_{max} tăng và ngược lại.

Thông thường, qui định cho một hệ thống điều khiển :

$$\sigma_{max} = (20 \div 30)\%$$

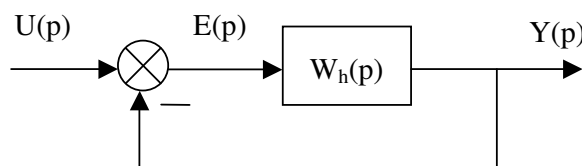
$$T_{max} = 2 \text{ đến } 3 \text{ chu kỳ dao động quanh giá trị xác lập}$$

c) **Thời gian tăng t_m** : là thời gian từ 0 đến lúc tín hiệu điều khiển đạt được 90% giá trị xác lập lần đầu tiên.



2 Đánh giá chất lượng ở chế độ xác lập

Xét một hệ thống kín phản hồi -1.



Theo định nghĩa, ta có :

$$S_t = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{p \rightarrow 0} pE(p)$$

Theo sơ đồ khối ở trên, ta có : $E(p) = \frac{U(p)}{1+W_h(p)}$

$$\text{Vậy } S_t = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{p \rightarrow 0} p \frac{U(p)}{1+W_h(p)} \quad (4.2)$$

Trường hợp hệ thống kín bất kỳ, ta chuyển về hệ thống kín phản hồi -1 tương đương và áp dụng công thức tính sai lệch tĩnh cho hệ tương đương này.

Nhận xét : sai lệch tĩnh S_t phụ thuộc

- Hàm truyền đạt của hệ hở
- Tín hiệu kích thích.

Hàm truyền đạt của hệ hở có dạng tổng quát như sau :

$$W_h(p) = \frac{K \frac{b_m p^m + \dots + b_1 p + 1}{a_n p^{n-v} + \dots + 1}}{p^v} = \frac{K}{p^v} W_0(p)$$

v là bậc tích phân

2.1 Khi $u(t) = U_0 \cdot 1(t)$

$$U(p) = \frac{1}{p} \quad \Rightarrow \quad S_t = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{1 + \frac{K}{p^v} W_0(p)}$$

- Với $v = 0$: $S_t = \frac{U_0}{1+K}$
- Với $v = 1, 2, \dots$ $S_t = 0$

2.2 Khi $u(t) = U_0 \cdot t$

$$U(p) = \frac{U_0}{p^2} \quad \Rightarrow \quad S_t = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{U_0}{p \left[1 + \frac{K}{p^v} W_0(p) \right]}$$

- Với $v = 0$: $S_t = \infty$
- Với $v = 1$: $S_t = \frac{U_0}{K}$
- Với $v = 2, 3, \dots$ $S_t = 0$

3 Đánh giá chất lượng ở quá trình quá độ

Phải vẽ được đáp ứng quá độ $y(t)$ của hệ thống

3.1 Phân tích thành các biểu thức đơn giản

Trong phương pháp này, tín hiệu ra $Y(p)$ được phân tích thành tổng của các thành phần đơn giản. Sử dụng bảng tra Laplace hay hàm *ilaplace* trong MATLAB để tìm hàm gốc $y(t)$.

3.2 Phương pháp số Tustin

3.2.1 Nội dung phương pháp

Số hóa tín hiệu liên tục thành tín hiệu gián đoạn để tìm đáp ứng thời gian, nghĩa là : chuyển hàm truyền đạt từ hệ liên tục sang hệ gián đoạn.

- Trong hệ gián đoạn, quan tâm đến $y(kT)$
- Biến đổi toán học trong hệ gián đoạn là $Y(z)$

- Đặc điểm : $y(kT) \rightarrow Y(z)$
 $y(k+m)T \rightarrow z^m Y(z)$

Xác định mối liên hệ giữa hệ liên tục và hệ gián đoạn

Xét một quan hệ giữa $Y(p)$ và $U(p)$ dưới dạng hàm truyền đạt :

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{1}{p} \tag{4.3}$$

Phương trình vi phân tương ứng là :

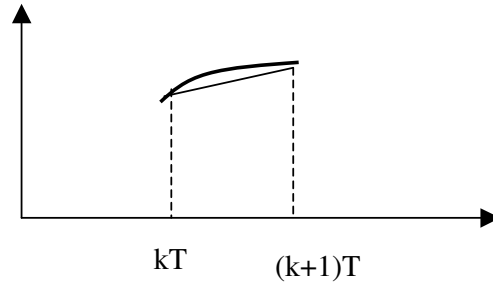
$$y(t) = \int_0^t u(t) dt \quad (\text{giả thiết các điều kiện}$$

đầu bằng 0)

Trên đường cong $u(t)$, $y(t)$ chính là diện tích xác định bởi đường cong $u(t)$ với trục hoành.

Ta có :

$$y[(k+1)T] - y(kT) = \frac{T}{2} [u(k+1)T + u(kT)]$$



Chuyển phương trình sai phân ở trên sang toán tử Z, ta có :

$$(z-1)Y(z) = \frac{T}{2}(z+1)U(z)$$

$$\Rightarrow W(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{T}{2} \frac{z+1}{z-1} \tag{4.4}$$

Từ (4.3) và (4.4), ta có mối liên hệ :

$$\frac{1}{p} \leftrightarrow \frac{T}{2} \frac{z+1}{z-1} \quad \text{hay} \quad p \leftrightarrow \frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1} \tag{4.5}$$

3.2.2 Các bước tiến hành

- Xác định tín hiệu $Y(p)$ từ hàm truyền đạt $W(p)$ và tín hiệu vào $U(p)$
- Tìm $Y(z)$ tương đương nhờ thay $p = \frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1}$ vào biểu thức của $Y(p)$
- Biến đổi Z ngược để tìm $y(kT)$

Ví dụ : Vẽ đặc tính thời gian của hệ thống có hàm truyền đạt :

$$W(p) = \frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{10}{p^3 + 2p^2 + p + 1}$$

với $u(t) = 1t$.

Giải :

Chọn $T = 1s$, ta có :

$$p(p^3 + 2p^2 + p + 1)Y(p) = 10$$

$$\Rightarrow \frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1} \left[\left(\frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1} \right)^3 + 2 \left(\frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1} \right)^2 + \left(\frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1} \right) + 1 \right] Y(z) = U(z)$$

Thay $T = 1$, ta có :

$$2(z-1) \left[8(z-1)^3 + 8(z-1)^2(z+1) + 2(z-1)(z+1)^2 + (z+1)^3 \right] Y(z) = (z+1)^4 U(z)$$

$$\Rightarrow (a_4 z^4 + a_3 z^3 + a_2 z^2 + a_1 z + a_0) Y(z) = (b_4 z^4 + b_3 z^3 + b_2 z^2 + b_1 z + b_0) U(z)$$

$$\Rightarrow a_4 y(k+4) = -a_3 y(k+3) - a_2 y(k+2) - a_1 y(k+1) - a_0 y(k) + (b_4 + b_3 + b_2 + b_1 + b_0)$$

Các hệ số a_i, b_j được xác định từ phương trình trên. Giả thiết biết trước các giá trị đầu $y(0), y(1), y(2), y(3)$, ta có thể tính lần lượt các giá trị còn lại của tín hiệu ra $y(kT)$.

3.3 Giải phương trình trạng thái

Nghiệm của phương trình trạng thái :

$$\dot{X} = AX + BU \tag{4.6}$$

$$Y = CX + DU$$

có dạng sau :

$$X(t) = e^{At} X(0) + \int_0^t e^{A(t-\tau)} BU(\tau) d\tau \tag{4.7}$$

$$Y(t) = C e^{At} X(0) + \int_0^t e^{A(t-\tau)} BU(\tau) d\tau + DU \tag{4.8}$$

Trong đó :

$$e^{At} = L^{-1} \{ (pI - A)^{-1} \}$$

Ghi chú :

$$A^{-1} = \frac{A_{adj}}{\det(A)} \text{ với } A_{adj} \text{ là ma trận có các phần tử } \tilde{a}_{ij} = (-1)^{i+j} \det(A_{ji}) \text{ trong đó } A_{ji} \text{ là ma}$$

trận có được bằng cách bỏ đi hàng thứ j , cột thứ i .

Ví dụ : Cho hệ thống được biểu diễn dưới dạng phương trình trạng thái :

$$\dot{X} = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} X + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u$$

$$y = x_1$$

Tìm đáp ứng thời gian của hệ thống với $u(t) = 1(t)$ với trạng thái ban đầu $X = [0 \ 0]^T$.

Giải

Tính e^{At}

Ta có :

$$(pI - A)^{-1} = \begin{pmatrix} p+2 & -1 \\ 0 & p+1 \end{pmatrix}^{-1} = \frac{1}{(p+1)(p+2)} \begin{pmatrix} p+1 & 1 \\ 0 & p+2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{p+2} & \frac{1}{(p+1)(p+2)} \\ 0 & \frac{1}{p+1} \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow e^{At} = L^{-1} \{ (pI - A)^{-1} \} = \begin{pmatrix} e^{-2t} & e^{-t} - e^{-2t} \\ 0 & e^{-t} \end{pmatrix}$$

Theo công thức ở trên, ta có :

$$X(t) = \int_0^t \begin{pmatrix} e^{-2(t-\tau)} & e^{-(t-\tau)} - e^{-2(t-\tau)} \\ 0 & e^{-(t-\tau)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} 1(\tau) d\tau = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} - e^{-t} + \frac{e^{-2t}}{2} \\ 1 - e^{-t} \end{pmatrix}$$

$$y(t) = x_1 = \frac{1}{2} - e^{-t} + \frac{e^{-2t}}{2}$$

3.4 Sử dụng các hàm của MATLAB

- Hàm **step**: tìm hàm quá độ của một khâu
- Hàm **impulse**: tìm hàm trọng lượng của một khâu

Hàm **lsim**: phản ứng của khâu đối với tín hiệu vào bất kỳ.

Câu lệnh: **LSIM(sys,u,t)**

Với:

+ sys là tên của hàm truyền đạt đã được định nghĩa trước

+ u là vectơ tín hiệu vào

+ t là vectơ thời gian.

Ví dụ:

$t = 0:0.01:2*pi;$

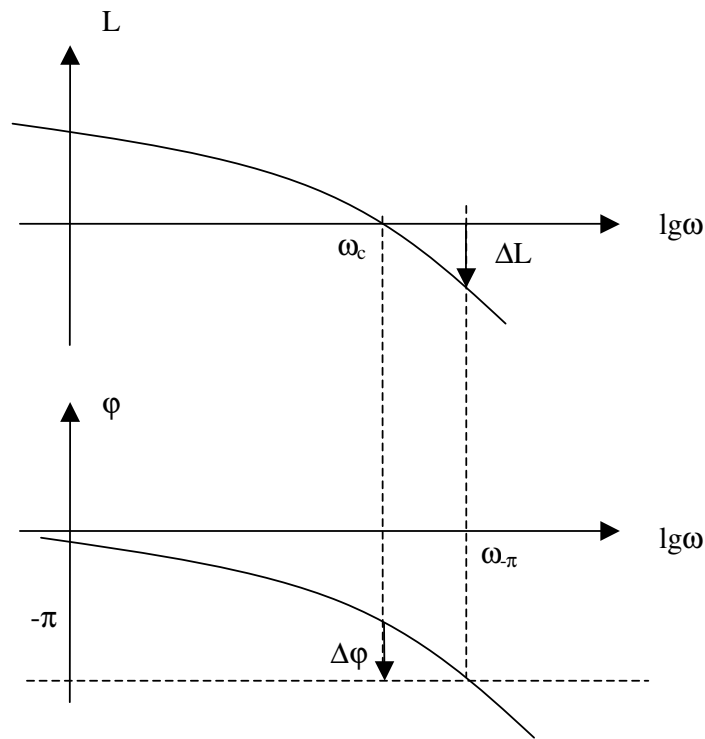
$u = \sin(t);$

$lsim(W1,u,t);$

4 Đánh giá thông qua độ dự trữ ổn định

4.1 Độ dự trữ biên độ

$$\Delta L = -L(\omega_{-\pi})$$



4.2 Độ dự trữ về pha

$$\Delta \phi = 180 + \phi(\omega_c)$$

Có thể xác định các độ dự trữ về biên độ, về pha bằng MATLAB

- MARGIN(SYS) : vẽ đặc tính tần số biên pha logarit + ghi các giá trị về độ dự trữ ổn định trên đặc tính
- [Gm,Pm]=MARGIN(SYS) : ghi các giá trị $G_m = \Delta L$; $P_m = \Delta \phi$

* Tính chất : Yêu cầu của quá trình điều khiển (tham khảo)

$$\Delta L = 6 \div 12 \text{ dB}$$

$$\Delta \phi \approx 45^\circ$$

4.3 Mối liên hệ giữa các độ dự trữ và chất lượng điều khiển

- Khi tần số cắt ω_c tăng : T_{max} giảm, t_m giảm.
- Khi tăng $\Delta \phi$, độ quá điều lớn nhất σ_{max} giảm.

5 Tính điều khiển được và quan sát được của hệ thống

5.1 Điều khiển được

5.1.1 Định nghĩa

Xét một hệ thống được mô tả toán học dưới dạng phương trình trạng thái :

$$\begin{cases} \dot{X} = AX + BU \\ Y = CX + DU \end{cases}$$

Với $A \in \mathbb{R}^{n \times n}, B \in \mathbb{R}^{n \times m}, C \in \mathbb{R}^{r \times n}, D \in \mathbb{R}^{r \times m}$

Một hệ thống được gọi là **điều khiển được** nếu từ một vector ban đầu X_0 bất kỳ, ta luôn có thể tìm được vector tín hiệu U_d để chuyển hệ thống từ trạng thái X_0 đến trạng thái X_d mong muốn.

5.1.2 Điều kiện

Xây dựng ma trận điều khiển

$$P = [B, AB, A^2B, \dots, A^{n-1}B]$$

Điều kiện cần và đủ để một hệ thống mô tả toán học dưới dạng phương trình trạng thái điều khiển được là $\text{rank}(P) = n$.

Nhận xét :

- Tính điều khiển được chỉ phụ thuộc vào các ma trận trạng thái A, B.
- Liên quan đến việc chọn các biến trạng thái

Ví dụ :

Cho hệ thống có mô tả toán học dưới dạng hàm truyền đạt như sau :

$$W(p) = \frac{20}{2p^2 + p + 4}$$

Giả sử đặt các biến trạng thái là :

$$x_1 = y$$

$$\dot{x}_1 = x_2$$

Xác định tính điều khiển được của hệ thống.

Giải

Ta có :

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -2x_1 - 0.5x_2 + 10u \end{aligned} \quad \text{hay} \quad \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 10 \end{bmatrix} u$$

Ma trận P

$$P = [B, AB] = \begin{bmatrix} 0 & \begin{pmatrix} 0 & 1 \end{pmatrix} \\ 10 & \begin{pmatrix} -2 & -0.5 \end{pmatrix} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 10 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 10 \\ 10 & -5 \end{bmatrix}$$

$$\det(P) = -100 \neq 0 \text{ nên } \text{rank}(P) = 2.$$

Vậy hệ thống với cách đặt biến trạng thái như trên là điều khiển được.

5.2 Tính quan sát được

5.2.1 Định nghĩa

Một hệ thống được gọi là **quan sát được** nếu từ các vector U và Y đã có, ta có thể xác định được các biến trạng thái X của hệ thống.

5.2.2 Điều kiện

Xây dựng ma trận quan sát

$$L = [C', A'C', (A')^2C', \dots, (A')^{n-1}C']$$

Điều kiện cần và đủ để một hệ thống mô tả toán học dưới dạng phương trình trạng thái quan sát được là $\text{rank}(L) = n$.

Nhận xét :

- Tính điều khiển được chỉ phụ thuộc vào các ma trận trạng thái A, C.

Ví dụ :

Xét trong ví dụ ở trên, ma trận trạng thái C sẽ là :

$$C = [1 \ 0]$$

Ma trận quan sát

$$L = [C' \ A'C'] = \begin{bmatrix} 1 & \begin{pmatrix} 0 & -2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \\ 0 & \begin{pmatrix} 1 & -0.5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Do $\text{rank}(L) = 2$ nên hệ ở trên quan sát được.

Chương 5

NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG VÀ TỔNG HỢP HỆ THỐNG

1 Khái niệm chung

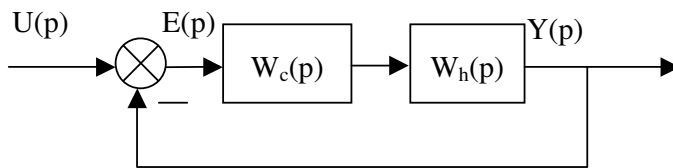
Trong một hệ thống điều khiển tự động, vai trò của bộ điều khiển C là :

- Ổn định hóa hệ thống
- Nâng cao chất lượng điều khiển.

2 Các bộ điều khiển – Hiệu chỉnh hệ thống

2.1 Khái niệm

- Có nhiều loại bộ điều khiển (khác nhau về cấu tạo, mô tả toán học, tác dụng điều khiển,...)
- Mục đích là nhằm thay đổi các giá trị về ΔL , $\Delta \varphi$, tần số cắt \rightarrow thay đổi chất lượng hệ thống



- Sau khi mắc bộ điều khiển, ta sẽ có :
 $L' = L_c + L_h$
 $\varphi' = \varphi_c + \varphi_h$

2.2 Bộ điều khiển tỉ lệ P

2.2.1 Hàm truyền đạt

$$W(p) = K$$

2.2.2 Đặc tính tần số logarit

$$L = 20 \lg K$$

$$\varphi = 0$$

Nhận xét :

- Tăng (giảm) biên độ trên toàn đặc tính
- Không làm thay đổi về pha.

2.2.3 Tác dụng điều khiển

2.3 Bộ bù sớm pha Lead

2.3.1 Hàm truyền đạt

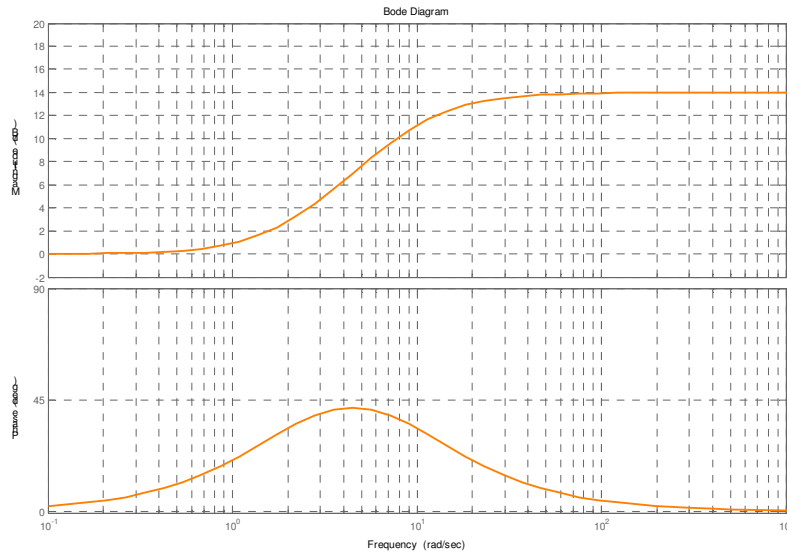
$$W(p) = K \frac{aTp + 1}{Tp + 1}, a > 1$$

2.3.2 Đặc tính tần số logarit

$$\varphi = \arctg(aT\omega) - \arctg(T\omega)$$

$$\omega_{max} = \frac{1}{T\sqrt{a}}$$

$$\sin \varphi_{max} = \frac{a-1}{a+1} > 0$$



Đặc tính logarit của bộ bù sớm pha (K=1, T=0.1, a = 5)

Nhận xét :

- Đặc tính biên độ làm tăng hệ số khuếch đại ở vùng tần số cao
- Gây ra sự vượt pha ở vùng tần số trung bình.

2.3.3 Tác dụng hiệu chỉnh

Tùy thuộc vào cách chọn hệ số khuếch đại K, các thông số a, T mà tác dụng hiệu chỉnh rất khác nhau. Nên tận dụng sự vượt pha ở tần số trung bình để làm tăng độ dự trữ về pha của hệ thống.

2.4 Bộ bù trễ pha Leg

2.4.1 Hàm truyền đạt

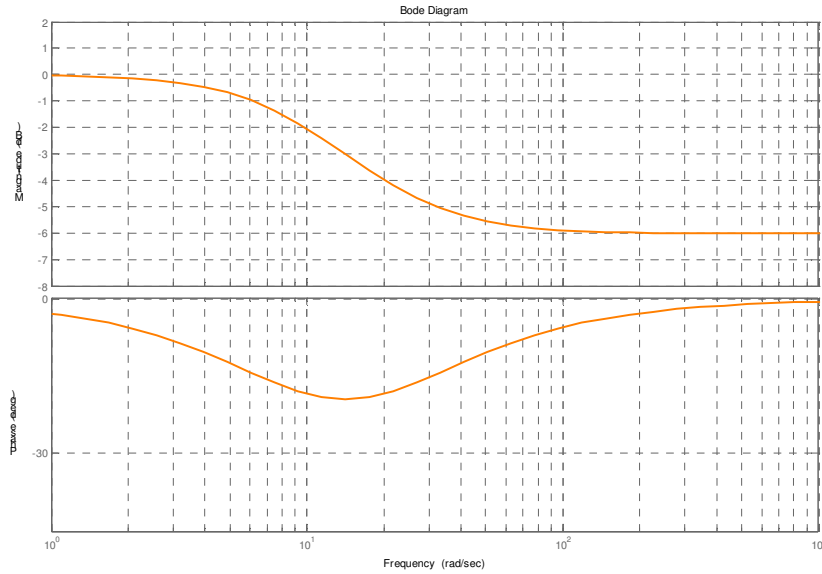
$$W(p) = K \frac{aTp + 1}{Tp + 1}, a < 1$$

2.4.2 Đặc tính tần số logarit

$$\varphi = \text{arctg}(aT\omega) - \text{arctg}(T\omega)$$

$$\omega_{max} = \frac{1}{T\sqrt{a}}$$

$$\sin \varphi_{max} = \frac{a-1}{a+1} < 0$$



Đặc tính logarit của bộ bù trễ pha ($K=1, T=0.1, a = 0.5$)

Nhận xét :

- Đặc tính biên độ làm giảm hệ số khuếch đại ở vùng tần số cao
- Gây ra sự chậm pha ở vùng tần số trung bình.

2.4.3 Tác dụng hiệu chỉnh

- Có thể tăng hệ số khuếch đại của hệ thống mà không ảnh hưởng đến tần số cắt.
- Tránh sự chậm pha do bộ điều khiển gây ra làm ảnh hưởng đến độ dự trữ về pha.

2.5 Bộ bù trễ-sớm pha Leg -Lead

2.5.1 Hàm truyền đạt

$$W(p) = K \left(\frac{a_1 T_1 p + 1}{T_1 p + 1} \right) \left(\frac{a_2 T_2 p + 1}{T_2 p + 1} \right)$$

$$a_1 < 1, a_2 > 1$$

2.5.2 Đặc tính tần số logarit

$$\omega_{max1} = \frac{1}{T_1 \sqrt{a_1}}; \sin \varphi_{max1} = \frac{a_1 - 1}{a_1 + 1} < 0$$

$$\omega_{max2} = \frac{1}{T_2 \sqrt{a_2}}; \sin \varphi_{max2} = \frac{a_2 - 1}{a_2 + 1} < 0$$

Nhận xét :

- Bộ bù leg-lead gồm 2 bộ bù nối tiếp.
- Để phát huy ưu điểm của bộ bù, phần trễ pha nên ở tần số thấp, phần sớm pha ở tần số trung bình hay tần số cao. Do đó điều kiện các thông số là :

$$\frac{1}{T_1 \sqrt{a_1}} < \frac{1}{T_2 \sqrt{a_2}} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} > \left(\frac{a_2}{a_1} \right)^2$$

2.5.3 Tác dụng hiệu chỉnh

- Chọn các thông số thích hợp sẽ làm tăng $\Delta\varphi$
- Tăng hệ số khuếch đại của hệ thống.

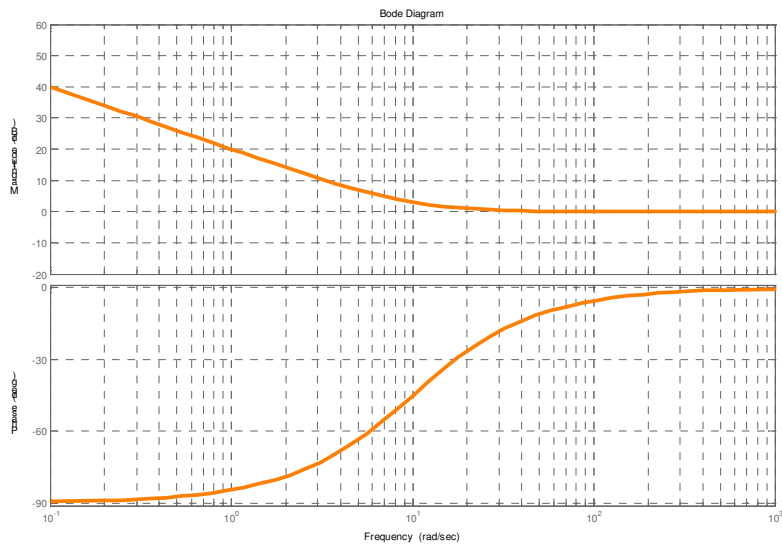
2.6 Bộ điều khiển PI (Proportional Integral Controller)

2.6.1 Hàm truyền đạt

$$W(p) = K \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right)$$

2.6.2 Đặc tính tần số logarit

$$\varphi = \arctg(T_i \omega) - \pi/2$$



Đặc tính logarit của bộ điều khiển PI ($K=1$, $T_i=0.1$)

Nhận xét :

- Tăng 1 bậc tích phân
- Gây ra sự chậm pha ở vùng tần số thấp.

2.6.3 Tác dụng hiệu chỉnh

- Giảm bậc sai lệch tĩnh.
- Tác dụng hiệu chỉnh phụ thuộc rất lớn vào việc chọn thông số bộ điều khiển.

