

"Don't study, don't know - Studying you will know!"

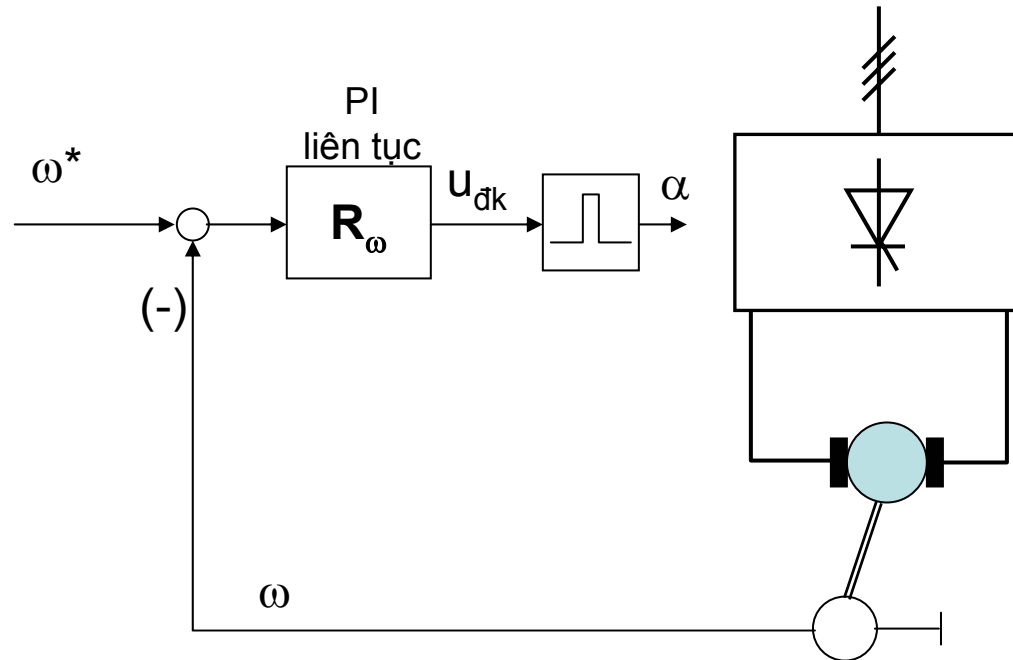
NGUYEN TRUNG HOA

CHƯƠNG 1: NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN CỦA ĐIỀU KHIỂN SỐ

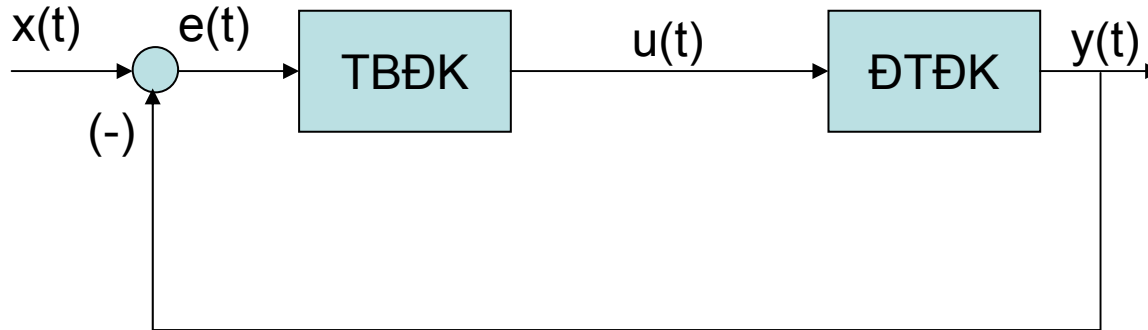
1.1 Định nghĩa hệ thống điều khiển số

- Hệ thống điều khiển liên tục: tất cả các tín hiệu truyền trong hệ thống đều là các tín hiệu liên tục.
- Hệ thống điều khiển số: có ít nhất một tín hiệu truyền trong hệ thống là tín hiệu xung, số.

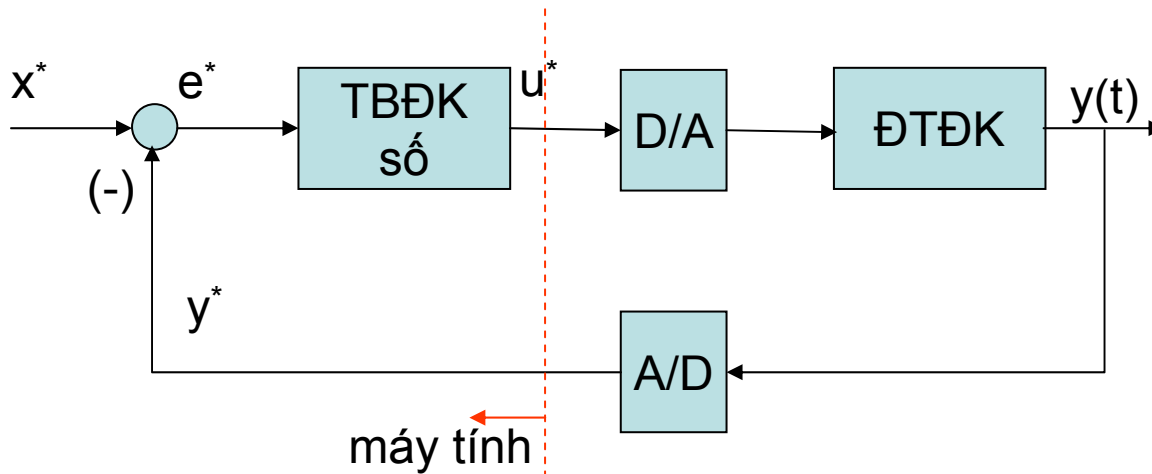
Ví dụ hệ thống điều khiển liên tục – điều khiển tốc độ ĐM_{đl}



Sơ đồ khối hệ thống điều khiển liên tục



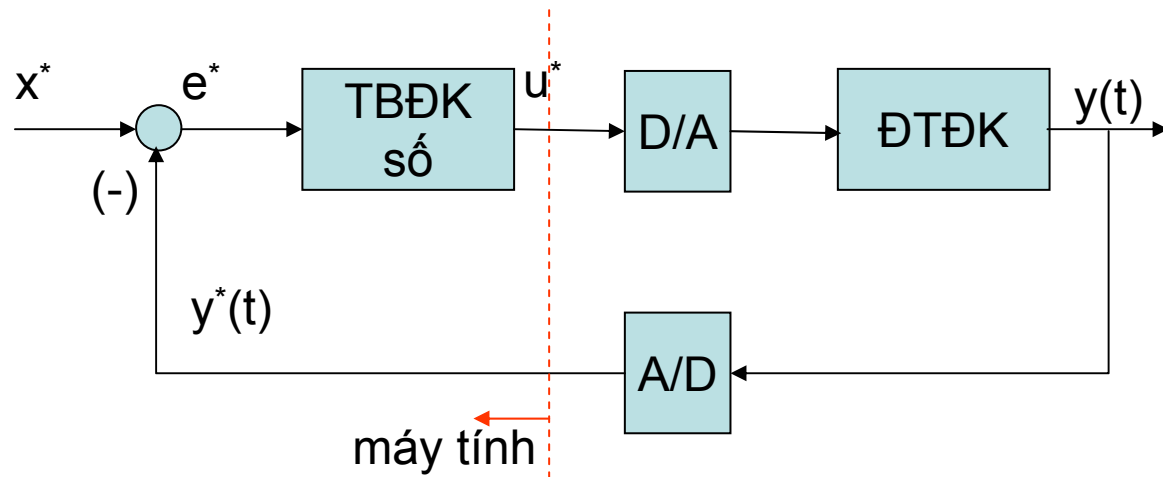
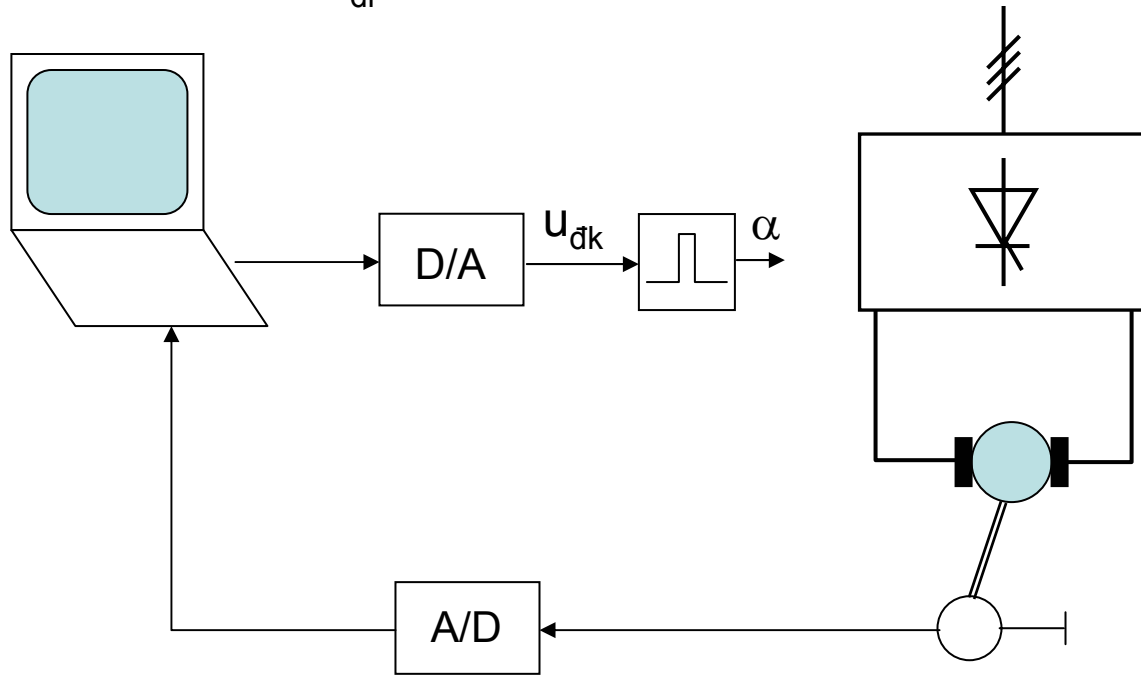
Sơ đồ khối hệ thống điều khiển số



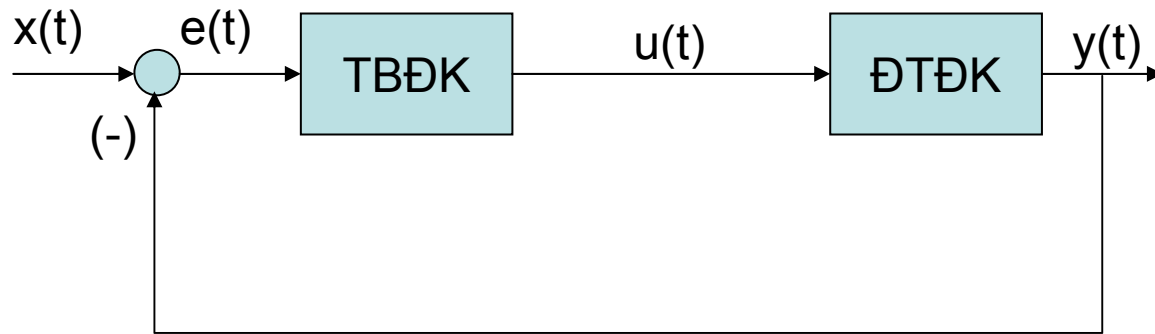
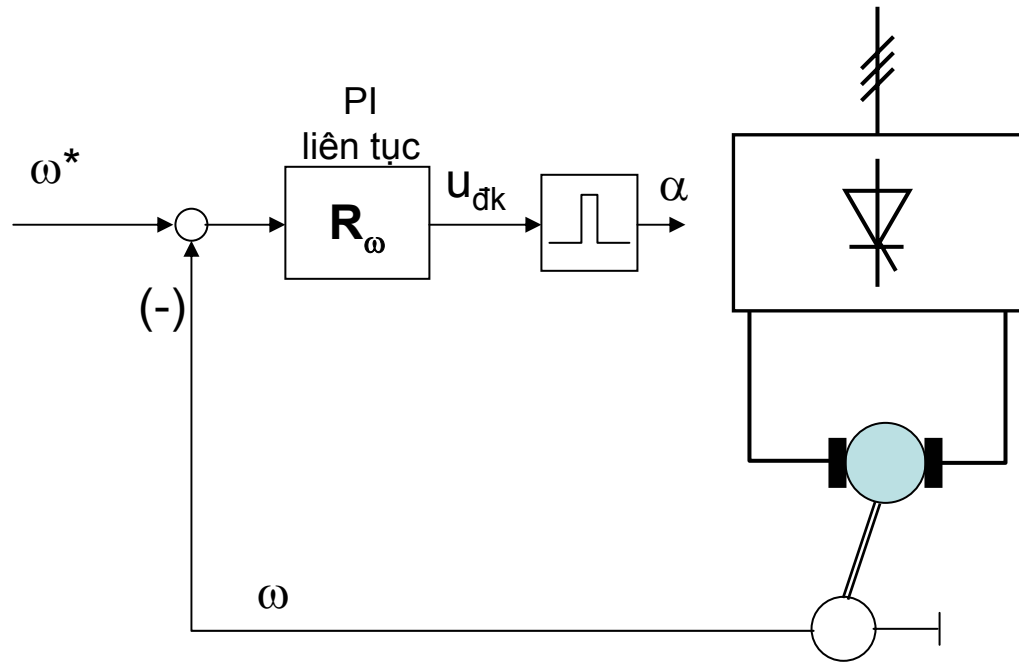
TBĐK số: phần mềm

Máy tính: hệ thống vi xử lý, vi điều khiển, PC, ...

Hệ thống điều khiển số ĐM_{đl}

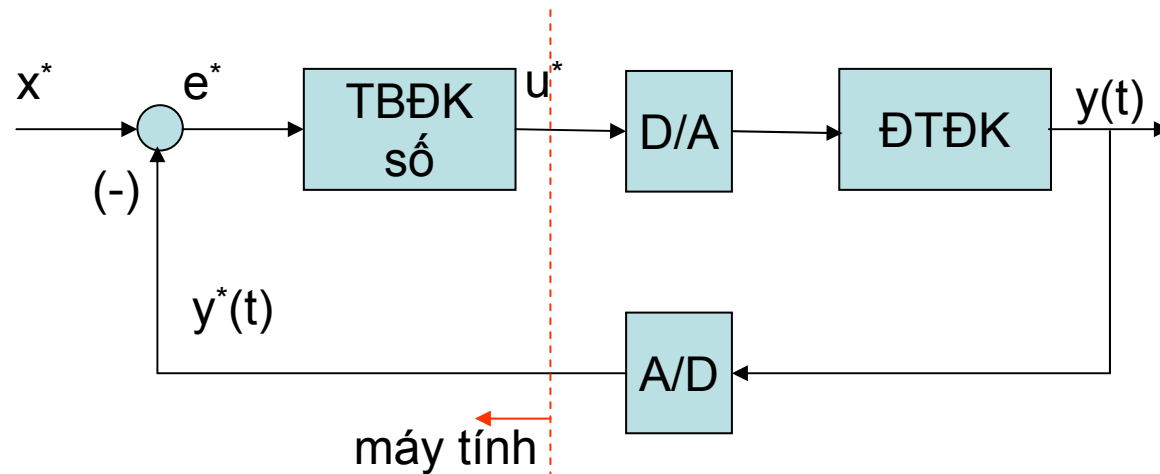


Hệ thống điều khiển liên tục ĐM_{đl}



- Hệ thống điều khiển liên tục: phần cứng. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống và sơ đồ khối tương tự như nhau.
- Hệ thống điều khiển số: phần mềm. Sự khác nhau giữa nguyên lý của hệ thống và sơ đồ khối. Nhắc đến hệ thống điều khiển số là nói đến cả phần cứng và phần mềm.

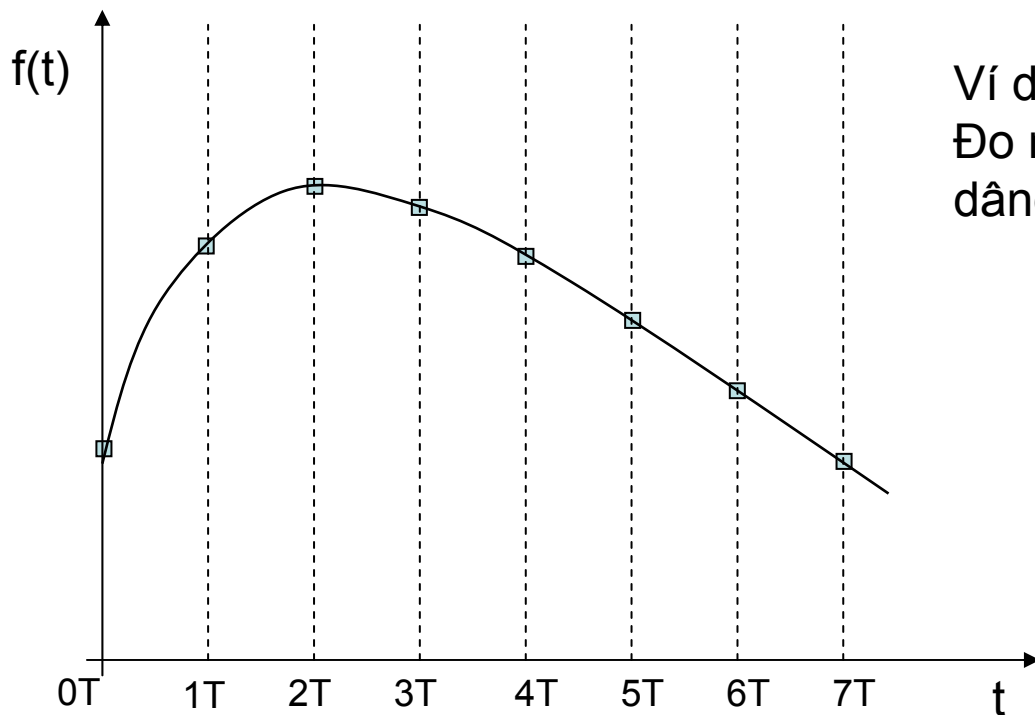
Chức năng của máy tính: tính toán, xác định các tín hiệu \rightarrow **xử lý tín hiệu số**



1.2 Lấy mẫu (lượng tử hóa) tín hiệu

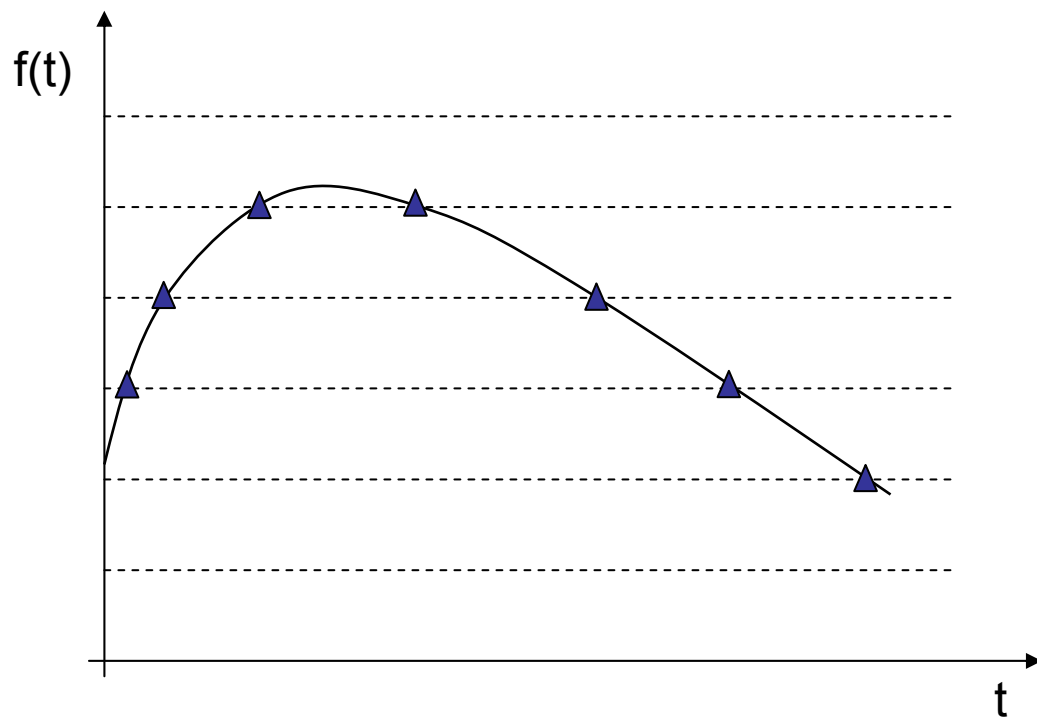
3 nguyên tắc lượng tử hóa

1. Lượng tử hóa theo thời gian: Lấy mẫu tín hiệu vào những thời điểm định trước, cách đều nhau một **chu kỳ lấy mẫu T** . Giá trị thu được là những giá trị của tín hiệu tại thời điểm lấy mẫu.



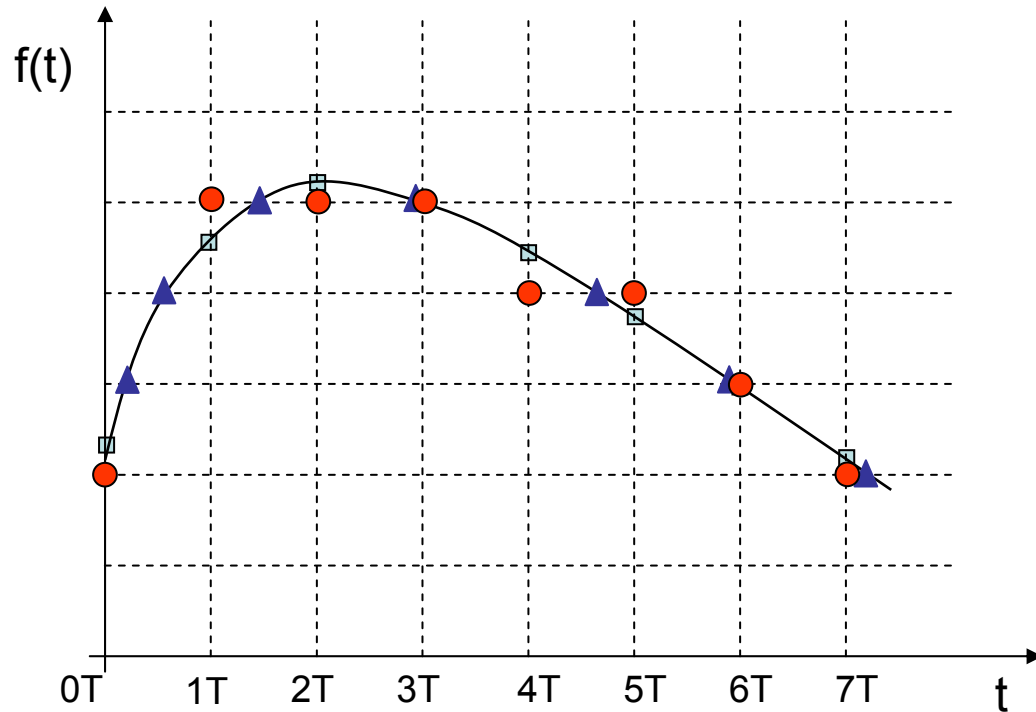
Ví dụ: đo mực nước sông.
Đo mùa khô. Đo mùa nước dâng

2. Lượng tử hóa theo mức: Lượng tử hóa tín hiệu khi tín hiệu đạt những giá trị định trước.



Ví dụ: đo mực nước sông theo mức báo động

3. Lượng tử hóa hỗn hợp: Lấy mẫu tín hiệu vào những thời điểm định trước, cách đều nhau một chu kỳ lấy mẫu T . Giá trị thu được bằng mức định trước, có sai số bé nhất so với giá trị thực của tín hiệu tại thời điểm lấy mẫu.



Ví dụ đọc số đo

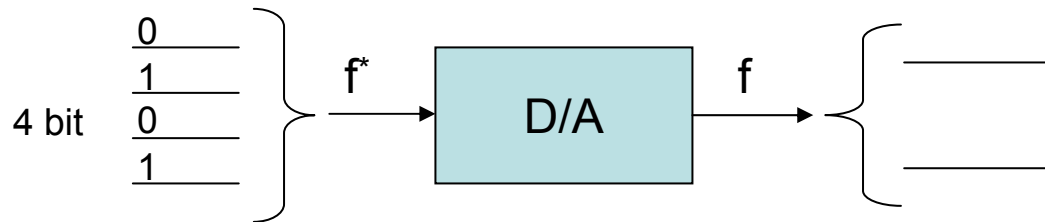
Trong kỹ thuật, đại đa số các trường hợp đều sử dụng phương pháp lượng tử hóa theo thời gian.

Chỉ xét đến lượng tử hóa theo thời gian với chu kỳ lấy mẫu T

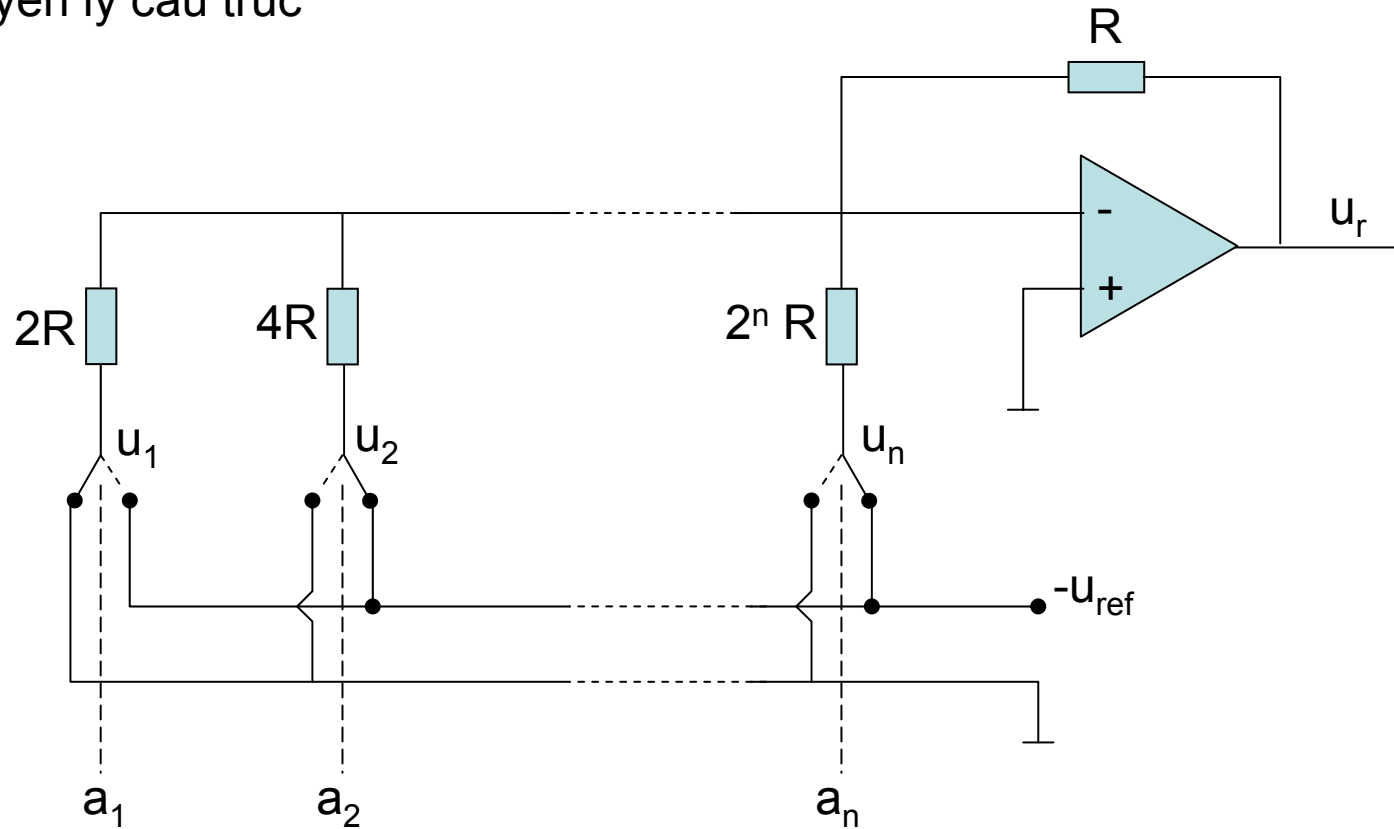
1.3 Nguyên lý cấu trúc các bộ biến đổi tín hiệu

1. Bộ biến đổi D/A

Chức năng: biến đổi tín hiệu số thành tín hiệu liên tục



Nguyên lý cấu trúc



$$u_i = -a_i u_{ref}$$

$$\begin{aligned} u_r &= -R \sum_{i=1}^n \frac{u_i}{2^i R} = \sum_{i=1}^n \frac{a_i u_{ref}}{2^i} \\ &= \frac{u_{ref}}{2^n} \sum_{i=1}^n a_i 2^{n-i} = \frac{u_{ref}}{2^n} (a_1 2^{n-1} + a_2 2^{n-2} + \dots + a_{n-1} 2^1 + a_n 2^0) \end{aligned}$$

- Số lượng bit n .

- Giá trị cực đại điện áp đầu ra $u_{r\max}$

$$u_{r\max} = u_{ref} \frac{2^n - 1}{2^n}$$

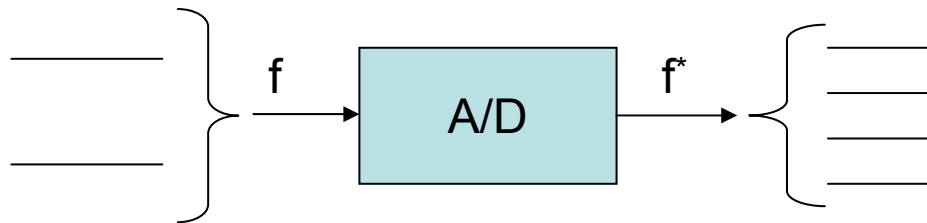
- Độ phân giải $\frac{u_{ref}}{2^n}$

- Độ tuyến tính

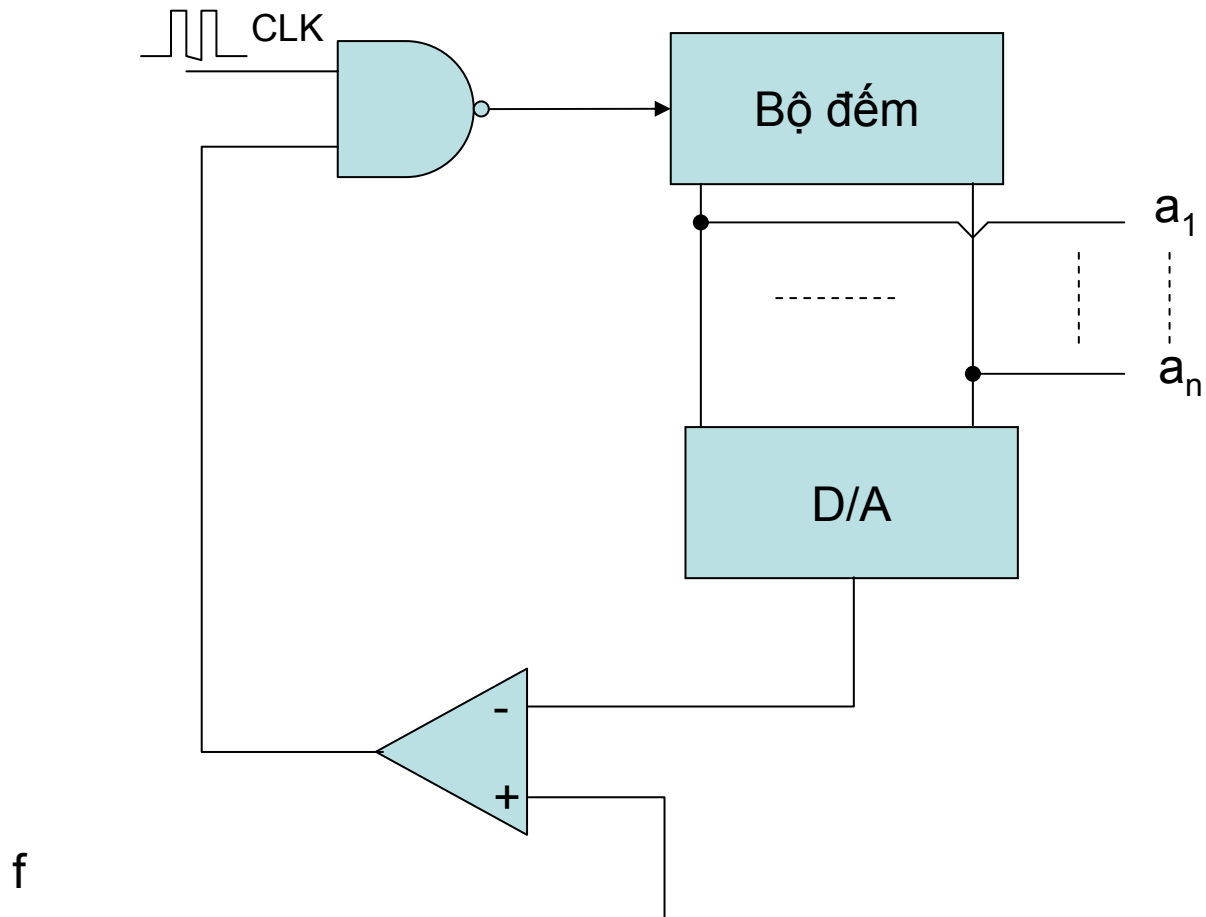
- Tần số làm việc

2. Bộ biến đổi A/D

Chức năng: biến đổi tín hiệu liên tục thành tín hiệu số



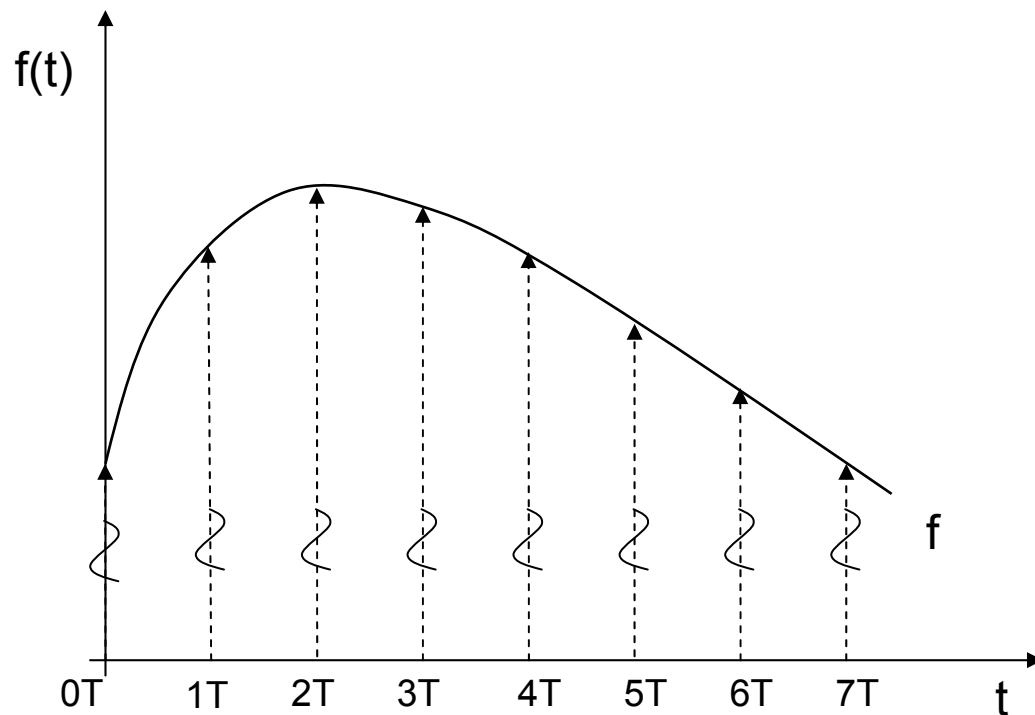
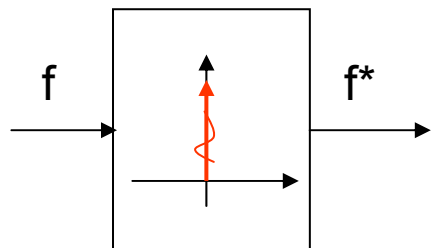
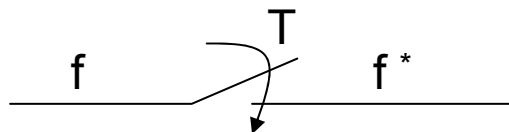
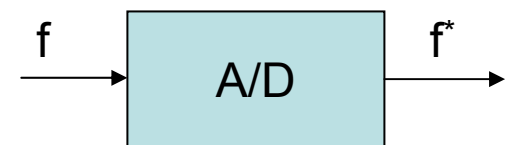
Nguyên lý cấu trúc



- Tính phức tạp
- Tốc độ
- Giá thành

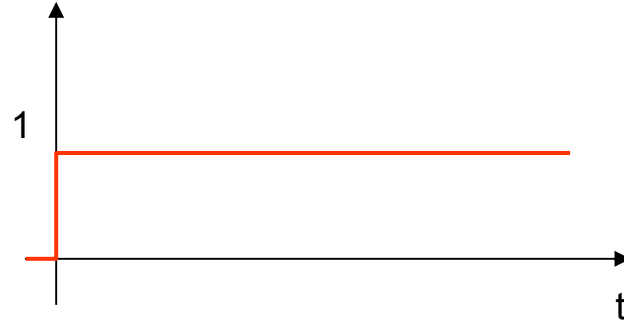
1.4 Vấn đề chuyển đổi tín hiệu

1. A/D



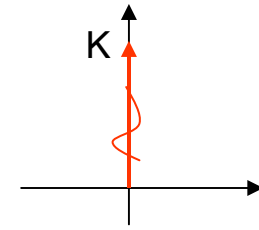
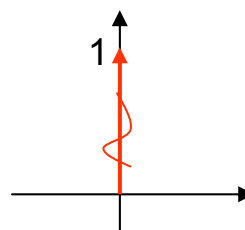
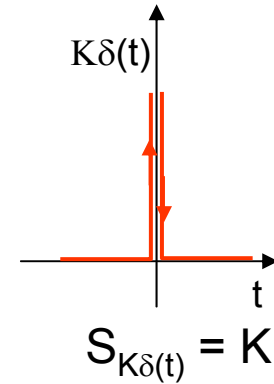
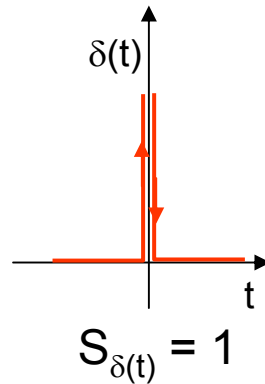
Nhắc lại hàm bậc thang đơn vị và xung Dirac

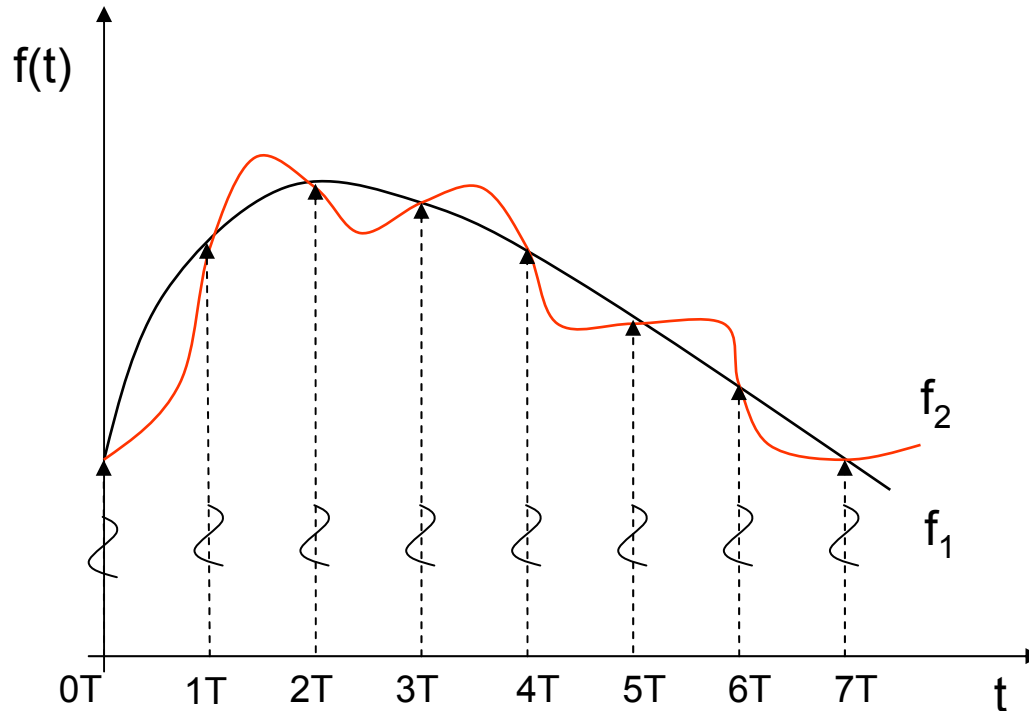
$$1(t) = \begin{cases} 0 \dots t < 0 \\ 1 \dots t \geq 0 \end{cases}$$



$$\delta(t) = \frac{d1(t)}{dt}$$

$$\delta(t) = \begin{cases} 0 \dots t \neq 0 \\ \infty \dots t = 0 \end{cases}$$





Định lý Nyquist: Chu kỳ lấy mẫu T của bộ biến đổi A/D phải có giá trị

$$T \leq \frac{1}{2f_{\max}}$$

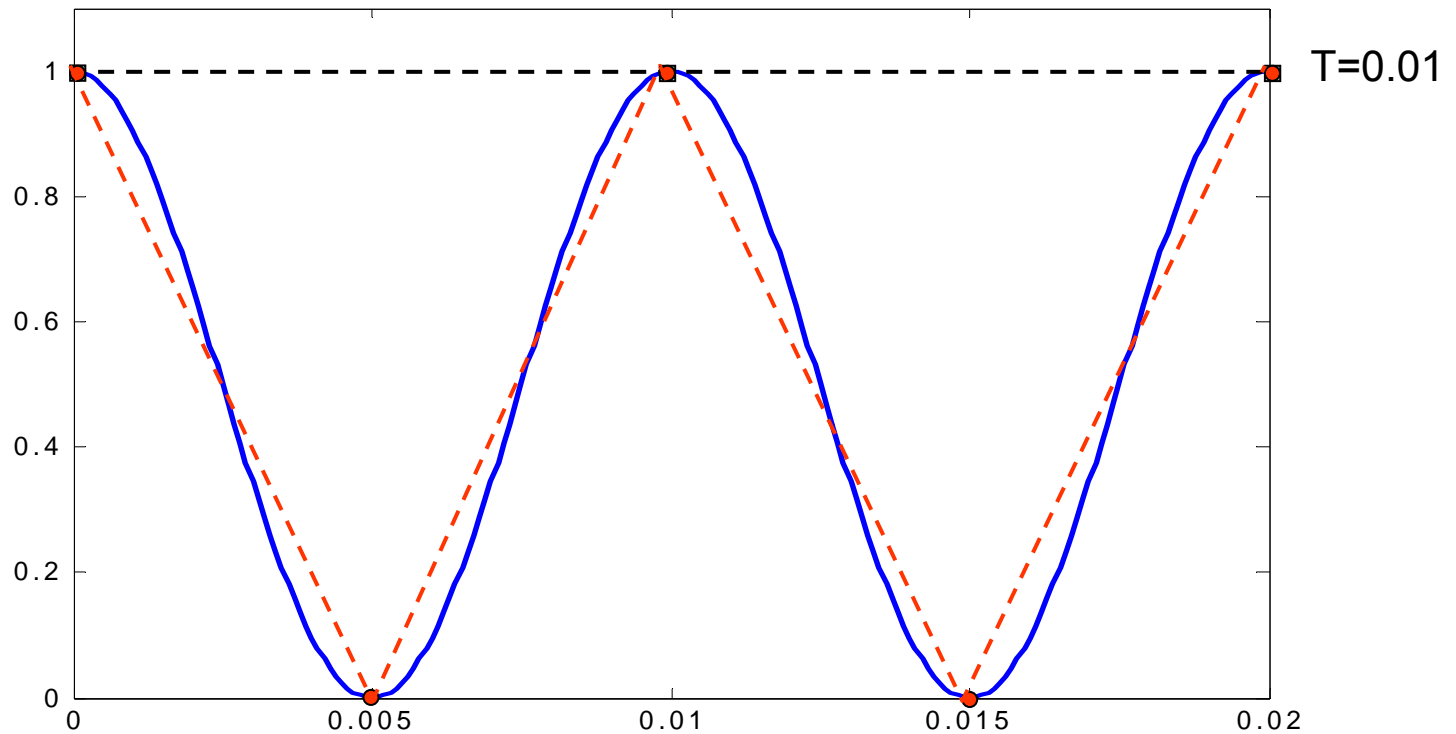
trong đó f_{\max} là tần số cực đại của sóng điều hòa hình sin tín hiệu đầu vào.

Ví dụ: $f(t) = \cos^2(100\pi t)$

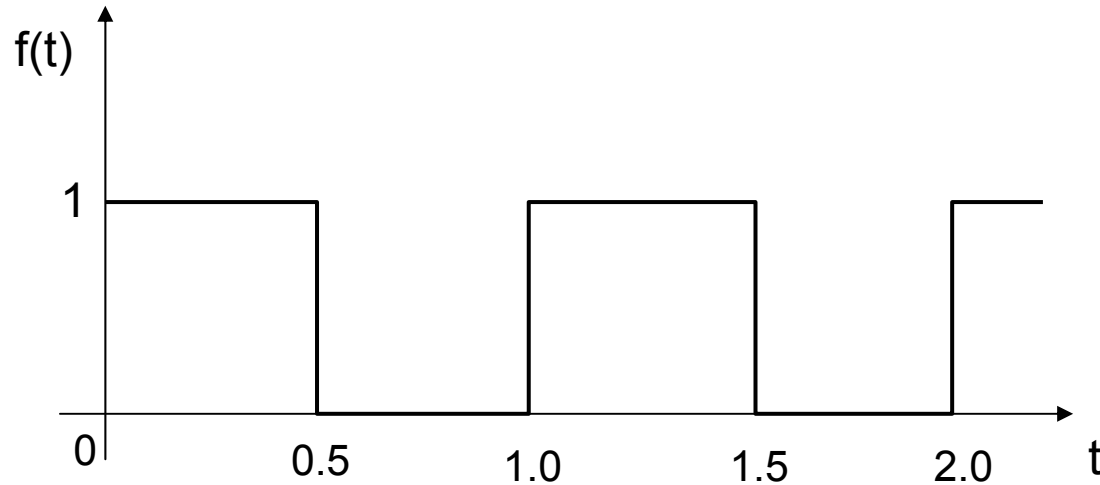
$T_{\max} = ?$

$$\cos^2 100\pi t = \frac{1 + \cos(2 \cdot 100\pi t)}{2}$$

$$f_{\max} = 100[\text{Hz}] \Rightarrow T_{\max} = \frac{1}{200} = 0.005[\text{s}]$$



Cho tín hiệu

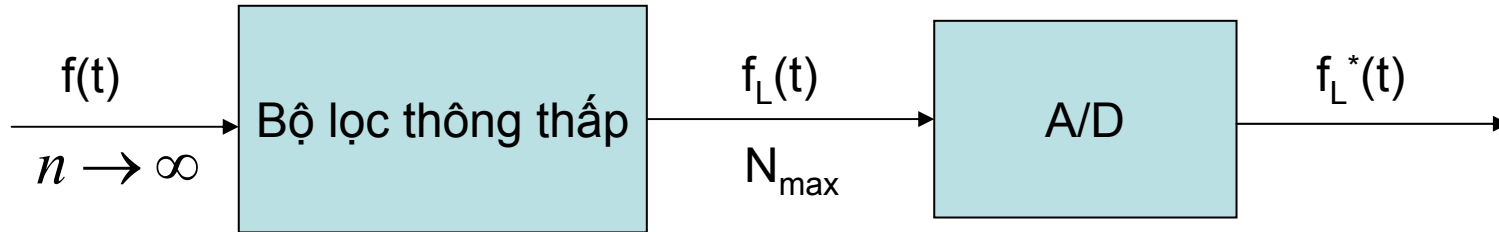


$T_{\max} = ?$

$$f(t) = \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{(2n-1)\pi} \sin[(2n-1)2\pi t]$$

$$T_{\max} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2(2n-1)} = 0 \quad \text{!!!!}$$

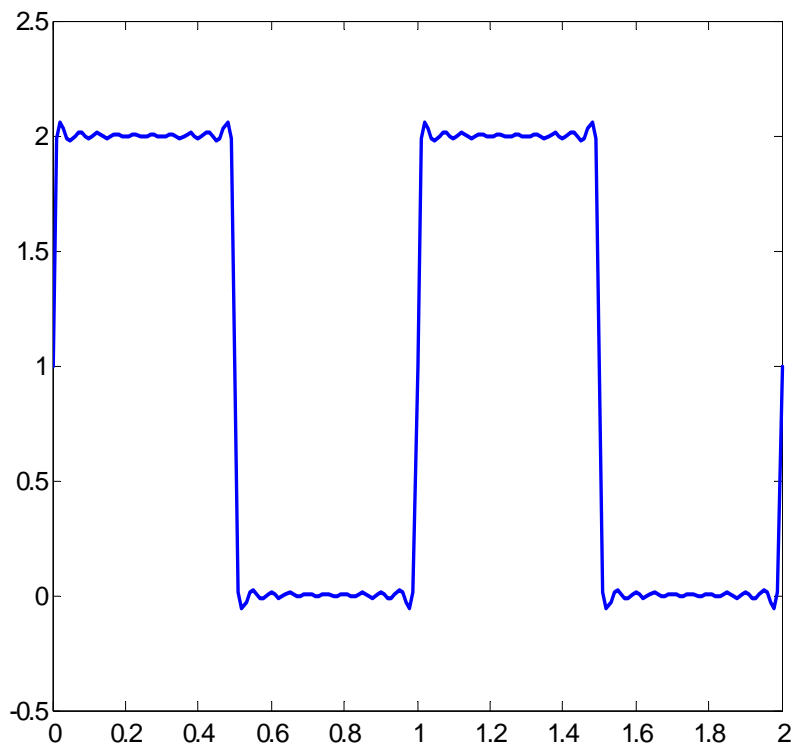
→ Lọc tín hiệu



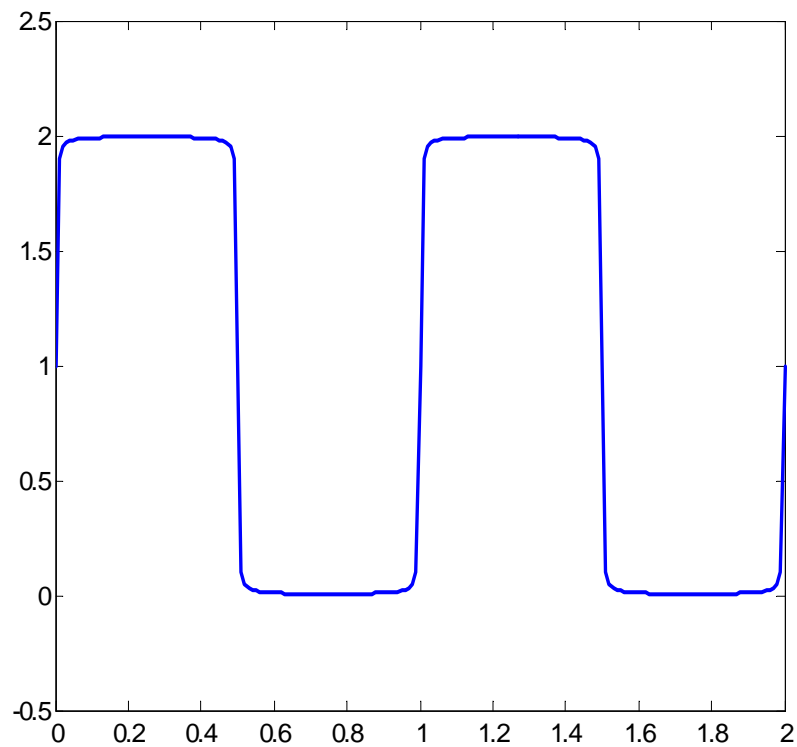
$$f(t) = \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{N_{\max}} \frac{4}{(2n-1)\pi} \sin[(2n-1)2\pi t]$$

$$T_{\max} = \frac{1}{2(2N_{\max} - 1)}$$

Sai số ???

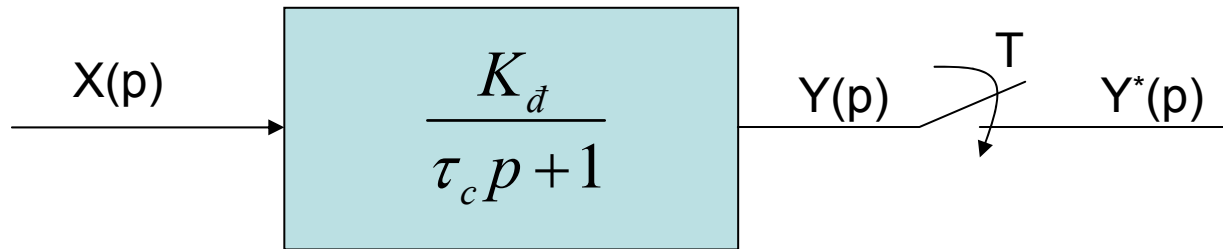


$N_{\max} = 40$



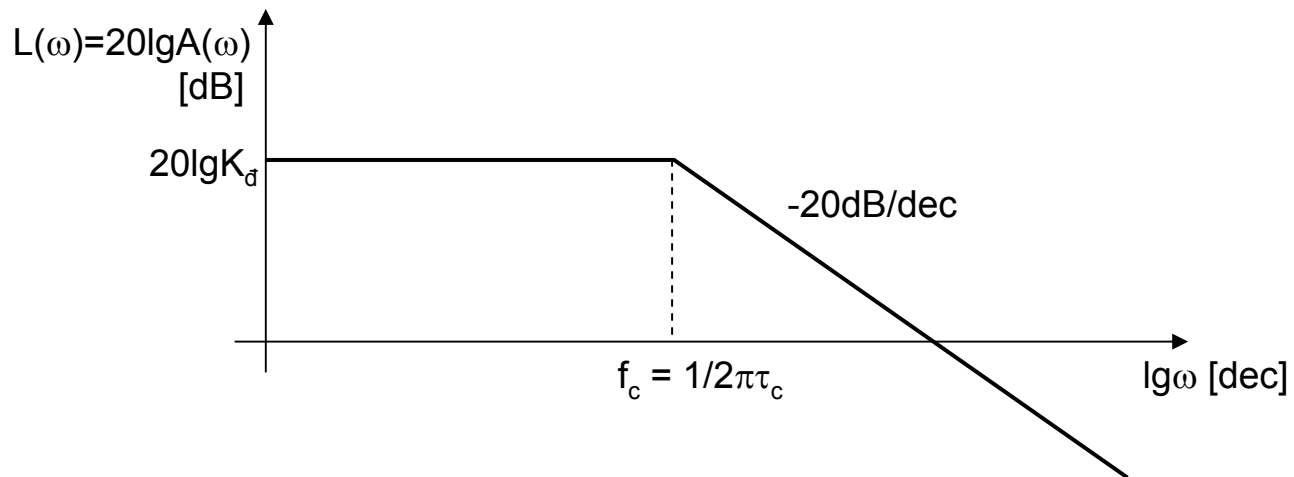
$N_{\max} = 50$

Ví dụ: động cơ điện một chiều



Modun $A(\omega) = |G(j\omega)| = \left| \frac{K_d}{\tau_c j\omega + 1} \right| = \frac{K_d / \tau_c}{\sqrt{\omega^2 + (1/\tau_c^2)}}$

Pha $\varphi(\omega) = \text{arctg}(\tau_c \omega)$



$$f_{\max} = \infty \quad \Rightarrow \quad T_{\max} = 0 \quad \text{!!!!!!!!!!}$$

$$2f_c < f_{\max} < 10f_c$$

$$\frac{1}{20f_c} < T_{\max} < \frac{1}{4f_c}$$

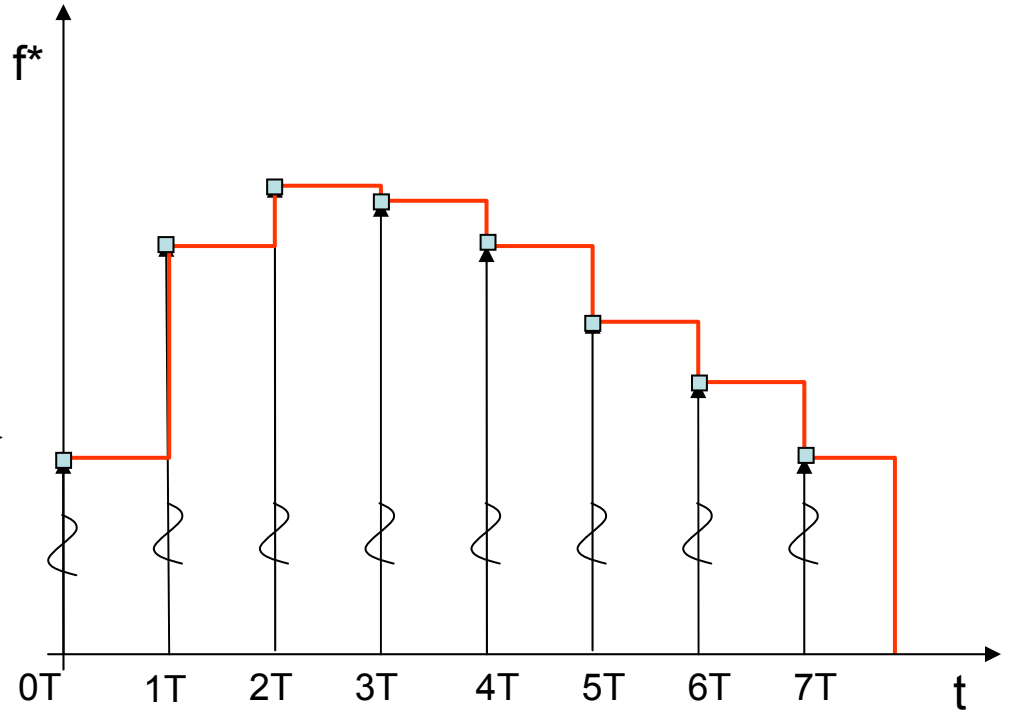
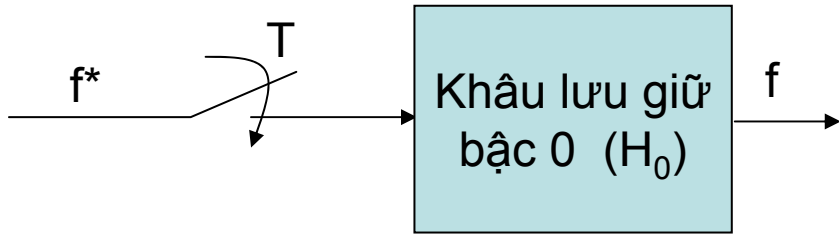
$$f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\tau_c}$$

$$\frac{\pi}{10}\tau_c < T_{\max} < \frac{\pi}{2}\tau_c$$

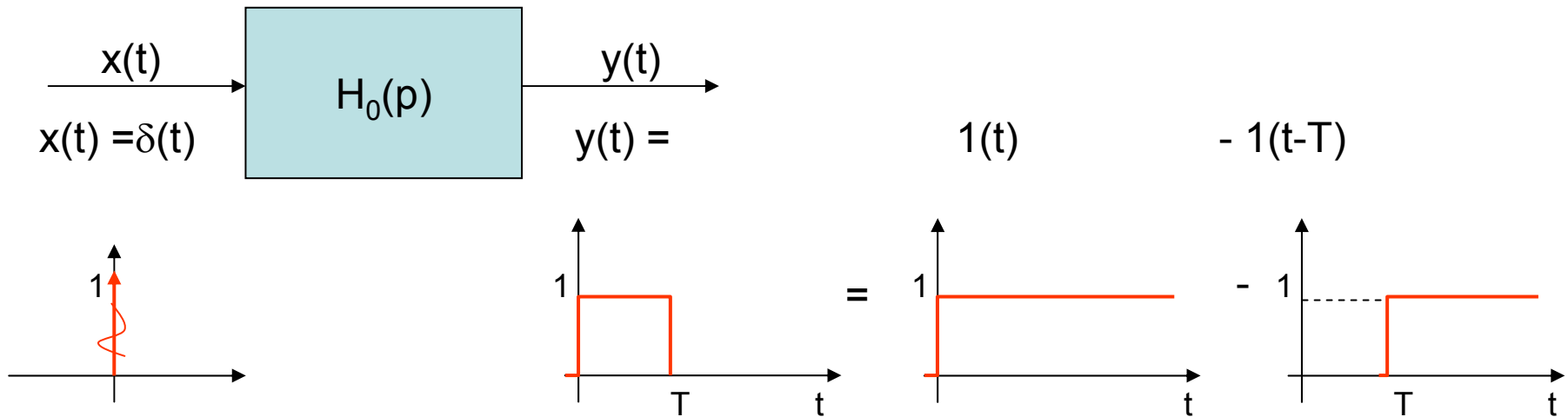
Tóm tắt

- Bộ biến đổi A/D làm chức năng của một khâu lấy mẫu → thay bộ biến đổi A/D bằng một khâu lấy mẫu.
- Định lý Nyquist.

2. D/A



Khâu lưu giữ bậc không là một khâu liên tục hay số ???



$$X(p) = \mathbb{L}\{x(t)\} = \mathbb{L}\{\delta(t)\} = 1$$

$$Y(p) = \mathbb{L}\{y(t)\} = \mathbb{L}\{1(t) - 1(t-T)\} = \frac{1}{p} - \frac{e^{-Tp}}{p}$$

$$H_0(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{1 - e^{-Tp}}{p}$$

Định lý Shannon: Bộ biến đổi D/A chỉ có thể tái tạo lại các tín hiệu liên tục có tần số bé hơn $1/2T$, trong đó T là chu kỳ lấy mẫu của bộ biến đổi.

Tóm tắt

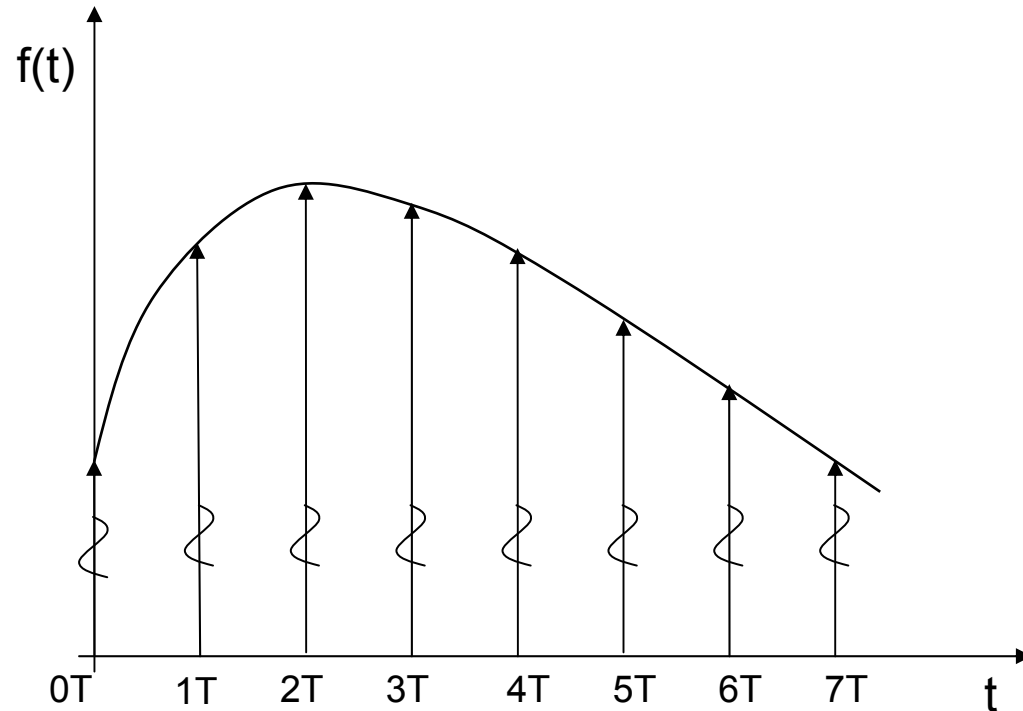
- Bộ biến đổi D/A được thay bằng khâu lấy mẫu nối tiếp với khâu lưu giữ bậc không, có hàm truyền đạt:

$$H_0(p) = \frac{1 - e^{-Tp}}{p}$$

- Định lý Shannon

CHƯƠNG 2: PHÉP BIẾN ĐỔI Z

2.1 Tín hiệu xung



$$f(t) \Rightarrow [f(k)] = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)\delta(t - kT)$$

2.2 Định nghĩa

Phép biến đổi Laplace của tín hiệu liên tục

$$f(t) \xrightarrow{\mathbb{L}} F(p) = \mathbb{L}\{f(t)\} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-pt} dt$$

Phép biến đổi Laplace của tín hiệu rời rạc

$$\begin{aligned} [f(k)] \xrightarrow{\mathbb{L}} F^*(p) &= \mathbb{L}\{[f(k)]\} = \int_0^{\infty} [f(k)] e^{-pt} dt \\ &= \int_0^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) \delta(t - kT) e^{-pt} dt \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} \int_0^{\infty} f(kT) \delta(t - kT) e^{-pt} dt \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) \int_0^{\infty} \delta(t - kT) e^{-pt} dt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
F^*(p) &= \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) \mathbb{L}\{\delta(t - kT)\} \\
&= \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) e^{-kTp}
\end{aligned}$$

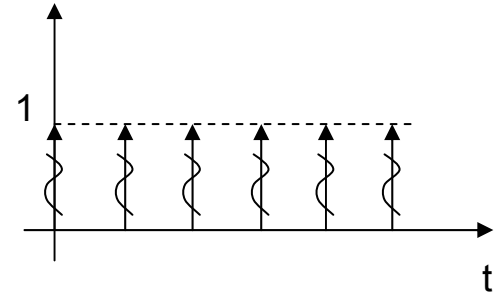
$$\mathbb{Z}\{[f(k)]\} = F(z) = F^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z} = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT) z^{-k}$$

$$:= \mathbb{Z}\{f(t)\} \quad \cdots f(t) \rightarrow [f(k)] \rightarrow F(z)$$

$$:= \mathbb{Z}\{F(p)\} \quad \cdots F(p) \rightarrow f(t) \rightarrow [f(k)] \rightarrow F(z)$$

Ví dụ: Xác định phép biến đổi Z của hàm 1(t)

$$\mathcal{Z}\{[1(k)]\} = \sum_{k=0}^{\infty} 1(kT)z^{-k} = \sum_{k=0}^{\infty} z^{-k}$$



$$= z^0 + z^{-1} + z^{-2} + \dots$$

$$= 1 + \frac{1}{z} + \frac{1}{z^2} + \dots$$

$$= \frac{1}{1 - z^{-1}} = \frac{z}{z - 1}$$

2.3 Tính chất của phép biến đổi Z

1. Tuyến tính

$$\mathbb{Z}\{a.f_1(k) + b.f_2(k)\} = aF_1(z) + bF_2(z)$$

2. Dịch trái

$$\mathbb{Z}\{f(k - m)\} = z^{-m}F(z)$$

3. Dịch phải

$$\mathbb{Z}\{f(k + m)\} = z^{-m} \left[F(z) - \sum_{i=0}^m f(iT)z^{-1} \right]$$

4. Giá trị đầu

$$f(0T) = \lim_{z \rightarrow \infty} F(z)$$

5. Giá trị cuối

$$\lim_{k \rightarrow \infty} f(kT) = \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1)F(z)$$

2.4 Tính chất của $F^*(p)$

1. Dạng biểu diễn khác của $F^*(p)$

$$F^*(p) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} F(p + jn\omega_s) + \frac{f(0)}{2}$$

2. Tuần hoàn: $F^*(p)$ tuần hoàn theo p với chu kỳ $j\omega_s$. Trong đó $\omega_s = 2\pi/T$

$$F^*(p + jm\omega_s) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)e^{-kT(p+jm\omega_s)}$$

$$e^{-jkTm\omega_s} = e^{-j2\pi km} = 1$$

$$F^*(p + jm\omega_s) = \sum_{k=0}^{\infty} f(kT)e^{-kTp} = F^*(p)$$

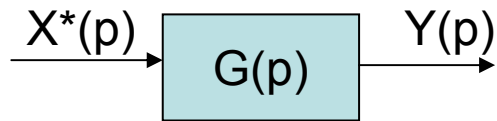
3. Điểm cực: Nếu $F(p)$ có điểm cực tại $p = p_1$ thì $F^*(p)$ sẽ có các điểm cực tại

$$p = p_1 + jm\omega_s; \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

4. “Sao” của “sao”

$$\left[F^*(p) \right]^* = F^*(p)$$

5. “Sao” của đầu ra



$$Y(p) = X^*(p).G(p)$$

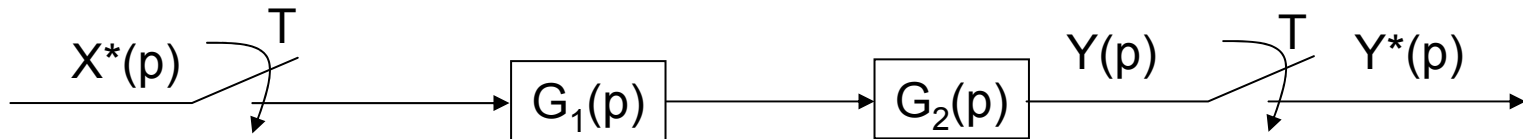
$$Y^*(p) = \left[X^*(p).G(p) \right]^* = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} X^*(p + jn\omega_s)G(p + jn\omega_s)$$

$$\text{Do } X^*(p + jn\omega_s) = X^*(p)$$

CHƯƠNG 3: HÀM TRUYỀN ĐẠT CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ

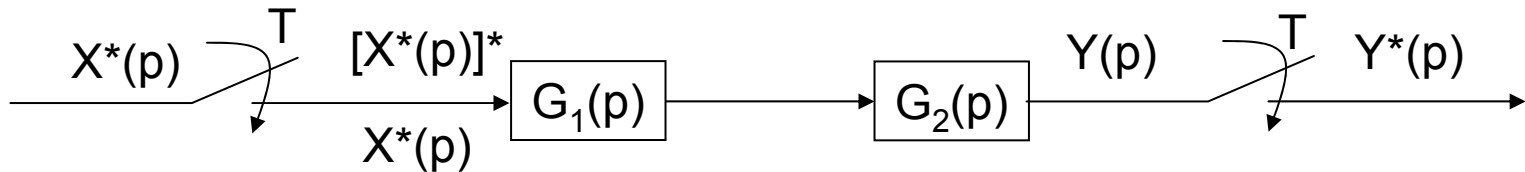
3.1 Hệ thống hở

Cho hệ thống hở:



Xác định hàm truyền đạt của hệ thống đã cho

$$G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$



$$Y(p) = X^*(p).G_1(p).G_2(p)$$

$$G_1G_2(p) := G_1(p).G_2(p)$$

$$Y(p) = X^*(p).G_1G_2(p)$$

$$Y^*(p) = [X^*(p).G_1G_2(p)]^*$$

$$Y^*(p) = X^*(p).G_1G_2^*(p)$$

$$G_1G_2^*(p) = [G_1(p).G_2(p)]^* \neq G_1^*(p).G_2^*(p)$$

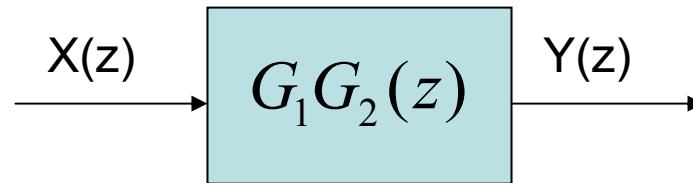
$$Y^*(p) = X^*(p) \cdot G_1 G_2^*(p)$$

$$Y^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z} = X^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z} \cdot G_1 G_2^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z}$$

$$Y(z) = X(z) \cdot G_1 G_2(z)$$

$$G_1 G_2(z) = \mathbb{Z}\{G_1 G_2(p)\} = \mathbb{Z}\{G_1(p) \cdot G_2(p)\} \neq G_1(z) \cdot G_2(z)$$

$$G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = G_1 G_2(z)$$



Ví dụ

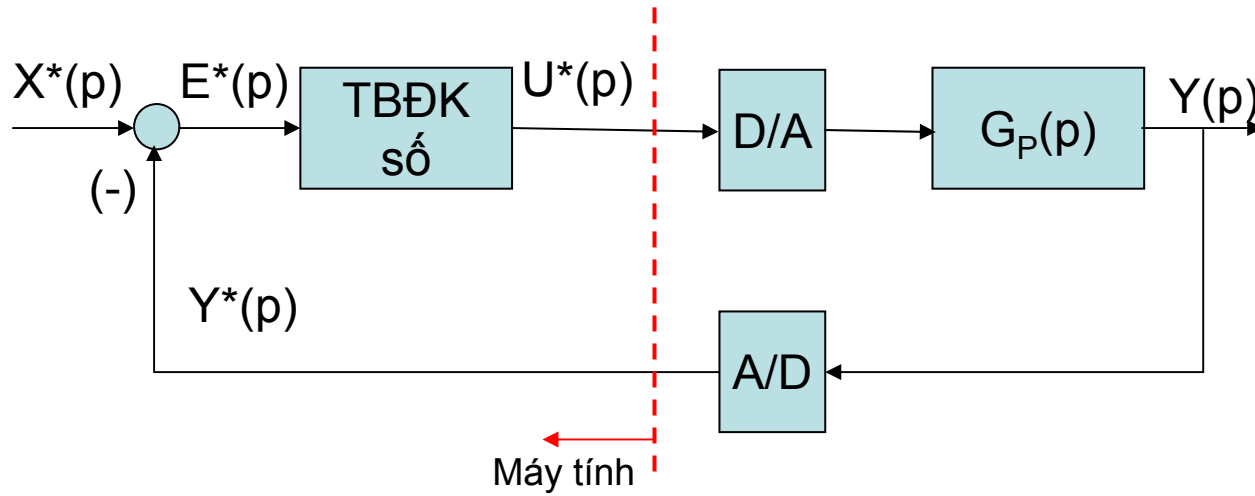
$$G_1(p) = G_2(p) = \frac{1}{p}$$

$$G_1 G_2(p) = G_1(p) \cdot G_2(p) = \frac{1}{p^2}$$

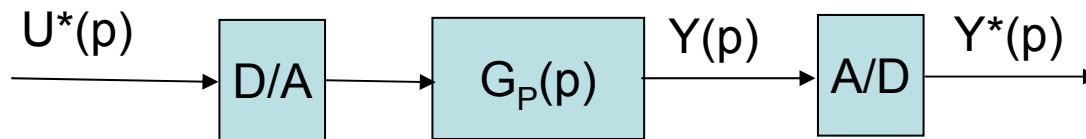
$$\begin{aligned} G_1 G_2(z) &= \mathbb{Z}\{G_1 G_2(p)\} \\ &= \mathbb{Z}\{G_1(p) \cdot G_2(p)\} \\ &= \mathbb{Z}\left\{\frac{1}{p^2}\right\} = \frac{T \cdot z}{(z-1)^2} \end{aligned}$$

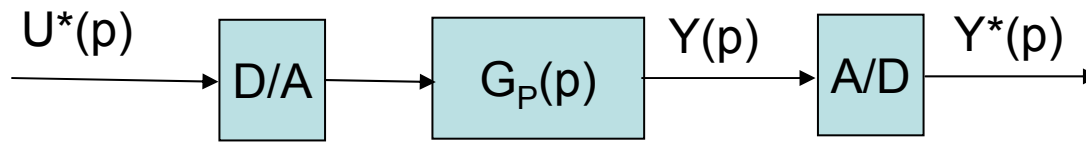
$$G(z) = \frac{T \cdot z}{(z-1)^2}$$

Hệ thống điều khiển số

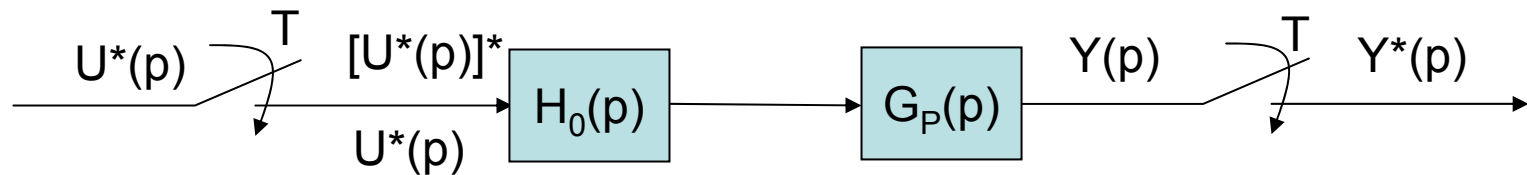


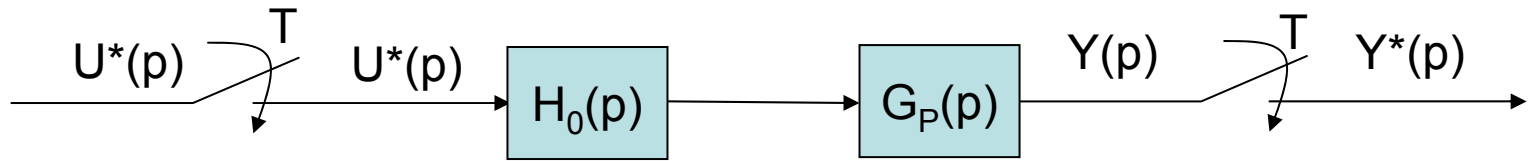
Lấy phần bên ngoài máy tính





- Thay bộ biến đổi A/D bằng khâu lấy mẫu
- Thay bộ biến đổi D/A bằng khâu lấy mẫu nối tiếp với khâu lưu giữ bậc không





$$Y(p) = U^*(p) \cdot H_0(p) \cdot G_P(p)$$

$$Y(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P(p)$$

$$Y^*(p) = \left[U^*(p) \cdot H_0 G_P(p) \right]^*$$

$$Y^*(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P^*(p)$$

$$Y^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z} = U^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z} \cdot H_0 G_P^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z}$$

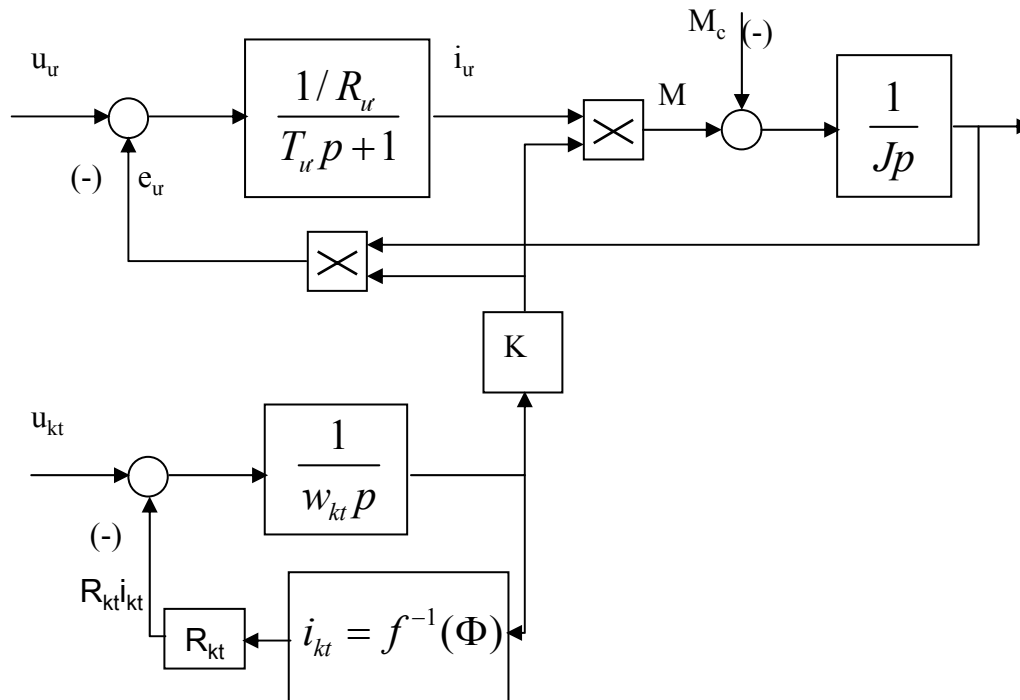
$$Y(z) = U(z) \cdot H_0 G_P(z)$$

$$G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = H_0 G_P(z) \quad H_0 G_P(z) = ???$$

$$\begin{aligned} H_0 G_P(z) &= \mathbb{Z} \{ H_0 G_P(p) \} = \mathbb{Z} \{ H_0(p) \cdot G_P(p) \} \\ &= \mathbb{Z} \left\{ \frac{1 - e^{-Tp}}{p} \cdot G_P(p) \right\} = \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_P(p)}{p} \right\} - \mathbb{Z} \left\{ e^{-Tp} \frac{G_P(p)}{p} \right\} \\ &= \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_P(p)}{p} \right\} - z^{-1} \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_P(p)}{p} \right\} = \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_P(p)}{p} \right\} \end{aligned}$$

$$H_0 G_P(z) = \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_P(p)}{p} \right\}$$

Sơ đồ khối của động cơ điện một chiều kích từ độc lập



Hình 1.3: Sơ đồ khối động cơ điện một chiều kích từ độc lập

Có 3 đầu vào:

- Điện áp phản ứng
- Điện áp mạch kích từ
- Moment cản

Có 2 đầu ra:

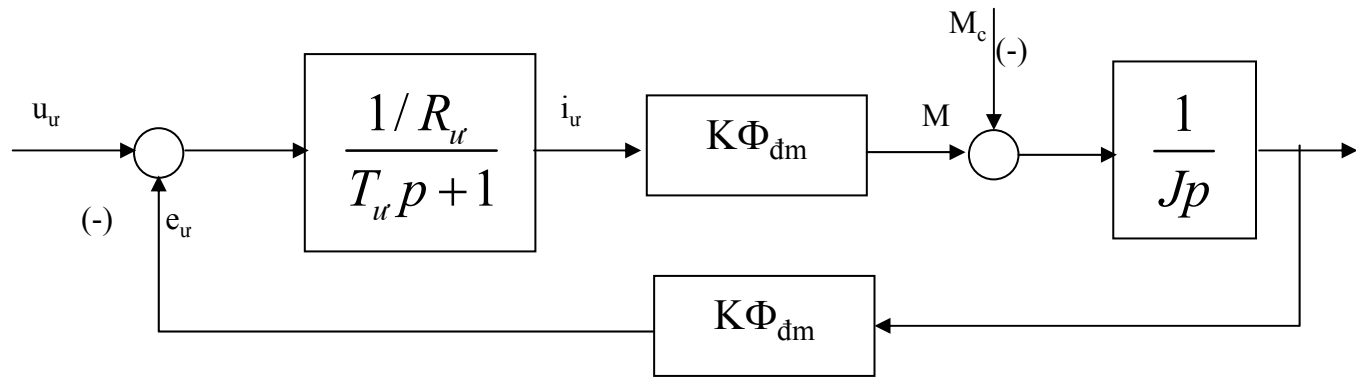
- Tốc độ động cơ
- Moment điện từ của động cơ

→ Đặc tính cơ: là mối quan hệ giữa moment điện từ của động cơ M và tốc độ ω ??