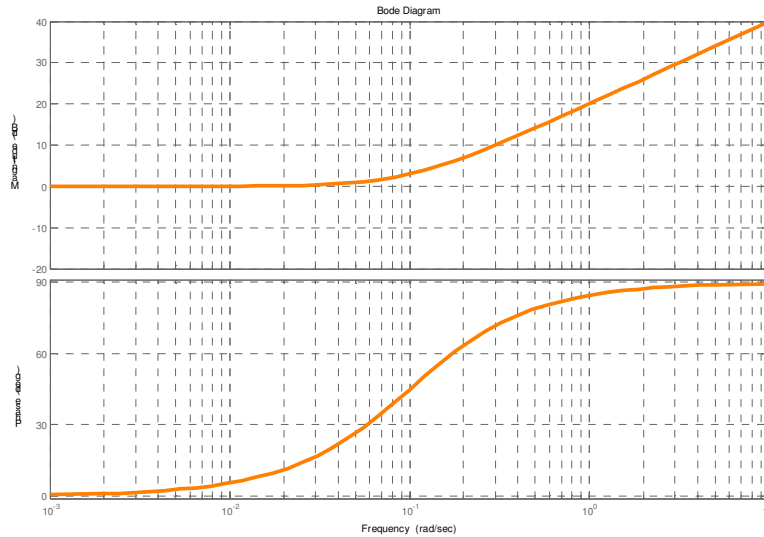
2.7 Bộ điều khiển PD (Proportional Derivative Controller)

2.7.1 Hàm truyền đạt

$$W(p) = K (1 + T_D p)$$

2.7.2 Đặc tính tần số logarit

$$\varphi = \arctg(T_D \omega)$$



Đặc tính logarit của bộ điều khiển PD (K=1, Td=10)

Nhận xét :

- Gây ra sự vượt pha ở vùng tần số cao.
- Tăng hệ số khuếch ở tần số cao

2.7.3 Tác dụng hiệu chỉnh

- Góp phần cải thiện $\Delta\phi$.
- Tăng mạnh hệ số khuếch đại tín hiệu ở tần số cao -> dễ bị ảnh hưởng của nhiễu.

2.8 Bộ điều khiển PID (Proportional Integral Derivative Controller)

2.8.1 Hàm truyền đạt

$$W(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right) = K_p + \frac{K_I}{p} + K_D p$$

Ta có :

$$W(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right) = \frac{K_p}{T_i p} (1 + T_i p + T_d T_i p^2) = \frac{K_I}{p} (1 + T_1 p)(1 + T_2 p)$$

với $\begin{cases} T_1 T_2 = T_d T_i \\ T_1 + T_2 = T_i \end{cases} \quad K_I = K/T_i$

Giải hệ phương trình ở trên, ta được

$$\begin{cases} T_1 = \frac{T_i}{2} \left(1 + \sqrt{1 - 4 \frac{T_d}{T_i}} \right) \\ T_2 = \frac{T_i}{2} \left(1 - \sqrt{1 - 4 \frac{T_d}{T_i}} \right) \end{cases} \quad \text{nếu } T_i \geq 4T_d \text{ (giả thiết } T_1 > T_2)$$

Hay

$$W(p) = K T_1 \left(1 + \frac{1}{T_1 p} \right) (1 + T_2 p) = W_{PI}(p) * W_{PD}(p)$$

2.8.2 Đặc tính tần số logarit

Nhận xét :

- Là sự kết hợp của bộ điều khiển PI và PD

2.8.3 Tác dụng hiệu chỉnh

- PI : giảm bậc sai lệch tĩnh
- PD : tăng $\Delta\varphi$

3 Tổng hợp hệ thống theo các tiêu chuẩn tối ưu

3.1 Phương pháp tối ưu modun

- Khảo sát hệ kín phản hồi -1. Hàm truyền hệ kín là $W_k(p) = \frac{W_c(p) * W_h(p)}{1 + W_c(p) * W_h(p)}$

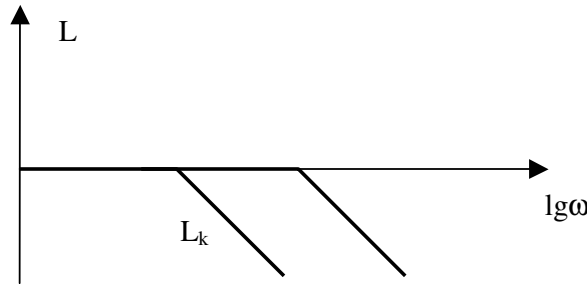
- Một trong những tiêu chuẩn để chọn bộ điều khiển $W_c(p)$ là tín hiệu ra luôn bám theo tín hiệu vào, nghĩa là $Y(p) = X(p)$ hay $|W_k(p)| = 1, \forall \omega$.

- Thực tế, việc đạt được tiêu chuẩn này là vô cùng khó khăn do : bản thân hệ thống có quán tính, dao động, trễ,... Tuy nhiên những hệ thống thực tế lại có một đặc điểm tự nhiên hợp lý là suy giảm mạnh ở tần số cao, nhờ vậy mà nó tồn tại với nhiều.

- Để thỏa thuận giữa yêu cầu lý tưởng và điều kiện thực tế, yêu cầu là tổng hợp hệ thống sao cho

$$|W'_k(j\omega)| \approx 1 \tag{*}$$

trong một dải tần số càng rộng càng tốt.



hay nói cách khác $L_k = 20 \lg A_k \approx 0$. Dải tần số làm $L_k = 0$ càng lớn thì chất lượng hệ thống kín càng cao.

Phương pháp này hiện nay chỉ mới được áp dụng cho một số hệ hờ đặc biệt dưới đây. Trường hợp các hệ tổng quát, ta đưa về các hệ đặc biệt nhờ phương pháp gần đúng.

3.1.1 Hệ hờ là khâu quán tính bậc nhất

- Hệ hờ : $W_h(p) = \frac{K}{Tp + 1}$

- Bộ điều khiển $W_c(p) = \frac{K_p}{T_i p}$

- Hệ hờ với bộ điều khiển : $W'_h(p) = \frac{K}{T_R(Tp + 1)}$ với $T_R(p) = \frac{T_i}{K_p}$

- Hàm truyền hệ kín với bộ điều khiển

$$W'_k(p) = \frac{K}{T_R p(Tp + 1) + K}$$

$$\Rightarrow |W'_k(p)| = \frac{K}{\sqrt{(K - T_R T \omega^2)^2 + (\omega T_R)^2}}$$

Do đó $|W'_k(p)|^2 = \frac{K^2}{K^2 + (T_R^2 - 2KT_R T)\omega^2 + T_R^2 T^2 \omega^4}$

Để điều kiện (*) thỏa mãn trong dải tần số càng rộng càng tốt, ta có thể chọn T_R sao cho :

$$T_R^2 - 2KT_R T = 0 \Leftrightarrow T_R = \frac{T_i}{K_p} = 2KT$$

3.1.2 Hệ hở là khâu quán tính bậc 2

- Hệ hở :
$$W_h(p) = \frac{K}{(1+T_1p)(1+T_2p)}$$

- Bộ điều khiển
$$W_c(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right)$$

- Trước tiên chọn $T_1 = T_1$ để bù mẫu số $(T_1p + 1)$. Thực hiện tương tự phần còn lại, ta sẽ được :

$$T_R = \frac{T_i}{K_p} = 2KT_2 \Rightarrow K_p = \frac{T_1}{2KT_2}$$

3.1.3 Hệ hở là khâu quán tính bậc 3

- Hệ hở :
$$W_h(p) = \frac{K}{(1+T_1p)(1+T_2p)(1+T_3p)}$$

- Bộ điều khiển
$$W_c(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right) = \frac{(1+T_1'p)(1+T_2'p)}{T_R p}$$
 với $T_R(p) = \frac{T_i}{K_p}$

trong đó :
$$T_1' + T_2' = T_i$$

$$T_1' T_2' = T_i T_d$$

- Đầu tiên, ta chọn $T_1' = T_1; T_2' = T_2$

Sau đó đơn giản các biểu thức và thực hiện như trên, ta được $K_p = \frac{T_1 + T_2}{2KT_3}$.

3.2 Phương pháp tối ưu đối xứng

- Nhược điểm của tổng hợp tối ưu modul ở trên là hệ hở phải ổn định, hàm quá độ h(t) có dạng tiếp xúc với trục hoành tại gốc 0.

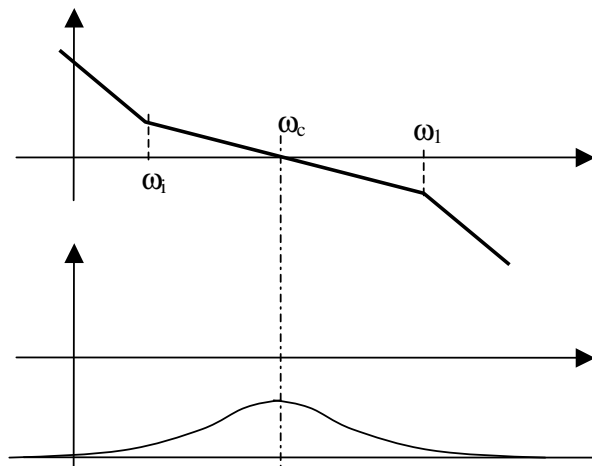
- Xét hệ kín phân hồi -1, ta có :

$$W_k' = \frac{W_h'}{1+W_h'} \Rightarrow W_h' = \frac{W_k'}{1-W_k'}$$

- Từ phương pháp tối ưu modul, thay vì để $|W_k'(j\omega)| \approx 1$, ta phải xác định bộ điều khiển sao cho

$$|W_h'(j\omega)| \gg 1 \tag{**}$$

- Đặc tính tần số logarit mong muốn là :



Đặc tính xây dựng có 3 phần

+ Tần số thấp : L cực lớn để sai lệch tĩnh bằng 0

+ Vùng tần số trung bình : liên quan trực tiếp đến chất lượng của hệ kín. Vùng này mang tính chất đối xứng

+ Vùng tần số cao : L cực bé để giảm ảnh hưởng của nhiễu.

- Để có được đặc tính mong muốn như trên, hệ hở với bộ điều khiển có đặc tính là :

$$W_h'(p) = \frac{K_h(1+T_i p)}{p^2(1+T_1 p)}$$

3.2.1 Đối tượng là khâu tích phân - quán tính bậc nhất

$$W_h(p) = \frac{K}{p(1+T_1 p)}$$

$$\Rightarrow W_c(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right)$$

3.2.2 Đối tượng là khâu tích phân - quán tính bậc hai

$$W_h(p) = \frac{K}{p(1+T_1 p)(1+T_2 p)}$$

$$\Rightarrow W_c(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} + T_d p \right)$$

Chương 6

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN GIÁN ĐOẠN (Hệ xung số)

1 Khái niệm chung

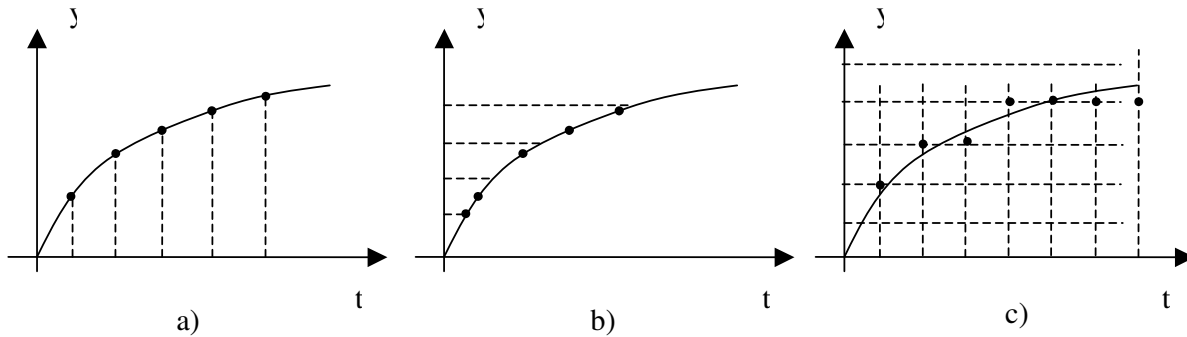
- Trong điều khiển, người ta phân thành 2 loại hệ thống : hệ liên tục và hệ không liên tục. Trong hệ không liên tục lại có 2 loại chính là : hệ gián đoạn (hệ xung số) và hệ thống với các sự kiện gián đoạn. Và đặc điểm của hệ gián đoạn là ta chỉ có thể quan sát các trạng thái của hệ thống một cách gián đoạn nhưng có chu kỳ (T).

- Nguyên nhân hình thành các hệ thống gián đoạn là :

- Sự hình thành của các bộ điều khiển số : linh hoạt, dễ dàng thay đổi và khống chế các thông số.
- Giám sát các tín hiệu bằng các thiết bị điện tử số.

- Quá trình biến đổi tín hiệu liên tục thành gián đoạn gọi là lượng tử hóa (trong kỹ thuật gọi là lấy mẫu). Có 3 hình thức lấy mẫu :

- Theo thời gian (a)
- Theo mức (b)
- Hỗn hợp (c)



2 Phép biến đổi Z

Để thuận tiện cho việc giải quyết các bài toán liên quan đến tín hiệu gián đoạn, người ta dùng phép biến đổi Z.

2.1 Định nghĩa

Giả sử $f(t)$ là hàm liên tục được lượng tử hóa bằng phương pháp thời gian với chu kỳ lấy mẫu T. Trong giải tích, hàm $f(t)$ được viết như sau :

$$f^*(t) = \sum_{i=0}^{\infty} f(iT)\delta(t-iT) \tag{6.1}$$

Trong đó :

- $f^*(t)$: là hàm liên tục đã được lấy mẫu (hàm được lượng tử hóa)
- $\delta(t-iT)$ là xung dirac tại thời điểm $t - iT$

Biến đổi laplace của hàm $f^*(t)$ như sau :

$$F^*(p) = \int_0^{\infty} f^*(t)e^{-pt} dt = \int_0^{\infty} \left[\sum_{i=0}^{\infty} f(iT)\delta(t-iT) \right] e^{-pt} dt = \sum_{i=0}^{\infty} \int_0^{\infty} f(iT)\delta(t-iT)e^{-pt} dt$$

$$\Rightarrow F^*(p) = \sum_{i=0}^{\infty} f(iT)e^{-ipT} \tag{6.2}$$

Đặt $z = e^{pT}$ (6.3)

Từ (6.2) và (6.3), ta có :

$$F(z) = \sum_{i=0}^{\infty} f(iT)z^{-i} \quad (6.4)$$

$F(z)$ được gọi là biến đổi Z của hàm gián đoạn $f(iT)$. Ký hiệu là :

$$F(z) = \mathbf{Z}\{f(iT)\}$$

Hay $f(iT) = \mathbf{Z}^{-1}\{F(z)\}$

Nhận xét :

- Biến đổi Z là dạng biến đổi laplace.
- Chỉ có biến đổi Z của hàm gián đoạn chứ không có biến đổi Z của hàm liên tục.

Ví dụ : Cho hàm $f(t) = e^{-at}$. Tìm biến đổi Z của hàm $f(iT)$.

Giải

Ta có $f(t) = e^{-at}$ nên $f(iT) = e^{-aiT}$.

Theo định nghĩa

$$F(z) = \sum_{i=0}^{\infty} f(iT)z^{-i} = 1 + e^{-aT}z^{-1} + e^{-2aT}z^{-2} + \dots$$

$$F(z) = \frac{1}{1 - e^{-aT}z^{-1}} = \frac{z}{z - e^{-aT}}$$

với điều kiện $e^{-aT}z^{-1} < 1$.

Một số sách để đơn giản trong cách viết, người ta bỏ thời gian lấy mẫu T, nghĩa là:

$$F(z) = \mathbf{Z}\{f(i)\} = \frac{z}{z - e^{-a}}$$

2.2 Một số tính chất của biến đổi Z

- Tính tuyến tính

$$\mathbf{Z}\{af_1(iT) + bf_2(iT)\} = aF_1(z) + bF_2(z)$$

- Tính dịch chuyển hàm gốc

$$\mathbf{Z}\{f(i+1)T\} = zF(z) - zf(0)$$

$$\mathbf{Z}\{f(i+m)T\} = z^m F(z) - \sum_{j=0}^{m-1} f(j)z^{m-j}$$

Nếu tất cả các điều kiện đầu bằng 0 thì

$$\mathbf{Z}\{f(i+m)T\} = z^m F(z)$$

- Giá trị đầu của hàm gốc

$$f(0) = \lim_{z \rightarrow \infty} F(z)$$

- Giá trị cuối của hàm gốc

$$f_{\infty} = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)F(z)$$

2.3 Biến đổi Z ngược

2.3.1 Tra bảng

Phân tích hàm $F(z)$ thành các thành phần đơn giản và thực hiện tra bảng.

2.3.2 Phương pháp chuỗi lũy thừa

Theo định nghĩa, ta có:

$$F(z) = \sum_{i=0}^{\infty} f(iT)z^{-i} = f(0) + f(T)z^{-1} + f(2T)z^{-2} + \dots$$

Do đó nếu có thể phân tích hàm $F(z)$ thành chuỗi lũy thừa có chứa các thành phần z^{-i} , ta có thể biết được $f(iT)$.

Ví dụ :

$$F(z) = \frac{z}{z^2 - 3z + 2}$$

Phân tích hàm $F(z)$ ở trên ta được :

$$F(z) = z^{-1} + 3z^{-2} + 7z^{-3} + 15z^{-4} + \dots$$

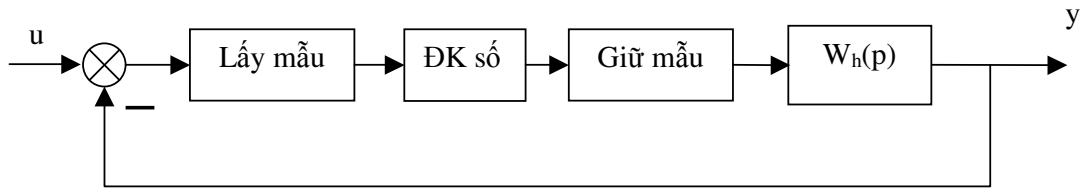
Vậy $f(iT) = 2^i - 1$.

3 Lấy mẫu và giữ mẫu

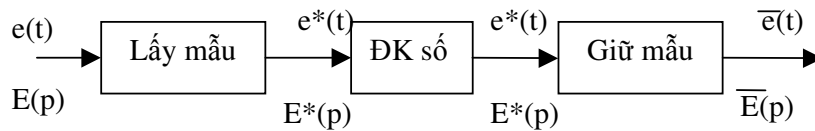
3.1 Khái niệm

Để có thể đưa bộ điều khiển số vào hệ thống, cần có quá trình lấy mẫu và giữ mẫu.

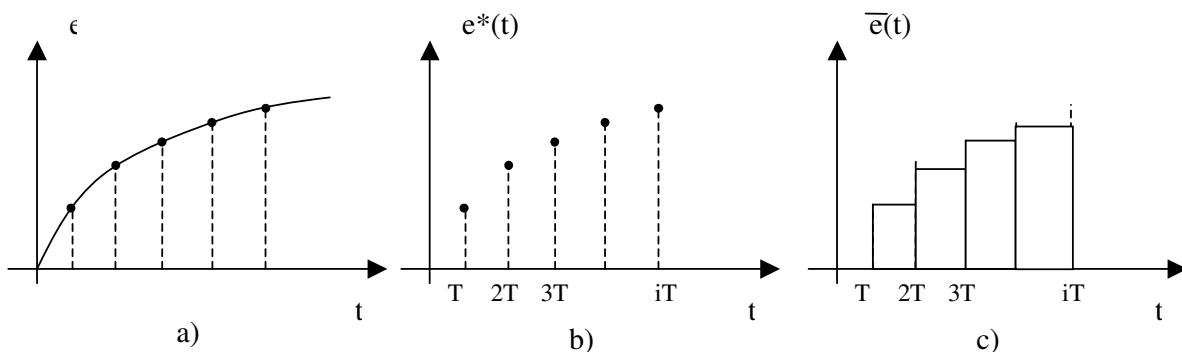
- Lấy mẫu là chuyển tín hiệu liên tục thành tín hiệu gián đoạn.
- Giữ mẫu là quá trình chuyển tín hiệu gián đoạn thành tín hiệu liên tục.



Khảo sát một quá trình lấy mẫu và giữ mẫu đơn giản như hình vẽ sau, trong đó tín hiệu gián đoạn không qua bất kỳ một khâu biến đổi nào.



Đặc điểm thời gian của các tín hiệu trên như sau :



Nhận xét :

$\bar{e}(t)$ là tín hiệu liên tục từng đoạn. Sau quá trình biến đổi (lấy mẫu và giữ mẫu), $\bar{e}(t)$ khác với $e(t)$ ban đầu. Khi tần số lấy mẫu lớn càng lớn (T bé) thì $\bar{e}(t)$ càng gần giống dạng của $e(t)$.

3.2 Lấy mẫu

Phương trình của tín hiệu $e^*(t)$ sau khi được lấy mẫu là :

$$e^*(t) = \sum_{i=0}^{\infty} e(iT)\delta(t-iT) \tag{6.5}$$

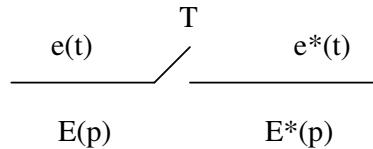
Do đó :

$$E^*(p) = \sum_{i=0}^{\infty} e(iT)e^{-ipT} \tag{6.6}$$

3.2.1 Định nghĩa

Một bộ lấy mẫu được gọi là lý tưởng nếu sau khi lấy mẫu, ảnh laplace của tín hiệu lấy mẫu có biểu thức như trong 6.6.

Sơ đồ thay thế của bộ lấy mẫu lý tưởng như sau :



Nếu biết ảnh laplace của tín hiệu cần lấy mẫu E(p), ta có thể tìm được ảnh laplace của tín hiệu đã được lấy mẫu lý tưởng theo biểu thức sau :

$$E^*(p) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} E\left(p + jn \frac{2\pi}{T}\right) + \frac{e(0)}{2} \tag{6.7}$$

Ghi chú : có khả năng nhiều tín hiệu khác nhau sau khi được lấy mẫu sẽ có phương trình toán học như nhau.

3.2.2 Định lý lấy mẫu (định lý Shannon)

Một tín hiệu liên tục theo thời gian e(t) chỉ có thể phục hồi sau quá trình lấy mẫu nếu thỏa mãn điều kiện :

$$f \geq 2f_{max} \tag{6.8}$$

Trong đó :

- f là tần số lấy mẫu (f = 1/T)
- f_{max} là tần số cực đại của tín hiệu cần lấy mẫu

3.2.3 Tính chất của tín hiệu E*(p)

Tính chất 1

Hàm E*(p) tuần hoàn trong mặt phẳng p với chu kỳ jω_p trong đó ω_p = $\frac{2\pi}{T}$ (T là chu kỳ lấy mẫu)

Tính chất 2

Nếu E(p) có một cực tại p = p₁ thì E*(p) phải có cực tại p = p₁ + jω_p với m = 0, ±1, ±2,...

3.3 Giữ mẫu

3.3.1 Bộ giữ mẫu bậc 0

Đặc điểm của bộ giữ mẫu bậc 0 là tín hiệu được giữ mẫu không đổi giữa 2 lần lấy mẫu và bằng giá trị của lần giữ mẫu trước đó (xem hình vẽ trên)

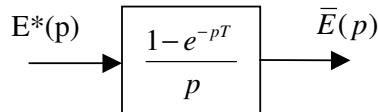
$$\bar{e}(t) = e(0)[1(t) - 1(t-T)] + e(T)[1(t-T) - 1(t-2T)] + \dots$$

$$\begin{aligned} \bar{E}(p) &= e(0) \left[\frac{1}{p} - \frac{1}{p} e^{-pT} \right] + e(T) \left[\frac{1}{p} e^{-pT} - \frac{1}{p} e^{-2pT} \right] + \dots \\ \Rightarrow &= \left[\frac{1 - e^{-pT}}{p} \right] \left[e(0) + e(T)e^{-pT} + e(2T)e^{-2pT} + \dots \right] \\ &= \left[\frac{1 - e^{-pT}}{p} \right] \sum_{i=0}^{\infty} e(iT)e^{-ipT} \end{aligned}$$

Kết hợp với 6.6, ta được

$$\bar{E}(p) = \left[\frac{1 - e^{-pT}}{p} \right] E^*(p) \tag{6.8}$$

Như vậy, mô tả toán học của bộ giữ mẫu bậc 0 (Zero Order Hold) là :



Hàm truyền đạt của bộ giữ mẫu bậc 0 là :

$$W_{ZOH}(p) = \frac{1 - e^{-pT}}{p} \tag{6.9}$$

3.3.2 Bộ giữ mẫu bậc 1

Tín hiệu giữ mẫu giữa 2 lần lấy mẫu liên tiếp nT và $(n+1)T$ là

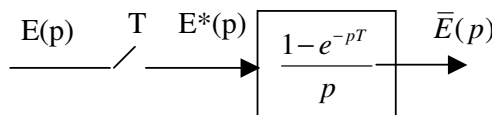
$$e_n(t) = e(nT) + e'(nT)(t - nT), \quad nT \leq t < (n+1)T$$

với
$$e'(nT) = \frac{e(nT) - e[(n-1)T]}{T}$$

Chứng minh tương tự, ta tìm được hàm truyền đạt của bộ giữ mẫu bậc nhất (First Order Hold) là :

$$W_{FOH}(p) = \left(\frac{1 + pT}{T} \right) \left(\frac{1 - e^{-pT}}{p} \right)^2$$

Như vậy, sơ đồ thay thế của bộ lấy mẫu và giữ mẫu là :



Chú ý : Bộ lấy mẫu và giữ mẫu trong sơ đồ trên không thể là mô hình toán học cho một thiết bị cụ thể nào trong thực tế. Tuy nhiên, sự kết hợp giữa bộ lấy mẫu và giữ mẫu lại là mô hình chính xác của bộ chuyển đổi ADC và DAC.

4 Hàm truyền đạt hệ gián đoạn

Định nghĩa

Hàm truyền đạt hệ gián đoạn, ký hiệu là $W(z)$, là tỉ số giữa tín hiệu ra với tín hiệu vào dưới dạng toán tử z .

$$W(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} \tag{6.10}$$

4.1 Xác định hàm truyền đạt $W(z)$ từ hàm truyền đạt hệ liên tục

4.1.1 Mối liên hệ giữa $E^*(p)$ và $E(z)$

Theo công thức (6.6), ta có ảnh laplace của tín hiệu liên tục $e(t)$ sau khi được lượng tử hóa là :

$$E^*(p) = \sum_{i=0}^{\infty} e(iT)e^{-ipT}$$

Cũng tín hiệu liên tục e(t), sau khi được lượng tử hóa và thực hiện biến đổi Z, theo công thức (6.4), ta có :

$$E(z) = \sum_{i=0}^{\infty} e(iT)z^{-i}$$

Từ 2 công thức ở trên, có thể thấy rằng :

$$E(z) = E^*(p) \Big|_{e^{pT}=z} \tag{6.11}$$

$$E^*(p) = E(z) \Big|_{z=e^{pT}} \tag{6.12}$$

Ví dụ : Cho một tín hiệu liên tục có ảnh laplace là :

$$E(p) = \frac{1}{(p+1)(p+2)}$$

Tìm ảnh E*(p) và E(z).

Giải

Ta có:

$$E(p) = \frac{1}{(p+1)} - \frac{1}{(p+2)}$$

Tra bảng có sẵn, ta có :

$$E(z) = \frac{z}{(z-e^{-T})} - \frac{z}{(z-e^{-2T})} = \frac{z(e^{-T} - e^{-2T})}{(z-e^{-T})(z-e^{-2T})}$$

$$\Rightarrow E^*(p) = \frac{e^{pT}(e^{-T} - e^{-2T})}{(e^{pT} - e^{-T})(e^{pT} - e^{-2T})}$$

Chú ý : chúng ta sẽ dùng ký hiệu sau để biểu diễn ảnh laplace của tín hiệu được lượng tử hóa

$$E^*(p) = \{E(p)\}^* \tag{6.13}$$

Tính chất của phép biến đổi *(p)

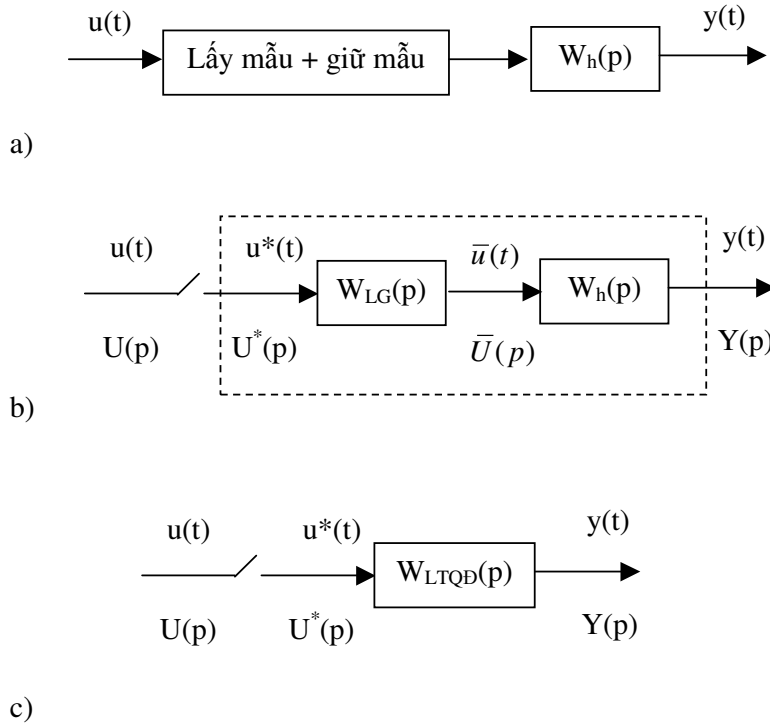
Nếu ta có quan hệ

$$F(p) = H(p).E^*(p) \tag{6.14}$$

thì $F^*(p) = H^*(p).E^*(p) \tag{6.15}$

4.1.2 Hàm truyền đạt hệ hở

Xét một hệ hở gián đoạn có sơ đồ khối như hình vẽ



Hàm truyền đạt phân liên tục quy đổi là :

$$W_{LTQD}(p) = W_{LG}(p)W_h(p)$$

Tín hiệu ra là :

$$Y(p) = W_{LTQD}(p)U^*(p) = W_{LG}(p)W_h(p)U^*(p)$$

Thực hiện biến đổi *(p) 2 vế phương trình trên, ta được

$$Y^*(p) = \{W_{LG}(p)W_h(p)\}^* U^*(p)$$

Biết rằng biến đổi *(p) và biến đổi Z là tương đương, do đó :

$$Y(z) = Z\{W_{LG}(p)W_h(p)\}U(z)$$

Hàm truyền đạt hệ gián đoạn hở vì vậy được tính :

$$W_h(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = Z\{W_{LG}(p)W_h(p)\} \tag{6.16}$$

Trường hợp bộ giữ mẫu là bậc 0, $W_{LG}(p) = \frac{1-e^{-pT}}{p}$, ta có :

$$W_h(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = Z\left\{\frac{1-e^{-pT}}{p}W_h(p)\right\} = \frac{z-1}{z}Z\left\{\frac{W_h(p)}{p}\right\} \tag{6.17}$$

Ví dụ : Tìm hàm truyền đạt hệ gián đoạn hở biết $W_h(p) = \frac{1}{p+1}$ và bộ giữ mẫu là bậc 0. Giả sử tín

hiệu vào là $u(t) = 1(t)$. Tìm phương trình của tín hiệu ra.

Giải

Áp dụng công thức trên, ta có :

$$W_h(z) = \frac{z-1}{z}Z\left\{\frac{1}{p(p+1)}\right\} = \frac{1-e^{-T}}{z-e^{-T}}$$

$$u(t) = 1(t) \Rightarrow U(z) = \frac{z}{z-1}$$

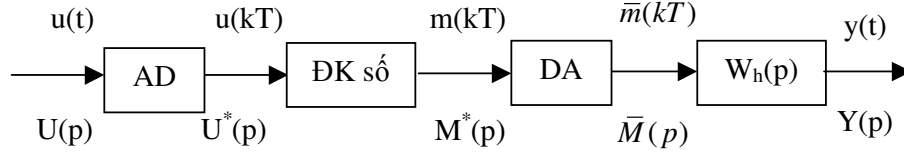
$$Y(z) = W_h(z)U(z) = \frac{z(1-e^{-T})}{(z-1)(z-e^{-T})} = \frac{z}{z-1} - \frac{e^{-T}}{(z-e^{-T})}$$

Biến đổi Z^{-1} , ta được
 $y(iT) = 1 - e^{-iT}$

Chú ý : Với hệ thống gián đoạn, ta chỉ có thể biết được giá trị của tín hiệu ở ngõ ra tại những thời điểm lấy mẫu. Ở giữa các khoảng lấy mẫu, ta không thể biết được giá trị chính xác của tín hiệu.

4.1.3 Hệ hở có bộ điều khiển số

Xét hệ hở có bộ điều khiển số như sau :



Trong đó bộ điều khiển số có hàm truyền là :

$$W_c(z) = \frac{M(z)}{U(z)} \text{ hay } M(z) = W_c(z)U(z)$$

Ta có :

$$Y(p) = W_h(p) \cdot \bar{M}(p) = W_h(p) \cdot W_{LG}(p) M^*(p)$$

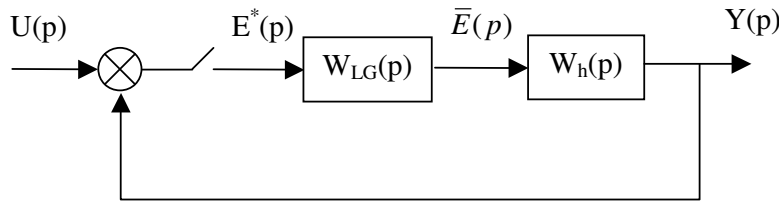
$$\Rightarrow Y^*(p) = \{W_h(p) \cdot W_{LG}(p)\}^* \cdot M^*(p) = \{W_h(p) \cdot W_{LG}(p)\}^* \cdot W_c^*(p) \cdot U^*(p)$$

$$\Rightarrow Y(z) = Z\{W_h(p) \cdot W_{LG}(p)\} \cdot W_c(z) \cdot U(z)$$

$$\Rightarrow W(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = Z\{W_h(p) \cdot W_{LG}(p)\} \cdot W_c(z)$$

4.1.4 Hệ kín

Xét hệ kín gián đoạn có sơ đồ khối như sau :



Ta có :

$$Y(p) = W_h(p) \cdot \bar{E}(p) = W_h(p) \cdot W_{LG}(p) \cdot E^*(p) = W_{LTQD}(p) \cdot E^*(p)$$

$$\Rightarrow Y^*(p) = \{W_{LTQD}(p)\}^* \cdot E^*(p)$$

Mặt khác :

$$E(p) = U(p) - Y(p) \Rightarrow E^*(p) = U^*(p) - Y^*(p)$$

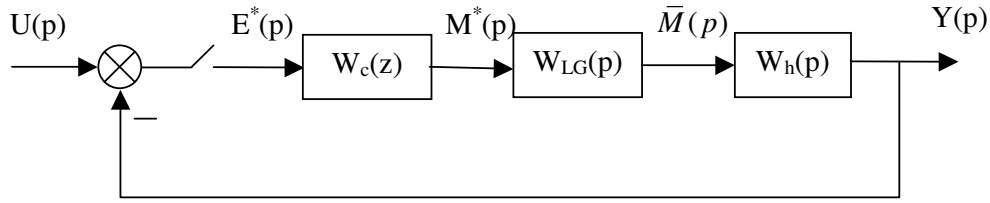
$$\Rightarrow Y^*(p) = \{W_{LTQD}(p)\}^* [U^*(p) - Y^*(p)]$$

$$\Rightarrow Y^*(p) = \frac{\{W_{LTQD}(p)\}^*}{1 + \{W_{LTQD}(p)\}^*} U^*(p)$$

hay
$$Y(z) = \frac{Z\{W_{LTQD}(p)\}}{1 + Z\{W_{LTQD}(p)\}} U(z)$$

$$\Rightarrow W_k(z) = \frac{W_h(z)}{1 + W_h(z)}$$

4.1.5 Hệ kín có bộ điều khiển số

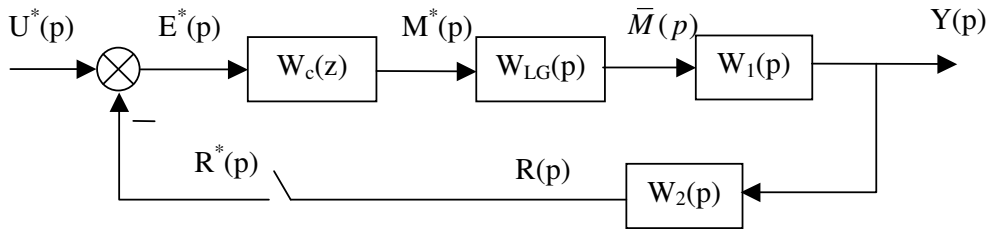
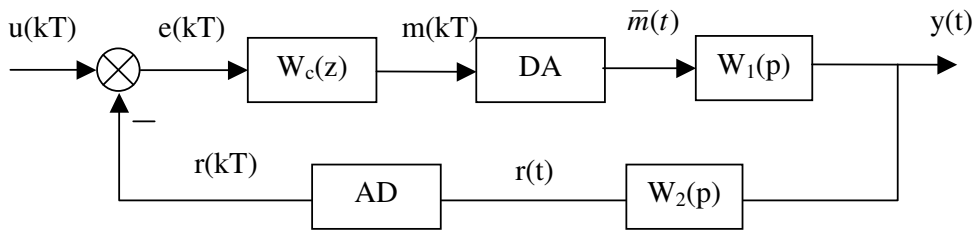


Chứng minh tương tự, ta được :

$$W_k(z) = \frac{W_h(z)W_c(z)}{1 + W_h(z).W_c(z)} \quad \text{với} \quad W_h(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = Z\{W_{LG}(p)W_h(p)\}$$

4.1.6 Hệ gián đoạn điều khiển từ máy tính

Sơ đồ khối của hệ thống như sau :



Ta có :

$$Y(p) = W_1(p)\bar{M}(p) = W_{LG}(p).W_1(p).M^*(p)$$

$$\Rightarrow Y^*(p) = \{W_{LG}(p).W_1(p)\}^* .M^*(p) \text{ hay } Y(z) = Z\{W_{LG}(p).W_1(p)\}.M(z)$$

Theo sơ đồ thì :

$$M^*(p) = W_c^*(p)E^*(p) = W_c^*(p)[U^*(p) - R^*(p)]$$

hay $M(z) = W_c(z)[U(z) - R(z)]$

Ngoài ra do :

$$R(p) = W_2(p).Y(p) = W_{LG}(p).W_1(p).W_2(p).M^*(p)$$

nên $R(z) = Z\{W_{LG}(p).W_1(p).W_2(p)\}M(z)$

Suy ra $M(z) = W_c(z)[U(z) - Z\{W_{LG}(p).W_1(p).W_2(p)\}M(z)]$

Hay $M(z) = \frac{W_c(z).U(z)}{1 + W_c(z).Z\{W_{LG}(p).W_1(p).W_2(p)\}}$

Thay vào công thức của Y(z), ta được :

$$Y(z) = \frac{W_c(z) \cdot Z\{W_{LG}(p) \cdot W_1(p)\}}{1 + W_c(z) \cdot Z\{W_{LG}(p) \cdot W_1(p) \cdot W_2(p)\}} U(z)$$

Hay
$$W(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{W_c(z) \cdot Z\{W_{LG}(p) \cdot W_1(p)\}}{1 + W_c(z) \cdot Z\{W_{LG}(p) \cdot W_1(p) \cdot W_2(p)\}}$$

Ví dụ :

Cho hệ điều khiển gián đoạn kín phản hồi -1 trong đó $W_c(z) = \frac{2z-1}{z}$ và $W_p(z) = \frac{1}{p+1}$. Tìm hàm truyền đạt của hệ thống.

4.2 Xác định hàm truyền đạt từ phương trình sai phân

Một hệ thống gián đoạn có thể được cho dưới dạng phương trình sai phân tổng quát như sau :

$$a_n y[(i+n)T] + \dots + a_1 y[(i+1)T] + a_0 y(iT) = b_m u[(i+m)T] + \dots + b_1 u[(i+1)T] + b_0 u(iT)$$

Giả sử các điều kiện đầu bằng 0. Thực hiện biến đổi Z cho cả 2 vế phương trình trên, ta được :

$$(a_n z^n + \dots + a_1 z + a_0) Y(z) = (b_m z^m + \dots + b_1 z + b_0) U(z)$$

Vậy hàm truyền đạt là :

$$W(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{b_m z^m + \dots + b_1 z + b_0}{a_n z^n + \dots + a_1 z + a_0}$$

5 Tính ổn định của hệ gián đoạn

5.1 Mối liên hệ giữa mặt phẳng p và mặt phẳng z

- Nhắc lại : $z = e^{pT}$

- Ứng với một điểm $p = \alpha + j\beta$ trong mặt phẳng p sẽ có điểm $z = e^{(\alpha + j\beta)T} = e^{\alpha T} (\cos \beta T + j \sin \beta T)$ trong mặt phẳng z.

- Do $|z| = e^{\alpha T}$ nên khi $\alpha < 0$ thì $|z| < 1$

Kết luận : Một hệ thống gián đoạn ổn định khi và chỉ khi tất cả các nghiệm của phương trình đặc tính có môđun nhỏ hơn 1.

5.2 Phép biến đổi tương đương

Để có thể sử dụng các tiêu chuẩn ổn định trong mặt phẳng p, người ta sử dụng phép biến đổi tương đương như sau :

$$z = \frac{v+1}{v-1}$$

- Với $|z| < 1 \Rightarrow \text{real}(v) < 0$

- Với $|z| = 1 \Rightarrow \text{real}(v) = 0$

- Với $|z| > 1 \Rightarrow \text{real}(v) > 0$

Sau khi chuyển sang mặt phẳng v, ta có thể sử dụng các tiêu chuẩn ổn định của hệ tuyến tính để xét tính ổn định của hệ liên tục tương đương.

Phụ lục

CONTROL SYSTEM TOOLBOX & SIMULINK TRONG MATLAB*Ứng dụng để phân tích, thiết kế và mô phỏng các hệ thống tuyến tính***GIỚI THIỆU**

MATLAB, tên viết tắt của từ tiếng Anh **MAT**rix **LAB**oratory, là một môi trường mạnh dành cho các tính toán khoa học. Nó tích hợp các phép tính ma trận và phân tích số dựa trên các hàm cơ bản. Hơn nữa, cấu trúc đồ họa hướng đối tượng của Matlab cho phép tạo ra các hình vẽ chất lượng cao. Ngày nay, Matlab trở thành một ngôn ngữ « chuẩn » được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành và nhiều quốc gia trên thế giới.

Về mặt cấu trúc, Matlab gồm một cửa sổ chính và rất nhiều hàm viết sẵn khác nhau. Các hàm trên cùng lĩnh vực ứng dụng được xếp chung vào một thư viện, điều này giúp người sử dụng dễ dàng tìm được hàm cần quan tâm. Có thể kể ra một số thư viện trong Matlab như sau :

- Control System (dành cho điều khiển tự động)
- Financial Toolbox (lĩnh vực kinh tế)
- Fuzzy Logic (điều khiển mờ)
- Signal Processing (xử lý tín hiệu)
- Statistics (toán học và thống kê)
- Symbolic (tính toán theo biểu thức)
- System Identification (nhận dạng)
- ...

Một tính chất rất mạnh của Matlab là nó có thể liên kết với các ngôn ngữ khác. Matlab có thể gọi các hàm viết bằng ngôn ngữ Fortran, C hay C++, và ngược lại các hàm viết trong Matlab có thể được gọi từ các ngôn ngữ này...

Các bạn có thể xem phần Help trong Matlab để tham khảo cách sử dụng và ví dụ của từng lệnh, hoặc download (miễn phí) các file help dạng *.pdf tại trang Web của Matlab ở địa chỉ <http://www.mathworks.com>

1 Control System Toolbox

Control System Toolbox là một thư viện của Matlab dùng trong lĩnh vực điều khiển tự động. Cùng với các lệnh của Matlab, tập lệnh của Control System Toolbox sẽ giúp ta thiết kế, phân tích và đánh giá các chỉ tiêu chất lượng của một hệ thống tuyến tính.

1.1 Định nghĩa một hệ thống tuyến tính**1.1.1 Định nghĩa bằng hàm truyền****Hệ thống một tín hiệu vào/ra**

Câu lệnh: `sys=tf(num,den,T)`

- *num*: vectơ chứa các hệ số của đa thức ở tử số, bậc từ cao đến thấp theo toán tử Laplace (hệ liên tục) hoặc theo toán tử *z* (hệ gián đoạn)
- *den*: vectơ chứa các hệ số của đa thức ở mẫu số, bậc từ cao đến thấp
- *T*: chu kỳ lấy mẫu, chỉ dùng cho hệ gián đoạn (tính bằng *s*)

Ví dụ:

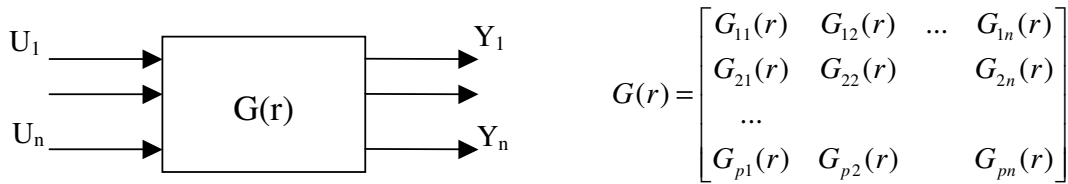
Định nghĩa một hàm truyền trong Matlab

$$F(p) = 3 \frac{p+2}{p^2+2p+4} \quad \text{num}=3*[1 \ 2]; \text{den}=[1 \ 2 \ 4]; \text{sys1}=\text{tf}(\text{num}, \text{den});$$

$$F(z) = 2,1 * \frac{z-0,6}{z^2-0,56z+0,4} \quad \text{num}=2.1*[1 \ -0.6]; \text{den}=[1 \ -0.56];$$

$$T=0.5; \text{sys2}=\text{tf}(\text{num}, \text{den}, T)$$

Hệ thống nhiều tín hiệu vào/ra



Câu lệnh :

$$G11=\text{tf}(\text{num11}, \text{den11}, T); G12=\text{tf}(\text{num12}, \text{den12}, T); \dots; G1n=\text{tf}(\text{num1n}, \text{den1n}, T); \\ G21=\text{tf}(\text{num21}, \text{den21}, T); G22=\text{tf}(\text{num22}, \text{den22}, T); \dots; G2n=\text{tf}(\text{num2n}, \text{den2n}, T);$$

$$Gp1=\text{tf}(\text{nump1}, \text{denp1}, T); G12=\text{tf}(\text{nump2}, \text{denp2}, T); \dots; Gpn=\text{tf}(\text{numpn}, \text{denpn}, T); \\ \text{sys}=[G11, G12, \dots, G1n; G21; G22; \dots; G2n; \dots; Gp1, Gp2, \dots, Gpn];$$

1.1.2 Định nghĩa bằng zero và cực

Hệ thống một tín hiệu vào/ra

Câu lệnh: $\text{sys}=\text{zpk}(Z, P, K, T)$

- Z, P là các vectơ hàng chứa danh sách các điểm zero và cực của hệ thống.
- K là hệ số khuếch đại

Chú ý: nếu hệ thống không có điểm zero (cực) thì ta đặt là []

Ví dụ:

$$F(p) = \frac{p+2}{p(p+5)} \quad Z=-2; P=[0 \ -5]; K=1; \text{sys}=\text{zpk}(Z, P, K);$$

Hệ thống nhiều tín hiệu vào/ra

Câu lệnh :

$$G11=\text{zpk}(Z11, P11, T); G12=\text{zpk}(Z12, P12, T); \dots; G1n=\text{zpk}(Z1n, P1n, T); \\ G21=\text{zpk}(Z21, P21, T); G22=\text{zpk}(Z22, P22, T); \dots; G2n=\text{zpk}(Z2n, P2n, T);$$

$$Gp1=\text{zpk}(Zp1, Pp1, T); G12=\text{zpk}(Zp2, Pp2, T); \dots; Gpn=\text{zpk}(Zpn, Ppn, T); \\ \text{sys}=[G11, G12, \dots, G1n; G21; G22; \dots; G2n; \dots; Gp1, Gp2, \dots, Gpn];$$

1.1.3 Phương trình trạng thái

Câu lệnh: $\text{sys}=\text{ss}(A, B, C, D, T)$

- A, B, C, D là các ma trận trạng thái định nghĩa hệ thống
- T là chu kỳ lấy mẫu.

Chuyển đổi giữa các dạng biểu diễn

- Chuyển từ phương trình trạng thái sang hàm truyền
 $[\text{num}, \text{den}] = \text{ss2tf}(A, B, C, D)$
- Chuyển từ dạng zero/cực sang hàm truyền
 $[\text{num}, \text{den}] = \text{zp2tf}(Z, P, K)$
- Chuyển từ hàm truyền sang phương trình trạng thái
 $[A, B, C, D] = \text{tf2ss}(\text{num}, \text{den})$

1.1.4 Chuyển đổi giữa hệ liên tục và gián đoạn

Số hóa một hệ thống liên tục

Câu lệnh: `sys_dis=c2d(sys,T,method)`

- `sys`, `sys_dis` hệ thống liên tục và hệ thống gián đoạn tương ứng
- `Ts` thời gian lấy mẫu
- `method` phương pháp lấy mẫu: 'zoh' lấy mẫu bậc 0, 'foh' lấy mẫu bậc 1, 'tustin' phương pháp Tustin...

Ví dụ: chuyển một khâu liên tục có hàm truyền $G(p) = \frac{2}{0.5p+1}$ sang khâu gián đoạn bằng phương

pháp giữ mẫu bậc 0, chu kỳ lấy mẫu $T=0.01s$

`num=2`

`den=[0.5 1]`

`sysc=tf(num,den)`

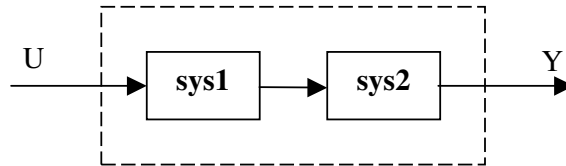
`sysd=c2d(sysc,0.01,'zoh')`

Hệ liên tục tương đương của một hệ thống gián đoạn

Câu lệnh: `sys=d2c(sys_dis,method)`

1.2 Biến đổi sơ đồ tương đương

1.2.1 Mắc nối tiếp



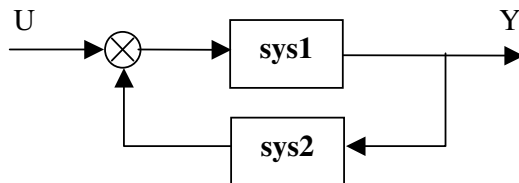
Câu lệnh: `sys=series(sys1,sys2)`

1.2.2 Mắc song song

Câu lệnh: `sys=parallel(sys1,sys2)`

1.2.3 Mắc phản hồi

Câu lệnh: `sys=feedback(sys1,sys2,sign)`



$sign = +1$ nếu phản hồi dương và $sign=-1$ (hoặc không có $sign$) nếu phản hồi âm.

1.3 Phân tích hệ thống

1.3.1 Trong miền thời gian

Hàm quá độ $h(t)$

Câu lệnh: `step(sys)`

Vẽ hàm quá độ của hệ thống tuyến tính sys . Khoảng thời gian vẽ và bước thời gian do Matlab tự chọn.

Một số trường hợp khác

- `step(sys,t_end)`: vẽ hàm quá độ từ thời điểm $t=0$ đến thời điểm t_{end} .
- `step(sys,T)`: vẽ hàm quá độ trong khoảng thời gian T . T được định nghĩa như sau $T=Ti:dt:Tf$. Đối với hệ liên tục, dt là bước vẽ, đối với hệ gián đoạn, $dt=Ts$ là chu kỳ lấy mẫu.
- `step(sys1,sys2,sys3,...)`: vẽ hàm $h(t)$ cho nhiều hệ thống đồng thời.
- `[y,t]=step(sys)`: tính đáp ứng $h(t)$ và lưu vào các biến y và t tương ứng

Hàm trọng lượng $\omega(t)$

Câu lệnh: `impulse(sys)`

1.3.2 Trong miền tần số

Đặc tính bode

Câu lệnh: `bode(sys)`

Vẽ đặc tính tần số Bode của hệ thống tuyến tính sys . Dải tần số vẽ do Matlab tự chọn.

Một số trường hợp khác

- `bode(sys,{w_start,w_end})`: vẽ đặc tính bode từ tần số w_{start} đến tần số w_{end} .
- `bode(sys,w)` vẽ đặc tính bode theo vectơ tần số w . Vectơ tần số w được định nghĩa bằng hàm `logspace`. Ví dụ: `w=logspace(-2,2,100)` định nghĩa vectơ w gồm 100 điểm, từ tần số 10^{-2} đến 10^2 .
- `bode(sys1,sys2,sys3,...)` vẽ đặc tính bode của nhiều hệ thống đồng thời.
- `[mag,phi,w]=bode(sys,...)` lưu tất cả các điểm tính toán của đặc tính bode vào vectơ mag , phi ứng với tần số w tương ứng.