→ Ở trạng thái xác lập

Sơ đồ khối của động cơ điện một chiều kích từ độc lập với kích từ định mức

- $K\Phi_{đm}$



- $M_c = 0$

$$G_{đc}(p) = \frac{\frac{1/R_u}{T_u p + 1} \cdot K\Phi_{đm} \cdot \frac{1}{Jp}}{1 + \frac{1/R_u}{T_u p + 1} \cdot (K\Phi_{đm})^2 \cdot \frac{1}{Jp}}$$

$$G_{\dot{d}c}(p) = \frac{\frac{1/R_u}{T_u p + 1} \cdot K\Phi_{\dot{d}m} \cdot \frac{1}{Jp}}{1 + \frac{1/R_u}{T_u p + 1} \cdot (K\Phi_{\dot{d}m})^2 \cdot \frac{1}{Jp}}$$

$$G_{\dot{d}c}(p) = \frac{K\Phi_{\dot{d}m}}{R_u (T_u p + 1) Jp + (K\Phi_{\dot{d}m})^2}$$

$$G_{\dot{d}c}(p) = \frac{K\Phi_{\dot{d}m}}{T_u R_u Jp^2 + R_u Jp + (K\Phi_{\dot{d}m})^2}$$

$$G_{\dot{d}c}(p) = \frac{\frac{1}{K\Phi_{\dot{d}m}}}{T_u \frac{R_u J}{(K\Phi_{\dot{d}m})^2} p^2 + \frac{R_u J}{(K\Phi_{\dot{d}m})^2} p + 1}$$

$$G_{đc}(p) = \frac{\frac{1}{K\Phi_{đm}}}{T_u \frac{R_u J}{(K\Phi_{đm})^2} p^2 + \frac{R_u J}{(K\Phi_{đm})^2} p + 1} \Rightarrow G_{đc}(p) = \frac{K_D}{T_u T_c p^2 + T_c p + 1}$$

$$K_D = \frac{1}{K\Phi_{đm}} \quad \text{Hệ số khuếch đại của động cơ}$$

$$T_c = \frac{R_u J}{(K\Phi_{đm})^2} \quad \text{Hằng số thời gian cơ}$$

Do $T_u \ll T_c$ nên có thể gần đúng coi:

$$G_{đc}(p) \approx \frac{K_D}{T_c p + 1}$$

Hàm truyền đạt của bộ chỉnh lưu (kể cả bộ phát xung điều khiển chỉnh lưu)

- Đại lượng đầu ra: U_d
- Đại lượng đầu vào: $u_{đk}$

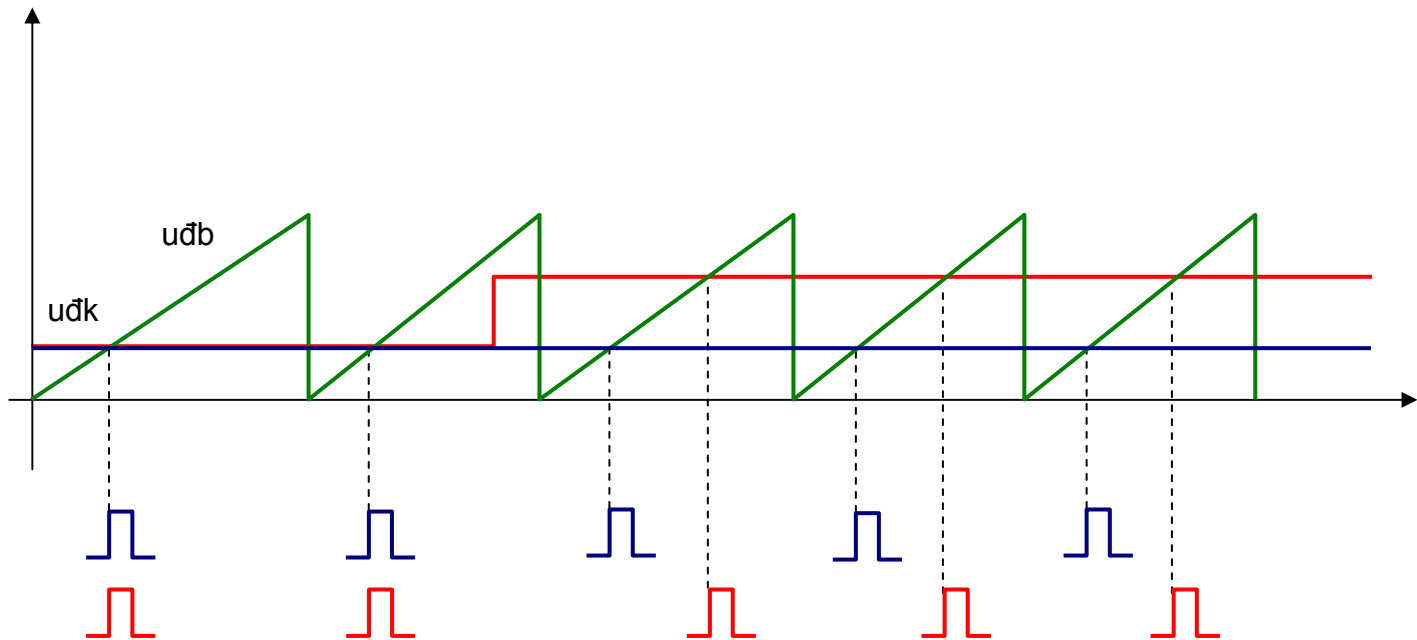
$u_{đk} \ll U_d$ (kể cả độ lớn lẫn công suất)

→ Bộ chỉnh lưu có thể coi như là một khâu khuếch đại

$$G_{cl}(p) = K_{CL}$$

Bộ chỉnh lưu có tính trễ

- Nguyên tắc điều khiển thẳng đứng tuyến tính



Do đó hàm truyền của bộ chỉnh lưu sẽ là

$$G_{cl}(p) = K_{cl} e^{-Tp}$$

Trong đó: $T = \frac{1}{2pf}$

Với p: số xung đập mạch của sơ đồ
f: tần số điện áp lưới

$$e^{Tp} = 1 + \frac{Tp}{1!} + \frac{(Tp)^2}{2!} + \dots$$
$$\approx 1 + \frac{Tp}{1!} = 1 + Tp$$

$$G_{cl}(p) = K_{cl} e^{-Tp} \approx \frac{K_{cl}}{Tp + 1}$$

Với p= 6, f= 50 ... T=1/600=0.0017 [s]

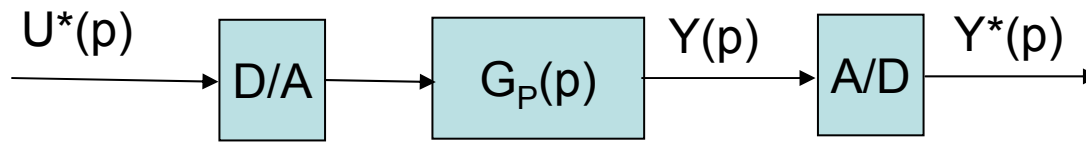
$$G_{cl}(p) = K_{cl}$$

Hàm truyền đạt của hệ T-Đ

$$G_P(p) = G_{cl}(p).G_{đc}(p) \approx \frac{K_{cl}K_{đc}}{T_c p + 1} = \frac{K}{\tau p + 1}$$

Trong đó:

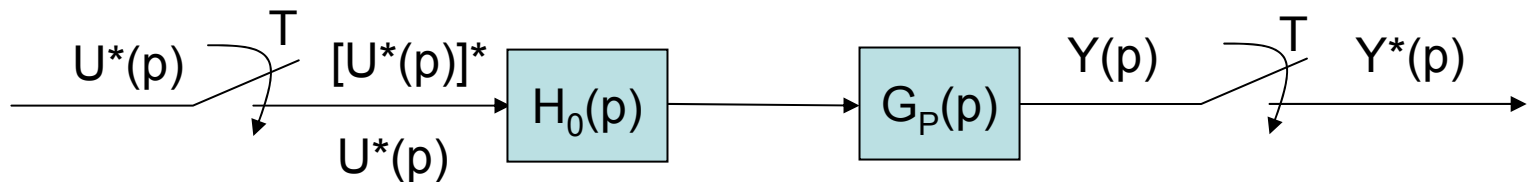
$$K = K_{cl}.K_{đc}$$
$$\tau = T_c$$

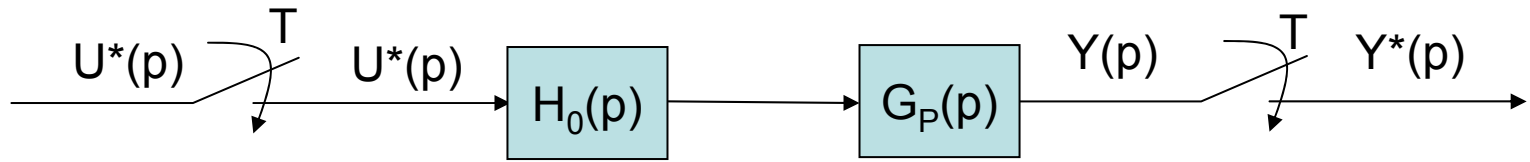


Trong đó:

$$G_P(p) = \frac{K}{\tau p + 1}$$

- Thay bộ biến đổi A/D bằng khâu lấy mẫu
- Thay bộ biến đổi D/A bằng khâu lấy mẫu nối tiếp với khâu lưu giữ bậc không





$$Y(p) = U^*(p) \cdot H_0(p) \cdot G_P(p)$$

$$Y(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P(p)$$

$$Y^*(p) = \left[U^*(p) \cdot H_0 G_P(p) \right]^*$$

$$Y^*(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P^*(p)$$

$$Y^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z} = U^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z} \cdot H_0 G_P^*(p) \Big|_{p=\frac{1}{T} \ln z}$$

$$Y(z) = U(z) \cdot H_0 G_P(z) \qquad G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = H_0 G_P(z)$$

$$\begin{aligned}
 H_0 G_P(z) &= \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_P(p)}{p} \right\} = \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{K}{p(\tau p + 1)} \right\} \\
 \mathbb{Z} \left\{ \frac{K}{p(\tau p + 1)} \right\} &= \mathbb{Z} \left\{ \frac{K \frac{1}{\tau}}{p(p + \frac{1}{\tau})} \right\} = K \cdot \mathbb{Z} \left\{ \frac{\frac{1}{\tau}}{p(p + \frac{1}{\tau})} \right\} \\
 &= K \cdot \frac{z \left(1 - e^{-\frac{T}{\tau}} \right)}{(z-1) \left(z - e^{-\frac{T}{\tau}} \right)}
 \end{aligned}$$

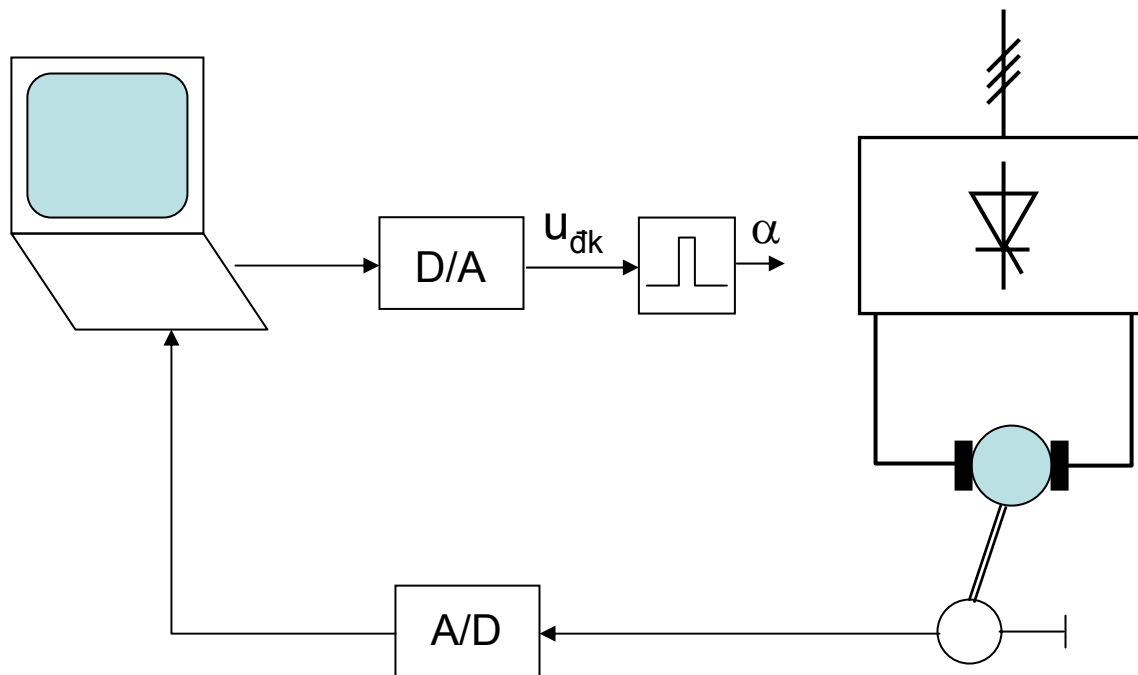
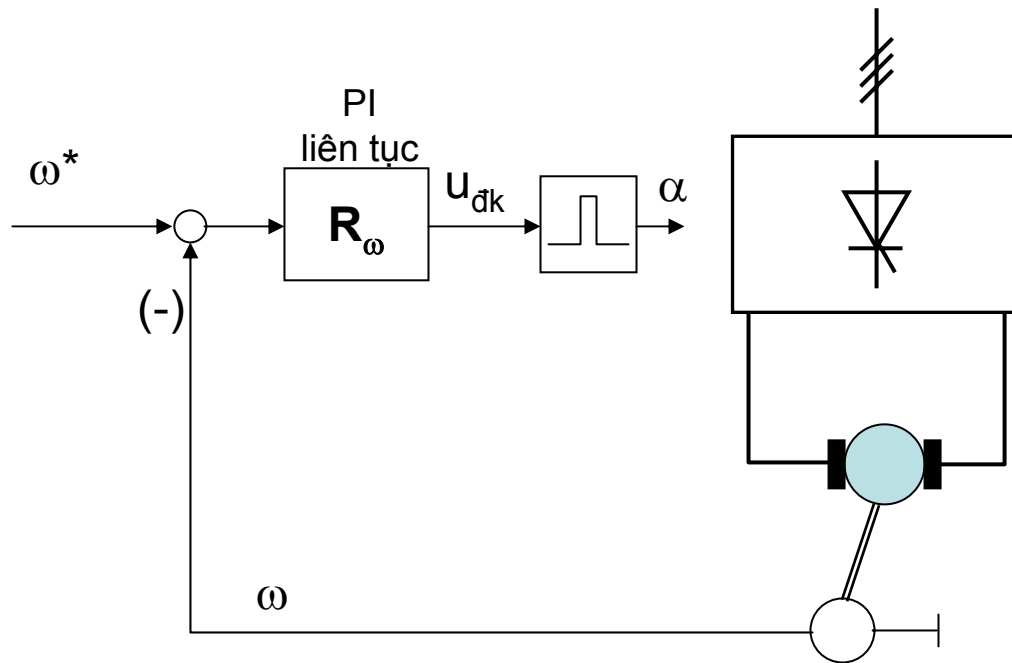
$$G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = H_0 G_P(z)$$

$$= K \frac{1 - e^{-\frac{T}{\tau}}}{z - e^{-\frac{T}{\tau}}}$$

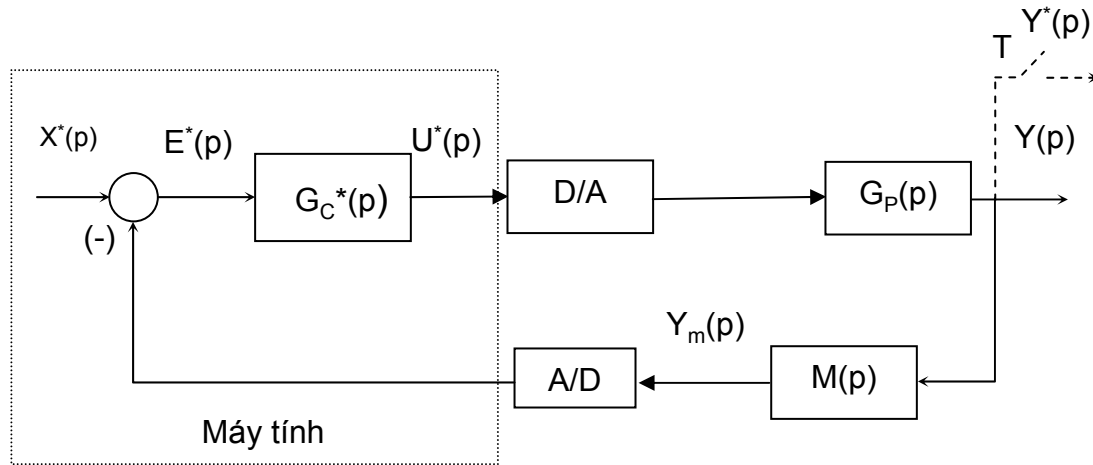
Đặt: $a_1 = e^{-\frac{T}{\tau}}$; $a_2 = K(1 - a_1)$

$$G(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{a_2}{z - a_1}$$

3.2 Hệ thống có một mạch vòng kín



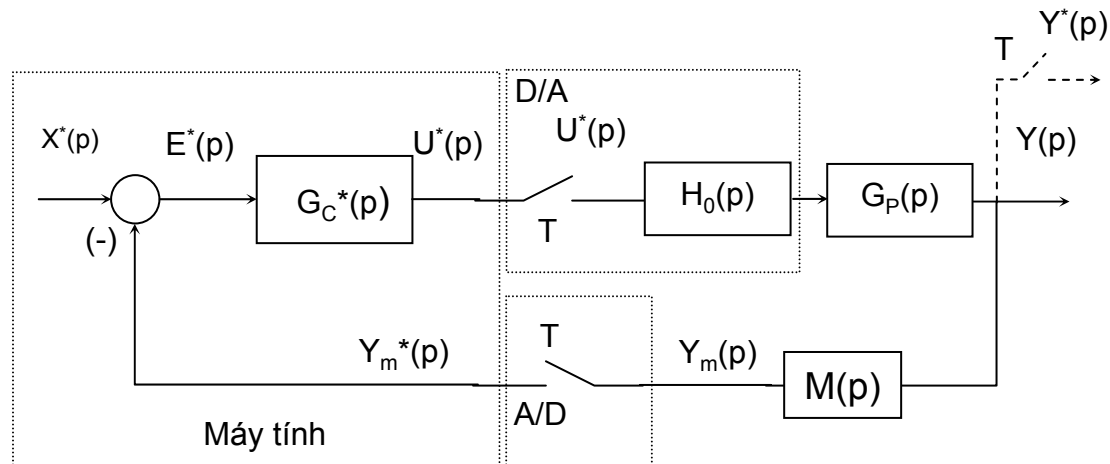
HTĐ của hệ thống có một mạch vòng kín



Hệ thống có một mạch vòng kín

Bước 1: Khai triển sơ đồ khối

- Vẽ lại sơ đồ khối.
- Thay bộ biến đổi A/D bằng khâu lấy mẫu.
- Thay bộ biến đổi D/A bằng khâu lấy mẫu nối tiếp với khâu lưu giữ bậc không có hàm truyền đạt là $H_0(p)=(1-e^{-Tp})/p$



Hệ thống có một mạch vòng kín

Bước 2: Viết các biểu thức mô tả mối quan hệ giữa các tín hiệu trong hệ thống – Chuyển các biểu thức thành biểu thức “*”

$$E^*(p) = X^*(p) - Y_m^*(p) \quad (1)$$

$$U^*(p) = E^*(p) \cdot G_C^*(p) \quad (2)$$

$$Y(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P(p)$$

$$\Rightarrow Y^*(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P^*(p) \quad (3)$$

$$Y_m(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P M(p)$$

$$\Rightarrow Y_m^*(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P M^*(p) \quad (4)$$

Bước 3: Chuyển các biểu thức "*" thành các biểu thức theo Z

- Thay $p = \frac{1}{T} \ln z$ vào các biểu thức "*"

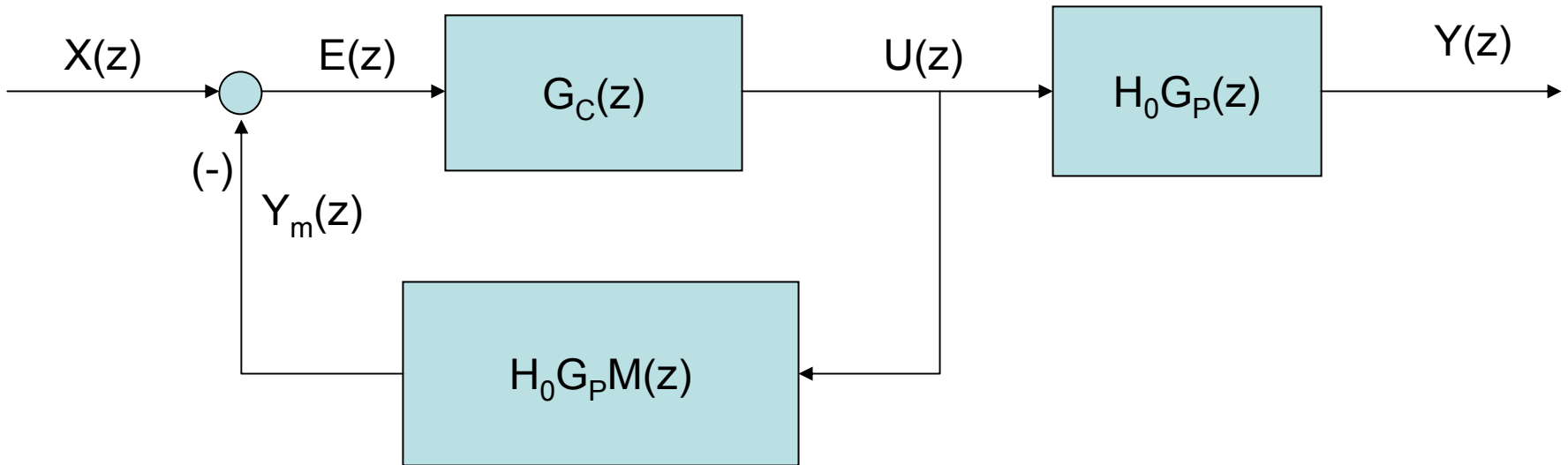
$$E(z) = X(z) - Y_m(z) \quad (1)$$

$$U(z) = E(z).G_C(z) \quad (2)$$

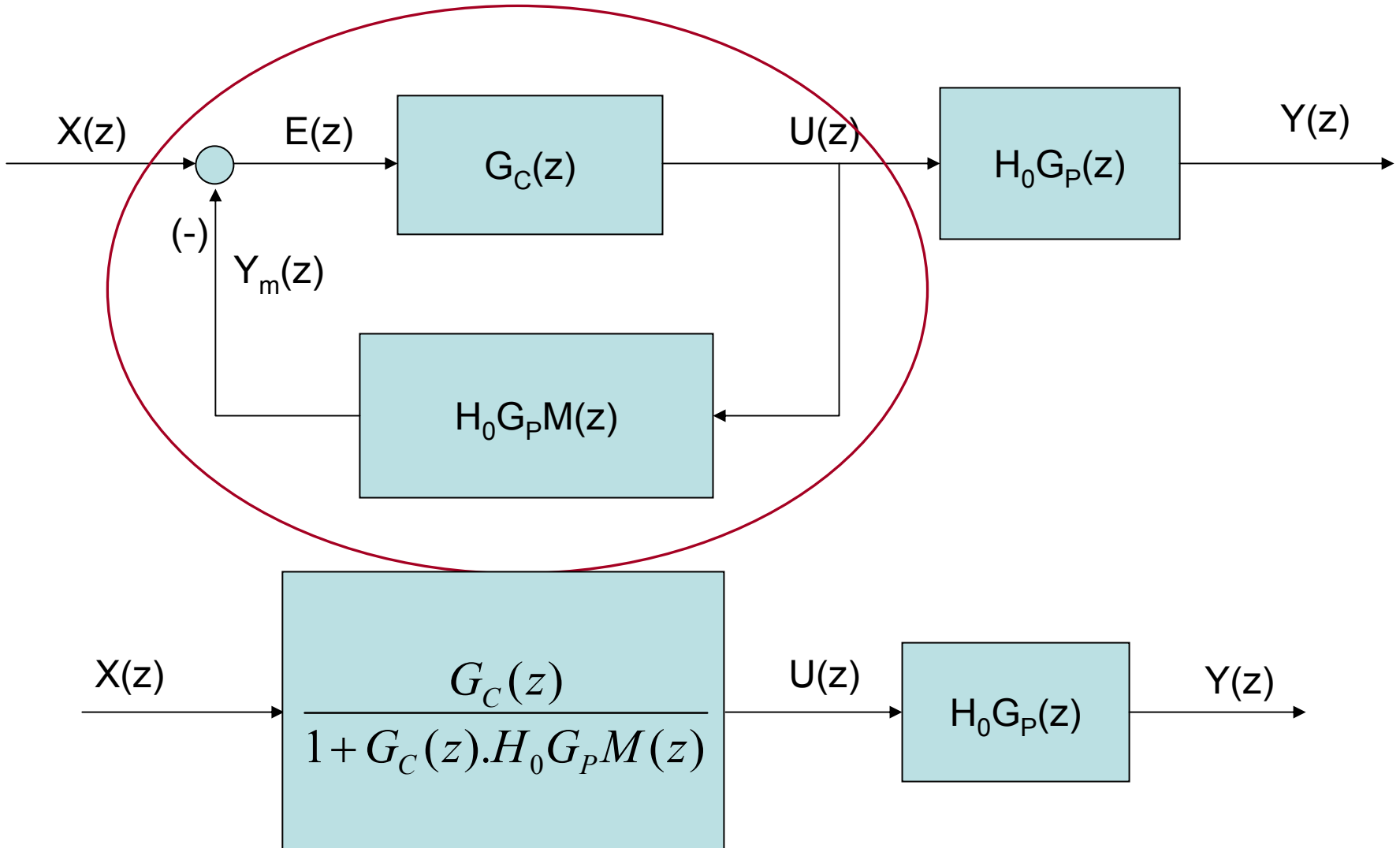
$$Y(z) = U(z).H_0 G_P(z) \quad (3)$$

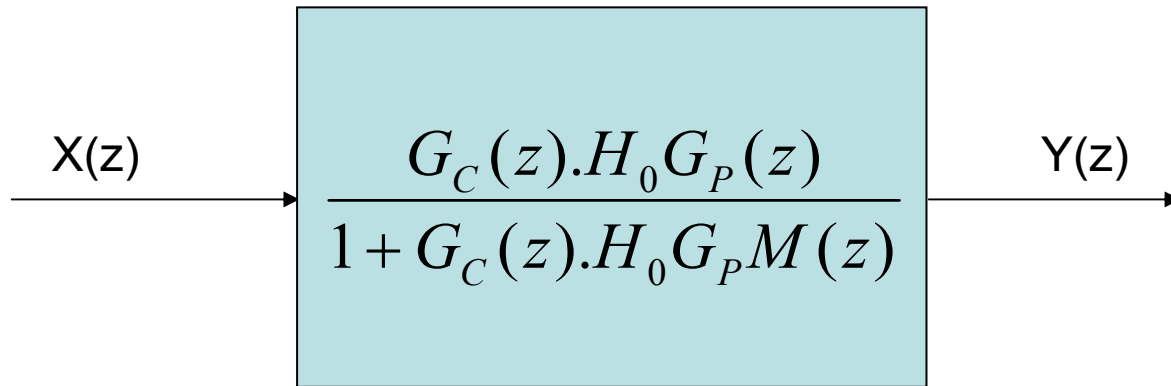
$$Y_m(z) = U(z).H_0 G_P M(z) \quad (4)$$

Bước 4: Vẽ lại sơ đồ khối theo phép biến đổi Z

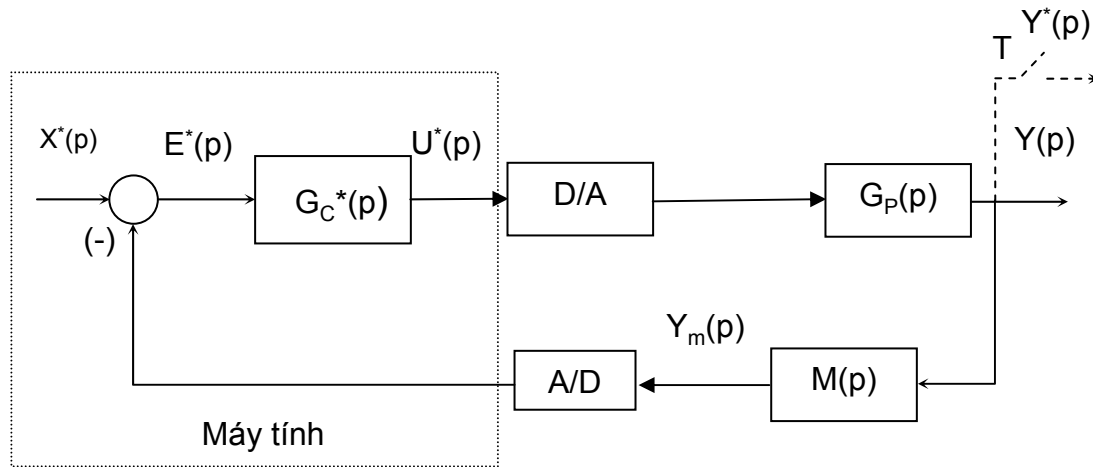


Bước 5: Biến đổi sơ đồ khối, xác định hàm truyền đạt





$$G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{G_C(z) \cdot H_0 G_P(z)}{1 + G_C(z) \cdot H_0 G_P M(z)}$$



Hệ thống có một mạch vòng kín

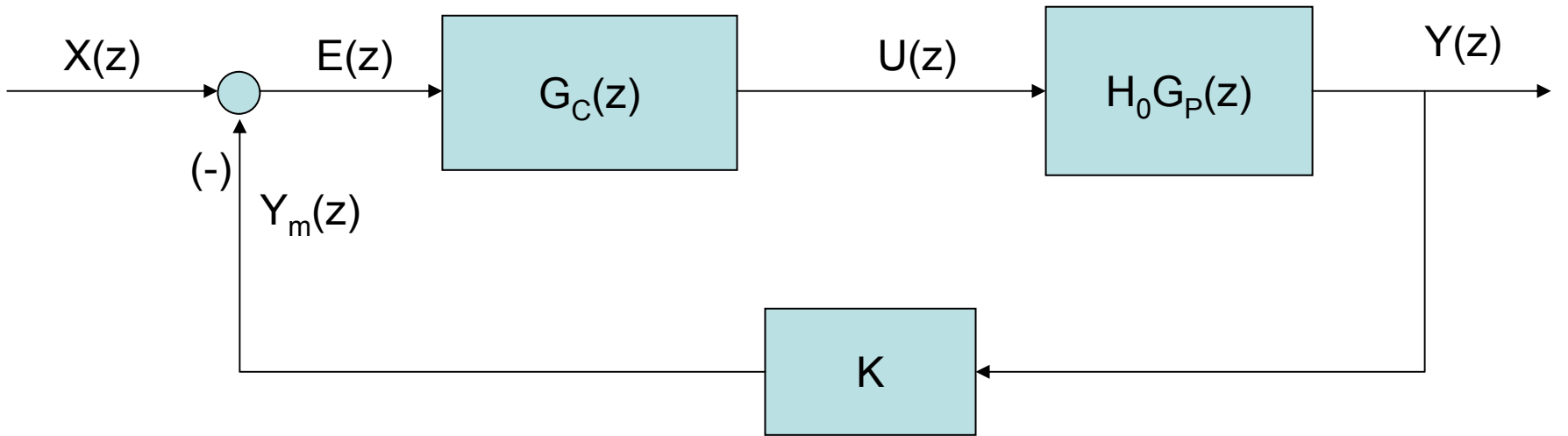
$$M(p) = K$$

$$E(z) = X(z) - Y_m(z) \quad (1)$$

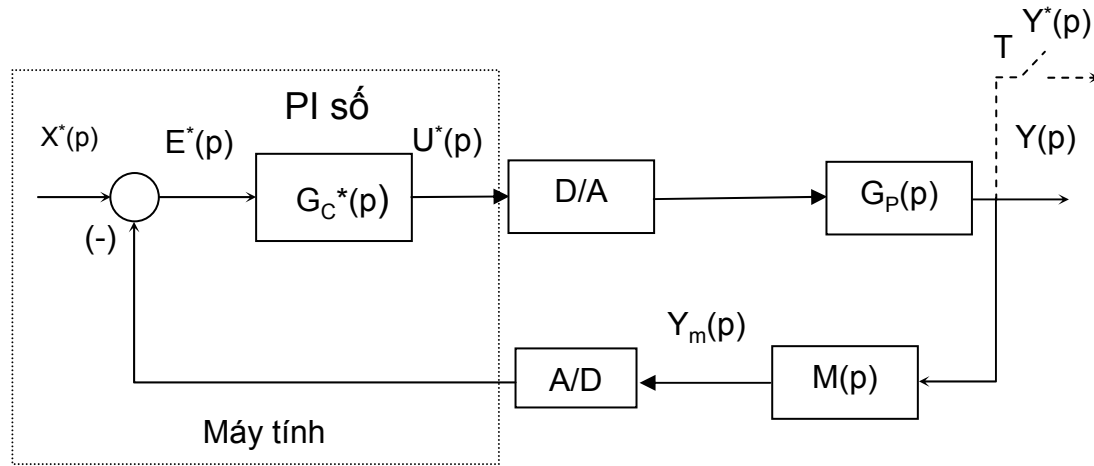
$$U(z) = E(z) \cdot G_C(z) \quad (2)$$

$$Y(z) = U(z) \cdot H_0 G_P(z) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} Y_m(z) &= U(z) \cdot H_0 G_P M(z) \\ &= K \cdot U(z) \cdot H_0 G_P(z) \quad (4) \end{aligned}$$



Ví dụ



Hệ thống có một mạch vòng kín

$$G_C(z) = \frac{A_0 z + A_1}{z - 1}$$

$$A_0 = K_P + \frac{K_I T}{2}$$

$$A_1 = -K_P + \frac{K_I T}{2}$$

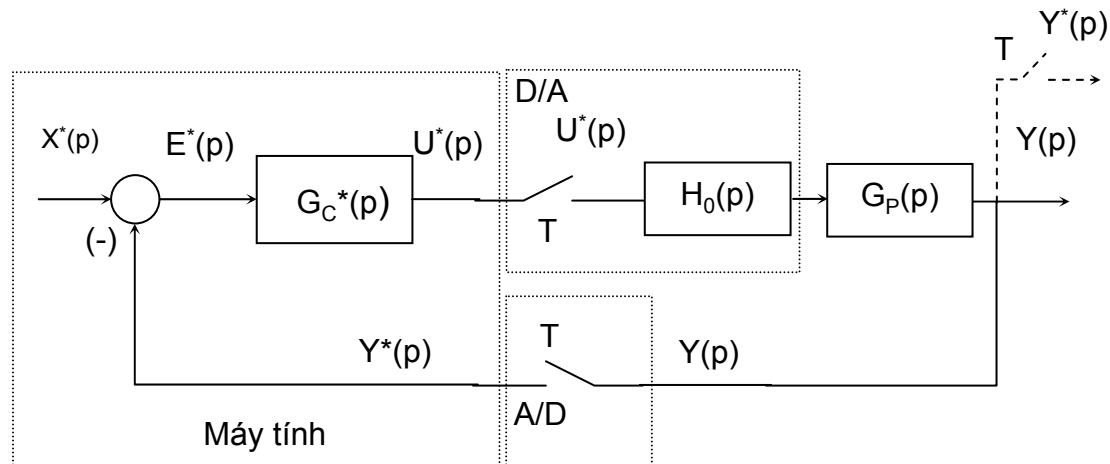
K_P : Hằng số tỷ lệ
 K_I : hằng số tích phân

$$G_P(p) = \frac{K}{\tau p + 1}$$

$$M(p) = 1$$

Bước 1: Khai triển sơ đồ khối

- Vẽ lại sơ đồ khối.
- Thay bộ biến đổi A/D bằng khâu lấy mẫu.
- Thay bộ biến đổi D/A bằng khâu lấy mẫu nối tiếp với khâu lưu giữ bậc không có hàm truyền đạt là $H_0(p) = (1 - e^{-Tp})/p$
- $M(p) = 1 \rightarrow$ Không cần vẽ



Hệ thống có một mạch vòng kín

Bước 2: Viết các biểu thức mô tả mối quan hệ giữa các tín hiệu trong hệ thống – Chuyển các biểu thức thành biểu thức “*”

$$E^*(p) = X^*(p) - Y^*(p) \quad (1)$$

$$U^*(p) = E^*(p) \cdot G_C^*(p) \quad (2)$$

$$Y(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P(p)$$

$$\Rightarrow Y^*(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_P^*(p) \quad (3)$$

Bước 3: Chuyển các biểu thức "*" thành các biểu thức theo Z

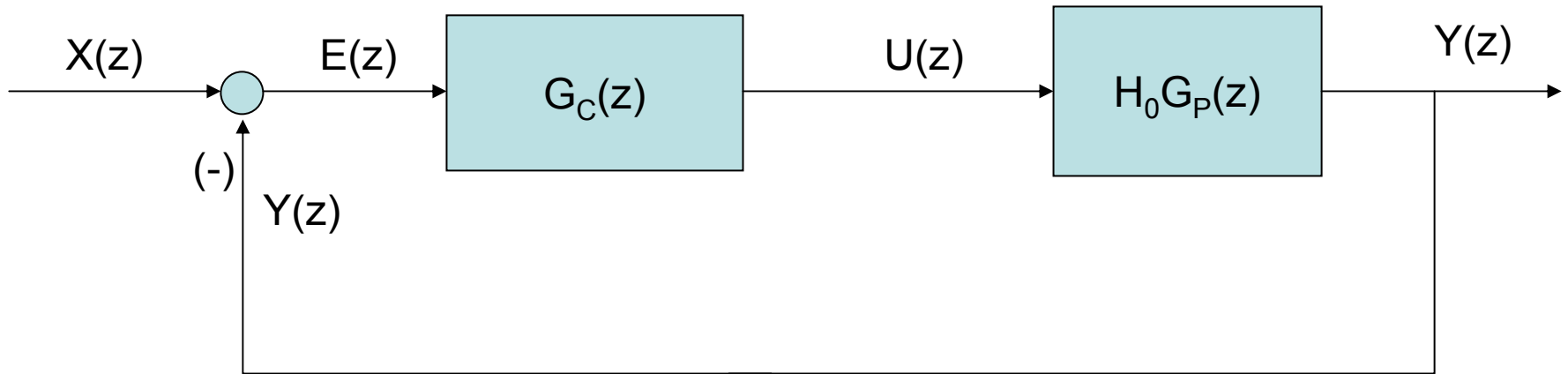
- Thay $p = \frac{1}{T} \ln z$ vào các biểu thức "*"

$$E(z) = X(z) - Y(z) \quad (1)$$

$$U(z) = E(z) \cdot G_C(z) \quad (2)$$

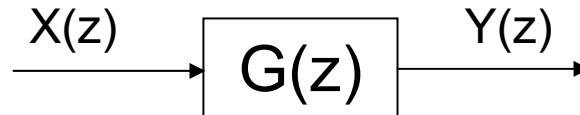
$$Y(z) = U(z) \cdot H_0 G_P(z) \quad (3)$$

Bước 4: Vẽ lại sơ đồ khối theo phép biến đổi Z



Bước 5: Biến đổi sơ đồ khối – Xác định hàm truyền đạt

$$G_Z = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{G_C(z).H_0G_P(z)}{1 + G_C(z).H_0G_P(z)}$$



$$H_0 G_P(z) = \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{K}{(\tau p + 1)p} \right\} = \frac{z-1}{z} K \mathbb{Z} \left\{ \frac{\frac{1}{\tau}}{p(p + \frac{1}{\tau})} \right\}$$

Tra bảng phép biến đổi Z đã cho chúng ta có:

$$H_0 G_P(z) = \frac{z-1}{z} \frac{K(1 - e^{-\frac{T}{\tau}})z}{(z-1)(z - e^{-\frac{T}{\tau}})} = \frac{K(1 - e^{-\frac{T}{\tau}})}{(z - e^{-\frac{T}{\tau}})}$$

trong đó T là chu kỳ lấy mẫu

$$H_0 G_P(z) = \frac{z-1}{z} \frac{K(1-e^{-\frac{T}{\tau}})z}{(z-1)(z-e^{-\frac{T}{\tau}})} = \frac{K(1-e^{-\frac{T}{\tau}})}{(z-e^{-\frac{T}{\tau}})}$$

$$a_1 = e^{-\frac{T}{\tau}}; \quad a_2 = K(1-a_1)$$

$$H_0 G_P(z) = \frac{a_2}{z-a_1}$$

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{H_0 G_P(z) G_C(z)}{1 + H_0 G_P(z) G_C(z)} = \frac{\frac{a_2}{(z - a_1)} \cdot \frac{A_0 z + A_1}{z - 1}}{1 + \frac{a_2}{(z - a_1)} \cdot \frac{A_0 z + A_1}{z - 1}}$$

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{a_2 (A_0 z + A_1)}{(z - a_1)(z - 1) + a_2 (A_0 z + A_1)}$$

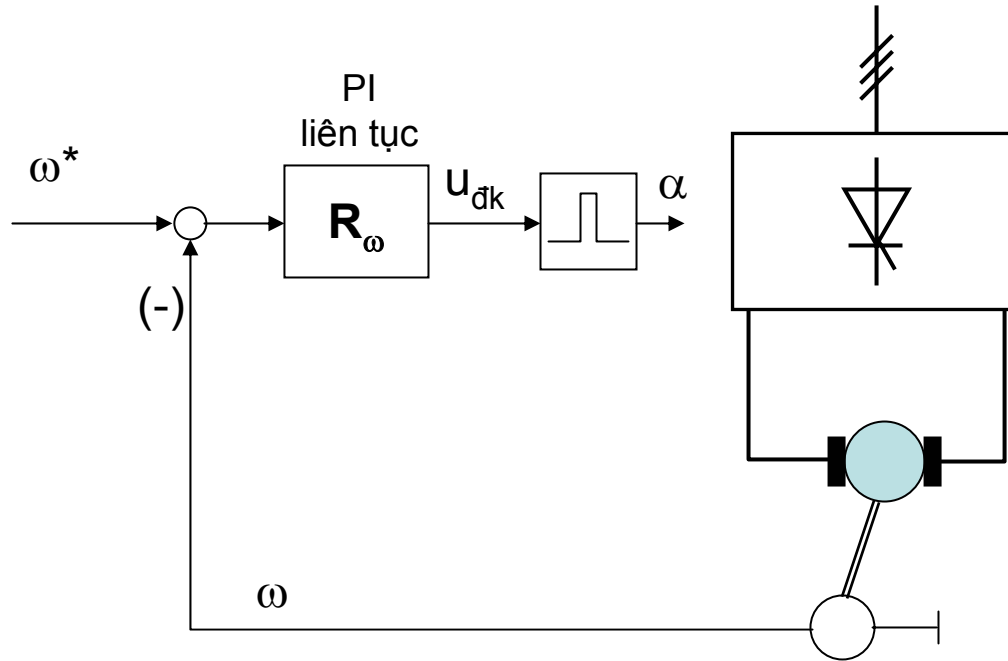
$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{a_2(A_0z + A_1)}{z^2 - (1 + a_1 - a_2A_0)z + (a_2A_1 + a_1)}$$

Đa thức đặc tính:

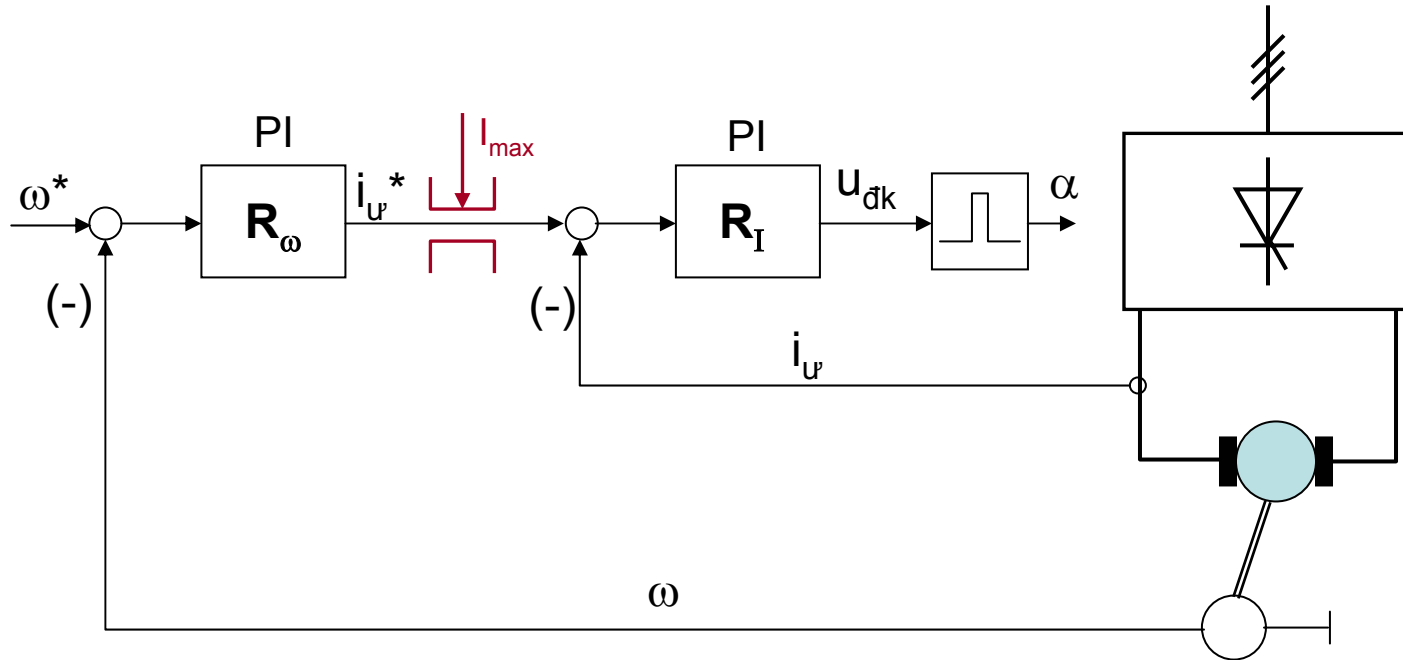
$$\Delta(z) = z^2 - (1 + a_1 - a_2A_0)z + (a_2A_1 + a_1)$$

3. 3 Hàm truyền đạt của hệ thống có hai mạch vòng kín

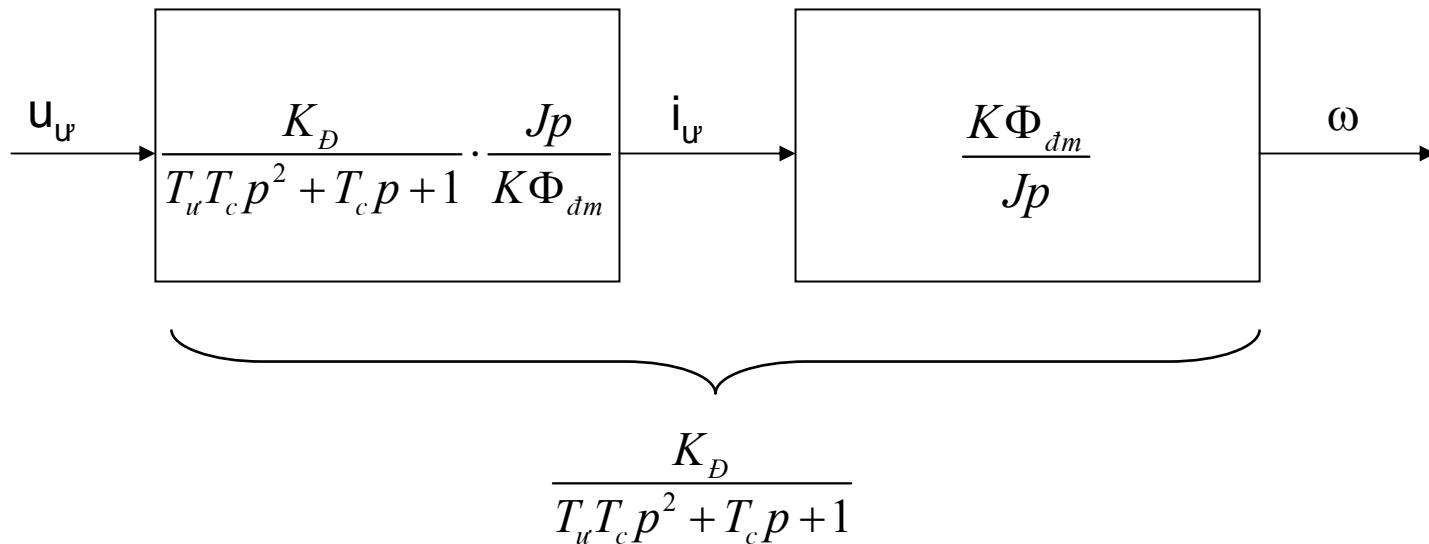
Hệ thống có một mạch vòng kín



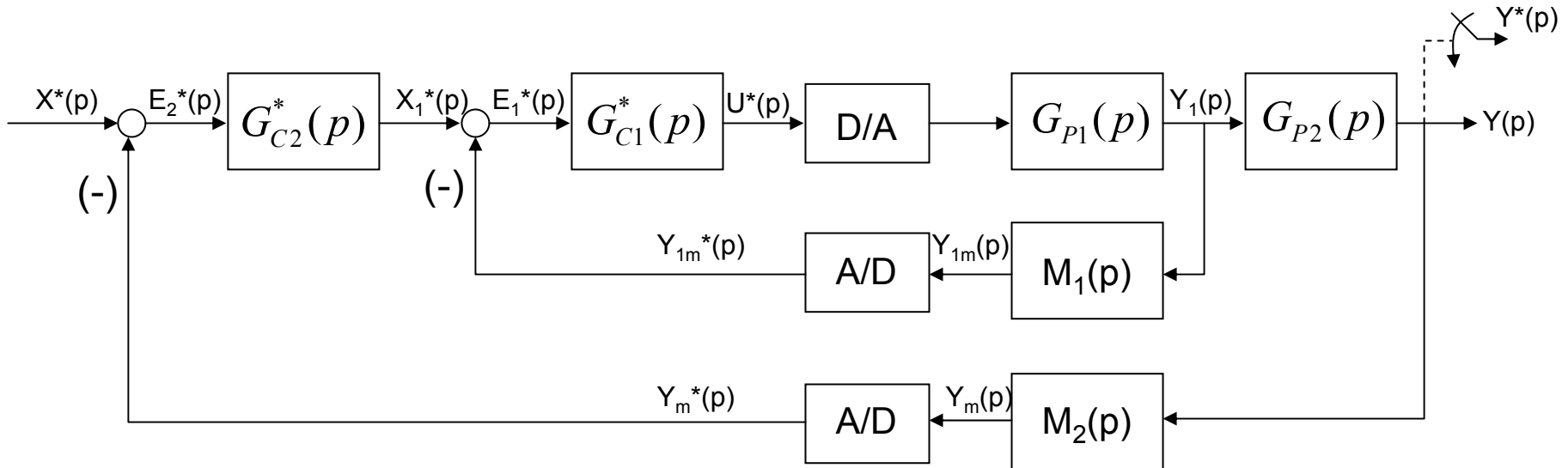
Hệ thống có hai mạch vòng kín



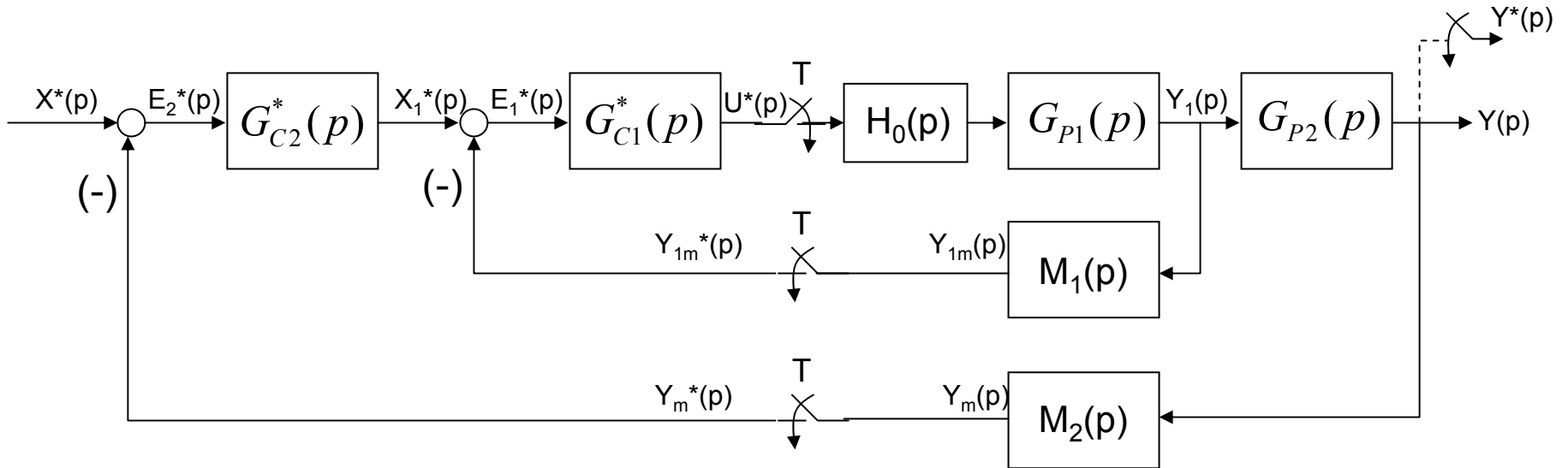
Mô hình của động cơ điện một chiều có mạch vòng dòng điện



Hệ thống có hai mạch vòng kín



Bước 1: Khai triển sơ đồ khối



Bước 2: Viết các biểu thức mô tả mối quan hệ giữa các tín hiệu trong hệ thống

$$E_2^*(p) = X^*(p) - Y_m^*(p) \quad (1)$$

$$X_1^*(p) = E_2^*(p).G_{C2}^*(p) \quad (2)$$

$$E_1^*(p) = X_1^*(p) - Y_{1m}^*(p) \quad (3)$$

$$U^*(p) = E_1^*(p).G_{C1}^*(p) \quad (4)$$

$$Y(p) = U^*(p).H_0 G_{P1} G_{P2}(p)$$

$$Y^*(p) = \left[U^*(p).H_0 G_{P1} G_{P2}(p) \right]^*$$

$$Y^*(p) = U^*(p).H_0 G_{P1} G_{P2}^*(p) \quad (5)$$

$$Y_{1m}(p) = U^*(p).H_0 G_{P1} M_1(p)$$

$$Y_{1m}^*(p) = \left[U^*(p).H_0 G_{P1} M_1(p) \right]^*$$

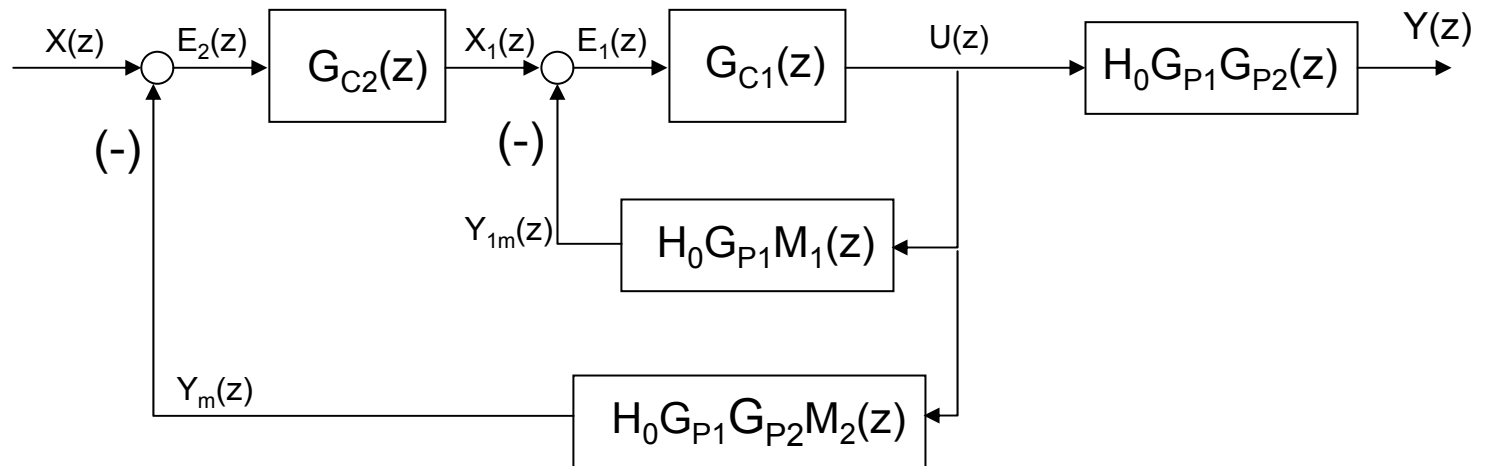
$$Y_{1m}^*(p) = U^*(p).H_0 G_{P1} M_1^*(p) \quad (6)$$

$$Y_m(p) = U^*(p).H_0 G_{P1} G_{P2} M_2(p)$$

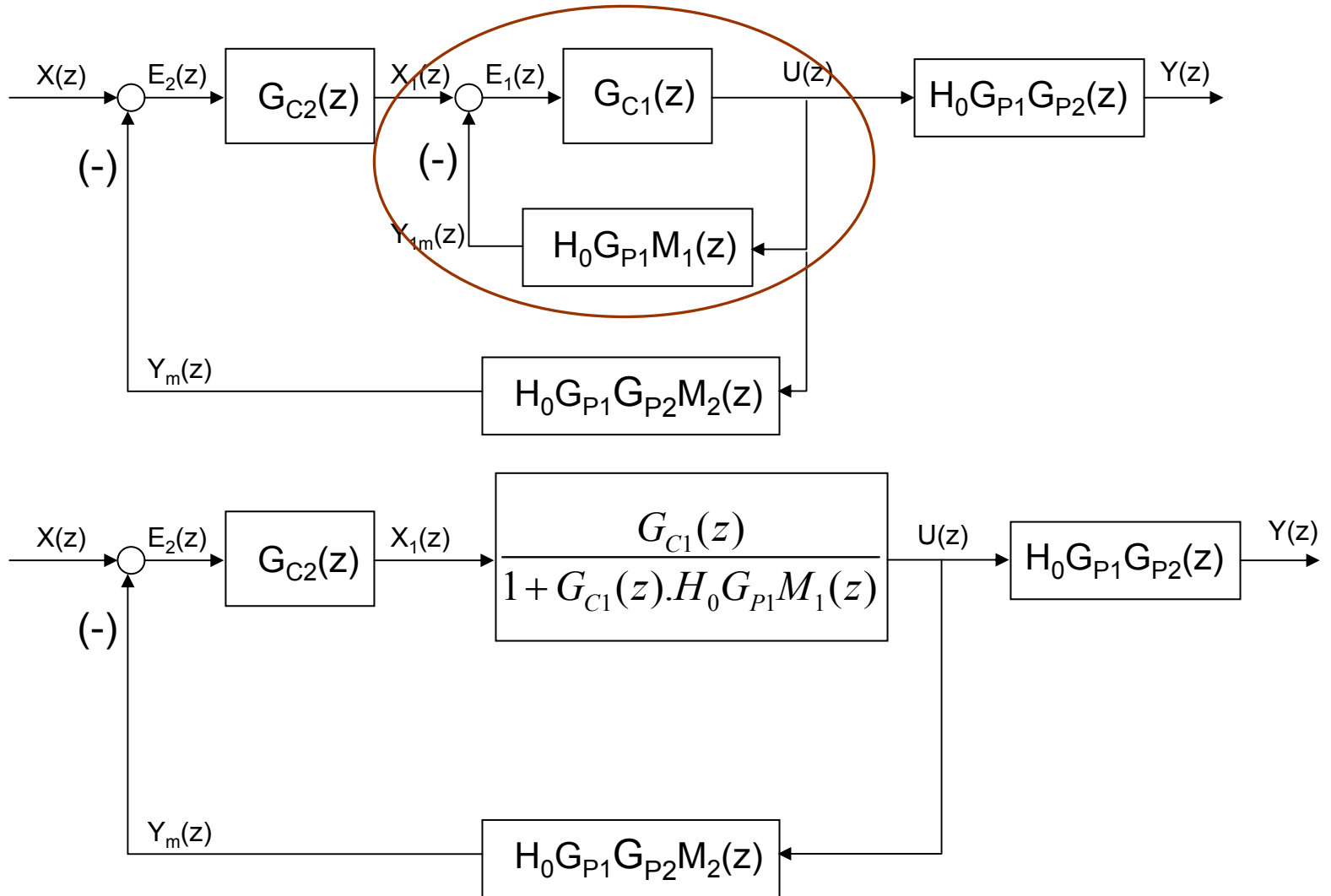
$$Y_m^*(p) = \left[U^*(p).H_0 G_{P1} G_{P2} M_2(p) \right]^*$$

$$Y_m^*(p) = U^*(p).H_0 G_{P1} G_{P2} M_2^*(p) \quad (7)$$

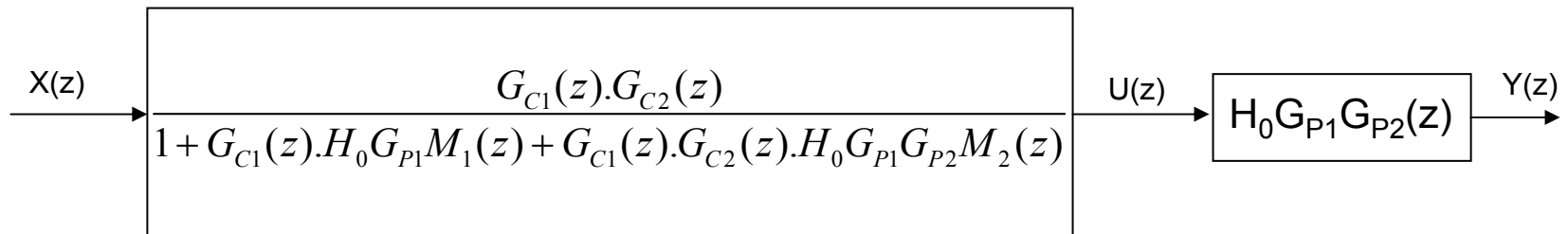
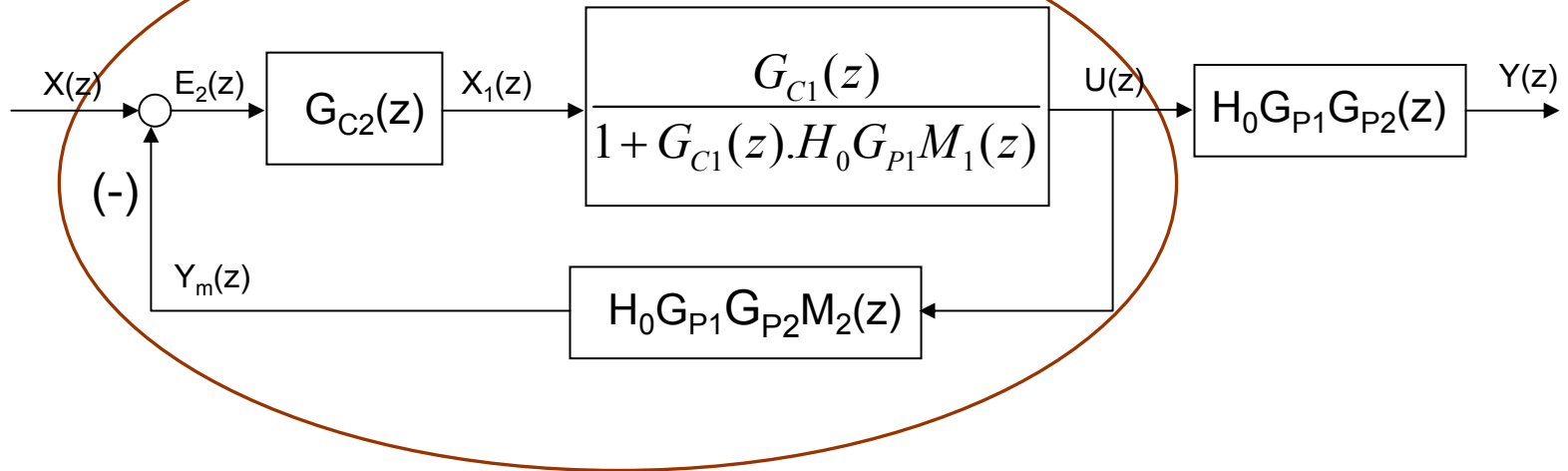
Bước 4: Vẽ lại sơ đồ khối



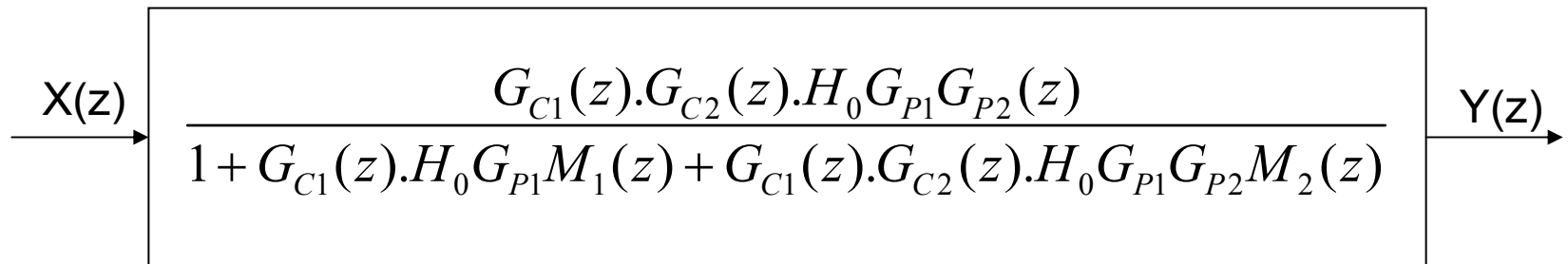
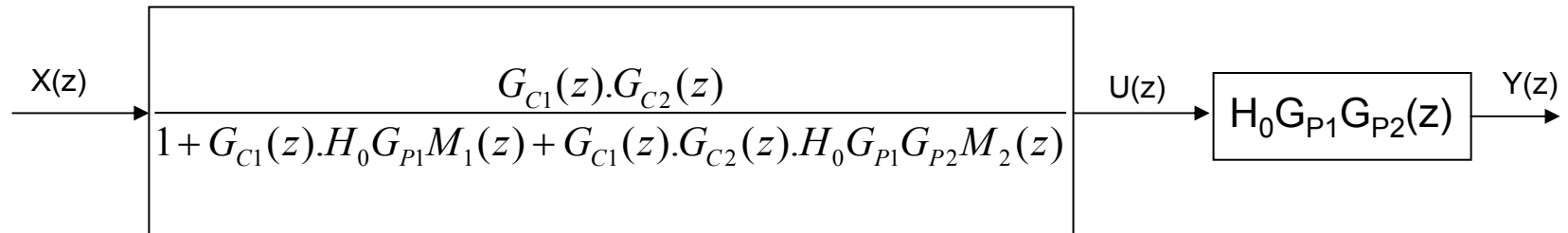
Bước 5: Biến đổi sơ đồ khối – xác định hàm truyền đạt



Bước 5: Biến đổi sơ đồ khối - xác định hàm truyền đạt



Bước 5: Biến đổi sơ đồ khối – xác định hàm truyền đạt



$$G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{G_{C1}(z).G_{C2}(z).H_0.G_{P1}.G_{P2}(z)}{1 + G_{C1}(z).H_0.G_{P1}.M_1(z) + G_{C1}(z).G_{C2}(z).H_0.G_{P1}.G_{P2}.M_2(z)}$$

$$H_0 G_{P_1} G_{P_2}(z) = \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_{P_1}(p) \cdot G_{P_2}(p)}{p} \right\}$$

$$H_0 G_{P_1} M_1(z) = \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_{P_1}(p) \cdot M_1(p)}{p} \right\}$$

$$H_0 G_{P_1} G_{P_2} M_2(z) = \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_{P_1}(p) \cdot G_{P_2}(p) \cdot M_2(p)}{p} \right\}$$

Trường hợp đặc biệt

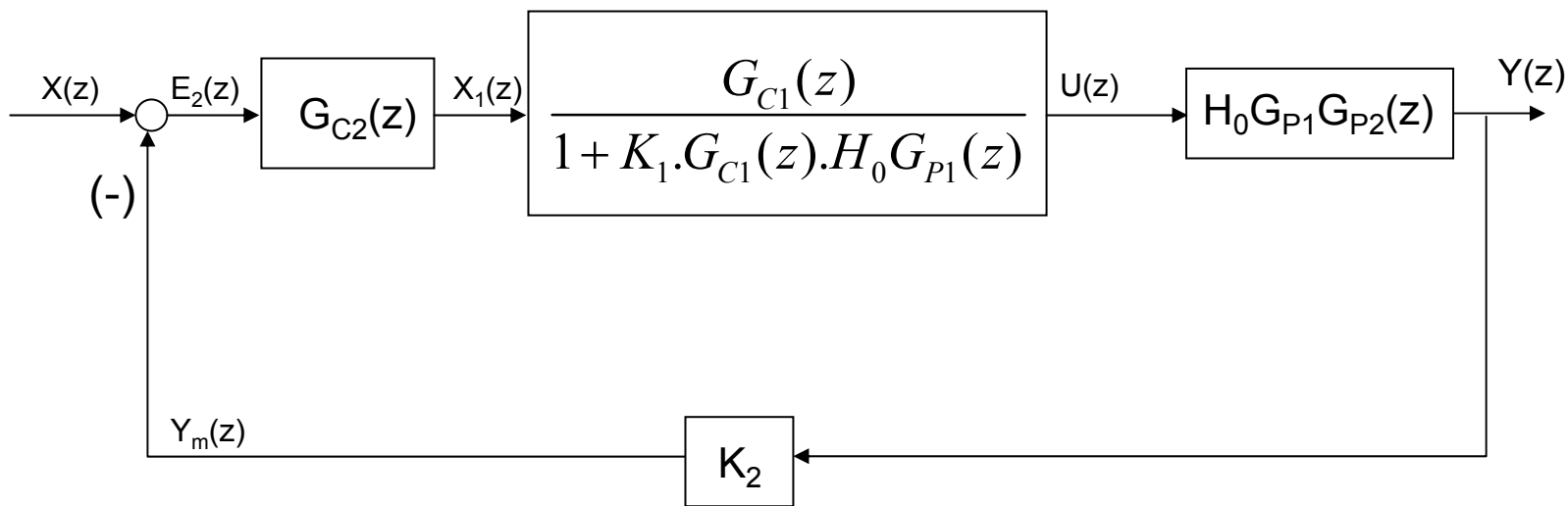
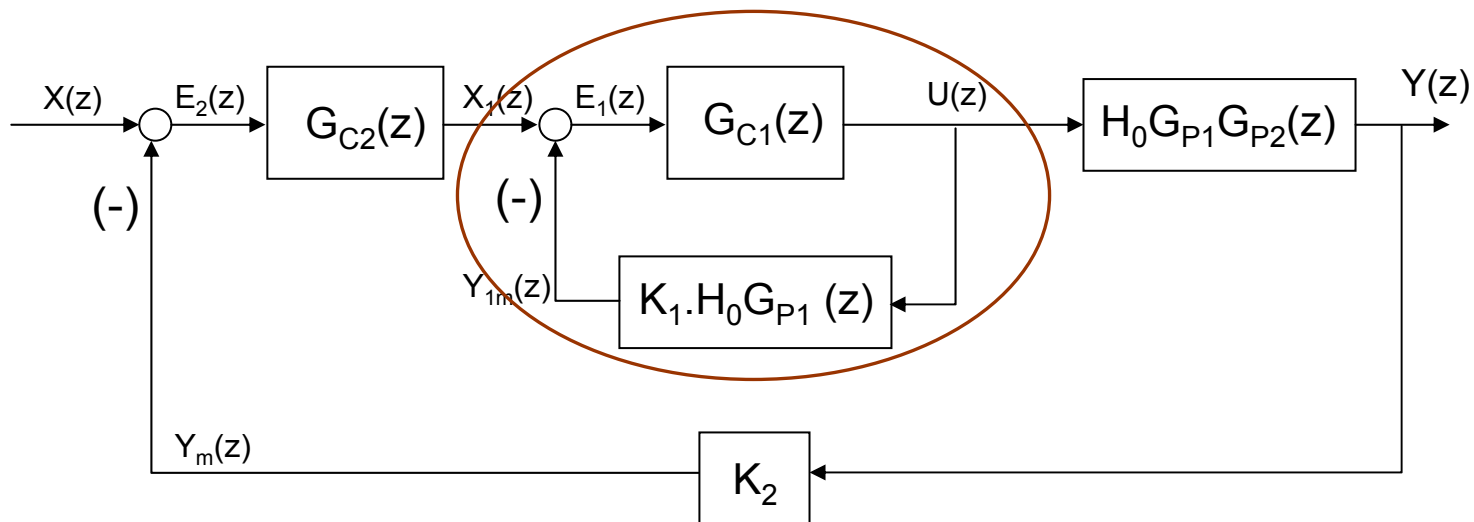
- $M_1(p) = K_1$
- $M_2(p) = K_2$

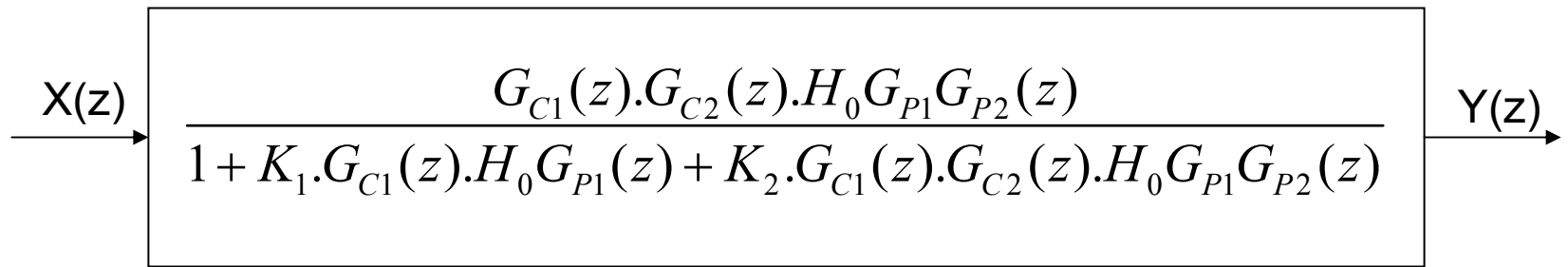
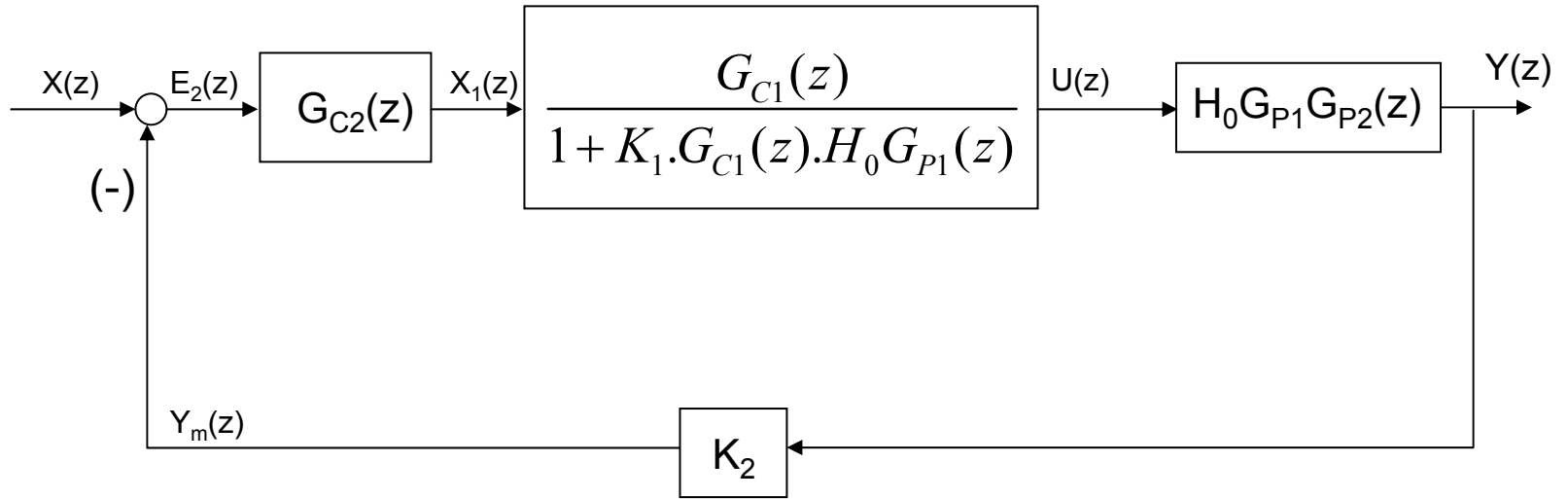


$$H_0 G_{P1} M_1(z) = K_1 \cdot H_0 G_{P1}(z)$$

$$H_0 G_{P1} G_{P2} M_2(z) = K_2 \cdot H_0 G_{P1} G_{P2}(z)$$

Sơ đồ khối

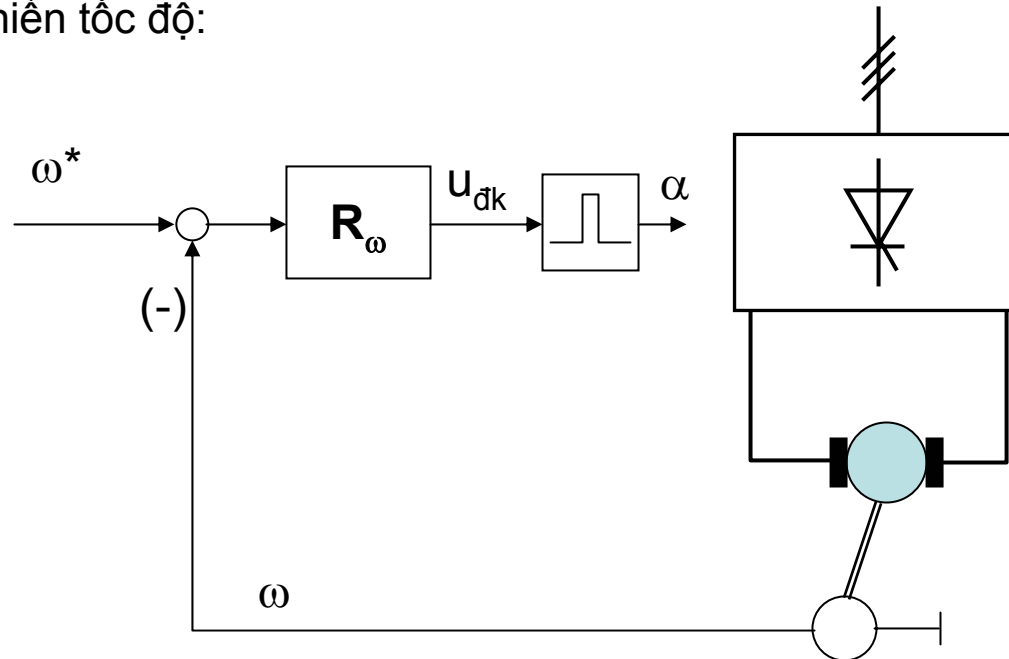




$$G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{G_{C1}(z) \cdot G_{C2}(z) \cdot H_0 G_{P1} G_{P2}(z)}{1 + K_1 \cdot G_{C1}(z) \cdot H_0 G_{P1}(z) + K_2 \cdot G_{C1}(z) \cdot G_{C2}(z) \cdot H_0 G_{P1} G_{P2}(z)}$$

Ví dụ: Điều khiển vị trí động cơ điện một chiều

- Điều khiển tốc độ:

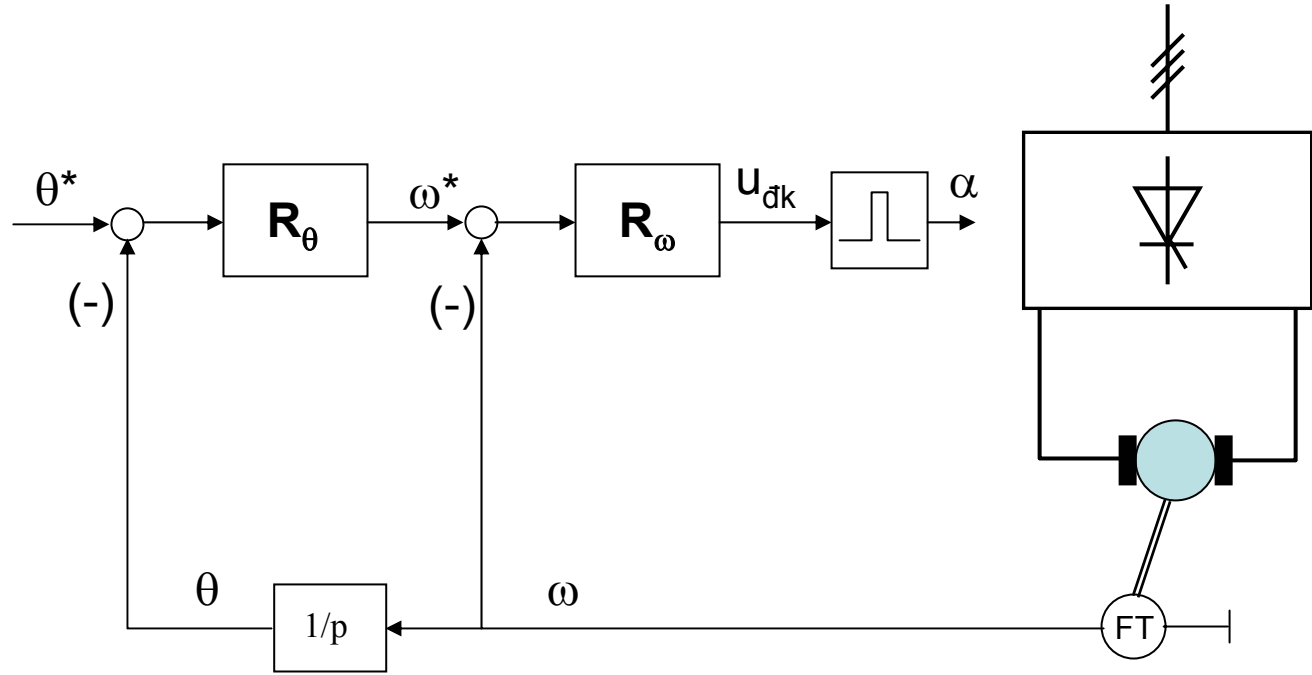


- Điều khiển vị trí:

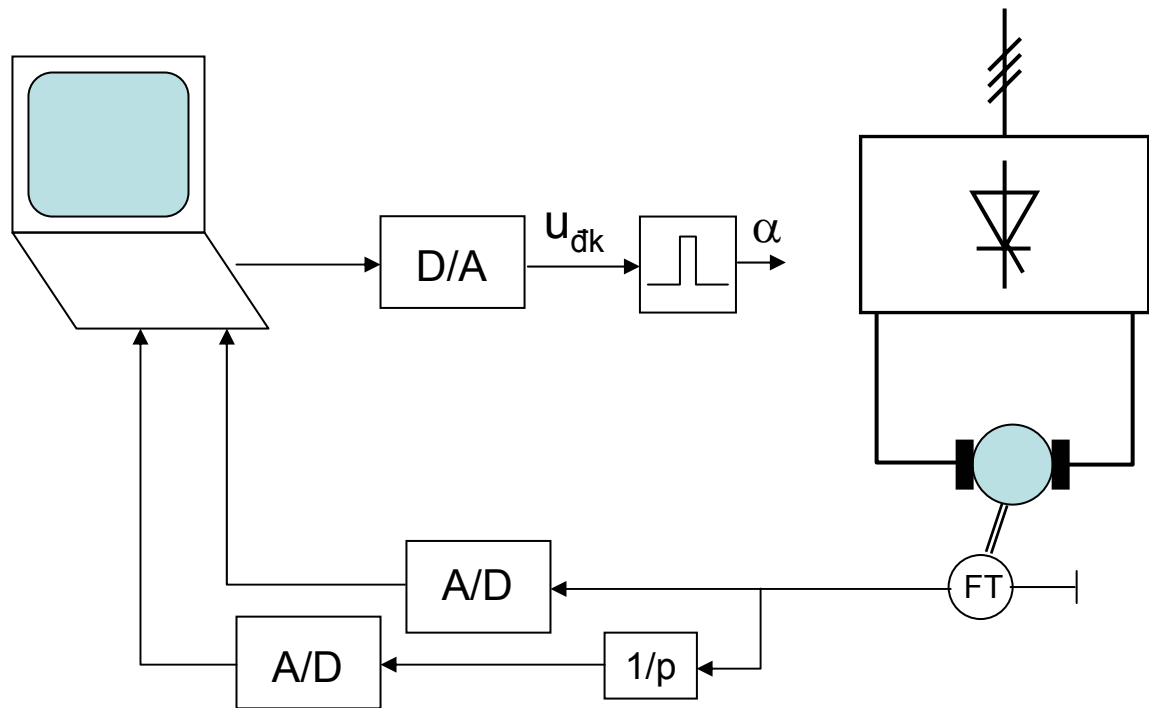
Ứng dụng: điều khiển vòng quay của động cơ trong điều khiển robot

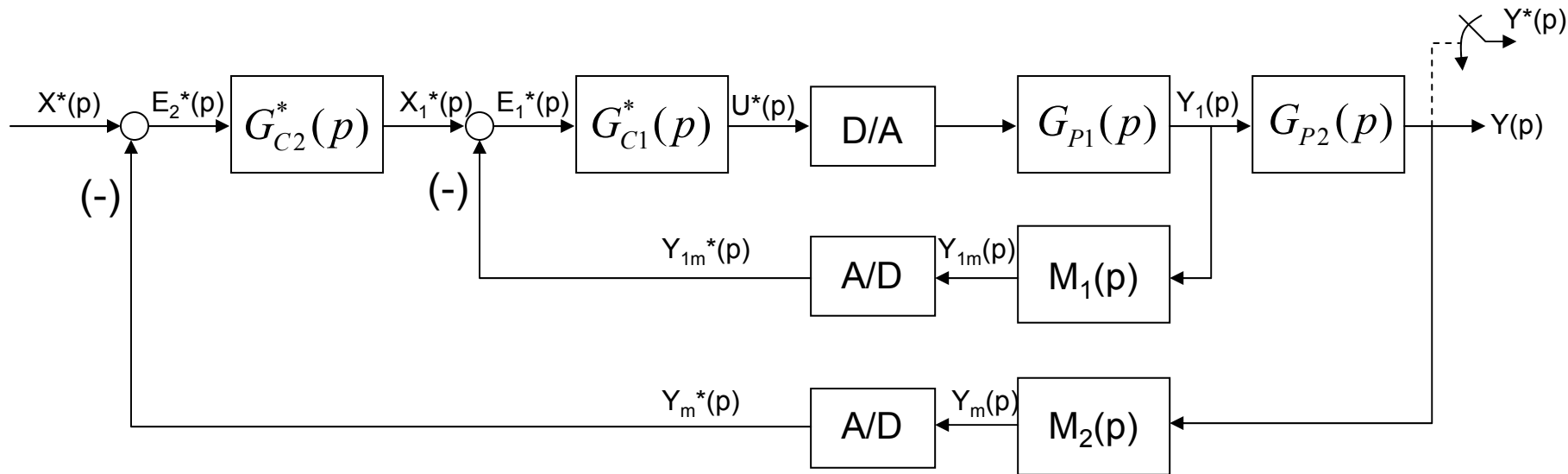
$$s = \int v(t) dt \quad \theta = \int \omega(t) dt \quad \theta(p) = \frac{1}{p} \omega(p)$$

- Điều khiển tương tự



- Điều khiển số





$$G_{C1}(z) = \frac{A_0 z + A_1}{z - 1}$$

$$A_0 = K_P + \frac{K_I T}{2}$$

$$A_1 = -K_P + \frac{K_I T}{2}$$

$$G_{C2}(z) = K_{P2}$$

K_P : Hằng số tỷ lệ
 K_I : hằng số tích phân

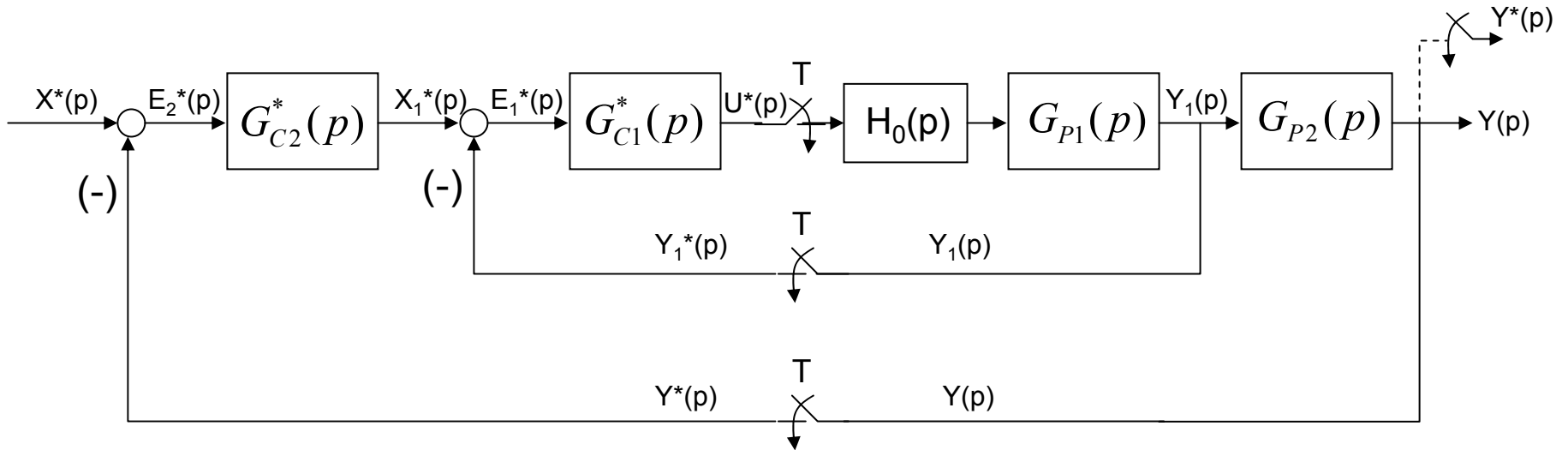
$$G_{P1}(p) = \frac{K}{\tau p + 1}$$

$$G_{P2}(p) = \frac{1}{p}$$

$$M_1(p) = 1$$

$$M_2(p) = 1$$

Bước 1: Khai triển sơ đồ khối



Bước 2: Viết các biểu thức mô tả mối quan hệ giữa các tín hiệu trong hệ thống

$$E_2^*(p) = X^*(p) - Y^*(p) \quad (1)$$

$$X_1^*(p) = E_2^*(p).G_{C2}^*(p) \quad (2)$$

$$E_1^*(p) = X_1^*(p) - Y_1^*(p) \quad (3)$$

$$U^*(p) = E_1^*(p).G_{C1}^*(p) \quad (4)$$

$$Y(p) = U^*(p).H_0 G_{P1} G_{P2}(p)$$

$$Y^*(p) = \left[U^*(p).H_0 G_{P1} G_{P2}(p) \right]^*$$

$$Y^*(p) = U^*(p).H_0 G_{P1} G_{P2}^*(p) \quad (5)$$

$$Y_1(p) = U^*(p).H_0 G_{P1}(p)$$

$$Y_1^*(p) = \left[U^*(p).H_0 G_{P1} \right]^*$$

$$Y_1^*(p) = U^*(p).H_0 G_{P1}^*(p) \quad (6)$$

Bước 3: Chuyển các biểu thức “*” sang biểu thức Z

- Thay $p = \frac{1}{T} \ln z$ vào các biểu thức “*”

$$E_2^*(p) = X^*(p) - Y^*(p) \quad (1) \quad E_2(z) = X(z) - Y(z) \quad (1)$$

$$X_1^*(p) = E_2^*(p) \cdot G_{C2}^*(p) \quad (2) \quad X_1(z) = E_2(z) \cdot G_{C2}(z) \quad (2)$$

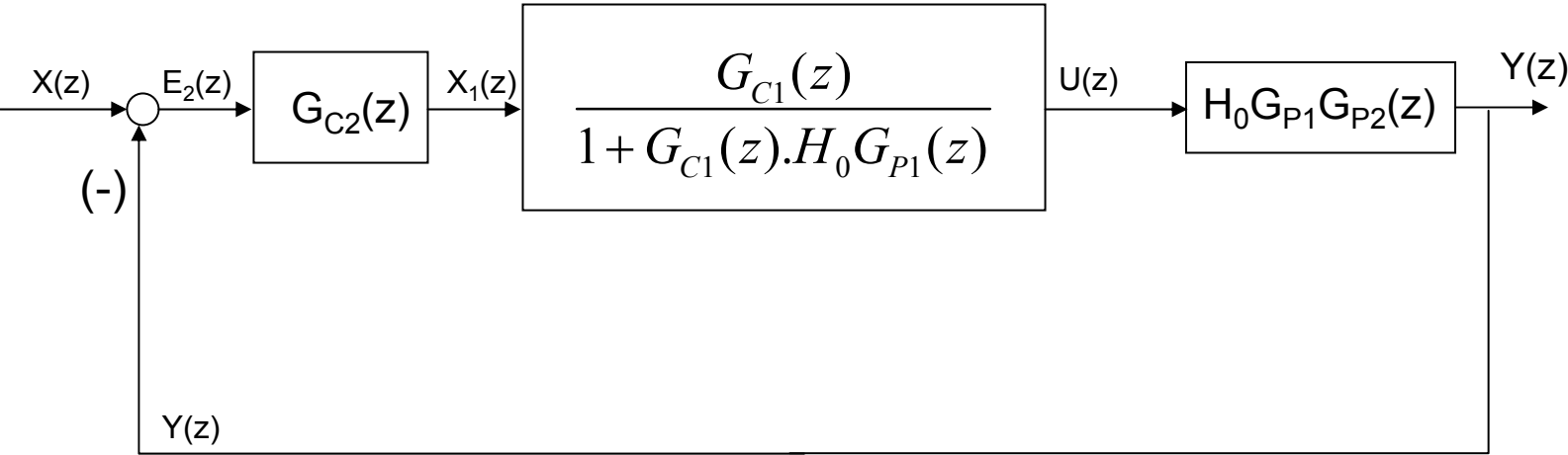
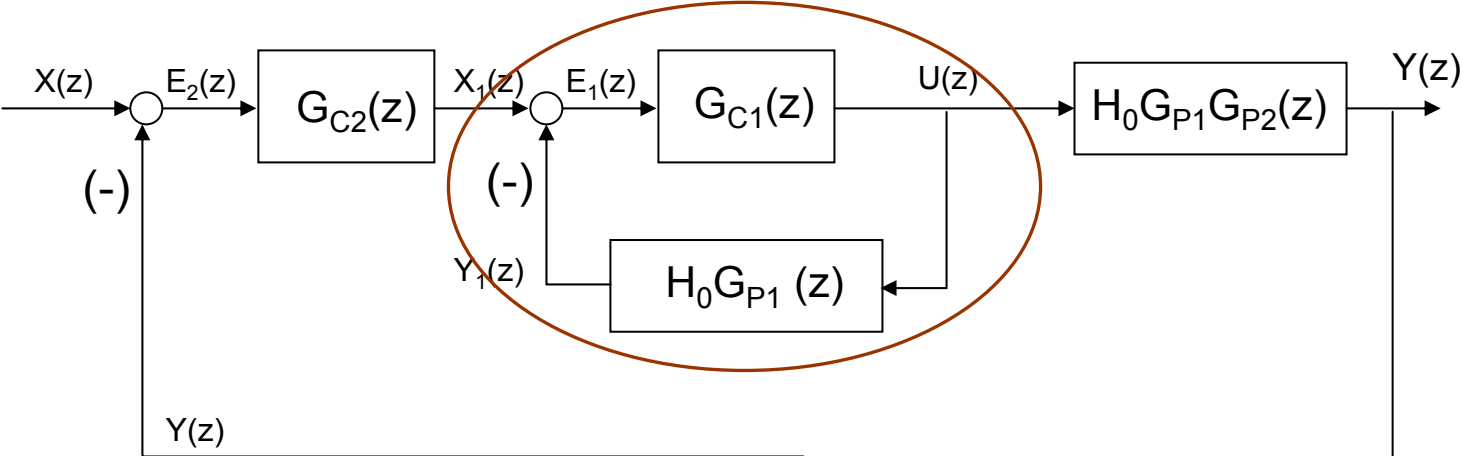
$$E_1^*(p) = X_1^*(p) - Y_1^*(p) \quad (3) \quad E_1(z) = X_1(z) - Y_1(z) \quad (3)$$

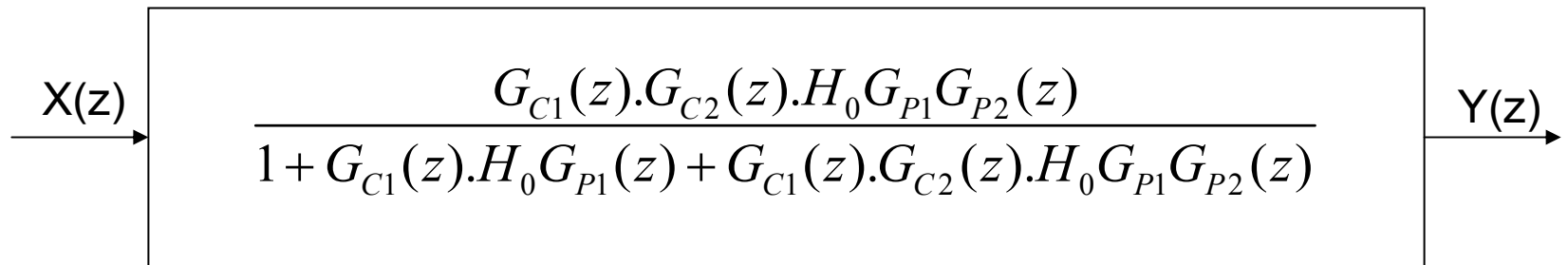
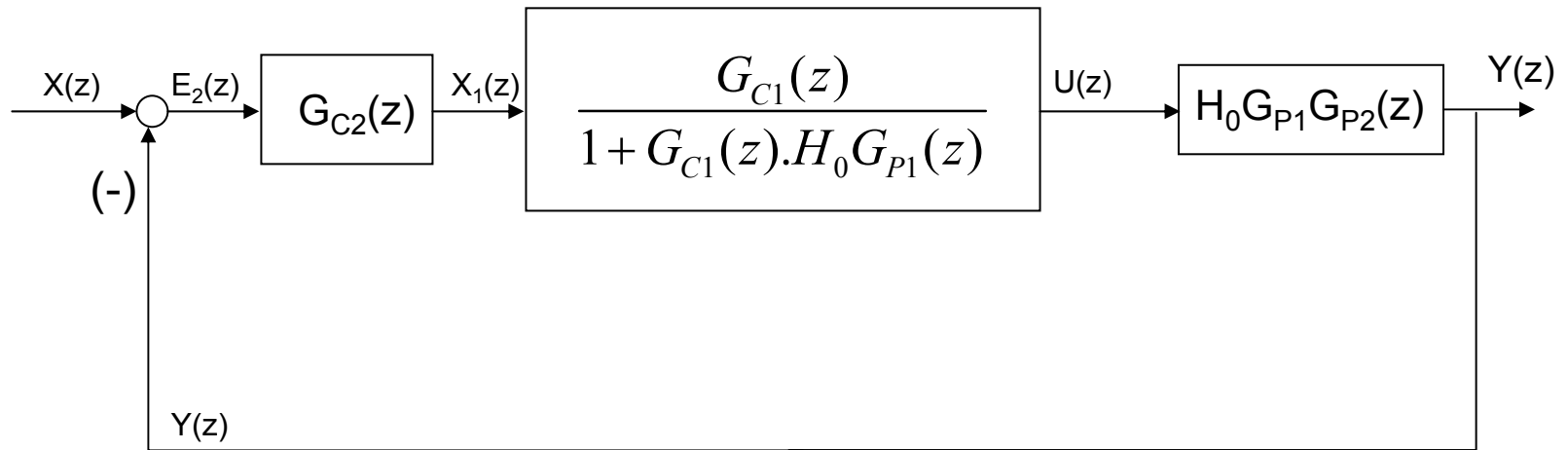
$$U^*(p) = E_1^*(p) \cdot G_{C1}^*(p) \quad (4) \quad U(z) = E_1(z) \cdot G_{C1}(z) \quad (4)$$

$$Y^*(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_{P1} G_{P2}^*(p) \quad (5) \quad Y(z) = U(z) \cdot H_0 G_{P1} G_{P2}(z) \quad (5)$$

$$Y_1^*(p) = U^*(p) \cdot H_0 G_{P1}^*(p) \quad (6) \quad Y_1(z) = U(z) \cdot H_0 G_{P1}(z) \quad (6)$$

Sơ đồ khối





$$G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{G_{C1}(z).G_{C2}(z).H_0G_{P1}G_{P2}(z)}{1 + G_{C1}(z).H_0G_{P1}(z) + G_{C1}(z).G_{C2}(z).H_0G_{P1}G_{P2}(z)}$$

Thay dữ liệu đã cho

$$\begin{aligned} H_0 G_{P1}(z) &= \frac{z-1}{z} \mathcal{Z} \left\{ \frac{G_{P1}(p)}{p} \right\} \\ &= \frac{z-1}{z} \mathcal{Z} \left\{ \frac{K}{p(\tau p + 1)} \right\} \end{aligned}$$

$$H_0 G_{P1}(z) = \frac{z-1}{z} \frac{K(1-e^{-\frac{T}{\tau}})z}{(z-1)(z-e^{-\frac{T}{\tau}})} = \frac{K(1-e^{-\frac{T}{\tau}})}{(z-e^{-\frac{T}{\tau}})}$$

$$a_1 = e^{-\frac{T}{\tau}}; \quad a_2 = K(1-a_1)$$

$$H_0 G_{P1}(z) = \frac{a_2}{z-a_1}$$

Thay dữ liệu đã cho

$$H_0 G_{P1} G_{P2}(z) = \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{G_{P1}(p) G_{P2}(p)}{p} \right\}$$

$$= \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{K}{p^2(\tau p + 1)} \right\}$$

$$= K \frac{z-1}{z} \mathbb{Z} \left\{ \frac{\frac{1}{\tau}}{p^2(p + \frac{1}{\tau})} \right\}$$

$$\mathbb{Z} \left\{ \frac{\frac{1}{\tau}}{p^2(p + \frac{1}{\tau})} \right\} = \frac{T.z}{(z-1)^2} - \frac{\tau(1 - e^{-\frac{T}{\tau}}).z}{(z-1)(z - e^{-\frac{T}{\tau}})}$$

$$H_0 G_{P1} G_{P2}(z) = K \frac{z-1}{z} \left[\frac{T.z}{(z-1)^2} - \frac{\tau(1 - e^{-\frac{T}{\tau}}).z}{(z-1)(z - e^{-\frac{T}{\tau}})} \right]$$

$$= K \left[\frac{T}{(z-1)} - \frac{\tau(1 - e^{-\frac{T}{\tau}})}{(z - e^{-\frac{T}{\tau}})} \right]$$

$$= \frac{K[T - \tau(1 - e^{-\frac{T}{\tau}})]z + K[\tau(1 - e^{-\frac{T}{\tau}}) - T e^{-\frac{T}{\tau}}]}{(z-1).(z - e^{-\frac{T}{\tau}})}$$

$$a_3 = K[T - \tau(1 - a_1)]$$

$$a_4 = K[\tau(1 - a_1) - T a_1]$$

$$H_0 G_{P1} G_{P2}(z) = \frac{a_3 z + a_4}{(z-1).(z - a_1)}$$

Kết quả hàm truyền đạt

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{G_{C1}(z).G_{C2}(z).H_0G_{P1}G_{P2}(z)}{1 + G_{C1}(z)H_0G_{P1}(z) + G_{C1}(z).G_{C2}(z).H_0G_{P1}G_{P2}(z)} = \frac{N(z)}{\Delta(z)}$$

$$N(z) = K_{P2} \frac{(A_0z + A_1)(a_3z + a_4)}{(z-1)^2(z-a_1)}$$

$$= \frac{K_{P2}A_0a_3z^2 + K_{P2}(A_0a_4 + A_1a_3)z + K_{P2}A_1a_4}{(z-1)^2(z-a_1)}$$

$$\Delta(z) = 1 + \frac{A_0z + A_1}{z-1} \cdot \frac{a_2}{z-a_1} + K_{P2} \frac{A_0z + A_1}{z-1} \cdot \frac{a_3z + a_4}{(z-1)(z-a_1)}$$

$$= \frac{(z-1)^2(z-a_1) + a_2(z-1)(A_0z + A_1) + K_{P2}(A_0z + A_1)(a_3z + a_4)}{(z-1)^2(z-a_1)}$$

Kết quả hàm truyền đạt

$$\Delta(z) = \frac{(z-1)^2(z-a_1) + a_2(z-1)(A_0z + A_1) + K_{P2}(A_0z + A_1)(a_3z + a_4)}{(z-1)^2(z-a_1)}$$

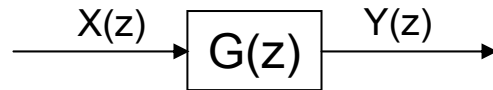
Đặt: $d_1 = A_0(a_2 + K_{P2}a_3) - 2 - a_1$

$$d_2 = 1 + 2a_1 + K_{P2}a_2(A_1 - A_0)(A_1a_3 + A_0a_4)$$

$$d_3 = K_{P2}A_1a_4 - A_1a_2 - a_1$$

$$\Rightarrow \Delta(z) = \frac{z^3 + d_1z^2 + d_2z + d_3}{(z-1)^2(z-a_1)}$$

Hàm truyền đạt của hệ thống đã cho

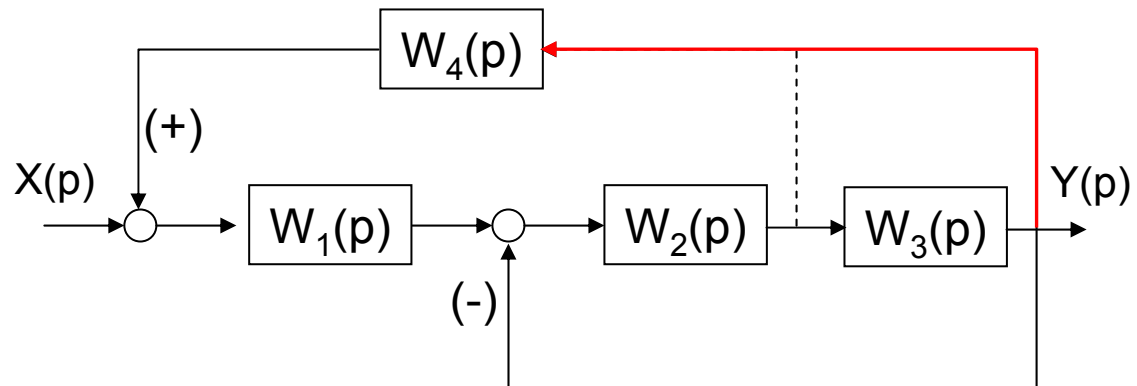
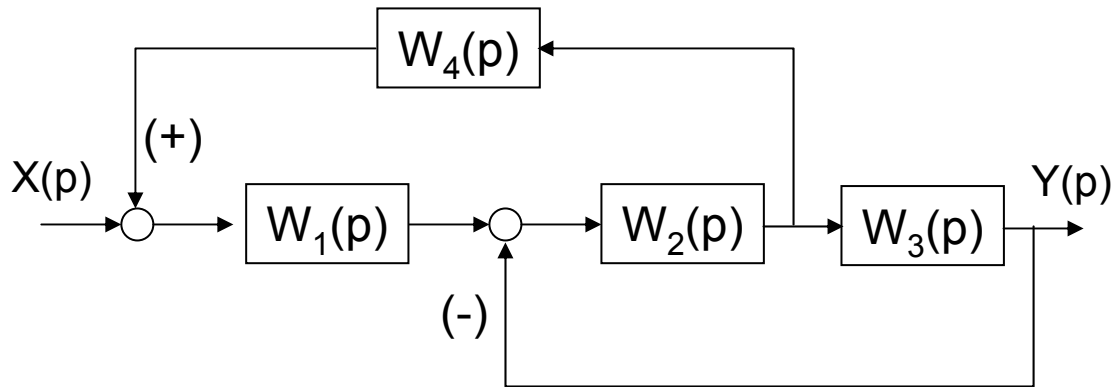


$$G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{K_{P2}A_0a_3z^2 + K_{P2}(A_0a_4 + A_1a_3)z + K_{P2}A_1a_4}{z^3 + d_1z^2 + d_2z + d_3}$$

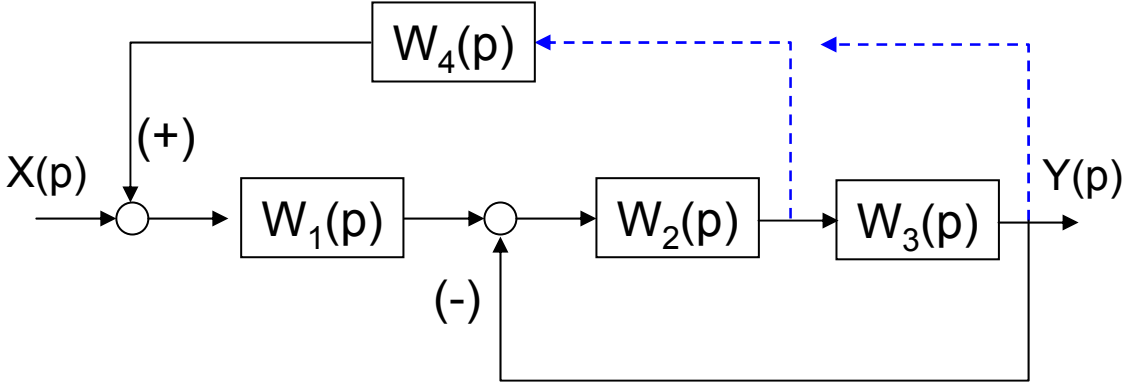
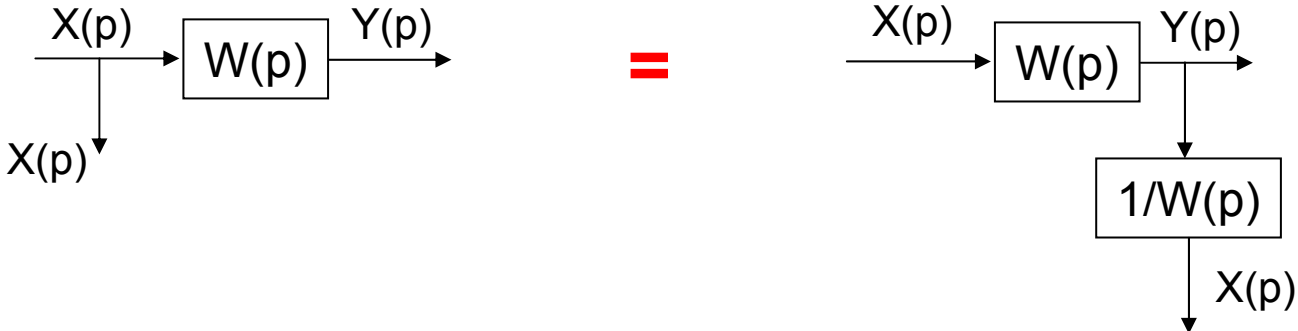
CÁC BƯỚC XÁC ĐỊNH HÀM TRUYỀN ĐẠT CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ

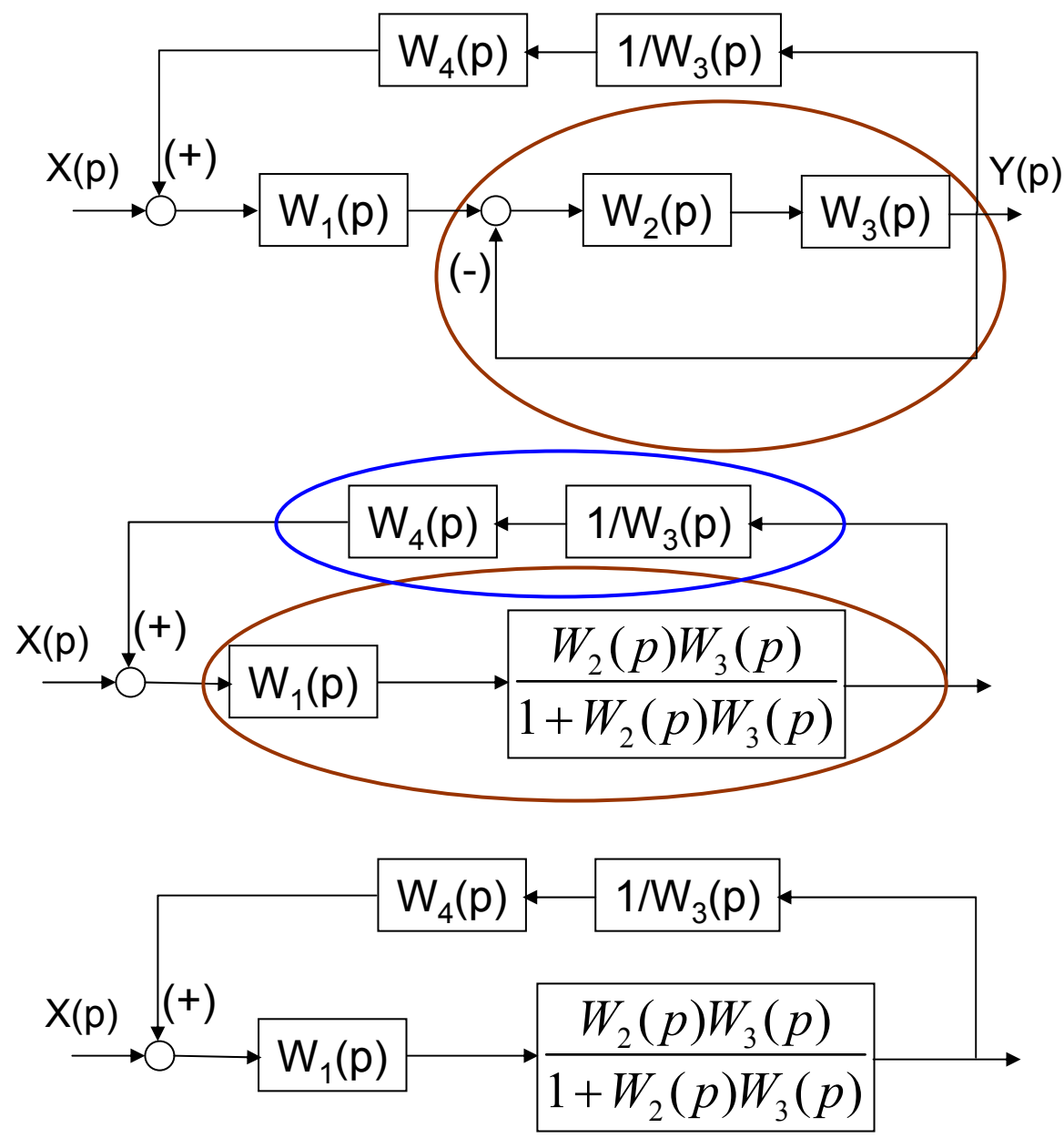
1. Khai triển sơ đồ khối. Thay các bộ biến đổi A/D bằng khâu lấy mẫu. Thay bộ biến đổi D/A bằng khâu lấy mẫu nối tiếp với khâu lưu giữ bậc không $H_0(p)$
2. Viết các biểu thức mô tả mối quan hệ giữa các tín hiệu trong hệ thống. Chuyển thành các biểu thức "*"
3. Chuyển các biểu thức "*" thành các biểu thức theo Z
4. Vẽ lại sơ đồ khối theo phép biến đổi Z
5. **Biến đổi sơ đồ khối.** Xác định hàm truyền đạt

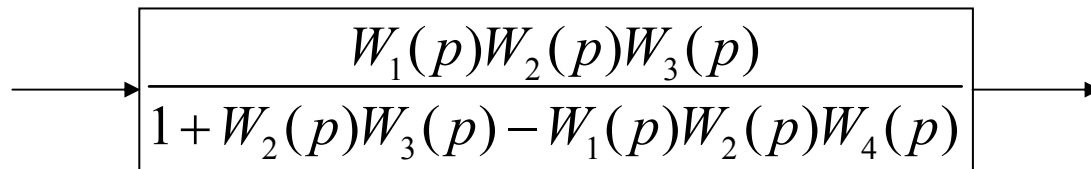
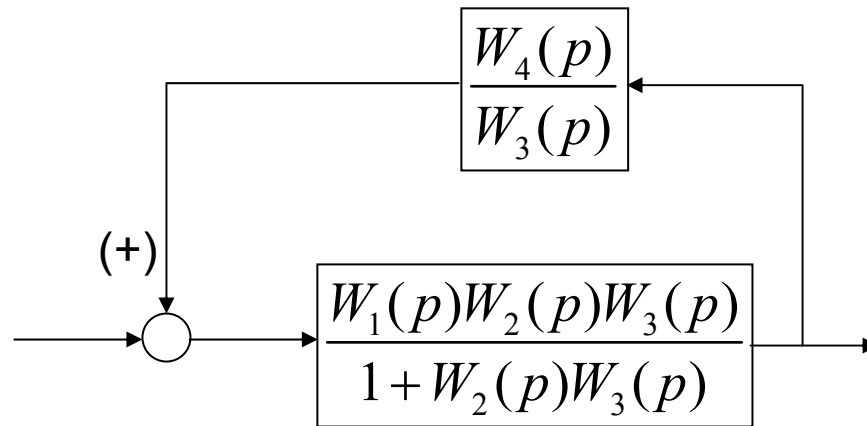
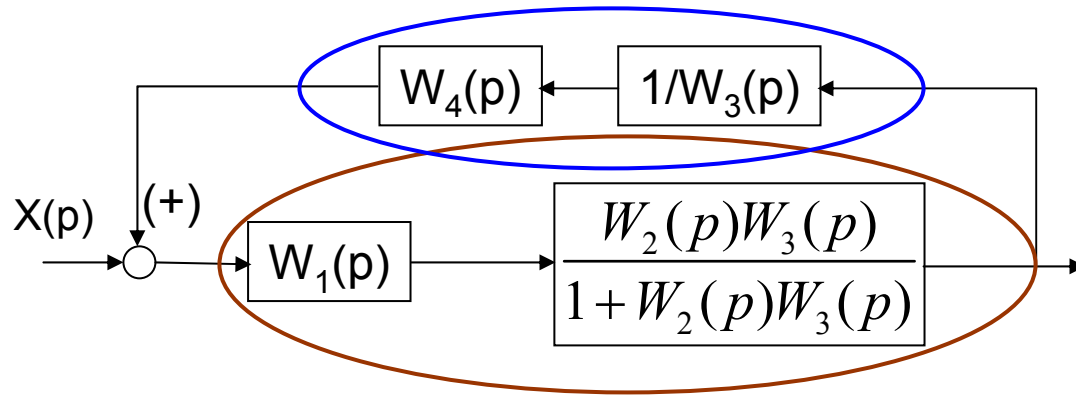
Biến đổi sơ đồ khối



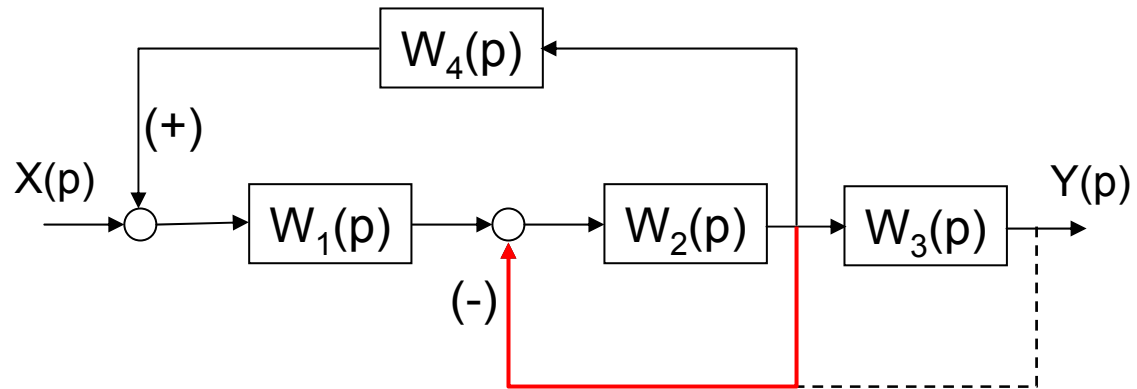
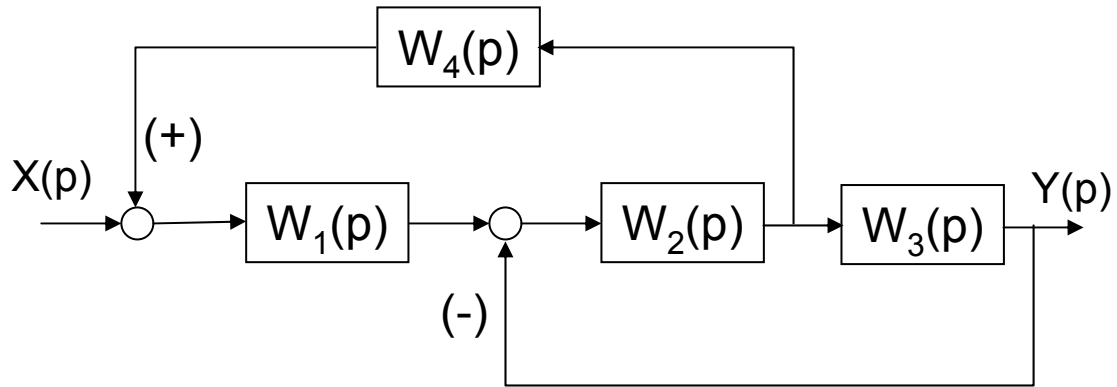
Chuyển tín hiệu ra từ trước ra sau một khối



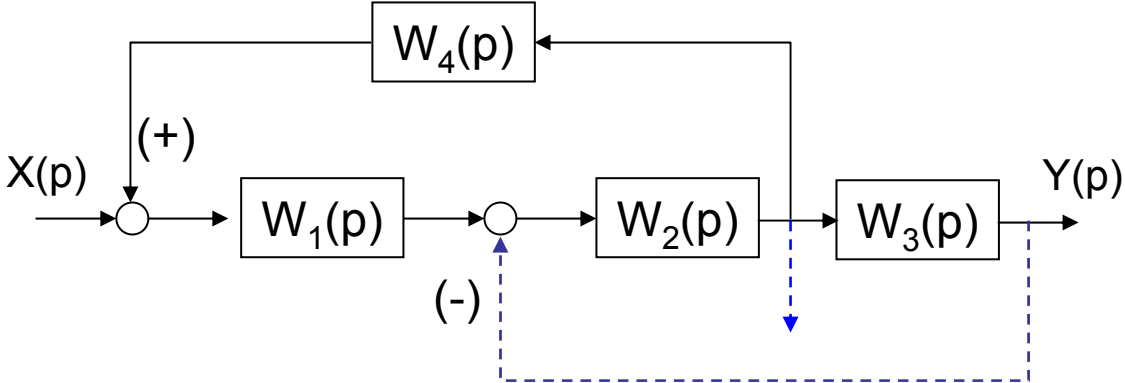
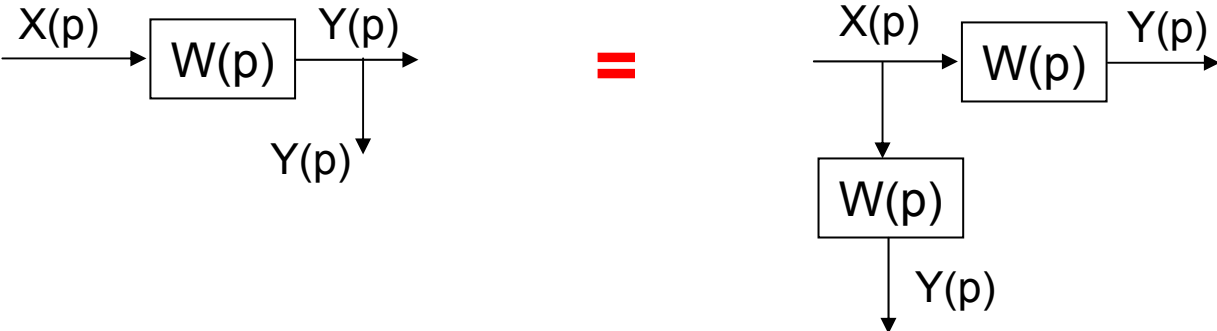


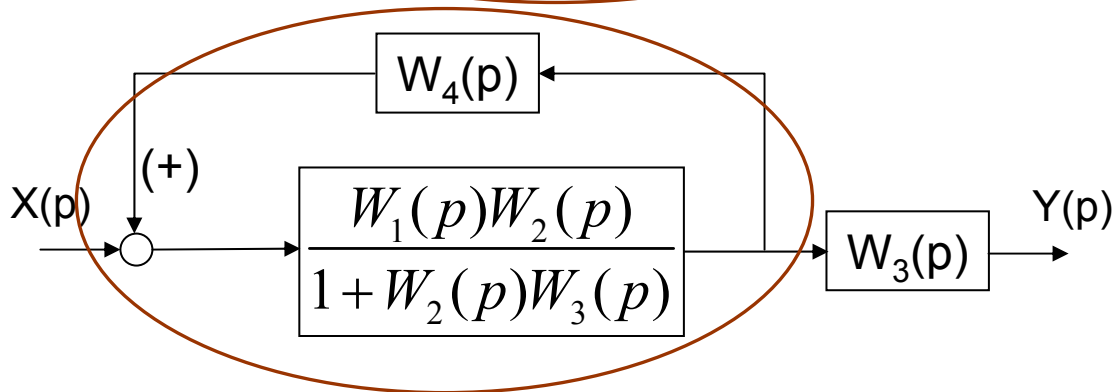
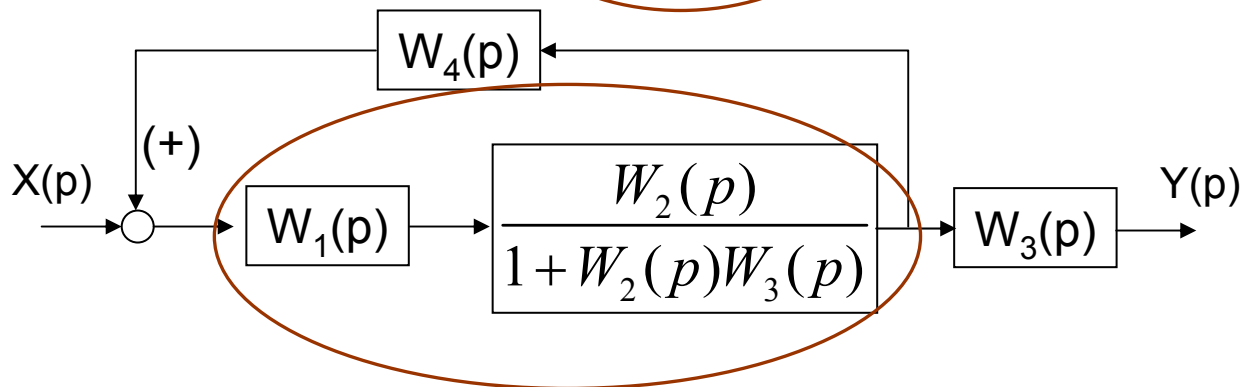
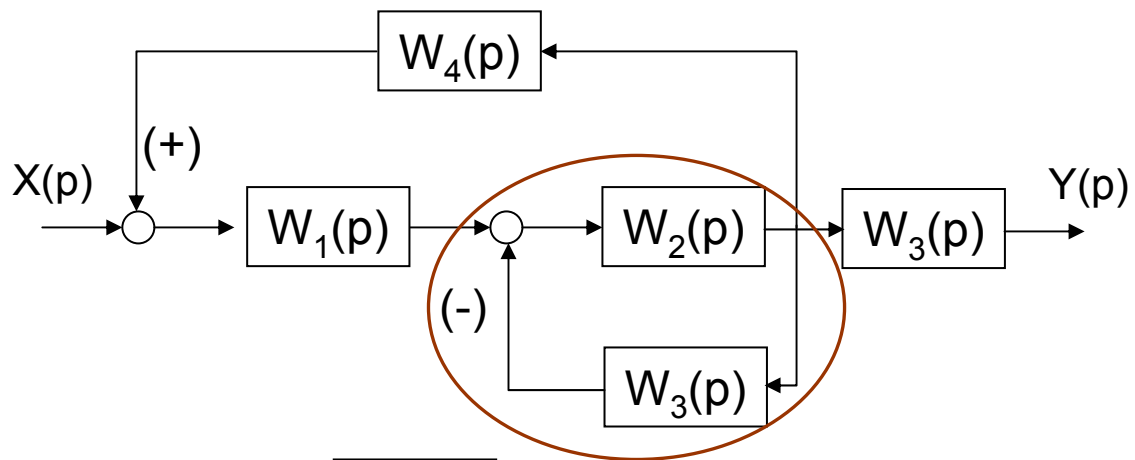


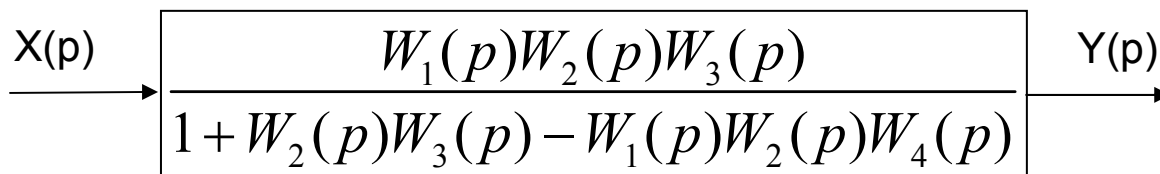
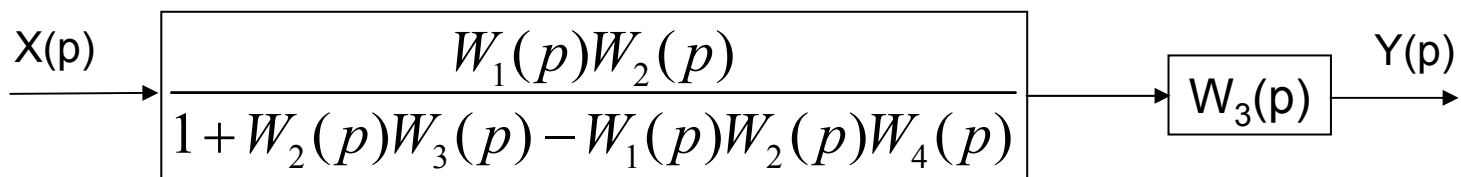
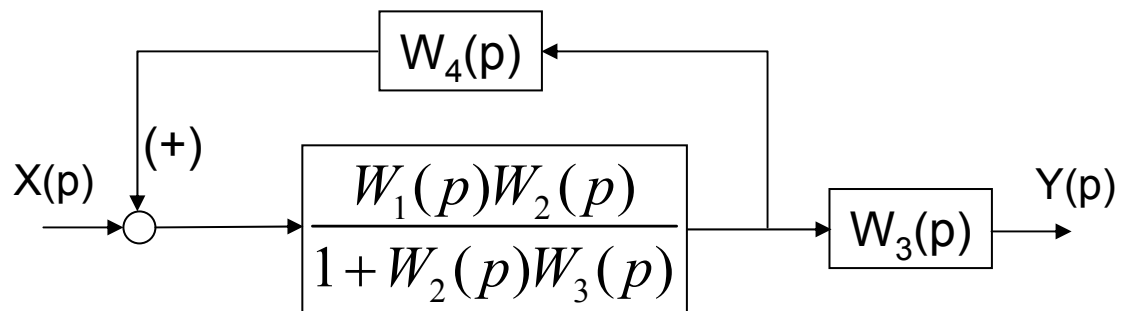
Biến đổi sơ đồ khối



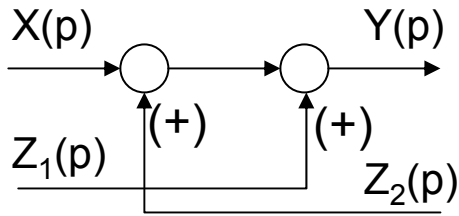
Chuyển tín hiệu ra từ sau ra trước một khối



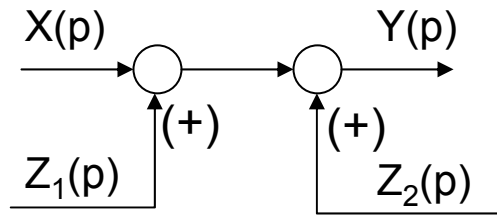




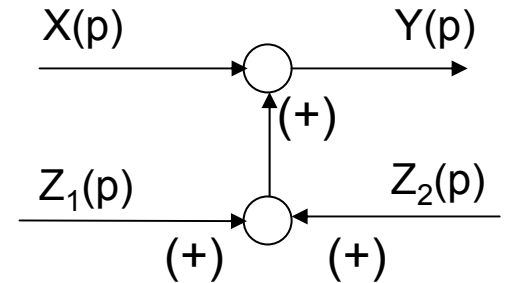
Hoán vị, kết hợp hai bộ cộng



=



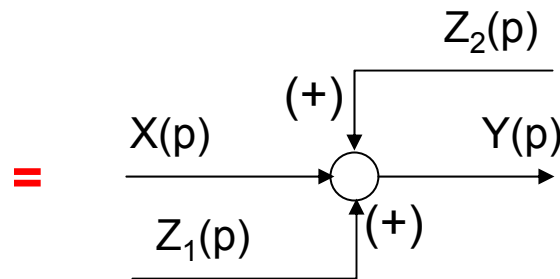
=



$$Y(p) = [X(p) + Z_2(p)] + Z_1(p)$$

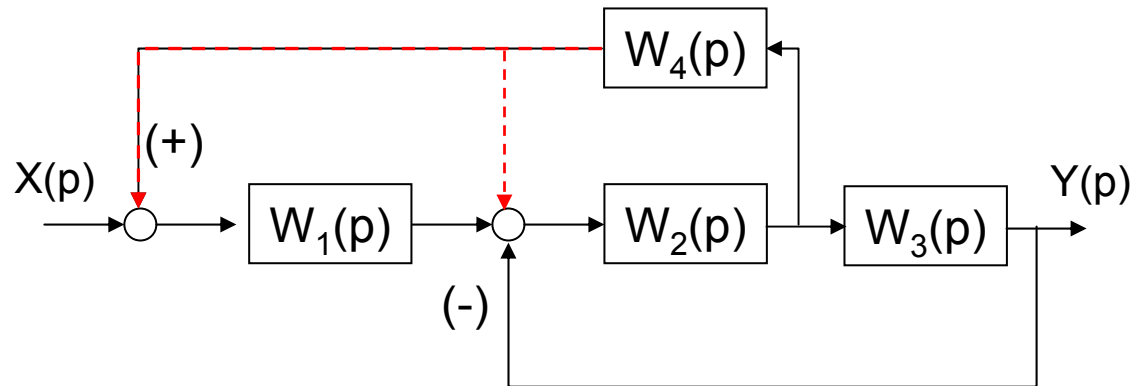
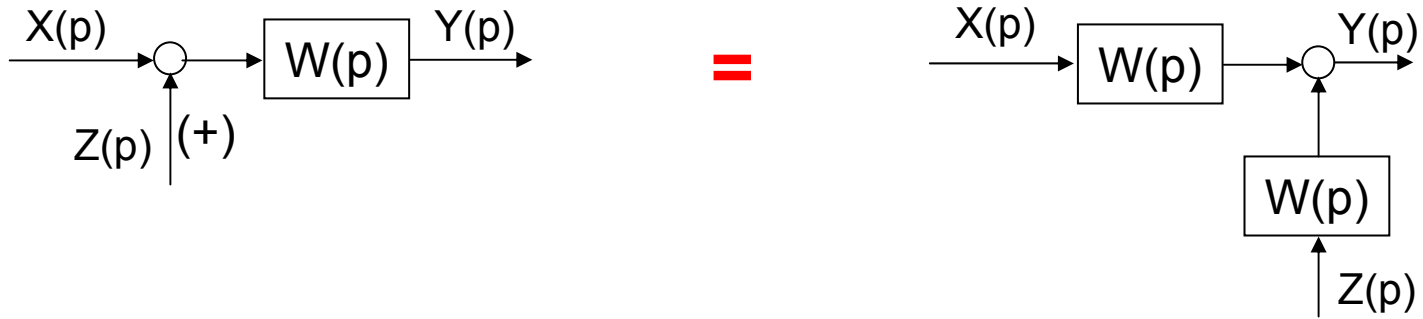
$$Y(p) = [X(p) + Z_1(p)] + Z_2(p)$$

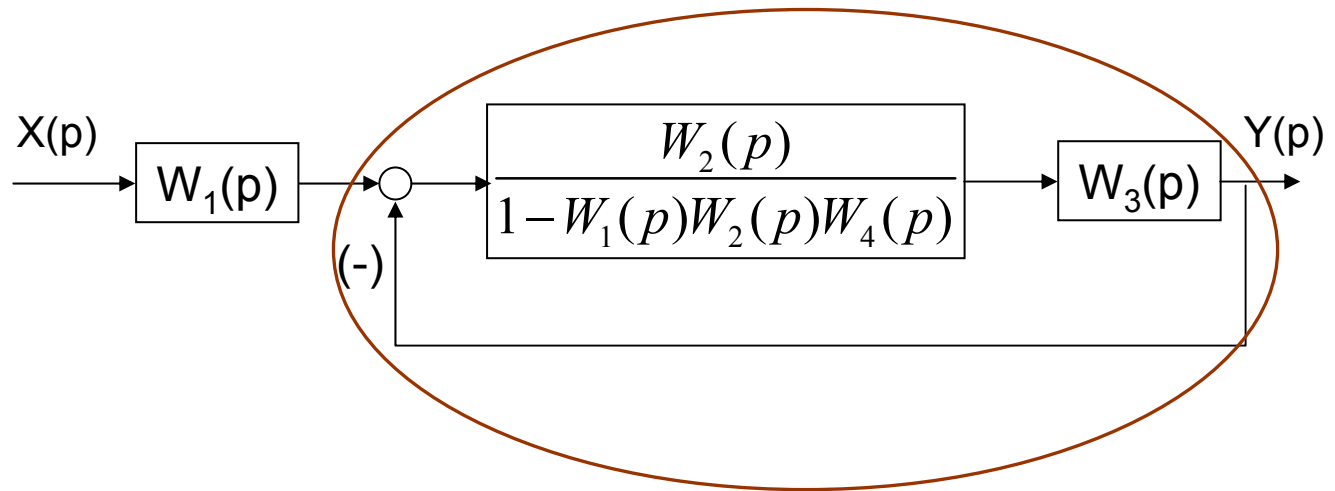
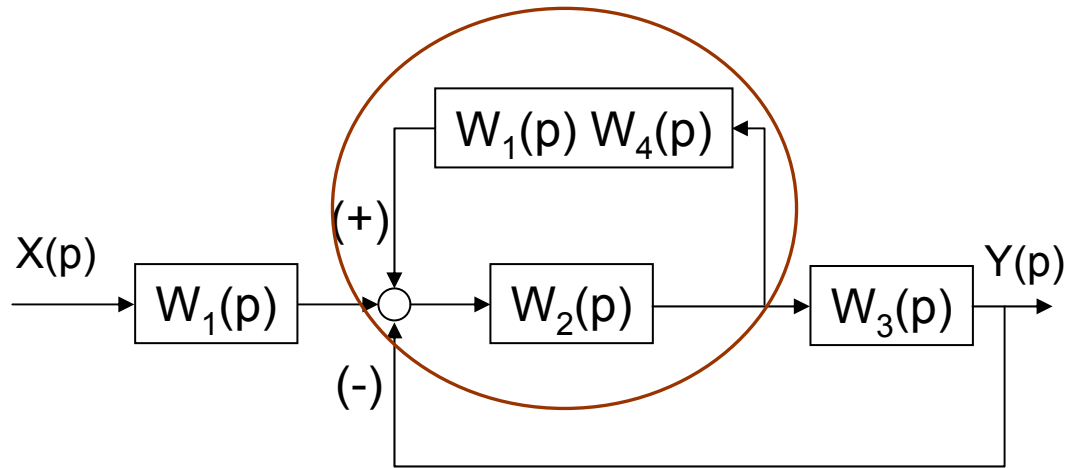
$$Y(p) = X(p) + [Z_1(p) + Z_2(p)]$$