Chú ý: Đối với hệ thống gián đoạn, dải tần số để vẽ phải thỏa mãn định lý Shannon.

Đặc tính Nyquist

Câu lệnh: `nyquist(sys)`
`nyquist(sys,{w_start,w_end})`
`nyquist(sys,w)`
`nyquist(sys1,sys2,sys3,...,w)`
`[real,ima,w]=nyquist(sys,...)`

Đặc tính Nichols

Câu lệnh: `nichols(sys)`
`nichols(sys,{w_start,w_end})`
`nichols(sys,w)`
`nichols(sys1,sys2,sys3,...,w)`
`[mag,phi,w]=nichols(sys,...)`

Tính toán $|G(\omega)|$, $\arg[G(\omega)]$ và vẽ trong mặt phẳng Black.

Ví dụ: Vẽ các đặc tính tần số của hệ thống sau

$$G(p) = \frac{\omega_0^2}{p^2 + 2\xi\omega_0 p + \omega_0^2} \quad \text{với } \omega_0=1\text{rad/s và } \xi=0,5$$

```
w0=1 ;xi=0.5 ;num=w0^2 ;den=[1 2*xi*w0^2 w0^2] ;G=tf(num,den);
w=logspace(-2,2,100) ;
bode(G,w) ; % vẽ đặc tính bode trong dải tần số w
nichols(G) ; % vẽ đặc tính nichols trong dải tần số tự chọn của Matlab
nyquist(G) ; % vẽ đặc tính nyquist
```

1.3.3 Một số hàm để phân tích

Hàm *margin*

- *margin(sys)* vẽ đặc tính *Bode* của hệ thống SISO và chỉ ra độ dự trữ biên độ, độ dự trữ pha tại các tần số tương ứng.
- *[delta_L,delta_phi,w_L,w_phi]=margin(sys)* tính và lưu độ dự trữ biên độ vào biến *delta_L* tại tần số *w_L*, lưu độ dự trữ về pha vào biến *delta_phi* tại tần số *w_phi*.

Hàm *pole*

vec_pol=pole(sys) tính các điểm cực của hệ thống và lưu vào biến *vec_pol*.

Hàm *tzero*

vec_zer=tzero(sys) tính các điểm zero của hệ thống và lưu vào biến *vec_zer*.

Hàm *pzmap*

- *[vec_pol,vec_zer]=pzmap(sys)* tính các điểm cực và zero của hệ thống và lưu vào các biến tương ứng.
- *pzmap(sys)* tính các điểm cực, zero và biểu diễn trên mặt phẳng phức.

Hàm *dcgain*

G0=dcgain(sys) tính hệ số khuếch đại tĩnh của hệ thống và lưu vào biến *G0*.

1.3.4 Một số hàm đặc biệt trong không gian trạng thái

Hàm *ctrl*

Câu lệnh: *C_com=ctrl(A,B)*
C_com=ctrl(sys)

Tính ma trận “điều khiển được” **C** của một hệ thống. Ma trận **C** được định nghĩa như sau:

$$\mathbf{C}=[\mathbf{B} \ \mathbf{A}\mathbf{B} \ \mathbf{A}^2\mathbf{B} \ \dots \ \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B}] \quad \text{với } \mathbf{A} \in \mathcal{R}^{n \times n}$$

Hàm *obsv*

Câu lệnh: *O_obs=obsv(A,C)*
O_obs=obsv(sys)

Tính ma trận “quan sát được” **O** của một hệ thống. Ma trận **O** được định nghĩa như sau: $\mathbf{O}=[\mathbf{C} \ \mathbf{C}\mathbf{A} \ \mathbf{C}\mathbf{A}^2 \ \dots \ \mathbf{C}\mathbf{A}^{n-1}]$

Hàm *ctrbf*

Câu lệnh: *[Ab,Bb,Cb,T,k]=ctrbf(A,B,C)*

Chuyển về dạng chuẩn (canonique) “điều khiển được” của một hệ thống biểu diễn dưới dạng phương trình trạng thái.

Trong đó: $\mathbf{A}_b=\mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{T}^{-1}$, $\mathbf{B}_b=\mathbf{T}\mathbf{B}$, $\mathbf{C}_b=\mathbf{C}\mathbf{T}^{-1}$, **T** là ma trận chuyển đổi.

Hàm *obsvf*

Câu lệnh: *[Ab,Bb,Cb,T,k]=obsvf(A,B,C)*

Chuyển về dạng chuẩn “quan sát được“ của một hệ thống biểu diễn dưới dạng phương trình trạng thái.

Trong đó: $A_b = TAT^{-1}$, $B_b = TB$, $C_b = CT^{-1}$, T là ma trận chuyển đổi.

1.4 Ví dụ tổng hợp

Cho một hệ thống kín phản hồi -1, trong đó hàm truyền của hệ hở là

$$G(p) = \frac{K}{p(1+\tau p)} * \frac{\omega_0^2}{p^2 + 2\xi\omega_0 p + \omega_0^2} \quad \text{với } K=1, \tau=10s, \omega_0=1\text{rad/s và } \xi=0.5$$

1. Vẽ đặc tính tần số Nyquist. Chứng tỏ rằng hệ kín không ổn định.
2. Vẽ đáp ứng quá độ của hệ kín.
3. Để hệ thống ổn định, người ta hiệu chỉnh hệ số khuếch đại $K=0.111$. Xác định tần số cắt, độ dự trữ biên độ và độ dự trữ về pha của hệ thống trong trường hợp này.
4. Xác định các thông số quá độ (thời gian quá độ lớn nhất T_{\max} , độ quá điều chỉnh lớn nhất σ_{\max}) của hệ thống đã hiệu chỉnh.

Giải

Câu 1

```
>>K=1;to=10;w0=1;xi=0.5;
>>num1=K;den1=[to 1 0];
>>num2=w0^2;den2=[1 2*xi*w0 w0^2];
>>G=tf(num1,den1)*tf(num2,den2)
```

Transfer function:

1

10 s^4 + 11 s^3 + 11 s^2 + s

```
>>w=logspace(-3,2,100); % tạo vectơ tần số để vẽ các đặc tính tần số
```

```
>>nyquist(G,w);
```

Đặc tính được biểu diễn trên hình 6.1

Để xét tính ổn định của hệ kín dùng tiêu chuẩn Nyquist, trước tiên ta xét tính ổn định của hệ hở. Nghiệm của phương trình đặc tính của hệ hở được xác định :

```
>>pole(G)
```

ans =

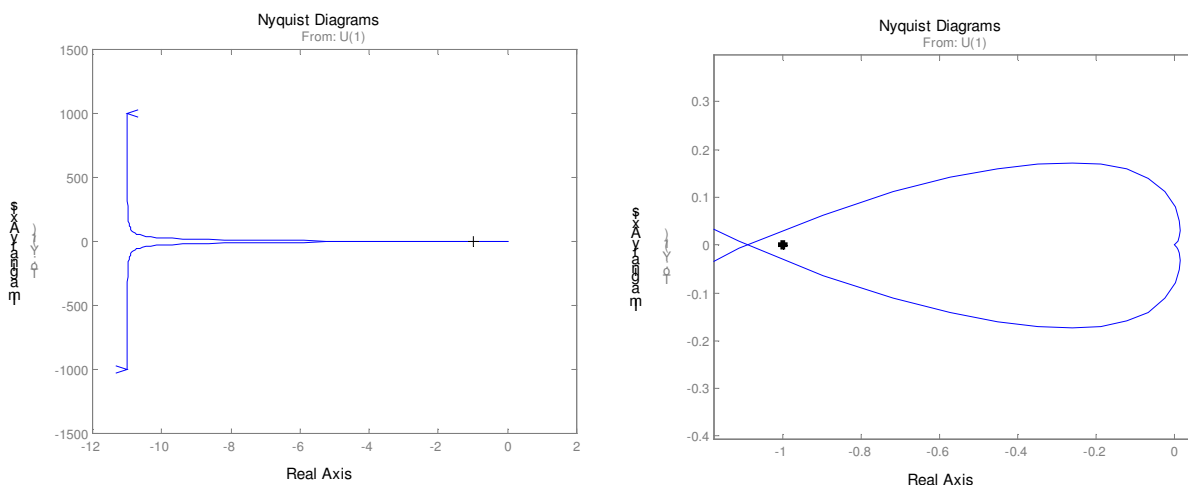
0

-0.5000 + 0.8660i

-0.5000 - 0.8660i

-0.1000

Hệ hở có 1 nghiệm bằng 0 nên ở biên giới ổn định.

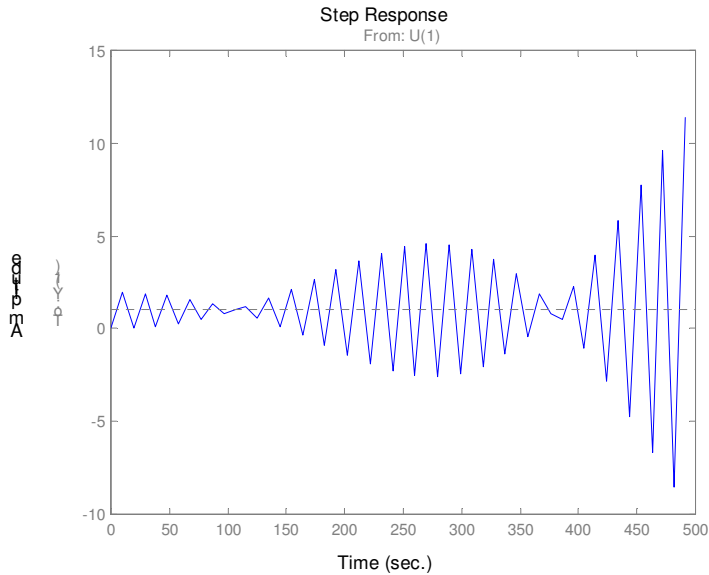


Hình 6.1 : Đặc tính tần số Nyquist của hệ hở

Quan sát đặc tính tần số Nyquist của hệ hở trên hình 6.1 (phần zoom bên phải), ta thấy đặc tính Nyquist bao điểm $(-1, j0)$, và do hệ hở ở biên giới ổn định nên theo tiêu chuẩn Nyquist, **hệ thống kín sẽ không ổn định.**

Câu 2

```
>>G_loop=feedback(G,1,-1);           % hàm truyền hệ kín
>>step(G_loop);
```



Hình 6.2 :
Đáp ứng quá độ hệ kín

Câu 3

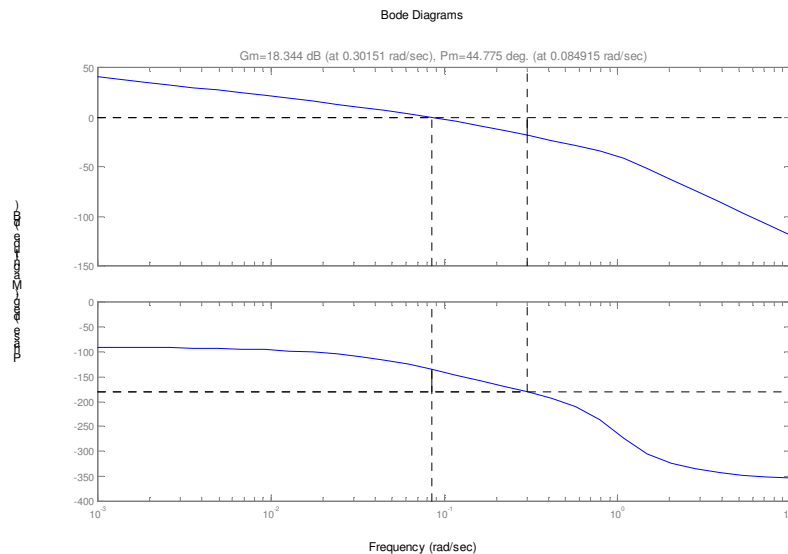
```
>>K=0.111 ;num1=K ;                 % thay đổi hệ số khuếch đại K
>>GK=tf(num1,den1)*tf(num2,den2)
Transfer function:
0.111
```

 $10 s^4 + 11 s^3 + 11 s^2 + s$

```
>>margin(GK)
```

Đặc tính tần số Bode của hệ hở đã hiệu chỉnh được biểu diễn trên hình 6.3. Từ đặc tính này, ta có thể xác định được

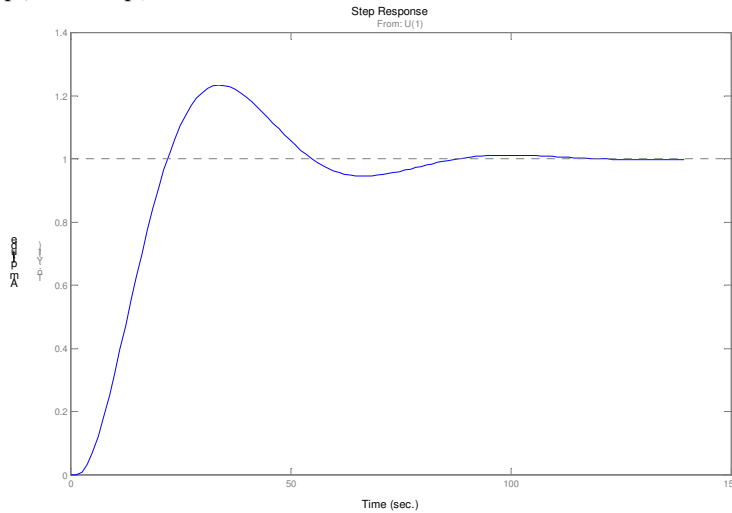
$$\Delta L=18.34\text{dB} ; \Delta\varphi = 44.78^\circ ; \omega_c=0.085\text{rad/s}$$



Hình 6.3 : Đặc tính tần số Bode của hệ hở đã hiệu chỉnh

Câu 4

```
>>GK_loop=feedback(GK,1,-1);
>>step(GK_loop);
```



hình 6.4
áp ứng quá độ hệ
tín đã hiệu chỉnh

Sử dụng con trỏ chuột và kích vào các điểm cần tìm trên đặc tính, ta xác định được

$$\sigma_{\max}=23\%; T_{\max}= 70.7s$$

2 SIMULINK

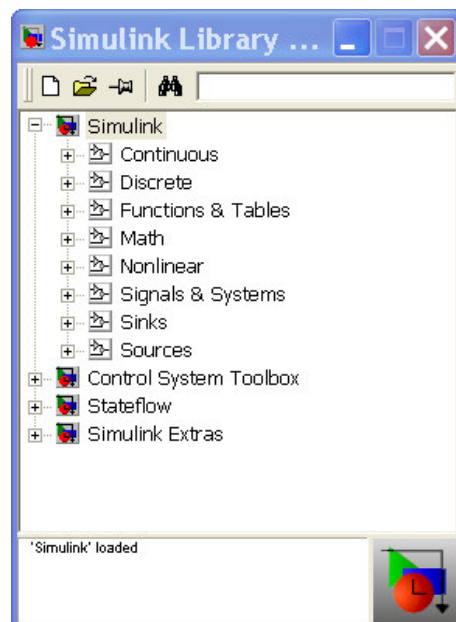
Simulink được tích hợp vào Matlab (vào khoảng đầu những năm 1990) như một công cụ để mô phỏng hệ thống, giúp người sử dụng phân tích và tổng hợp hệ thống một cách trực quan. Trong Simulink, hệ thống không được mô tả dưới dạng dòng lệnh theo kiểu truyền thống mà ở dưới dạng sơ đồ khối. Với dạng sơ đồ khối này, ta có thể quan sát các đáp ứng thời gian của hệ thống với nhiều tín hiệu vào khác nhau như : tín hiệu bậc thang, tín hiệu sinus, xung chữ nhật, tín hiệu ngẫu nhiên... bằng cách thực hiện mô phỏng. Kết quả mô phỏng có thể được xem theo thời gian thực trên các Oscilloscope trong môi trường Simulink, hay trong môi trường Matlab.

Simulink hoàn toàn tương thích với Matlab, nhưng nó là một dao diện đồ họa. Vì vậy tất cả các hàm trong Matlab đều có thể truy cập được từ Simulink, ngay cả các hàm do người sử dụng tạo ra. Ngược lại, các kết quả tìm được trong Simulink đều có thể được sử dụng và khai thác trong môi trường Matlab.

Cuối cùng, Simulink cho phép người sử dụng khả năng tạo ra một thư viện khối riêng. Ví dụ, nếu bạn muốn làm việc trong lĩnh vực điều khiển các máy điện, bạn có thể tạo ra một thư viện riêng chứa các mô hình máy điện... Như vậy, với công cụ Simulink, ta có thể tự tiến hành mô phỏng thí nghiệm, quan sát kết quả, kiểm chứng với lý thuyết trước khi tiến hành thí nghiệm trên mô hình thật.

2.1 Khởi động Simulink

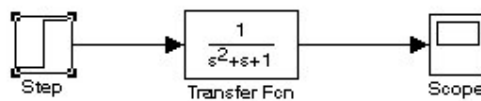
Để khởi động Simulink từ môi trường Matlab, ta gõ dòng lệnh *simulink*. Lúc này một cửa sổ như trên hình 6.5 sẽ xuất hiện, trên đó có các thư mục chính và các thư viện con của Simulink. Để bắt đầu làm việc, ta tạo cửa sổ mới bằng cách kích vào biểu tượng « New ». Có 8 thư viện chính của Simulink được phân loại như sau :



- *Continuous* : hệ thống tuyến tính và liên tục
- *Discrete* : hệ thống tuyến tính gián đoạn
- *Nonlinear* : mô hình hóa những phần tử phi tuyến như role, phần tử bão hòa...
- *Source* : các khối nguồn tín hiệu
- *Sinks* : các khối thu nhận tín hiệu
- *Function & Table* : các hàm bậc cao của Matlab
- *Math* : các khối của simulink với các hàm toán học tương ứng của Matlab
- *Signals & System* : các khối liên hệ tín hiệu, hệ thống con...

2.2 Tạo một sơ đồ đơn giản

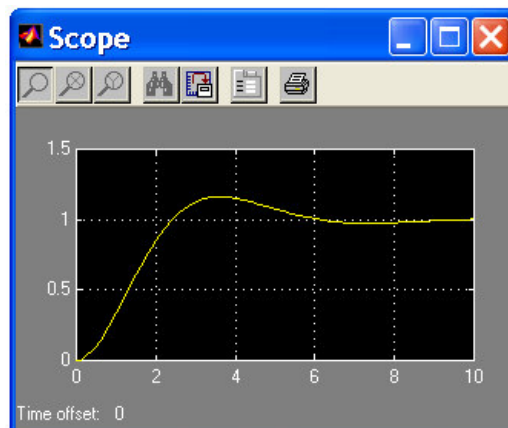
Để làm quen với Simulink, ta bắt đầu bằng một ví dụ đơn giản : phân tích hàm quá độ của một khâu bậc hai có hàm truyền $G(p) = \frac{\omega_0^2}{p^2 + 2\xi\omega_0 p + \omega_0^2}$ với $\omega_0=1\text{rad/s}$ và $\xi=0,5$. Các bước thực hiện để được sơ đồ mô phỏng như hình 6.6 như sau :



Hình 6.6 : Một sơ đồ Simulink đơn giản

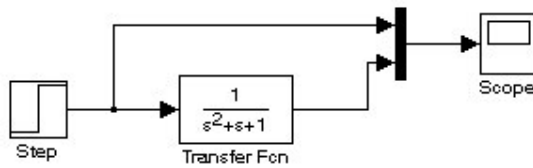
- Khởi động Simulink từ Matlab bằng dòng lệnh *simulink*
- Trong cửa sổ chính của Simulink, chọn biểu tượng « New » để tạo cửa sổ ứng dụng.
- Muốn tạo một khối trong cửa sổ ứng dụng, ta tìm khối đó trong các thư viện của Simulink, kích chọn và kéo nó vào cửa sổ ứng dụng. Ví dụ, để tạo khối *Step*, ta vào thư viện *Simulink* -> *Continuous* -> *Sources* -> *Step*, khối *Transfer Fcn* trong *Simulink* -> *Continuous* -> *Transfer Fcn*...
- Để đặt thông số cho từng khối, ta mở khối đó ra bằng cách double-click chuột vào nó. Lúc này đặt các thông số theo hướng dẫn trên màn hình.
- Đường nối giữa các khối được thực hiện bằng cách dùng chuột kéo các mũi tên ở đầu (cuối) mỗi khối đến vị trí cần nối.

Sau khi tạo được sơ đồ khối như hình 6.6, ta có thể bắt đầu tiến hành mô phỏng (với các tham số mặc định) bằng cách chọn **Simulation -> Start**. Xem kết quả mô phỏng bằng cách mở khối *Scope* như hình 6.7.

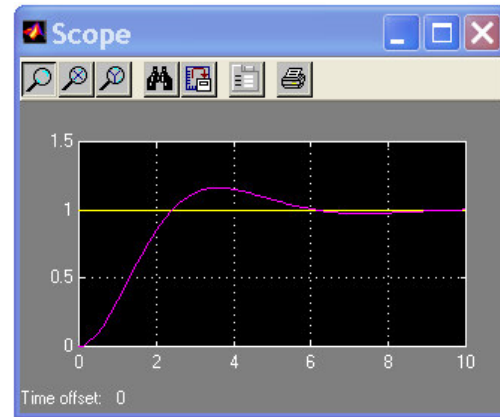


Hình 6.7 : Kết quả mô phỏng

Để xem đồng thời tín hiệu vào và ra trên cùng một *Scope*, ta tạo sơ đồ mô phỏng như hình 6.8. Kết quả mô phỏng biểu diễn trên hình 6.9.



Hình 6.8



Hình 6.9

2.3 Một số khối thường dùng

Thư viện « Sources »

- Step** Tạo ra tín hiệu bậc thang liên tục hay gián đoạn.
Ramp Tạo tín hiệu dốc tuyến tính (rampe) liên tục.
Sine Wave Tạo tín hiệu sinus liên tục hay gián đoạn.
Constant Tạo tín hiệu không đổi theo thời gian.
Clock Cung cấp đồng hồ chỉ thời gian mô phỏng. Có thể xem được « đồng hồ » này khi đang thực hiện mô phỏng.

Chú ý : Muốn khối clock chỉ đúng thời điểm đang mô phỏng, tham số **Sample time** được đặt như sau

→ 0 : hệ liên tục

→ >0 : hệ gián đoạn, *clock* lúc này sẽ chỉ số chu kỳ lấy mẫu đặt trong **Sample time**.

Thư viện « Sinks »

- Scope** Hiển thị các tín hiệu được tạo ra trong mô phỏng.
XY Graph Vẽ quan hệ giữa 2 tín hiệu theo dạng XY. Khối này cần phải có 2 tín hiệu vào, tín hiệu thứ nhất tương ứng với trục X, tín hiệu vào thứ hai tương ứng với trục Y.
To Workspace Tất các các tín hiệu nối vào khối này sẽ được chuyển sang không gian tham số của Matlab khi thực hiện mô phỏng. Tên của biến chuyển vào Matlab do người sử dụng chọn.

2.3.1 Thư viện « Continuous »

Transfer Fcn Mô tả hàm truyền của một hệ thống liên tục dưới dạng *Đa thức tử số/Đa thức mẫu số*. Các hệ số của đa thức tử số và mẫu số do người sử dụng nhập vào, theo bậc giảm dần của toán tử *Laplace*. Ví dụ để nhập vào hàm truyền có dạng $\frac{2s+1}{s^2+s+1}$, ta nhập vào như sau : *Numerator* [2 1], *Denominator* [1 1 1].

State Space Mô tả hàm truyền của một hệ thống liên tục dưới dạng *phương trình trạng thái*. Các ma trận trạng thái A, B, C, D được nhập vào theo qui ước ma trận của Matlab.

- Integrator** Khâu tích phân.
sDerivative Khâu đạo hàm
Transport Delay Khâu tạo trễ

Thư viện « Discrete »

Discrete Transfer Fcn

Mô tả hàm truyền của một hệ thống gián đoạn dưới dạng *Đa thức tử số/Đa thức mẫu số*. Các hệ số của đa thức tử số và mẫu số do người sử dụng nhập vào, theo bậc giảm dần của toán tử z .

Discrete State Space

Mô tả hàm truyền của một hệ thống gián đoạn dưới dạng *phương trình trạng thái*. Người sử dụng phải nhập vào các ma trận trạng thái A,B,C,D và chu kỳ lấy mẫu.

Discrete-Time Integrator

Khâu tích phân của hệ thống gián đoạn.

First-Order Hold

Khâu giữ mẫu bậc 1. Người sử dụng phải nhập vào chu kỳ lấy mẫu.

Zero-Order Hold

Khâu giữ mẫu bậc 0. Người sử dụng phải nhập vào chu kỳ lấy mẫu.

Thư viện « Signal&Systems »

Mux

Chuyển nhiều tín hiệu vào (vô hướng hay vectơ) thành một tín hiệu ra duy nhất dạng vectơ. Vectơ ngõ ra có kích thước bằng tổng kích thước của các vectơ vào. Số các tín hiệu vào được định nghĩa khi mở khối *Mux*. Ví dụ, nếu đặt tham số *number of inputs* là 3, nghĩa là có 3 tín hiệu vào phân biệt, vô hướng. Nếu đặt *number of inputs* là [1 2] thì có 2 tín hiệu vào phân biệt : tín hiệu thứ nhất vô hướng, tín hiệu thứ hai là vectơ 2 thành phần.

Demux

Chuyển 1 tín hiệu vào thành nhiều tín hiệu ra, ngược với khối *Mux*.

In1

Chèn một cổng vào. Khối này cho phép giao tiếp giữa sơ đồ chính và sơ đồ con.

Out1

Chèn một cổng ra.

Thư viện « Math »

Abs

Tín hiệu ra là giá trị tuyệt đối của tín hiệu vào.

Gain

Tín hiệu ra bằng tín hiệu vào nhân hệ số *Gain* (do người sử dụng định nghĩa).