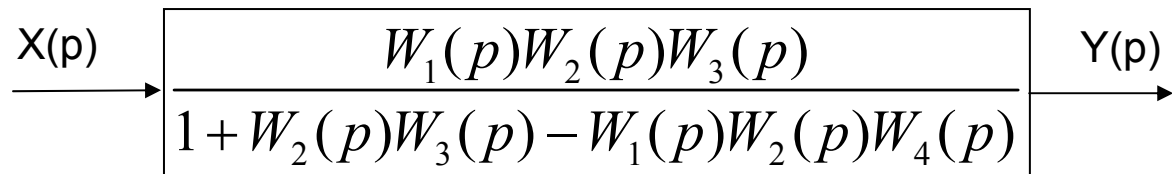
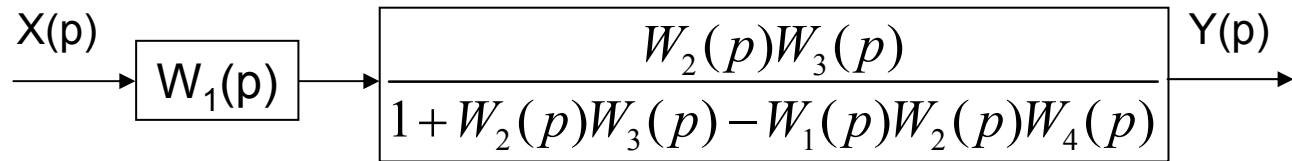
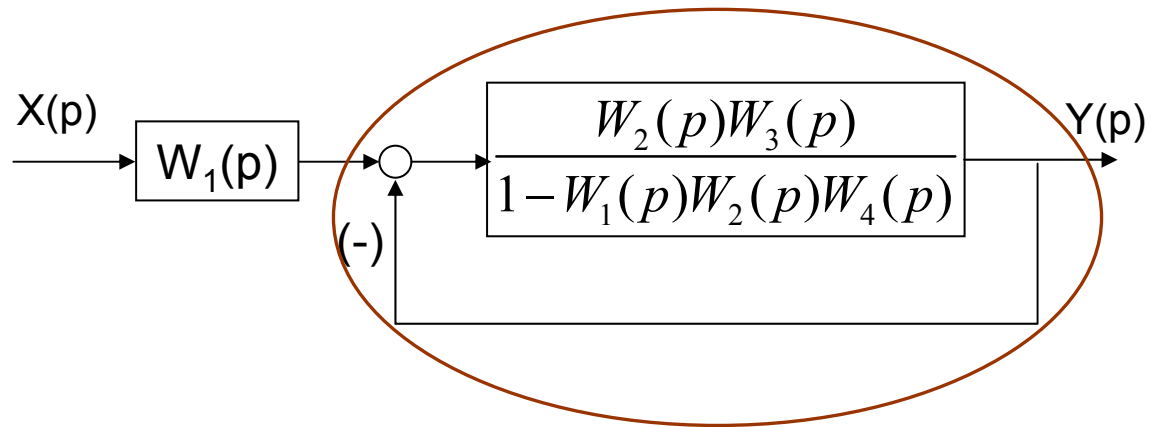


$$Y(p) = X(p) + Z_1(p) + Z_2(p)$$

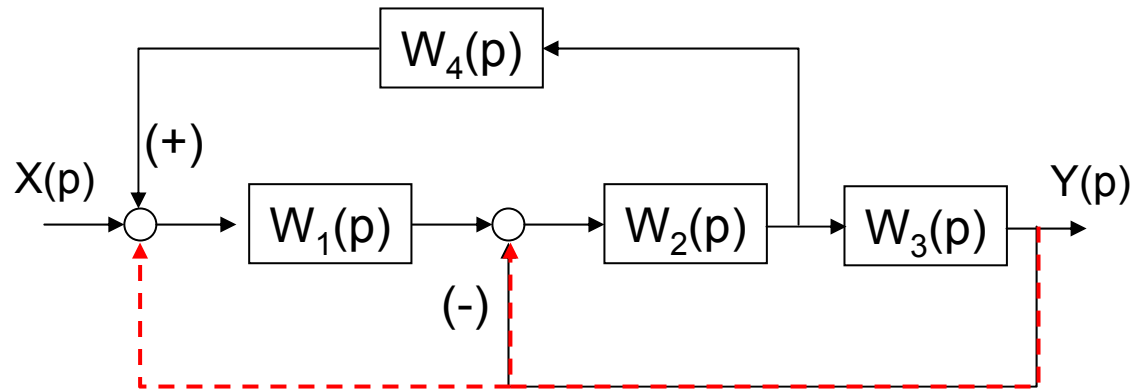
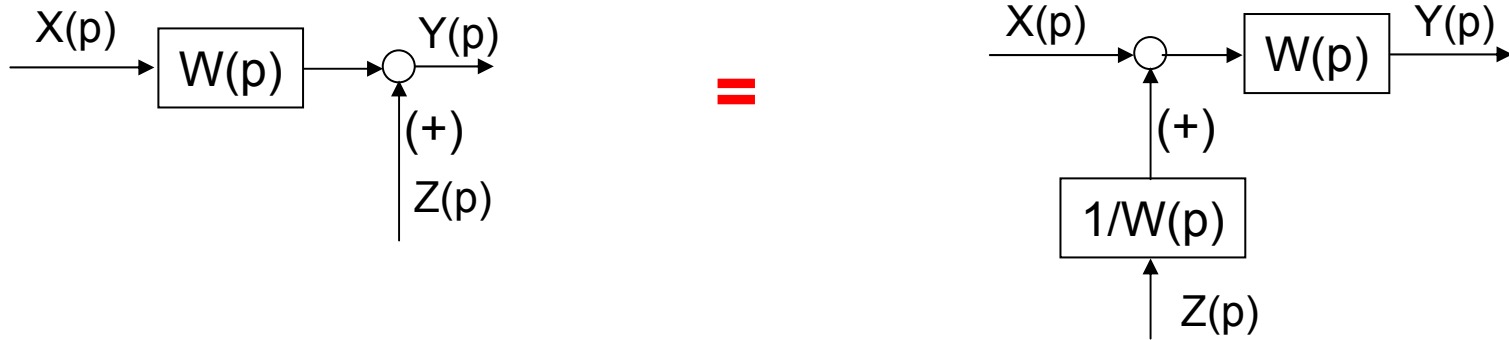
Chuyển tín hiệu vào từ trước ra sau một khối

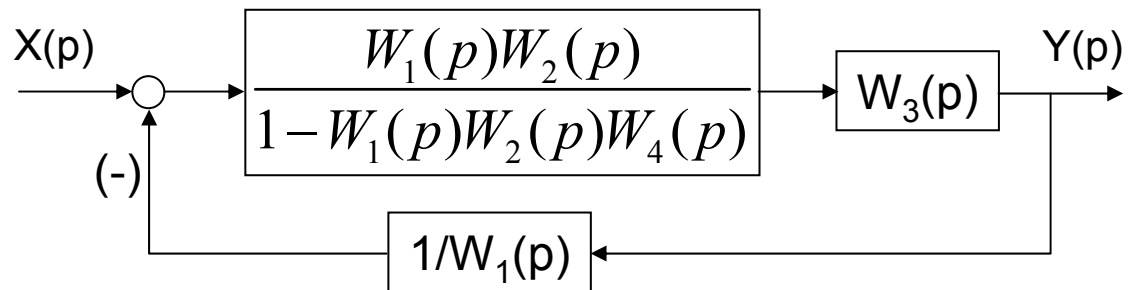
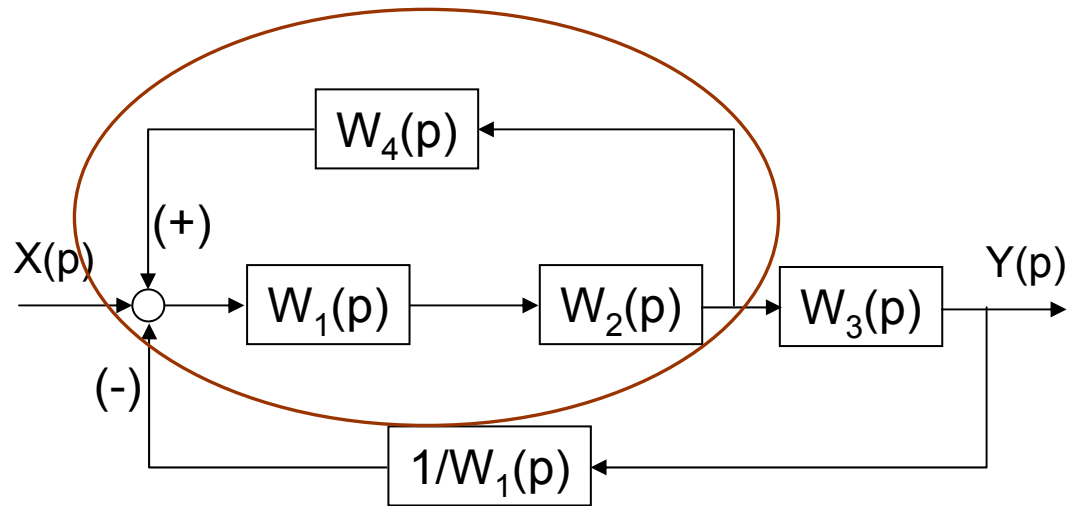


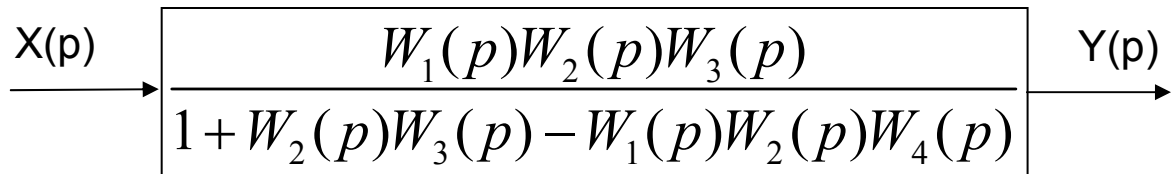
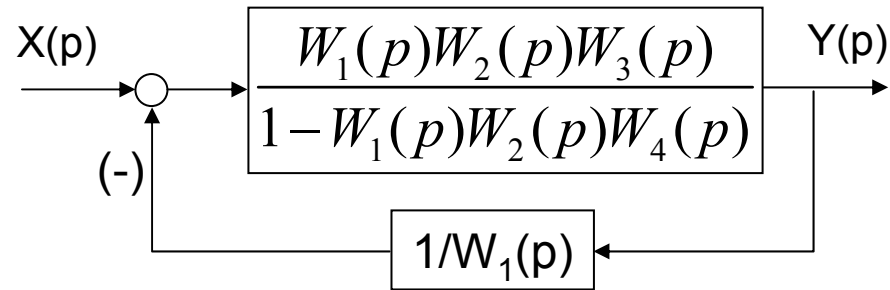




Chuyển tín hiệu vào từ sau ra trước một khối



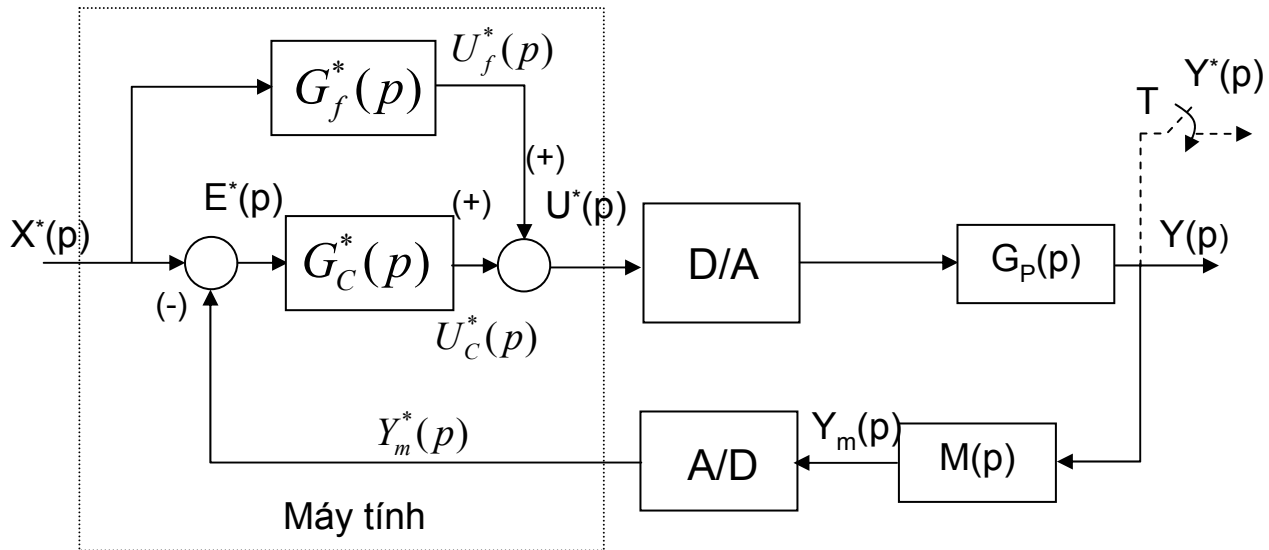




3.4 Hàm truyền đạt của hệ thống có bù

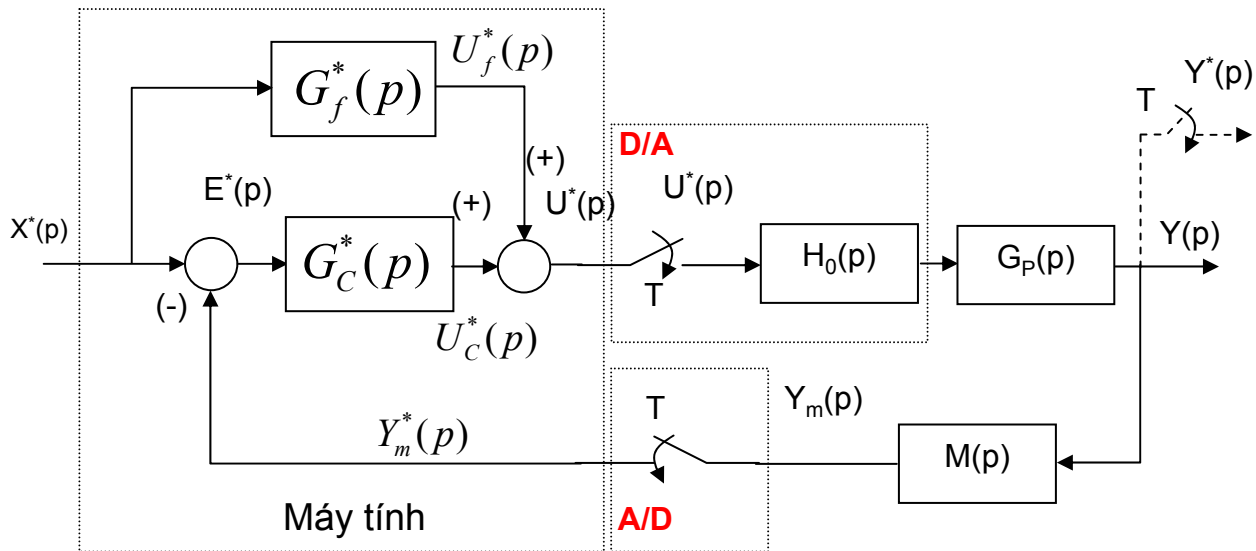
- Bù nhiễu
- Bù tín hiệu đầu vào

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển có bù tín hiệu đầu vào



Bước 1

Khai triển sơ đồ khối. Thay các bộ biến đổi A/D bằng khâu lấy mẫu. Thay bộ biến đổi D/A bằng khâu lấy mẫu nối tiếp với khâu lưu giữ bậc không $H_0(p)$



Bước 2

Viết các biểu thức mô tả mối quan hệ giữa các tín hiệu trong hệ thống.
Chuyển thành các biểu thức "*"

$$E^*(p) = X^*(p) - Y_m^*(p) \quad (1)$$

$$U_c^*(p) = E^*(p).G_c^*(p) \quad (2)$$

$$U_f^*(p) = X^*(p).G_f^*(p) \quad (3)$$

$$U^*(p) = U_c^*(p) + U_f^*(p) \quad (4)$$

$$Y(p) = U^*(p).H_0G_P(p)$$

$$Y^*(p) = [U^*(p).H_0G_P(p)]^*$$

$$Y^*(p) = U^*(p).H_0G_P^*(p) \quad (5)$$

$$Y_m(p) = U^*(p).H_0G_P M(p)$$

$$Y_m^*(p) = [U^*(p).H_0G_P M(p)]^*$$

$$Y_m^*(p) = U^*(p).H_0G_P M^*(p) \quad (6)$$

Bước 3

Chuyển các biểu thức "*" thành biểu thức theo phép biến đổi Z

$$E^*(p) = X^*(p) - Y_m^*(p) \quad (1)$$

$$E(z) = X(z) - Y_m(z) \quad (1)$$

$$U_c^*(p) = E^*(p).G_c^*(p) \quad (2)$$

$$U_c(z) = E(z).G_c(z) \quad (2)$$

$$U_f^*(p) = X^*(p).G_f^*(p) \quad (3)$$

$$U_f(z) = X(z).G_f(z) \quad (3)$$

$$U^*(p) = U_c^*(p) + U_f^*(p) \quad (4)$$

$$U(z) = U_c(z) + U_f(z) \quad (4)$$

$$Y^*(p) = U^*(p).H_0 G_P^*(p) \quad (5)$$

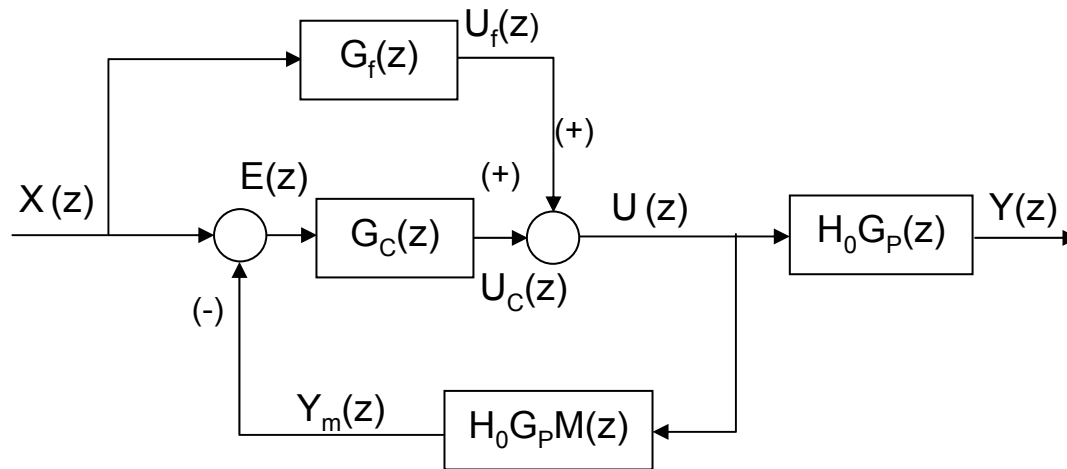
$$Y(z) = U(z).H_0 G_P(z) \quad (5)$$

$$Y_m^*(p) = U^*(p).H_0 G_P M^*(p) \quad (6)$$

$$Y_m(z) = U(z).H_0 G_P M(z) \quad (6)$$

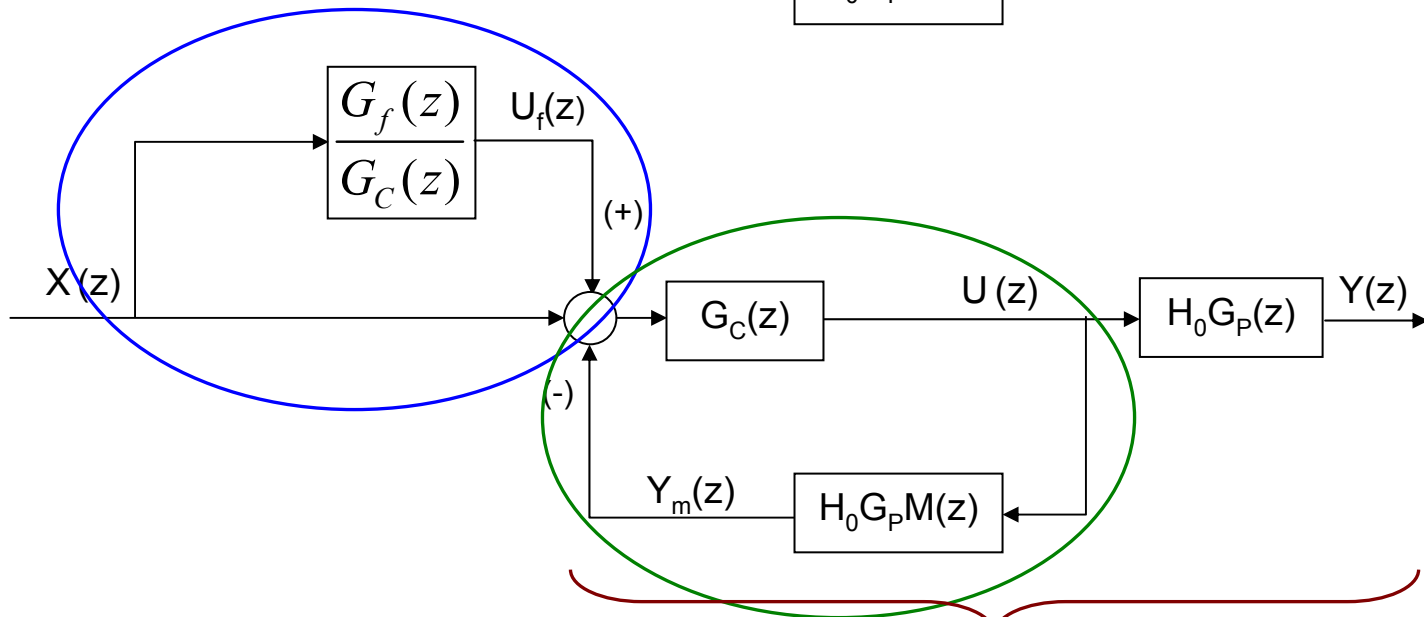
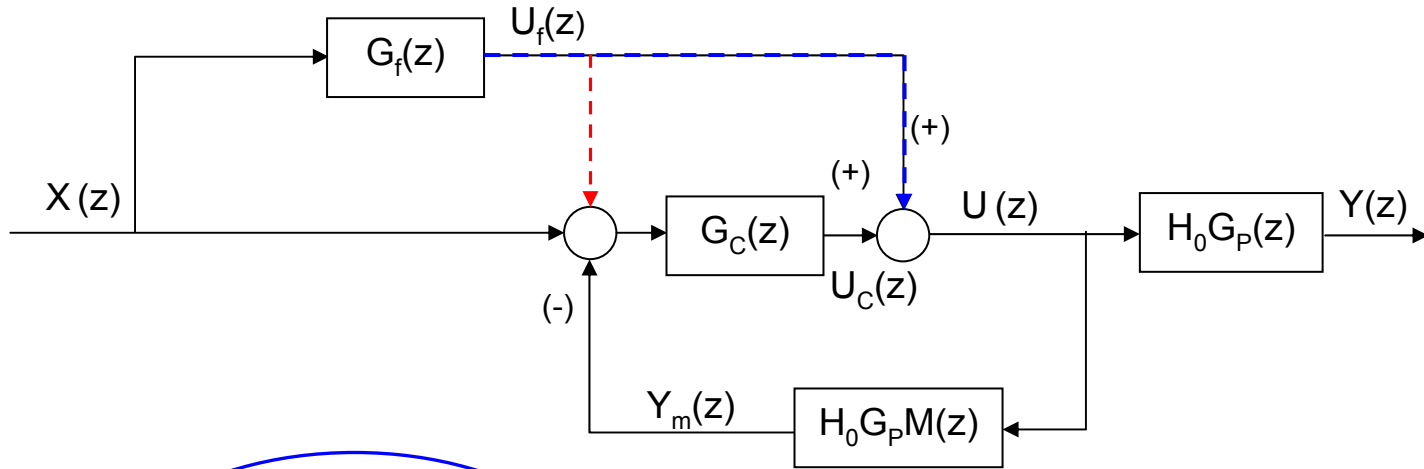
Bước 4

- Xây dựng sơ đồ khối theo phép biến đổi Z

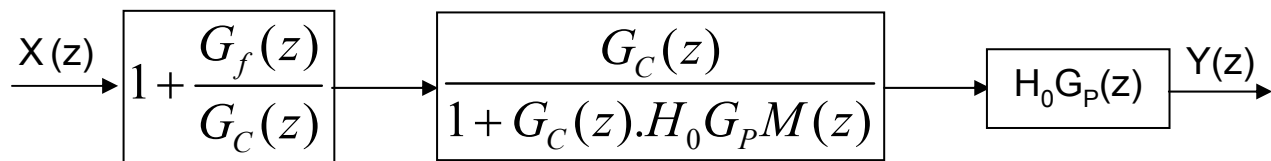
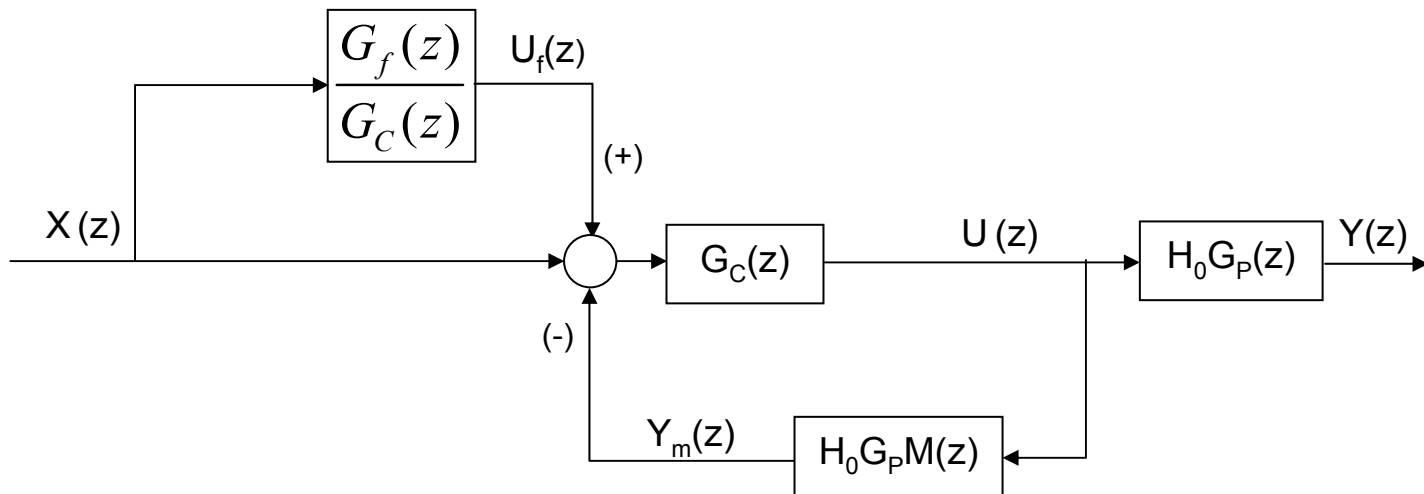


Bước 5

- Xây dựng sơ đồ khối theo phép biến đổi Z



Hệ thống có một vòng kín



$$X(z) \rightarrow \boxed{\frac{G_C(z) + G_f(z)}{G_C(z)} \cdot \frac{G_C(z) \cdot H_0 G_P(z)}{1 + G_C(z) \cdot H_0 G_P M(z)}} Y(z)$$

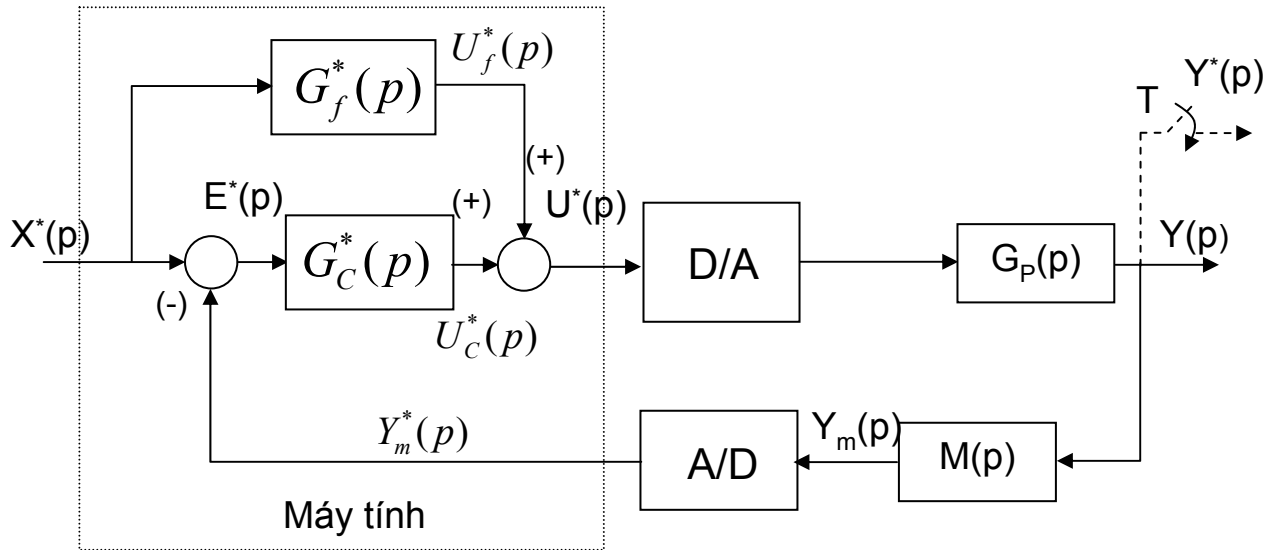
$$X(z) \rightarrow \boxed{\frac{[G_C(z) + G_f(z)] \cdot H_0 G_P(z)}{1 + G_C(z) \cdot H_0 G_P M(z)}} Y(z)$$

$$G(z) = \frac{[G_C(z) + G_f(z)] \cdot H_0 G_P(z)}{1 + G_C(z) \cdot H_0 G_P M(z)}$$

Khi $M(p) = K$

$$G(z) = \frac{[G_C(z) + G_f(z)] \cdot H_0 G_P(z)}{1 + K \cdot G_C(z) \cdot H_0 G_P(z)}$$

Ví dụ



$$G_C(z) = \frac{A_0 z + A_1}{z - 1}$$

$$G_f(z) = -K_P$$

$$G_P(p) = \frac{K}{\tau p + 1}$$

$$A_0 = K_P + \frac{K_I T}{2}$$

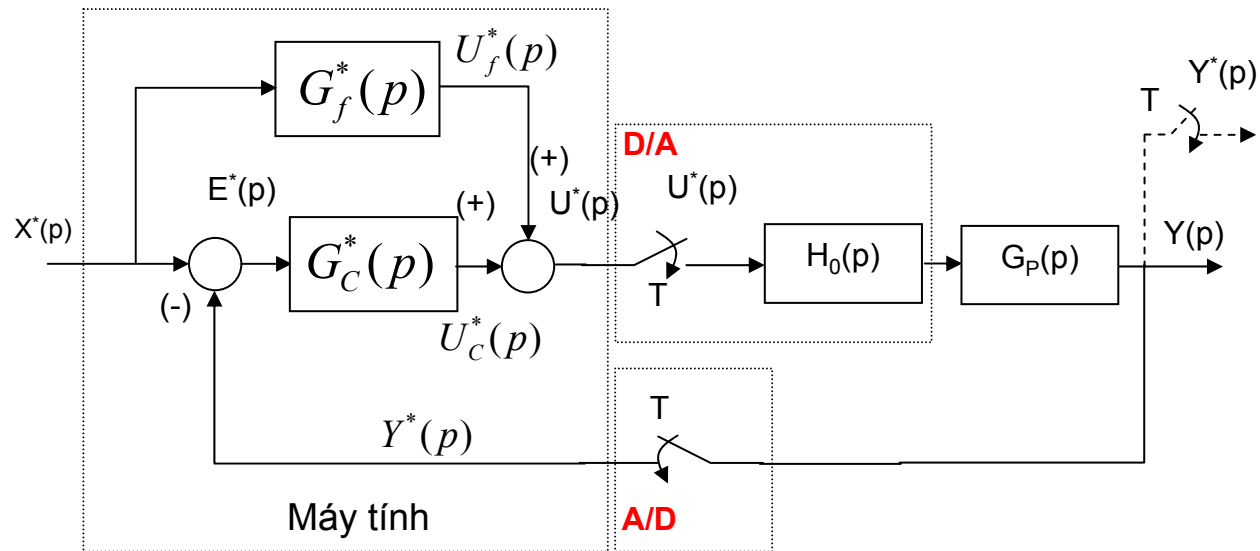
K_P : Hằng số tỷ lệ
 K_I : hằng số tích phân

$$M(p) = 1$$

$$A_1 = -K_P + \frac{K_I T}{2}$$

Bước 1

Khai triển sơ đồ khối. Thay các bộ biến đổi A/D bằng khâu lấy mẫu. Thay bộ biến đổi D/A bằng khâu lấy mẫu nối tiếp với khâu lưu giữ bậc không $H_0(p)$



Bước 2

Viết các biểu thức mô tả mối quan hệ giữa các tín hiệu trong hệ thống.
Chuyển thành các biểu thức "*"

$$E^*(p) = X^*(p) - Y^*(p) \quad (1)$$

$$U_c^*(p) = E^*(p).G_c^*(p) \quad (2)$$

$$U_f^*(p) = X^*(p).G_f^*(p) \quad (3)$$

$$U^*(p) = U_c^*(p) + U_f^*(p) \quad (4)$$

$$Y(p) = U^*(p).H_0 G_P(p)$$

$$Y^*(p) = [U^*(p).H_0 G_P(p)]^*$$

$$Y^*(p) = U^*(p).H_0 G_P^*(p) \quad (5)$$

Bước 3

Chuyển các biểu thức "*" thành biểu thức theo phép biến đổi Z

$$E^*(p) = X^*(p) - Y^*(p) \quad (1)$$

$$E(z) = X(z) - Y(z) \quad (1)$$

$$U_C^*(p) = E^*(p).G_C^*(p) \quad (2)$$

$$U_C(z) = E(z).G_C(z) \quad (2)$$

$$U_f^*(p) = X^*(p).G_f^*(p) \quad (3)$$

$$U_f(z) = X(z).G_f(z) \quad (3)$$

$$U^*(p) = U_C^*(p) + U_f^*(p) \quad (4)$$

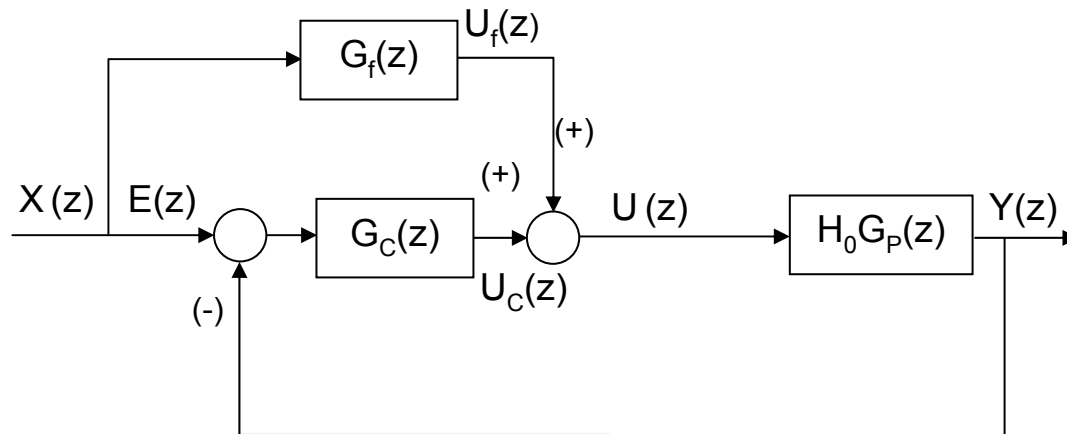
$$U(z) = U_C(z) + U_f(z) \quad (4)$$

$$Y^*(p) = U^*(p).H_0 G_P^*(p) \quad (5)$$

$$Y(z) = U(z).H_0 G_P(z) \quad (5)$$

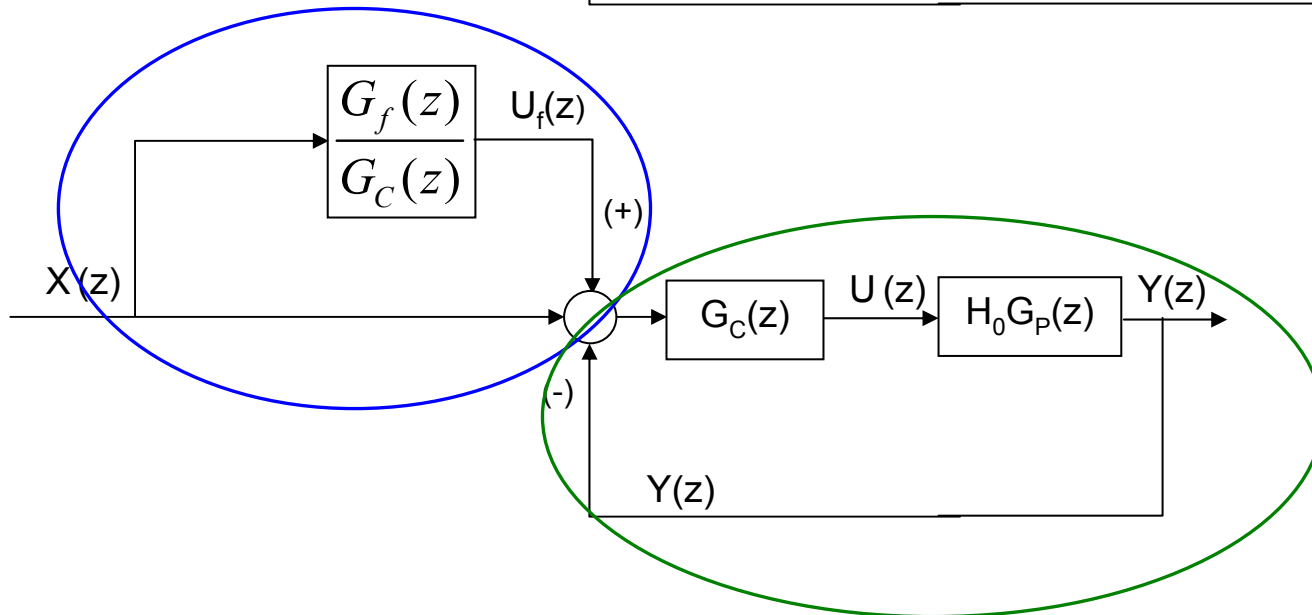
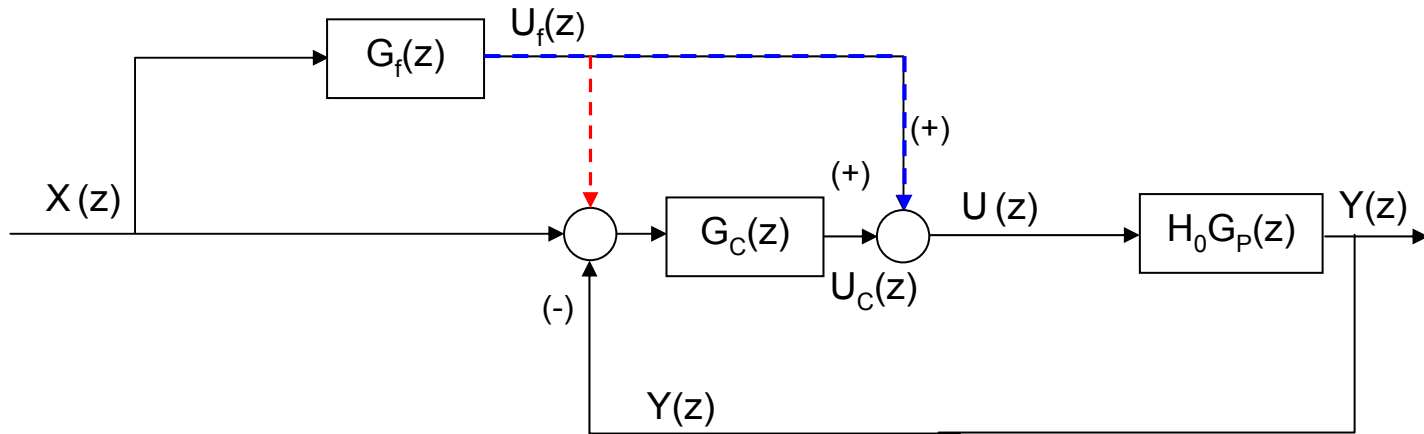
Bước 4

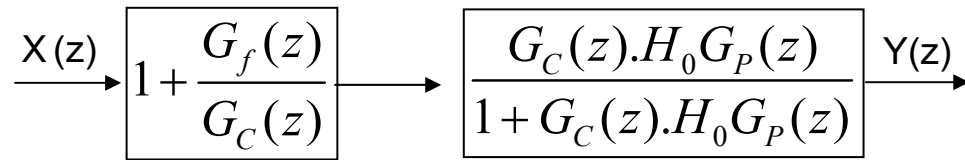
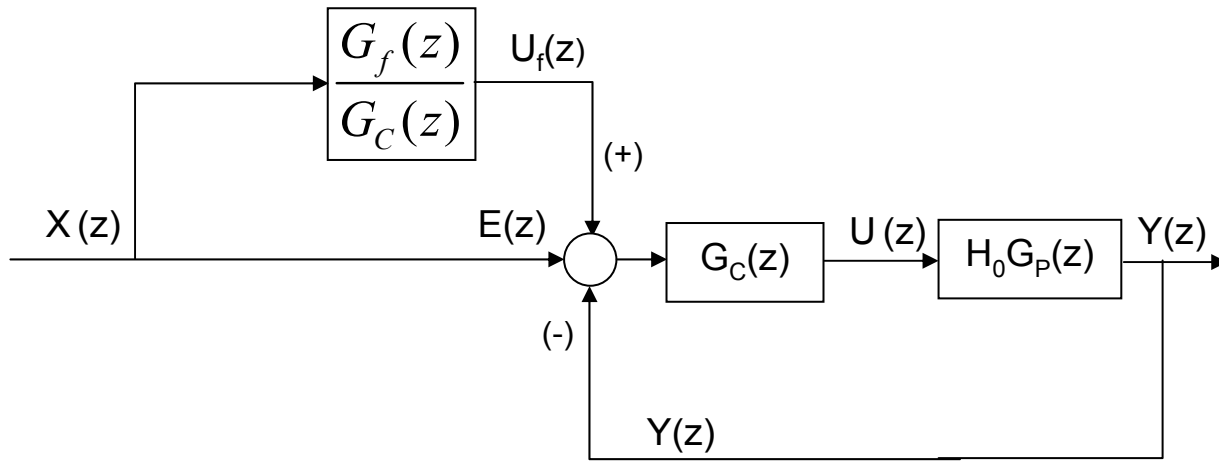
- Xây dựng sơ đồ khối theo phép biến đổi Z

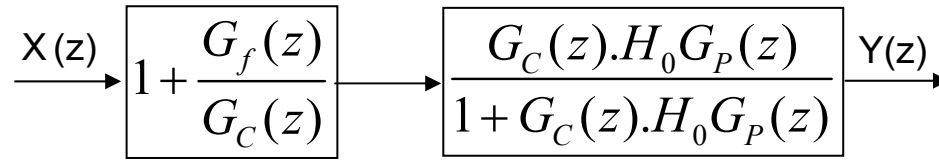


Bước 5

- Xây dựng sơ đồ khối theo phép biến đổi Z







$$G(z) = \frac{G_C(z) + G_f(z)}{G_C(z)} \cdot \frac{G_C(z) \cdot H_0 G_P(z)}{1 + G_C(z) \cdot H_0 G_P(z)}$$

$$H_0 G_P(z) = \frac{z-1}{z} \frac{K(1-e^{-\frac{T}{\tau}})z}{(z-1)(z-e^{-\frac{T}{\tau}})} = \frac{K(1-e^{-\frac{T}{\tau}})}{(z-e^{-\frac{T}{\tau}})}$$

$$a_1 = e^{-\frac{T}{\tau}} \quad a_2 = K(1-a_1)$$

$$H_0 G_P(z) = \frac{a_2}{(z-a_1)}$$

$$K_P = \frac{A_0 - A_1}{2}$$

$$\begin{aligned} \frac{G_C(z) + G_f(z)}{G_C(z)} &= \frac{\frac{A_0 z + A_1}{z - 1} - K_P}{\frac{A_0 z + A_1}{z - 1}} = \frac{(A_0 - K_P)z + A_1 + K_P}{A_0 z + A_1} \\ &= \frac{(A_0 - \frac{A_0 - A_1}{2})z + A_1 + \frac{A_0 - A_1}{2}}{A_0 z + A_1} \\ &= \frac{1}{2} \frac{(A_0 + A_1)(z + 1)}{A_0 z + A_1} \end{aligned}$$

$$\frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{G_C(z) + G_f(z)}{G_C(z)} \cdot \frac{H_0 G_P(z) \cdot G_C(z)}{1 + H_0 G_P(z) \cdot G_C(z)}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{(A_0 + A_1)(z + 1)}{A_0 z + A_1} \cdot \frac{\frac{a_2}{z - a_1} \cdot \frac{A_0 z + A_1}{z - 1}}{1 + \frac{a_2}{z - a_1} \cdot \frac{A_0 z + A_1}{z - 1}}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{(A_0 + A_1)(z + 1)}{A_0 z + A_1} \cdot \frac{a_2 (A_0 z + A_1)}{(z - a_1)(z - 1) + a_2 (A_0 z + A_1)}$$

$$G(z) = \frac{1}{2} \cdot \frac{(A_0 + A_1) a_2 (z + 1)}{z^2 - (1 + a_1 - a_2 A_0) z + a_2 A_1 + a_1}$$

$$G(z) = \frac{1}{2} \cdot \frac{(A_0 + A_1)a_2(z+1)}{z^2 - (1 + a_1 - a_2A_0)z + a_2A_1 + a_1}$$

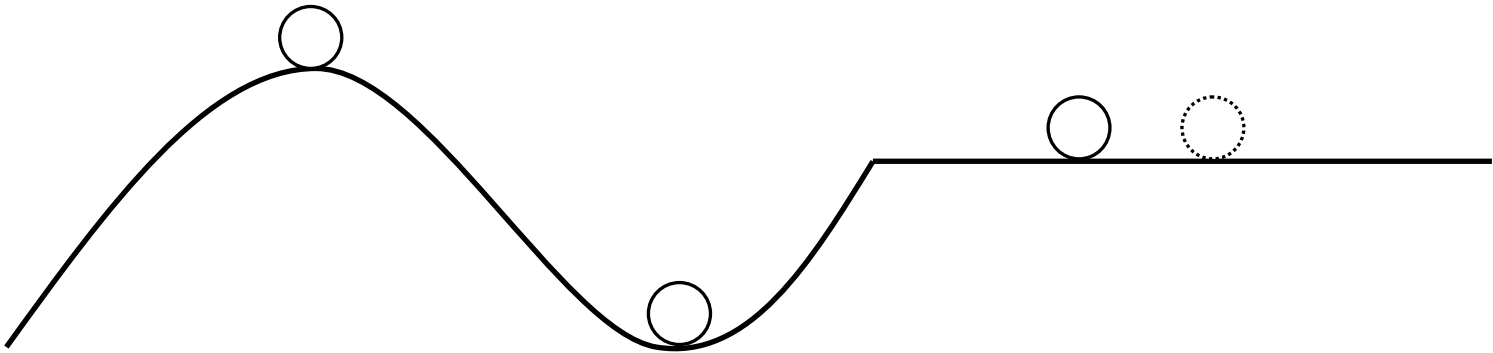
Phương trình đặc tính giống phương trình đặc tính của hệ thống có một vòng kín (không có bù)

C.5: TÍNH ỔN ĐỊNH

CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ

ÔN LẠI KHÁI NIỆM VỀ ỔN ĐỊNH

- Phân biệt sự khác nhau giữa trạng thái xác lập của hệ thống và tính ổn định của hệ thống



5.1. Định nghĩa

- Hệ thống ổn định là hệ thống có quá trình quá độ tắt dần theo thời gian.
- Hệ thống không ổn định là hệ thống có quá trình quá độ tăng dần theo thời gian.
- Hệ thống ở biên giới ổn định là hệ thống có quá trình quá độ không đổi hoặc dao động không tắt dần.

→ Muốn xác định tính ổn định của hệ thống thì phải xác định hàm quá độ: giải phương trình vi phân.

5.2. ĐIỀU KIỆN CẦN VÀ ĐỦ VỀ TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG LIÊN TỤC TUYẾN TÍNH

- Điều kiện cần và đủ để hệ thống liên tục tuyến tính ổn định là tất cả các nghiệm của phương trình đặc tính đều có phần thực âm.
- Điều kiện cần và đủ để hệ thống liên tục tuyến tính không ổn định là có ít nhất một nghiệm của phương trình đặc tính có phần thực dương.
- Điều kiện cần và đủ để hệ thống liên tục tuyến tính ở biên giới ổn định là có ít nhất một nghiệm của phương trình đặc tính có phần thực bằng không và tất cả các nghiệm còn lại đều có phần thực âm.

Phương trình đặc tính: $a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0$

Nghiệm của phương trình đặc tính: $p_i = \alpha_i + j\beta_i; \quad i = 1, \dots, n$

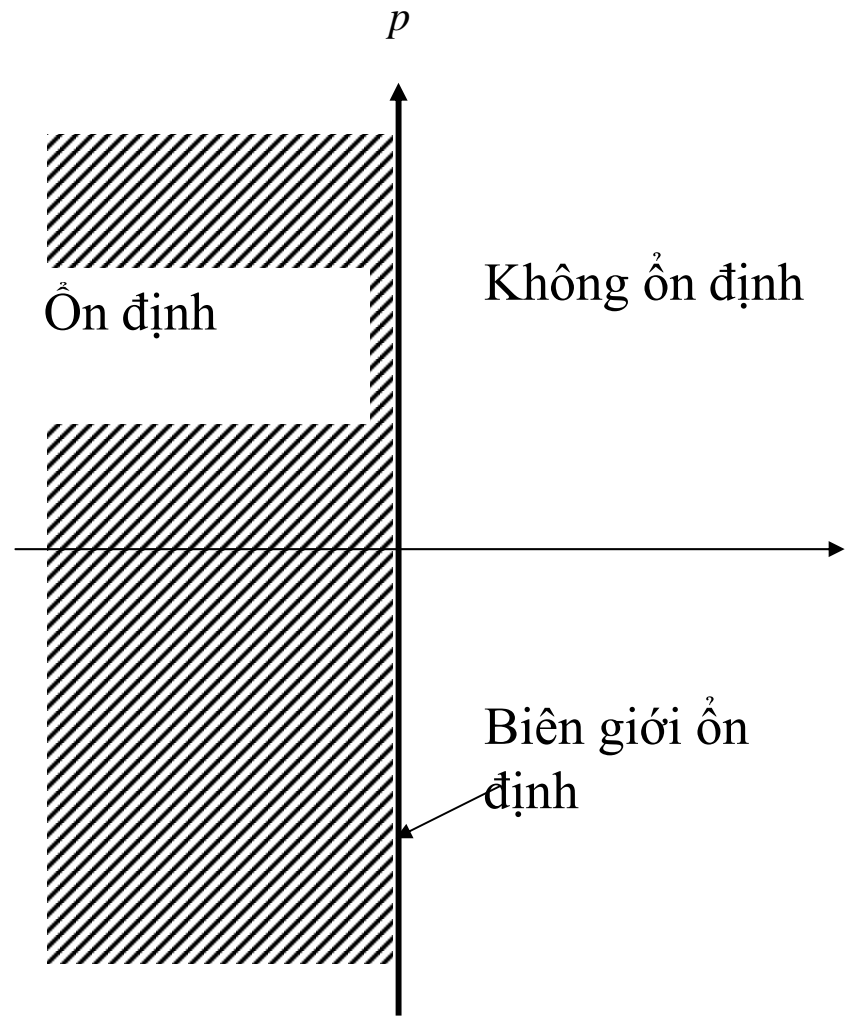
Điều kiện cần và đủ về tính ổn định của hệ thống điều khiển liên tục tuyến tính

Hệ thống ổn định $\Leftrightarrow \forall \alpha_i < 0$

Hệ thống không ổn định $\Leftrightarrow \exists! \alpha_i > 0$

Hệ thống ở biên giới ổn định $\Leftrightarrow \exists! \alpha_i = 0 \wedge \alpha_j \Big|_{j \neq i} < 0$

Nếu thể hiện nghiệm số của phương trình đặc tính lên mặt phẳng phức – được gọi là mặt phẳng p thì các nghiệm số có phần thực âm nằm bên trái mặt phẳng phức; các nghiệm số có phần thực dương nằm bên phải mặt phẳng phức; còn các nghiệm có phần thực bằng không nằm trên trục ảo. Như vậy bên trái mặt phẳng phức là miền ổn định, bên phải mặt phẳng phức là miền không ổn định, trục ảo là biên giới.



Có thể phát biểu lại đk cần và đủ

- Điều kiện cần và đủ để hệ thống liên tục tuyến tính ổn định là tất cả các nghiệm của phương trình đặc tính đều nằm bên trái mặt phẳng phức.
- Điều kiện cần và đủ để hệ thống liên tục tuyến tính không ổn định là có ít nhất một nghiệm của phương trình đặc tính nằm ở bên phải mặt phẳng phức.
- Điều kiện cần và đủ để hệ thống liên tục tuyến tính ở biên giới ổn định là có ít nhất một nghiệm của phương trình đặc tính nằm trên trục ảo và các nghiệm khác nằm ở bên trái mặt phẳng phức.

Các tiêu chuẩn ổn định

- Định nghĩa ...
 - Điều kiện cần và đủ ...
- } → Các tiêu chuẩn ổn định

1. Tiêu chuẩn ổn định đại số:

- Tiêu chuẩn ổn định Routh
- Tiêu chuẩn ổn định Hurwitz

2. Tiêu chuẩn ổn định tần số:

- Tiêu chuẩn ổn định Mikhailov
- Tiêu chuẩn ổn định Nyquist: **chỉ dành cho hệ thống kín**

5.3. Điều kiện cần và đủ về tính ổn định của hệ thống điều khiển số

$$p = \frac{1}{T} \ln z \Rightarrow z = e^{pT}$$

$$p_i = \alpha_i + j\beta_i \quad \Rightarrow z_i = e^{p_i T} = e^{(\alpha_i + j\beta_i)T}$$

$$z_i = e^{\alpha_i T} \cdot e^{j\beta_i T} = |z_i| e^{j\beta_i T}$$

$$|z_i| = e^{\alpha_i T}$$

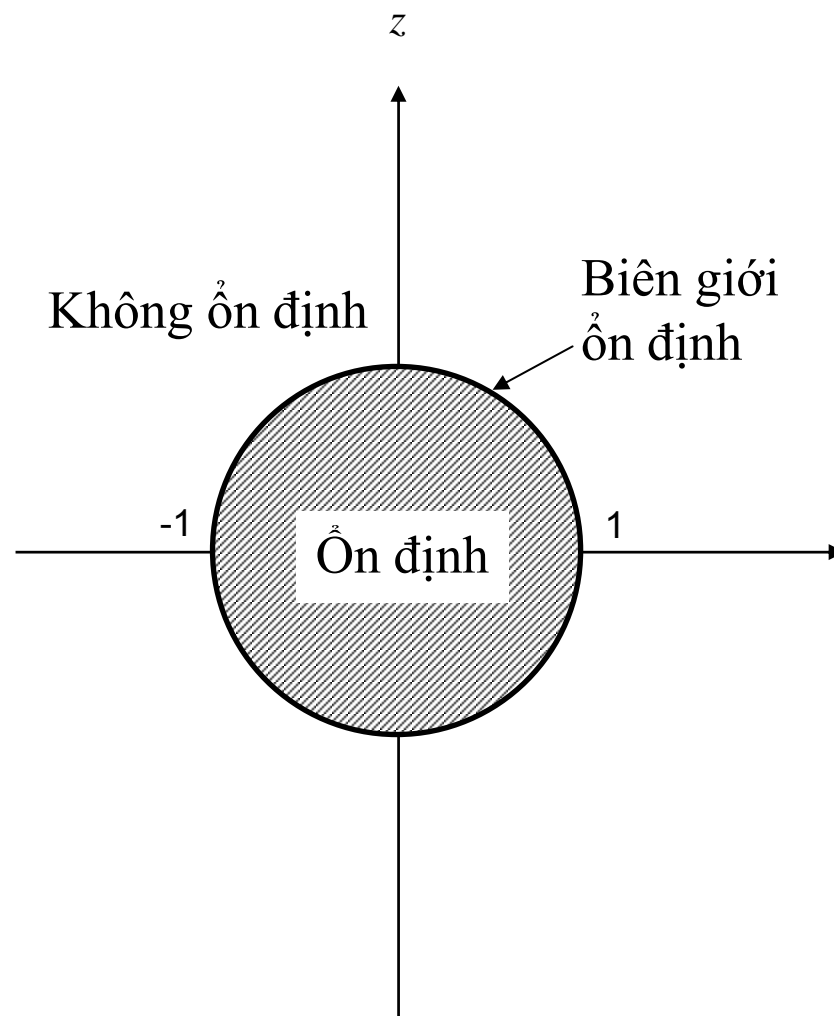
$$\alpha_i < 0 \leftrightarrow |z_i| < 1$$

$$\alpha_i > 0 \leftrightarrow |z_i| > 1$$

$$\alpha_i = 0 \leftrightarrow |z_i| = 1$$

- Điều kiện cần và đủ để hệ thống điều khiển số ổn định là tất cả các nghiệm của phương trình đặc tính đều có modun nhỏ hơn 1.
- Điều kiện cần và đủ để hệ thống điều khiển số không ổn định là có ít nhất một nghiệm của phương trình đặc tính có modun lớn hơn 1.
- Điều kiện cần và đủ để hệ thống điều khiển số ở biên giới ổn định là có ít nhất một nghiệm của phương trình đặc tính có modun bằng 1 và tất cả các nghiệm còn lại đều có modun nhỏ hơn 1.

Nếu thể hiện nghiệm số của phương trình đặc tính lên mặt phẳng phức – được gọi là mặt phẳng z thì các nghiệm số có modun nhỏ hơn 1 nằm bên trong đường tròn đơn vị; các nghiệm số có modun lớn hơn 1 nằm bên ngoài đường tròn đơn vị; còn các nghiệm có modun bằng 1 nằm trên đường tròn đơn vị. Như vậy bên trong đường tròn đơn vị là miền ổn định, bên ngoài đường tròn đơn vị là miền không ổn định, đường tròn đơn vị là biên giới.



Ví dụ

- Hệ thống có hàm truyền đạt:

$$G(z) = \frac{1 - e^{-T}}{(z - e^{-T})(z - e^{-2T})}$$

Các cực của $G(z)$ là:

1. $z_1 = e^{-T} \rightarrow |z_1| = e^{-T} < 1$
2. $z_2 = e^{-2T} \rightarrow |z_2| = e^{-2T} < 1$

→ Hệ thống đã cho ổn định

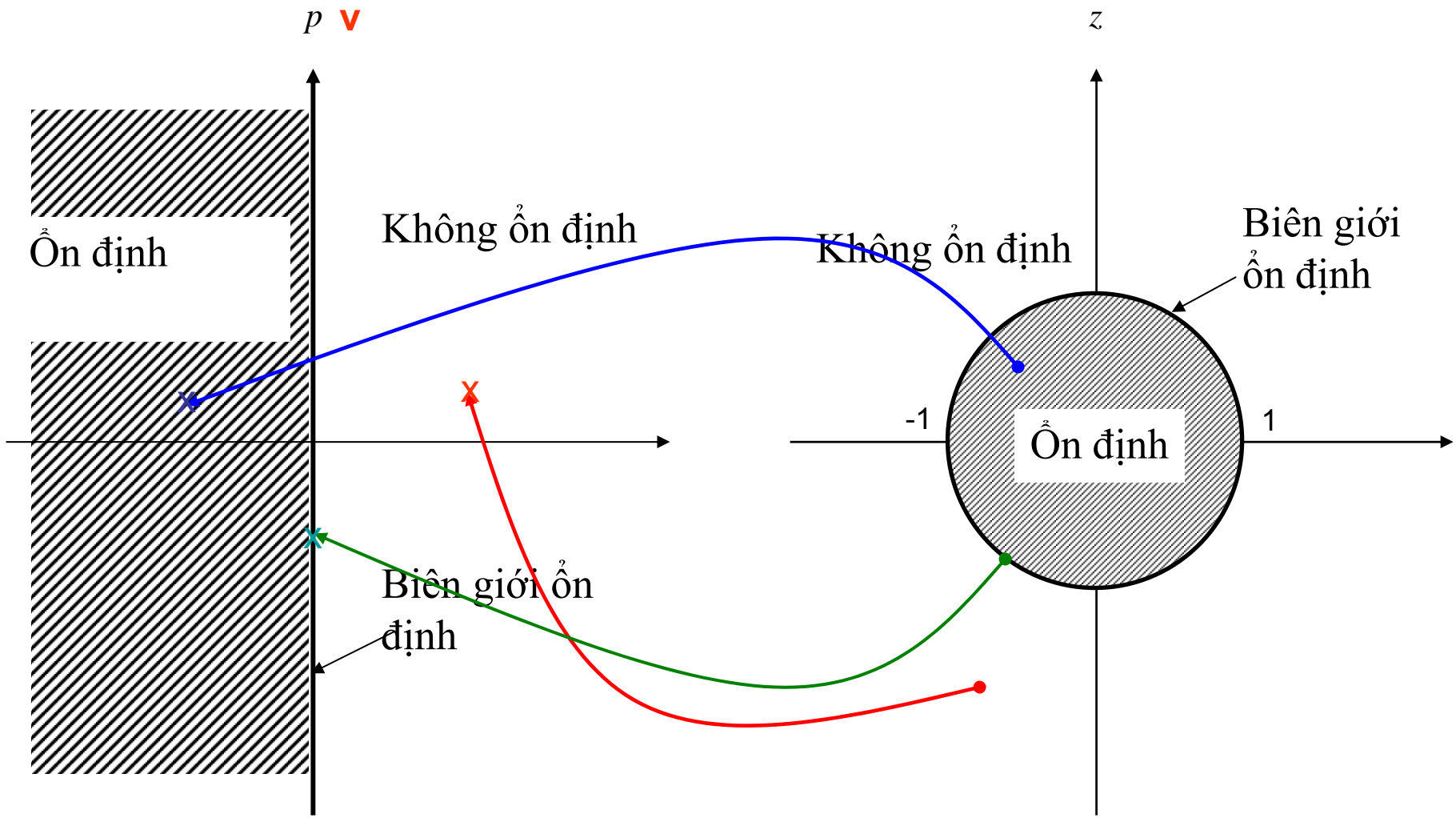
- Hệ thống có hàm truyền đạt:

$$G(z) = \frac{1}{z^2 + 4}$$

Các cực của $G(z)$ là:

1. $z_1 = j2 \rightarrow |z_1| = 2 > 1$
2. $z_2 = -j2 \rightarrow |z_2| = 2 > 1$

→ Hệ thống đã cho không ổn định



$$v = \frac{z-1}{z+1};$$

$$z = \frac{v+1}{-v+1}$$

Phép biến đổi lượng tuyến tính

Kết luận 1

- Sau khi thực hiện phép biến đổi lượng tuyến tính, điều kiện cần và đủ về tính ổn định của hệ thống điều khiển số cũng giống như điều kiện cần và đủ về tính ổn định của hệ thống điều khiển liên tục. Mặt phẳng v cũng chính là mặt phẳng p

Kết luận 2

- Định nghĩa – giống nhau...
- Điều kiện cần và đủ - giống nhau ...
 - Các tiêu chuẩn ổn định giống nhau

→ Sau khi thực hiện phép biến đổi lượng tuyến tính, có thể sử dụng các tiêu chuẩn ổn định của hệ thống điều khiển liên tục để xét tính ổn định của hệ thống điều khiển số

Ví dụ

- Xét tính ổn định của hệ thống có hàm truyền đạt:

$$G(z) = \frac{1}{z^2 + z + 0.5}$$

Đa thức đặc tính: $\Delta(z) = z^2 + z + 0.5$

Thực hiện phép biến đổi lượng tuyến tính:

$$\begin{aligned} \Delta(z) \Big|_{z=\frac{v+1}{-v+1}} &= \left(\frac{v+1}{-v+1} \right)^2 + \frac{v+1}{-v+1} + 0.5 \\ &= \frac{0.5v^2 + v + 2.5}{(1-v)^2} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \Delta(v) = 0.5v^2 + v + 2.5$$

$$\Rightarrow \Delta(v) = 0.5v^2 + v + 2.5$$

- Lập bảng Routh:

0.5	2.5
1	
2.5	

→ Hệ thống đã cho ổn định

- Đối với hệ thống có đa thức đặc tính bậc một hoặc bậc hai, điều kiện cần cũng chính là điều kiện đủ → hệ thống đã cho ổn định

5.4. TIÊU CHUẨN ỔN ĐỊNH JURY

- Hệ thống có đa thức đặc tính bậc 2:

$$\Delta(z) = a_0z^2 + a_1z + a_2$$

- $\Delta(z)|_{z=1} > 0$
- $\Delta(z)|_{z=-1} > 0$
- $|a_2| < a_0$

- Hệ thống có đa thức đặc tính bậc 3:

$$\Delta(z) = a_0z^3 + a_1z^2 + a_2z + a_3$$

- $\Delta(z)|_{z=1} > 0$
- $\Delta(z)|_{z=-1} < 0$
- $|a_3| < a_0$
- $|a_3^2 - a_0^2| > |a_1a_3 - a_0a_2|$

Ví dụ

$$G(z) = \frac{1}{z^2 + z + 0.5}$$

$$\Delta(z) = z^2 + z + 0.5$$

- $\Delta(z)|_{z=1} = 2.5 > 0$ ✓
- $\Delta(z)|_{z=-1} = 0.5 > 0$ ✓
- $|0.5| < 1$ ✓

→ Hệ thống đã cho ổn định

Ví dụ

$$G(z) = \frac{1}{z^3 - 3z^2 + 3.25z - 0.5}$$

$$\Delta(z) = z^3 - 3z^2 + 3.25z - 0.5$$

- $\Delta(z)|_{z=1} = 1 - 3 + 3.25 - 0.5 = 0.75 > 0$ ✓
- $\Delta(z)|_{z=-1} = -1 - 3 - 3.25 - 0.5 = -7.75 < 0$ ✓
- $|-0.5| < 1$ ✓
- $|(-0.5)^2 - 1^2| < |(-0.5) \cdot (-3) - 3.25 \cdot 1|$ ✗

→ Hệ thống đã cho không ổn định

C.6: CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN SỐ

6.1. SAI LỆCH TĨNH

- Định nghĩa: Sai lệch giữa đại lượng đầu vào và đại lượng đầu ra ở trạng thái xác lập.

6.2. Kiểu (loại) hàm truyền đạt

- Kiểu (loại) hàm truyền đạt bằng số lượng điểm cực bằng 1.

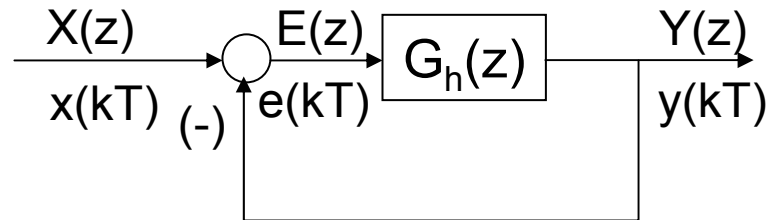
$$G_1(z) = \frac{A_1 z + A_0}{z - 1} \quad \dots \text{kiểu "1"}$$

$$G_2(z) = \frac{A_1 z + A_0}{z} \quad \dots \text{kiểu "0"}$$

$$G_3(z) = \frac{A_1 z + A_0}{(z - 1)(z - 0.5)} \quad \dots \text{kiểu "1"}$$

$$G_3(z) = \frac{A_1 z + A_0}{z^3 - 2.5z^2 + 2z - 0.5}$$
$$= \frac{A_1 z + A_0}{(z - 1)^2 (z - 0.5)} \quad \dots \text{kiểu "2"}$$

6.3. Hệ thống có một vòng kín



$$\begin{aligned} s_t &= \lim_{k \rightarrow \infty} e(kT) \\ &= \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} E(z) \\ &= \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \cdot \frac{X(z)}{1+G_h(z)} \end{aligned}$$

Định nghĩa các hằng số

- Hằng số bậc thang

$$K_{bt} = \lim_{z \rightarrow 1} G_h(z)$$

- Hằng số bậc một

$$K_{bm} = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1) G_h(z)$$

- Hằng số bậc hai

$$K_{bh} = \frac{1}{T^2} \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1)^2 G_h(z)$$