Sign

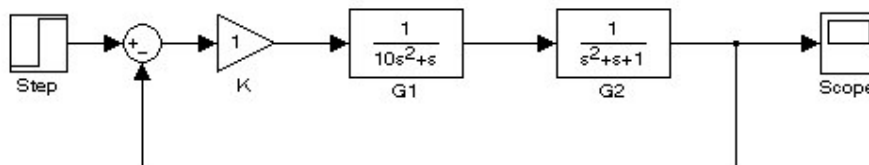
Tính dấu của tín hiệu vào, bằng 1 nếu tín hiệu vào > 0
bằng 0 nếu tín hiệu vào = 0
bằng -1 nếu tín hiệu vào < 0

Sum

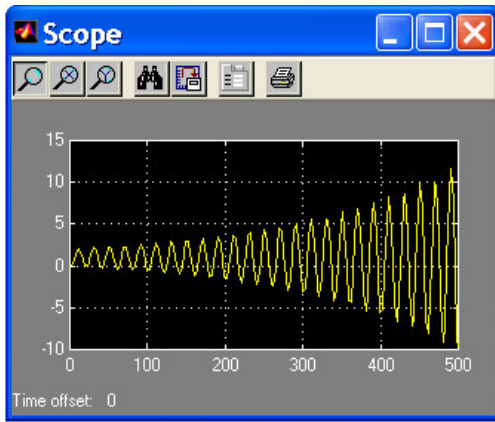
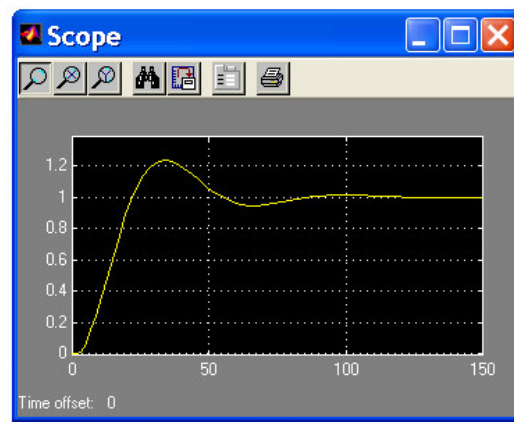
Tín hiệu ra là tổng của các tín hiệu vào.

2.4 Ví dụ

Để mô phỏng hệ thống trong ví dụ ở mục 1.4, ta tạo sơ đồ khối trong Simulink như hình 6.10. Thay đổi hệ số khuếch đại K ($K=1$ và $K=0.111$), ta được các đáp ứng quá độ của hệ kín trên hình 6.11 và 6.12.



Hình 6.10 : Sơ đồ mô phỏng trong Simulink

Hình 6.11 : Đáp ứng quá độ ($K=1$)Hình 6.12 : Đáp ứng quá độ ($K=0.111$)

2.5 LTI Viewer

Như ta đã biết, khi thực hiện mô phỏng trên Simulink, ta chỉ có thể quan sát được các đặc tính thời gian của hệ thống. Để có thể phân tích toàn diện một hệ thống, ta cần các đặc tính tần số như đặc tính Bode, đặc tính Nyquist, quỹ đạo nghiệm số v.v...

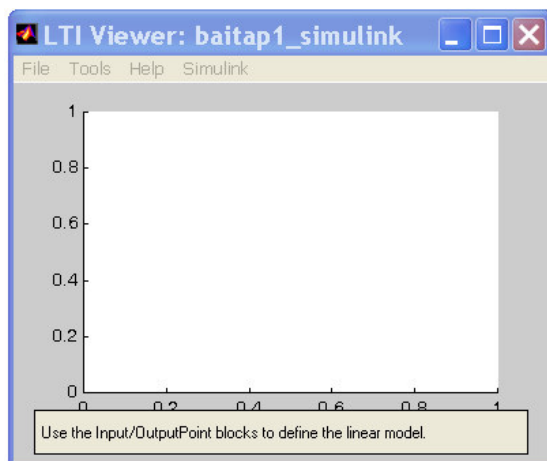
« **LTI Viewer** » là một giao diện đồ họa cho phép quan sát đáp ứng của một hệ thống tuyến tính, trong lĩnh vực tần số cũng như thời gian, mà không cần gõ lại lệnh hay lập trình theo từng dòng lệnh như trong Control System Toolbox. Nó sử dụng trực tiếp sơ đồ khối trong Simulink.

2.5.1 Khởi động LTI Viewer

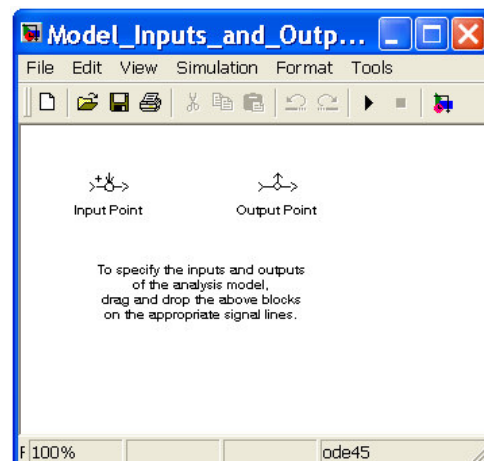
Để khởi động LTI Viewer từ Simulink, ta chọn menu **Tool -> Linear Analysis**.

Lúc này, Matlab sẽ mở 2 cửa sổ mới:

- Cửa sổ LTI Viewer (hình 6.13) có 2 phần chính:
 - o Phần cửa sổ đồ họa dùng để biểu diễn các đường đặc tính.
 - o Thanh công cụ phía dưới chỉ dẫn cách sử dụng LTI Viewer
- Cửa sổ chứa các điểm input và output (hình 6.14). Các điểm này được dùng để xác định điểm vào/ra trên sơ đồ Simulink cần phân tích.



Hình 6.13



Hình 6.14

2.5.2 Thiết lập các điểm vào/ra cho LTI Viewer

Dùng chuột kéo rê các điểm “input point”, “output point” trên cửa sổ hình 6.14 và đặt lên các vị trí tương ứng trên sơ đồ Simulink.

Chú ý: Việc chọn các điểm đặt “input”, “output” phải phù hợp yêu cầu phân tích. LTI Viewer tính hàm truyền bằng cách tuyến tính hóa hệ thống với 2 điểm input/output đã được định nghĩa. Khi vẽ các đặc tính tần số cũng như thời gian, LTI sử dụng các hệ thống đã được tuyến tính hóa này.

2.5.3 Tuyến tính hóa một mô hình

Để tìm mô hình giữa 2 điểm input/output đã định nghĩa, ta thực hiện như sau:

Chọn cửa sổ LTI Viewer (hình 6.13) → Chọn menu **Simulink** → **Get linearized model**

Lúc này, trong phần đồ họa của cửa sổ LTI Viewer sẽ xuất hiện đặc tính quá độ của mô hình tuyến tính hóa tìm được.

Để xem các đặc tính khác trên LTI Viewer, ta chỉ việc kích chuột phải vào phần đồ họa, chọn menu **Plot Type** → chọn loại đặc tính cần quan sát.

Ghi chú:

- Cứ mỗi lần thực hiện tuyến tính hóa một mô hình (**Simulink** → **Get linearized model**) thì LTI Viewer sẽ nạp mô hình hiện hành tại cửa sổ Simulink vào không gian của nó. Nếu giữa 2 lần thực hiện tuyến tính hóa, mô hình không có sự thay đổi (cấu trúc hay thông số) thì 2 mô hình tìm được tương ứng sẽ giống nhau.
- Có thể bật/tắt đặc tính của một hay nhiều mô hình đã tìm được trong LTI Viewer bằng cách: kích chuột phải vào cửa sổ đồ họa → chọn *Systems* → chọn mô hình cần bật/tắt. Tiện ích này rất cần thiết khi ta muốn so sánh tác động do sự biến đổi một thông số nào đó đến hệ thống.

2.5.4 Lưu và sử dụng các thông số của mô hình tuyến tính hóa

- Để lưu mô hình tuyến tính hóa vừa tìm được, chọn menu **File** → **Export...**
- Để sử dụng các thông số của mô hình :
 - o Dạng hàm truyền $[num,den]=tfdata(\ll\text{bien file}\gg, 'v')$
 - o Dạng phương trình trạng thái $[A,B,C,D]=ssdata(\ll\text{bien file}\gg)$

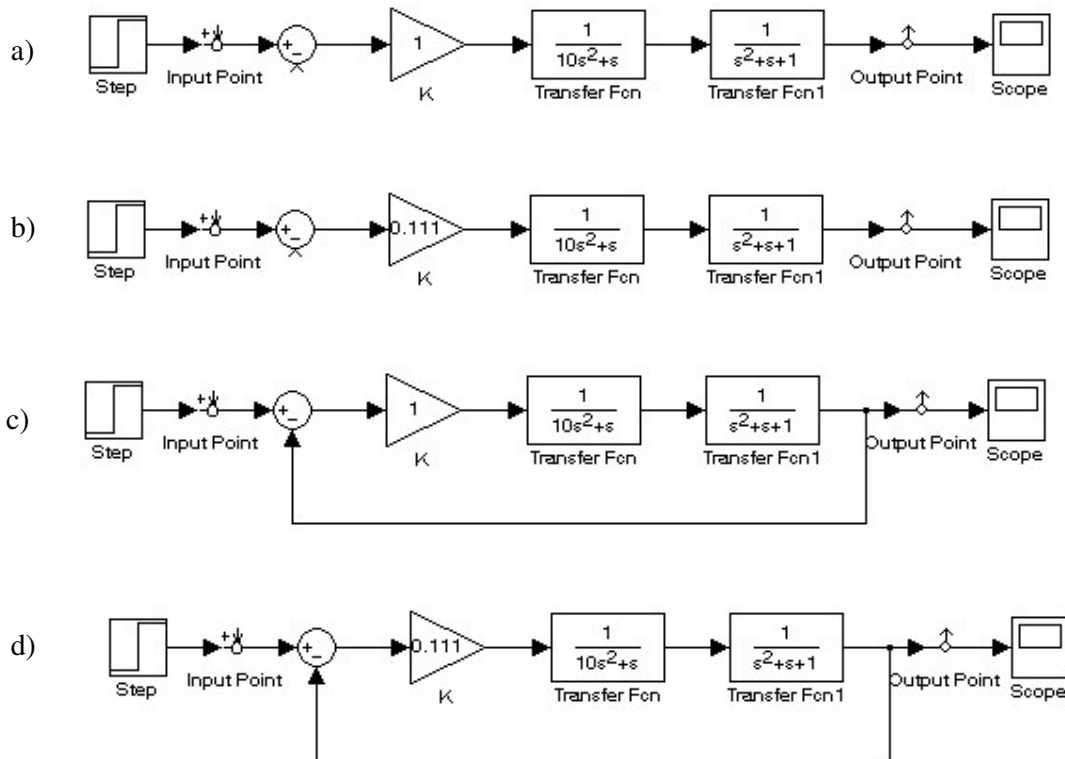
2.5.5 Ví dụ sử dụng LTI Viewer

Giả sử đã có hàm mô hình mô phỏng trên cửa sổ Simulink như hình 2.6. Sử dụng LTI Viewer để quan sát các đặc tính sau:

- Đặc tính tần số Nyquist của hệ hở khi chưa hiệu chỉnh ($K=1$) và đã hiệu chỉnh ($K=0.111$).
- Đặc tính tần số Bode của hệ hở đã hiệu chỉnh .
- Đặc tính quá độ của hệ kín chưa hiệu chỉnh và đã hiệu chỉnh.

THỰC HIỆN

Theo yêu cầu đặt ra, ta cần phải có 4 hệ thống có thông số và cấu trúc khác nhau: hệ hở với $K=1$, hệ hở với $K=0.111$, hệ kín $K=1$ và hệ kín $K=0.111$. Do vậy, ta cần thực hiện 4 lần tuyến tính hóa để có được 4 mô hình khác nhau trong LTI Viewer. Các bước thực hiện tuần tự như trong hình 6.15.



Hình 6.15 : Sơ đồ và cấu trúc để tuyến tính hóa

Sau 4 lần tuyến tính hóa trong LTI Viewer, ta được 4 hệ thống lần lượt là *baitap1_simulink_1* đến *baitap1_simulink_4* (sơ đồ trong Simulink có tên là *baitap1_simulink*).

Trên cửa sổ đồ họa lúc này sẽ hiển thị đồng thời đặc tính quá độ của cả 4 mô hình ở trên.

- Để xem đặc tính Nyquist của hệ hở trước và sau hiệu chỉnh:
 - o Kích chuột phải vào phần đồ họa, chọn *Systems*, chọn 2 mô hình 1 và 2.
 - o Tiếp tục kích chuột phải vào phần đồ họa, chọn *Plot Type* → *Nyquist*.
 Trên cửa sổ đồ họa sẽ xuất hiện 2 đặc tính Nyquist với 2 màu phân biệt.
- Để xem đặc tính quá độ của hệ kín trước và sau hiệu chỉnh:
 - o Kích chuột phải vào phần đồ họa, chọn *Systems*, chọn 2 mô hình 3 và 4.
 - o Tiếp tục kích chuột phải vào phần đồ họa, chọn *Plot Type* → *Step*.

Các đặc tính khác được tiến hành một cách tương tự.

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÔN ĐỨC THẮNG

**KHOA ĐIỆN - ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG**



**TÀI LIỆU HƯỚNG DẪN THÍ NGHIỆM
ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG**

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 4 - 2010

NỘI QUY PHÒNG THÍ NGHIỆM ĐIỆN-ĐIỆN TỬ

ĐIỀU I. TRƯỚC KHI ĐẾN PHÒNG THÍ NGHIỆM SINH VIÊN PHẢI:

1. Nắm vững quy định an toàn của phòng thí nghiệm.
2. Nắm vững lý thuyết và đọc kỹ tài liệu hướng dẫn bài thực nghiệm.
3. Làm bài chuẩn bị trước mỗi buổi thí nghiệm. Sinh viên không làm bài chuẩn bị theo đúng yêu cầu sẽ không được vào làm thí nghiệm và xem như vắng buổi thí nghiệm đó.
4. Đến phòng thí nghiệm đúng giờ quy định và giữ trật tự chung. Trễ 15 phút không được vào thí nghiệm và xem như vắng buổi thí nghiệm đó.
5. Mang theo thẻ sinh viên và gắn bảng tên trên áo.
6. Tắt điện thoại di động trước khi vào phòng thí nghiệm.

ĐIỀU II. VÀO PHÒNG THÍ NGHIỆM SINH VIÊN PHẢI:

1. Cất cặp, túi xách vào nơi quy định, không mang đồ dùng cá nhân vào phòng thí nghiệm.
2. Không mang thức ăn, đồ uống vào phòng thí nghiệm.
3. Ngồi đúng chỗ quy định của nhóm mình, không đi lại lộn xộn.
4. Không hút thuốc lá, không khạc nhổ và vứt rác bừa bãi.
5. Không thảo luận lớn tiếng trong nhóm.
6. Không tự ý di chuyển các thiết bị thí nghiệm

ĐIỀU III. KHI TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM SINH VIÊN PHẢI:

1. Nghiêm túc tuân theo sự hướng dẫn của cán bộ phụ trách.
2. Ký nhận thiết bị, dụng cụ và tài liệu kèm theo để làm bài thí nghiệm.
3. Đọc kỹ nội dung, yêu cầu của thí nghiệm trước khi thao tác.
4. Khi máy có sự cố phải báo ngay cho cán bộ phụ trách, không tự tiện sửa chữa.
5. Thận trọng, chu đáo trong mọi thao tác, có ý thức trách nhiệm giữ gìn tốt thiết bị.
6. Sinh viên làm hư hỏng máy móc, dụng cụ thí nghiệm thì phải bồi thường cho Nhà trường và sẽ bị trừ điểm thí nghiệm.
7. Sau khi hoàn thành bài thí nghiệm phải tắt máy, cắt điện và lau sạch bàn máy, sắp xếp thiết bị trở về vị trí ban đầu và bàn giao cho cán bộ phụ trách.

ĐIỀU IV.

1. Mỗi sinh viên phải làm báo cáo thí nghiệm bằng chính số liệu của mình thu thập được và nộp cho cán bộ hướng dẫn đúng hạn định, chưa nộp báo cáo bài trước thì không được làm bài kế tiếp.
2. Sinh viên vắng quá 01 buổi thí nghiệm hoặc vắng không xin phép sẽ bị cấm thi.
3. Sinh viên chưa hoàn thành môn thí nghiệm thì phải học lại theo quy định của phòng đào tạo.
4. Sinh viên hoàn thành toàn bộ các bài thí nghiệm theo quy định sẽ được thi để nhận điểm kết thúc môn học.

ĐIỀU V.

1. Các sinh viên có trách nhiệm nghiêm chỉnh chấp hành bản nội quy này.

Tài liệu hướng dẫn thí nghiệm Điều khiển tự động

2. Sinh viên nào vi phạm, cán bộ phụ trách thí nghiệm được quyền cảnh báo, trừ điểm thi. Trường hợp vi phạm lặp lại hoặc phạm lỗi nghiêm trọng, sinh viên sẽ bị đình chỉ làm thí nghiệm và sẽ bị đưa ra hội đồng kỷ luật nhà trường.

Tp.HCM, Ngày 20 tháng 09 năm 2009
KHOA ĐIỆN-ĐIỆN TỬ
(Đã ký)

PGS TS. PHẠM HỒNG LIÊN

BÀI THÍ NGHIỆM 1

ỨNG DỤNG MATLAB PHÂN TÍCH CÁC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG

1. MỤC ĐÍCH :

Matlab là một trong những phần mềm thông dụng nhất dùng để phân tích, thiết kế và mô phỏng các hệ thống điều khiển tự động. Trong bài thí nghiệm này, sinh viên sử dụng các lệnh của Matlab để phân tích hệ thống như xét tính ổn định của hệ thống, đặc tính quá độ, sai số xác lập...

2. CHUẨN BỊ.

Để thực hiện các yêu cầu trong bài thí nghiệm này, sinh viên cần phải chuẩn bị kỹ trước các lệnh cơ bản của Matlab. Khi khởi động chương trình Matlab 7.0, cửa sổ Command Window xuất hiện với dấu nhắc lệnh “>>”. Để thực hiện các lệnh, sinh viên sẽ gõ lệnh từ bàn phím theo sau dấu nhắc này. Sinh viên cần tham khảo phần phụ lục ở chương 2 (trang 85) trong sách Lý thuyết điều khiển tự động (tác giả Nguyễn Thị Phương Hà – Huỳnh Thái Hoàng) để hiểu rõ các lệnh cơ bản về nhân chia đa thức, biểu diễn hàm truyền hệ thống và kết nối các khối trong hệ thống. Ngoài ra, để phân tích đặc tính của hệ thống, sinh viên cần phải hiểu kỹ các lệnh sau:

- **conv**: hàm nhân hai đa thức.
- **tf (TS, MS)**: xác định hàm truyền mô tả đối tượng từ đa thức tử số TS và đa thức mẫu số MS.
- **parallel (G1,G2)**: xác định hàm truyền tương đương của hai khối mắc song song nhau.
- **series (G1,G2)**: xác định hàm truyền tương đương của hai khối mắc nối tiếp nhau.
- **feedback (G, H)**: xác định hàm truyền vòng kín của hệ hồi tiếp.
- **bode (G)**: vẽ biểu đồ Bode biên độ và pha của hệ thống có hàm truyền G.
- **nyquist(G)**: vẽ biểu đồ Nyquist hệ thống có hàm truyền G.
- **rlocus(G)**: vẽ QĐNS hệ thống hồi tiếp âm đơn vị có hàm truyền vòng hở G.
- **step(G)**: vẽ đáp ứng nấc của hệ thống có hàm truyền G.
- **hold on**: giữ hình vẽ hiện tại trong cửa sổ Figure. Lệnh này hữu ích khi ta cần vẽ nhiều biểu đồ trong cùng một cửa sổ Figure. Sau khi vẽ xong biểu đồ thứ nhất, ta gõ lệnh hold on để giữ lại hình vẽ sau đó vẽ tiếp các biểu đồ khác. Các biểu đồ lúc sau sẽ vẽ đè lên biểu đồ thứ nhất trong cùng một cửa sổ Figure này. Nếu không muốn giữ hình nữa, ta gõ lệnh hold off.
- **grid on**: kẻ lưới trên cửa sổ Figure. Nếu không muốn kẻ lưới, ta gõ lệnh grid off.
- **plot(X,Y)**: vẽ đồ thị vector Y theo vector X.

Ví dụ: Vẽ đồ thị $y = x^2$ với $x = -10 \div 10$

```
>> X = -10:0.1:10;      % tạo vector X từ -10 ÷ 10 với khoảng cách 0.1
>> Y = X.*X;          % tính y = x*x
>> plot(X,Y);         % vẽ đồ thị y = x*x
```

- **subplot(m,n,p)**: chia Figure thành (m x n) cửa sổ con và thao tác trên cửa sổ con

thứ p.

Ví dụ: Chia Figure thành 2 cửa sổ con, sau đó vẽ Y lên cửa sổ thứ 1 và Z lên cửa sổ thứ 2

```
>> subplot(2,1,1), subplot(Y); % vẽ Y lên cửa sổ thứ 1  
>> subplot(2,1,2), subplot(Z); % vẽ Z lên cửa sổ thứ 2
```

Chú ý : sinh viên nên tham khảo phần Help của Matlab để nắm rõ chức năng và cú pháp của một <lệnh> bằng cách gõ vào dòng lệnh : help <lệnh>

3. THÍ NGHIỆM.

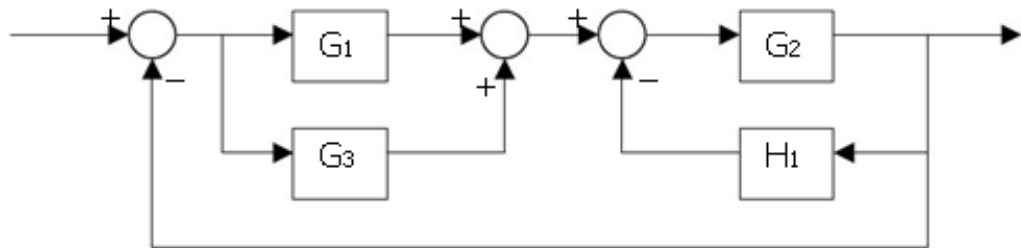
3.1. Tìm hàm truyền tương đương của hệ thống.

3.1.1. Mục đích.

Giúp sinh viên làm quen với các lệnh cơ bản để kết nối các khối trong một hệ thống.

3.1.2. Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1.** Cho hệ thống có sơ đồ khối như sau.



$$G_1 = \frac{S+1}{(S+3)(S+5)}, \quad G_2 = \frac{S}{S^2+2S+8}, \quad G_3 = \frac{1}{S}, \quad H_1 = S+2$$

- **Bước 2.** Nhập hàm truyền của các khối bằng cách khai báo đa thức tử, đa thức mẫu cho từng khối. Sau đó dùng lệnh tf.
- **Bước 3.** Sau đó, tùy theo cấu trúc các khối mắc nối tiếp, song song hay hồi tiếp mà ta gõ các lệnh series, parallel hay feedback tương ứng để thực hiện việc kết nối các khối với nhau.
- **Bước 4.** Viết báo cáo. Trong báo cáo, chỉ rõ trình tự việc thực hiện các lệnh này.

3.2. Khảo sát tính ổn định của hệ thống dùng tiêu chuẩn Bode.

3.2.1. Mục đích.

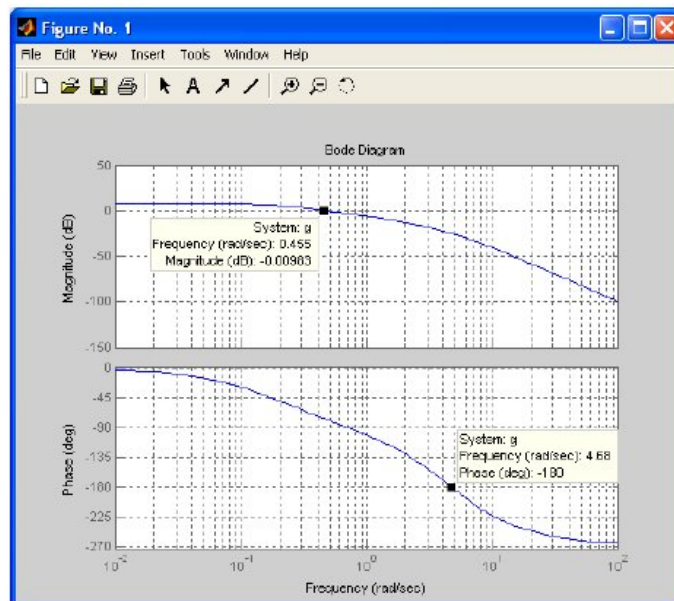
Từ biểu đồ Bode của hệ hở $G(s)$, ta tìm được tần số cắt biên, độ dự trữ pha, tần số cắt pha, độ dự trữ biên của hệ thống hở. Dựa vào kết quả tìm được để xét tính ổn định của hệ thống hồi tiếp âm đơn vị với hàm truyền vòng hở là $G(s)$.

3.2.2. Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1.** Cho hệ thống có sơ đồ khối như sau.

$$G_s = \frac{K}{(S+0.2)(S^2+8S+0.2)}$$

- **Bước 2.** Với $K = 10$, vẽ biểu đồ Bode biên độ và pha của hệ vòng hở trên bằng cách dùng lệnh bode.
- **Bước 3.** Trên biểu đồ Bode vừa vẽ, xác định tần số cắt biên, tần số cắt pha, độ dự trữ biên, độ dự trữ pha. Khi cần xác định điểm nào trên biểu đồ Bode ta chỉ việc nhấp chuột vào vị trí đó. Lúc đó, giá trị biên độ hay góc pha sẽ hiển thị ra như hình vẽ:



- **Bước 4.** Lưu lại biểu đồ để báo cáo. Trên báo cáo chỉ rõ vị trí và giá trị các thông số vừa tìm được. Để chèn chú thích lên hình vẽ ta vào menu Insert/ Text. Để lưu hình vẽ ta vào menu File/ Export, chọn lưu dưới dạng file *.bmp hay *.jpg
- **Bước 5.** Xác định lại tần số cắt biên, tần số cắt pha, độ dự trữ biên, độ dự trữ pha bằng cách dùng lệnh margin. Nhận xét kết quả tìm được ở bước 3 và bước 4.
- **Bước 6.** Hệ thống có ổn định không? Giải thích.
- **Bước 7.** Tìm hàm truyền vòng kín của hệ thống trên. Vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống vòng kín trên với đầu vào hàm nấc đơn vị trong khoảng thời gian $t = 0 \div 10s$. Lưu hình vẽ đáp ứng này để viết báo cáo. Nhận xét.
- **Bước 8.** Với $K = 400$, thực hiện lại các bước từ 1 – 6. Nhận xét.

3.3. Khảo sát hệ thống dùng phương pháp quỹ đạo nghiệm số.

3.3.1. Mục đích.

Khảo sát đặc tính của hệ thống tuyến tính có hệ số khuếch đại K thay đổi, tìm giá trị giới hạn K_{gh} của K để hệ thống ổn định. Dựa vào quỹ đạo nghiệm số, đánh giá chất lượng của hệ thống.

3.3.2. Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1.** Cho hệ thống có sơ đồ khối như sau.

$$G = \frac{K}{(S+3)(S^2+8S+20)}$$

- **Bước 2.** Vẽ quỹ đạo nghiệm số của hệ thống dùng lệnh rlocus.
- **Bước 3.** Dựa vào QĐNS, tìm Kgh của hệ thống, chỉ rõ giá trị này trên QĐNS.
- **Bước 4.** Lưu lại hình vẽ để báo cáo. Trên báo cáo chỉ rõ vị trí và giá trị Kgh.
- **Bước 5.** Tìm K để hệ thống có tần số dao động tự nhiên $W_n=4$.
- **Bước 6.** Tìm K để hệ thống có hệ số tắt $\xi = 0.7$
- **Bước 7.** Tìm K để hệ thống có độ vọt lố POT = 25%
- **Bước 8.** Tìm K để hệ thống có thời gian xác lập (tiêu chuẩn 2%) $t_{xl} = 4s$

3.4. Đánh giá chất lượng của hệ thống.

3.4.1. Mục đích.

Khảo sát đặc tính quá độ của hệ thống với đầu vào hàm nấc để tìm độ vọt lố và sai số xác lập của hệ thống.

3.4.2. Trình tự thí nghiệm.

Với hệ thống tương tự như ở phần 3.3.

- **Bước 1.** Với giá trị $K = K_{gh}$ tìm được ở trên, vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống vòng kín với đầu vào hàm nấc đơn vị. Kiểm chứng lại đáp ứng ngõ ra có dao động không?
- **Bước 2.** Với giá trị K tìm được ở bước 7 phần 3.3, vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống vòng kín với đầu vào hàm nấc đơn vị trong khoảng thời gian $t = 0 \div 5s$. Từ hình vẽ, tìm độ vọt lố và sai số xác lập của hệ thống. Kiểm chứng lại hệ thống có POT = 25% không? Lưu hình vẽ này để viết báo cáo.
- **Bước 3.** Với giá trị K tìm được ở bước 8 phần 3.3, vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống vòng kín với đầu vào hàm nấc đơn vị trong khoảng thời gian $t = 0 \div 5s$. Từ hình vẽ, tìm độ vọt lố và sai số xác lập của hệ thống. Kiểm chứng lại hệ thống có $t_{xl} = 4s$ không? Lưu hình vẽ này để viết báo cáo.
- **Bước 4.** Vẽ 2 đáp ứng quá độ ở bước 5 và bước 6 ở phần 3.3 trên cùng 1 hình vẽ. Chú thích trên hình vẽ đáp ứng nào là tương ứng với K đó. Lưu hình vẽ này để viết báo cáo.

BÀI THÍ NGHIỆM 2

ỨNG DỤNG MATLAB THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN CHO CÁC HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG

1. MỤC ĐÍCH :

Matlab là một trong những phần mềm thông dụng nhất dùng để phân tích, thiết kế và mô phỏng các hệ thống điều khiển tự động. Trong bài thí nghiệm này, sinh viên sử dụng các lệnh của Matlab để phân tích hệ thống như xét tính ổn định của hệ thống, đặc tính quá độ, sai số xác lập...

2. CHUẨN BỊ.

- Để thực hiện các yêu cầu trong bài thí nghiệm này, sinh viên cần phải chuẩn bị kỹ và hiểu rõ trình tự các thao tác tiến hành thiết kế một bộ điều khiển trong Sisotool.
- Sinh viên cần tham khảo phần phụ lục ở chương 6 (trang 225) trong sách Lý thuyết điều khiển tự động để làm quen và hiểu rõ trình tự các bước thiết kế một bộ điều khiển trong Sisotool. Chú ý, sinh viên phải đọc kỹ phần này để nắm rõ trình tự thiết kế vì trong bài thí nghiệm này không nhắc lại các trình tự đó. Nếu sinh viên không hiểu kỹ thì sẽ không thực hiện được các yêu cầu trong bài thí nghiệm này.
- Để kích hoạt công cụ sisotool, từ cửa sổ Command Window gõ lệnh sisotool. Tiến hành thao tác từ Bước 1 đến Bước 3 như trong phụ lục ở chương 6 (trang 225), cửa sổ SISO Design Tool xuất hiện như sau:

Vùng hiển thị sơ đồ cấu trúc của hệ thống đang thiết kế. Có thể thay đổi cấu trúc bằng cách kích chuột vào nút [+/-] và [FS] ở góc trái bên dưới. Trong bài thí nghiệm này ta sử dụng cấu trúc như hiển thị.

G : đối tượng điều khiển (plant)
H : cảm biến hồi tiếp (sensor)
F : bộ lọc (prefilter) = 1
C : bộ hiệu chỉnh cần thiết kế

Biểu đồ Bode biên độ và pha của hệ thống vòng hở sau khi hiệu chỉnh

Quỹ đạo nghiệm số của hệ thống vòng kín sau khi hiệu chỉnh

Cửa sổ hiển thị kết quả trong quá trình thao tác

Hàm truyền của bộ hiệu chỉnh $C(s)$

3. THÍ NGHIỆM:

- Nguyên tắc thiết kế hệ thống dùng phương pháp QĐNS là dựa vào phương trình đặc tính của hệ thống sau khi hiệu chỉnh:

$$\begin{cases} 1 + G_C(s)G(s) = 0 \\ |G_C(s)G(s)| = 1 \\ \angle G_C(s)G(s) = -180^\circ \end{cases} (*)$$

- Ta cần tính toán các thông số của bộ hiệu chỉnh $G_C(s)$ sao cho đáp ứng ngõ ra của hệ thống đạt được các chất lượng về đáp ứng quá độ và sai số xác lập nhưng phải thỏa mãn điều kiện biên độ và điều kiện pha ở (*). Chú ý, trong công cụ sisotool thì hàm truyền bộ hiệu chỉnh $C(s)$ chính là $G_C(s)$ ở (*).

3.1 Thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha:

3.1.1 Mục đích:

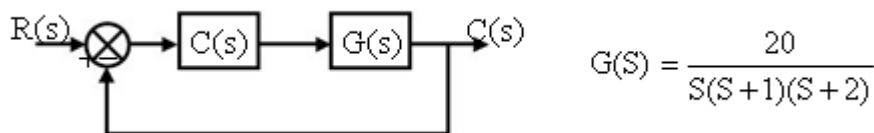
- Trong phần này sinh viên sẽ thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha để hệ thống đạt được các tiêu chuẩn về đáp ứng quá độ như độ vọt lố và thời gian xác lập. Hàm truyền sớm pha có dạng:

$$C(S) = K_c \frac{1 + \alpha TS}{1 + TS} \quad (\alpha > 1)$$

- Từ các yêu cầu về đáp ứng quá độ ta tìm được vị trí của cặp cực quyết định trên QĐNS. Sau đó, ta tính các thông số của bộ hiệu chỉnh $C(s)$ để sao cho QĐNS của hệ thống sau khi hiệu chỉnh đi qua cặp cực quyết định này.

3.3.2 Thí nghiệm:

Cho hệ thống như hình vẽ :

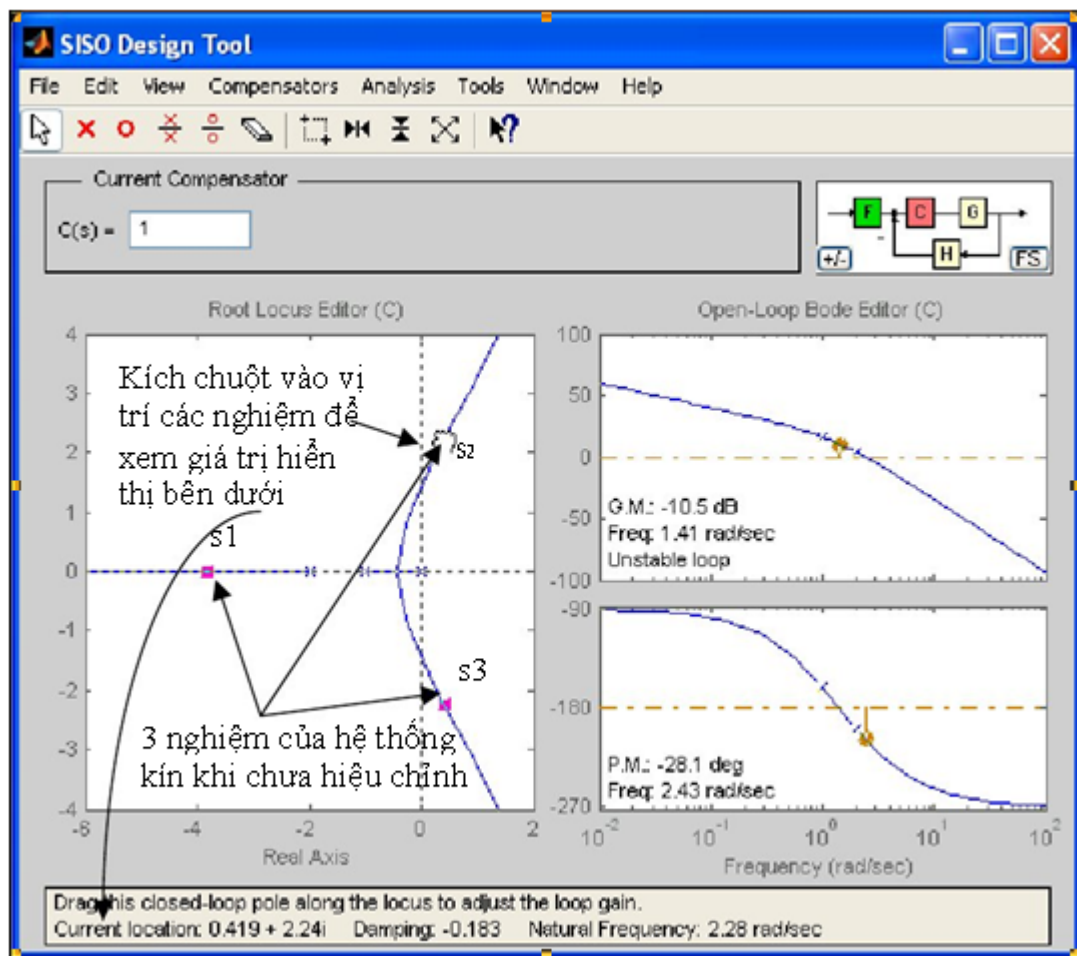


- **Bước 1** Dùng công cụ sisotool nhập vào hàm truyền hệ thống. Dựa vào QĐNS của hệ thống khảo sát hệ thống có ổn định không. Giải thích. Vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống với đầu vào hàm nấc để minh họa hệ thống có ổn định hay không. Lưu hình vẽ này để so sánh với đáp ứng của hệ thống sau khi hiệu chỉnh.
- **Bước 2** Thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha để hệ thống có độ vọt lố POT nhỏ hơn 20% và thời gian xác lập nhỏ hơn 8s. Trình bày rõ quá trình thiết kế này.

- **Bước 3** Vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống sau khi hiệu chỉnh để chứng minh hệ thống đạt được các yêu cầu ở bước 3. Lưu hình vẽ này để viết báo cáo.

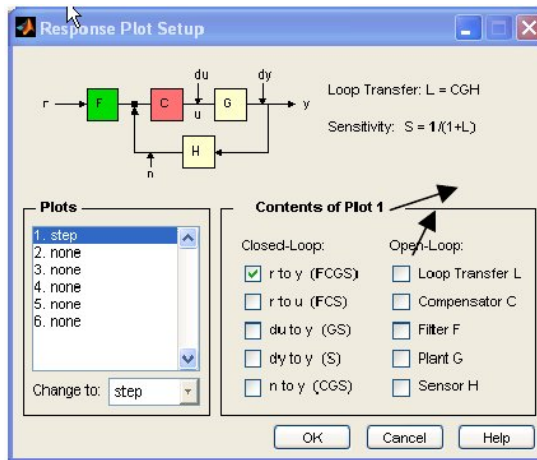
3.3.3 Hướng dẫn:

- Nhập hàm truyền và khởi động sisotool để import G và H vào sisotool như hướng dẫn (từ Bước 1 đến Bước 3) ở phần phụ lục chương 6 (trang 225) trong sách Lý thuyết điều khiển tự động với chú ý: $G = tf(20, conv([1 \ 1 \ 0], [1 \ 2]))$ và $H = tf(1, 1)$.
- Cửa sổ Sisotool hiện ra như sau:



- Quan sát QĐNS ta thấy phương trình đặc tính vòng kín có 3 nghiệm (dấu ■ màu đỏ):
 $S_1 = -3.84$, $S_2 = 0.419 + j2.24$, $S_3 = 0.419 - j2.24$
- Nhận thấy hệ thống có 2 nghiệm S_2 và S_3 nằm bên phải mặt phẳng phức nên hệ thống không ổn định. Ta cũng có thể quan sát trên Biểu đồ Bode và nhận thấy $GM = -10.5\text{dB} < 0$ và $PM = -28.1^\circ < 0$ nên kết luận hệ thống không ổn định. Tuy nhiên, ở phần thí nghiệm này ta dùng phương pháp QĐNS nên sẽ không dựa vào Biểu đồ Bode để đánh giá mà chỉ dựa vào QĐNS. Để xem đáp ứng quá độ của hệ thống với đầu vào hàm nấc,

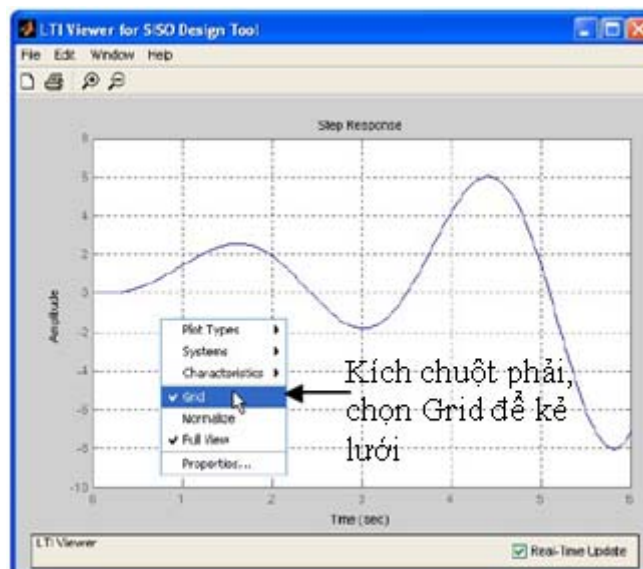
vào menu [Analysis]→[Other Loop Responses]. Cửa sổ Response Plot Setup hiện ra. Tiến hành cài đặt các tín hiệu cần vẽ đáp ứng. Ở đây ta chọn như hình bên dưới:



r to y: vẽ đáp ứng của ngõ ra $y(t)$ theo tín hiệu đầu vào $r(t)$. Đây chính là đáp ứng quá độ cần vẽ.

r to u: vẽ đáp ứng của tín hiệu điều khiển $u(t)$

– Sau khi chọn xong nhấn nút [OK] thì ta có được đáp ứng quá độ:

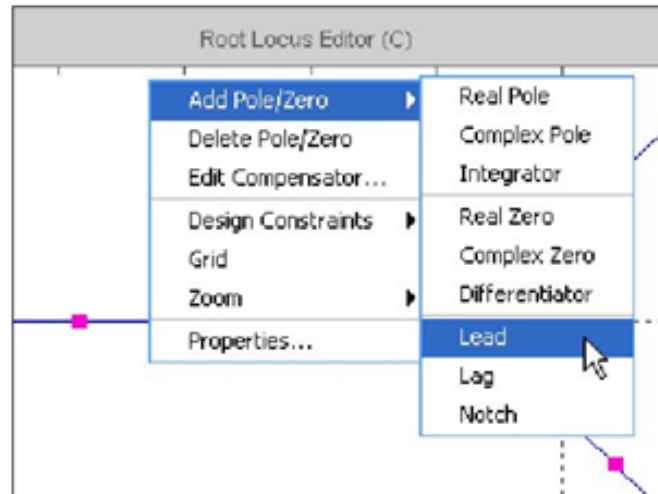


– Vì cửa sổ LTI Viewer này không hỗ trợ việc lưu hình vẽ nên phải chuyển sang cửa sổ Figure bằng cách vào menu [File]→[Print to Figure]. Cửa sổ Figure hiện ra và sau đó tiến hành lưu hình vẽ như ở Bài thí nghiệm.

– Bây giờ tiến hành thiết kế bộ hiệu chỉnh để hệ thống có $POT < 20\%$ và $t_{xl} < 8s$. Ta

quay trở lại với cửa sổ Sisotool. Vì trong phần này ta không sử dụng Biểu đồ Bode và để mở rộng vùng QĐNS nên ta xóa vùng Biểu đồ Bode đi bằng cách vào menu [View] bỏ dấu chọn mục [Open-Loop Bode].

- Kích chuột phải vào vùng QĐNS, menu kiểu pop-up xuất hiện:



Lead: bộ hiệu chỉnh sớm pha

Lag: bộ hiệu chỉnh trễ pha

Notch: bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha.

Delete Pole/Zero: xóa các cực và zero của bộ hiệu chỉnh

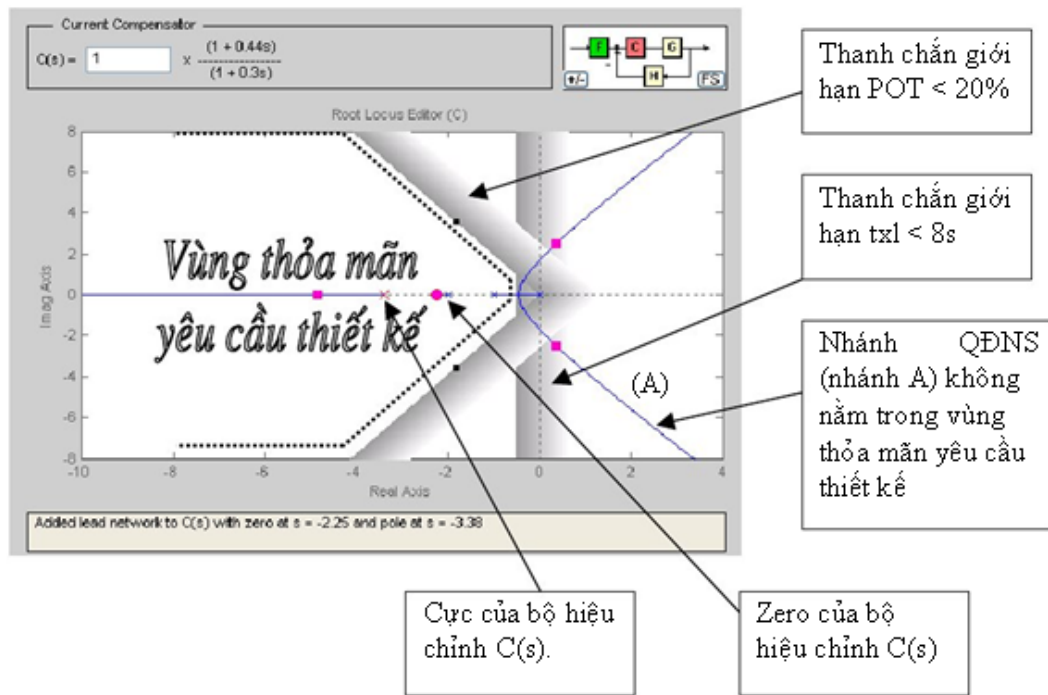
Edit Compensator... : thay đổi các thông số của bộ hiệu chỉnh.

Design Constraints: giới hạn vùng thỏa mãn các tiêu chuẩn chất lượng

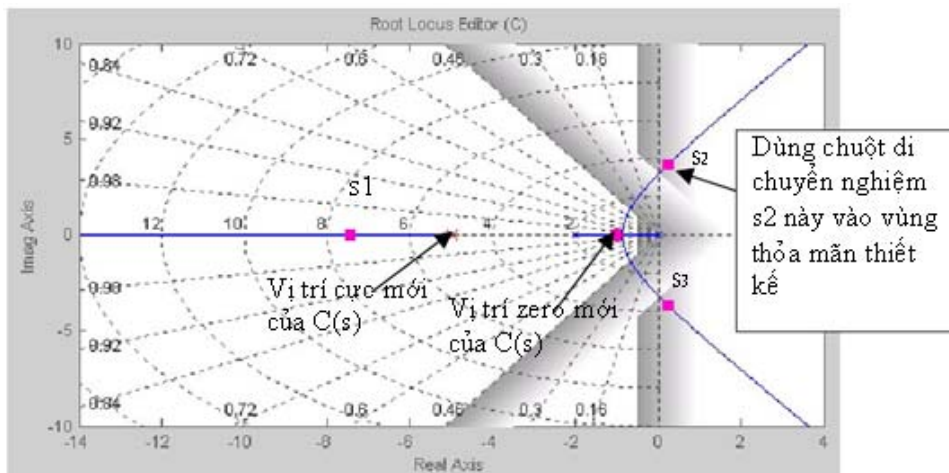
- Chọn [Add Pole/Zero] → [Lead] để thêm khâu hiệu chỉnh sớm pha vào hệ thống. Nhấp chuột vào một vị trí bất kỳ trên trục thực của QĐNS để xác định vị trí của cực và zero của bộ hiệu chỉnh, sisotool sẽ gán tự động vị trí của zero nằm gần gốc tọa độ hơn cực.
- Kích chuột phải vào vùng QĐNS, ta chọn [Design Constraints] → [New] để cài đặt độ vọt lố và thời gian xác lập như sau:



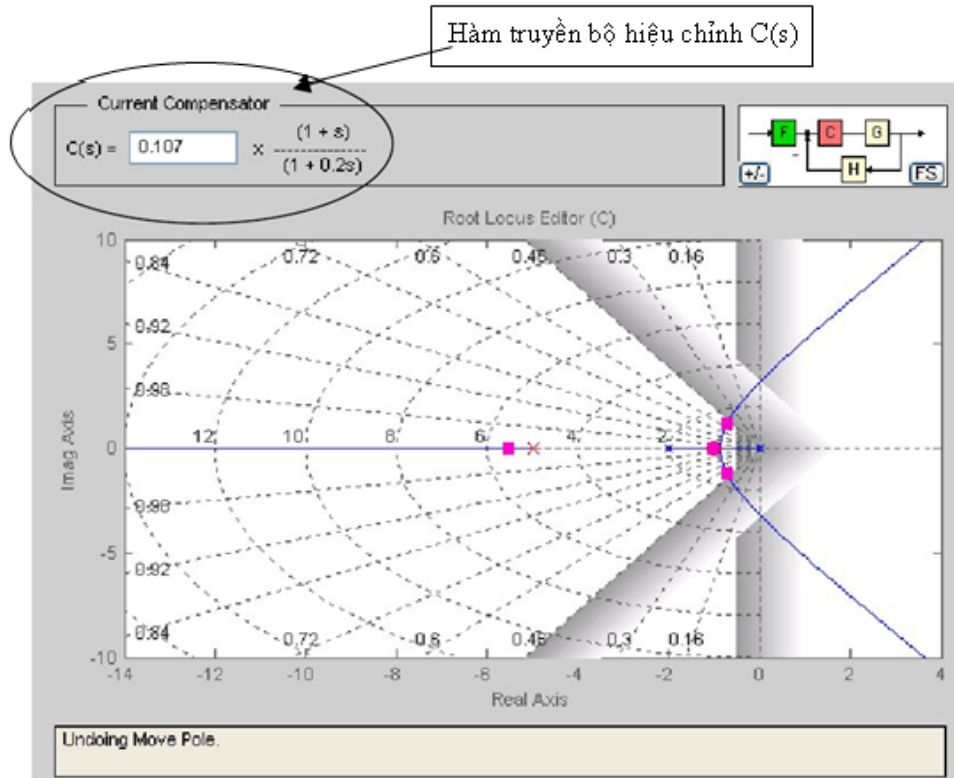
- Sau khi tiến hành cài đặt xong, QĐNS lúc này sẽ thay đổi như sau:



- Bây giờ ta sẽ di chuyển các cực và zero của bộ hiệu chỉnh $C(s)$ trên trục thực sao cho nhánh QĐNS (A) kéo vào vùng thỏa mãn thiết kế. Có 2 phương pháp tìm cực và zero của bộ hiệu chỉnh là phương pháp đường phân giác và phương pháp khử cực (sinh viên xem lại sách lý thuyết để hiểu 2 phương pháp này). Ở đây ta chọn phương pháp khử cực vì dễ thao tác và trực quan trên cửa sổ QĐNS.
- Nhận thấy QĐNS hệ thống trước khi hiệu chỉnh có 3 cực $p_1 = 0, p_2 = -1, p_3 = -2$ (trên hình vẽ thể hiện bằng dấu x màu xanh). Do đó, di chuyển zero của $C(s)$ trùng với cực gần trục ảo nhất (khác 0) là cực $p_2 = -1$. Di chuyển cực của $C(s)$ hướng ra xa trục ảo để nhánh QĐNS (A) tiến về vùng thỏa mãn yêu cầu thiết kế. Di chuyển đến vị trí $s = -5$ là thỏa mãn (chú ý giá trị này càng tiến ra xa càng tốt nên trong thiết kế giá trị này được lựa chọn theo ý muốn của người thiết kế).



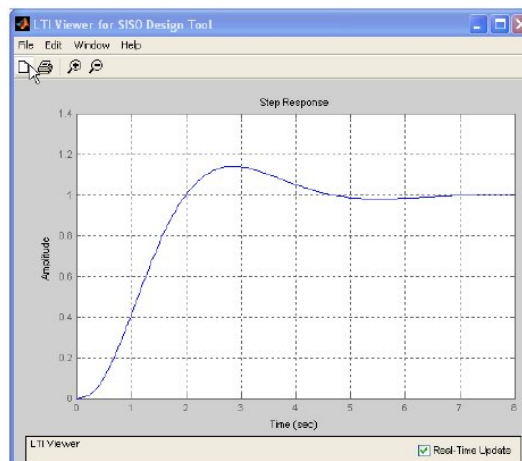
- Cuối cùng, dùng chuột di chuyển vị trí nghiệm S_2 vào vùng thỏa mãn thiết kế. Chú ý vì ý tưởng thiết kế của mỗi người khác nhau nên việc di chuyển này cũng không giống nhau, miễn sao vị trí này nằm trong vùng thỏa mãn thiết kế. Tuy nhiên ta không nên di chuyển gần trục ảo quá vì sẽ làm thời gian xác lập tăng lên. Quá trình thiết kế đã hoàn tất.