Tín hiệu đầu vào

- Tín hiệu đầu vào là hàm bậc thang: $x(kT) = \rho \cdot 1(kT) \Rightarrow X(z) = \rho \frac{z}{z-1}$

$$s_t = s_{bt} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \cdot \frac{X(z)}{1+G_h(z)} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \cdot \frac{\rho}{1+G_h(z)} \cdot \frac{z}{z-1}$$

$$s_{bt} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{\rho}{1+G_h(z)} = \frac{\rho}{1+\lim_{z \rightarrow 1} G_h(z)}$$

$$s_{bt} = \frac{\rho}{1+K_{bt}}$$

Tín hiệu đầu vào

- Tín hiệu đầu vào là hàm tỷ lệ bậc một với thời gian:

$$x(kT) = \rho \cdot (kT) \quad \Rightarrow \quad X(z) = \rho \frac{zT}{(z-1)^2}$$

$$s_t = s_{bm} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \cdot \frac{X(z)}{1+G_h(z)} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \cdot \frac{\rho}{1+G_h(z)} \cdot \frac{zT}{(z-1)^2}$$

$$s_{bm} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{\rho}{\frac{1}{T}(z-1) + \frac{1}{T}(z-1)G_h(z)} = \frac{\rho}{\frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)G_h(z)}$$

$$s_{bm} = \frac{\rho}{K_{bm}}$$

Tín hiệu đầu vào

- Tín hiệu đầu vào là hàm tỷ lệ bậc hai với thời gian:

$$x(kT) = \frac{\rho}{2} \cdot (kT)^2 \Rightarrow X(z) = \frac{\rho}{2} \frac{z(z+1)T^2}{(z-1)^3}$$

$$s_t = s_{bh} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \cdot \frac{X(z)}{1+G_h(z)} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{z-1}{z} \cdot \frac{1}{1+G_h(z)} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \frac{z(z+1)T^2}{(z-1)^3}$$

$$s_{bh} = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{\rho(z+1)}{2 \left[\frac{1}{T^2} (z-1)^2 + \frac{1}{T^2} (z-1)^2 G_h(z) \right]} = \frac{\rho}{\frac{1}{T^2} \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)^2 G_h(z)}$$

$$s_{bh} = \frac{\rho}{K_{bh}}$$

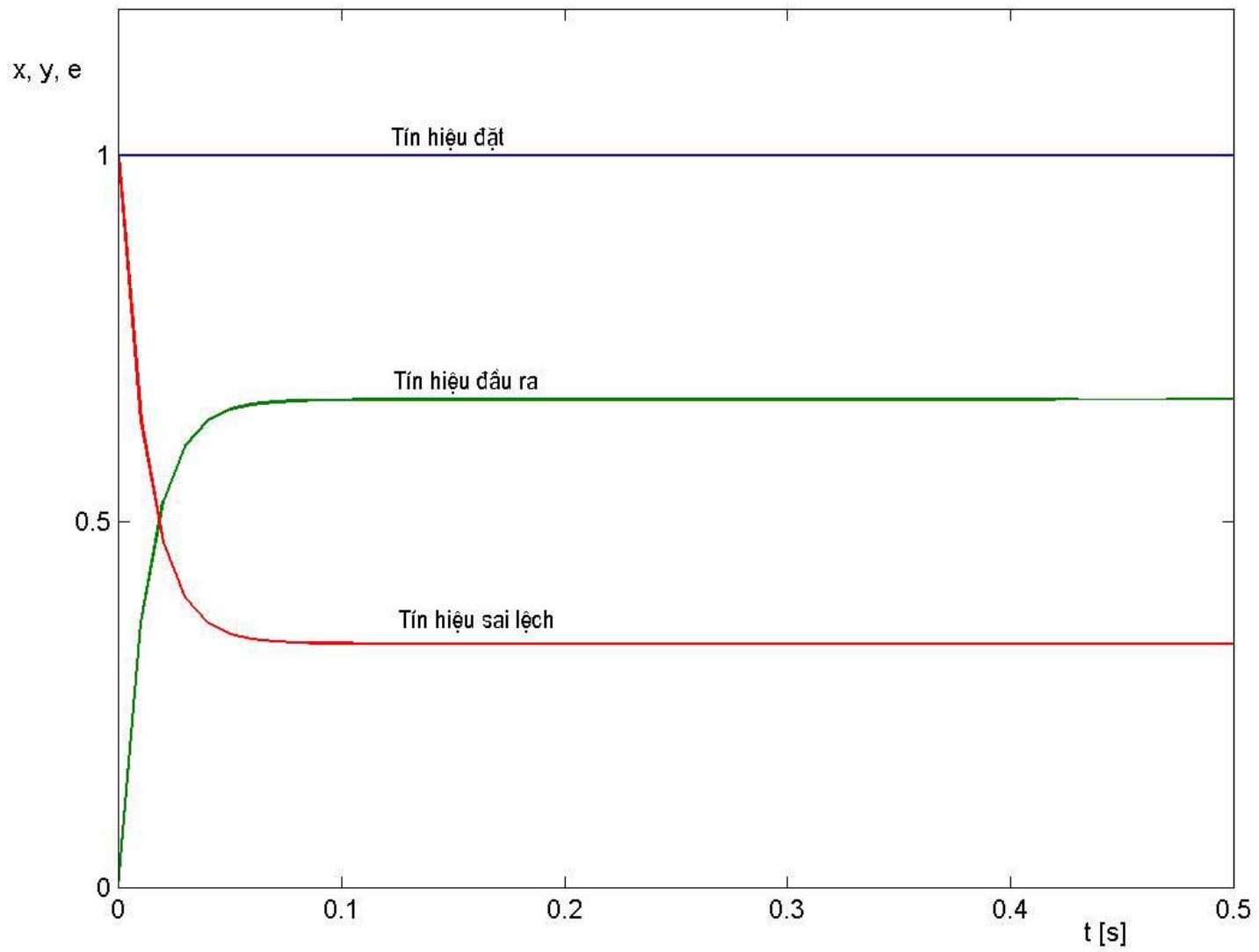
Hàm truyền đạt $G_h(z)$

- $G_h(z)$ kiểu “0”: $G_h(z) = \frac{M(z)}{(z - z_1)(z - z_2) \cdots (z - z_n)}$; $\forall z_i \neq 1; i = 1, 2, \dots, n$

$$K_{bt} = \lim_{z \rightarrow 1} G_h(z) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{M(z)}{(z - z_1)(z - z_2) \cdots (z - z_n)}$$

$$K_{bt} = \frac{M(1)}{(1 - z_1)(1 - z_2) \cdots (1 - z_n)} = \text{const}$$

$$s_{bt} = \frac{\rho}{1 + K_{bt}} = \text{const}$$



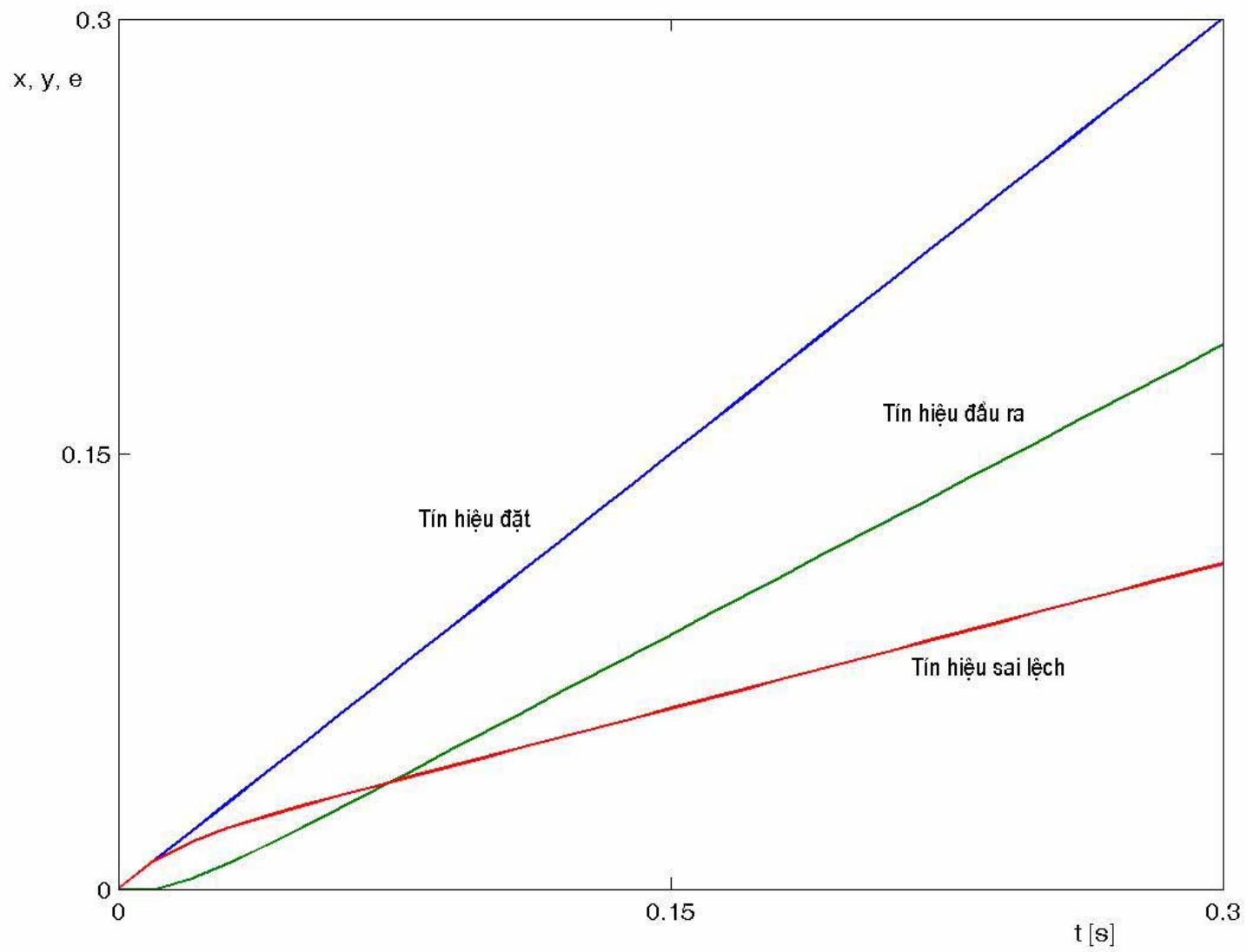
Hàm truyền đạt $G_h(z)$

- $G_h(z)$ kiểu “0”: $G_h(z) = \frac{M(z)}{(z-z_1)(z-z_2)\cdots(z-z_n)}$; $\forall z_i \neq 1; i=1,2,\dots,n$

$$K_{bm} = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)G_h(z) = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} \frac{(z-1).M(z)}{(z-z_1)(z-z_2)\cdots(z-z_n)}$$

$$K_{bm} = \frac{1}{T} \frac{0.M(1)}{(1-z_1)(1-z_2)\cdots(1-z_n)} = 0$$

$$s_{bm} = \frac{\rho}{K_{bm}} = \infty$$



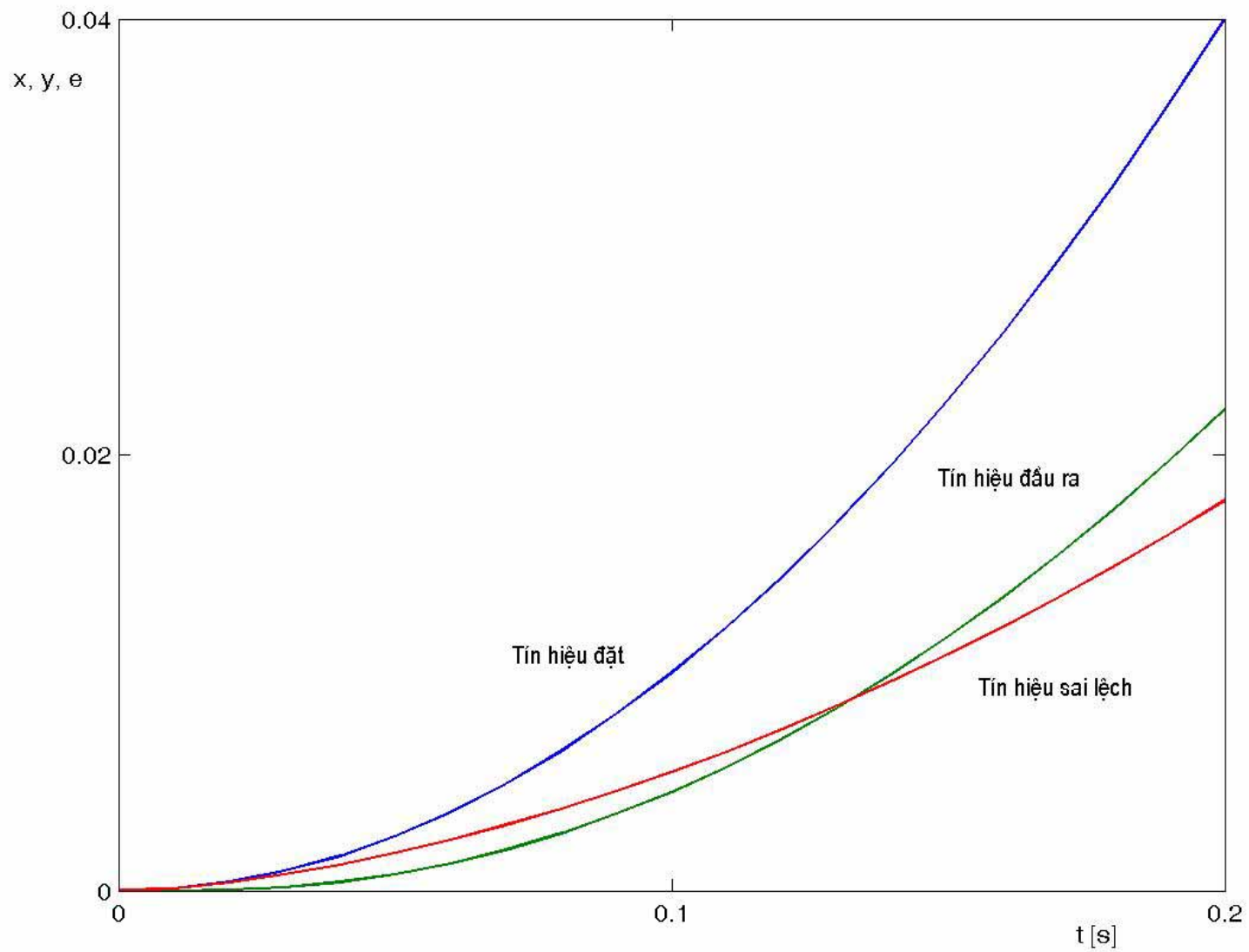
Hàm truyền đạt $G_h(z)$

- $G_h(z)$ kiểu “0”: $G_h(z) = \frac{M(z)}{(z - z_1)(z - z_2) \cdots (z - z_n)}$; $\forall z_i \neq 1; \quad i = 1, 2, \dots, n$

$$K_{bh} = \frac{1}{T^2} \lim_{z \rightarrow 1} (z - 1)^2 G_h(z) = \frac{1}{T^2} \lim_{z \rightarrow 1} \frac{(z - 1)^2 \cdot M(z)}{(z - z_1)(z - z_2) \cdots (z - z_n)}$$

$$K_{bh} = \frac{1}{T^2} \frac{0 \cdot M(1)}{(1 - z_1)(1 - z_2) \cdots (1 - z_n)} = 0$$

$$s_{bh} = \frac{\rho}{K_{bh}} = \infty$$



Hàm truyền đạt $G_h(z)$

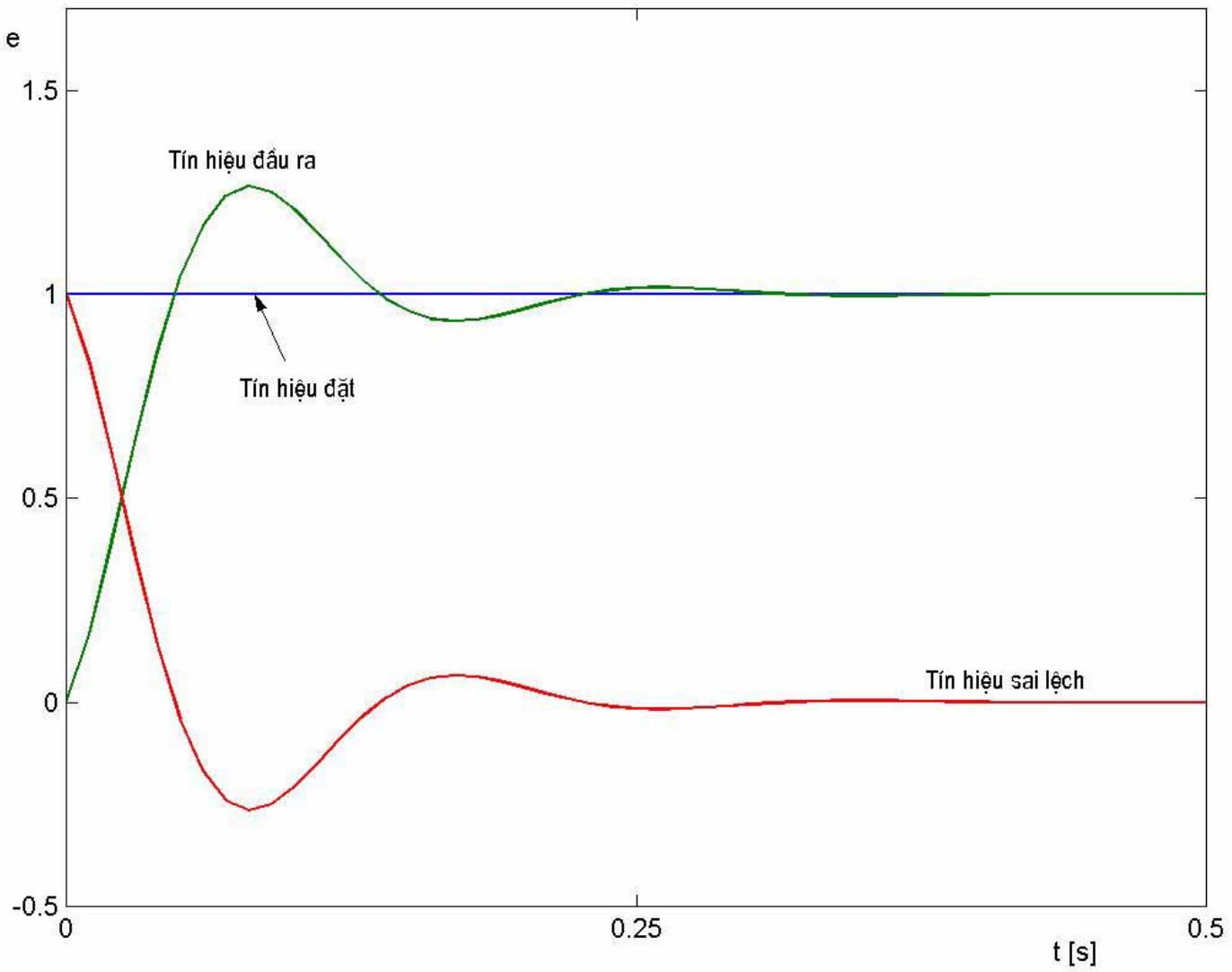
- $G_h(z)$ kiểu “1”:
$$G_h(z) = \frac{M(z)}{(z-1)(z-z_2)\cdots(z-z_n)}; \quad \forall z_i \neq 1; \quad i = 2, 3, \dots, n$$

$$K_{bt} = \lim_{z \rightarrow 1} G_h(z) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{M(z)}{(z-1)(z-z_2)\cdots(z-z_n)}$$

$$K_{bt} = \frac{M(1)}{0 \cdot (1-z_2)\cdots(1-z_n)} = \infty$$

$$s_{bt} = \frac{\rho}{1 + K_{bt}} = 0$$

x, y, e



Hàm truyền đạt $G_h(z)$

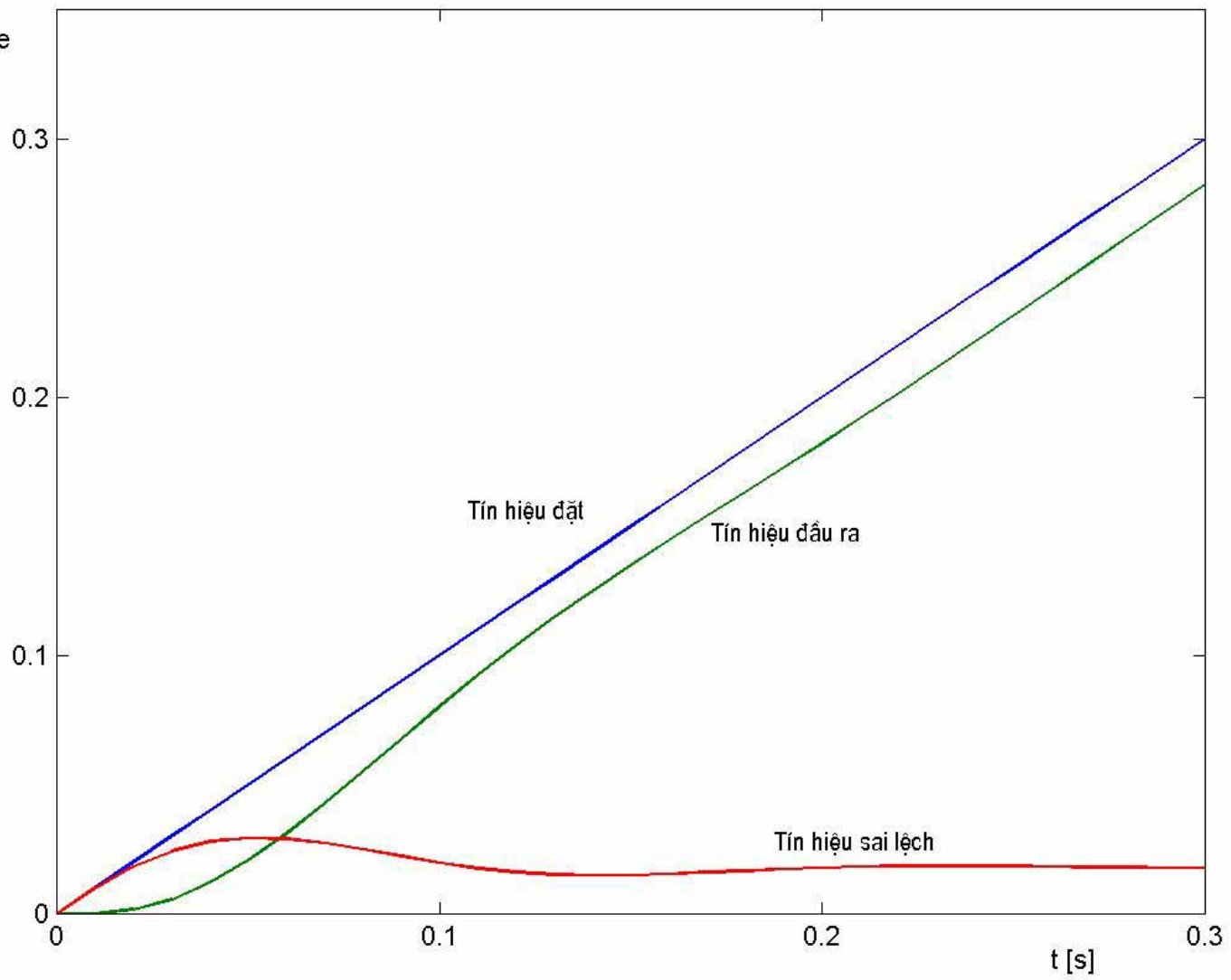
- $G_h(z)$ kiểu “1”:
$$G_h(z) = \frac{M(z)}{(z-1)(z-z_2)\cdots(z-z_n)}; \quad \forall z_i \neq 1; \quad i = 2, 3, \dots, n$$

$$K_{bm} = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)G_h(z) = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} \frac{(z-1)M(z)}{(z-1)(z-z_2)\cdots(z-z_n)}$$

$$K_{bm} = \frac{1}{T} \frac{M(1)}{(1-z_2)\cdots(1-z_n)} = \text{const}$$

$$s_{bm} = \frac{\rho}{K_{bm}} = \text{const}$$

x, y, e



Hàm truyền đạt $G_h(z)$

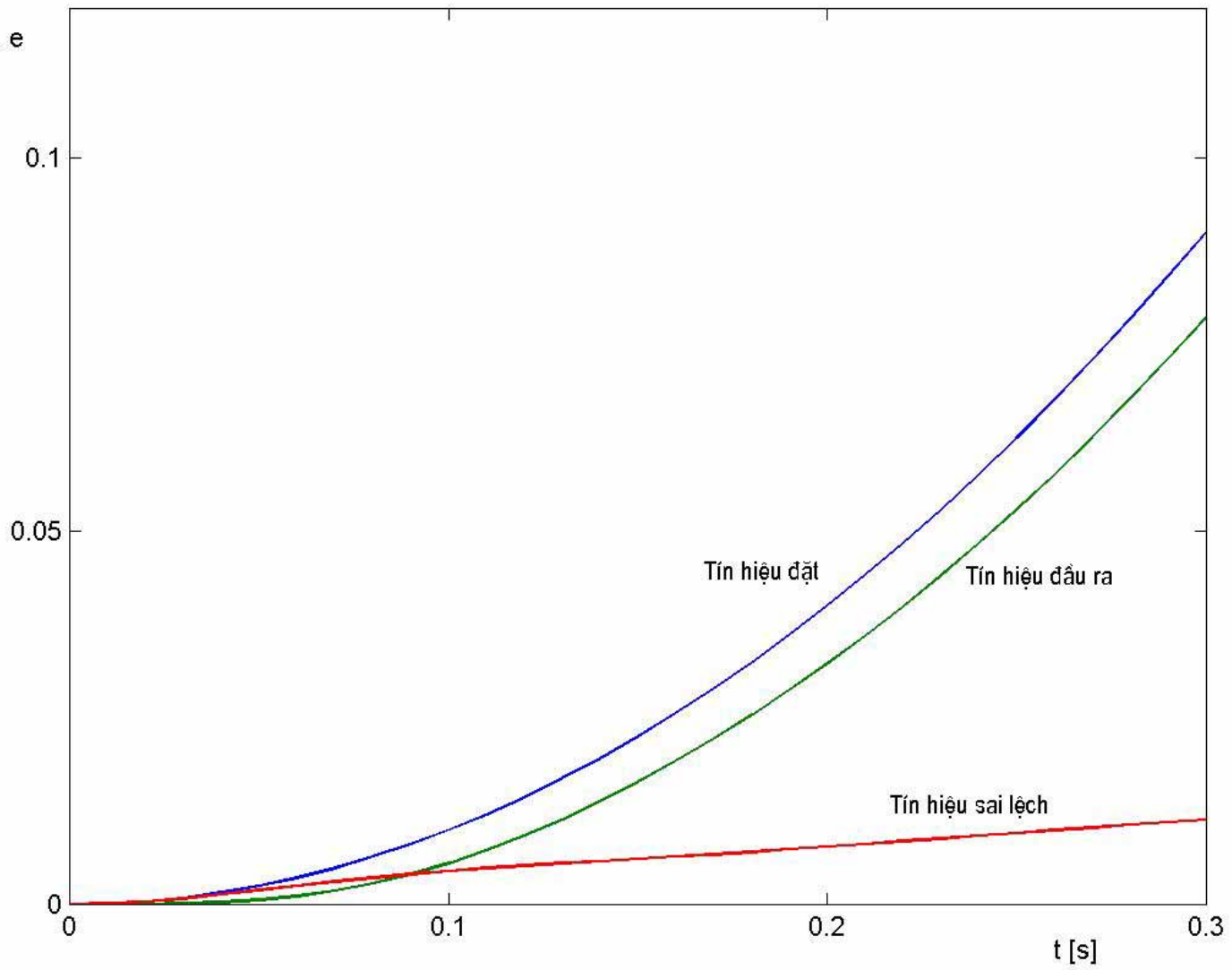
- $G_h(z)$ kiểu “1”: $G_h(z) = \frac{M(z)}{(z-1)(z-z_2)\cdots(z-z_n)}$; $\forall z_i \neq 1$; $i = 2, 3, \dots, n$

$$K_{bh} = \frac{1}{T^2} \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)^2 G_h(z) = \frac{1}{T^2} \lim_{z \rightarrow 1} \frac{(z-1)^2 \cdot M(z)}{(z-1)(z-z_2)\cdots(z-z_n)}$$

$$K_{bh} = \frac{1}{T^2} \frac{(z-1) \cdot M(1)}{(1-z_2)\cdots(1-z_n)} = 0$$

$$s_{bh} = \frac{\rho}{K_{bh}} = \infty$$

x, y, e



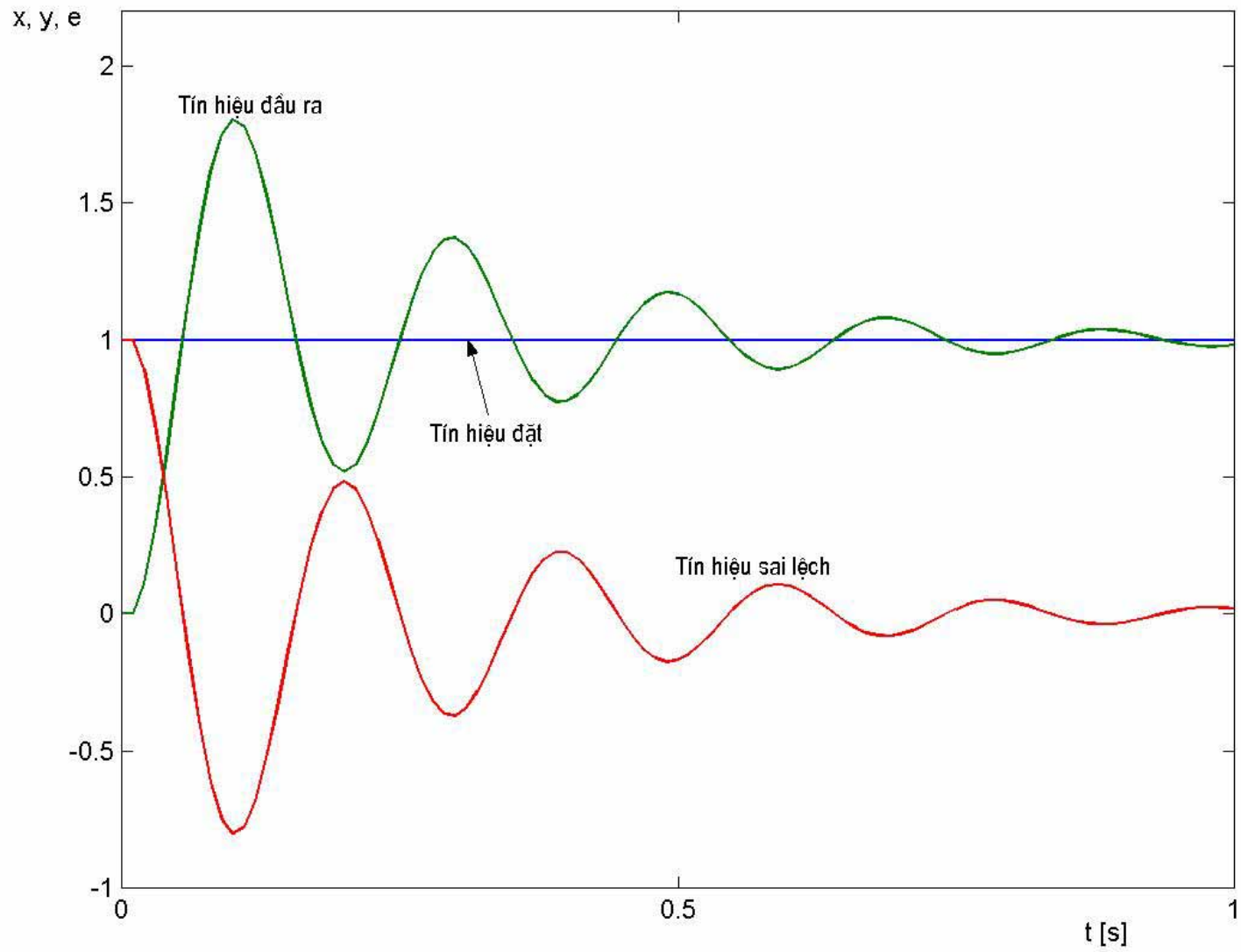
Hàm truyền đạt $G_h(z)$

- $G_h(z)$ kiểu “2”: $G_h(z) = \frac{M(z)}{(z-1)^2(z-z_3)\cdots(z-z_n)}$; $\forall z_i \neq 1; i = 3, \dots, n$

$$K_{bt} = \lim_{z \rightarrow 1} G_h(z) = \lim_{z \rightarrow 1} \frac{M(z)}{(z-1)^2(z-z_3)\cdots(z-z_n)}$$

$$K_{bt} = \frac{M(1)}{0 \cdot (1-z_3)\cdots(1-z_n)} = \infty$$

$$s_{bt} = \frac{\rho}{1 + K_{bt}} = 0$$



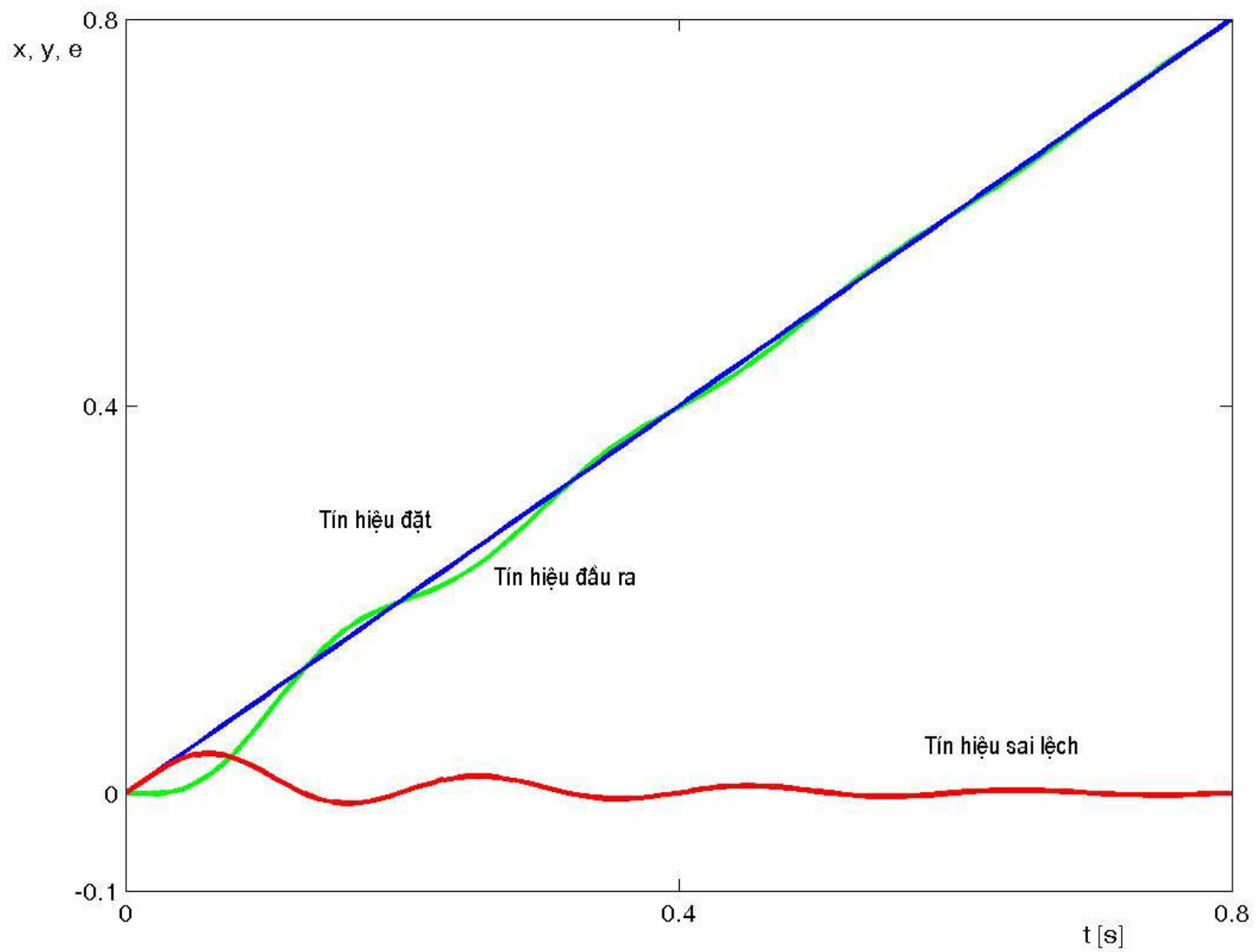
Hàm truyền đạt $G_h(z)$

- $G_h(z)$ kiểu “2”: $G_h(z) = \frac{M(z)}{(z-1)^2 (z-z_3) \cdots (z-z_n)}; \quad \forall z_i \neq 1; \quad i = 3, \dots, n$

$$K_{bm} = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)G_h(z) = \frac{1}{T} \lim_{z \rightarrow 1} \frac{(z-1).M(z)}{(z-1)^2 (z-z_3) \cdots (z-z_n)}$$

$$K_{bm} = \frac{1}{T} \frac{M(1)}{0.(1-z_3) \cdots (1-z_n)} = \infty$$

$$s_{bm} = \frac{\rho}{K_{bm}} = 0$$



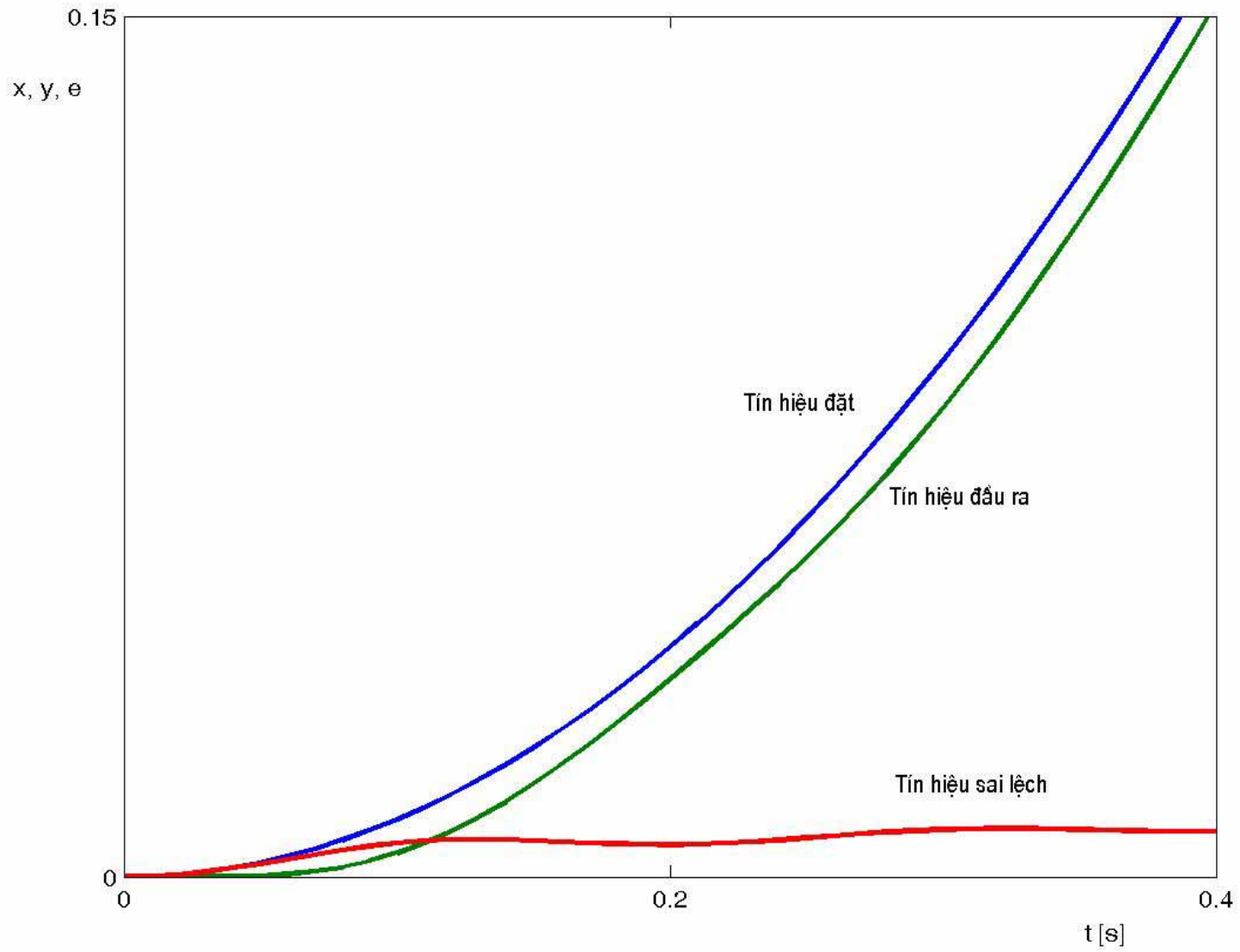
Hàm truyền đạt $G_h(z)$

- $G_h(z)$ kiểu “2”: $G_h(z) = \frac{M(z)}{(z-1)^2 (z-z_3) \cdots (z-z_n)}$; $\forall z_i \neq 1; i = 3, \dots, n$

$$K_{bh} = \frac{1}{T^2} \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)^2 G_h(z) = \frac{1}{T^2} \lim_{z \rightarrow 1} \frac{(z-1)^2 \cdot M(z)}{(z-1)^2 (z-z_3) \cdots (z-z_n)}$$

$$K_{bh} = \frac{1}{T^2} \frac{M(1)}{(1-z_3) \cdots (1-z_n)} = \text{const}$$

$$s_{bh} = \frac{\rho}{K_{bh}} = \text{const}$$



TỔNG KẾT

S_t \ Kiểu	0	1	2
S_{bt}	const	0	0
S_{bm}	∞	const	0
S_{bh}	∞	∞	const

Giảm sai lệch tĩnh

- Tăng hằng số thời gian

Hệ thống có khả năng bị mất ổn định

- Tăng kiểu (loại) của hàm truyền đạt

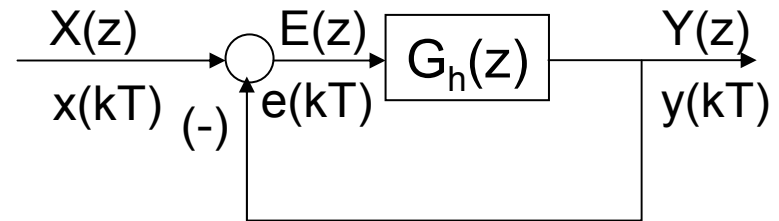
Tăng số lượng khâu tích phân trong hệ thống hở

6.4. SAI LỆCH TĨNH CỦA HỆ THỐNG BẤT KỲ

- Hệ thống bất kỳ có hàm truyền đạt $G(z)$

$$G(z) = \frac{B(z)}{A(z)}$$

→ Chuyển hệ thống đã cho về dạng hệ thống kín



$$G_k(z) = \frac{G_h(z)}{1 + G_h(z)} = G(z) = \frac{B(z)}{A(z)}$$

$$G_k(z) = \frac{G_h(z)}{1 + G_h(z)} = G(z) = \frac{B(z)}{A(z)}$$

→ Xác định hàm truyền $G_h(z)$

$$G_h(z) = \frac{B(z)}{A(z) - B(z)}$$

C.7: CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN PID SỐ

7.1. KHÁI NIỆM CHUNG

- Các bộ PID số cũng làm chức năng tương tự như các bộ PID liên tục
 - P: Khâu tỷ lệ
 - I: Khâu tích phân
 - D: Khâu vi phân

7.2. BỘ ĐIỀU KHIỂN P

- $y(t) = K_P \cdot x(t)$
- $y(kT) = K_P \cdot x(kT)$
- $G_{CP}(z) = K_P$

7.3. BỘ ĐIỀU KHIỂN I

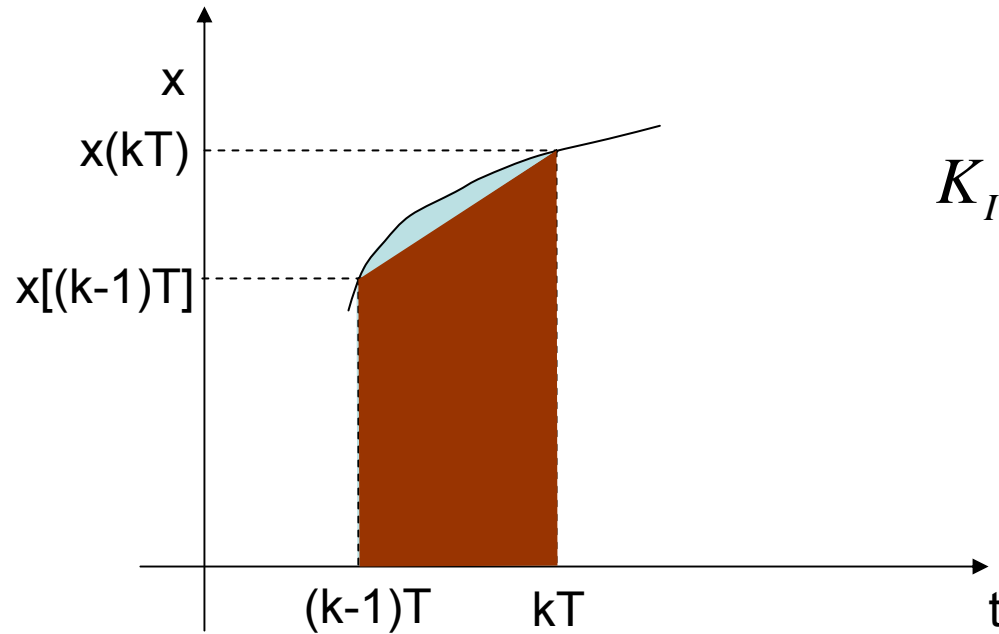
$$y(t) = K_I \int_0^t x(t) dt$$

$$y(kT) = K_I \int_0^{kT} x(kT) dt$$

$$y(kT) = K_I \int_0^{(k-1)T} x(kT) dt + K_I \int_{(k-1)T}^{kT} x(kT) dt$$

$$y(kT) = y[(k-1)T] + K_I \int_{(k-1)T}^{kT} x(kT) dt$$

Xấp xỉ tích phân



$$K_I \int_{(k-1)T}^{kT} x(kT) dt$$

$$K_I \int_{(k-1)T}^{kT} x(kT) dt \approx \frac{K_I T}{2} \{x(kT) + x[(k-1)T]\}$$

$$y(kT) = y[(k-1)T] + K_I \int_{(k-1)T}^{kT} x(t) dt$$

$$y(kT) = y[(k-1)T] + \frac{K_I T}{2} \{x(kT) + x[(k-1)T]\}$$

$$y(kT) - y[(k-1)T] = \frac{K_I T}{2} \{x(kT) + x[(k-1)T]\}$$

$$\mathbb{Z}\{y(kT) - y[(k-1)T]\} = \mathbb{Z}\left\{\frac{K_I T}{2} \{x(kT) + x[(k-1)T]\}\right\}$$

$$Y(z) - z^{-1}Y(z) = \frac{K_I T}{2} [X(z) + z^{-1}X(z)]$$

$$Y(z) - z^{-1}Y(z) = \frac{K_I T}{2} [X(z) + z^{-1}X(z)]$$

$$G_{CI}(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{K_I T}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}$$

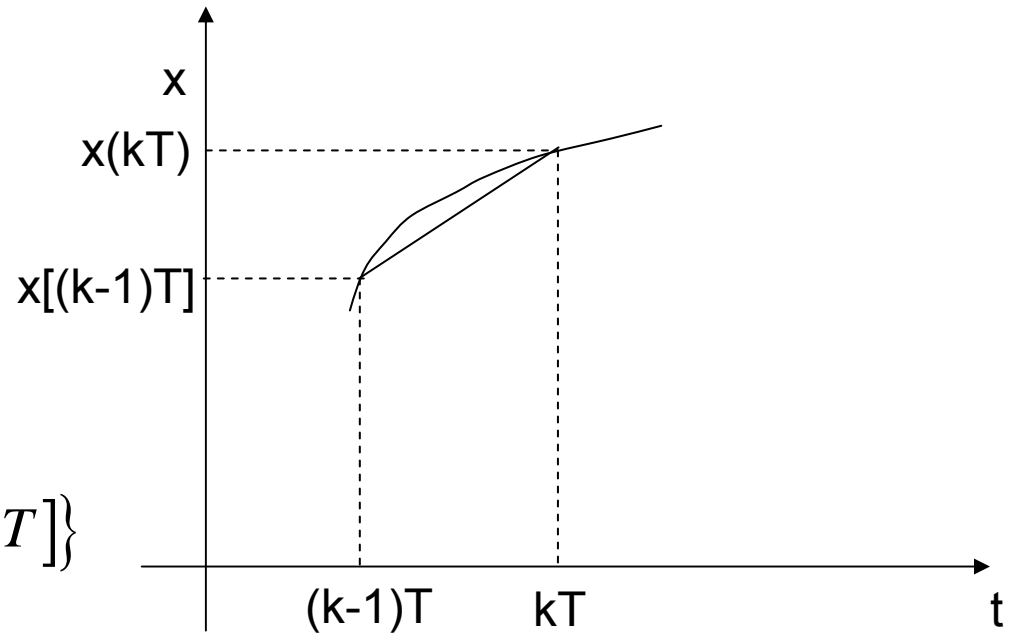
$$y(k) = y(k-1) + \frac{K_I T}{2} [x(k) + x(k-1)]$$

7.4. BỘ ĐIỀU KHIỂN D

$$y(t) = K_D \frac{dx(t)}{dt}$$

$$y(kT) = K_D \frac{dx(kT)}{dt}$$

$$y(kT) \approx \frac{K_D}{T} \{x(kT) - x[(k-1)T]\}$$



$$\mathcal{Z}\{y(kT)\} = \mathcal{Z}\left\{\frac{K_D}{T} \{x(kT) - x[(k-1)T]\}\right\}$$

$$Y(z) = \frac{K_D}{T} [X(z) - z^{-1}X(z)]$$

$$Y(z) = \frac{K_D}{T} [X(z) - z^{-1}X(z)]$$

$$G_{CD}(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{K_D}{T} \cdot \frac{z-1}{z}$$

$$y(k) = \frac{K_D}{T} [x(k) - x(k-1)]$$

7.5. BỘ ĐIỀU KHIỂN PI

- Gồm có bộ điều khiển P và bộ điều khiển I mắc song song với nhau

$$G_{CPI}(z) = G_{CP}(z) + G_{CI}(z)$$

$$G_{CPI}(z) = K_P + \frac{K_I T}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}$$

$$G_{CPI}(z) = \frac{A_0 z + A_1}{z-1}$$

$$A_0 = K_P + \frac{K_I T}{2}; \quad A_1 = -K_P + \frac{K_I T}{2}$$

$$y(k) = y(k-1) + A_0 x(k) + A_1 x(k-1)$$

7.6. BỘ ĐIỀU KHIỂN PD

- Gồm có bộ điều khiển P và bộ điều khiển D mắc song song với nhau

$$G_{CPD}(z) = G_{CP}(z) + G_{CD}(z)$$

$$G_{CPD}(z) = K_P + \frac{K_D}{T} \cdot \frac{z-1}{z}$$

$$G_{CPD}(z) = \frac{A_0 z + A_1}{z}$$

$$A_0 = K_P + \frac{K_D}{T}; \quad A_1 = -\frac{K_D}{T}$$

$$y(k) = A_0 x(k) + A_1 x(k-1)$$

7.7. BỘ ĐIỀU KHIỂN PID

- Gồm có bộ điều khiển P, bộ điều khiển I và bộ điều khiển D mắc song song với nhau

$$G_{CPID}(z) = G_{CP}(z) + G_{CI}(z) + G_{CD}(z)$$

$$G_{CPID}(z) = K_P + \frac{K_I T}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1} + \frac{K_D}{T} \cdot \frac{z-1}{z}$$

$$A_0 = K_P + \frac{K_I T}{2} + \frac{K_D}{T};$$

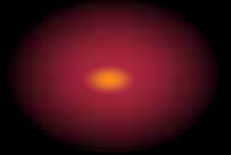
$$A_1 = -K_P + \frac{K_I T}{2} - 2\frac{K_D}{T};$$

$$A_2 = \frac{K_D}{T}$$

$$G_{CPID}(z) = \frac{A_0 z^2 + A_1 z + A_2}{z(z-1)}$$

$$y(k) = y(k-1) + A_0 x(k) + A_1 x(k-1) + A_2 x(k-2)$$

HẾT



BẢNG BIẾN ĐỔI LAPLACE VÀ BIẾN ĐỔI Z

$f(t)$	$F(p)$	$F(z)$
$\delta(t)$	1	1
1	$\frac{1}{p}$	$\frac{z}{z-1}$
t	$\frac{1}{p^2}$	$\frac{T \cdot z}{(z-1)^2}$
$\frac{1}{2}t^2$	$\frac{1}{p^3}$	$\frac{T^2 \cdot z \cdot (z+1)}{2(z-1)^3}$
e^{-at}	$\frac{1}{p+a}$	$\frac{z}{z-B} ; B = e^{-aT}$
$t \cdot e^{-at}$	$\frac{1}{(p+a)^2}$	$\frac{T \cdot z \cdot B}{(z-B)^2}$
$\frac{1}{2}t^2 \cdot e^{-at}$	$\frac{1}{(p+a)^3}$	$\frac{1}{2}T^2 \cdot (z+B) \cdot \frac{z \cdot B^2}{(z-B)^3}$
$1 - e^{-at}$	$\frac{a}{p \cdot (p+a)}$	$\frac{(1-B) \cdot z}{(z-1)(z-B)}$
$\frac{1}{a}(at - 1 + e^{-at})$	$\frac{a}{p^2 \cdot (p+a)}$	$-\frac{(1-B) \cdot z}{a(z-1)(z-B)} + \frac{z \cdot T}{(z-1)^2}$
$e^{-at}(1 - at)$	$\frac{p}{(p+a)^2}$	$\frac{z^2 - zB(1 + aT)}{(z-B)^2}$
$\sin at$	$\frac{a}{p^2 + a^2}$	$\frac{z \cdot \sin aT}{z^2 - 2z \cos aT + 1}$
$\cos at$	$\frac{p}{p^2 + a^2}$	$\frac{z^2 - z \cdot \sin aT}{z^2 - 2z \cos aT + 1}$
$e^{-at} \sin ct$	$\frac{a}{(p+a)^2 + c^2}$	$\frac{z \cdot B \cdot \sin cT}{z^2 - 2z \cdot B \cdot \cos cT + B^2}$
$e^{-at} \cos ct$	$\frac{p+a}{(p+a)^2 + c^2}$	$\frac{z \cdot (z - B \cdot \cos cT)}{z^2 - 2z \cdot B \cdot \cos cT + B^2}$



*Tập bài giảng Môn học Máy Công Cụ Điều
Kiển Chương Trình Số*

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa

Tập bài giảng

Môn học
Máy Công Cụ
Điều Khiển Chương Trình Số

Biên soạn theo đề cương môn học
chuyên ngành cơ khí ĐHBK ĐN

Người biên soạn : Bùi trương Vỹ
Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa
Đại học Đà Nẵng.

Đà Nẵng - Năm 2007

MỤC LỤC

Phần mở đầu	3
Chương 1 Điều Khiển Số (ĐKS) và hệ thống ĐKS Máy Công Cụ	
1.1. Các khái niệm	8
1.2. Hệ thống ĐKS Máy công cụ	9
1.2.1. Các đặc điểm tạo hình bề mặt trên các máy công cụ ĐKS	9
1.2.2. Hệ thống dữ liệu ĐKS	13
1.2.3. Hệ thống đo vị trí trên máy công cụ ĐKS	17
1.2.4. Các nguồn động lực dùng cho máy công cụ ĐKS	22
Chương 2 Lập trình các máy công cụ ĐKS	
2.1. Mở đầu về điều khiển các máy công cụ ĐKS	29
2.2. Lập trình gia công trên máy công cụ ĐKS	33
2.2.1. Cấu trúc chương trình	33
2.2.2. Lập trình nâng cao	46
Chương 3 Máy công cụ ĐKS- Phân tích động học và kết cấu	
3.1. Cấu trúc tổng thể các máy công cụ ĐKS	54
3.2. Phân tích đặc điểm động học Máy	54
3.3. Phân tích đặc điểm kết cấu	58
3.4. Các máy 4 và 5 trục - Các trung tâm gia công ĐKS	76
Chương 4 Chế tạo được hỗ trợ bằng máy tính	
4.1. Ngôn ngữ APT	80
4.2. Các hệ thống liên kết CAD/CAM/CNC	87
4.3. Chế tạo liên kết qua máy tính- CIM	91
Chương 5 Truyền dữ liệu đến các Máy công cụ ĐKS	94
Tài liệu tham khảo	102
Chương 6 Phụ chương: Bảng phụ lục- Bài tập thực hành 1 và 2- <i>Phụ lục I & II</i>	
Bảng phụ lục mã máy G & M (Máy PC Mill 155)	103
Bài tập thực hành 1- Bài tập thực hành 2	106
<i>Phụ lục I & II</i> : Bảng tra chế độ cắt & Hướng dẫn sử dụng Máy	118

Phần mở đầu

NC,CNC

CNC viết tắt của các từ Computer Numerical Control, xuất hiện vào khoảng đầu thập niên 1970 khi máy tính bắt đầu được dùng ở các hệ điều khiển máy công cụ thay cho NC, Numerical Control (Điều Khiển Số). Trước khoảng thời gian này, các chương trình NC thường phải được mã hoá và xử lý trên các băng đục lỗ, hệ điều khiển phải có bộ đọc băng để giải mã cung cấp tín hiệu điều khiển các trục máy chuyển động. Cách này đã cho thấy nhiều bất tiện, chẳng hạn khi sửa chữa, hiệu chỉnh chương trình, băng chóng mòn, khó lưu trữ, truyền tải, dung lượng bé... Hệ điều khiển CNC khắc phục các nhược điểm trên nhờ khả năng điều khiển máy bằng cách đọc hàng ngàn bit thông tin được lưu trong bộ nhớ, cho phép giao tiếp, truyền tải và xử lý, điều khiển các quá trình một cách nhanh chóng, chính xác.

Cho đến nay, các máy CNC đã có mặt ở hầu hết các ngành công nghiệp. Đây có thể nói là một lĩnh vực mới có sự kết hợp chắc chắn giữa máy tính và máy công cụ, điều khiển các hoạt động gia công trên máy dựa vào việc khai thác các thành tựu kỹ thuật số hiện đại, mở ra nhiều triển vọng phát triển sản xuất. Tuy mục đích và phạm vi ứng dụng của từng loại máy công cụ CNC có thể khác, các lợi ích mà các máy này mang lại khá giống nhau.

Lợi ích đầu tiên là nâng cao mức độ tự động hóa. Sự tham gia của người trong quá trình chế tạo được giảm bớt hay loại trừ. Nhiều máy CNC có thể hoạt động suốt cả chu trình gia công không cần đến sự có mặt của người thợ, như vậy giúp làm giảm sự mệt mỏi, ít lỗi sai sót gây ra do người. Thời gian máy cho mỗi sản phẩm hầu như xác định. Máy hoạt động tự động theo chương trình nên không cần đến bậc thợ cao mỗi khi gia công các chi tiết phức tạp trên máy truyền thống.

Lợi ích thứ 2 của công nghệ CNC là cung cấp sản phẩm bảo đảm, tin cậy. Một khi chương trình đã qua kiểm tra được đưa vào sản xuất, hàng loạt các chi tiết cùng loại có thể được tạo ra một cách chính xác và ổn định.

Một lợi ích nữa mà các máy CNC mang lại là tính linh hoạt. Gia công các chi tiết khác nhau trên máy chỉ cần thay đổi chương trình. Cũng có thể lưu, sửa đổi và dùng chương trình cho lần khác khi cần đến, làm dễ thay đổi mặt hàng. Ngoài ra, không phải mất nhiều thời gian chuẩn bị gia công trên các máy CNC, do vậy rất phù hợp với kỹ thuật sản xuất hiện đại.

Máy CNC và máy truyền thống

Các máy CNC thay thế cho các thao tác bằng tay của quá trình sản xuất trên các máy truyền thống. Lấy 1 ví dụ đơn giản nhất: trường hợp *khoan lỗ*.

Một máy khoan thông thường, muốn khoan lỗ trước hết phải gá, kẹp chặt mũi khoan vào đầu trục chính, sau đó lựa chọn (bằng tay) số vòng quay mong muốn cho trục chính (ví dụ đổi vị trí dây đai trên pully bậc) và bật trục chính. Để khoan lỗ, phải di chuyển đầu khoan đến vị trí tâm lỗ chi tiết (chẳng hạn xoay tay gạt dịch chuyển đầu khoan) trước khi thực hiện ăn dao. Nói một cách khác, muốn khoan lỗ cần đến nhiều động tác can thiệp của người. Nếu số lượng lỗ tăng lên hoặc loạt chi tiết lớn, công việc trở nên tẻ nhạt, mệt mỏi. Hơn thế nữa, nếu là công việc phức tạp, rõ ràng trên các máy truyền thống không những đòi hỏi kỹ năng người thợ mà còn tiềm ẩn nhiều nguy cơ mắc lỗi, dễ gây phế phẩm do phải lặp đi lặp lại một cách đơn điệu.

Trong khi đó một máy khoan CNC để khoan lỗ, các thao tác cần thiết đều có thể lập trình được, ví dụ ở đây bao gồm: gá đặt mũi khoan vào đầu trục chính, bật trục chính, đưa mũi khoan định vị tâm lỗ gia công, thực hiện khoan lỗ, và dừng trục chính.

Vài nét về hoạt động của CNC

Như đã đề cập, hầu hết các thao tác trên máy truyền thống đều lập trình được với các máy CNC. Sau khi chuẩn bị, công việc còn lại khá đơn giản với người vận hành, chẳng hạn đo đạc, kiểm tra và hiệu chỉnh máy bảo đảm chất lượng gia công. Các chức năng có thể được lập trình trên các máy CNC:

Lập trình điều khiển chuyển động

Các kiểu máy CNC đều có 2 hay nhiều trục chuyển động theo lập trình. Một trục chuyển động có thể là thẳng (dọc theo một đường thẳng) hay tròn (xoay quanh 1 trục). Một trong những đặc điểm kỹ thuật đầu tiên cho biết độ phức tạp của một máy CNC chính là số trục chuyển động nó hiện có. Nói chung, càng nhiều trục, máy có độ phức tạp càng cao, dụng cụ càng dễ tiếp cận với bề mặt gia công có hình dạng bất kỳ.

Số trục của một máy CNC dùng để cung cấp chuyển động chạy dao cần thiết trong quá trình gia công. Ở ví dụ khoan lỗ, cần 3 trục: Định vị dụng cụ cắt (mũi khoan) ở tâm lỗ theo 2 trục và gia công lỗ (với trục thứ 3). Các trục được ký hiệu với các chữ cái. X, Y, Z là 3 trục tịnh tiến và A, B, C là 3 trục quay.

Lập trình theo chức năng cho các trang bị, cơ cấu máy

Khả năng công nghệ của một máy CNC bị giới hạn nếu chỉ có thể dịch chuyển chi tiết

theo 2 hay nhiều trục, do vậy, cần phải lập trình được cho nhiều chức năng khác nữa. Hầu hết các máy phay CNC chứa nhiều dụng cụ trong ổ trữ và khi cần, một dụng cụ bất kỳ trong ổ trữ có thể được gá đặt một cách tự động vào trục chính. Điều khiển thay đổi tốc độ trục chính (v/ph) cũng như đổi chiều quay dễ dàng. Bật, tắt trục chính cho phép thực hiện qua lập trình. Nhiều nguyên công gia công cần đến dụng dịch làm nguội, và thao tác này phải được cấp, ngắt một cách tự động trong quá trình gia công.

Chương trình CNC

Một chương trình CNC là 1 tập hợp các chỉ dẫn gia công theo từng bước, được viết dưới dạng câu chữ và hệ điều khiển thực hiện chương trình theo trình tự đó.

Một số các từ CNC (mã CNC) quy định các chức năng cần thiết của máy. Các mã CNC bắt đầu với các địa chỉ theo chữ cái (như F-tốc độ chạy dao, S-số vòng quay trục chính, và X,Y & Z với chuyển động trục...). Khi được đặt cùng nhau theo thứ tự, nhóm các mã CNC tạo thành lệnh.

Hệ điều khiển CNC

Hệ điều khiển CNC nhập và cắt nghĩa 1 chương trình CNC để thực hiện các lệnh theo thứ tự đã được thiết lập. Khi đọc chương trình, hệ điều khiển kích hoạt thích hợp các chức năng máy, tạo chuyển động trục và thực hiện theo các chỉ dẫn cho trước trong chương trình. Các hệ điều khiển CNC hiện đại đều cho phép sửa đổi các chương trình nếu tìm thấy lỗi, thực hiện các chức năng kiểm tra (như chạy mô phỏng) trước khi gia công thật trên máy, ngoài ra còn cho phép tách 1 số dữ liệu quan trọng không cần đưa vào chương trình, chẳng hạn các giá trị chiều dài, bán kính dụng cụ... Nói chung hệ điều khiển CNC cho phép người sử dụng lập và kiểm tra chương trình gia công, cũng như điều khiển máy một cách thuận tiện nhất.

Hệ thống CAM

Ở các ứng dụng đơn giản (như ví dụ khoan lỗ), chương trình CNC có thể được lập bằng tay. Với các ứng dụng phức tạp, nếu thường xuyên phải lập các chương trình mới, viết chương trình bằng tay trở nên bất tiện. Để làm đơn giản quá trình lập trình, cần đến một hệ thống hỗ trợ chế tạo qua máy tính (CAM). Đây là 1 chương trình phần mềm chạy trên máy tính (ví dụ máy tính cá nhân) giúp người lập trình thực hiện lựa chọn, kiểm tra các phương án gia công trước khi chế tạo.

Các hệ thống CAM thường phối hợp với bản vẽ thiết kế từ hệ thống CAD, nhờ đó loại trừ sự cần thiết phải chuẩn bị lại dữ liệu về kích thước và biên dạng hình học chi

tiết. Người lập trình chỉ ra trình tự các nguyên công gia công cần thực hiện và hệ thống CAM tạo chương trình CNC một cách tự động.

Hệ thống DNC

Khi đã có chương trình (hoặc bằng tay hoặc qua hệ thống CAD/CAM), chương trình này phải được tải đến hệ điều khiển CNC. Mặc dù người vận hành máy có thể nhập trực tiếp vào hệ điều khiển, tuy nhiên công việc như vậy rõ ràng mang tính thủ công, ví dụ với các chương trình dài...

Chương trình CNC có được qua hệ thống CAM đang ở dạng file văn bản trên máy tính, còn nếu lập bằng tay, có thể nhập vào máy tính bằng chương trình xử lý văn bản thông thường. Với chương trình đang ở dạng file văn bản, muốn chuyển đến hệ điều khiển máy CNC cần có hệ thống DNC (Direct/Distributive Numerical Control).

Một hệ thống DNC cho phép máy tính được nối mạng với 1 hay nhiều máy CNC. Mãi cho đến gần đây, giao thức truyền thông nối tiếp qua cổng RS232C vẫn được dùng để truyền chương trình. Các hệ điều khiển mới có khả năng truyền thông hiện đại hơn, được nối mạng theo nhiều cách (Ethernet,...), sử dụng một trong các cách này, có thể tải chương trình CNC đến máy thực hiện quá trình gia công một cách nhanh chóng, thuận tiện.

Các loại máy CNC

Như đã đề cập ở trên, các loại máy công cụ CNC đến nay đã chứng tỏ có vai trò quan trọng ở hầu hết các ngành sản xuất, đáp ứng được yêu cầu đặt ra trong quá trình chế tạo sản phẩm. Nhiều quá trình gia công được cải thiện trong thực tế và mang lại hiệu quả rõ rệt qua việc sử dụng công nghệ CNC. Thử điếm qua một số lĩnh vực sản xuất có ứng dụng CNC.

Gia công cắt gọt kim loại

Các quá trình gia công cắt gọt kim loại trên các máy truyền thống đều có thể tiến hành trên các máy CNC ví dụ như tất cả các dạng phay (phay mặt phẳng, phay theo đường bao, phay rãnh,...), khoan, khoét, doa lỗ, và cắt ren. Cũng tương tự, tất cả các dạng tiện như tiện mặt đầu, khoét, tiện ngoài, cắt rãnh, khía nhám, tiện ren ...đều gia công được trên các máy tiện CNC. Các máy mài CNC cho phép thực hiện các nguyên công mài như mài tròn ngoài, tròn trong. CNC còn mở ra một triển vọng mới khi dùng cho mài, đó là mài theo biên dạng theo cách tương tự như tiện mà trước đây chỉ có thể tiến hành bằng phương pháp chép hình trên các máy truyền thống.

Gia công bằng biến dạng dẻo

Các nguyên công biến dạng tạo hình đối với các sản phẩm cơ khí bao gồm xén, cắt bằng lửa hàn hay plasma, đột lỗ, cắt bằng tia laser, uốn, và hàn. Công nghệ CNC có thể ứng dụng cho từng thao tác của ngành gia công biến dạng dẻo kim loại, ví dụ hệ thống CNC trên các máy xén để xác định chính xác chiều dài tấm được xén. Cắt CNC bằng tia laser hoặc plasma cũng được dùng. Các máy đột dập liên hợp CNC có thể gia công các lỗ có hình dạng, kích thước tùy ý, và tạo thành phẩm dạng tấm với các máy uốn CNC...

Gia công ăn mòn tia lửa điện

Gia công bằng phương pháp ăn mòn phóng điện qua điện cực (Electrical Discharge Machining-EDM) là quá trình lấy đi kim loại qua việc sử dụng các tia lửa điện đốt chảy kim loại. CNC-EDM có 2 dạng, EDM thẳng đứng và EDM dây điện cực. EDM thẳng đứng dùng 1 điện cực riêng biệt (thường được gia công trên máy CNC) có dạng giống hình dạng của lỗ sâu hoặc hốc lõm cần gia công trên chi tiết. EDM dây điện cực ứng dụng để chế tạo chày, cối, các bộ khuôn ... Hình dạng yêu cầu của chi tiết đạt được thông qua sự điều khiển hành trình liên tục NC của điện cực dây. Bằng cách này mà các khuôn dập, các tấm mẫu...có thể được cắt theo chương trình.

Gia công gỗ

Các máy CNC dùng nhiều ở các xưởng chế biến gỗ để thực hiện các công việc như phay theo biên dạng, khoan..Nhiều máy phay gỗ có thể chứa nhiều dao và thực hiện được các nguyên công khác nhau trên cùng chi tiết.

Các kiểu máy CNC khác

Các hệ thống viết chữ và chạm trổ cũng mang lại hiệu quả kinh tế khi ứng dụng công nghệ CNC, cắt vật liệu dạng đĩa bằng tia nước áp lực cao, ngay cả ở các ngành sản xuất chi tiết trong ngành điện như các máy quần dây CNC, các mỏ hàn CNC...

Kết luận

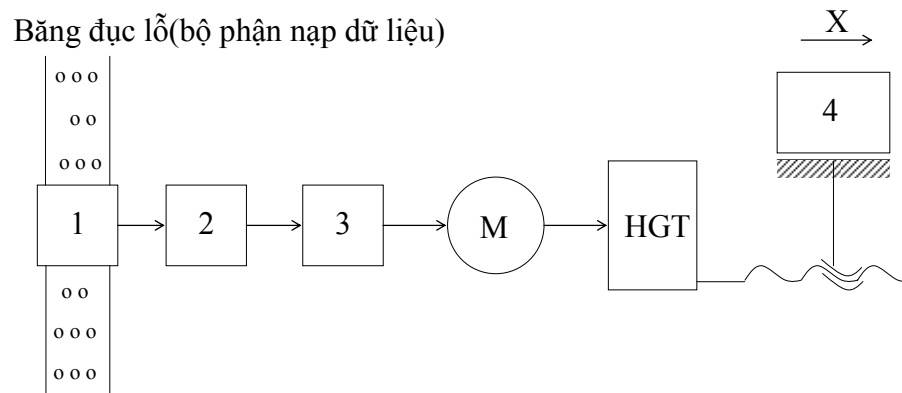
Có thể nói rằng với sự xuất hiện của các máy CNC, bộ mặt của các ngành sản xuất nhìn chung đã thay đổi. Đối với nước ta, những năm gần đây các máy CNC đã được từng bước trang bị trong một số nhà máy, viện nghiên cứu và các công ty liên doanh. Hiểu biết một cách đầy đủ và khai thác triệt để các ưu thế của loại máy này là một nhiệm vụ thiết thực trong việc chế tạo sản phẩm nói riêng cũng như thúc đẩy và phát triển sản xuất nói chung.

Chương 1: Điều Khiển Số (ĐKS) và hệ thống ĐKS Máy Công Cụ

1.1. Các khái niệm :

– Hệ thống ĐKS Máy Công Cụ: là hệ thống cho phép điều khiển các hoạt động của máy công cụ (có thể từng phần hay toàn bộ) thực hiện gia công chi tiết theo cách truyền lệnh số. Hệ thống này nhận và biến đổi các chỉ dẫn chuyển động cho trước thành các tín hiệu số, thường ở dạng thế hiệu (hệ điều khiển) để cấp cho các động cơ dẫn động cơ cấu chấp hành (bộ phận truyền động).

– Cấu trúc và phân loại: Các hệ thống ĐKS thường được phân thành 2 loại theo bản chất của phương pháp điều khiển chuyển động: hệ thống điều khiển vòng hở (không có liên hệ ngược) và hệ thống điều khiển vòng kín (có liên hệ ngược).



H1.1a. Hệ thống ĐKS (NC) vòng hở

1: Bộ đọc

2: Bộ giải mã (bộ phận xử lý dữ liệu)

3: Bộ khuếch đại

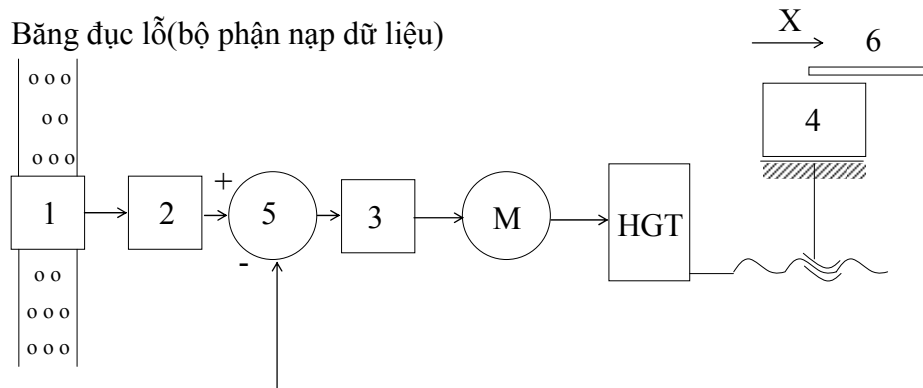
4: Bàn máy

M : Động cơ của cụm truyền động; HGT : Hộp giảm tốc

Sự khác nhau giữa vòng điều khiển kín và hở là ở chỗ, đối với vòng điều khiển hở tín hiệu tác động điều khiển không được so sánh với kết quả thực hiện, trong khi ở vòng điều khiển kín luôn có sự kiểm tra một cách liên tục giữa tín hiệu tác động điều khiển và kết quả thực hiện, khi có sai lệch phát hiện nhờ các thiết bị đo, ngay lập tức hệ có tác động hiệu chỉnh dựa trên các mối quan hệ của vòng điều khiển kín. Điều khiển chuyển động theo cách của hệ vòng hở là điều khiển thuận- không có liên hệ ngược, còn với hệ vòng kín được gọi là điều khiển có phản hồi-có liên hệ ngược.

Đối với hệ thống điều khiển vòng hở, nguồn động xử dụng là các loại động cơ bước. Tín hiệu tác động điều khiển chính là số bước trong một đơn vị thời gian và kết quả

thực hiện phụ thuộc vào góc bước động cơ cũng như các thông số động học của hệ thống truyền động.



H1.1b. Hệ thống ĐKS(NC) vòng kín

- | | |
|--|-----------------------|
| 1: Bộ đọc | 5: Bộ so sánh |
| 2: Bộ giải mã (bộ phận xử lý dữ liệu) | 6: Cảm biến đo vị trí |
| 3: Bộ khuếch đại | |
| 4: Bàn máy | |
| M : Động cơ của cụm truyền động ; HGT : Hộp giảm tốc | |

Hầu hết các hệ thống truyền động Máy công cụ ĐKS hoạt động theo cách điều khiển vòng kín, với các thành phần tối thiểu của mạch động lực bao gồm 1 cảm biến (6) và 1 nguồn động (động cơ M). Động cơ truyền dẫn thường sử dụng là động cơ dòng 1 chiều có thể điều chỉnh vô cấp tốc độ bằng dòng kích từ, còn nếu là động cơ dòng xoay chiều, điều chỉnh vô cấp tốc độ bằng bộ biến đổi tần số. Các loại động cơ này cho phép đảo chiều quay đơn giản, dễ thay đổi số vòng quay, và ít phụ thuộc vào tải bên ngoài.

Cảm biến đo vị trí trên các máy công cụ ĐKS phải nhạy với lượng dịch chuyển cơ học nhỏ, do vậy thích hợp nhất là các loại làm việc theo nguyên lý cảm ứng, hoặc sử dụng các thước (đĩa) khắc vạch dùng kèm với hệ thống quang học và các tế bào quang điện. Các dụng cụ đo như trên có thể cho phép đạt độ chính xác đo được đến hàng μm .

1.2. Hệ thống ĐKS Máy công cụ

1.2.1 Các đặc điểm tạo hình bề mặt trên các máy công cụ ĐKS:

Trên máy công cụ ĐKS, chuyển động tạo hình bề mặt được thực hiện dựa vào các dịch chuyển tọa độ theo nhiều trục, phụ thuộc vào số trục máy hiện có, và sự phối hợp chuyển động giữa các trục này.

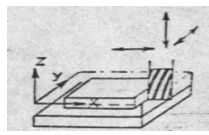
Có thể phân thành các dạng điều khiển chuyển động tạo hình như sau :

1.2.1.1 Dạng điều khiển theo điểm :

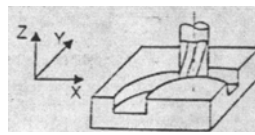
Dụng cụ cần thực hiện chuyển động chạy dao nhanh đến các tọa độ điểm đã được lập trình, và chỉ khi đạt tới các điểm đích, quá trình gia công mới được thực hiện.

Cần chú ý là các trục có thể chuyển động kế tiếp nhau hoặc tất cả các trục có thể chuyển động đồng thời tuy nhiên giữa các trục không có mối quan hệ hàm số. Nếu các trục có chuyển động đồng thời, hướng chuyển động tạo thành góc 45^0 và khi một trong hai tọa độ đã đạt được, trục thứ hai được kéo theo đến điểm đích.

Điều khiển điểm được ứng dụng cho các máy gia công lỗ (khoan , doa...) hoặc thực hiện các chuyển động định vị ở các thiết bị hàn điểm...



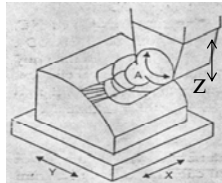
a) Điều khiển điểm
(mở rộng theo đường)



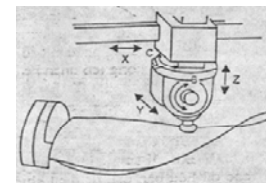
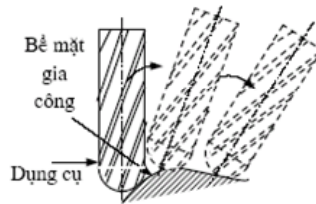
b) Điều khiển 2D



c) Điều khiển $2\frac{1}{2}$ D



d) Điều khiển 4D



e) Điều khiển 5D

H1.2 : Các dạng điều khiển [I]

Điều khiển điểm mở rộng theo đường (H1.2a) tạo ra các đường chạy song song với các trục máy, và bề mặt gia công được hình thành trong quá trình chạy dao. Do vậy, khi 2 trục của máy chuyển động với tốc độ như nhau đồng thời, ta có thể gia công bề mặt côn có góc 45^0 . Các lượng chạy dao có thể được lựa chọn với tốc độ khác nhau, nhưng yêu cầu chỉ thực hiện trên từng trục một (các trục vẫn không bị ràng buộc bởi quan hệ hàm số). Dạng điều khiển này dùng cho gia công các bề mặt trụ đơn giản, hay ở máy phay khi gia công các biên dạng song song với các trục.

1.2.1.2 Dạng điều khiển theo biên dạng

Đây là dạng điều khiển cho phép tạo ra các đường bao tùy ý trong mặt phẳng hay trong không gian nhờ chuyển động đồng thời theo hai hoặc nhiều trục tọa độ, giữa các trục tọa độ này có mối quan hệ hàm số.

Dựa trên số lượng các trục được điều khiển đồng thời, điều khiển theo biên dạng được phân chia thành các nhóm: điều khiển 2D (H1.2b), điều khiển $2^{1/2}D$ (H1.2c), điều khiển 3D và điều khiển có nhiều hơn 3 trục điều khiển đồng thời (H1.2 d,e).

Đối với dạng điều khiển theo biên dạng, các hệ thống truyền động độc lập trên mỗi trục tọa độ phải điều chỉnh được vị trí theo thời gian thực đảm bảo quan hệ phụ thuộc hàm số giữa các chuyển động đồng thời trên các trục. Giá trị biên vào - ứng với một vị trí tức thời trên 1 trục - được xác định một cách tuần tự (theo nhịp điều khiển) đúng với ràng buộc hàm số của biên dạng cần gia công. Việc xác định các vị trí tức thời này thực hiện bởi một chương trình nội suy thích hợp làm nhiệm vụ tính toán cung cấp các giá trị tọa độ vị trí trung gian (có mật độ đủ dày) theo các trục sao cho chuyển động phối hợp giữa chúng là chuyển động tạo hình của biên dạng gia công. Các giá trị tọa độ vị trí trung gian từ các chương trình nội suy này chính là các dữ liệu mới điều khiển chuyển động các trục máy.

1.2.1.3 Các chương trình nội suy

1.2.1.3.a Nội suy thẳng

Giả sử cần dịch chuyển theo 1 đoạn thẳng có chiều dài L trong hệ tọa độ xOy với tốc độ chạy dao không đổi V (H1.3a).

Để tính toán cho những điểm trung gian, chọn cách mô tả phương trình đường thẳng theo tham số phụ thuộc vào thời gian thực. Ở đây thời gian được chia thành các khoảng thời gian nhỏ thích hợp Δt thông qua 1 tần số chu kỳ f_T ($\Delta t = 1/f_T$ với f_T là tần số chu kỳ do nguồn vào cung cấp).

Các biểu thức dùng cho quá trình nội suy :

$$\begin{cases} x = x_0 + \sum_{i=1}^{n-1} V_x \Delta t \\ y = y_0 + \sum_{i=1}^{n-1} V_y \Delta t \end{cases} \quad (1.1)$$

trong đó V_x, V_y : các tốc độ thành phần ; x_0, y_0 : giá trị tọa độ điểm xuất phát

$$\begin{cases} V_x \cdot \Delta t = \Delta x \\ V_y \cdot \Delta t = \Delta y \end{cases} \text{ là các gia số đoạn đường thực hiện ở khoảng thời gian } \Delta t$$

Các tốc độ thành phần được tính theo tỉ lệ giữa đoạn chạy dao và chiều dài L:

$$\begin{cases} V_x = \frac{L_x}{L} V \\ V_y = \frac{L_y}{L} V \end{cases} ; \text{ do đó gia số đoạn đường theo từng trục tọa độ sẽ là :}$$

$$\begin{cases} \Delta x = \frac{L_x}{L} V \Delta t = \frac{L_x}{L} V \cdot \frac{1}{f_T} \\ \Delta y = \frac{L_y}{L} V \Delta t = \frac{L_y}{L} V \cdot \frac{1}{f_T} \end{cases} \quad \text{trong đó } L_x/L; L_y/L : \text{ độ dốc các đoạn chạy dao thành phần.}$$

Các giá số được xác định như trên Δx và Δy không được lớn hơn đơn vị đo của hệ thống đo (ví dụ 0,01mm hay 0,001mm) để cho trong quá trình nội suy không có vị trí nào về mặt tính toán lại vượt quá giới hạn sai lệch ± 1 đơn vị dịch chuyển. Một bộ đếm sẽ kết thúc quá trình nội suy khi đoạn đường đạt được.

1.2.1.3.b Nội suy đường cong

Giả sử ta có phương trình đường cong biểu diễn theo tham số: $\begin{cases} x = R \cos \phi \\ y = R \sin \phi \end{cases}$

R: bán kính đường cong. (H1.3b)

Cần dịch chuyển theo đường cong trên với tốc độ chạy dao không đổi V.