Vậy hàm truyền của bộ hiệu chỉnh là:

$$C(S) = 0.107 \frac{1+S}{1+0.2S}$$

- Để lưu hình trên phục vụ viết báo cáo ta vào menu [File]→[Print to Figure]. Sau đó tiến hành lưu hình trong cửa sổ Figure như ở 1. Đáp ứng quá độ của hệ thống kín với đầu vào hàm nấc sau khi hiệu chỉnh thỏa mãn $POT < 20\%$ và $t_{xl} < 8s$



3.2 Thiết kế bộ hiệu chỉnh trễ pha:

3.2.1 Mục đích:

- Trong phần này sinh viên sẽ thiết kế bộ hiệu chỉnh trễ pha để hệ thống đạt được các

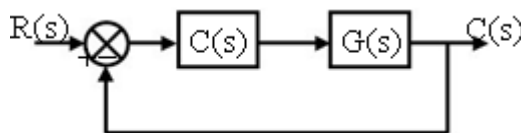
$$C(S) = K_c \frac{1 + \beta TS}{1 + TS} \quad (\beta < 1)$$

tiêu chuẩn về chất lượng xác lập như độ sai số xác lập và hệ số vận tốc K_v . Hàm truyền trễ pha có dạng:

- Ta tính các thông số của bộ hiệu chỉnh $C(s)$ sao cho đáp ứng của hệ thống thỏa mã yêu cầu về sai số xác lập mà không làm ảnh hưởng nhiều đến đáp ứng quá độ.

3.2.2 Thí nghiệm:

Cho hệ thống như hình vẽ :



$$G(S) = \frac{10}{S(S+3)(S+4)}$$

- **Bước 1** Thiết kế bộ hiệu chỉnh trễ pha để hệ thống có sai số xác lập với đầu vào hàm dốc bằng 0.1. Trình bày rõ quá trình thiết kế kèm hình vẽ.
- **Bước 2** Vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống sau khi hiệu chỉnh để chứng minh hệ thống đạt được các yêu cầu ở bước 1. Lưu hình vẽ đáp ứng này để viết báo cáo.

Hướng dẫn:

- Sau khi nhập hàm truyền vào sisotool, quan sát QĐNS ta thấy phương trình đặc tính

$$K_v^* = \lim_{x \rightarrow 0} SC(S)G(S) = \frac{1}{e_{xl}} = 10 \Rightarrow K_c = \frac{K_v^*}{K_v} = 12$$

vòng kín có 3 nghiệm (dấu ■ màu đỏ):

- Tiếp theo ta tìm cực và zero của $C(s)$. Để bộ hiệu chỉnh trễ pha không ảnh hưởng nhiều đến đặc tính quá độ của hệ thống ta phải chọn cực và zero của $C(s)$ rất nhỏ so với phần thực của cặp nghiệm quyết định của hệ thống.
- Do đó, ta chọn zero của $C(s)$:

$$Z_{C(s)} = \frac{1}{10} |R_e \{S_2\}| = \frac{1}{10} \cdot 1 = 0.1$$

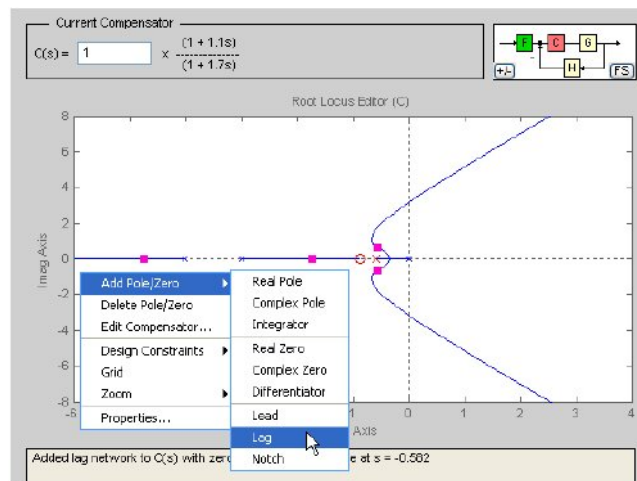
- Và cực của $C(s)$:

$$P_{C(s)} = Z_{C(s)} |K_c = \frac{0.1}{12} = 0.0083$$

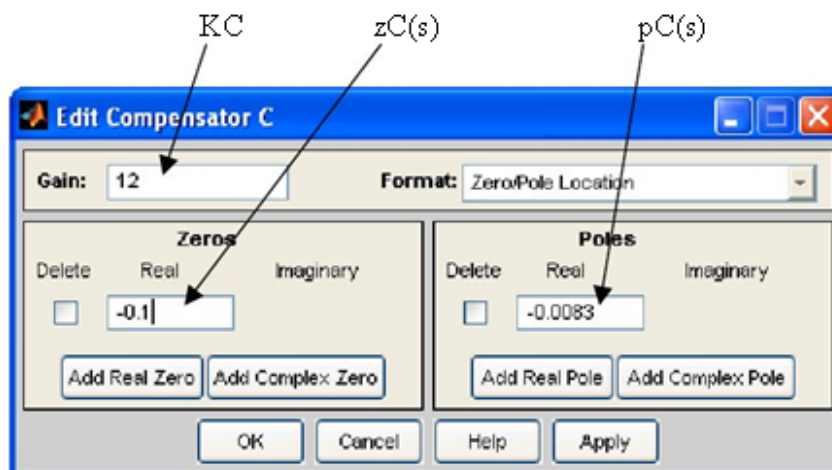
- Cuối cùng ta có hàm truyền của bộ hiệu chỉnh trễ pha:

$$C(S) = 12 \frac{1+10S}{1+120S}$$

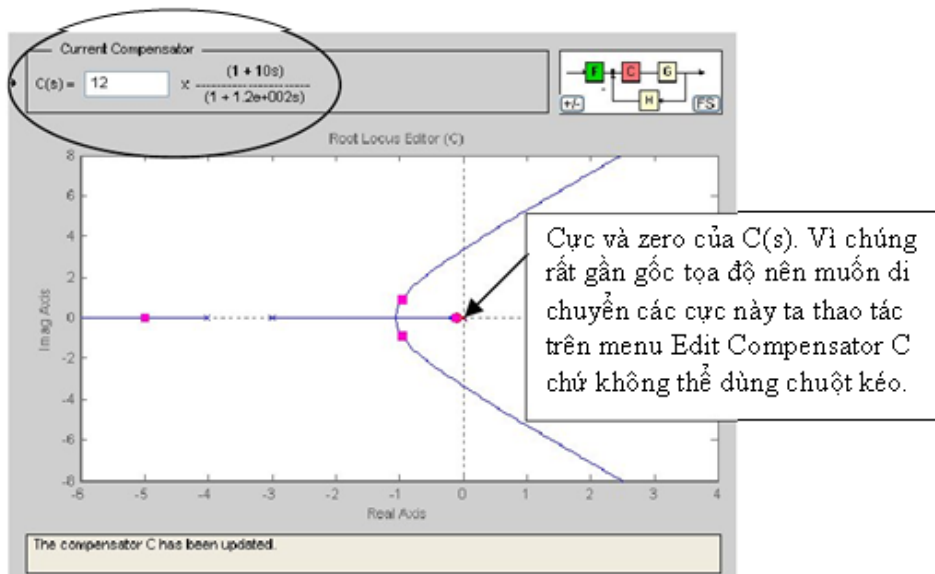
- Từ cửa sổ sisotool, chọn bộ hiệu chỉnh trễ pha bằng cách kích chuột phải và chọn menu [Add Pole/Zero]→[Lag]. Nhấp chuột vào một vị trí bất kỳ trên trục thực của QĐNS để xác định vị trí của cực và zero của bộ hiệu chỉnh, sisotool sẽ gán tự động vị trí của cực nằm gần gốc tọa độ hơn zero.



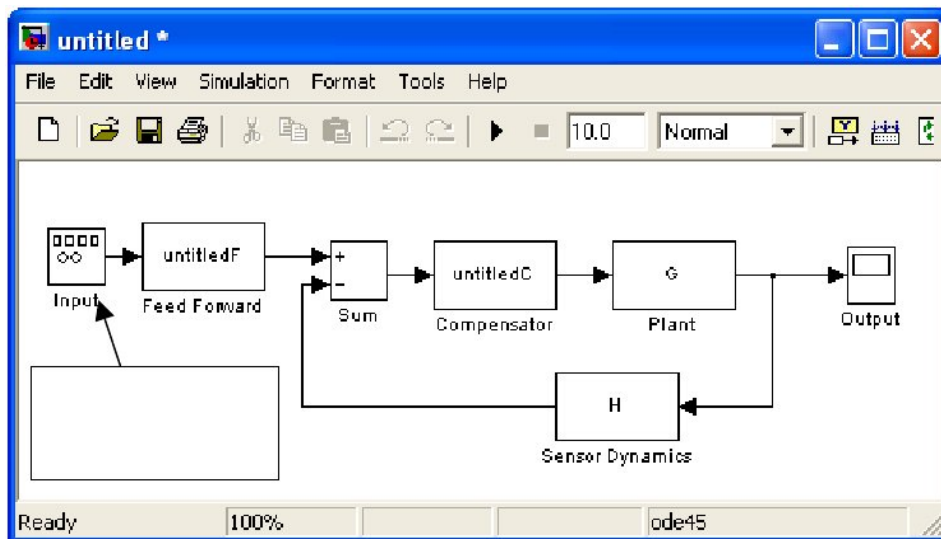
- Vì bộ hiệu chỉnh này chỉ do sisotool gán tự động nên ta sẽ phải chỉnh lại cho đúng với bộ hiệu chỉnh trễ pha vừa tìm được ở trên bằng cách kích chuột phải và chọn menu [Edit Compensator...]. Cửa sổ Edit Compensator C hiện ra, tiến hành thay đổi cực và zero của C(S) như hình vẽ bên dưới



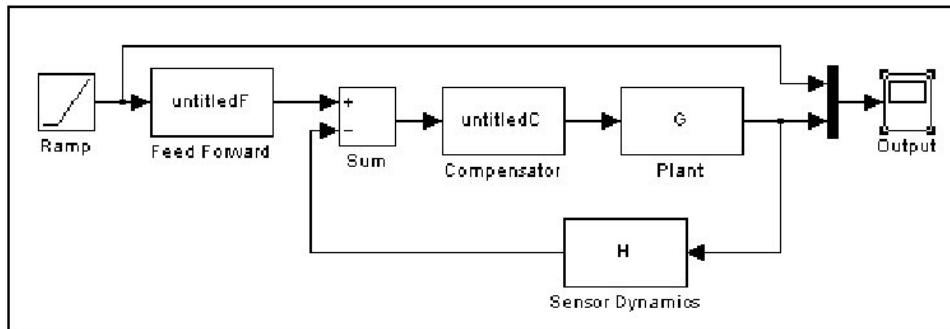
- QĐNS của hệ thống sau khi hiệu chỉnh như sau:



- Sau khi thiết kế xong, ta tiến hành vẽ đáp ứng của hệ thống với đầu vào hàm dốc. Chú ý, công cụ sisotool không hỗ trợ vẽ đáp ứng của hàm dốc nên ta phải chuyển hệ thống vừa thiết kế sang mô hình SIMULINK để mô phỏng.
- Từ cửa sổ Sisotool, vào menu [Tools]→[Draw Simulink Diagram...]. Cửa sổ thông báo hiện ra, nhấn [Yes]. Mô hình Simulink của hệ thống hiện ra như sau:



- Sửa đổi sơ đồ khối để mô phỏng đáp ứng đầu vào hàm dốc như sau:



- Chính thời gian mô phỏng Stop time = 30s, tiến hành mô phỏng hệ thống và thực hiện lưu hình vẽ từ Scope như ở Bài thí nghiệm 2.

3.3 Thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha:

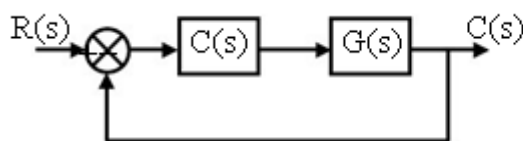
3.3.1 Mục đích:

Trong phần này sinh viên sẽ thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha để hệ thống đạt được các tiêu chuẩn về đáp ứng quá độ và chất lượng xác lập. Hàm truyền sớm trễ pha có dạng:

$$C(S) = K_{c1} \frac{1 + \alpha T_1 S}{1 + T_1 S} * K_{c2} \frac{1 + \beta T_2 S}{1 + T_2 S} \quad (\alpha > 1, \beta < 1)$$

3.3.2 Thí nghiệm:

Cho hệ thống như hình vẽ:



$$G(s) = \frac{4}{s(s + 0.5)}$$

- **Bước 1** Thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm trễ pha để hệ thống có $\gamma = 0.5$, $n = 5$ (rad/s) và hệ số vận tốc $K_v = 80$. Trình bày rõ quá trình thiết kế.
- **Bước 2** Vẽ đáp ứng quá độ của hệ thống sau khi hiệu chỉnh với đầu vào hàm dốc để chứng minh hệ thống đạt được các yêu cầu ở bước 1. Lưu hình vẽ này để viết báo cáo.

3.2.3 Hướng dẫn:

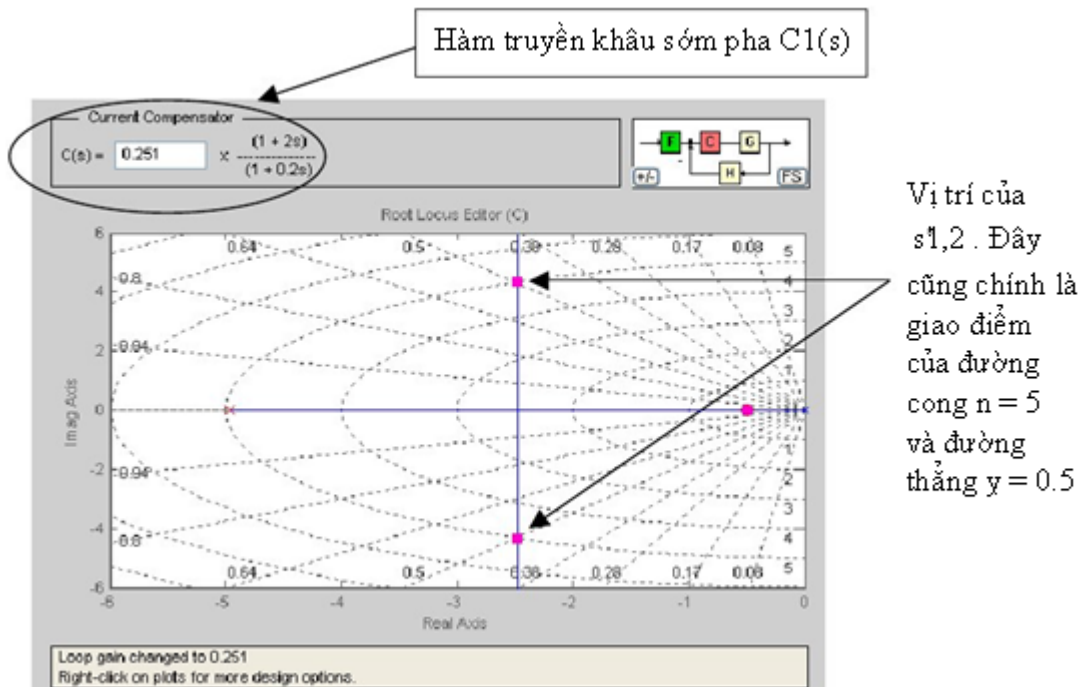
- Trước tiên ta thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha $C_1(S) = K_{c1} \frac{1 + \alpha T_1 S}{1 + T_1 S}$ để hệ thống có

$\gamma = 0.5$, $n = 5$ cho đối tượng $G(s)$. Sau đó, thiết kế bộ hiệu chỉnh trễ pha

$$C_2(s) = K_{c2} \frac{1 + \beta T_2 s}{1 + T_2 s} \text{ cho đối tượng mới } G1(s) = G(s)jC1(s). \text{ Chú ý, sau khi thiết kế}$$

xong bộ hiệu chỉnh sớm pha ta phải khởi động lại sisotool và nhập lại hàm truyền G và H với hàm truyền G lúc này chính là $G1(s)$ và $H = 1$.

- Với $\gamma = 0.5$, $W_n = 5 \Rightarrow S_{1,2}^* = 2.5 \pm j4.33$
- Do đó, khi thiết kế bộ hiệu chỉnh sớm pha $C_1(s)$, để hệ thống có $\gamma = 0.5$, $n = 5$ ta sẽ di chuyển zero của $C1(s)$ tới vị trí -0.5 (vị trí cực của $G(s)$ để khử cực này) và di chuyển cực của $C1(s)$ (phải cách xa gốc tọa độ hơn zero) sao cho QĐNS đi qua 2 nghiệm $S_{1,2}$. Sau đó dùng chuột di chuyển nghiệm s_2 (dấu ■ màu đỏ) lại vị trí $S_{1,2}$ này.



BÀI THÍ NGHIỆM 3

ỨNG DỤNG SIMULINK ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG Lò NHIỆT

1. MỤC ĐÍCH :



SIMULINK là một công cụ rất mạnh của Matlab để xây dựng các mô hình một cách trực quan và dễ hiểu. Để mô tả hay xây dựng hệ thống ta chỉ cần liên kết các khối có sẵn trong thư viện của SIMULINK lại với nhau. Sau đó, tiến hành mô phỏng hệ thống để xem xét ảnh hưởng của bộ điều khiển đến đáp ứng quá độ của hệ thống và đánh giá chất lượng hệ thống.

2. GIỚI THIỆU SIMULINK.

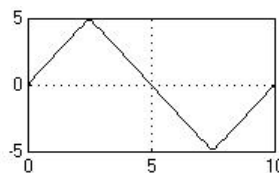
Để thực hiện các yêu cầu trong bài thí nghiệm này, sinh viên cần phải chuẩn bị kỹ và hiểu rõ các khối cơ bản cần thiết trong thư viện của SIMULINK. Sau khi khởi động Matlab 7.0, ta gõ lệnh simulink hoặc nhấn vào nút simulink trên thanh công cụ thì cửa sổ SIMULINK hiện ra:

3. CÁC KHỐI SỬ DỤNG TRONG BÀI THÍ NGHIỆM.

3.1 Khối nguồn – Tín hiệu vào (Source).

 Step	Khối Step (ở thư viện Simulink \ Sources) có chức năng xuất ra tín hiệu hàm nấc. Double click vào khối này để cài đặt các thông số: <ul style="list-style-type: none">· Step time : khoảng thời gian ngõ ra chuyển sang mức Final value kể từ lúc bắt đầu mô phỏng. Cài đặt giá trị này bằng 0.· Initial value : Giá trị đầu. Cài đặt bằng 0.· Final value : Giá trị cuối. Cài đặt theo giá trị ta muốn tác động tới hệ thống. Nếu là hàm nấc đơn vị thì giá trị này bằng 1.· Sample time : thời gian lấy mẫu. Cài đặt bằng 0
 Repeating Sequence	Khối Repeating Sequence (ở thư viện Simulink \ Sources) là khối phát tín hiệu lặp lại. Tùy theo giá trị lập trình mà nó có thể phát ra tín hiệu xung vuông, tam giác hay răng cưa với biên độ và tần số thay đổi được.



Ví dụ: để phát xung tam giác có biên độ 5V, chu kỳ 10s, ta khai báo như sau.





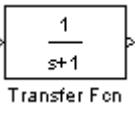

- Time values: [0 2.5 5 7.5 10]

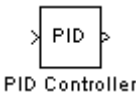

- Output values: [0 5 0 -5 0]

3.2 Khối tải– Thiết bị khảo sát ngõ ra (Sink).

	<p>Khối Mux (ở thư viện Simulink \ Signals Routing) là bộ ghép kênh nhiều ngõ vào 1 ngõ ra, từ ngõ ra này ta đưa vào Scope để xem nhiều tín hiệu trên cùng một cửa sổ. Double click vào khối này để thay đổi số kênh đầu vào (trong mục Number of inputs)</p>
	<p>Khối Scope (ở thư viện Simulink \ Sinks) là cửa sổ xem các tín hiệu theo thời gian, tỉ lệ xích của các trục được điều chỉnh tự động để quan sát tín hiệu một cách đầy đủ</p>

3.3 Các khối xử lý – Khối động học.

	<p>Khối Sum (ở thư viện Simulink \ Math Operations) là bộ tổng (cộng hay trừ) các tín hiệu, thường dùng để lấy hiệu số của tín hiệu đặt với tín hiệu phản hồi. Double click để thay đổi dấu của bộ tổng.</p>
	<p>Khối Gain (ở thư viện Simulink \ Math Operations) là bộ tỉ lệ. Tín hiệu sau khi qua khối này sẽ được nhân với giá trị Gain. Double click để thay đổi giá trị độ lợi Gain</p>
	<p>Khối Transfer Fcn (ở thư viện Simulink \ Continuous) là hàm truyền của hệ tuyến tính. Double click để thay đổi bậc và các hệ số của hàm truyền. Cài đặt các thông số: Numerator : các hệ số của đa thức tử số Denominator : các hệ số của đa thức mẫu số</p>
	<p>Khối Relay (ở thư viện Simulink \ Discontinuities) là bộ điều khiển role 2 vị trí có trễ (còn gọi là bộ điều khiển ON-OFF). Các thông số : Switch on point : nếu tín hiệu đầu vào lớn hơn giá trị này thì ngõ ra của khối Relay lên mức ‘on’ Switch off point : nếu tín hiệu đầu vào nhỏ hơn giá trị này thì ngõ ra của khối Relay xuống mức ‘off’ Output when on : giá trị của ngõ ra khi ở mức ‘on’ Output when off : giá trị của ngõ ra khi ở mức ‘off’ Nếu tín hiệu đầu vào nằm trong khoảng (Switch on point, Switch off point) thì giá trị ngõ ra giữ nguyên không đổi</p>

 <p>PID Controller</p>	<p>Khối PID controller (ở thư viện Simulink Extras \ Additional Linear) là bộ điều khiển PID với hàm truyền</p> $PID = K_p + \frac{K_I}{S} + K_D S$ <p>K_p: hệ số tỉ lệ (proportional term) K_I: hệ số tích phân (integral term) K_D: hệ số vi phân (derivative term)</p>
 <p>Saturation</p>	<p>Khối Saturation (ở thư viện Simulink \ Discontinuities) là một khâu bão hòa. Các thông số cài đặt:</p> <p>Upper limit : giới hạn trên. Nếu giá trị đầu vào lớn hơn Upper limit thì ngõ ra luôn bằng giá trị Upper limit</p> <p>Lower limit : giới hạn dưới. Nếu giá trị đầu vào nhỏ hơn Lower limit thì ngõ ra luôn bằng giá trị Lower limit</p> <p>Khâu bão hoà dùng để thể hiện giới hạn biên độ của các tín hiệu trong thực tế như : áp ra cực đại của bộ điều khiển đặt vào đối tượng, áp nguồn....</p>

3.4 Các bước để xây dựng ứng dụng mới.

- Sau khi khởi động Matlab, gõ lệnh >> simulink hoặc nhấn vào nút simulink trên thanh công cụ thì cửa sổ SIMULINK hiện ra (như ở hình vẽ Trang 1).
- Trong cửa sổ SIMULINK, vào menu File / New để mở cửa sổ cho một ứng dụng mới.
- Kích chuột vào các thư viện đã giới thiệu ở mục II.1 để chọn khối cần tìm. Kích chuột trái vào khối này, sau đó kéo và thả vào cửa sổ ứng dụng vừa mới tạo ra. Double click vào khối này để cài đặt và thay đổi các thông số.
- Có thể nhân số lượng các khối bằng cách dùng chức năng Copy và Paste. Kích chuột trái nối các ngõ vào / ra của các khối để hình thành sơ đồ hệ thống.
- Có thể dời một hoặc nhiều khối từ vị trí này đến vị trí khác bằng cách nhấp chuột để chọn các khối đó và kéo đến vị trí mới. Dùng phím Delete để xóa các phần không cần thiết hay bị sai khi chọn.
- Có thể viết chú thích trong cửa sổ ứng dụng bằng cách double click vào một vị trí trống và gõ câu chú thích vào. Vào menu Format / Font để thay đổi kiểu chữ.
- Như vậy, mô hình hệ thống đã xây dựng xong. Chọn thời gian mô phỏng bằng cách thay đổi giá trị trên thanh công cụ. Giá trị này thay đổi tùy theo đặc tính của hệ thống.
- Chạy mô phỏng bằng cách vào menu Simulation / Start. Khi thời gian mô phỏng bằng giá trị đã đặt ở trên thì quá trình mô phỏng dừng lại. Trong quá trình mô phỏng, nếu ta muốn dừng nửa chừng thì vào menu Simulation / Stop.

4 CHUẨN BỊ THÍ NGHIỆM.

Sinh viên phải chuẩn bị các kiến thức sau trước khi bước vào thí nghiệm:

- Tìm hiểu sơ lược Matlab và Simulink.
- Mô tả toán học hệ thống điều khiển tự động, đánh giá chất lượng hệ thống điều khiển tự động.
- Mô hình hóa đối tượng và xác định thông số bộ điều khiển PID theo phương pháp thứ nhất của Ziegler – Nichols.
- Phương pháp điều khiển on – off. Ưu khuyết điểm của điều khiển on – off so với điều khiển sớm trễ pha hay PID.
- Phương pháp điều khiển PID. Ưu khuyết điểm của điều khiển PID. Cách hiệu chỉnh thông số PID dựa vào đáp ứng quá độ đối với tín hiệu vào hàm nấc đơn vị.

5 THÍ NGHIỆM.

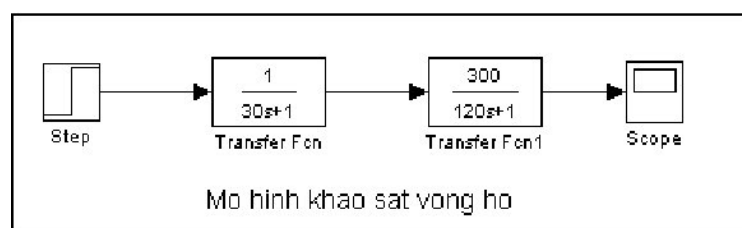
5.1 Khảo sát hệ hở, nhận dạng hệ thống theo mô hình Ziegler – Nichols.

5.1.1 Mục đích.

- Đặc trưng của lò nhiệt là khâu quán tính nhiệt. Từ khi bắt đầu cung cấp năng lượng đầu vào cho lò nhiệt, nhiệt độ của lò bắt đầu tăng lên từ từ. Để nhiệt độ lò đạt tới giá trị nhiệt độ cần nung thì thường phải mất một khoảng thời gian khá dài. Đây chính là đặc tính quán tính của lò nhiệt. Khi tuyến tính hoá mô hình lò nhiệt, ta xem hàm truyền của lò nhiệt như là một khâu quán tính bậc 2 hoặc như là một khâu quán tính bậc nhất nối tiếp với khâu trễ. Trong bài thí nghiệm này ta xem mô hình lò nhiệt như là một khâu quán tính bậc 2.
- Trong phần này, sinh viên sẽ khảo sát khâu quán tính bậc 2 cho trước. Dùng phương pháp Ziegler-Nichols nhận dạng hệ thống sau đó xây dựng lại hàm truyền. So sánh giá trị các thông số trong hàm truyền vừa tìm được với khâu quán tính bậc 2 cho trước này.

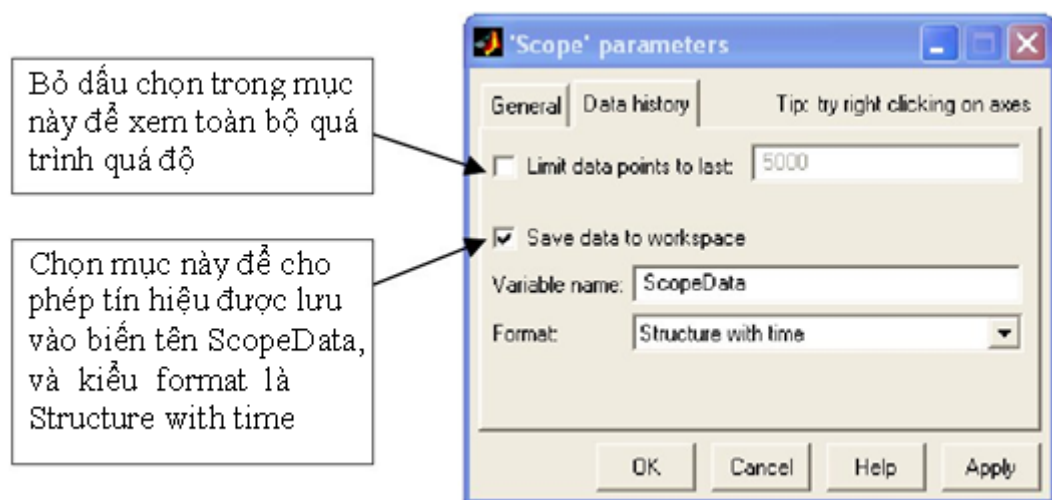
5.1.2 Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1.** Dùng SIMULINK để xây dựng mô hình lò nhiệt vòng hở như sau.

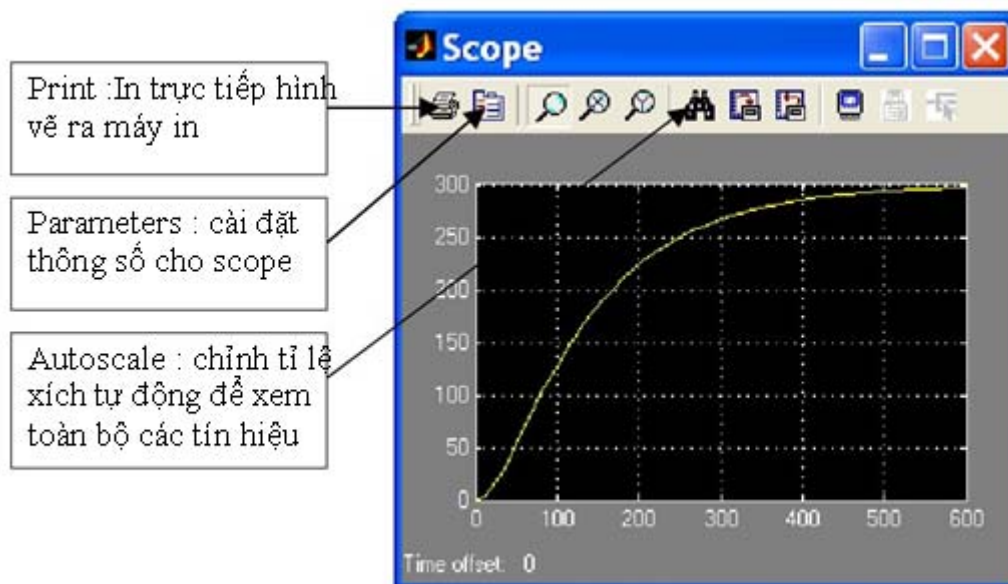


Trong đó

- Step : là tín hiệu hàm nấc thể hiện phần trăm công suất cung cấp cho lò nhiệt. Giá trị của hàm nấc từ 0÷1 tương ứng công suất cung cấp 0%÷100%
 - Transfer Fcn – Transfer Fcn1: mô hình lò nhiệt tuyến tính hóa.
 - Ngõ ra của Transfer Fcn1 là nhiệt độ thực của lò, được đưa vào Scope để quan sát.
- **Bước 2.** Chỉnh giá trị của hàm nấc: Step time = 0, Initial value = 0, Final value = 1. Chỉnh thời gian mô phỏng Stop time = 600s.
- **Bước 3:** Nhấp chuột vào ô Parameters, vào trang Data History và tiến hành cài đặt các thông số như hình bên dưới:



- **Bước 4:** Nhấn Run để mô phỏng quá trình.
- **Bước 5:** Double click vào khối Scope. Cửa sổ Scope hiện ra như sau.



- **Bước 6:** Vào cửa sổ Command Window để nhập các dòng lệnh sau.
>> plot(ScopeData.time, ScopeData.signals.values) % Vẽ lại đáp ứng.
>> grid on % Kẻ lưới.
- **Bước 7:** Lúc này cửa sổ Figure hiện ra với hình vẽ giống như hình vẽ ở cửa sổ Scope. Vào menu Insert/ Line, Insert/ Text để tiến hành kẻ tiếp tuyến và chú thích cho hình vẽ. Kết quả cuối cùng như hình bên dưới :
- **Bước 8:** Vào menu [File]→[Export] để lưu thành file *.bmp.
- **Bước 9:** Dựa vào hình vẽ, xác định L và T.

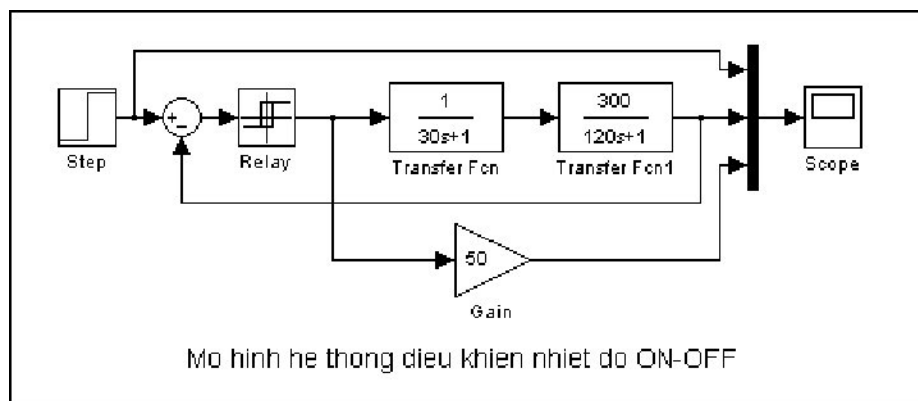
5.2 Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ ON – OFF.

5.2.1 Mục đích.

Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ ON-OFF, xét ảnh hưởng của khâu role có trễ.

5.2.2 Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1:** Dùng SIMULINK để xây dựng hệ thống điều khiển nhiệt độ on – off như sau:



Trong đó:

- Step : là tín hiệu hàm nấc thể hiện nhiệt độ đặt của lò.
 - Transfer Fcn – Transfer Fcn1 : mô hình lò nhiệt tuyến tính hóa.
 - Khối Relay là bộ điều khiển ON – OFF.
 - Ngõ ra của Transfer Fcn1 là nhiệt độ thực của lò, được đưa vào Scope để quan sát.
 - Hệ có hồi tiếp âm đơn vị.
 - Khối Gain dùng để khuếch đại tín hiệu ngõ ra khối Relay để quan sát cho rõ. Lưu ý rằng giá trị này không làm thay đổi cấu trúc của hệ thống mà chỉ hỗ trợ việc quan sát tín hiệu.
- **Bước 2:** Chỉnh giá trị của hàm nấc: Step time = 0, Initial value = 0, Final value = 100, giá trị khối Gain = 50. Chỉnh thời gian mô phỏng Stop time = 600s. Chỉnh thông số khối Relay theo bảng sau:

Vùng trể (Switch on /off point)	Ngõ ra cao (Output when on)	Ngõ ra thấp (Output when off)
+1 / -1	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)
+5 / -5	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)
+10 / -10	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)
+20 / -20	1 (công suất 100%)	0 (công suất 0%)

- **Bước 3:** Nhấn Run để mô phỏng quá trình.
- **Bước 4:** Ứng với mỗi thông số của khối Relay, lưu lại hình vẽ và ghi nhận các giá trị trong bảng sau để viết báo cáo. Trên hình vẽ trong bài báo cáo chỉ rõ 2 sai số $+\Delta e1$ / $-\Delta e2$ quanh giá trị đặt và chu kỳ đóng ngắt.

Vùng trể	$\Delta e1$	$\Delta e2$	Chu kỳ đóng ngắt (s)
+1 / -1			
+5 / -5			
+10 / -10			
+20 / -20			

- **Bước 5:** Dựa vào các kết quả mô phỏng trên, trả lời các câu hỏi sau.
 - 1) Nhận xét sự ảnh hưởng của vùng trể đến sai số ngõ ra và chu kỳ đóng ngắt của khâu Relay.
 - 2) Để sai số của ngõ ra xấp xỉ bằng 0 thì ta thay đổi giá trị vùng trể bằng bao nhiêu? Chạy mô phỏng minh họa.
 - 3) Chu kỳ đóng ngắt lúc này thay đổi như thế nào? Trong thực tế, ta thực hiện bộ điều khiển ON-OFF như vậy có được không? Tại sao?
 - 4) Vùng trể lựa chọn bằng bao nhiêu là hợp lý. Hãy giải thích sự lựa chọn này.

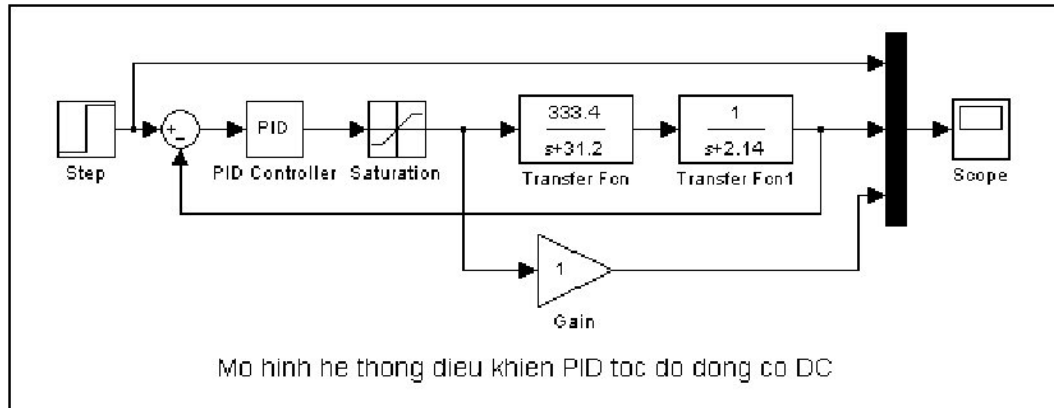
5.3 Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ PID (phương pháp Ziegler – Nichols).

5.3.1 Mục đích.

- Khảo sát mô hình điều khiển nhiệt độ dùng bộ điều khiển PID, các thông số của bộ PID được tính theo phương pháp Ziegler-Nichols. Từ đó so sánh chất lượng của hệ thống ở 2 bộ điều khiển PID với bộ điều khiển ON-OFF.

5.3.2 Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1:** Dùng SIMULINK để xây dựng hệ thống điều khiển nhiệt độ PID như sau:



Trong đó:

- Step : là tín hiệu hàm nấc thể hiện nhiệt độ đặt của lò.
 - Transfer Fcn – Transfer Fcn1 : mô hình lò nhiệt tuyến tính hóa.
 - Khối PID là bộ điều khiển PID.
 - Khối bảo hòa Saturation chỉ tín hiệu điều khiển
 - Ngõ ra của Transfer Fcn1 là nhiệt độ thực của lò, được đưa vào Scope để quan sát.
 - Hệ có hồi tiếp âm đơn vị.
 - Khối Gain dùng để khuếch đại tín hiệu ngõ ra khối Relay để quan sát cho rõ. Lưu ý rằng giá trị này không làm thay đổi cấu trúc của hệ thống mà chỉ hỗ trợ việc quan sát tín hiệu.
- **Bước 2:** Chỉnh giá trị của hàm nấc: Step time = 0, Initial value = 0, Final value = 100, giá trị khối Gain = 50, khâu bảo hòa Saturation có giới hạn là upper limit = 1, lower limit = 0 tượng trưng ngõ ra bộ điều khiển có công suất cung cấp từ 0% đến 100%.
- **Bước 3:** Tính toán giá trị Tính giá trị các thông số Kp, Ki, Kd của khâu PID theo phương pháp Ziegler-Nichols từ thông số L và T tìm được ở phần 5.1.
- **Bước 4:** Chạy mô phỏng. Có thể chỉnh lại Stop Time cho phù hợp.
- **Bước 5:** Lưu lại đáp ứng để viết báo cáo. Trong hình vẽ phải chú thích rõ tên các tín hiệu. Xác định chất lượng của hệ thống.
- **Bước 6:** Nhận xét về chất lượng ngõ ra ở 2 phương pháp điều khiển PID và ON-OFF.

5.4 Mở rộng.

- Lập lại các bước 4.1, 4.2, 4.3 cho lò nhiệt có hàm truyền như sau:

$$G(s) = \frac{10}{(s+1)(s+5)}$$

- Lưu ý: Độ lợi Gain trong các khối Gain cho bằng 1.

BÀI THÍ NGHIỆM 4

ỨNG DỤNG SIMULINK ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ

1. CHUẨN BỊ.

Sinh viên phải chuẩn bị các kiến thức sau trước khi bước vào thí nghiệm.

- Tìm hiểu sơ lược Matlab và Simulink.
- Mô tả toán học hệ thống điều khiển tự động, đánh giá chất lượng hệ thống điều khiển tự động.
- Mô hình hóa đối tượng và xác định thông số bộ điều khiển PID theo phương pháp thứ nhất của Ziegler – Nichols.
- Phương pháp điều khiển on – off. Ưu khuyết điểm của điều khiển on – off so với điều khiển sớm trễ pha hay PID.
- Phương pháp điều khiển PID. Ưu khuyết điểm của điều khiển PID. Cách hiệu chỉnh thông số PID dựa vào đáp ứng quá độ đối với tín hiệu vào hàm nấc đơn vị.

2. THÍ NGHIỆM.

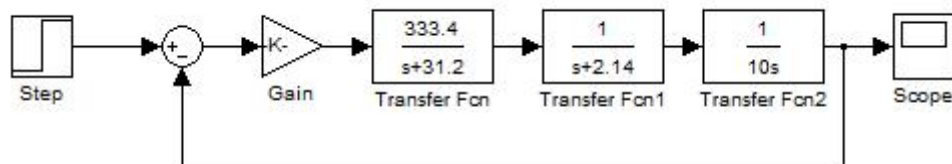
2.1 Khảo sát hệ vòng kín, nhận dạng hệ thống theo mô hình Ziegler – Nichols.

2.1.1 Mục đích.

Đối với các hệ có khâu tích phân lý tưởng như động cơ, đáp ứng quá độ (hệ hở) không ổn định. Đối với các đối tượng này, thông số bộ điều khiển xác định theo phương pháp thứ hai của Zeigler – Nichols. Bài thí nghiệm này giới thiệu phương pháp thứ hai của Zeigler – Nichols.

2.2.2 Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1.** Dùng SIMULINK để xây dựng mô hình điều khiển vòng kín vị trí động cơ DC như sau.



- Trong đó
 - Step: là tín hiệu hàm nấc đơn vị.
 - Transfer Fcn – Transfer Fcn1 – Transfer Fcn 2: mô hình động cơ tuyến tính hóa.
 - Ngõ ra của Transfer Fcn2 là vị trí được đưa vào Scope để quan sát.
- **Bước 2.** Chỉnh giá trị của hàm nấc: Step time = 0, Initial value = 0, Final value = 1. Chỉnh thời gian mô phỏng Stop time = 50s.

- **Bước 3:** Nhấp chuột vào ô Parameters, vào trang Data History, bỏ Limit data points to last.
- **Bước 4:** Thay đổi hệ số Gain trong khối Gain. Lặp đi lặp lại cho đến khi đáp ứng có dao động đều không tắt dần (ở biên giới ổn định).
- **Bước 4:** Nhấn Run để mô phỏng quá trình.
- **Bước 5:** Double click vào khối Scope.
- **Bước 6:** Dựa vào hình vẽ, xác định Kgh và Tgh: $K_{gh} = 66.8$, $T_{gh} = 0.8$.

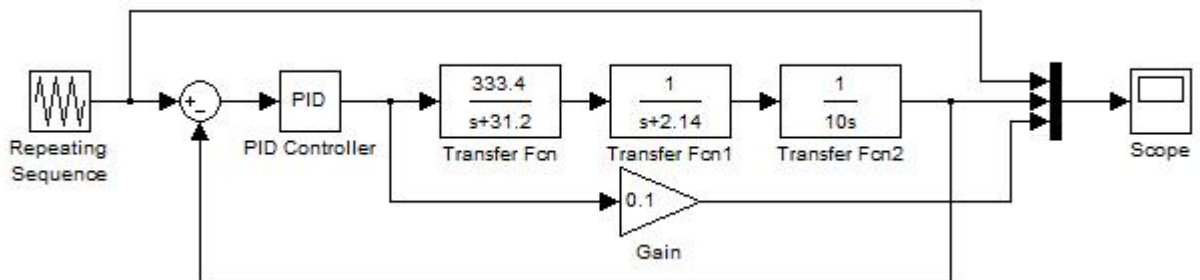
2.2 Khảo sát mô hình điều khiển động cơ PID (phương pháp Ziegler –Nichols).

2.2.1 Mục đích.

Trong phần này, sinh viên sẽ xây dựng mô hình điều khiển vị trí động cơ DC dùng bộ điều khiển PID. Khảo sát ảnh hưởng của bộ điều khiển PID đến đáp ứng ngõ ra với tín hiệu đầu vào là hàm dốc.

2.2.2 Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1:** Dùng SIMULINK để xây dựng mô hình vòng kín điều khiển vị trí động cơ DC như sau:



- **Bước 2:** Xác định thông số PID theo Zeigler – Nichols ($K_p = 40$, $T_i = 0.4$, $T_d = 0.1$, $K_d = 4$, $K_i = 100$)
- **Bước 3:** Nhập thông số PID theo bước 8, khối Repeating Sequence có các thông số Time values: [0 2.5 5 7.5 10]; Output values: [0 5 0 -5 0].
- **Bước 4:** Nhấn Run để mô phỏng quá trình.
- **Bước 5:** Lưu hình vẽ để viết báo cáo. Trên hình vẽ ghi rõ chú thích. Xác định chất lượng của hệ thống.

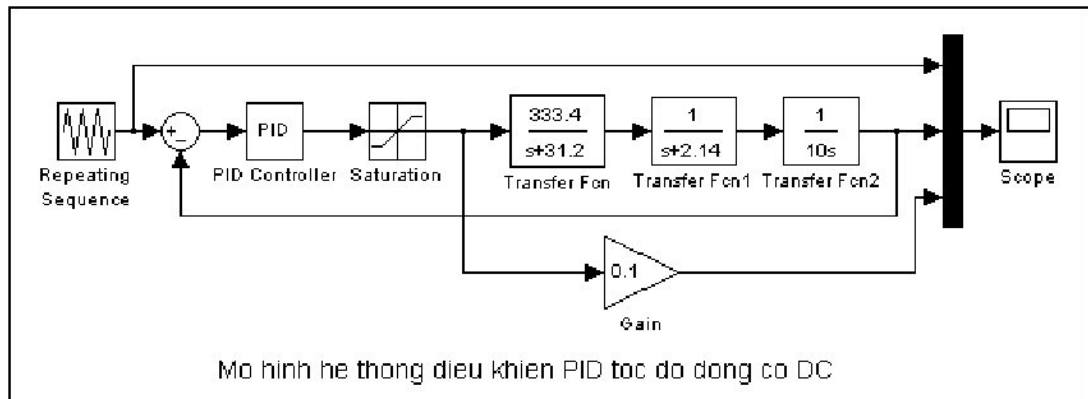
2.3 Khảo sát ảnh hưởng các hệ số K_p , K_i , K_d lên chất lượng của hệ thống.

2.3.1 Mục đích.

Trong phần này sinh viên sẽ khảo sát ảnh hưởng của các hệ số K_p , K_i , K_d trong bộ điều khiển PID đến chất lượng của hệ thống điều khiển từ đó rút ra kinh nghiệm hiệu chỉnh thông số bộ điều khiển PID và so sánh với kết quả lý thuyết.

2.3.2 Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1:** Dùng SIMULINK để xây dựng mô hình điều khiển vị trí động cơ như sau:



a. Chính thời gian mô phỏng Stop time = 10s. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển P ($K_I = 0, K_D = 0$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_P	1	10	20	50	100
POT					
E_{xl}					
t_{xl}					

b. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển PI ($K_P = 2, K_D = 0$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_I	0.1	0.5	0.8	1	2
POT					
E_{xl}					
t_{xl}					

c. Thực hiện khảo sát hệ thống với bộ điều khiển PID ($K_P = 2, K_I = 2$) và tính độ vọt lố, sai số xác lập, thời gian xác lập của ngõ ra theo bảng sau:

K_D	0.1	0.2	0.5	1	2
POT					
E_{xl}					
t_{xl}					

- **Bước 2:** Chạy mô phỏng với các thông số đã cho ở trên.

- **Bước 3:** Lưu kết quả để viết báo cáo. Trên hình vẽ ghi rõ chú thích. Xác định chất lượng của hệ thống cho từng trường hợp.
- **Bước 4:** Nhận xét về sự ảnh hưởng của K_p , K_i , K_d . So sánh với kết quả lý thuyết.

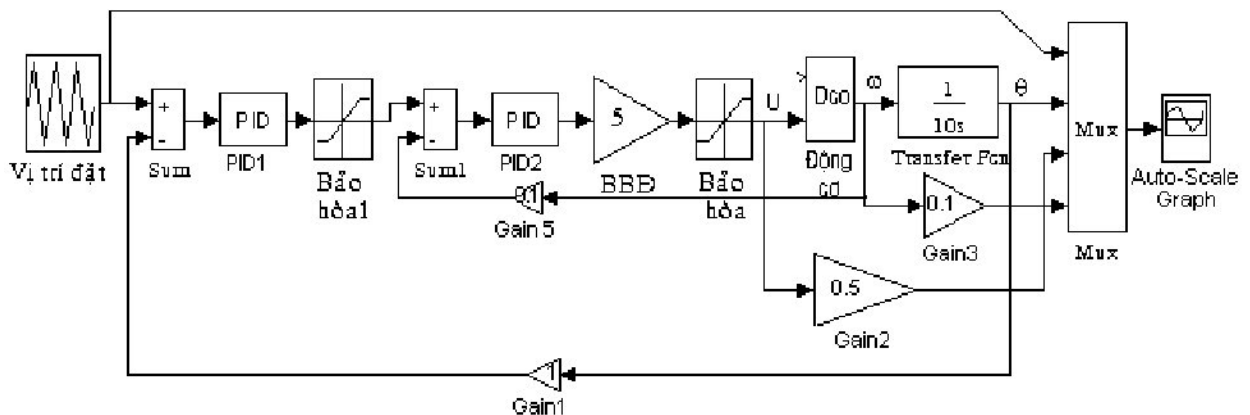
2.4 Hệ thống điều khiển dùng hai hiệu chỉnh PID vị trí và tốc độ.

2.4.1 Mục đích.

- Về nguyên tắc, ta không cần phản hồi tốc độ khi điều khiển vị trí. Tuy nhiên, có thể hình dung là khi sai lệch vị trí lớn sẽ dẫn đến điện áp đặt vào động cơ lớn làm tăng tốc độ quay. Điều này có thể không tốt đối với một số loại tải. Muốn kiểm soát cả đặc tính tốc độ của hệ thống, người ta dùng hai vòng điều khiển tốc độ và vị trí với hai bộ hiệu chỉnh độc lập. Phương pháp này còn gọi là điều khiển nhiều vòng hay điều khiển tọa độ.
- Phương pháp hiệu chỉnh là thực hiện lần lượt tính toán vòng tốc độ rồi vị trí. Ở vòng tốc độ chọn kết quả hiệu chỉnh là không hay ít vọt lố. Các bộ hiệu chỉnh không nhất thiết là đầy đủ PID, ở đây chọn PI. Cũng có thể hình dung tác dụng của phản hồi tốc độ là cải thiện đặc tính quá độ khi để ý tốc độ là đạo hàm vị trí.

2.4.2 Trình tự thí nghiệm.

- **Bước 1:** Dùng SIMULINK để xây dựng mô hình điều khiển vị trí động cơ như sau:



- **Bước 2:** Khai báo thông số hai bộ điều khiển PID như sau: $K_{i1} = 27.5$; $K_{p1} = 9.81$, $K_{i2} = 6.25$; $K_{p2} = 2.91$.
- **Bước 3:** Chạy mô phỏng.
- **Bước 4:** Lưu kết quả để viết báo cáo. Trên hình vẽ ghi rõ chú thích. Xác định chất lượng của hệ thống.
- **Bước 5:** Xây dựng lại mô hình Simulink có một vòng điều khiển vị trí như 2.2 với thông số bộ điều khiển PID $K_{i1} = 27.5$; $K_{p1} = 9.81$.
- **Bước 6:** Chạy mô phỏng. Lưu kết quả để viết báo cáo. Trên hình vẽ ghi rõ chú thích. Xác định chất lượng của hệ thống.
- **Bước 7:** So sánh chất lượng hai cách điều khiển nói trên. Kết luận.