Biểu diễn đường cong trên theo thời gian bằng tọa độ góc :

$$\begin{cases} \dot{\phi} = \frac{V}{R} \\ \phi = \frac{V}{R} t \end{cases} \quad \text{hay} \quad \begin{cases} x = R \cos \frac{V}{R} t \\ y = R \sin \frac{V}{R} t \end{cases}$$

Vi phân phương trình trên:

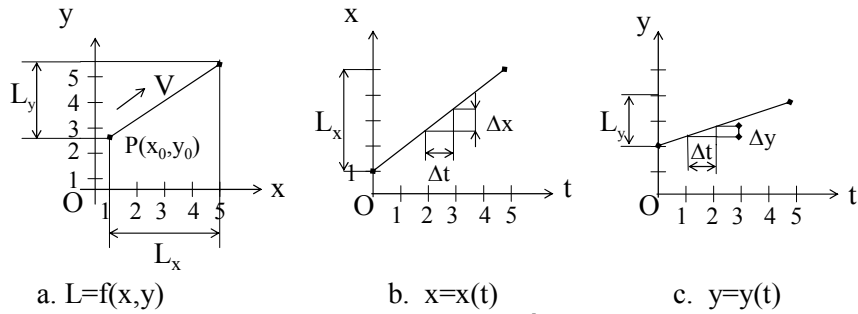
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -\frac{V}{R} R \sin \phi = -\frac{V}{R} y \\ \frac{dy}{dt} = \frac{V}{R} R \cos \phi = \frac{V}{R} x \end{cases} \quad \text{Như vậy : } \begin{cases} x = x_0 - \int_0^t \frac{V}{R} y dt \\ y = y_0 + \int_0^t \frac{V}{R} x dt \end{cases} \quad (1.2)$$

Chuyển qua tích phân số (thay các lượng vi phân bởi các số gia):

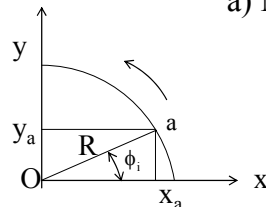
$$\begin{cases} x = x_0 - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{V}{R} y \Delta t \\ y = y_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{V}{R} x \Delta t \end{cases} \quad (1.3) \quad \text{trong đó} \quad \begin{cases} \frac{V}{R} y \Delta t = \frac{V}{R} y \frac{1}{f_T} = \Delta x \\ \frac{V}{R} x \Delta t = \frac{V}{R} x \frac{1}{f_T} = \Delta y \end{cases} \quad \text{là các giá số thực hiện}$$

được của các đoạn đường thành phần trong 1 đơn vị thời gian Δt và chúng phải nhỏ hơn 1 đơn vị dịch chuyển.

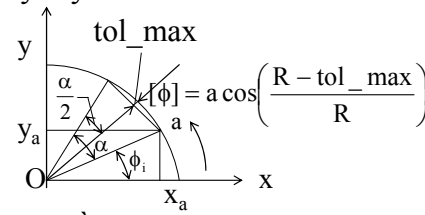
Phép nội suy vòng sử dụng bộ tích phân số nên có xuất hiện sai lệch, nghĩa là mỗi điểm tính toán thông qua nội suy không nằm chính xác trên đường cong mà có thể ở lân cận. Điều kiện để giới hạn sai lệch là các điểm nội suy không được vượt quá giá trị cho phép thể hiện bởi góc $[\phi]$ (H1.3c).



a) Nội suy tuyến tính



b) Nội suy vòng



c) Điều kiện nội suy vòng

H1.3a,b,c) Phép nội suy

1.2.2 Hệ thống dữ liệu ĐKS

1.2.2.1 Chương trình gia công chi tiết: Những dữ liệu thông tin cần thiết để gia công chi tiết được tập hợp một cách hệ thống gọi là chương trình gia công chi tiết.

Chương trình này có thể :

- Được soạn thảo và lưu trữ trong vật mang tin (băng đục lỗ, băng từ, đĩa từ hoặc đĩa CD) và được đưa vào bộ nhớ hệ ĐKS qua bộ phận nạp tương ứng.
- Được đưa vào hệ ĐKS thông qua các phím điều khiển bằng tay trên bảng điều khiển .
- Được chuyển trực tiếp từ bộ nhớ của một máy tính bên ngoài đến hệ ĐKS của từng trạm gia công (điều khiển DNC).

Các dữ liệu chương trình gia công chi tiết hiện nay đã được tiêu chuẩn hoá và quản lý theo tiêu chuẩn ISO 6983, bao gồm 3 lớp dữ liệu :

- Dữ liệu hình học (dữ liệu tạo hình hay các số liệu về đường dịch chuyển của dụng cụ cắt).
- Dữ liệu công nghệ (số vòng quay trục chính, chiều quay, lượng chạy dao, chiều sâu cắt, gọt dao, hiệu chỉnh máy và dao, bơm tưới dung dịch làm nguội...).
- Các dữ liệu hỗ trợ khác.

Mã hoá dữ liệu thực hiện với hệ nhị phân theo bảng mã tiêu chuẩn ISO-7bit, mỗi một ký tự mã hoá được trình bày qua sự tổ hợp của 7 bit, và bổ sung thêm bit thứ 8 - bit chẵn lẻ dùng để kiểm tra - ví dụ nếu số bit dữ liệu là chẵn bit kiểm tra sẽ là số chẵn và

ngược lại(bảng 1.1).

Bảng 1.1

	Bit- Nr. (K= bit kiểm tra)	K	7	6	5	4		3	2	1
	Số rãnh (T= rãnh chu kỳ)	8	7	6	5	4	T	3	2	1
	Mã nhị phân	$2^4 \ 2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0$								
Nr	Ký tự	Tổ hợp các số 0 và 1								
1	NUL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	BS	1	0	0	0	1	0	0	0	0
3	HT	0	0	0	0	1	0	0	0	1
4	LF	0	0	0	0	1	0	1	0	0
5	CR	1	0	0	0	1	0	1	0	1
6	SP	1	0	1	0	0	0	0	0	0
7	(0	0	1	0	1	0	0	0	0
8)	1	0	1	0	1	0	0	0	1
9	%	1	0	1	0	0	0	1	0	1
10	:	0	0	1	1	1	0	0	1	0
11	/	1	0	1	0	1	0	1	1	1
12	+	0	0	1	0	1	0	0	1	1
13	-	0	0	1	0	1	0	1	0	1
14	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
15	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
16	2	1	0	1	1	0	0	0	1	0
17	3	0	0	1	1	0	0	0	1	1
18	4	1	0	1	1	0	0	1	0	0
19	5	0	0	1	1	0	0	1	0	1
20	6	0	0	1	1	0	0	1	1	0
21	7	1	0	1	1	0	0	1	1	1
22	8	1	0	1	1	1	0	0	0	0
23	9	0	0	1	1	1	0	0	0	1
24	A	0	1	0	0	0	0	0	0	1
25	B	0	1	0	0	0	0	0	1	0
26	C	1	1	0	0	0	0	0	1	1

27	D	0	1	0	0	0	◦	1	0	0
28	E	1	1	0	0	0	◦	1	0	1
29	F	1	1	0	0	0	◦	1	1	0
30	G	0	1	0	0	0	◦	1	1	1
31	H	0	1	0	0	1	◦	0	0	0
32	I	1	1	0	0	1	◦	0	0	1
33	J	1	1	0	0	1	◦	0	1	0
34	K	0	1	0	0	1	◦	0	1	1
35	L	1	1	0	0	1	◦	1	0	0
36	M	0	1	0	0	1	◦	1	0	1
37	N	0	1	0	0	1	◦	1	1	0
38	O	1	1	0	0	1	◦	1	1	1
39	P	0	1	0	1	0	◦	0	0	0
40	Q	1	1	0	1	0	◦	0	0	1
41	R	1	1	0	1	0	◦	0	1	0
42	S	0	1	0	1	0	◦	0	1	1
43	T	1	1	0	1	0	◦	1	0	0
44	U	0	1	0	1	0	◦	1	0	1
45	V	0	1	0	1	0	◦	1	1	0
46	W	1	1	0	1	0	◦	1	1	1
47	X	1	1	0	1	1	◦	0	0	0
48	Y	0	1	0	1	1	◦	0	0	1
49	Z	0	1	0	1	1	◦	0	1	0
50	DEL	1	1	1	1	1	◦	1	1	1

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)

- (1): Bit kiểm tra
- (2): Vùng bit dành cho các ký tự chữ cái
- (3) (4): Vùng bit dành cho các ký tự chữ số thập phân
- (5): Các giá trị số trong hệ nhị phân
- (6): Rãnh dẫn băng
- (7) (8) (9): Các giá trị số trong hệ nhị phân

Các thông tin cần thiết cho hoạt động của máy công cụ ĐKS được mô tả theo các ký tự (mã NC) như sau:

% : Ký tự bắt đầu chương trình

L : Số hiệu chương trình con

N : Số thứ tự lệnh

G : Chức năng dịch chuyển

M : Chức năng phụ trợ

A : Góc

D : Hiệu chỉnh dụng cụ

F : Tốc độ chạy dao

I, J, K: Các thông số vòng tròn

P : Số lần chạy chương trình con

R : Tham số chu trình

S : Tốc độ trục chính

T : Gọi dao

U : Bán kính vòng tròn

X, Y, Z : Dữ liệu vị trí

LF(hoặc ";"): Đổi dòng

1.2.2.2 Các hệ thống hỗ trợ gia công tự động

Sự ứng dụng rộng rãi các máy tính cá nhân hiện nay đã góp phần đáng kể vào việc phát triển các hệ thống hỗ trợ gia công tự động trên máy công cụ ĐKS. Hoạt động của các hệ thống hỗ trợ này có thể chia làm 3 tiến trình:

- Đầu tiên, dựa vào dữ liệu thông tin hình học để tạo ra vật thể chi tiết qua hệ thống CAD.
- Tiếp theo, là quá trình lựa chọn gia công trong đó các dữ liệu về chế độ cắt, về đường dịch chuyển của dao cụ được tính toán và xử lý (tiền xử lý).
- Cuối cùng, sau khi kiểm tra và sửa đổi, chuyển thành mã NC có thể hiểu được bởi 1 máy công cụ ĐKS cụ thể (xử lý tiếp theo).

1.2.2.2.a Hệ thống CAD (Computer Aided Design)

Các hệ thống CAD phát triển dựa trên các phương pháp mô tả hình học trong lĩnh vực đồ họa máy tính (computer graphics) cho phép mô hình hóa vật thể chi tiết. Dữ liệu từ quá trình này là cơ sở thực hiện các phân tích kỹ thuật cần thiết kể cả khâu tổ chức,

quản lý sản xuất. Sử dụng hệ thống hỗ trợ CAD có các ưu điểm nổi bật

- Năng suất và chất lượng thiết kế cao hơn.
- Tính toán, phân tích chi tiết nhanh chóng, chính xác hơn
- Có thể lưu trữ, cập nhật thông tin liên tục do vậy dễ cải thiện chất lượng sản phẩm

phẩm

- Tạo điều kiện chế tạo và tổ chức sản xuất dễ dàng

1.2.2.2.b Hệ thống CAM (Computer Aided Manufacturing)

Các hệ thống CAM làm việc trực tiếp trên dữ liệu của mô hình hình học vật thể để cung cấp dữ liệu về đường dịch chuyển của dụng cụ, cùng với các dữ liệu tổ chức sản xuất (lượng vật liệu được cắt gọt, thời gian gia công...). Nếu sử dụng các giao tiếp dữ liệu theo định dạng chuẩn : DXF, IGES ... có thể nối kết CAD/CAM và tạo mã NC chuẩn bị chương trình gia công chi tiết một cách tự động.

1.2.2.2.c Hệ thống CAD/CAM/NC

Muốn gia công được trên một máy công cụ ĐKS nhất định, các mã NC tương ứng của máy đó phải được tạo ra ở giai đoạn xử lý tiếp theo NC (post processor).

Với các hệ thống hỗ trợ gia công tự động, có thể lập chương trình gia công tự động, mô phỏng quá trình sản xuất gia công trên máy, cũng như quản lý dữ liệu một cách hệ thống cho nhiều mục đích khác nhau..., như vậy toàn bộ thời gian thực hiện quy trình thiết kế và gia công chi tiết giảm đi đáng kể.

1.2.2.3 Các đặc điểm kinh tế- kỹ thuật của hệ thống ĐKS máy công cụ

Những lợi ích mà hệ thống ĐKS mang lại :

- Thời gian chuẩn bị cho gia công giảm mạnh, có thể tự động hóa trong sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ.
- Có khả năng thay đổi mặt hàng nhanh, ngay cả với sản phẩm có hình dáng hình học phức tạp.
- Chất lượng sản phẩm dễ được cải thiện.
- Độ chính xác gia công cao nhờ ứng dụng các hệ thống điều khiển phản hồi (có liên hệ ngược).
- Giá thành sản phẩm hạ, dễ ổn định giá thành sản xuất.

Mặc dù vốn đầu tư ban đầu lớn nhưng thời gian hoàn vốn thường ngắn.

1.2.3 Hệ thống đo vị trí trên máy công cụ ĐKS

Độ chính xác dịch chuyển theo các trục tọa độ trên máy công cụ ĐKS phụ thuộc chủ

yếu vào độ chính xác của hệ thống đo. Các hệ thống này ghi và biến đổi các thông số đo được thành các tín hiệu tương thích phản hồi đến hệ ĐKS để thực hiện nhiệm vụ điều khiển, do vậy còn gọi chúng là các cảm biến. Các đại lượng đo vị trí có thể là chuyển vị dài hoặc chuyển vị góc.

1.2.3.1 Các phương pháp đo vị trí trên máy : Có các phương pháp đo vị trí như sau :

1.2.3.1.a Phương pháp đo vị trí tuyệt đối

Theo phương pháp đo này, mỗi một giá trị đo đều được so với điểm 0 của thước đo và có dấu hiệu riêng được mã hoá, do vậy cần giải mã để có giá trị đo..

Đối với phương pháp đo vị trí *tương tự / tuyệt đối*, ứng với mỗi gia số vị trí trong phạm vi đường dịch chuyển là một thang điện áp đặc biệt. Trường hợp phạm vi dịch chuyển lớn, người ta thường chia toàn bộ phạm vi thành những khoảng tăng có độ lớn bằng nhau, trong phạm vi một khoảng tăng, phép đo được thực hiện theo phương pháp tuyệt đối. Giá trị đo tại vị trí đang đo được tính bởi :

$$x = n.i + x_{abs} \quad (1.4)$$

($n = 1, 2, 3, \dots$); với i : giá trị một khoảng tăng ; n : số khoảng tăng.

Đối với phương pháp đo vị trí *số / tuyệt đối*, mỗi một gia số vị trí được đánh dấu bằng mã nhị phân.

Ưu điểm của phương pháp đo vị trí tuyệt đối là tại mỗi thời điểm đo hoặc sau mỗi lần mất điện áp, vị trí tuyệt đối so với điểm 0 được nhận biết ngay. Nhưng mặt khác, các hệ thống đo vị trí tuyệt đối thường có giá thành chế tạo cao, bởi thế trong các thiết kế mới chúng hầu như không còn được ứng dụng nữa.

1.2.3.1.b Phương pháp đo vị trí kiểu gia số

Toàn bộ phạm vi dịch chuyển được chia thành các bước tăng (khoảng gia số) có độ lớn như nhau, không có dấu hiệu riêng nên chúng không cần giải mã, chỉ cần bộ đếm. Vị trí thật nhận biết bởi tổng các bước tăng đếm được, các gia số vượt qua phải được cộng với nhau hoặc trừ đi cho nhau tùy theo chiều chuyển động. Góc đo có thể chọn bất kỳ ở điểm nào bằng cách đặt lại bộ đếm.

Nhược điểm của phương pháp đo này là khi mất nguồn điện làm mất góc 0 của hệ thống đo. Muốn đo phải xác định lại góc 0. Ngoài ra, không đo được vị trí tuyệt đối mà chỉ đo sự thay đổi gia số vì vậy sai số đo có tính tích lũy. Giá thành của các hệ thống đo kiểu gia số là rẻ hơn so với hệ thống đo vị trí tuyệt đối.

1.2.3.2 Đo vị trí bằng đại lượng tương tự:

Đoạn đường hay góc cần đo được chuyển đổi liên tục thành 1 đại lượng vật lý tương ứng hay còn gọi là đại lượng tương tự, ví dụ chuyển đổi thành điện áp hoặc cường độ dòng.

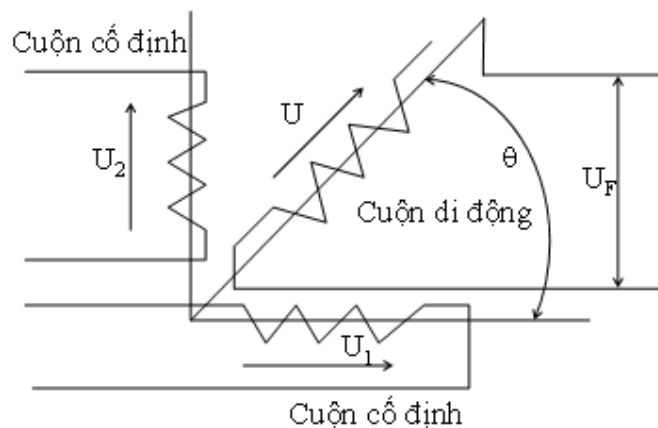
Để đo vị trí theo đại lượng tương tự, trên các máy công cụ ĐKS thường sử dụng các loại dụng cụ hoạt động theo nguyên lý cảm ứng, dựa trên hiện tượng khi có một cuộn dây dẫn di chuyển trong từ trường, một hiệu điện thế cảm ứng E được sản ra trong cuộn dây và có cường độ phụ thuộc vào khoảng cách 2 vật dẫn.

1.2.3.2.a Đầu đo Resolver :

Còn gọi là thước đo góc quay cảm ứng, có cấu tạo gồm 2 phần: Stato và rô to (H1.4a).

Trên stato bố trí 2 cuộn dây quấn cố định, các cuộn dây của nó đặt vuông góc và được cấp các điện áp xoay chiều lệch pha về điện là 90^0 : $U_{\sin\theta}$ và $U_{\cos\theta}$. Thông qua chuyển động của cơ cấu dẫn (vít me), góc quay rô to thay đổi làm cảm ứng trên cuộn dây rô to một hiệu điện thế U_F có độ lớn phụ thuộc vào góc quay rô to đối với véc tơ từ trường.

Tín hiệu điện áp tỉ lệ với góc quay rô to từ đầu đo Resolver cung cấp một tập thứ tự các giá trị đo tuyệt đối trong phạm vi 1 độ chia trên rô to. Thông thường, một biên độ thẳng trên độ dài 2mm ứng với một vòng quay rô to của Resolver.

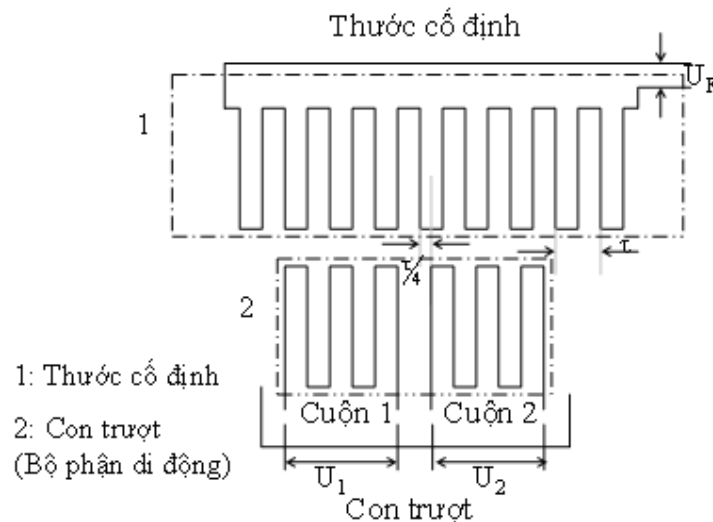


H1.4a: Nguyên lý làm việc của đầu đo Resolver

1.2.3.2.b Đầu đo Inductosyn:

Còn gọi là đầu đo cảm ứng tuyến tính (đo chuyển vị dài)(H1.4b). Nguyên tắc tác dụng của nó tương đương với một đầu đo Resolver quấn dây phẳng, cấu tạo bao gồm một thước đo với một cuộn dây phẳng quấn theo dạng gấp khúc chữ nhật được lắp cố

định trên thân máy. Với mục đích đo lường, bước dây quấn là $\tau = 2\text{mm}$. Bên trên thước đo có một đoạn thước dẫn có 2 cuộn dây phẳng đặt lệch nhau $1/4$ độ chia. Đoạn thước dẫn được lắp trên bàn máy di động mà ta cần đo các biến thiên vị trí của nó. Con trượt cùng với đoạn thước dẫn luôn cách đều $0,1\text{mm}$ so với mặt thước đo. Trong cuộn dây của thước đo chính có một điện áp tần số cao U . Qua lớp cách, trên cuộn dây của thước dẫn cảm ứng một điện áp có cường độ phụ thuộc vào vị trí của nó so với cuộn dây trên thước đo chính. Mức điện áp này được đánh giá trong hệ điều khiển và đưa ra giá trị đo vị trí bàn máy theo bước τ của thước.



H1.4b: Nguyên lý làm việc của đầu đo Inductosyn

1.2.3.3 Đo vị trí với hệ thống quang điện: Thước đo chiều dài làm việc theo nguyên tắc quang điện (H1.5a).

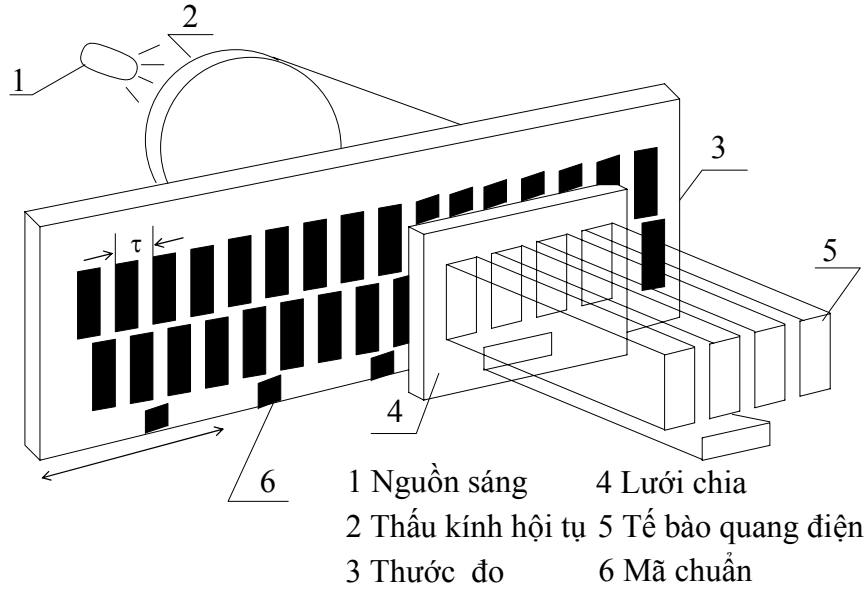
H1.5a trình bày 1 đầu kích quang gồm thiết bị chiếu sáng, một thấu kính hội tụ, một lưới chia kích quang và các phần tử tiếp thụ kích thích (tế bào quang điện).

Trên thước đo có những vạch soi thấu và không thấu đặt kế tiếp nhau. Tia sáng gặp phải vạch soi thấu sẽ được tế bào quang điện hấp thụ. Khi đầu kích quang có chuyển động tương đối so với thước đo, thước này chạy giữa thấu kính hội tụ và lưới chia, nhờ các tế bào quang điện bố trí thành hai hàng lệch nhau $1/4$ bước τ , ta nhận được 2 tín hiệu lệch pha 90° , qua đó hệ điều khiển biết được chiều chuyển động (chiều sớm hoặc trễ pha giữa 2 tín hiệu).

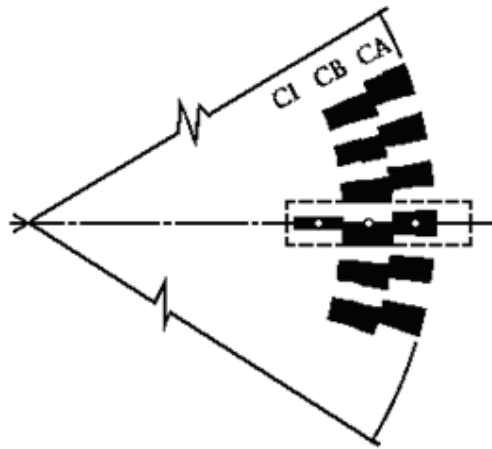
Cũng tương tự như thước đo số vị trí dài, H1.5b là thước đo số vị trí góc.

Trong các hệ thống đo vị trí kiểu số/gia số, khi mất điện áp nguồn, các giá trị đo vị trí bàn máy cũng mất theo. Để tái hiện số đo này, thước đo có thể được trang bị thêm một

hay nhiều mốc đo chuẩn .



H 1.5a:Thước đo chiều dài theo nguyên tắc quang-điện



H1.5b: Thước đo góc theo nguyên tắc quang điện

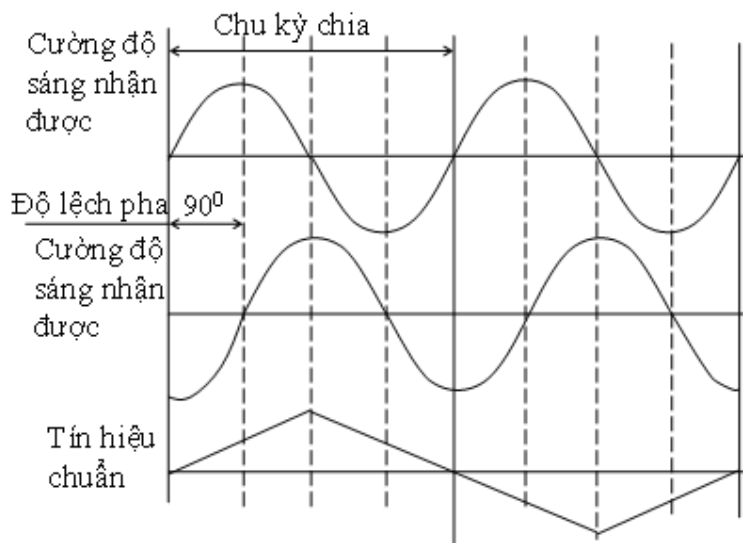
Cường độ sáng nhận được của hệ thống đo chiều dài theo phương pháp quang-điện (H1.5c) được khuếch đại thành dạng xung chữ nhật nhờ một bộ tạo xung điện tử và tùy theo chu kỳ chia cũng như độ chia đòi hỏi, các tín hiệu được nội suy tương tự và chia nhỏ thêm từ 5 đến 25 lần.

1.2.3.4 Đo vị trí bằng kiểu số/tuyệt đối:

Trong các hệ thống đo vị trí kiểu số/tuyệt đối, mỗi gia số vị trí của thước trên đường dịch chuyển đều được vạch dấu riêng. Nếu ở các hệ thống đo vị trí kiểu số/ gia số chỉ cần thước đo 1 khoảng chia là đủ, thì các hệ thống đo kiểu số/tuyệt đối cần thước đo nhiều khoảng chia ứng với các gia số vị trí khác nhau. Những vùng soi thấu trên thang

đo ứng với giá trị 0, còn những vùng không soi thấu trên thang đo tương đương với giá trị 1 của hệ nhị phân. Theo cách đó, thước đo được chia vạch theo mã nhị phân và trên các khoảng chia đều được kích quang thích hợp.

Do giá thành chế tạo cao, các hệ thống đo với phương pháp đo vị trí kiểu số / tuyệt đối hiện nay không còn được sử dụng rộng rãi.



H1.5c: Biểu đồ hình thành xung điện áp của hệ thống đo quang-điện

1.2.4 Các nguồn động lực dùng cho Máy công cụ ĐKS

Thường sử dụng các loại động cơ sau để làm nguồn động lực:

1.2.4.1 Động cơ điện một chiều

Nhờ khả năng điều chỉnh vô cấp tốc độ động cơ một cách dễ dàng, đảo chiều quay đơn giản, nhanh chóng, tác dụng nhanh, các động cơ điện một chiều được ứng dụng rộng rãi trên máy công cụ ĐKS, đặc biệt đối với truyền động chạy dao.

Có 2 kiểu chính :

1.2.4.1.a Loại có từ trường không đổi (điều khiển tốc độ bằng dòng điện phản ứng): Stator của động cơ bao gồm đế, ổ trục, mạch từ. Các mạch từ của stator tạo ra một từ trường ngang qua rô to. Rô to gồm trục và các cuộn dây quấn phản ứng. Cổ góp với các phiến góp bằng đồng được ghép cách điện nối với các đầu dây theo cách để động cơ có chiều quay không đổi.

Nguyên tắc làm việc của động cơ dựa trên định luật Lorentz qua biểu thức :

$$\vec{F} = q\vec{V} \times \vec{B} \quad (1.5)$$

Khi động cơ quay, các thanh dẫn cắt từ trường sẽ cảm ứng một sức điện động có chiều theo quy tắc bàn tay phải. Do chiều của sức điện động cảm ứng ngược với chiều

dòng điện i_a nên còn gọi là sức phản điện E_b , với :

$$E_b = K_e \omega \quad (1.6)$$

k_e : hằng số phản điện ; ω : tốc độ quay của động cơ.

$$\text{Bỏ qua điện áp trên cuộn cảm, thế hiệu vào } V_i = R_a i_a + k_e \omega = \left(\frac{R_a}{k_m} \right) M_1 + k_e \omega \quad (1.7)$$

$$M_1 = k_m i_a = \left(\frac{k_m}{R_a} \right) V_i - \left(\frac{k_e k_m}{R_a} \right) \omega = \left(\frac{k_m}{R_a} \right) V_i \left[1 - \frac{k_e}{V_i} \omega \right] = \left(\frac{k_m}{R_a} \right) V_i \left[1 - \frac{\omega}{\omega_{\max}} \right] \quad (1.8)$$

trong đó : $\omega_{\max} = \frac{V_i}{k_e}$; $M_s = \left(\frac{k_m}{R_a} \right) V_i$ và M_s được gọi là ngẫu định mức.

$$\text{Quan hệ giữa ngẫu và tốc độ động cơ:} \quad M_1(\omega) = M_s \left(1 - \frac{\omega}{\omega_{\max}} \right) \quad (1.9)$$

$$\text{Tốc độ không tải :} \quad \omega_{\max} = \frac{V_i}{k_e} = \frac{M_s R_a}{k_e k_m} \quad (1.10)$$

$$\text{Công suất : } P(\omega) = M_1 \omega = \omega M_s \left(1 - \frac{\omega}{\omega_{\max}} \right)$$

$$\text{Tốc độ khi công suất cực đại :} \quad \omega^* = \frac{1}{2} \omega_{\max} \quad (1.11)$$

$$\text{Dòng định mức :} \quad I_s = \frac{V_i}{R_a} \quad (1.12)$$

Phương trình mô tả hoạt động của động cơ từ khi cấp V_i đến khi đạt tốc độ ω :

$$\begin{cases} J\dot{\omega} + b\omega - k_m i_a = M_t \\ L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + k_e \omega = V_i \end{cases} \quad (1.13)$$

$$\text{Có thể viết lại như sau : Ngẫu } M_1 = k_m i_a = J \frac{d\omega}{dt} + M_f - M_t \quad (1.14)$$

trong đó, M_1 : Ngẫu sinh ra do động cơ ; M_f : Ngẫu ma sát ; M_t : Ngẫu tải ; k_m : hằng số ngẫu của động cơ ; R_a, L_a : Điện trở và cuộn cảm ở mạch điện động cơ. $J = J_a + J_L$ với J_a : Momen quán tính của động cơ ; J_L : Momen quán tính của tải.

Giải phương trình (1.21) ta có thể tìm được quan hệ giữa ω và thế hiệu đặt vào V_i có kể đến sự trễ của các thành phần.

1.2.4.1.b Loại có từ trường quay (điều khiển tốc độ bằng điều khiển trường)

Với các động cơ loại này, rô to (phần quay) là một nam châm vĩnh cửu và stato (phần tĩnh) là lõi thép và các cuộn dây quấn cố định (không có chổi điện).

Khi có dòng điện cung cấp trên cuộn dây stato sẽ tạo nên từ trường quay. Các phép tính cũng tương tự như loại có từ trường cố định, chỉ khác ở đây không có sức phản điện tạo nên trong mạch trường của nó ($E_b = 0$)

Các động cơ điện một chiều có thể được chế tạo với công suất lên đến 7KW. Hằng số thời gian về cơ trong khoảng (20÷50)ms . Khi dùng cho các hệ thống truyền động giảm tốc lớn, quán tính của rô to động cơ tăng mạnh do vậy không thích hợp trong các trường hợp này.

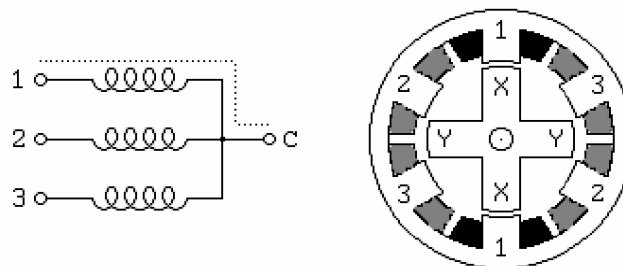
1.2.4.2 Động cơ bước

Động cơ bước rất thích hợp với tín hiệu số do máy tính cung cấp, thường dùng làm nguồn động lực cho các hệ thống điều khiển vị trí vòng hở với công suất truyền động nhỏ.

Cấu tạo của động cơ bước gần giống với động cơ điện một chiều không chổi điện với stato đa cực và rô to không có cuộn kích thích. Gọi là stato đa cực bởi vì trên stato có thể có hai cực, ba cực hoặc bốn cực... Rô to cũng có nhiều cực, còn gọi là răng. Số răng (cực) của rô to phối hợp với số cực của stato xác định kích thước của bước - gọi là góc bước. Góc bước bằng 360^0 chia cho số bước trên một vòng quay.

Động cơ bước có 3 loại chính : kiểu từ trở biến đổi (variable reluctance), kiểu nam châm vĩnh cửu (permanent magnet) và kiểu hỗn hợp (hybrid).

– Động cơ bước kiểu từ trở biến đổi không dùng nam châm vĩnh cửu, do vậy rô to động cơ có thể di chuyển tự do. Khi dòng điện chạy qua 1 cuộn cảm trên stato, sinh ra 1 từ trường làm cho răng trên rô to đứng thẳng hàng với răng trên stato. Khi dòng điện được chuyển sang 1 cuộn khác, rô to chuyển dịch 1 góc bước và tạo ra một sự thẳng hàng mới của răng. Loại động cơ này được dùng nhiều ở những trường hợp không cần ngẫu cao .



H1.6: Động cơ bước kiểu từ trở biến đổi

Ví dụ ở H1.6 mô tả một động cơ bước kiểu từ trở biến đổi với rô to có 4 răng và stato có 6 cực (3 đôi cực) .

Động cơ có 3 cuộn cảm, với mỗi cuộn quấn quanh 2 cực đối diện theo sơ đồ hình vẽ. Các cuộn được cấp điện theo thứ tự, giả sử cuộn 1 có điện, răng X của rô to quay đến các cực của cuộn này. Nếu cuộn 1 ngắt, cuộn 2 có điện, rô to quay 30^0 theo chiều kim

đồng hồ để cho các răng Y nằm thẳng hàng với các cực 2 và tương tự cho cuộn 3. Quá trình tiếp diễn, động cơ sẽ quay liên tục, với góc bước 30° .

- Động cơ bước kiểu nam châm vĩnh cửu có rô to dạng đĩa mỏng, không có răng (cực), và được làm bằng vật liệu từ tính. Khi các cuộn dây stator được cấp điện theo thứ tự, từ trường thay đổi sẽ làm cho rô to quay 1 góc bước. Loại động cơ này có kết cấu đơn giản, giá thành rẻ, làm việc ở tốc độ thấp và ngẫu nhỏ, nhưng có đặc tính ngẫu khá ổn định.

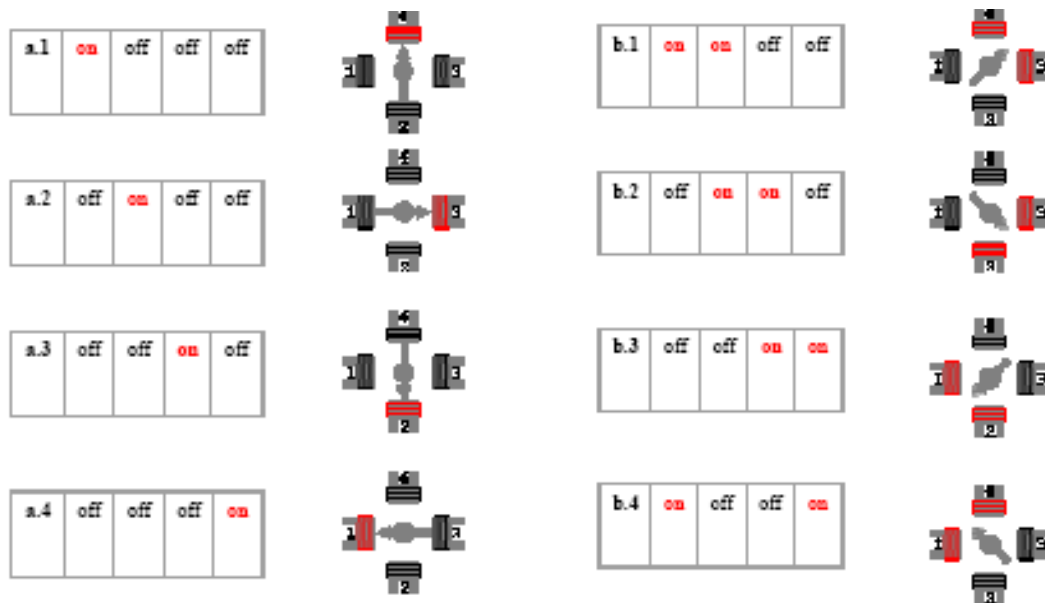
- Động cơ bước kiểu hỗn hợp kết hợp các đặc tính tốt nhất của 2 loại động cơ trên với 1 stator đa cực và 1 rô to nam châm vĩnh cửu.

Các động cơ bước kiểu hỗn hợp tiêu chuẩn có rô to 200 răng, quay với góc bước $1,8^{\circ}$, ngoài ra còn có thể thiết kế sẵn sơ đồ đấu dây cho phép tạo góc bước $0,9^{\circ}$ và $3,6^{\circ}$. Loại động cơ này có ngẫu tĩnh và động cao, và làm việc với tốc độ bước rất cao, do vậy chúng được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp.

1.2.4.2.a Các phương án tạo bước

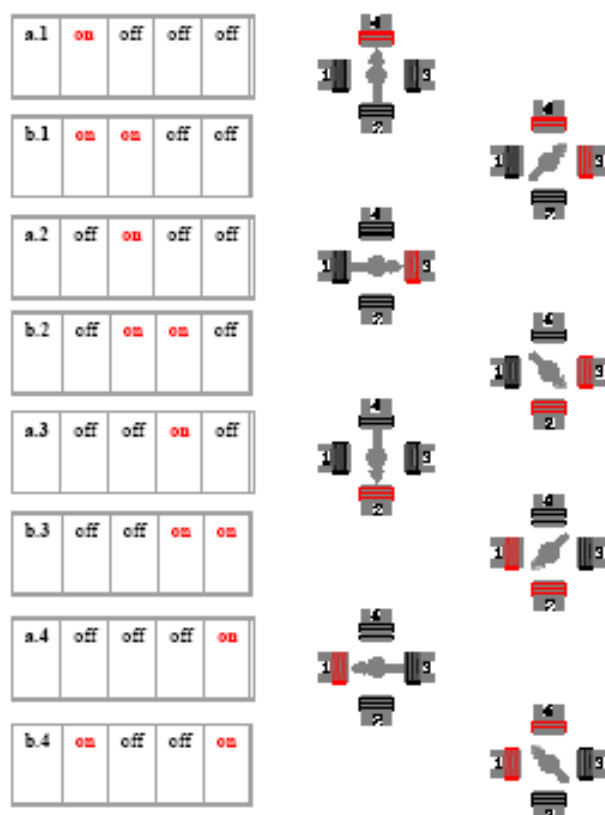
Có các phương án tạo bước khác nhau tùy thuộc vào cách cấp xung điện điều khiển. Nếu cấp xung lần lượt theo thứ tự, ta có bước đầy. Tuy nhiên có thể tạo vi bước, ví dụ rô to có thể dừng lại giữa 2 vị trí đầy bước khi cung cấp dòng điện đồng thời cho cả 2 vòng pha.

H1.7a,b,c trình bày minh họa về cách tạo bước (loại động cơ bước kiểu nam châm vĩnh cửu unipolar 4 pha).



H1.7a: Cấp điện 1 cuộn

H1.7b: Cấp điện 2 cuộn đồng thời



H1.7c: Điều khiển tạo nửa bước

1.2.4.2.b Các đặc tính chính:

- Công thức chung dùng cho xác định góc bước :

$$\delta[^{\circ}] = \frac{360^{\circ}}{\alpha SZ} \quad (1.15)$$

trong đó S : số cặp cực của stato ; Z: số răng rô to

α : hệ số kể đến chu kỳ điều khiển, ví dụ $\alpha = 1$ khi tạo đầy bước; $\alpha = 2$ khi tạo nửa bước ...

- Số vòng quay của động cơ : $n_{dc} = \frac{f\delta}{360} [v/s]$ (1.16)

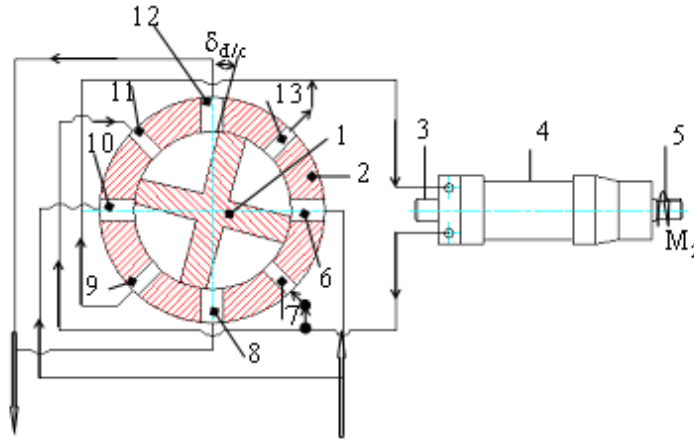
f: tần số chu kỳ điều khiển hay số xung điện cấp vào trong 1 giây [Hz].

1.2.4.2.c Động cơ bước và bộ khuếch đại momen

Sử dụng động cơ bước kết hợp với các bộ khuếch đại thủy lực chuyển động quay là giải pháp phổ biến để tận dụng tính dễ điều khiển và khả năng nâng cao công suất truyền động thích hợp với nguồn động lực ở các Máy công cụ ĐKS (H1.8)

Trục vào 3 nhận chuyển động từ tần số nguồn cung cấp của 1 động cơ điện bước. Trục này được gắn cố định với chạc 1 trong khi bạc 2 ghép cứng với trục ra 5. Ở vị trí trung gian của chạc 1, dầu từ bơm qua các lỗ 6 và 10 đi vào các buồng tương ứng như

hình vẽ.



H1.8: Động cơ bước dùng với bộ khuếch đại momen

Khi chạc 1 quay 1 góc bằng góc bước $\delta_{d/c}$, dầu từ các buồng qua lỗ 13 và 9 nối với đường dầu cao áp, và dầu ra qua lỗ 7, 8, 11, 12 nối với đường xả. Bạc 2 cùng với trục 5 quay theo chiều kim đồng hồ cho đến khi chạc trở về vị trí trung gian bắt đầu 1 góc bước tiếp theo.

Các bộ khuếch đại momen có độ chính xác vị trí đạt đến 0,01mm ứng với mỗi góc bước và số vòng quay trục ra 5 lên đến $(500-1000)^{vg/ph}$. Để giảm miền không nhảy của bộ khuếch đại, tại vị trí trung gian của chạc 1 khe hở không quá (0,05-0,08)mm.

$$\text{Hệ số khuếch đại momen của bộ khuếch đại } k = \frac{M_2}{M_1} \quad (1.17)$$

trong đó, M_2 : Momen trục ra 5; M_1 : Momen quay của động cơ bước.

1.2.4.3 Động cơ điện xoay chiều

Đối với động cơ điện xoay chiều, việc thay đổi vô cấp số vòng quay dựa vào bộ biến tần theo công thức:

$$n = \frac{60f(1-s)}{p} \quad (1.18)$$

trong đó

f là tần số dòng điện; p : số đôi cực; s : hệ số trượt

Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi hệ số trượt làm giảm độ cứng của đường đặc tính cơ và không áp dụng cho truyền dẫn Máy.

Ngày nay do giá thành phải chăng của bộ biến tần mà loại động cơ điện xoay chiều được ứng dụng trong mọi trường hợp, trong đó việc không cần bảo dưỡng (kết cấu không cần đến cổ góp, chổi quét) là một ưu điểm nổi bật.

Các câu hỏi Chương 1:

1. Phân biệt đặc điểm tạo hình bề mặt trên các máy công cụ truyền thống và các máy công cụ ĐKS.

2. Mô tả cấu trúc khối của 1 hệ thống ĐKS Máy công cụ và giải thích các thành phần. Cho biết một vài chương trình nội suy thường gặp.

3. CNC, DNC, CAD, CAM, CAD/CAM, CAD/CAM/NC là gì ? Vai trò của chúng trong sản xuất cơ khí ?

4. Phân biệt các dạng điều khiển trên Máy công cụ ĐKS và phạm vi ứng dụng.

5. Trình bày nguyên tắc hoạt động của 1 loại cảm biến đo vị trí được ứng dụng cho Máy công cụ ĐKS

6. Phân biệt độ chính xác vị trí(v/d $\pm 3\mu\text{m}$), độ chính xác lặp lại(v/d $\pm 8\mu\text{m}$) và độ phân giải(bước dịch chuyển nhỏ nhất đo được(v/d $\pm 2,5\mu\text{m}$)) trên máy công cụ ĐKS.

7. Liệu động cơ có khởi động và gia tốc đủ nhanh ? Quán tính tải là gì ?

$$\alpha = (M_m - M_t)/J$$

8. Giải thích ý nghĩa của công thức (1.18) dùng để xác định tốc độ lớn nhất mà động cơ có thể cung cấp.

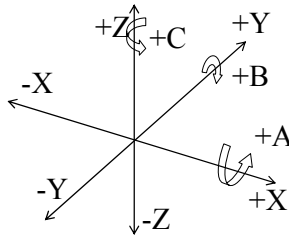
9. Có cần ghép thêm một bộ truyền hay một hộp tốc độ ?

$$J_{td} = J_t \left(\frac{\omega_t}{\omega_m} \right)^2$$

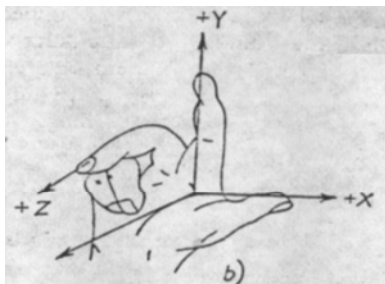
Chương 2 Lập trình các máy công cụ ĐKS

2.1 Mở đầu về điều khiển các Máy công cụ ĐKS

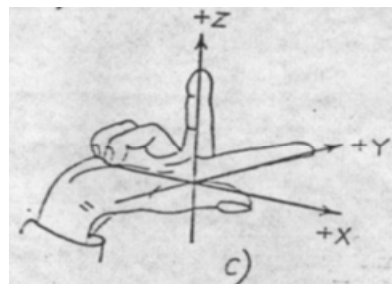
2.1.1 Hệ trục tọa độ: Để xác định các tương quan hình học trong vùng làm việc của máy cũng như trong phạm vi chi tiết gia công ..., cần một hệ trục tọa độ và các điểm gốc chuẩn.



a) Hệ trục tọa độ theo quy tắc bàn tay phải



Khi trục Z nằm ngang



Khi trục Z thẳng đứng

H2.1: Hệ trục tọa độ

Hệ thống các trục tọa độ vuông góc được xác định theo quy tắc bàn tay phải (H2.1a). Các chuyển động chính của máy công cụ ĐKS thiết lập theo các trục tọa độ X,Y và Z (H2.1b,c) trong đó :

- Trục Z chạy song song trục chính của máy, có chiều dương chạy từ chi tiết đến dụng cụ (hay dụng cụ chạy xa khỏi chi tiết)
- Trục X có phương theo phương bàn trượt dài nhất và luôn luôn vuông góc trục Z
- Trục Y cùng với các trục X và Z lập thành hệ trục tọa độ tuân theo quy tắc bàn tay phải.

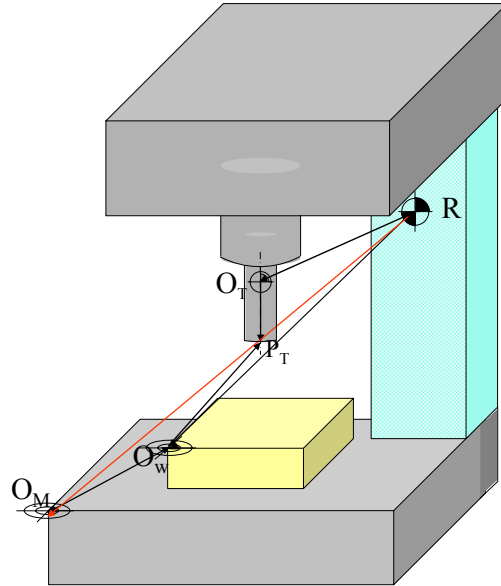
Hệ trục tọa độ cơ bản được gắn với chi tiết, và khi lập trình, quy ước rằng dụng cụ chuyển động tương đối so với hệ thống trục tọa độ, chi tiết đứng yên.

Trên các máy công cụ ĐKS còn có các trục quay như trục của bàn quay, và quay...Chuyển động quay quanh các trục được ký hiệu bằng các chữ cái A, B và C và có thứ tự tương ứng với các trục tịnh tiến X,Y và Z.

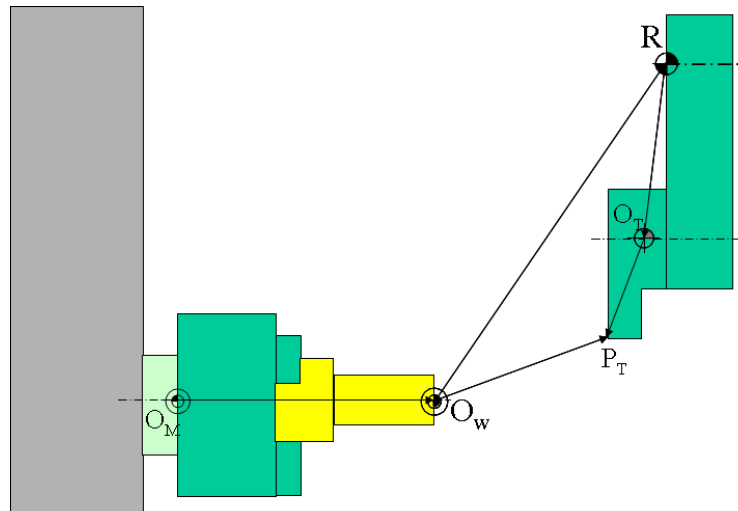
Ngoài các trục tọa độ X,Y, Z, còn có thể có các trục tọa độ khác song song với chúng.

Các trục này được ký hiệu U (song song với X),V (song song với Y) và W (song song với Z) hoặc P,Q và R...tương ứng .

o Các điểm chuẩn : Để xác định vị trí gốc hệ trục tọa độ cơ bản gắn lên chi tiết trong vùng làm việc của máy, cần một số điểm chuẩn sau:



H2.2a: Các điểm chuẩn trên máy phay



H2.2b: Các điểm chuẩn trên máy tiện

+ Điểm O_M của máy : Các điểm O_M là điểm gốc ở các thước đo trục tọa độ máy và thường là vị trí giới hạn dịch chuyển.Ví dụ với các máy tiện ĐKS đó là giao điểm của trục Z với mặt tỳ của mâm cặp trên bích trục chính, hoặc trên các máy phay ĐKS, điểm O_M nằm ở các điểm giới hạn dịch chuyển của bàn máy.

+ Điểm O_W của chi tiết: Điểm O_W của chi tiết là gốc hệ trục tọa độ gắn lên

chi tiết. Vị trí của điểm 0_W do người lập trình tự lựa chọn sao cho dễ xác định biên dạng trên bản vẽ chi tiết gia công nhất.

Trước khi gia công cần điều chỉnh điểm gốc hệ tọa độ chi tiết và điểm gốc hệ tọa độ máy sao cho $0_W \equiv 0_M$

+ Điểm 0_P của chương trình : Đây là điểm xuất phát hay trở về của dụng cụ khi gia công chi tiết. Thường điểm 0_P được chọn sao cho dụng cụ có thể thay đổi một cách thuận tiện và an toàn.

+ Điểm chuẩn R (Reference Point) : Là một điểm xác định của hệ điều khiển trong vùng làm việc của máy để hệ điều khiển đồng bộ với vị trí của máy. Muốn vậy, ngay khi khởi động, các trục phải được chạy về điểm chuẩn của nó trên từng trục, sau đó hệ điều khiển mới bắt đầu đếm các khoảng gia số cũng như thông báo nếu bàn trượt hay trục dụng cụ thực hiện hành trình vượt quá giới hạn... Với mục đích này, các hệ điều khiển máy công cụ ĐKS đều có yêu cầu đặt các trục máy về điểm chuẩn R khi bắt đầu vận hành.

Dịch chuyển trở về điểm chuẩn R được thực hiện nhờ một phím chuyên dùng trên bảng điều khiển hoặc là nhờ một lệnh chương trình chuyên dùng.

+ Điểm chuẩn gá dao O_T : Đây là điểm do nhà chế tạo quy định (ví dụ khoảng cách từ điểm này đến vai trục gá máy phay ĐKS được cho trước trong thuyết minh máy, dùng như là một điểm xuất phát của tất cả các kích thước lắp dao khác) nhằm để hiệu chỉnh chiều dài khi lắp đặt các dụng cụ cắt có kích thước khác nhau.

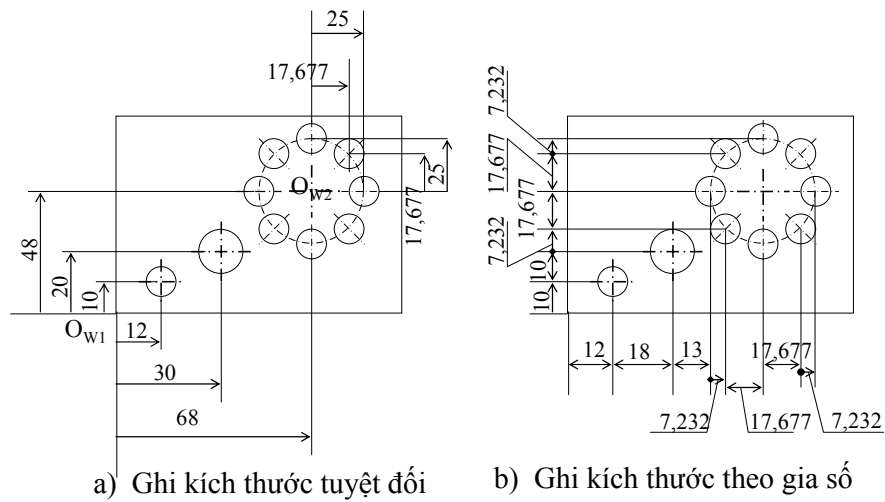
+ Các điểm chuẩn khác : Tùy theo từng loại máy công cụ ĐKS còn có thể có thêm các điểm chuẩn khác.

2.1.2 Chuẩn hóa kích thước :

Trên một bản vẽ, thường các số đo kích thước không được đưa vào trực tiếp, chúng phải được tính lại để tìm ra các thông tin về đường dịch chuyển dùng cho lập trình, ví dụ chuyển cách ghi kích thước đo theo chuỗi thành các kích thước đo tuyệt đối hoặc tính toán thêm các tọa độ chưa rõ... Thông tin về kích thước của chi tiết gia công được thể hiện trong bản vẽ theo hệ thống ghi kích thước tuyệt đối hoặc ghi kích thước theo gia số.

a) Ghi kích thước tuyệt đối : Trong cách ghi kích thước tuyệt đối, tất cả các kích thước được ghi xuất phát từ những đường thẳng chuẩn, còn gọi là ghi kích thước theo chuẩn. Giao điểm của những đường chuẩn là điểm gốc tọa độ và nên trùng với

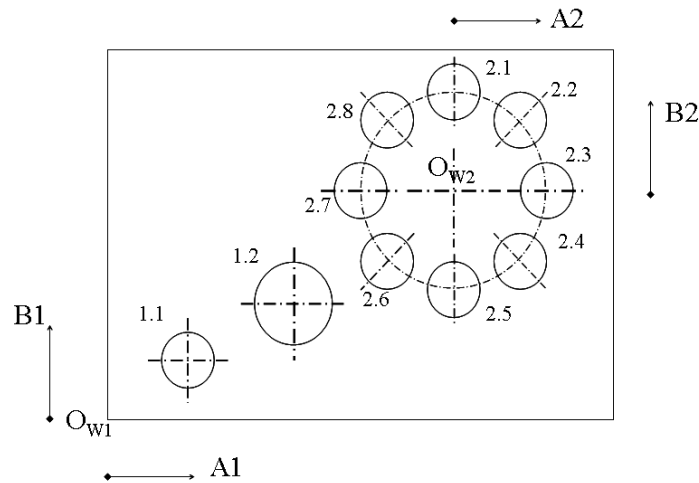
điểm O_w của chi tiết (H2.3a).



H2.3 : Ghi kích thước cho gia công ĐKS

b) Ghi kích thước theo gia số: Trong cách ghi kích thước theo gia số, mỗi một kích thước được ghi luôn xuất phát từ vị trí kích thước trước nó, còn gọi là ghi kích thước tương đối (H2.3b). Cách ghi kích thước này ảnh hưởng nhiều đến kết quả gia công, do đó trong thực tế ít dùng.

c) Ghi kích thước nhờ các bảng:



H2.3c): Ghi kích thước nhờ các bảng

Khi ghi kích thước qua các bảng, người ta thay thế các kích thước trên bản vẽ bằng các số thứ tự vị trí. Những giá trị riêng của các điểm tọa độ được điền vào trong các bảng tọa độ như là các số liệu bổ sung, ví dụ như đường kính hoặc dung sai(Ví dụ H2.3c - Bảng 2.1)

Bảng 2.1

Gốc tọa độ	Bảng tọa độ (mm)			
	Số vị trí	Tọa độ		Đường kính lỗ
		A	B	
1	1	0	0	-
1	1.1	12	10	5H7
1	1.2	30	20	10H7
2	2	68	50	-
2	2.1	0	25	5H7
2	2.2	17,677	17,677	5H7
2	2.3	25	0	5H7
2	2.4	17,677	17,677	5H7
2	2.5	0	-25	5H7
2	2.6	17,677	17,677	5H7
2	2.7	-25	0	5H7
2	2.8	17,677	27,677	5H7

2.2 Lập trình gia công trên máy công cụ ĐKS

Tính kinh tế của các máy công cụ ĐKS phụ thuộc nhiều vào hệ thống lập trình sử dụng để tạo ra các lệnh điều khiển. Yêu cầu đối với ngôn ngữ lập trình phải đơn giản, dễ nhớ, mô tả đầy đủ hệ thống dữ liệu và sử dụng bảng mã tiêu chuẩn. Các chương trình hoàn hảo (không lỗi) được tạo ra và nạp vào máy càng nhanh, càng dễ dàng thì quá trình gia công ĐKS càng trở nên linh hoạt và kinh tế.

2.2.1 Cấu trúc chương trình

Chương trình gia công là toàn bộ các chỉ dẫn gia công cần thiết khi gia công 1 chi tiết. Các chỉ dẫn gia công này được sắp xếp dưới dạng một dãy các câu lệnh mô tả đường dịch chuyển dụng cụ cũng như các điều kiện gia công....

Mỗi một chương trình gia công thường được bắt đầu bằng một ký tự bắt đầu chương trình (ví dụ ký tự %), tất cả các lệnh đứng trước ký tự % sẽ không được hệ điều khiển để ý đến. Mã ký tự NC tuân theo tiêu chuẩn EIA RS-274.

Kết thúc chương trình được đánh dấu bởi một chức năng phụ.

- Ký tự bắt đầu chương trình

Ví dụ: %1234 trong đó 1234 là số hiệu chương trình.

- Ký tự kết thúc chương trình

Ví dụ M30

- Các lệnh NC

Ví dụ : N0100 G01 X25 Y20 Z-17

- Từ lệnh

Ví dụ : Z-17

- Địa chỉ

Ví dụ : Z

- Các phối hợp số (đối với địa chỉ trục thẳng thẳng kèm theo dấu)

Ví dụ : -17

Mỗi một câu lệnh là một tập hợp các thông tin điều khiển, bắt đầu bằng số thứ tự câu, gồm 1 chữ cái N và một con số tự nhiên đứng đằng sau. Số thứ tự câu lệnh chỉ đơn thuần giúp người lập trình dễ theo dõi, kiểm tra chương trình, chứ không ảnh hưởng đến sự làm việc của hệ điều khiển. Tiếp theo số thứ tự câu lệnh là các từ lệnh có chứa đựng các thông tin hình học và công nghệ của chương trình.

Mỗi từ lệnh bao gồm một ký tự (địa chỉ) và một dãy số có hoặc không có dấu. Dấu nằm giữa ký tự và dãy số (ví dụ X-25). Dãy các con số có thể là số thập phân, người ta tách phần nguyên và phần thập phân bằng một dấu chấm (ví dụ X 173.45). Khi ghép tối thiểu các từ lệnh, ta được một câu lệnh thực hiện một chuyển động hay một chức năng của máy.

Theo quy chuẩn, các ký tự có một ý nghĩa xác định. Có 5 nhóm lệnh (nhóm địa chỉ theo ký tự mã NC) sau đây :

- Các lệnh hình học điều khiển chuyển động tương đối giữa dao và phôi là X,Y,Z,A,B,C,U,V,W,P,Q,R...

- Các lệnh công nghệ quy định tỷ số tiến dao (F), số vòng quay của trục chính (S), và các loại dao (T)

- Các lệnh dịch chuyển theo hành trình quyết định kiểu chuyển động (G), chẳng hạn hành trình nhanh, nội suy đường thẳng, nội suy đường tròn...

- Các lệnh dịch chuyển thay dụng cụ; các chức năng phụ như đóng, mở dung dịch tron nguội; quay, dừng trục chính ; chiều quay trục chính (M) ..., các lệnh hiệu chỉnh để bù chiều dài dụng cụ, bán kính dao cắt, bán kính mũi dao cũng như các xê dịch điểm chuẩn, thiết lập vị trí gốc tọa độ ...

- Các lệnh chu trình hay chương trình con.

Thứ tự, địa chỉ và cấu trúc của từng từ lệnh riêng lẻ trong một chương trình gia công ĐKS được xác định theo tiêu chuẩn ISO 6983. Tuy vậy, do sự phát triển nhanh chóng trong lĩnh vực chế tạo máy công cụ ĐKS nên có thể có sự khác biệt giữa các nhà chế tạo hệ điều khiển khác nhau.

2.2.1.1 Các lệnh thiết lập vị trí gốc tọa độ:

- Thiết lập vị trí gốc tọa độ:

Hầu hết các hệ điều khiển đều có khả năng cho phép dịch chuyển dụng cụ đến một vị trí và sau đó qua 1 phím chuyên dùng, đặt điểm O_w cho vị trí dụng cụ đang ở. Cũng có các hệ điều khiển sử dụng lệnh chương trình chuyên dùng theo mã G dành cho thiết lập vị trí gốc tọa độ O_w .

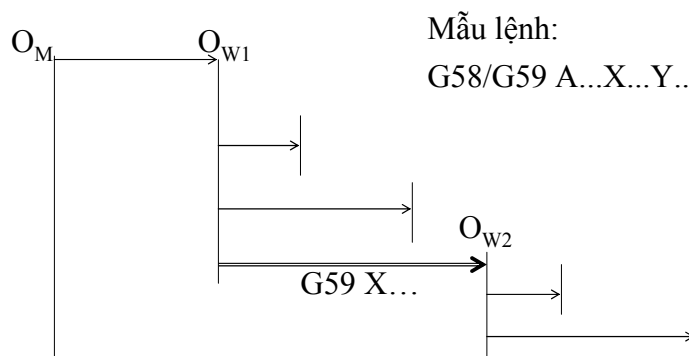
Ví dụ:

Các lệnh **G54, G55, G56, G57** dùng để hiệu chỉnh các tọa độ $O_M \equiv O_w$ hoặc được dùng khi gia công các chi tiết khác nhau ở một lần gá đặt .

- Các chức năng xê dịch gốc chuẩn:

Lập trình xê dịch (hoặc xoay) gốc chuẩn trên chi tiết **G58 & G59**

Việc sử dụng nhiều lần xê dịch (hoặc xoay) gốc chuẩn trên chi tiết cho phép ta lặp lại chương trình gia công nhiều lần tại các vị trí bất kỳ trên chi tiết gia công, ví dụ khoan các dây lỗ giống nhau hoặc gia công các đường bao như nhau...(H2.4).



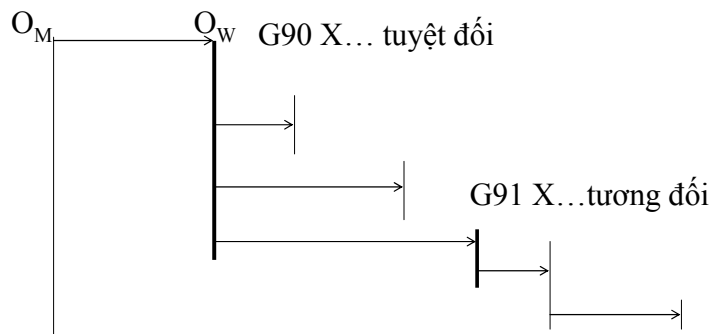
H2.4: Lập trình có xê dịch điểm chuẩn trên chi tiết

Hủy bỏ xê dịch gốc chuẩn bằng chức năng G53

- Các chức năng mô tả phương pháp ghi kích thước:

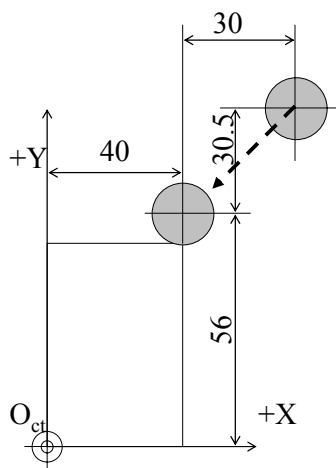
Lập trình theo kích thước tuyệt đối và tương đối G90 & G91

G90 biểu thị dạng lập trình theo vị trí các điểm đích, còn G91 biểu thị dạng lập trình có điểm đích với các giá trị tọa độ của nó luôn gắn với vị trí của dụng cụ cắt đã đến trước đó, nghĩa là vị trí của các điểm xuất phát có một ý nghĩa quyết định để đạt được các điểm đích mong muốn. G91 được ứng dụng chủ yếu cho các chu trình hoặc chương trình con (H2.5)



H2.5: Lập trình theo kích thước tuyệt đối-tương đối

2.2.1.2 Các lệnh dịch chuyển



G00 Chạy dao nhanh

Mẫu lệnh

N... G00 X... Y... Z...

Các bàn trượt chạy dao nhanh đến điểm có tọa độ được lập trình (vị trí thay đổi dụng cụ, điểm bắt đầu cho gia công...)

Chú ý

- I lượng chạy dao F bị vô hiệu hóa nếu đang thực hiện G01
- Tốc độ chạy dao nhanh được xác định theo máy sẵn có
- Nút chạy dao ưu tiên đang hoạt động

Vi dụ :

Tuyệt đối G90
 N50 G00 X40 Y56
 Gia số G91
 N50 G00 X-30 Y-30.5

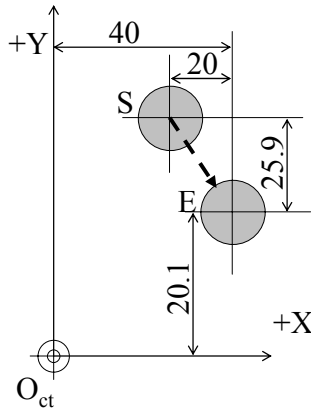
H2.6 : Chạy dao nhanh G00

Các lệnh dịch chuyển được biểu thị bằng ký tự (địa chỉ) G và một con số 2 chữ số từ 00 đến 99 đứng sau. Các lệnh dịch chuyển theo mã G hầu hết đã được chuẩn hóa .

- Một số lệnh dịch chuyển G thường gặp :

G00 Chạy dao nhanh

G01 Nội suy đường thẳng



G01 Nội suy đường thẳng

Mẫu lệnh

N... G01 X... Y... Z... F...

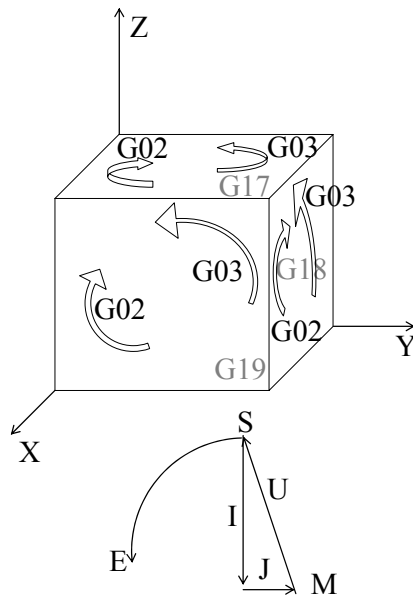
Các chuyển động thẳng với lượng chạy dao được lập trình theo mm/vòng (trạng thái ban đầu)

Vi dụ : Tuyệt đối G90

```

...
N20 G01 X40 Y20.1 F0.1
Gia số G91
...
N20 G01 X20 Y-25.9 F0.1
    
```

H2.7: Nội suy đường thẳng G01



G02 Nội suy đường tròn theo chiều kim đồng hồ
G03 Nội suy đường tròn ngược chiều kim đồng hồ

Mẫu lệnh

N...G02/G03 X... Y... Z... I... J... K... F...
 hay
 N...G02/G03 X... Y... Z... U... F...

X,Y,Z.....điểm cuối của cung (tuyệt đối hay gia số)
 I,J,K.....tham số vòng tròn theo gia số (khoảng cách từ
 điểm bắt đầu đến tâm cung , I theo phương X, J theo phương Y
 và K theo phương Z)
 U.....bán kính của cung có thể nhập thay cho tham số I,J,K
 (cung nhỏ hơn 1/2 vòng tròn : +U, lớn hơn 1/2 vòng tròn : -U)

Chú ý :

- Nội suy vòng tròn được thực hiện chỉ trong mặt phẳng gia công
- I,J,K có giá trị 0 có thể không cần nhập
- Vị trí điểm cuối cung tròn sẽ được kiểm tra, với khoảng dung sai cho phép (các sai số tính toán và làm tròn)
- Chiều của G02, G03 luôn được nhìn từ trục vuông góc với mặt phẳng gia công

H2.8: Nội suy đường tròn

G02 Nội suy đường tròn theo chiều kim đồng hồ

G03 Nội suy đường tròn ngược chiều kim đồng hồ

Các nội suy đường dịch chuyển: G00, G01, G02 & G03 có liên quan đến việc cung cấp đường dịch chuyển dụng cụ cần thiết cho bề mặt tạo hình, trong đó:

G00, là chức năng chạy dao nhanh đến tọa độ được xác định theo tốc độ lớn nhất có sẵn trên máy.

G01, nội suy đường thẳng; G02 & G03, nội suy đường tròn cùng chiều & ngược chiều kim đồng hồ, tương ứng.

2.2.1.3 Lập trình với hệ tọa độ cực

Một số hệ điều khiển máy cho phép lập trình trong hệ tọa độ cực bên cạnh hệ tọa độ Cartesian. Khi đó muốn xác định đường dịch chuyển dụng cụ, hệ điều khiển cần biết góc tọa độ tâm cực, bán kính và góc.

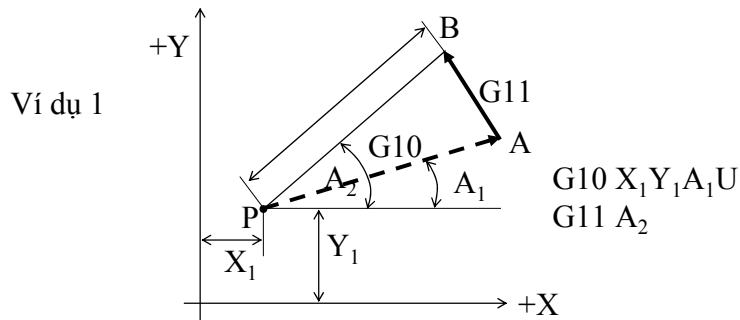
Các mã lệnh :

G10 : Chạy dao nhanh trong hệ tọa độ cực

G11 : Nội suy đường thẳng

G12 : Nội suy đường tròn theo chiều kim đồng hồ

G13 : Nội suy đường tròn ngược kim đồng hồ



G42 D01

G00 Z10

G00 X145Y75

G01 Z-7 F200

G11 X100Y75U45A60 / điểm 2 /

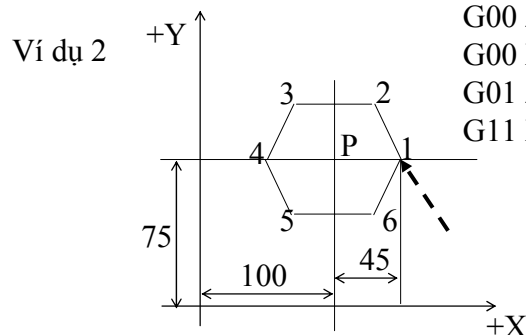
A120 / điểm 3 /

A180 / điểm 4 /

A240 / điểm 5 /

A300 / điểm 6 /

A0 / điểm 1 /



- Bán kính dùng ký tự (địa chỉ) : U

- Góc : A , góc tính là 0^0 theo chiều dương của hệ trục tọa độ Cartesian.

- Tọa độ tâm cực xác định khi lập trình ban đầu theo hệ tọa độ Cartesian với hệ thống ghi kích thước tuyệt đối.

2.2.1.4 Các lệnh vận hành máy :

Các lệnh vận hành máy bao gồm các từ lệnh biểu thị chế độ cắt (số vòng quay của trục chính S, lượng chạy dao F), dụng cụ cắt và các chức năng phụ M. Phần lớn các lệnh này thể hiện phần công nghệ của 1 chương trình gia công ĐKS.

Từ lệnh biểu thị thay dụng cụ cắt bao gồm chữ cái địa chỉ T và 1 con số đứng sau nó. Trên các máy công cụ ĐKS không có bộ phận thay dao tự động và không có ổ chứa dao, từ lệnh T có thể làm phát ra một tín hiệu quang học hoặc một tín hiệu âm thanh báo cho người vận hành máy thay dao bằng tay.

Từ lệnh biểu thị các chức năng phụ bao gồm chữ cái địa chỉ M và một số mã 2 chữ số (00-99), còn gọi là chức năng vận hành máy. Các chức năng phụ có thể là một thao tác đóng mở đơn giản, ví dụ đóng mở dung dịch trơn nguội hoặc là các quá trình phức tạp hơn ví dụ thay dao...

Ví dụ 1.a: Lập trình gia công biên dạng rãnh theo bản vẽ chi tiết kèm theo (H2.9)

Chuẩn bị cho lập trình cần lựa chọn phương pháp ghi kích thước, hệ tọa độ, gá đặt phôi, dụng cụ, chế độ cắt...*Chú ý điểm bắt đầu ăn dao và điểm thoát dao.*

N00 %VD1a

N05 G54G90

N10 M06T04 / Thay dụng cụ T4/

N15 M03S — /Quay trục chính theo chiều kim đồng hồ ở tốc độ —^v/_{ph}/

N20 G00X50Y-10Z12 / Chỉ dẫn điểm bắt đầu của dụng cụ /

N25 Z2M08 /Chạy nhanh đến điểm X50Y-10Z2, mở d/d làm nguội /

N30 G01Z-7F — /Chạy dao đến Z -7 với lượng chạy dao F —^{mm}/_{ph} /

N35 Y0 / Chạy dao đến điểm 1 /

N40 X— Y— / Chạy dao đến điểm 2/

N45 Y— / Chạy dao đến điểm 3/

N50 G02X52I20 / Nội suy đường tròn đến điểm 4/

N55 G01X— / Chạy dao đến điểm 5 /

N60 Y— / Chạy dao đến điểm 6 /

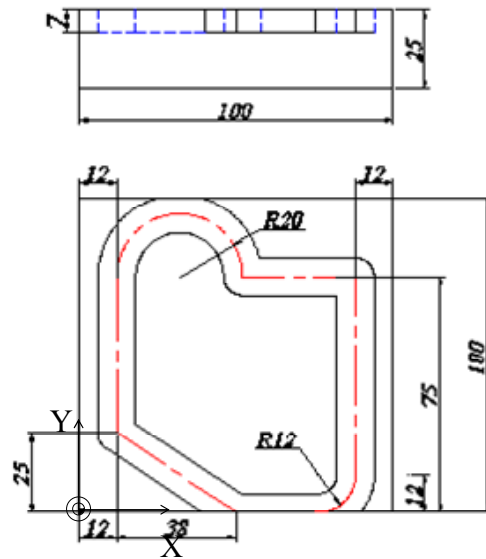
N65 G02X75Y0I-12 / Nội suy đường tròn đến điểm 7/

N70 G01X50 / Chạy dao đến điểm 1/

N75 G00Z12 / Chỉ dẫn điểm rút dao nhanh đến Z12 /

N80 M09 / Tắt dung dịch làm nguội /

N85 M05 / Dừng trục chính /
 N90 M30 / Kết thúc chương trình /



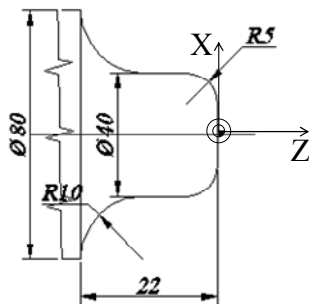
	X	Y	Z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Bảng tọa độ

H2.9 : Biên dạng rãnh

Thường ghi nhận xét ở các câu lệnh để dễ kiểm tra.

Ví dụ 1.b: Lập trình gia công biên dạng trục



	X	Z
1		
2		
3		
4		
5		

Bảng tọa độ

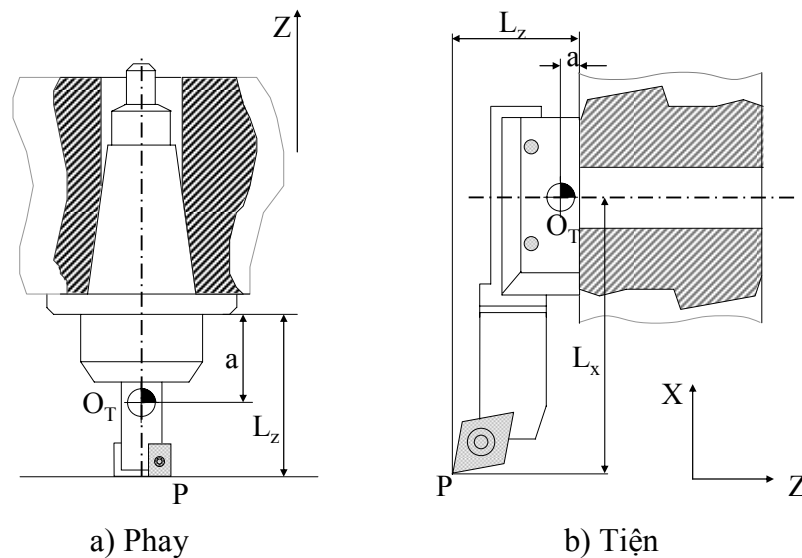
H 2.10 : Biên dạng trục

N00 %VD1b
 N05 G54G90G95 / Lượng chạy dao mm/vg /
 N10 M06T01
 N15 M03S1200

N20G00X0Z1M08 / Điểm bắt đầu ăn dao /
 N25 G01Z0F0.8 / Điểm 1/
 N30 X15 / Điểm 2/
 N35 G03X20Z-5I0K-5
 N40 G01Z-12
 N45 G02X30Z-22I10K0 / Kết thúc gia công /
 N50 G01X40
 N55 G00X70M09 / Điểm thay dụng cụ /
 N60 Z100
 N65 M05M30

2.2.1.5 Hiệu chỉnh dụng cụ

Để có thể gia công được với nhiều dụng cụ cắt có kích thước khác nhau mà không cần viết lại chương trình mới, cần hiệu chỉnh dụng cụ.



H2.11 : Hiệu chỉnh dụng cụ

– Các vấn đề về hiệu chỉnh dụng cụ

Các giá trị bán kính và chiều dài của dụng cụ cắt được xác định trước bằng một đầu đo dao chuyên dùng hoặc bằng một dụng cụ so dao lắp trên đầu chứa dao nhằm xác định vị trí điểm cắt thực tế của dụng cụ, chúng được đưa vào hệ điều khiển dùng làm các giá trị hiệu chỉnh.

Khi lệnh hiệu chỉnh được gọi trong chương trình, hệ điều khiển có nhiệm vụ tính toán lại quỹ đạo chuyển động của dụng cụ theo các giá trị hiệu chỉnh này, do vậy tạo ra

được chuyển động chính xác của điểm cắt trên dao dọc theo đường bao gia công mà không cần phải xác định lại tọa độ biên dạng hình học của chi tiết nếu kích thước dao thay đổi.

Khi lập trình, lựa chọn các số liệu hiệu chỉnh khác nhau phụ thuộc vào phương pháp gia công (ví dụ tiện hay phay...). Trên các máy phay và các trung tâm gia công cần hiệu chỉnh chiều dài và bán kính dao, còn trên máy tiện, cần hiệu chỉnh vị trí dao (hiệu chỉnh chiều dài dao theo hướng X và Z) và hiệu chỉnh bán kính đỉnh dao.

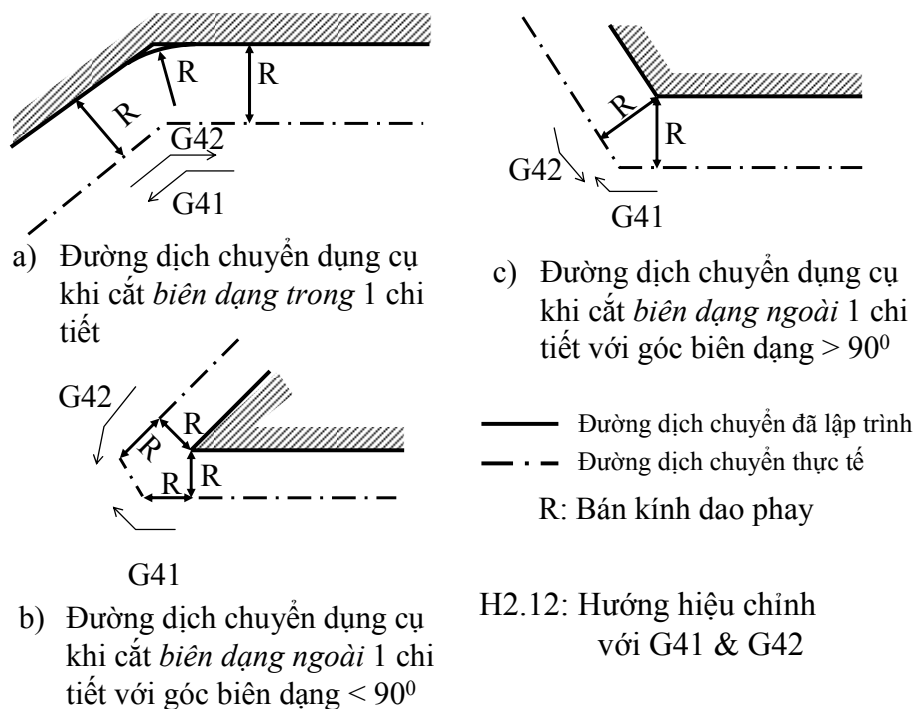
– Các lệnh hiệu chỉnh dụng cụ

Hướng hiệu chỉnh khi hiệu chỉnh bán kính (dao bên trái hoặc phải đường bao gia công nhìn theo đường chạy của dao) được biểu thị bằng lệnh G41 hoặc G42, tương ứng (H2.12).

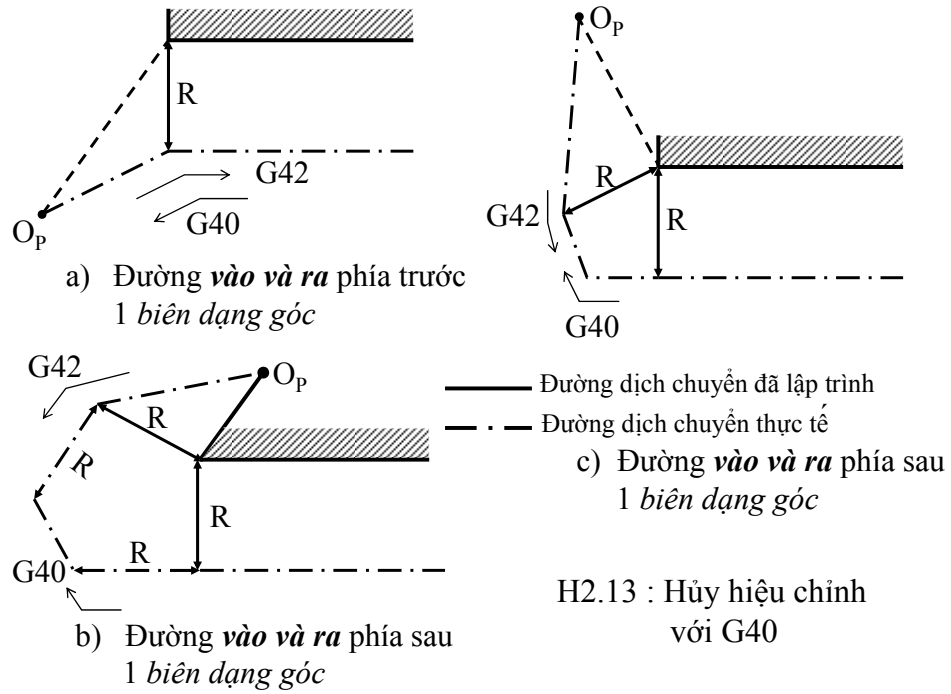
Hủy hiệu chỉnh này bằng lệnh G40.

Các chú ý :

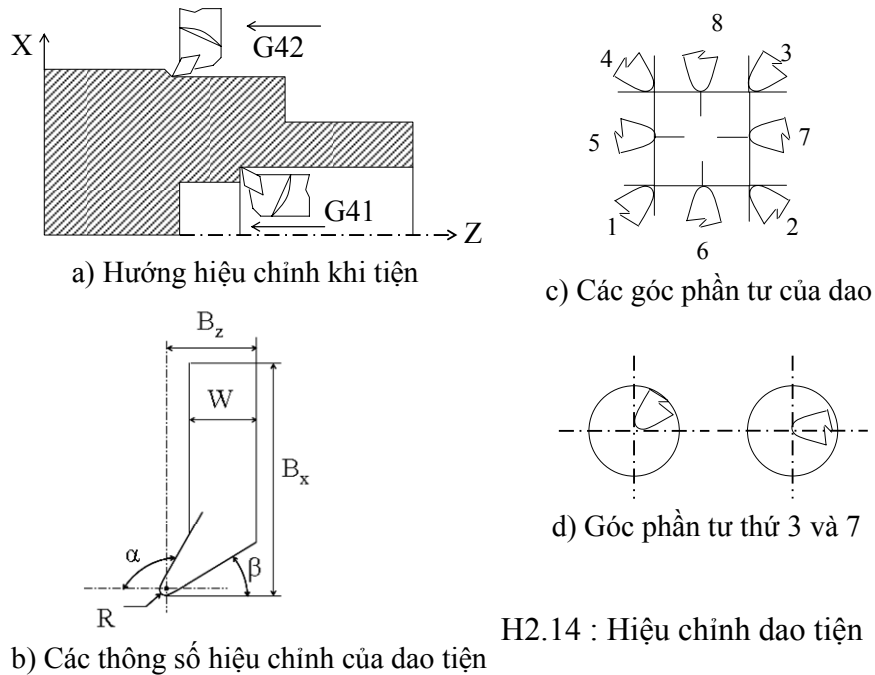
- Thường không cho phép thay đổi trực tiếp giữa G41 và G42 mà trước đó phải hủy với G40
- Khi sử dụng hiệu chỉnh dụng cụ, có thể dùng với G00 hay G01. G40 thường được lập trình ở lệnh thoát dao khỏi vùng gia công để đến điểm thay dao. *Cũng cần chú ý phải thiết lập đường dịch chuyển dụng cụ khi vào và ra khỏi biên dạng chi tiết sao cho dụng cụ không cắt lẹm vào chi tiết (H2.13).*



H2.12: Hướng hiệu chỉnh với G41 & G42



Đối với trường hợp gia công trên máy tiện, hướng hiệu chỉnh cũng giống như trong hiệu chỉnh bán kính dao phay, cả hai điều kiện dịch chuyển G41 và G42 xác định theo quỹ đạo của dao ở bên trái hoặc bên phải đường bao gia công (H2.14a).

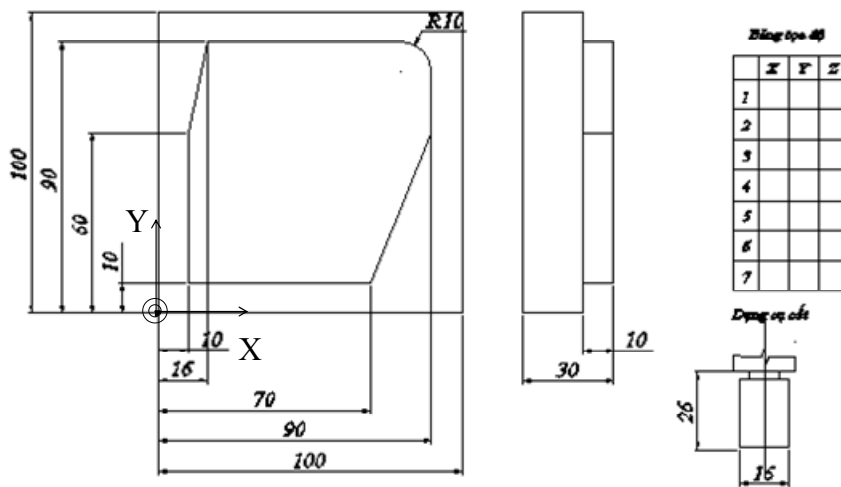


Ngoài ra khi lập trình vị trí của điểm cắt P nằm trên một đỉnh nhọn lý thuyết, trong khi thực tế dao có góc lượn nên không thể cắt ở vị trí này. Do vậy để cho đỉnh mũi dao trùng với vị trí cắt thực tế (không làm sai lệch biên dạng gia công), cần hiệu chỉnh bán kính mũi dao(H2.14b).

Trên nhiều hệ điều khiển của các máy tiện có trang bị các loại hệ thống phụ trợ hiệu chỉnh, cho thấy khi gia công lưỡi cắt của dao ăn vào chi tiết dưới góc độ nào, qua đó dễ dàng xác định được các điểm cắt thực tế trên dao tùy theo góc điều chỉnh của dao tiện (H2.14c, d).

Tất cả các số liệu nêu trên về kích thước dụng cụ được ghi vào bộ nhớ hiệu chỉnh. Thường chọn bộ nhớ hiệu chỉnh thông qua ký tự T (phương pháp gia công tiện), hoặc D (phương pháp gia công khoan, phay) kèm theo nhóm chữ số đằng sau các ký tự trên ứng với bộ nhớ đã cài đặt các giá trị hiệu chỉnh của dụng cụ đó.

Ví dụ 2.a : Lập trình có hiệu chỉnh dụng cụ khi phay (H2.15)

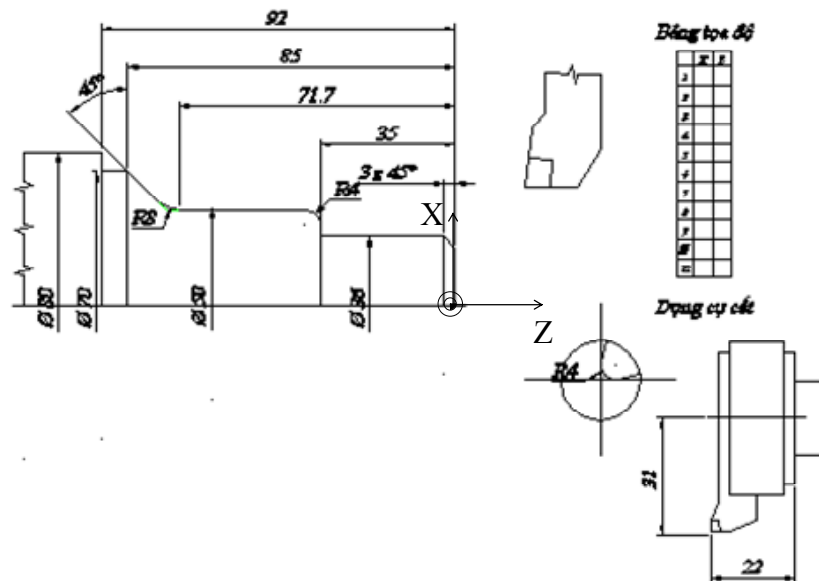


H2.15 : Hình ví dụ 2.a

N00 %VD2a
 N05 G54G90
 N10 M06T01
 N15 M03S1200
 N20 G41D01
 N25 G00X10Y10
 N30 Z2M08 / điểm bắt đầu ăn dao /
 N35 G01Z-10F150
 N40 Y60
 N45 X16Y90
 N50 X80

N55 G02X90Y80I0J-10
 N60 G01X90Y60
 N65 X70Y10
 N70 X9 / Kết thúc gia công /
 N75 G00Z10M09
 N80 G40D00 / Về điểm thay dao /
 N85 X0Y0 / Hủy hiệu chỉnh dụng cụ /
 N90 M05
 N95 M30

Ví dụ 2.b : Lập trình có hiệu chỉnh dụng cụ khi tiện (H2.16)



H 2.16: Hình ví dụ 2.b

N00 %VD2b
 N05 G54G90
 N10 M06T0101
 N15 M03S1200
 N20 G42G00X0Z2M08 / điểm bắt đầu ăn dao /
 N25 G01Z0F120
 N30 X15
 N35 X18Z-3
 N40 Z-35
 N45 X21

N50 G03X25Z-39I0K-4

N55 G01X25Z-71.7

N60 G02X27.35Z-77.3I8K0

N65 G01X35Z-85

N70 Z-92

N75 X41M09

N80 G40G00X100Z20T0100/ Về điểm thay dao, hủy hiệu chỉnh /

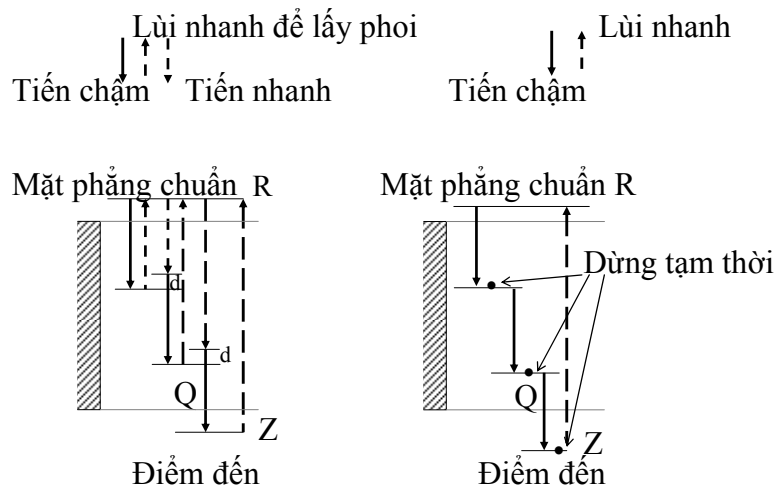
N85 M05M30

2.2.2. Lập trình nâng cao

2.2.2.1 Các chu trình và chương trình con:

Chu trình là một tập hợp các thao tác nhất định được thực hiện chỉ với 1 mã G duy nhất, ví dụ các chu trình gia công lỗ đã được tiêu chuẩn, thường có 6 thao tác:

1. Định vị tâm lỗ theo các trục X và Y
2. Chạy nhanh đến mặt phẳng R
3. Khoan, doa hay cắt ren
4. Thao tác ở đáy lỗ
5. Lùi nhanh về mặt phẳng R
6. Trả nhanh về vị trí xuất phát (nếu không gia công lỗ tiếp theo)



N...G83 Z...R...Q...F...

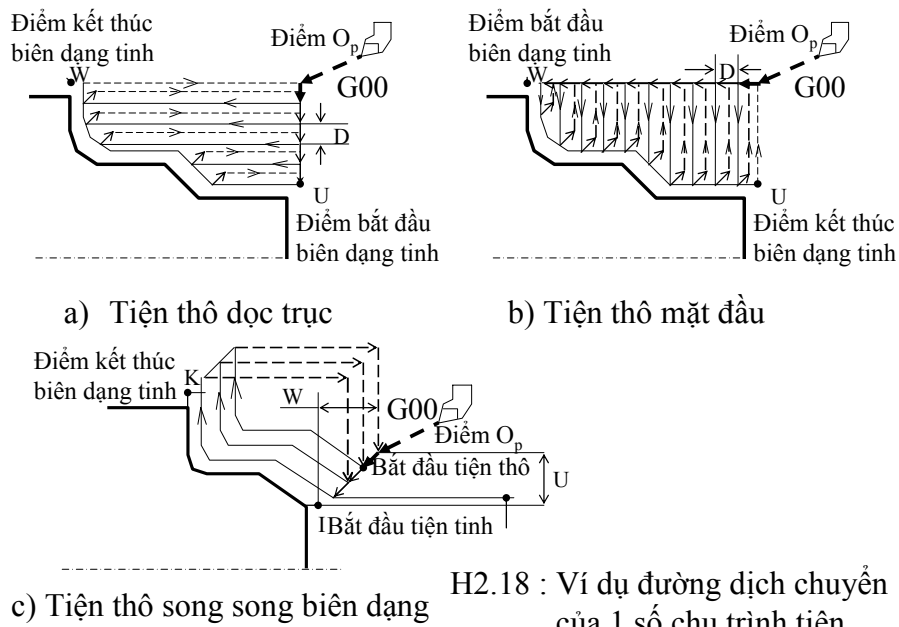
N...G87 Z...R...P...F...

a) Chu trình G83(khoan lỗ sâu)

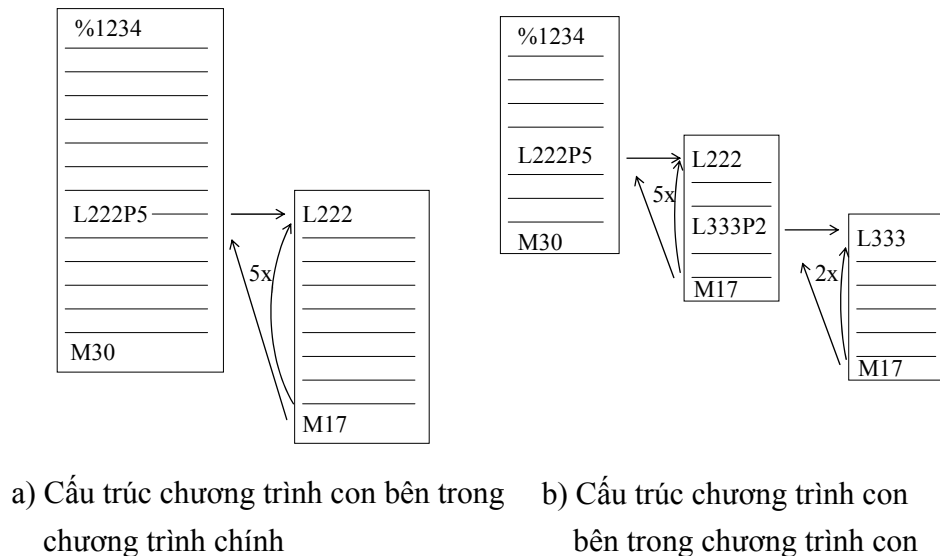
b) Chu trình G87(khoét rộng)

H2.17: Ví dụ đường dịch chuyển của 1 số chu trình gia công lỗ

Ngoài chu trình gia công lỗ, nhiều hệ điều khiển máy CNC còn có thể có các chu trình phay, tiện khác nhau tuy chúng chưa được tiêu chuẩn.



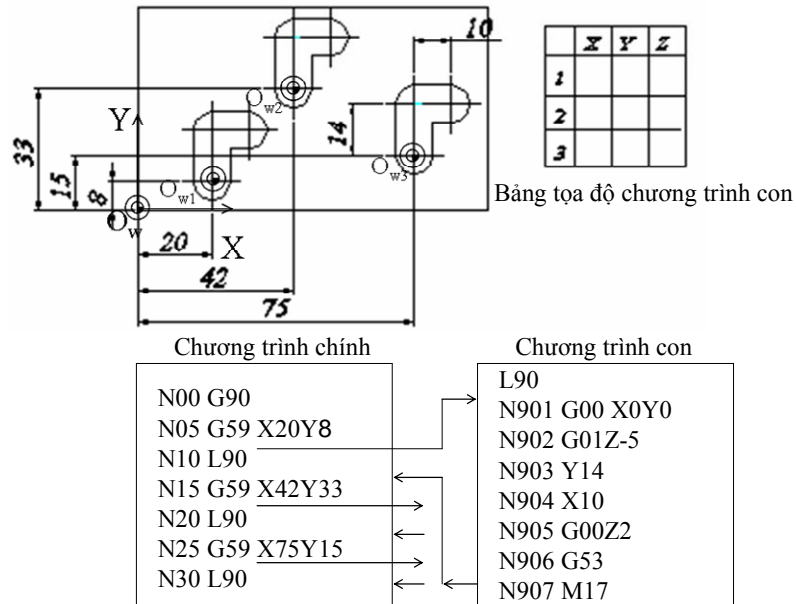
Chương trình con là một dãy các thao tác do người sử dụng tự soạn thảo theo các yêu cầu đặc biệt của mình và lưu lại vào bộ nhớ của hệ điều khiển, khi cần, có thể gọi qua tên chương trình con đã lưu, từ bên trong chương trình chính hay cũng có thể gọi từ bên trong 1 chương trình con khác. Nó được dùng làm giảm thời gian lập trình đối với các thao tác lặp đi lặp lại.



H2.19: Cấu trúc chương trình con

Các hệ điều khiển dùng một ký tự (ví dụ ký tự L) với dãy số tùy chọn để gọi chương trình con. Cấu trúc lệnh bên trong chương trình con giống như chương trình chính, và

khi kết thúc chương trình con (bằng một chức năng M hoặc một chức năng G, ví dụ M17 hoặc G99), lại nhảy trở về chương trình chính.



H2.20: Ví dụ chương trình con

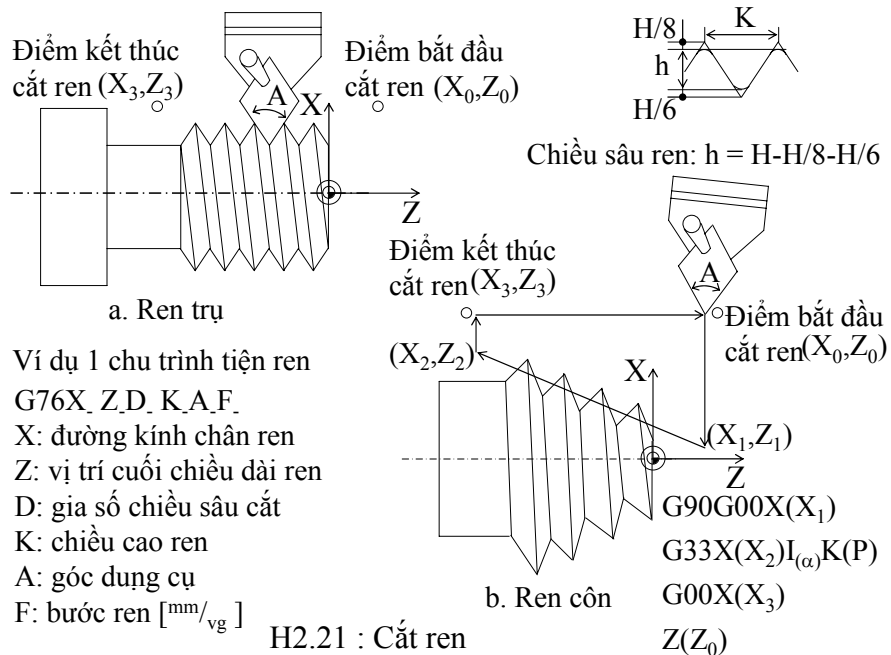
Lời gọi chương trình con ở chương trình chính : Ví dụ : L123P1LF

L: Gọi chương trình con ; 123 Số hiệu chương trình con

P1 Số lần chạy chương trình con (lớn nhất 99)

2.2.2.2. Lập trình gia công đối với một số nguyên công đặc biệt

1.) Gia công ren :



H2.21 : Cắt ren

a. Lệnh gia công ren: G33 X/Z I/K Ví dụ G33Z-122K2M08

trong đó X/Z: Chiều dài ren theo trục X/Z; I/K: Bước ren theo trục X/Z.

Chức năng G33 xác định sự phụ thuộc giữa số vòng quay trục chính và lượng chạy dao. Trong trường hợp Máy không có chức năng G33, phải tính toán sự phụ thuộc này.

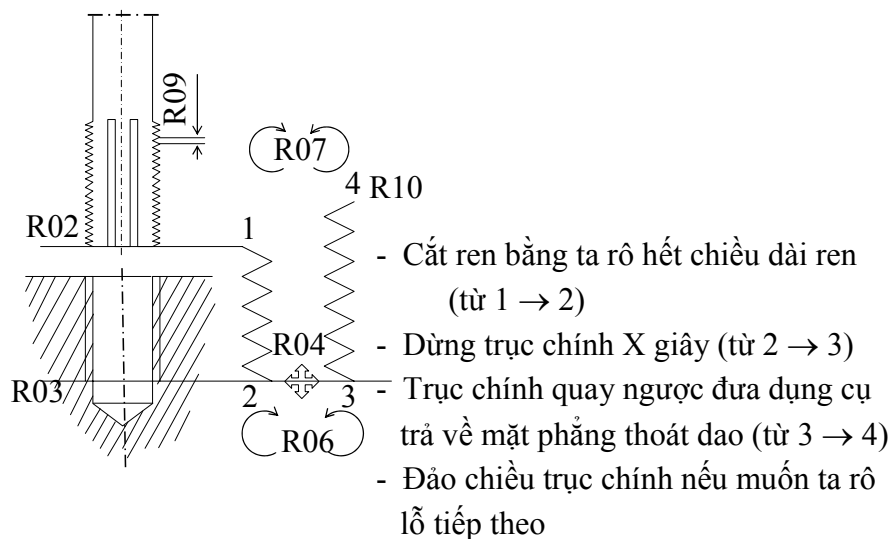
$$n = \frac{1000v}{\pi d} \left[\frac{v_g}{ph} \right] \Rightarrow \text{chọn } n_t \text{ có trên máy và tính } F = n_t \times t_p \left[\frac{mm}{ph} \right]$$

b. Các sơ đồ cắt ren : Khi cắt ren thường phải chia thành nhiều bước. Tùy theo sơ đồ cắt ren (cắt bằng 1 lưỡi cắt hay 2 lưỡi cắt...) để xác định đường dịch chuyển dụng cụ và tính toán các thông số cần thiết, ví dụ gia số Δx_i cho mỗi lần cắt $\Delta x_i = h/i$ với h: chiều cao ren, i: số bước; vị trí đầu và cuối của ren ở mỗi bước (các tọa độ X_i và Z_i).

c. Các chú ý khi cắt ren :

- Điểm xuất phát cắt ren nên có khoảng cách so với điểm bắt đầu ren thực là 3 bước ren
- Khi cắt ren không có rãnh thoát, điểm kết thúc ren lý thuyết phải nằm ngoài điểm hết ren một khoảng bằng 2 bước ren
- Các loại ren vuông, ren thang giai đoạn đầu cũng thường cắt tam giác, sau đó dùng dao định hình để sửa đúng.
- Tiến dao với 2 lưỡi cắt chịu lực lớn nhưng cả 2 cạnh ren đều nhẵn, được dùng cắt tinh trong khi tiến dao với 1 lưỡi cắt tham gia cắt giảm được lực tuy nhiên bề mặt ren kém nhẵn, do vậy thường dùng khi cắt thô.

d. Gia công ren bằng mũi tarô (H2.22)



H2.22 : Cắt ren bằng dụng cụ ta rô ren

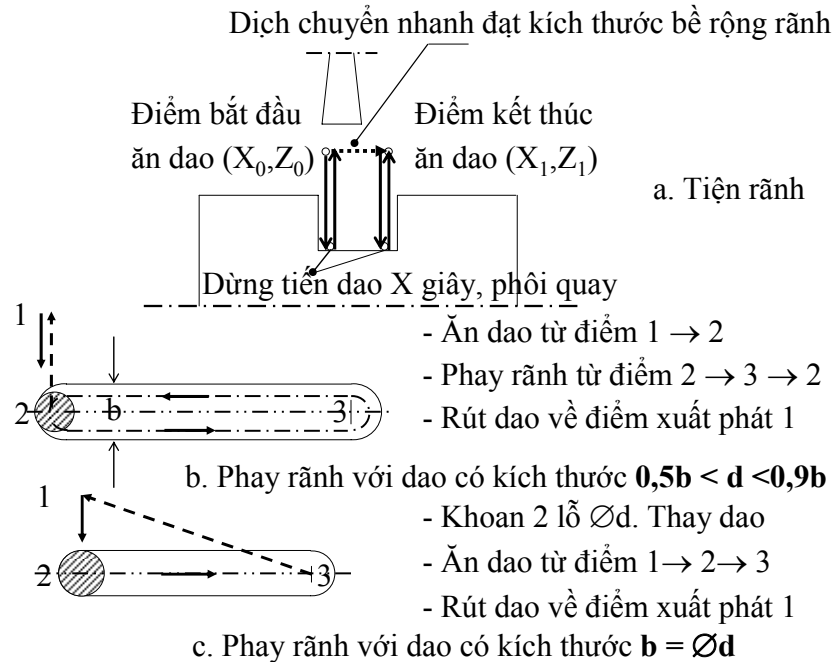
2.) Cắt rãnh

a. Tiện rãnh (H2.23a)

b. Phay rãnh (H2.23b,c) : Có 2 trường hợp

- Dao có kích thước $\varnothing d < b$ (bề rộng rãnh): Với $0,5b < \varnothing d < 0,9b$, đường dịch chuyển dụng cụ như H2.23b.

- Dao có kích thước $\varnothing d = b$ (bề rộng rãnh): Đường dịch chuyển dụng cụ như H2.23c



H2.23 : Đường dịch chuyển gia công rãnh của dụng cụ

c. Phay rãnh tròn đồng tâm: Tương tự với các dao $\varnothing d = b$ và $0,5b < \varnothing d < 0,9b$

Chú ý phương pháp ăn dao vào chi tiết : Trường hợp đơn giản nhất là ăn dao dọc trục dao theo lỗ khoan đã có sẵn. Ngoài ra, khi gia công tinh với biên dạng là đường bao, điểm bắt đầu ăn dao nên chọn tại vị trí theo cung tròn tiếp tuyến với biên dạng, có ưu điểm lực cắt thay đổi từ từ, giảm sai số gia công.

3.) Phay định dạng hố lõm chữ nhật (H2.24a)

Đối với hố lõm chữ nhật :

- đường kính dao phải nhỏ hơn cạnh ngắn của hố ($\varnothing d < b$)
- góc lượn của hố phải bằng hoặc lớn hơn bán kính dao
- ăn dao từ điểm giữa 1 → 2
- phay mở rộng 2 → 3, bước mở rộng khoảng $(0,6 \div 0,8)\varnothing d$
- mở rộng kế tiếp 3 → 4 (mở kiểu lò xo: bản chất quá trình phay không thay

đôi, được phân biệt với mở kiểu ziczắc).

– rút dao nhanh về mặt phẳng an toàn, chạy nhanh về điểm giữa ăn dao lần 2 (nếu nhiều lần ăn dao) hoặc rút dao nhanh về điểm 1 (nếu một lần ăn dao)

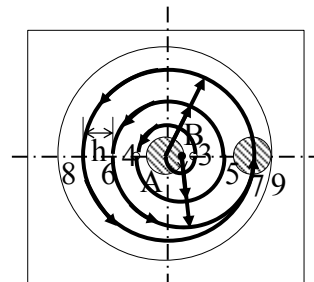
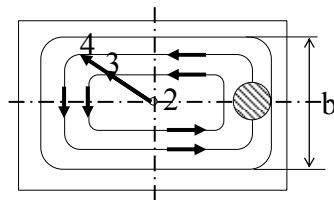
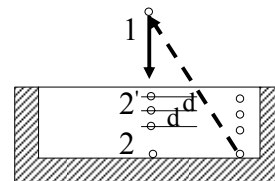
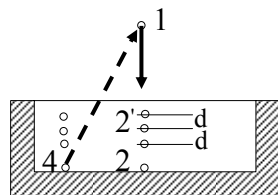
4.) Phay định dạng khoang tròn (H2.24b)

Đối với khoang tròn :

- ăn dao từ điểm giữa 1→ 2
- phay mở rộng 2→ 3 (cung tròn có B là tâm, với $AB = h/2$)
- phay cung tròn 3→ 4 (nội suy tròn có A là tâm)
- mở rộng kế tiếp 4→ 5 (cung tròn có B là tâm), mở kiểu lò xo, bước mở rộng

khoảng $(0,6 \div 0,8) \varnothing d$

- phay cung tròn 5→ 6 (nội suy tròn có A là tâm)
- mở rộng kế tiếp 6→ 7 (cung tròn có B là tâm)
- phay cung tròn 7→ 8→ 7 (nội suy tròn có A là tâm)
- rút dao nhanh về mặt phẳng an toàn, chạy nhanh về điểm giữa ăn dao lần 2 (nếu nhiều lần ăn dao) hoặc rút dao nhanh về điểm 1 (nếu một lần ăn dao).



a. Phay định dạng hố lõm chữ nhật

d: khoảng gia số theo chiều sâu hố

A,B: các tâm cực

b. Phay khoang tròn

H2.24: Đường dịch chuyển của dụng cụ Bước xoắn $h = (0,6 \div 0,8) \varnothing d$
khi phay định dạng hố lõm và khoang tròn

2.2.2.3 Lập trình với các tham số (Lập trình Macros)

Một chương trình tham số (hay 1 macros) là một dãy các thao tác tương tự như một chương trình con. Sự khác nhau giữa chương trình con và macro là các giá trị bằng số ở các địa chỉ có thể thay bằng những tham số tượng trưng, và khi dùng, khai báo giá trị

cụ thể cho các tham số này ở phần đầu chương trình, nhờ vậy thuận tiện hơn chương trình con trong trường hợp cần phải thực hiện các đường dịch chuyển dụng cụ tương tự về mặt hình học, chẳng hạn gia công một họ các chi tiết (giống về hình dáng hình học nhưng khác về kích cỡ) chỉ cần với một chương trình tham số.

Do việc lập trình macros chưa được tiêu chuẩn hóa nên thao tác lập trình rất khác nhau giữa các nhà sản xuất hệ điều khiển.

Thông thường, các tham số của 1 macro cho phép mô tả các thông tin như các giá trị tọa độ, lượng chạy dao F, số vòng quay trục chính S, dữ liệu chu trình... thay vì dùng các giá trị cố định. Các macros còn có thể thực hiện các phép toán giữa các tham số, các điều kiện logic cần thiết trong lập trình gia công... như vậy giúp cho việc lập trình trở nên linh hoạt và phong phú hơn.

Các câu hỏi Chương 2:

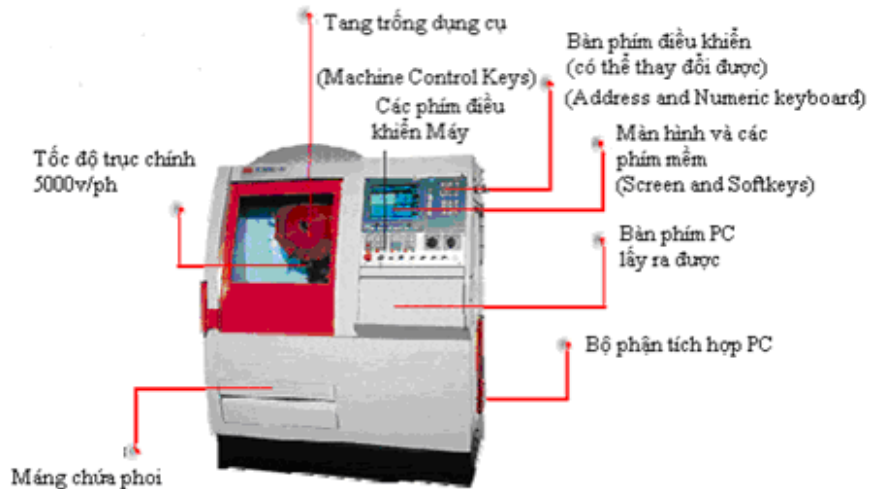
1. Lập trình :
 - Bài 1: Vẽ bản vẽ và viết chương trình mã G
 - Bài 2: Tạo file *.ncl, nhập chương trình TH.C, chạy chương trình và nhận xét kết quả của chương trình mã G. Mở rộng cho thuật giải
2. Phân biệt giữa chu trình và chương trình tham số
3. Chuyển động G00 được dùng để
 - a. thực hiện các nguyên công gia công nhanh trên chi tiết
 - b. định vị nhanh dụng cụ đến và đi khỏi các vị trí cắt gọt.
 - c. tạo các chuyển động theo đường vòng trên chi tiết.
 - d. gia công với một tốc độ chạy dao nhất định theo một đường thẳng.
4. Chuyển động G01 được dùng để
 - a. thực hiện các nguyên công gia công nhanh trên chi tiết
 - b. định vị nhanh dụng cụ đến và đi khỏi các vị trí cắt gọt.
 - c. tạo các chuyển động theo đường vòng trên chi tiết.
 - d. gia công với một tốc độ chạy dao nhất định theo một đường thẳng.
5. Tốc độ chạy dao không cần phải được lập trình ở từng lệnh dịch chuyển, ngay cả giữa các lệnh chuyển động thẳng và tròn. (Đ , S)
6. Một khi một kiểu chuyển động nhất định đã được lựa chọn (bởi G00, G01, G02 hay G03), không cần phải được lập trình lại cho đến khi kiểu chuyển động thay đổi. (Đ , S)
7. Liệt kê 3 yếu tố mà tất cả các kiểu chuyển động đều có chung.
 - a. Chúng đều có chung mẫu lệnh
 - b. Điểm cuối của chuyển động được lập trình ở mỗi lệnh chuyển động.
 - c. Tất cả các chuyển động đều phụ thuộc vào chế độ tuyệt đối/gia số (G90/G91)
 - d. Chỉ có các trục chuyển động mới cần được đưa vào lệnh dịch chuyển.
8. Công tắc đóng/ ngắt nào làm việc theo mã M01 trong chương trình?

Dừng có chọn lọc (Optional Stop)

Chương 3 Máy công cụ ĐKS- Phân tích động học và kết cấu

3.1 Cấu trúc tổng thể các Máy công cụ ĐKS

Các Máy công cụ ĐKS cũng có bố cục tương tự như ở các máy công cụ truyền thống, trừ ở một số trường hợp, cấu trúc tổng thể Máy có những thay đổi nhất định phù hợp với vị trí của nó trong hệ thống sản xuất, ví dụ tính thuận tiện khi bố trí các cơ cấu cấp và thay thế tự động dụng cụ hoặc cấp, tháo phôi tự động ...



H3.1: Máy phay điều khiển chương trình số PC Mill 155

3.2 Phân tích đặc điểm động học hệ thống truyền động Máy công cụ ĐKS

Ngoài nhiệm vụ truyền được công suất cắt gọt hay công suất chạy dao cần thiết, các hệ thống truyền động Máy còn phải cung cấp 1 phạm vi điều chỉnh tốc độ vô cấp đủ rộng cũng như đáp ứng được các tiêu chuẩn đối với đặc tính động lực học Máy. Để thoả mãn các yêu cầu trên, các nguồn động lực được chọn thường là các loại động cơ điện 1 chiều hoặc động cơ bước, hoặc có thể là động cơ điện xoay chiều dùng kèm với các thiết bị biến tần.

3.2.1 Các đặc điểm của hệ thống truyền động dùng động cơ 1 chiều (DC)

Hệ thống truyền động loại này cung cấp phạm vi điều chỉnh tốc độ cần thiết bằng cách mắc nối tiếp nguồn động lực điều chỉnh vô cấp với một hộp tốc độ truyền động phân cấp. Nhờ vậy, hệ có đường truyền ngắn nhưng vẫn bảo đảm được phạm vi tốc độ trực ra.

- Mắc nối tiếp nguồn vô cấp với 1 hộp tốc độ phân cấp

Đây là phương pháp được ứng dụng rộng rãi. Giả sử nguồn vô cấp có phạm vi điều chỉnh $R_B = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$ được ghép nối tiếp với 1hộp tốc độ phân cấp có q tỉ số truyền i_1, i_2, \dots, i_q .

Chọn nhóm vô cấp làm nhóm cơ sở, do đó $R_B = \varphi$

Tương ứng với các tỉ số truyền i_1, i_2, \dots, i_q ta có q phạm vi thay đổi tốc độ ở trục ra:

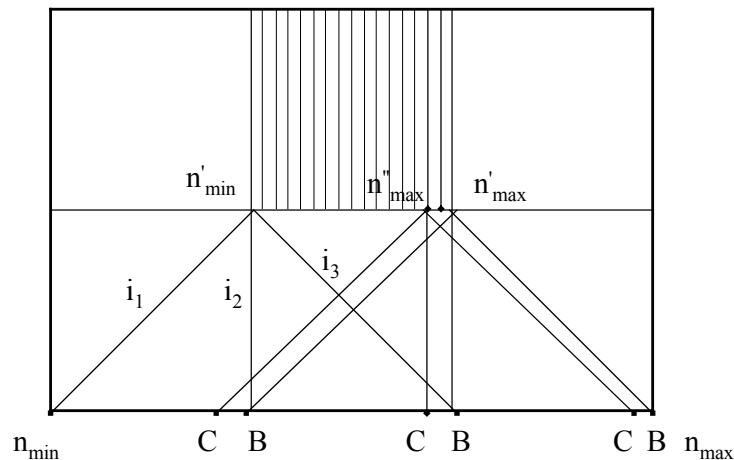
$$i_1 n'_{\min} \rightarrow i_1 n'_{\max}$$

$$i_2 n'_{\min} \rightarrow i_2 n'_{\max}$$

.....

$$i_q n'_{\min} \rightarrow i_q n'_{\max}$$

Cần tìm quy luật phân bố các tỉ số truyền i



H3.2: Lưới kết cấu Hộp Tốc Độ

Ví dụ cho trường hợp hộp tốc độ có 3 tỉ số truyền i_1, i_2, i_3 . Đối với nhóm truyền vô cấp, i phụ thuộc vào tải trọng, do đó khi chịu tải, bộ truyền phân cấp có thể tạo ra những khoảng trống không có tốc độ. Nhiệm vụ thiết kế là phải bảo đảm điều kiện tốc độ ra liên tục, hay nói một cách khác, $n_B \equiv n_C$

Ta có : $n_B = n'_{\min} i_2$

$$n_C = n'_{\max} i_1$$

Điều kiện : $n_B \leq n_C \Rightarrow i_2 \leq \frac{n'_{\max}}{n'_{\min}} i_1 = R_B i_1$ (3.1)

Tương tự : $i_3 \leq R_B i_2 = R_B^2 i_1$

Một cách tổng quát : $i_q \leq R_B^{q-1} i_1 \Rightarrow \frac{i_q}{i_1} = R_A \leq R_B^{q-1}$ (3.2)

$$\Leftrightarrow i_q = (kR_B)^{q-1} i_1$$

với $k \leq 1$ và q : số cấp tốc độ của hộp tốc độ phân cấp (3.3)

Do vậy, các tỉ số truyền của bộ phân cấp phân bố theo quy luật cấp số nhân có công bội $\varphi = kR_B$.

- Xác định q :

Phạm vi điều chỉnh của các tỉ số truyền bộ phân cấp :

$$R_A = \frac{i_q}{i_1} = (kR_B)^{q-1} \quad (3.4)$$

Nếu gọi R là phạm vi điều chỉnh chung : $R = R_A R_B$, ta có :

$$\frac{R}{R_B} = (kR_B)^{q-1} \leq R_B^{q-1} \Rightarrow q \geq \frac{\lg R}{\lg R_B} \quad \text{hay} \quad q_{\min} = \frac{\lg R}{\lg R_B} \quad (3.5)$$

Cũng có thể xác định được giá trị hệ số k . Bởi vì $\frac{R}{R_B} = (kR_B)^{q-1}$, ta có :

$k^{q-1} R_B^q = R \Rightarrow k = \frac{1}{R_B} \sqrt[q-1]{\frac{R}{R_B}}$ và tỉ lệ trùng tương đối W trên các điểm tiếp giáp BC :

$$W\% = \frac{n'_{\max} i_{q-1} - n'_{\min} i_q}{(n'_{\max} - n'_{\min}) i_{q-1}} 100 ;$$

Thay $i_q = kR_B i_{q-1}$

$$\Rightarrow W\% = \frac{n'_{\max} - n'_{\min} kR_B}{(n'_{\max} - n'_{\min})} 100 = \frac{R_B(1-k)}{R_B - 1} 100 \quad (3.6)$$

Ví dụ : Thiết kế hệ thống truyền động cho 1 máy CNC trong đó động cơ cho phép biến đổi vô cấp tốc độ từ $(1200 \div 3000)^{vg/ph}$ được ghép với 1 hộp tốc độ sao cho số vòng quay trên trục ra $n_{\min} = 40^{vg/ph}$ và $n_{\max} = 1600^{vg/ph}$

Giải :

Các phạm vi điều chỉnh $R = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} = \frac{1600}{40} = 40$; $R_B = \frac{3000}{1200} = 2,5$

Số cấp tốc độ của hộp tốc độ : $q_{\min} = \frac{\lg R}{\lg R_B} = \frac{\lg 40}{\lg 2,5} = 4$

Hệ số $k = \frac{1}{R_B} \sqrt[q-1]{\frac{R}{R_B}} = \frac{1}{2,5} \sqrt[3]{\frac{40}{2,5}} \approx 1$.

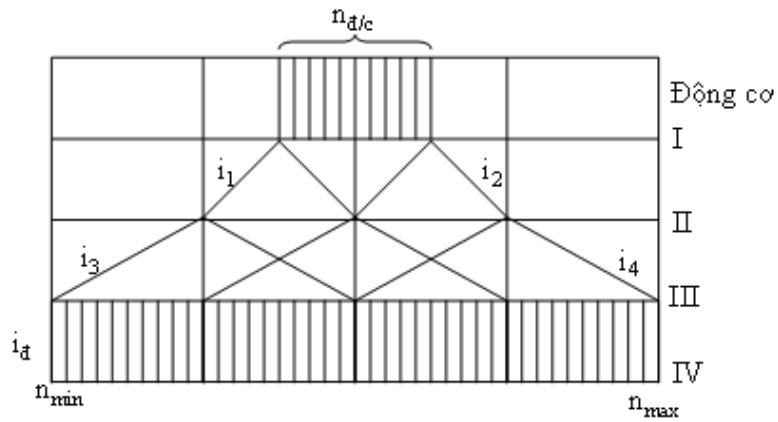
Do đó $\varphi = kR_B = 2,5$

Hộp tốc độ có PAKG 2x2

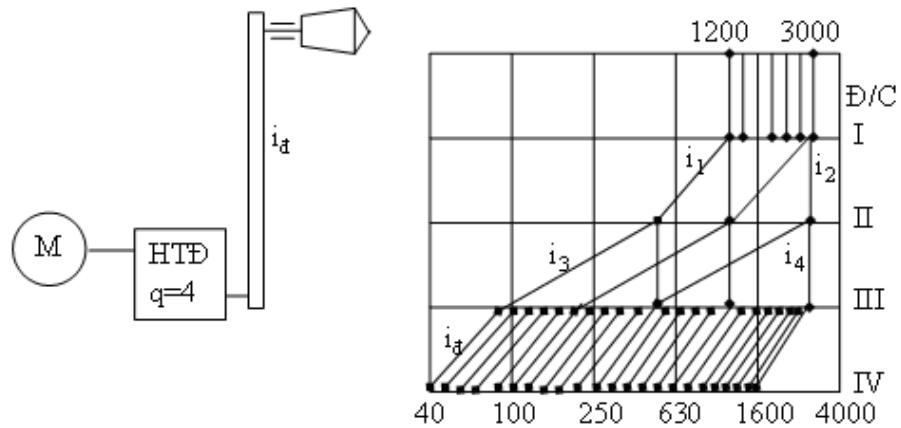
PATT I II

(1) (2)

Lưới kết cấu nhận được như H3.3. Từ lưới kết cấu, tiến hành vẽ đồ thị vòng quay, tính



H3.3: Lưới kết cấu



H3.4a: Phương án không gian

H3.4b: Đồ thị vòng quay

toán số răng trong hộp phân cấp, và vẽ sơ đồ động theo cách như đối với máy công cụ truyền thống (H3.4a,b).

3.2.2 Các đặc điểm của hệ thống truyền động dùng động cơ bước

Đối với động cơ bước, góc bước $\delta_{d/c}$ có mối quan hệ với chuyển vị đơn vị của cơ cấu chấp hành theo biểu thức :

$$\Delta s = \delta_{d/c} i k_v \quad (3.7)$$

trong đó : $i = \frac{n_c}{n_{dc}}$ với

n_c , số vòng quay trục ra hộp giảm tốc [$^{vg}/s$]

$n_{d/c}$, số vòng quay của động cơ bước [$^{vg}/s$]

k_v : hệ số phụ thuộc vào cơ cấu dẫn, nếu cơ cấu dẫn

là vít me-đai ốc, ta có: $k_v = t_x$, còn với cơ cấu dẫn là bộ truyền bánh răng-thanh răng, $k_v = \pi m z$, m và z là mô đun và số răng của bánh răng dẫn động thanh răng.

Gọi V_s [mm/ph] : tốc độ chạy dao bàn máy, k_v được xác định theo biểu thức:

$$k_v = \frac{V_s}{60n_c} \text{ [mm]}$$

Lựa chọn các thông số động học của hệ thống truyền động dùng động cơ bước cần căn cứ vào :

- Độ chính xác động học yêu cầu, tức là phải bảo đảm $\Delta s \leq [\Delta s]$

$$[\Delta s]: \text{ sai số cho phép lớn nhất của cơ cấu chấp hành, hay } ik_v \leq \frac{[\Delta s]}{\delta_{dc}} \quad (3.8)$$

- Khả năng truyền được lực kéo cần thiết, hay $ik_v \leq \frac{M_1}{Q} \eta$ (3.9)

M_1 : giá trị trung bình của momen động cơ bước

Q : lực kéo lớn nhất ; η : hiệu suất truyền dẫn

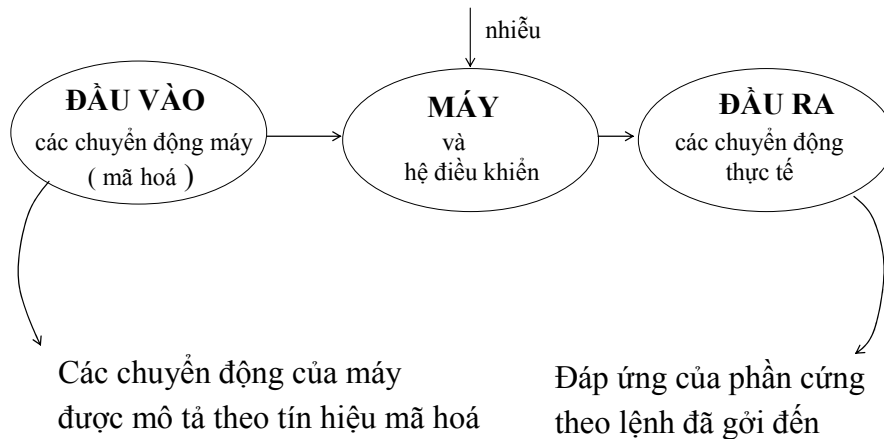
- Khả năng thực hiện tốc độ chạy dao nhanh nhất của bàn máy

$$ik_v \geq \frac{V_{s\max}}{f\delta_{dc}} \quad (3.10)$$

Chọn tỉ số truyền i của hộp giảm tốc cũng cần phải chú ý đến yếu tố động lực học hệ truyền động.

3.3 Phân tích đặc điểm kết cấu

Cấu trúc một hệ truyền động Máy ĐKS bao gồm động cơ, các thành phần truyền động và một hệ điều khiển. Hệ điều khiển nhận dữ liệu đầu vào ở dạng lệnh, ví dụ lệnh



H3.5: Cấu trúc máy công cụ ĐKS

chuyển động chỉ dẫn một tập hợp tọa độ các điểm trong không gian mà dụng cụ cần đi

qua..., xử lý và biến đổi các dữ liệu này thành tín hiệu điều khiển động cơ sau khi qua một số hệ thống con của hệ chấp hành, ví dụ mạch khuếch đại công suất, mạch biến đổi dòng...Tiếp đến là hệ truyền động cơ học, phần lớn sử dụng các bộ truyền bánh răng, đai răng, trục truyền, vít me...và cơ cấu chấp hành (bàn máy mang phôi, trục gá dao...)(H3.5)

Đầu ra của hệ truyền động là chuyển động máy thực tế theo một trục, và là đáp ứng của hệ đối với đầu vào, sao cho khi đầu vào (đại lượng dẫn) biến đổi, đầu ra phải theo kịp sự biến đổi này trong thời gian ngắn nhất. Do vậy, muốn xác định đặc tính làm việc của hệ thống truyền động Máy, cần phân tích mô hình thiết lập cho hệ để tìm mối quan hệ giữa đại lượng đầu vào cung cấp và đại lượng đầu ra (chuyển động thực tế), qua đó chỉ ra các yếu tố chi phối sự hoạt động cũng như đánh giá chất lượng hoạt động của toàn hệ.

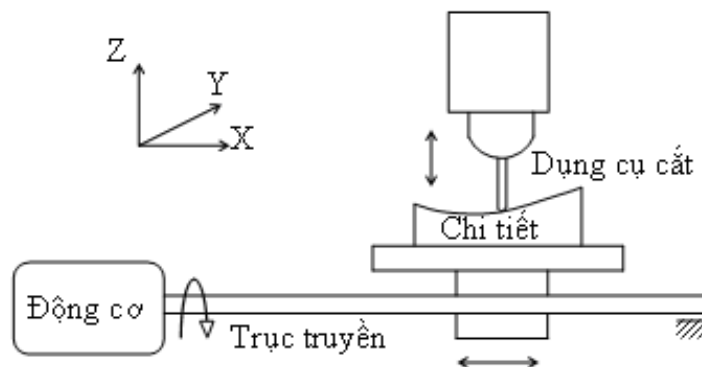
Gọi biến đầu vào hệ $u(t)$ là một đại lượng thay đổi theo thời gian t . Bài toán điều khiển cho biết với đầu vào $u(t)$, ta nhận được một đáp ứng nhất định hay đầu ra $y(t)$.

- Hệ thống truyền động và phân loại bài toán điều khiển:

Giả sử chuyển động tịnh tiến dọc một trục nào đó được thực hiện bằng cách dùng động cơ bước ghép nối tiếp với bộ truyền vít me - đai ốc bi cung cấp chuyển động cho bàn máy mang chi tiết.

Để có lượng dịch chuyển cần thiết, phải chọn góc bước cho động cơ cũng như số bước trong một đơn vị thời gian và xác định các thông số động học của hệ thống truyền động.

Các thành phần hệ bao gồm động cơ, trục, vít me và bàn máy (H3.6).



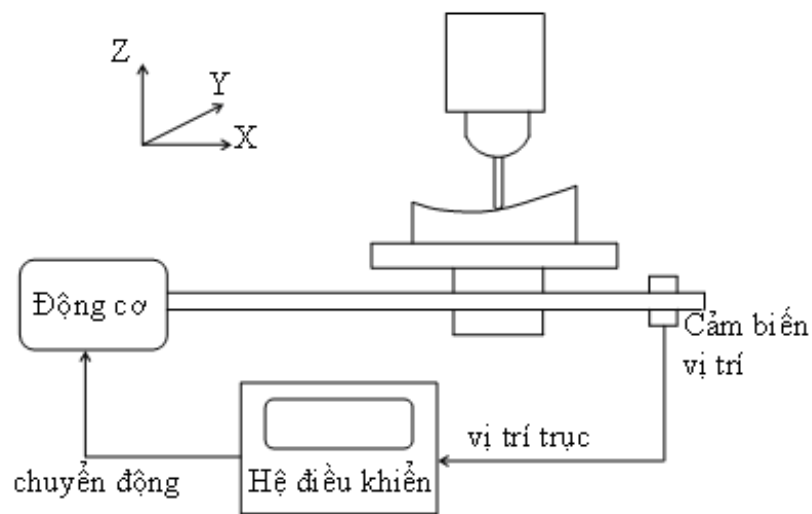
H3.6: Các thành phần của hệ thống truyền động

Lượng dịch chuyển của bàn máy dễ dàng tìm ra dựa vào mối quan hệ giữa các thông

số động học của hệ đã chọn và như đã biết, đây là hệ thống vòng hở. Tuy nhiên, giá trị thực tế của số bước nhận được, tốc độ bước và do vậy quãng đường dịch chuyển thường khác hơn so với tính toán. Tốc độ đầu ra còn phụ thuộc vào tải kéo, khe hở trong hệ truyền động và sự trễ giữa thế hiệu đặt vào cho đến khi bàn máy bắt đầu chuyển động... Có thể hiệu chỉnh các sai lệch như trên bằng cách chọn động cơ có chất lượng tốt hơn hoặc nếu biết nguồn gây ra sai lệch và ảnh hưởng của chúng như thế nào, ta có thể thiết kế một hiệu chỉnh cho chúng, chẳng hạn nếu biết nguồn nhiễu cùng với tác động của nó đến lượng dịch chuyển cần thiết, ta có thể thêm hoặc bớt đi một số bước động cơ để bù trừ. Đây là bài toán điều khiển thuận.

Một phương pháp điều khiển khác được dùng trong hầu hết các máy công cụ là thay thế việc xác định số bước bằng cách đo liên tục vị trí thực tế, so sánh nó với vị trí mong muốn và hiệu chỉnh sai lệch. Điều này có nghĩa là vị trí thực tế được kiểm tra và một tín hiệu nhận biết sự sai lệch, *hệ sau đó có tác động hiệu chỉnh để làm giảm sai lệch này.*

Cũng lấy ví dụ cần thực hiện chuyển động tịnh tiến theo một trục, nhưng sử dụng hệ thống truyền động có phản hồi. Nguồn động dùng ở đây là loại động cơ điện một chiều cung cấp chuyển động cần thiết cho bàn máy hay dụng cụ cắt (H3.7).



H3.7: Các thành phần của hệ thống truyền động có phản hồi

Để xác định các yếu tố ảnh hưởng đến lượng dịch chuyển bàn máy, cần thiết lập mô hình hệ.

- Các mô hình thành phần và của hệ
- + Hệ bậc nhất : Đầu ra của hệ là vị trí góc trục động cơ θ hay tốc độ góc ω rad/s và

đầu vào là thế hiệu $V_i(t)$.

Ở động cơ, thế hiệu đặt vào $V_i(t)$ cung cấp một dòng điện $i_a(t)$ qua cuộn dây quấn phần ứng trong một từ trường. Momen sinh ra tỉ lệ với dòng theo biểu thức:

$$M_1 = k_m i_a \quad (3.11)$$

k_m : hằng số momen của động cơ

Bỏ qua ma sát, toàn bộ momen được dùng để kéo trục động cơ mang tải, khi đó có thể mô tả hoạt động của động cơ như sau

$$k_m i_a(t) = J \frac{d\omega}{dt} \quad (3.12)$$

với J : momen quán tính của động cơ cùng với trục mang tải.

Mạch điện bên trong động cơ có các thành phần (như đã khảo sát ở Chương 1):

$$E_b = k_e \omega. \quad (3.13)$$

E_b là sức phản điện.

Coi điện áp rơi trên cuộn cảm là bé so với điện áp điện trở R_a , ta có thể viết:

$$V_i - E_b = i_a R_a \quad (3.14)$$

Giải (3.14) để tìm i_a và thay i_a cùng với (3.13) vào (3.12):

$$\frac{J R_a}{k_m k_e} \frac{d\omega}{dt} + \omega = \frac{V_i}{k_e} \quad (3.15)$$

Phương trình trên là phương trình vi phân bậc một biểu thị quan hệ giữa thế hiệu cấp cho động cơ V_i và tốc độ đầu ra động cơ ω .

Nhận xét về hệ số của số hạng đầu tiên $\frac{J R_a}{k_m k_e}$

- mỗi thành phần là một hằng số do đó số hạng trên là hằng số
- đơn vị của hệ số này là thời gian, (giây nếu đơn vị của ω là rad/giây)
- số hạng này được gọi là hằng số thời gian, T , của hệ.

Mô hình động cơ được biểu thị dưới dạng tổng quát:

$$T \frac{d\omega}{dt} + \omega = \frac{c V_i}{k_e} \quad (3.16)$$

Ở trạng thái xác lập (không có sự thay đổi chuyển động hay sự thay đổi thế hiệu), ta

có: $\frac{d\omega}{dt} = 0$ và $\omega = \omega_{ss} = \frac{c V_i}{k_e}$

trong đó c được gọi là hệ số khuếch đại của động cơ. Kết quả này là đáp ứng xác lập

của mô hình khi đầu vào dạng nấc.

Điểm chú ý ở đây là đáp ứng của hệ phụ thuộc vào hệ số c của động cơ và hằng số thời gian hệ T . Khi mô tả hoạt động của hệ thống, thường sử dụng đặc tính đáp ứng nấc-đáp ứng của một đầu vào nấc hay nói một cách khác biến đầu vào hệ thay đổi rất nhanh từ giá trị cố định này sang giá trị cố định khác.

Ứng dụng đáp ứng nấc cho mô hình động cơ để

- xác định giá trị hệ số khuếch đại của đầu ra (hệ số khuếch đại tĩnh)
- đánh giá sự biến đổi của đầu ra trước khi hệ tiến đến trạng thái xác lập (đáp ứng quá độ).

Với đầu vào nấc từ $0 \rightarrow 1$ tại thời điểm $t=0$; điều kiện đầu của tốc độ góc $\omega = 0$, đáp ứng lý thuyết của động cơ là lời giải của phương trình vi phân bậc một của mô hình động cơ :

$$T \frac{d\omega}{dt} + \omega = \frac{cV_i}{k_e} ; V_i = 0 \text{ khi } t < 0; V_i = 1 \text{ khi } t \geq 0 \quad (3.17)$$

$$\text{Kết quả nhận được: } \omega = \omega_{ss} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \quad (3.18)$$

Cũng có thể trình bày kết quả theo tỉ lệ tốc độ $\frac{\omega(t)}{\omega_{ss}}$. Thời gian tính theo đơn vị của hằng số thời gian T .

Lời giải của phương trình mô tả mô hình còn được dùng để phân tích cho một số trường hợp cần thiết, ví dụ muốn đánh giá đáp ứng của động cơ khi đầu vào chịu kích thích hình sin ở tần số nào đó...

Phương trình (3.17) đặc trưng cho hệ khảo sát là phương trình vi phân bậc 1 có một đầu vào-một đầu ra với giả thiết các đáp ứng thành phần không có sự trễ. Một cách tổng quát, các hệ này được gọi là các *hệ bậc nhất*.

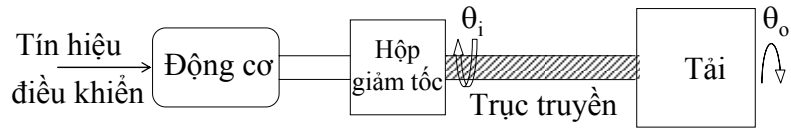
+ Hệ bậc hai: Hệ thống truyền động Máy gồm động cơ, các thành phần truyền động cùng với cơ cấu chấp hành là bàn máy hay trục dụng cụ (H3.8).

Cấu trúc thu gọn của hệ thống truyền động có phản hồi trên H3.9. Vị trí bàn máy phải được đo một cách liên tục và thông tin này dùng để chỉ dẫn các lệnh chuyển động kế tiếp.

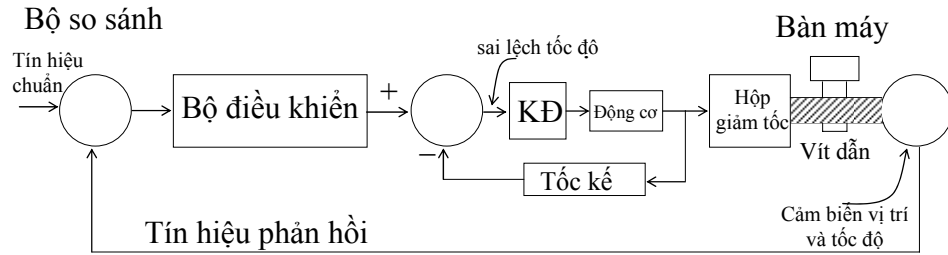
Hệ thống truyền động quy đổi tính toán như H3.10, trong đó:

b : hệ số ma sát tương đương

k_{td} : độ cứng tương đương của hệ.



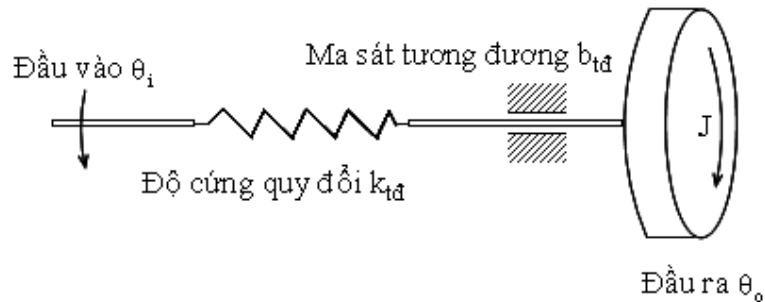
H3.8: Mô hình hệ thống truyền động



H3.9: Cấu trúc của hệ thống truyền động có phản hồi

Biến khảo sát là vị trí góc của trục truyền, θ . Vị trí cuối của bàn máy là đầu ra hệ θ_o và vị trí cuối của động cơ là đầu vào hệ θ_i . Momen xoắn cần truyền gây ra biến dạng đối với trục và do đó làm thay đổi chuyển động trục.

Độ cứng của hệ được gộp vào trục ra với độ cứng xoắn tương đương k_{td} .



H3.10: Mô hình hệ quy đổi

Momen xoắn trên trục

$$M_t = k_{td}(\theta_i - \theta_o) \quad (3.19)$$

Hầu hết các hệ truyền động thường xử dụng ma sát lăn giữa các bề mặt đối tiếp.

Momen ma sát khi đó là:
$$M_{ms} = -b \frac{d\theta_o}{dt} \quad (3.20)$$

b: hệ số ma sát lăn

Phương trình cân bằng mô tả chuyển động của hệ:

$$J\ddot{\theta}_o = k_{td}(\theta_i - \theta_o) - b\dot{\theta}_o \quad (3.21)$$

$$\text{hay } \ddot{\theta}_o + \frac{b}{J} \dot{\theta}_o + \frac{k_{td}}{J} \theta_o = \frac{k_{td}}{J} \theta_i \quad (3.22)$$

Đây là phương trình đặc trưng của mô hình hệ cho biết mối quan hệ giữa đầu ra θ_o và đầu vào θ_i - (3.22) có dạng phương trình vi phân tuyến tính bậc hai.

Phương trình cuối thường được viết lại dùng các số hạng mô tả bản chất vật lý của hệ. $\ddot{\theta}_o + 2\xi\omega_n \dot{\theta}_o + \omega_n^2 \theta_o = g \omega_n^2 \theta_i$ (3.23)

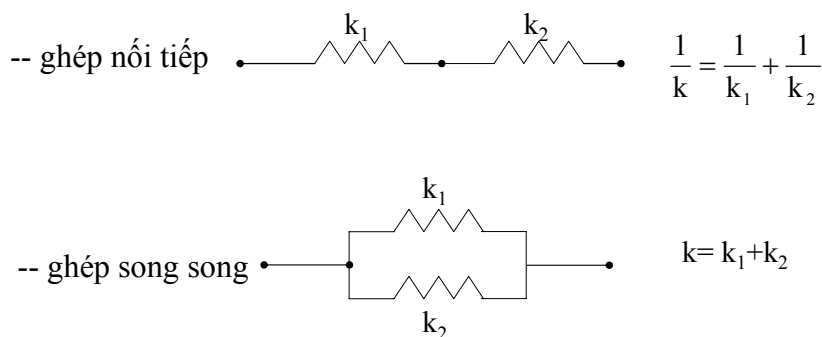
với tần số riêng không cản của hệ là ω_n . Ảnh hưởng của yếu tố ma sát được mô tả bằng giá trị ξ , hay tỉ số cản. Hệ số khuếch đại g , tần số riêng ω_n và tỉ số cản ξ đặc trưng cho hoạt động của hệ thống khảo sát.

Một cách tổng quát, các hệ này được gọi là các *hệ bậc hai*. Lời giải của phương trình (3.23) cho biết hoạt động của hệ trong miền thời gian. Ngoài ra, dựa vào lời giải, có thể phân tích đặc tính dao động của hệ trong nhiều trường hợp ứng dụng cụ thể.

Đối với các hệ thống truyền động máy công cụ nói chung và máy CNC nói riêng, thành phần truyền động thường sử dụng là các cặp truyền động bánh răng, truyền động đai, ly hợp, khớp nối..., chúng có yêu cầu cao về độ cứng, độ bền mòn và tính chịu nhiệt, trong đó yếu tố đặc trưng của thành phần là độ cứng.

Độ cứng của thành phần truyền động được đánh giá qua chuyển vị (chuyển vị dài hoặc chuyển vị góc).

Tùy theo các thành phần của hệ được ghép nối tiếp hay song song, độ cứng tương đương của hệ truyền động được tính toán khác nhau.



H3.11 : Mô hình các thành phần truyền động

3.3.1 : Đặc điểm tính toán

Độ cứng của các thành phần truyền động thường gặp :

1. Trục :

Độ cứng của trục có tiết diện tròn :

$$k = \frac{G\pi d^4}{32l} \text{ [Nm/rad]} \quad (3.24)$$

trong đó

d : đường kính trục; l : chiều dài trục;

G : mô đun đàn hồi chống xoắn

$G \cong 7,5 \times 10^{10} \text{ N/m}_2$ đối với thép

$\cong 2,5 \times 10^{10} \text{ N/m}_2$ đối với nhôm

2. Bánh răng :

Giả sử bánh răng chủ động đủ cứng, độ cứng của bánh răng bị động :

$$k = C_g b r^2 \text{ [Nm/rad]} \quad (3.25)$$

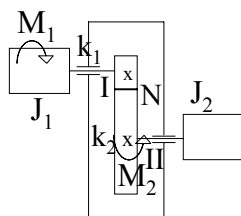
trong đó

b : bề rộng răng ;

r : bán kính vòng chia của bánh răng bị động ;

C_g : hệ số tiếp xúc bề mặt răng; $C_g \cong 1,34 \times 10^{10} \text{ N/m}_2$ đối với thép

3. Độ cứng trục ra của hệ truyền động



Ta có : $M_1 = k_1 \delta_1$

$M_2 = k_2 \delta_2$

trong đó

δ_1, δ_2 là chuyển vị góc của trục I

và trục II, tương ứng

H3.12 : Hệ truyền động

$M_2 = N M_1$

$\delta_2 = \frac{1}{N} \delta_1$

$N > 1$: tỉ số truyền hộp giảm tốc

Do vậy:
$$k_2 = \frac{M_2}{\delta_2} = \frac{N M_1}{\frac{1}{N} \delta_1} = N^2 k_1 \quad (3.26)$$

Ví dụ : Cho $k_1 = 500 \text{ Nm/rad}$, bộ truyền bánh răng có tỉ số truyền giảm tốc $N=10$. Bánh răng bị động có độ cứng $k_{br} = 5000 \text{ Nm/rad}$. Tìm độ cứng của hệ.

Giải :

Do độ cứng trục ra $k_2 = N^2 k_1$, ta có $k_{hệ}$ được xác định theo độ cứng của 2 thành phần truyền động ghép nối tiếp :

$$\frac{1}{k_{\Sigma}} = \frac{1}{k_{br}} + \frac{1}{k_{20}} = \frac{1}{k_{br}} + \frac{1}{N^2 k_{10}} = \frac{1}{5000} + \frac{1}{10^2 (500)}$$

$$\Rightarrow k_{\Sigma} = \frac{50000}{11} \cong 4545 \text{ Nm/rad}$$

* Nhận xét : Khi thành phần cuối của hệ thống truyền động là thành phần giảm tốc lớn, độ cứng của các thành phần trước đó có thể bỏ qua

4. Đai truyền : Độ cứng của bộ truyền đai :

$$k_B = \frac{AE}{l} \quad (3.27)$$

trong đó A : tiết diện đai [mm^2] ; E : mô đun đàn hồi của đai [N/mm^2]

l : chiều dài của đoạn dây đai tự do giữa các pully cộng với $1/3$ chiều dài đai tiếp xúc với các pully [mm]

5. Nối trục

Coi nối trục như 1 dầm chịu uốn và tính độ cứng ở điểm cuối. Đối với nối trục có tiết diện tròn, độ cứng của nối trục được tính theo công thức

$$k = \frac{3\pi E(d_2^4 - d_1^4)}{64l^3} \quad (3.28)$$

trong đó d_1, d_2 : đường kính trong và ngoài của nối trục; l : chiều dài trục

E : mô đun đàn hồi chống uốn $E \cong 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ đối với thép
 $\cong 2/3 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ đối với nhôm

Đối với nối trục tiết diện vuông, độ cứng k được tính

$$k = \frac{E(w_2^4 - w_1^4)}{4l^3} \quad (3.29)$$

trong đó w_1, w_2 : các kích thước trong và ngoài của nối trục

6. Hệ thống truyền động tương đương

Khảo sát hệ thống truyền động H3.12.

Viết phương trình chuyển động cho hệ thống trên với các giả thiết :

θ_1, θ_2 : chuyển vị góc tại vị trí đặt khối lượng 1 và 2 .

b_1, b_2 : hệ số ma sát trên trục 1 và 2, tương ứng .

$$(J_1 \ddot{\theta}_1 + b_1 \dot{\theta}_1) + \frac{1}{N} (J_2 \ddot{\theta}_2 + b_2 \dot{\theta}_2) = M_1$$

thay $\theta_2 = \frac{\theta_1}{N}$, ta được:

$$(J_1 + \frac{J_2}{N^2}) \ddot{\theta}_1 + (b_1 + \frac{b_2}{N^2}) \dot{\theta}_1 = M_1 = \frac{M_2}{N} \text{ (viết theo biến } \theta_1 \text{)}$$

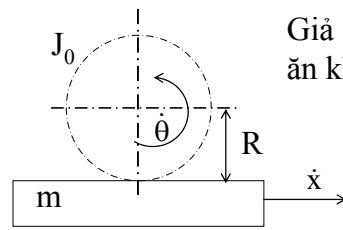
hoặc : $(J_2 + N^2 J_1) \ddot{\theta}_2 + (b_2 + N^2 b_1) \dot{\theta}_2 = M_2$ (viết theo biến θ_2)

Như vậy, hệ thống trên có thể quy về 1 hệ thống thu gọn, với quán tính tương đương của đĩa 2 so với đĩa 1 là $\frac{J_2}{N^2}$ (hoặc quán tính tương đương của đĩa 1 so với đĩa 2 là

$N^2 J_1$) và các hệ số cản tương đương $\frac{b_2}{N^2}$ hoặc $N^2 b_1$ tùy theo biến chuyển vị cần xét.

Để xác định độ cứng tương đương của hệ quy đổi, có thể dựa theo phương pháp xác định độ cứng chung của hệ phụ thuộc vào độ cứng thành phần và cách ghép.

- Với bộ truyền bánh răng-thanh răng dùng làm cơ cấu chấp hành: (H3.13a)
- Với bộ truyền vít me-đai ốc dùng làm cơ cấu chấp hành : (H3.13b)



Giả sử J_0 : momen quán tính của bánh răng ăn khớp với thanh răng

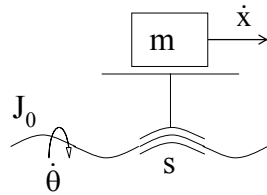
m : khối lượng bàn máy

Khi đó $m_{td} = m + \frac{J_0}{R^2}$

hoặc $J_{td} = J_0 + mR^2$

H3.13a : Cơ cấu Bánh Răng-Thanh Răng

Giả sử J_0 : momen quán tính của vít me bàn máy



m : khối lượng bàn máy

Khi đó $m_{td} = m + \frac{4\pi^2}{s^2} J_0$

hoặc $J_{td} = J_0 + \frac{ms^2}{4\pi^2}$

H3.13b : Cơ cấu Vít me-Đai ốc

s : bước vít me bàn máy

3.3.2 Đặc tính chất lượng của hệ truyền động

Giá trị hằng số thời gian tương đương của các hệ thống truyền động (hệ bậc hai) có thể được tính theo các công thức sau :

- Đối với hệ truyền động thực hiện chuyển động quay

$$T = \frac{2J_{td}}{b_{td}} [s] \tag{3.30}$$

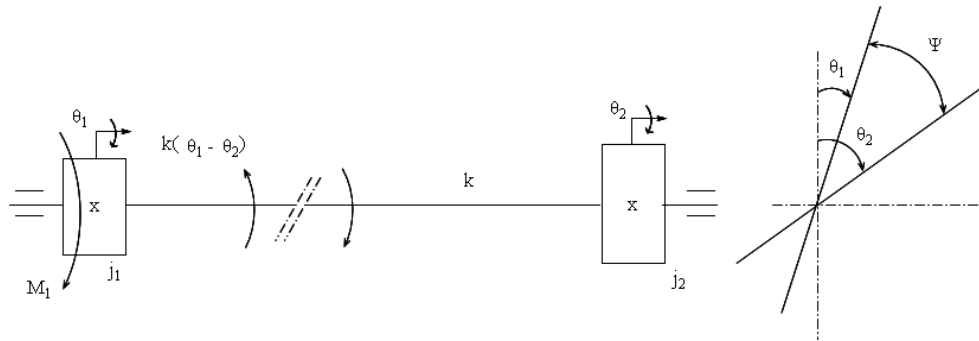
- Đối với hệ truyền động thực hiện chuyển động tịnh tiến

$$T = \frac{2m_{td}}{b_{td}} [s] \quad (3.31)$$

Chú ý : $T_s|_{1\%} = 4,6T$; $T_s|_{2\%} = 4T$; $T_s|_{5\%} = 3T$

Các ví dụ ứng dụng:

Phần lớn các trường hợp khi khảo sát hệ truyền động thu gọn, có thể quy về sơ đồ tính toán gồm 2 khối lượng



H3.14: Sơ đồ tính toán hệ quy đổi 2 khối lượng

Phương trình chuyển động có dạng:

$$\begin{cases} j_1 \ddot{\theta}_1 = M_1 - b(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) - k(\theta_1 - \theta_2) \\ j_2 \ddot{\theta}_2 = k(\theta_1 - \theta_2) - b(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) \end{cases} \quad (3.32)$$

hay

$$\begin{cases} j_1 \ddot{\theta}_1 + b(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) + k(\theta_1 - \theta_2) = M_1 \\ j_2 \ddot{\theta}_2 - b(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) - k(\theta_1 - \theta_2) = 0 \end{cases} \quad (3.33)$$

$$\Rightarrow \ddot{\theta}_1 + \frac{b}{j_1}(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) + \frac{k}{j_1}(\theta_1 - \theta_2) = \frac{M_1}{j_1}$$

và

$$\ddot{\theta}_2 - \frac{b}{j_2}(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) - \frac{k}{j_2}(\theta_1 - \theta_2) = 0$$

Do đó

$$(\ddot{\theta}_1 - \ddot{\theta}_2) + \left(\frac{b}{j_1} + \frac{b}{j_2}\right)(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) + \left(\frac{k}{j_1} + \frac{k}{j_2}\right)(\theta_1 - \theta_2) = \frac{M_1}{j_1} \quad (3.34)$$

hay

$$\ddot{\Psi} + b\left(\frac{1}{j_1} + \frac{1}{j_2}\right)\dot{\Psi} + k\left(\frac{1}{j_1} + \frac{1}{j_2}\right)\Psi = \frac{M_1}{j_1}$$

$$\ddot{\Psi} + b\left(\frac{j_1 + j_2}{j_1 j_2}\right)\dot{\Psi} + k\left(\frac{j_1 + j_2}{j_1 j_2}\right)\Psi = \frac{M_1}{j_1} \quad (3.35)$$

Khi đó

$$T = \frac{2j_1 j_2}{b(j_1 + j_2)} \quad (3.36)$$

Ví dụ : Xác định quán tính tương đương và độ cứng tương đương của hệ thống truyền động sau

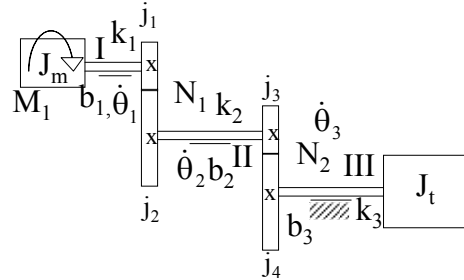
Các giả thiết :

J_m : Momen quán tính của rô to động cơ

j_1, j_2, j_3, j_4 : Momen quán tính của các bánh răng trong hộp

N_1, N_2 : Các tỉ số truyền giảm tốc (>1)

b_1, b_2, b_3 : Các hệ số ma sát trên các trục I, II, III



H3.15 : Hệ thống truyền động có giảm tốc 2 cấp

Giải :

Viết phương trình chuyển động của hệ, trong đó giả sử chuyển vị góc tại đầu và cuối trục I (trục động cơ) là như nhau (θ_1), chuyển vị góc tại đầu và cuối trục II là như nhau ($\theta_2 = \theta_3$), chuyển vị góc tại đầu và cuối trục III là θ_4 .

$$(J_m + j_1) \ddot{\theta}_1 + b_1 \dot{\theta}_1 + \frac{1}{N_1} [(j_2 + j_3) \ddot{\theta}_2 + b_2 \dot{\theta}_2] + \frac{1}{N_1 N_2} [(j_4 + j_t) \ddot{\theta}_4 + b_3 \dot{\theta}_4] = M_1 \quad (3.37)$$

Thay $\theta_2 = \frac{\theta_1}{N_1}$; $\theta_4 = \frac{\theta_1}{N_1 N_2}$ ta có :

$$[(J_m + j_1) + \frac{j_2 + j_3}{N_1^2} + \frac{j_4 + j_t}{N_1^2 N_2^2}] \ddot{\theta}_1 + (b_1 + \frac{b_2}{N_1^2} + \frac{b_3}{N_1^2 N_2^2}) \dot{\theta}_1 = M_1 \quad (3.38)$$

Như vậy, quán tính tương đương viết theo chuyển vị góc θ_1 là

$$J_{td1} = (J_m + j_1) + \frac{j_2 + j_3}{N_1^2} + \frac{j_4 + j_t}{N_1^2 N_2^2} \quad (3.39a)$$

hoặc nếu viết theo chuyển vị góc θ_4 , ta có :

$$J_{td2} = N_1^2 N_2^2 (J_m + j_1) + N_2^2 (j_2 + j_3) + (j_4 + j_t) \quad (3.39b)$$

Độ cứng tương đương của hệ thống :

$$\frac{1}{k_\Sigma} = \frac{1}{k_{br4}} + \frac{1}{k_{III_0}} \quad (3.40)$$

trong đó

$$\frac{1}{k_{III_0}} = \frac{1}{k_{III_i}} + \frac{1}{k_{III}} \text{ với } \frac{1}{k_{III_i}} = \frac{1}{N_2^2 k_{II_0}}$$

và

$$\frac{1}{k_{II_0}} = \frac{1}{k_{br2}} + \frac{1}{k_{II_i}} + \frac{1}{k_{II}} = \frac{1}{k_{br2}} + \frac{1}{N_1^2 k_{I_0}} + \frac{1}{k_{II}}$$

Do đó

$$\frac{1}{k_{III_0}} = \frac{1}{k_{III}} + \frac{1}{N_2^2} \left(\frac{1}{k_{br2}} + \frac{1}{k_{II}} + \frac{1}{N_1^2 k_{I_0}} \right)$$

hay

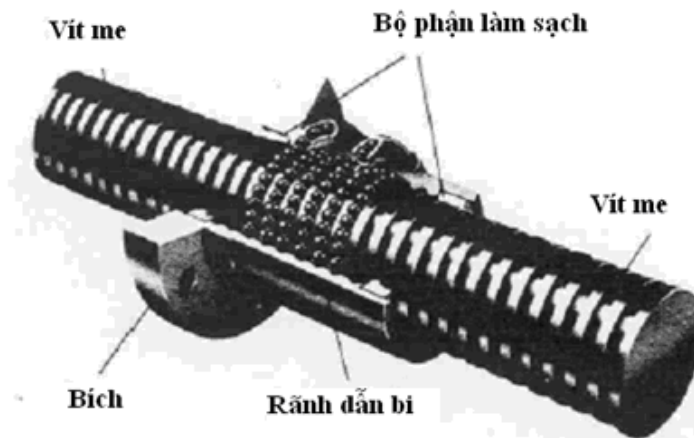
$$\frac{1}{k_{\Sigma}} = \frac{1}{k_{br4}} + \frac{1}{k_{III}} + \frac{1}{N_2^2 k_{br2}} + \frac{1}{N_2^2 k_{II}} + \frac{1}{N_1^2 N_2^2 k_{I_0}} \quad (3.41)$$

$$\Rightarrow k_{hệ}$$

3.3.3 Một số cơ cấu đặc biệt trong Máy công cụ ĐKS

3.3.3.1. Cơ cấu vít me - đai ốc bi

Vít me là phần dẫn động cuối cùng của truyền động chạy dao trong phần lớn các máy công cụ ĐKS, do vậy cần sử dụng các vít me có độ chính xác cao, chịu mòn, và đảm bảo cứng vững. Loại cơ cấu vít me- đai ốc bi (H3. 16) có tiếp xúc giữa vít me và đai ốc là tiếp xúc lăn nên có thể coi ma sát không đáng kể và đáp ứng được các yêu cầu làm việc kể trên.

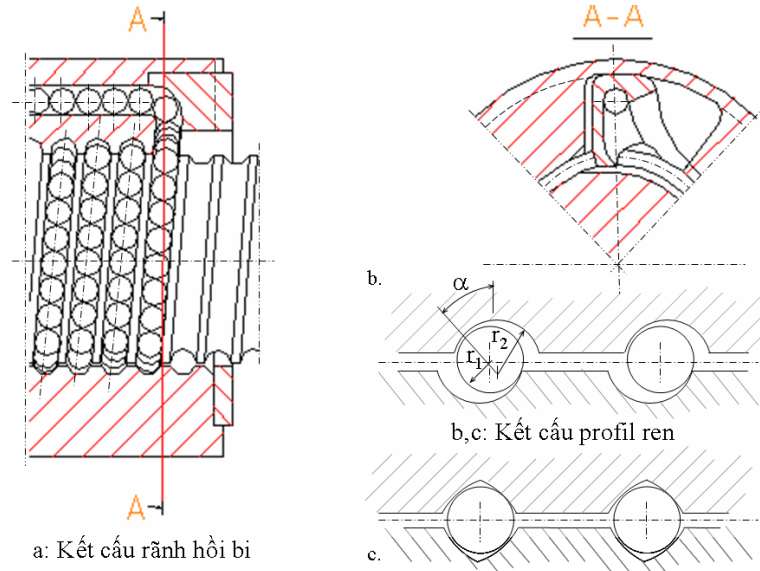


H3.16: Cơ cấu vít me đai ốc bi

Cả vít me và đai ốc đều có profil ren dạng cung tròn được gia công chính xác để dẫn bi. Các rãnh dẫn bi chạy theo đường ren và vòng trở lại theo một đường dẫn bên trong của đai ốc bi. Rãnh của vít me và đai ốc được chế tạo có hình dạng cung nửa vòng tròn bán kính r_1 và r_2 , tỉ số r_1/r_2 chọn từ (0,95 ÷ 0,97), với r_1 : bán kính bi, r_2 : bán kính của rãnh đai ốc. Khe hở đường kính chọn sao cho góc tiếp xúc 45° .

Các ưu điểm chính :

- Tổn thất ma sát bé, hiệu suất của cơ cấu vít me-đai ốc bi có thể đạt tới 0,9 trong khi các vít me-đai ốc trượt chỉ đạt từ (0,2 ÷ 0,4)
- Độ cứng dọc trục cao nhờ các biện pháp tạo lực căng sơ bộ ban đầu.
- Lực ma sát không phụ thuộc vào vận tốc, do đó đảm bảo chuyển động ổn định.
- Đảm bảo độ chính xác làm việc lâu dài.



H3.17a, b, c: Kết cấu rãnh hồi bi và profil ren

Đặc điểm tính toán :

1. Xác định lực kéo cho phép Q : Xuất phát từ điều kiện bền tiếp xúc giữa vật thể lăn bi-rãnh xoắn ốc, trị số ứng suất tiếp xúc lớn nhất được cho bởi công thức Hertz

$$\sigma_k = 1,43 \sqrt[3]{\frac{PE^2 (r_2 - r_1)^2}{r_1^2 r_2^2}} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] \quad (3.42)$$

trong đó P: tải trọng tĩnh tác dụng lên 1 viên bi [kg]; E: mô đun đàn hồi của vật liệu [kg/cm²]. Đối với thép E ≈ 2 × 10¹¹ [N/m²] = 2 × 10⁶ [kg/cm²]; r₁, r₂ [cm]

Với r₁/r₂ bằng 0,96 và chọn vật liệu thép, thay vào công thức trên:

$$\sigma_k = 4,3 \times 10^3 \sqrt[3]{\frac{P}{d_1^2}} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] \quad (3.43)$$

trong đó, d₁: đường kính bi [cm]

Ứng suất tiếp xúc cho phép phụ thuộc vào độ cứng bề mặt tiếp xúc:

$$[\sigma_k] = (2,5 \div 3) 10^4 \frac{\text{HRC}}{60} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$$

Giả sử lấy $\sigma_k \leq [\sigma_k] = 2,5 \times 10^4 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$ (ứng với bề mặt tiếp xúc đạt HRC= 60), từ công thức (3.43), có thể xác định tải trọng giới hạn đối với 1 viên bi:

$$P \leq 200 d_1^2 [\text{kg}] \quad (3.44)$$

Lực kéo cho phép tác dụng lên vít me:

$$Q \leq P z_t \sin \alpha \cos \lambda [\text{kg}]$$

$$\text{hay } Q \leq 200 z_t d_1^2 \sin \alpha \cos \lambda [\text{kg}] \quad (3.45)$$

trong đó, z_t : số bi tính toán, có thể lấy $z_t = 0,7z$

α : góc tiếp xúc, lấy $\alpha = 45^\circ$

λ : góc nâng đường vít, $\lambda \approx (2 \div 3)^\circ$, do đó coi $\cos \lambda \approx 1$

Thay các giá trị bằng số, cuối cùng ta có:

$$Q \leq 100z d_1^2 [\text{kg}] \quad (3.46)$$

Tính toán theo tuổi thọ của bộ truyền: quy về việc xác định hệ số tuổi thọ k_0 :

$$k_0 = k_Q \sqrt[3]{\frac{60Tn C_i}{10^7}} \quad (3.47)$$

với, T : thời hạn phục vụ [g], ví dụ $T = 5000$ giờ; n [v/ph]: số vòng quay tính toán của bộ truyền, tính theo công thức

$$n = (n_{\max} + n_{\min}) / 2$$

C_i : số chu kỳ tải trọng trong 1 vòng quay, được tính: $C_i = 0,5z_t \left(1 + \frac{r_1}{r_0} \cos \alpha \right)$

trong đó, r_0 : bán kính tâm bi.

k_Q : hệ số biến đổi tải trọng, lấy $k_Q \approx 0,9$

Nếu $T = 5000$ g, $C_i \approx 20/2 = 10$, $k_Q \approx 0,9$, ta có: $k_0 = 0,6 \sqrt[3]{n} \quad (3.48)$

Chú ý rằng khi $k_0 \leq 1$ thì theo (3.48), số vòng quay trung bình $n < 5$, điều kiện tuổi thọ được đảm bảo khi đảm bảo bền, còn khi $k_0 > 1$, dẫn đến công thức cuối cùng là:

$$Q \leq \frac{100z d_1^2}{k_0} \quad (3.49)$$

2. Xác định độ cứng vít me

a. Độ cứng dọc trục

$$k = \frac{dQ}{d\delta} \quad (3.50)$$

với δ : chuyển vị dọc trục của vít me.

k phụ thuộc vào các tham số hình học của bề mặt tiếp xúc và mô đun đàn hồi của vật

liệu.

Có thể chứng minh được rằng [9]

$$k = 0,8 \sqrt[3]{d_1 Q_c z_t^2} \quad (3.51)$$

Q_c : lực căng sơ bộ [kg]. Theo kinh nghiệm, lấy $Q_c = 0,35 Q$, do vậy thay $z_t = 0,7z$, ta nhận được :

$$k = 2 d_1 z \left[\frac{\text{kg}}{\mu\text{m}} \right] \quad (3.52)$$

b. Độ cứng xoắn của vít me

Giá trị độ cứng xoắn của vít me được xác định theo chiều dài vít và đường kính trung

bình của ren :

$$k = \frac{G\pi d_{tb}^4}{32l_{vm}} \quad (3.53)$$

Các thông số kích thước chính của bộ truyền vít me- đai ốc bi có thể tham khảo trong các bảng (5.1) và (5.2) [11].

3.3.3.2. Các cơ cấu cấp và thay thế tự động dụng cụ

Yêu cầu chung đối với cơ cấu cấp và thay thế tự động dụng cụ:

- Chứa được nhiều dao
- Thời gian thay dao tối thiểu
- Thay dao theo chu trình tự động, ví dụ ở đầu Rơ vôn ve :
 - + Tháo lỏng dao vừa gia công xong
 - + Quay thuận thay dao
 - + Quay nghịch kẹp chặt dao mới, kết thúc thay dao.

1. Cấp dụng cụ bằng đầu Rơ vôn ve

Thường gặp trên các máy phay, khoan, tiện ...Loại này có nhược điểm là số lượng dao ít, từ (6 ÷ 12) dao. Dao quay chiếm không gian làm việc và có thể gây trở ngại cho các thao tác điều khiển. Thời gian thay dao vào khoảng (4 ÷ 6) s

2. Cấp dao bằng tay máy

Loại này thường có 2 bộ phận chính : Ổ trữ dụng cụ và tay máy.

Ổ trữ dụng cụ có thể lắp trực tiếp lên thân máy, trực chính, hoặc lắp ngoài máy khi cần bố trí số lượng dao lớn. Tay máy đặt giữa ổ trữ dụng cụ và trục chính. Các dao trong ổ trữ đều được mã hoá. Thời gian thay dao vào khoảng (1 ÷ 2)s.

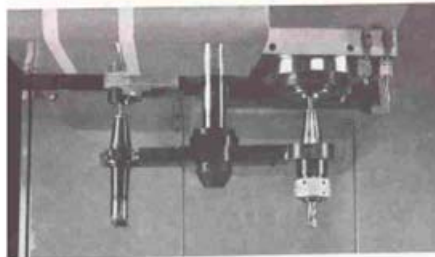
Các ổ trữ dụng cụ mới nhất có mạch điều khiển được sắp xếp chặc chẽ vào một vi mạch EPROM (Electrically Programmable Read-Only Memory) trong đó chứa cả hai:

ký hiệu dụng cụ và các số liệu về vị trí, cho phép chuyển đổi tự động số liệu dụng cụ vào bộ ghi dữ liệu dụng cụ máy ĐKS một cách nhanh chóng và chính xác. Để kích hoạt các loại ổ trữ này cần có thêm một phần mềm PLC chuyên dùng (EPROM).

1. Đầu Rơ vôn ve



2. Tay máy



H3.18 : Cơ cấu cấp và thay thế tự động dụng cụ

3.3.3.3. Các kết cấu đặc biệt khác :

1. Các loại bàn máy chuyển đổi được

Để giảm tối đa thời gian phụ, một số máy còn trang bị các loại bàn máy chuyển đổi được cho phép gá đặt chi tiết gia công bên ngoài máy và đưa vào chuyển đổi bàn máy thích hợp .

2. Các thiết bị kiểm tra chi tiết

3. Các thiết bị đo kiểm và hiệu chỉnh dụng cụ

4. Bộ phận ĐKS



b. Bảng điều khiển



a. Các phím điều khiển máy

c. Bàn phím PC

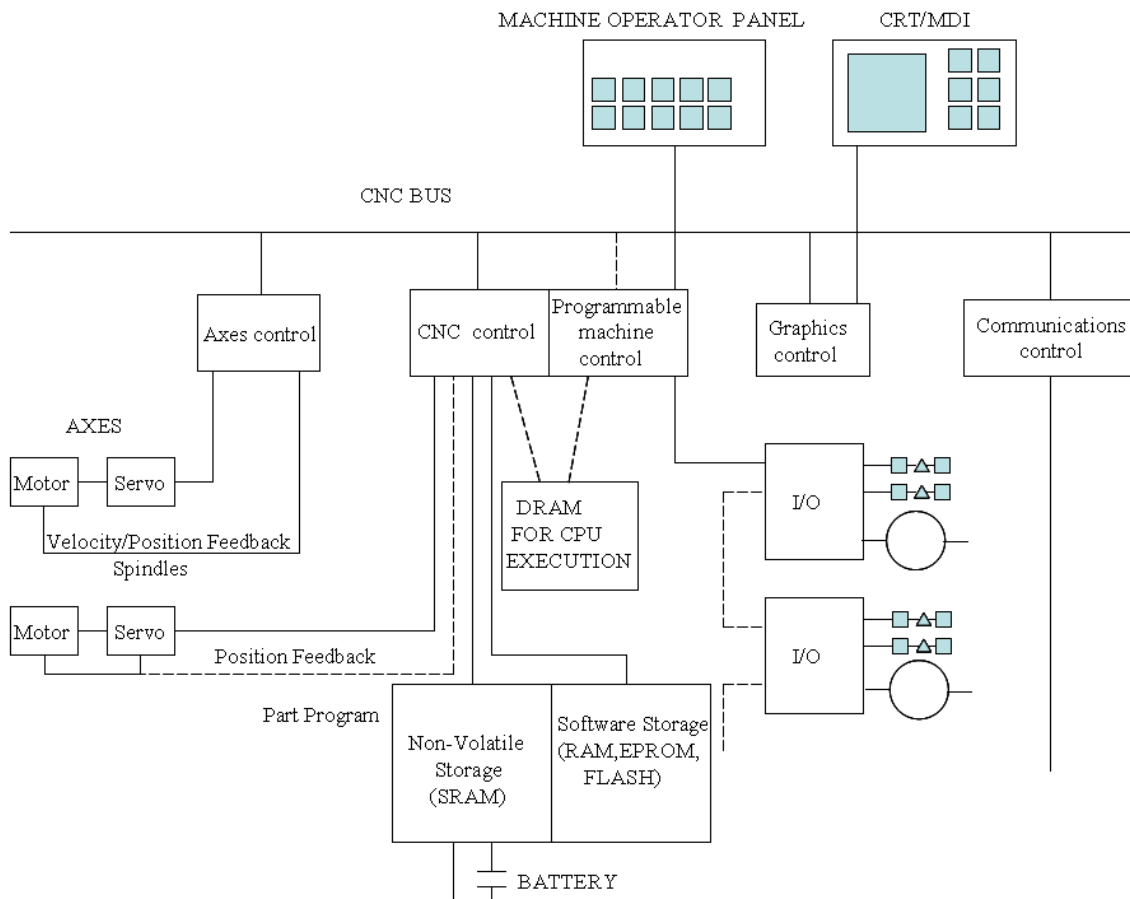
H3.19: Bộ phận điều khiển máy ĐKS



H3.20: Màn hình và các phím điều khiển

Hai hình H3.19 và H3.20 mô tả một bộ phận ĐKS điển hình. Chúng gồm :

- bàn phím ký tự -số (address and numeric keyboard) dùng cho việc nhập trực tiếp dữ liệu chương trình.
- các phím điều khiển máy (machine control keys), các nút over-ride (nút thực hiện chế độ ưu tiên)
- 1 màn hình và các phím mềm (screen and soft keys).



H3.21: Sơ đồ thiết kế của 1 hệ điều khiển số máy công cụ (Nguồn [7])

Bộ phận ĐKS chứa tất cả các mạch điện tử, phần cứng của bộ điều khiển..., liên kết tất cả chức năng như nhập và xử lý dữ liệu, cung cấp dữ liệu ra, hiển thị thông tin, chạy các chương trình điều khiển và chương trình ứng dụng trong bộ nhớ, các cổng ghép nối với thiết bị ngoại vi... để thực hiện điều khiển máy (H3.21).

Trên máy công cụ CNC thường cho phép hoạt động ở các chế độ sau :

- Manual: Dùng các phím điều khiển bằng tay để dịch chuyển bàn máy. Chế độ này chủ yếu dùng cho việc gá đặt hiệu chỉnh chi tiết trên máy. Ví dụ cho trục chính quay, cho trục chính chuyển động theo phương Z, cho bàn máy chuyển động theo phương X, phương Y...

- Manual Data Input (MDI) : nhập các lệnh mã máy (mã G & M) vào hệ điều khiển qua các phím bảng điều khiển. Mặc dù có thể nhập toàn bộ chương trình gia công vào hệ điều khiển, chế độ MDI thường dùng để soạn thảo, sửa đổi các chương trình đã có sẵn trong bộ nhớ hoặc gá đặt trước dụng cụ.

- Single Block : chế độ chạy từng dòng lệnh. Chế độ này dùng vào việc kiểm tra, hoàn chỉnh trước khi chuyển chế độ tự động (automatic)

- Automatic : chế độ chạy tự động chương trình gia công.

- Các chế độ dừng chương trình:

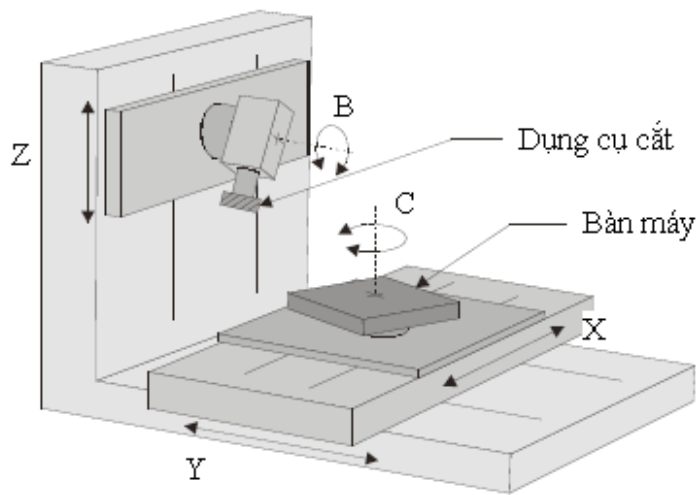
- + Dừng khẩn cấp (Emergency Stop): Dừng tức khắc các chuyển động của máy, mọi thông tin của bộ nhớ công tác đều bị xoá. Khi đóng mạch trở lại cho hệ điều khiển, phải thực hiện lại chuyển động trở về điểm chuẩn

- + Dừng chạy dao (Feed Hold): Dừng toàn bộ các chuyển động chạy dao, khi đó các số liệu về vị trí trên các trục chuyển động không bị mất. Chức năng này thường dùng để kiểm tra dao, sau đó chương trình có thể được tiếp tục nhờ 1 phím REPOS (Reposition) để dao trở lại vị trí công tác trước khi dừng chạy dao

Một đặc tính bổ sung của bộ phận ĐKS là khả năng lập trình theo kiểu hội thoại. Lập trình theo kiểu này sử dụng các mã lệnh dễ nhớ, qua đó vật liệu dụng cụ, vật liệu phôi có thể nhập, biên dạng hình học của chi tiết và đường dịch chuyển dụng cụ được xác định, các mã G cũng được tạo ra tự động. Người lập trình còn có thể mô phỏng bằng đồ họa đường dịch chuyển dụng cụ trên màn hình, thử và kiểm tra lần cuối chương trình.

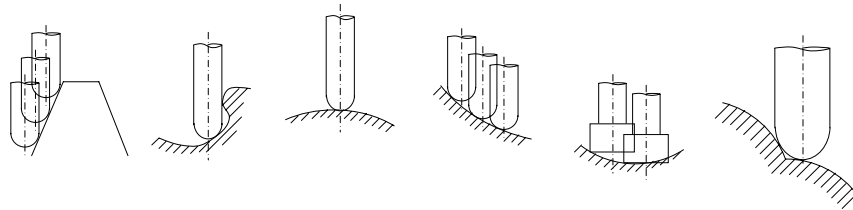
3.4 Các máy 4 và 5 trục - Các trung tâm gia công ĐKS

3.4.1 Các đặc điểm chung của 1 máy 5 trục (H3.22):

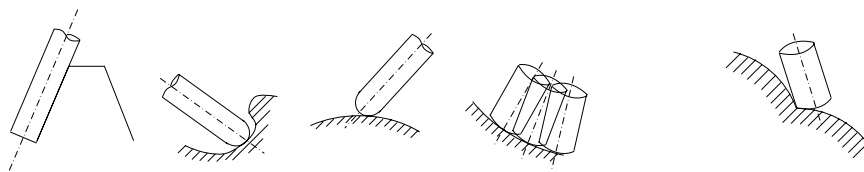


H3.22: Máy 5 trục

- Các chuyển động tịnh tiến theo các trục X-, Y-, và Z- và các chuyển động quay A- và B- (phối hợp đồng thời)
- Có thể thay đổi hướng dụng cụ cắt đồng thời ngay trong quá trình gia công.
- Nếu có phần bề mặt nào đó cần gia công nhưng dụng cụ cắt không thể tiếp cận được trong một lần gá đặt, cần chọn máy ĐKS 5 trục.



a: Gia công trên máy 3 trục



b: Gia công trên máy 5 trục

H3.23: Gia công trên máy 5 trục so với máy 3 trục

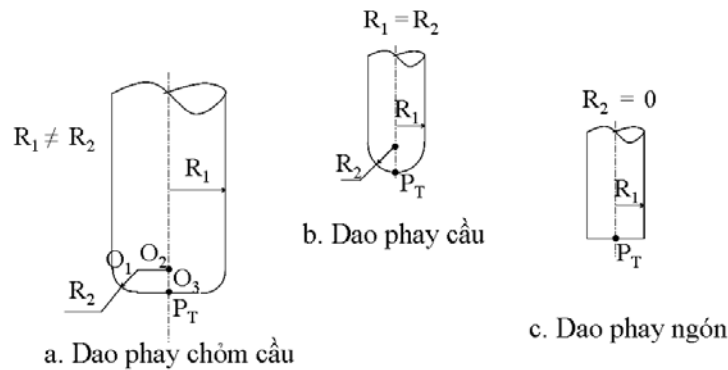
So với máy 3 trục, gia công trên máy 5 trục có nhiều ưu điểm vượt trội, như năng suất cao hơn, có tính dễ tiếp cận của dụng cụ với các bề mặt gia công phức tạp, dễ cải thiện chất lượng bề mặt.... H3.23 là 1 số trường hợp điển hình các bề mặt gia công trên máy 5 trục và máy 3 trục.

Các trung tâm gia công ĐKS thực chất cũng là các máy công cụ ĐKS nhưng có thể

tích hợp nhiều nguyên công khác nhau chỉ với 1 lần gá đặt phôi. Nó được thiết kế để phay, khoan, doa, khoét lỗ, cắt ren, kể cả các biên dạng phức tạp. Với khả năng tập trung nguyên công cao, các trung tâm gia công cho phép gia công hoàn toàn một chi tiết phức tạp mà chỉ cần một lần gá đặt phôi, do vậy chúng được coi là nhân tố chính đối với việc tự động hoá sản xuất loạt nhỏ và đơn chiếc.

3.4.2 Các vấn đề về hiệu chỉnh dụng cụ theo 3 kích thước

Vị trí điểm cắt thực tế của dụng cụ so với điểm chuẩn P_T nhận được qua phép cộng véc tơ giữa các véc tơ vị trí điểm bề mặt P_M và các véc tơ nối từ điểm cắt thực tế đến điểm chuẩn P_T , phụ thuộc vào loại dụng cụ cắt được dùng (dao phay chỏm cầu, cầu hay dao phay mặt mút).



H3.24: Hiệu chỉnh dụng cụ 3 kích thước

Vị trí điểm chuẩn dụng cụ P_T được xác định bởi phương trình:

$$[P_T] = [P_M] + [O_1] + [O_2] + [O_3] \quad (3.54)$$

trong đó $\vec{O}_1 = \vec{n}R_2 \quad (3.55)$

$$\vec{O}_2 = \vec{n}_{xy}(R_1 - R_2) \quad (3.56)$$

$$\vec{O}_3 = \vec{k}R_2 \quad (3.57)$$

Ví dụ với dao phay cầu (hình 3.24b): $O_B = \vec{n}R_2 - \vec{k}R_2$

Với dao phay ngón (hình 3.24c): $O_C = \vec{n}_{xy}R_1$

$[P_M]$: toạ độ vị trí điểm cắt gọt trên bề mặt

\vec{n} : véc tơ pháp đơn vị tại điểm cắt gọt trên bề mặt

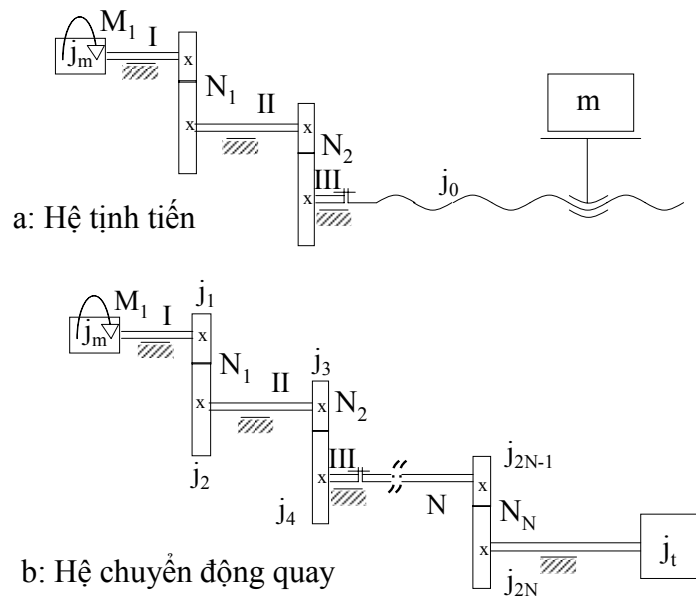
\vec{n}_{xy} : hình chiếu của véc tơ pháp \vec{n} lên mặt phẳng xy. Có thể viết:

$$\vec{n}_{xy} = \left[\frac{n_x}{|\vec{n}_{xy}|}, \frac{n_y}{|\vec{n}_{xy}|}, 0 \right] \quad (3.58)$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$: các véc tơ pháp đơn vị của các mặt phẳng hệ trục toạ độ

Các câu hỏi và bài tập chương 3:

1. Thiết kế 1 đường truyền chạy dao công tác máy CNC sử dụng động cơ 1 chiều điều chỉnh vô cấp $(650 \div 2600)^{vg/ph}$. Cho $s_{min} = 10^{mm/ph}$; $s_{max} = 500^{mm/ph}$
2. Thiết kế 1 đường truyền hộp tốc độ máy CNC sử dụng nguồn 1 chiều điều chỉnh vô cấp $(700 \div 2800)^{vg/ph}$. Phạm vi tốc độ: $n_{min} = 12,5^{vg/ph}$, $n_{max} = 2000^{vg/ph}$.
3. Thiết kế 1 đường truyền chạy dao nhanh dùng động cơ bước. Cho biết góc bước $\delta_{d/c} = 1,8^0$. Tốc độ dịch chuyển nhanh yêu cầu $V_{smax} [m/ph] = 10$. Độ chính xác dịch chuyển cần đạt $1\mu m$. Hỏi tần số f và số vòng quay của động cơ ?
4. Thiết kế 1 đường truyền chạy dao dùng động cơ bước. Yêu cầu :
 $V_{smax} = 4,8 m/ph$ (nhạy); $V_s = (0,003 \div 0,5)^{m/ph}$ (công tác). Độ chính xác dịch chuyển $[\Delta s] = 0,01mm$
 $\text{ĐS} : i = 30/125; k_v = 10mm; f_{max} = 12kHz$ và $\delta_{d/c} = 1,8^0$
5. Xác định độ cứng tương đương và quán tính tương đương cho các hệ truyền động theo H3.25



H3.25: Các hệ truyền động

6. Các chế độ công tác (mode) thường gặp trên máy công cụ ĐKS. Chế độ làm việc nào để hệ điều khiển chỉ thực hiện một lệnh trong chương trình tại một thời điểm và sau đó dừng ?
Single Block
7. Đặc điểm chung và khả năng công nghệ của 1 máy CNC 5 trục.
8. Giải thích phương trình vectơ hiệu chỉnh dụng cụ theo 3 kích thước. Ứng dụng cho trường hợp dụng cụ cắt là dao phay ngón.

Chương 4 Chế tạo được hỗ trợ bằng máy tính

Với sự hỗ trợ của máy tính, các chương trình gia công được tạo ra một cách nhanh chóng và tin cậy hơn hẳn so với kỹ thuật lập trình bằng tay. Đặc điểm chung của các chương trình hỗ trợ này là đường dịch chuyển của dụng cụ được xác định dựa trên các ngôn ngữ lập trình tự động trước khi chuyển đổi sang các chương trình mã G và M cho 1 máy CNC cụ thể, và nhập vào hệ điều khiển bằng 1 trong các cách, ví dụ như băng đục lỗ, CNC(Computer Numerical Control), hoặc DNC(Direct Numerical Control).

4.1 Ngôn ngữ lập trình tự động APT (Automatically Programmed Tools)

Ngôn ngữ lập trình tự động đầu tiên là ngôn ngữ APT phát triển vào năm 1955 ứng dụng cho gia công 3 tọa độ. APT cho phép lập trình đường dịch chuyển dụng cụ theo biên dạng hình học đã được định nghĩa trước, làm giảm nhẹ những tính toán cần thiết đối với người lập trình.

Ưu điểm chính của APT là biên soạn theo một tiêu chuẩn chung có thể dùng lập trình cho tất cả các máy công cụ. Hầu hết các ngôn ngữ lập trình tự động ngày nay đều dựa trên ngôn ngữ này.

Cấu trúc của ngôn ngữ APT bao gồm các từ khóa xác định được ghép nối với nhau theo một nguyên tắc cú pháp cho trước, dùng biểu diễn biên dạng hình học, đường dịch chuyển của dụng cụ và các yếu tố cần thiết của chế độ gia công.

Các nhóm lệnh của ngôn ngữ APT:

- Mô tả biên dạng hình học từ các định nghĩa về điểm, đường, mặt ...
- Mô tả đường dịch chuyển dụng cụ theo biên dạng hình học đã định nghĩa.
- Các lệnh mô tả về chế độ cắt cùng như các thông tin về máy, dụng cụ cắt, các điều kiện gia công....
- Các lệnh hỗ trợ xử lý các số liệu về miền dung sai của dụng cụ và chi tiết.

Ví dụ 1 đoạn chương trình APT (H4.1):

...

P0=POINT/0,-1.0,0

P1=POINT/6.0,1.125,0

P2=POINT/0,0,0

P3=POINT/6.0,0,0

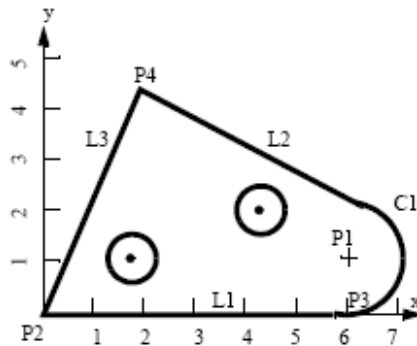
P4=POINT/1.75,4.5,0

L1=LINE/P2,P3

```

C1=CIRCLE/CENTER,P1,RADIUS,1.125
L2=LINE/P4,LEFT,TANTO,C1
L3=LINE/P2,P4
PL1=PLANE/P2,P3,P4
FROM/P0
GO/TO,L1,TO,PL1,PAST,L3
GORGT/L1,TANTO,C1
GOFWD/C1,PAST,L2
GOFWD/L2,PAST,L3
GOLFT/L3,PAST,L1
GOTO/P0
...

```



H4.1: Ví dụ 1 đoạn chương trình APT

Các chương trình APT thường mở đầu bằng các lệnh giới thiệu chương trình :

PARTNO__

MACHIN/__

Các lệnh mô tả biên dạng hình học

...

Các lệnh mô tả đường dịch chuyển dụng cụ và điều kiện gia công

...

FINI

4.1.1 Mô tả biên dạng hình học

Dạng tổng quát của các lệnh mô tả :

Ký hiệu = khai báo hình học / dữ liệu mô tả

- Mô tả điểm (yếu tố hình học đơn giản nhất ở APT)

p=POINT/x,y,z : một điểm trong hệ trục tọa độ vuông góc.

p=POINT/l1,l2 : giao điểm của 2 đường thẳng l1 và l2.

p=POINT/c : tâm của 1 vòng tròn.

p=POINT/YLARGE,INTOF,l,c: điểm cắt có y lớn nhất của 1 đường thẳng với 1 vòng tròn.

*Chú ý: Có thể là YSMALL,XLARGE,XSMALL thay cho YLARGE

Ví dụ:

Điểm P1 có tọa độ X=100mm, Y= 200mm và Z= 300mm được mô tả :

P1=POINT/100.0,200.0,300.0

- Đường thẳng

l=LINE/x1,y1,z1,x2,y2,z2: tọa độ các điểm cuối trong hệ trục tọa độ vuông góc.

l=LINE/p1,p2: các điểm cuối.

l=LINE/p,PARLEL,l : 1 đường thẳng qua 1 điểm và // với 1 đường thẳng khác.

l=LINE/p,PERPTO,l : 1 đường thẳng qua 1 điểm và \perp với 1 đường thẳng khác.

l=LINE/p,LEFT,TANTO,c : 1 đường thẳng nối từ 1 điểm đến 1 điểm tiếp xúc bên trái trên 1 vòng tròn.

l=LINE/p,RIGHT,TANTO,c : 1 đường thẳng nối từ 1 điểm đến 1 điểm tiếp xúc bên phải trên 1 vòng tròn.

l=LINE/LEFT,TANTO,c1,LEFT,TANTO,c2 : xác định bởi các tiếp tuyến của 2 vòng tròn.

l=LINE/LEFT,TANTO,c1,RIGHT,TANTO,c2 : xác định bởi các tiếp tuyến của 2 vòng tròn.

l=LINE/RIGHT,TANTO,c1,LEFT,TANTO,c2 : xác định bởi các tiếp tuyến của 2 vòng tròn.

l=LINE/RIGHT,TANTO,c1,RIGHT,TANTO,c2 : xác định bởi các tiếp tuyến của 2 vòng tròn.

- Đường tròn

c=CIRCLE/x,y,z,r : các tọa độ tâm và bán kính.

c=CIRCLE/CENTER,p,RADIUS,r : 1 điểm là tâm và 1 bán kính.

c=CIRCLE/CENTER,p,TANTO,l : 1 tâm và tiếp xúc với 1 đường thẳng.

c=CIRCLE/p1,p2,p3 : xác định bởi 3 điểm.

c=CIRCLE/YLARGE,l1,YLARGE,l2,RADIUS,r: tiếp xúc với 2 đường và bán kính.

*Chú ý: Có thể là YSMALL,XLARGE,XSMALL thay cho YLARGE.

- Các yếu tố hình học phức tạp hơn

PLANE/ : xác định 1 mặt phẳng.

QUADRIC/a,b,c,d,e,f,g,h,i,j : xác định 1 dãy số dựa vào các giá trị.

GCONIC/a,b,c,d,e,f : xác định 1 mặt nón bởi các hệ số phương trình.

LCONIC/p1,p2,... : xác định 1 mặt nón qua những điểm chọn.

RLDSRF/ : 1 mặt kẻ được tạo ra bởi 2 đường kẻ .

POLCON/ : xác định 1 mặt bằng các tiết diện ngang.

PATERN/ : sẽ lặp lại 1 chuyển động theo mảng số liệu thẳng hay tròn.

Sau khi đã có được đầy đủ các yếu tố hình học, ta có thể chỉ dẫn dụng cụ đi theo đường dịch chuyển cần thiết.

4.1.2 Mô tả đường dịch chuyển

Dạng tổng quát của các lệnh mô tả :

Lệnh dịch chuyển / dữ liệu mô tả

- Các lệnh cơ bản

FROM/p : chỉ dẫn 1 điểm khởi đầu.

FROM/x,y,z : chỉ dẫn 1 điểm khởi đầu qua tọa độ điểm.

GOTO/p : dịch chuyển đến điểm cuối.

GOTO/x,y,z : dịch chuyển đến điểm cuối.

GOTO/TO,p : dịch chuyển cho đến khi dụng cụ đến 1điểm.

GOTO/TO,l : dịch chuyển cho đến khi dụng cụ đến 1đường.

GOTO/TO,c : dịch chuyển cho đến khi dụng cụ đến 1vòng tròn.

GOLFT/11,TO,l2 : dịch chuyển bên trái đường l1cho đến khi dụng cụ đến đường l2

GORGT/11,TO,l2:dịch chuyển bên phải đường l1cho đến khi dụng cụ đến đường l2.

GOBACK/11,TO,l2 : đảo chiều chuyển động dọc theo l1 đến l2.

GOBACK/11,TO,c1 : đảo chiều chuyển động dọc theo l1 đến c1.

GOUP/11,TO,l2 : dịch chuyển lên dọc theo l1 đến l2.

GODOWN/11,TO,l2 : dịch chuyển xuống dọc theo l1 đến l2.

GODLTA/x,y,z : thực hiện 1 dịch chuyển theo gia số.

*Có thể là PAST,ON để chỉ dẫn hoặc tâm dụng cụ đi qua yếu tố hình học, hoặc tâm dụng cụ dừng trên yếu tố hình học thay cho TO.

- Các lệnh dịch chuyển dụng cụ phức tạp hơn

POCKET/ : cắt 1 hố lõm

PSIS/ : yêu cầu dạng mặt gia công

Các ví dụ:

Lệnh dịch chuyển từ điểm xuất phát P1, với điểm này được coi là điểm xuất phát ban đầu của đường dịch chuyển dụng cụ :

FROM/P1

Lệnh dịch chuyển đến điểm P2 :

GOTO/P2

hay nếu dịch chuyển theo hệ thống ghi kích thước tuyệt đối đến điểm có tọa độ X=100mm,Y=200mm, và Z=300mm :

GOTO/100.0,200.0,300.0

Lệnh dịch chuyển theo hệ thống ghi kích thước gia số từ vị trí hiện tại:

GODLTA/100.0,200.0,300.0

Lệnh để dịch chuyển dụng cụ về phía trước, với hướng dịch chuyển dụng cụ bên trái bề mặt đầu tiên S1 , và đi qua bề mặt giới hạn S2, được viết :

GOLFT/S1,PAST,S2.

4.1.3 Các lệnh hỗ trợ và chỉ dẫn gia công

CUTTER/n1,n2 : xác định đường kính n1 và bán kính n2 của dụng cụ

MACHIN/n,m : dùng một chương trình xử lý tiếp theo cho máy 'n', phiên bản 'm'

COOLNT/n : hoặc MIST, FLOOD hay OFF

TURRET/n : đưa đầu dụng cụ đến vị trí mới

TOLER/n : thiết lập khoảng dung sai cho gia công

INTOL/n1: khoảng giới hạn dưới so với kích thước danh nghĩa

OUTTOL/n2: khoảng giới hạn trên so với kích thước danh nghĩa

FEDRAT/n : đặt lượng chạy dao n

SPINDL/n,CW : chỉ dẫn số vòng quay n [v/ph] và chiều quay trục chính.

TOOLNO/n:dụng cụ số n

UNITS/Inch,mm: đơn vị dùng

STOP: dừng chương trình

* Một số chỉ dẫn phụ trợ cần thiết trong lập trình

REMARK : bắt đầu 1 dòng chú giải

\$\$: cũng cho phép dòng chú giải, nhưng sau các lệnh khác

NOPOST : tắt chương trình xử lý tiếp theo

CLPRNT : in ra 1 loạt các vị trí tâm dụng cụ tại các thời điểm khác nhau

SQRTF(n) : tính căn bậc 2 cho 1 số thực

FINI : dừng chương trình

PARTNO/n : cho phép người dùng đặt tên chi tiết

LOOPST và LOOPND : các lệnh vòng lặp

RESERV/n,m : định nghĩa mảng kích thước n x m

JUMPTO/n : nhảy đến dòng số

*Có thể khai báo các biến, thực hiện 1 số phép toán , dùng các hàm có sẵn

Các ví dụ:

Lệnh thiết lập lượng chạy dao 100 mm/ph :

FEDRAT/100,MMPM

Lệnh đặt số vòng quay trục chính 1500 vg/ph theo chiều kim đồng hồ :

SPINDL/1500,RPM,CLW

Lệnh mở dung dịch làm nguội:

COOLNT/ON

Lệnh gọi dao số 1

TURRET/1 hoặc LOADTL/1

4.1.4 Một số ngôn ngữ lập trình tự động (ngôn ngữ tiêu chuẩn có dấu *)

ADAPT (ADaptation of APT): Một tập con của APT

*APT (Automatically Programmed Tool): Một ngôn ngữ dựa trên các yếu tố hình học cơ sở để tạo ra chương trình dịch.

AUTOSPOT (AUTOmatic System for POSitioning Tools): Một ngôn ngữ 2D được phát triển do hãng máy tính IBM, sau đó ghép với ADAPT.

COMPACT/COMPACTII : Một ngôn ngữ bậc cao được thiết kế cho các định nghĩa hình học các chi tiết, nhưng nó không đòi hỏi phải biên soạn.

EXAPT : A european flavor of APT: Một phiên bản mở rộng của APT.

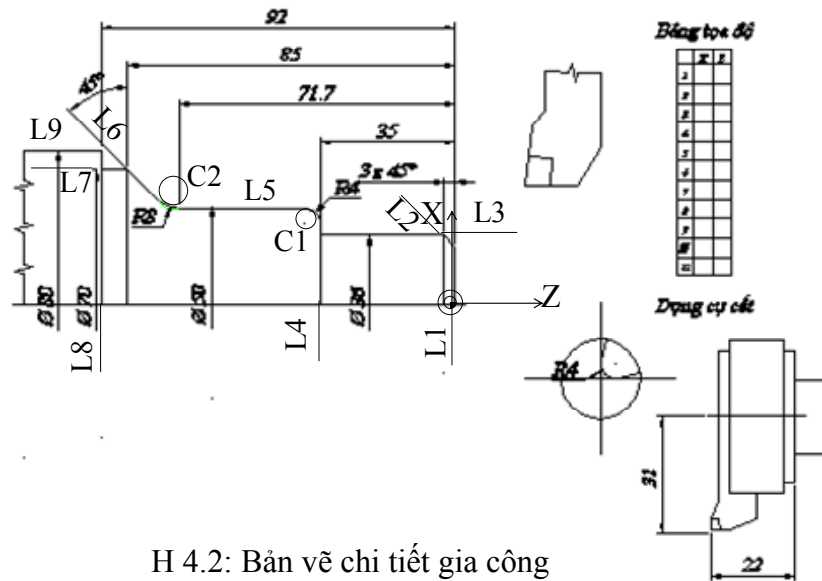
*G-Codes (EIA RS-274 G&M codes): Các mã G&M tiêu chuẩn.

STEP-NC (ISO 14649) và STEP-NC mở rộng (ISO 10303): Hướng mới của ISO 6983

MAPT (Microcomputer APT) - Cũng là một phiên bản khác của APT.

UNIAPT : chương trình liên kết APT cho các hệ thống máy tính số lượng nhỏ.

4.1.5 Ví dụ lập trình với APT (H4.2)



H 4.2: Bản vẽ chi tiết gia công

Chương trình APT	Giải thích
PARTNO/0815	Số hiệu chương trình
MACHIN/_	Máy tiện ĐKS_
REMARK Geometric definition	Khai báo biên dạng hình học
P1=POINT/0,0	Điểm P1 có tọa độ X0Z0
L1=LINE/PLAN,.0	Đường L1, theo mặt đầu, Z0
L2=LINE/36,-2,ATANGL,45	Đường L2, qua điểm X36Z-2góc45 so với L1
L3=LINE/DIA,36	Đường L3, đường kính Ø36
L4=LINE/PLAN,-35	Đường L4, theo mặt đầu Z-35
L5=LINE/DIA,50	Đường L5, đường kính Ø50
L6=LINE/70,-85,ATANGL,-45	Đường L6, qua điểm X-70Z-85 góc-45
L7=LINE/DIA,70	Đường L7, đường kính Ø70
L8=LINE/PLAN,-92	Đường L8, theo mặt đầu Z-92
L9=LINE/DIA,80	Đường L9, đường kính Ø80
C1=CIRCLE/XSMALL,L5, ZSMALL,L4, RADIUS,4	Vòng tròn C1. Tọa độ tâm có X nhỏ hơn tiếp xúc với L5. Tọa độ tâm có Z nhỏ hơn tiếp xúc với L4. Bán kính R4
C2=CIRCLE/XLARGE,L5, ZSMALL,L6,RADIUS,8	Vòng tròn C2. Tọa độ tâm có X lớn hơn, Z nhỏ hơn tiếp xúc với L5, L6. Bán kính R8

REMARK Motion command	Khai báo lệnh dịch chuyển
FROM/0,200	Điểm xuất phát của chuyển động dụng cụ
TOOLN0/13,GETN0,5	Dao 13. Bộ nhớ hiệu chỉnh N° 5
CUTTER/0.8	Dao có bán kính đỉnh dao R0.8
SPINDL/1500,CCW	Số vòng 1500v/ph,chiều ngược kim đồng hồ
COOLNT/ON	Mở dung dịch làm nguội
RAPID	Chạy dao nhanh.
TLRGT	Dao bên phải đường bao gia công
GOON/L1	Chạy lên L1
FEDRATE/0.2	Lượng chạy dao 0.2mm/vg
GORGT/L1	Chạy sang phải, dọc L1
GORGT/L2	Chạy sang phải, dọc L2
GORGT/L3	Chạy sang phải, dọc L3
GORGT/L4	Chạy sang phải, dọc L4
GOFWD/C1	Chạy lên phía trước đến vòng tròn C1
GOFWD/L5	Chạy lên phía trước vòng tròn đến L5
GOFWD/C2	Chạy lên phía trước đến vòng tròn C2
GOFWD/L6	Chạy lên phía trước vòng tròn đến L6
GOLFT/L7	Chạy sang trái, dọc L7
GORGT/L8,ON,L9	Chạy sang phải, dọc L8 đến L9
COOLNT/OFF	Tắt dung dịch trơn nguội
SPINDLE/OFF	Dừng trục chính
FINI	Kết thúc chương trình

4.2 Các hệ thống liên kết CAD/CAM/CNC

Các hệ thống CAD/CAM/CNC (chế tạo có hỗ trợ của máy tính) cho phép tạo ra đường dịch chuyển dụng cụ một cách tự động theo đặc điểm biên dạng chi tiết gia công và điều kiện gia công đối với các máy CNC. Các hệ thống này bao gồm chương trình xử lý và xử lý tiếp theo chuyên dùng.

– Chương trình xử lý (CAD/CAM): Là chương trình mô tả vật thể hình học chi tiết, cùng với các chỉ dẫn gia công, các số liệu dụng cụ...nhằm cung cấp đầy đủ dữ liệu về đường dịch chuyển dụng cụ cũng như các thông tin cần cho gia công mô tả theo ngôn ngữ APT. Các bước:

- Nhập dữ liệu mô tả biên dạng hình học chi tiết để có thể mô hình hóa vật thể 3D
- Nhập số liệu dụng cụ cắt và kiểu máy công cụ
- Nhập số liệu về tốc độ cắt và lượng chạy dao hoặc tính toán dựa trên số liệu dụng cụ cắt và vật liệu phôi gia công
 - Xác định lượng kim loại cần hớt bỏ.
 - Tạo đường dịch chuyển dụng cụ .

– Chương trình xử lý tiếp theo : Đây là chương trình cần thiết để chuyển các dữ liệu từ chương trình xử lý ở dạng file APT sang chương trình gia công theo các mã điều khiển của 1 máy ĐKS cụ thể (các mã G&M). Các chương trình xử lý tiếp theo có thể cài đặt cùng với các hệ thống CAD/CAM hoặc thực hiện độc lập sau khi đã có file APT.

Với sự trợ giúp của máy tính, biên dạng hình học của chi tiết còn có thể được dùng để phân tích thiết kế nhờ các chương trình phần tử hữu hạn, có thể lựa chọn các phương án gia công khác nhau dựa vào các phiếu phân tích kỹ thuật cũng như cơ sở dữ liệu tổ chức sản xuất ...Chúng tạo ra một liên kết trực tiếp hình thành giữa thiết kế và chế tạo, cho phép sử dụng một cơ sở dữ liệu chung từ khâu thiết kế đến khâu gia công, cả việc lập kế hoạch, tổ chức và quản lý sản xuất. Rõ ràng là với các hệ thống hỗ trợ liên kết, thời gian tiêu tốn cần thiết cho việc hoàn thành các công đoạn sản xuất sản phẩm giảm đi đáng kể, không những thế, còn dễ dàng cải thiện chất lượng sản phẩm, mang lại hiệu quả kinh tế.

Cho đến nay, mô hình hoá hình học trên máy tính dựa theo tính chất vật thể (parametric solid modeling) đang là công cụ hỗ trợ tiên tiến nhất (ví dụ với các phần mềm Pro/ENGINEER hay AutoCAD Designer). Cách mô hình hoá này không dùng các yếu tố hình học thuần túy thông thường như *nón*, *trụ*, *cầu*... để xác định vật thể mà dựa trên tính chất tạo hình của vật thể, mỗi tính chất xây dựng dựa trên tính chất trước đó, tạo vật thể ứng với mỗi tính chất. Từng tính chất có thể là đơn giản, nhưng tập hợp các tính chất cho phép tạo ra được các chi tiết và cơ cấu phức tạp thường gặp trong thiết kế chế tạo.

Dùng *extrude*, *revolve*, *blend*, *sweeping*... tạo vật thể, và dựa vào các tính chất tạo hình riêng cài đặt trước để chỉ dẫn hình dáng hình học cụ thể, ví dụ *lỗ* (lỗ thông, không thông, lỗ chìm), *góc lượn*, *vát mép*, *rãnh*..., ngoài ra còn có *cut* and *shell* (chuyển mô

hình vật thể rắn sang vật thể rỗng...).

Để tạo mặt cắt 2D cho *extrude, revolve...*, phải có 2D Sketcher và công cụ tự động gán 1 giá trị kích thước cho đặc tính đã vẽ. Các kích thước này có thể thay đổi bất kỳ lúc nào một cách dễ dàng, chỉ cần nhập giá trị mong muốn, hoặc coi nó là biến. Người dùng phải cung cấp đầy đủ các kích thước cần thiết cho mặt cắt 2D này. *Extrude, Revolve, Sweep* hay *Loft (Blend)* mặt cắt 2D ta có được mô hình vật thể 3D. Cùng với vật thể, là các files tạo ra để dùng cho chương trình xử lý (CAM), chương trình phân tích kỹ thuật (FEA)...

4.3 Chương trình xử lý tiếp theo

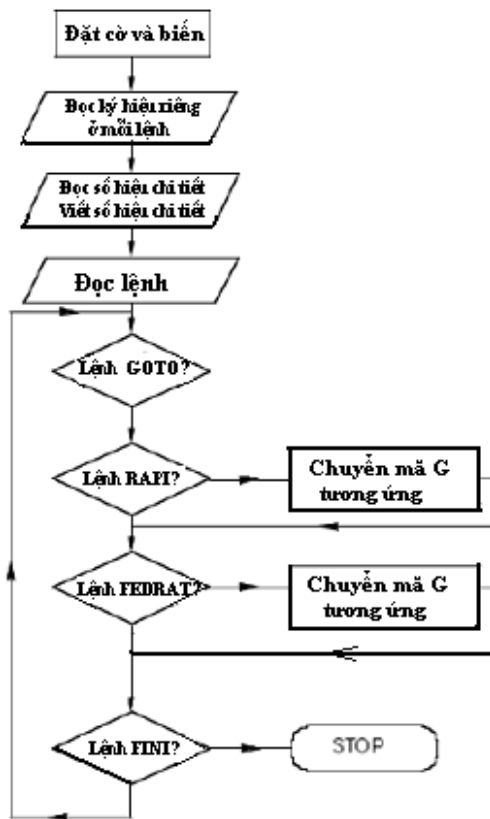
Do tính đa dạng của các hệ điều khiển CNC phụ thuộc vào nhà sản xuất, các chương trình xử lý tiếp theo thường được viết một cách riêng lẻ cho từng máy và các trang bị cụ thể để dùng cho gia công trên 1 máy CNC tương ứng. Các chương trình này chuyển đổi các file dữ liệu định dạng APT của đường dịch chuyển dụng cụ nhận được từ các chương trình CAD/CAM sang các lệnh mã máy G xác định.

Bảng 4.1

APT Codes	G-codes
CIRCLE	G02 and G03
COOLNT	M07 and M08
FEDRAT	G01
FINI	%
FROM	G92, G54, G55 etc.
RAPID	G00
SCALE	G58
SPINDL	M03 and M05
STOP	M30 and M02
TOOLNO 1-20	T 1-20
UNITS	G20 and G21

Chức năng của một chương trình xử lý tiếp theo là chuyển đổi các lệnh viết theo ngôn ngữ APT thành các lệnh mã G. Một số lệnh tương đương giữa file dữ liệu APT và các lệnh mã G được cho trong bảng 4.1, ví dụ lệnh RAPID của APT ứng với G00 của mã G. Các tương đương khác thường gặp như: lập trình theo hệ thống ghi kích thước tuyệt đối hoặc gia số, nội suy thẳng và tròn, bù dao và các đơn vị đo...

H4.3 là sơ đồ khối của một chương trình xử lý tiếp theo. Chương trình có 2 phần, đầu tiên mở và đọc các file APT, sau đó chuyển đổi lần lượt các lệnh APT sang các lệnh mã G& M xác định ở 1 máy cụ thể và ghi lại trên 1 file mới. File kết quả được tải đến hệ điều khiển của máy đó để tiến hành gia công.



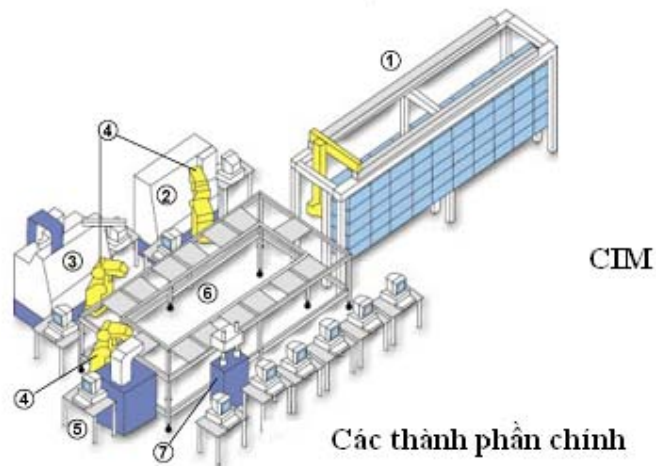
H4.3: Sơ đồ khối của chương trình xử lý tiếp theo

4.4 Chế tạo liên kết qua máy tính- CIM (Computer Integrated Manufacturing-)

4.4.1 Các khái niệm:

Cơ sở dữ liệu từ các hệ thống hỗ trợ CAD/CAM có thể dùng phối hợp với các dữ liệu cần thiết khác để điều khiển quá trình sản xuất bằng máy tính.

H4.4 trình bày một ví dụ điển hình của ứng dụng CIM trong sản xuất. Robot cấp phối nạp chi tiết đang được chứa ở hệ thống kho chứa và tìm kiếm tự động IASRS (Automatic Storage and Retrieval System) vào hệ thống băng tải. Băng tải đưa chi tiết đến máy phay CNC 2 tại đó một rô bốt khác nhặt chi tiết từ băng tải và gá lên máy. Kết thúc quá trình phay, rô bốt tháo chi tiết và trả lại lên băng tải tiếp tục di chuyển cho đến khi một rô bốt khác nhặt chi tiết đưa lên máy tiện CNC 3. Ngay khi hoàn tất quá trình gia công, chi tiết được băng tải đưa đến khu vực lắp ráp và kiểm tra chất lượng QC (Quality Control). Nếu chi tiết đạt yêu cầu, nó được dán nhãn (Bar Code) ở trạm kế tiếp và chuyển đến ASRS để nhập kho. Toàn bộ quá trình trên được điều khiển bởi một trạm điều khiển trung tâm CMCS (Central Management Control Station) gửi các lệnh chính xác đến các trạm khác nhau để điều hành công việc. Băng tải làm nhiệm vụ vận chuyển chi tiết và chuyển đi đến trạm cuối cùng.



- 1 Hệ thống kho chứa và tự động tìm kiếm (ASRS)
- 2 Máy phay CNC
- 3 Máy tiện CNC
- 4 Rô bốt
- 5 Trạm lắp ráp/kiểm tra chất lượng sản phẩm (QC)
- 6 Hệ thống băng tải khép kín
- 7 Hệ thống quét nhãn (BSS)
- 8 Trạm điều khiển trung tâm (CMCS)

H4.4 : Chế tạo liên kết nhờ máy tính (Nguồn[8])

4.4.2 Hệ thống CIM-Chế tạo liên kết qua máy tính

A. Các vấn đề về sản xuất liên kết (Integrated Manufacturing)

1. Cấu trúc liên kết:

Các nhiệm vụ chính tại một cơ sở sản xuất bao gồm:

- Sản xuất (Production)
- Vận chuyển nguyên vật liệu (Materials)
- Lập kế hoạch (Process Planning)
- Thiết kế (Design)
- Đơn đặt hàng/Dịch vụ (Customer Orders/ Service)
- Tiếp thị (Marketing)
- Kế toán (Accounting)
- Quản trị (Management)

Tất cả các chức năng trên tạo ra và xử dụng thông tin chung cần trao đổi giữa các địa điểm làm việc khác nhau. Bởi vì máy tính xử lý thông tin, ta cần biết về những dữ liệu hiện có (ví dụ dữ liệu sản xuất từ các hệ thống CAD/CAM, các cơ sở dữ liệu khác...) và những dữ liệu cần được tạo ra dựa trên các dữ liệu đã có.

2. Trao đổi liên kết

Đặc trưng của hệ thống sản xuất truyền thống:

- Phải có nhiều bản sao cho cùng 1 thông tin
- Khó xem xét lại khi có nhiều bản sao
- Trễ khi chuyển các bản sao, dễ mất
- Bản sao không có tính tương tác, lưu trữ khó, chiếm chỗ

Máy tính khắc phục các nhược điểm trên, nhưng đặt ra các thách thức:

- Viết các chương trình hỗ trợ các chức năng liên kết
- Phần mềm hỗ trợ trao đổi giữa các địa điểm làm việc và chia sẻ

dữ liệu

- Phần cứng để hỗ trợ phần mềm

Như vậy, một hệ thống chế tạo liên kết (CIM) phải có 2 hay nhiều máy tính nối với nhau để trao đổi thông tin. Lấy ví dụ đơn giản, bộ điều khiển PLC điều khiển tay rôbốt cấp chi tiết *trên máy phay*, trong khi toàn hệ thống do *trạm điều khiển trung tâm CMCS* dựa trên cơ sở dữ liệu chung (ví dụ định mức thời gian cho các nguyên công phay, tiện nhận được từ các hệ thống hỗ trợ chế tạo CAD/CAM...) để phân phối công việc, kể cả lưu trữ kết quả giám định chất lượng sản phẩm. Các máy tính nối kết thực hiện việc truyền dữ liệu.

B. Một số đặc tính chính của CIM :

- Linh hoạt : Bằng cách liên kết với nhiều máy và thiết bị tự động và giao tiếp qua phần mềm với một hệ thống khác nhờ máy tính, do vậy dễ dàng trao đổi thông tin, truyền dữ liệu cũng như thực hiện bài toán điều khiển, hoặc lập kế hoạch tổ chức sản xuất.

- Có thể mở rộng được : Các thiết bị phần cứng hay phần mềm có thể được bổ sung thêm, ví dụ một hệ thống đơn giản bao gồm 1 máy và 1 rô bốt được mở rộng thêm thành một hệ thống hoàn chỉnh hơn.

- Chia thành các mô đun : Mỗi mô đun của CIM có khả năng thực hiện nhiệm vụ riêng, độc lập với phần còn lại của hệ thống, cho phép khảo sát một cách đầy đủ nhất từng phần việc.

Các máy tính của CIM có thể hoạt động dưới dạng :

- Độc lập (Stand alone)- không kết nối với các máy khác, chỉ cho người dùng thực hiện các công việc độc lập.

- Kết nối (Interfaced)- nối giữa 2 máy tính, thường qua cổng nối tiếp như RS-232 và RS-422. Hoạt động với tốc độ từ (2400 ÷ 9600) baud.
- Mạng (Networked)- nối mạng giúp cho việc chia sẻ files và cơ sở dữ liệu.

Các đặc tính chung:

- * IEEE-488 nối 1 số lượng nhỏ máy tính (≤ 32), hoạt động với tốc độ từ (0.5 ÷ 8)Mbit/s, các máy chỉ cách nhau vài mét.
- * Ethernet- nối 1 số lượng lớn hơn các máy tính (≤ 1024) trong phạm vi khoảng 1km, hoạt động với tốc độ đến 10 Mbit/s. Đây là các mạng cục bộ LAN (Local Area Network), nhưng có thể mở rộng sang WAN (Wide Area Network) bằng cách nối kết các mạng cục bộ LAN khác.

Các loại máy tính được dùng ở CIM:

- * Máy chủ (Mainframes)- xử lý được với 1 khối lượng lớn dữ liệu, thích hợp cho nhiều ứng dụng, có thể chạy được nhiều chương trình.
- * Máy trạm (Workstations)- có khả năng đa xử lý như máy chủ, nhưng giới hạn số lượng các ứng dụng.
- * Các bộ vi xử lý (Micro-processor)- các máy tính nhỏ với các hệ điều hành đơn giản (ví dụ máy tính cá nhân với MS-DOS) chỉ dùng để điều khiển quá trình cùng với các bộ vi điều khiển (microcontrollers). Đặc điểm chung của các bộ vi điều khiển thường có sẵn giao diện truyền thông nối tiếp SCI (Serial Communications Interfaces) hoặc bộ nhận/truyền không đồng bộ vạn năng UART (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter) sẵn sàng nối kết với các thiết bị khác. Cách liên lạc nối tiếp tiện lợi vì làm giảm được số chân của bộ xử lý, chỉ cần 2 chân (SD-Truyền dữ liệu và RD-Nhận dữ liệu) so với 8 chân nếu dùng phương pháp liên lạc song song. Sử dụng các bộ vi điều khiển còn có ưu điểm là chúng cũng có sẵn các bộ phận tích hợp như bộ ADC, bộ đếm (Counter), mạch dao động (Oscillator)...do vậy kết cấu chung của hệ gọn hơn. Nhược điểm chính đối với các bộ vi điều khiển là phải biết các mã lệnh của chúng để có thể lập trình điều khiển. Các bộ vi điều khiển ngày nay được ứng dụng rộng rãi với CIM dùng cho phối hợp và điều khiển quá trình.

Các câu hỏi Chương 4:

1. Giải thích 1 đoạn chương trình APT.
2. Giải thích lưu đồ của chương trình xử lý tiếp theo.
3. CIM ?

Chương 5 Truyền dữ liệu đến các Máy công cụ ĐKS

5.1 Truyền dữ liệu đến các máy công cụ ĐKS

Việc truyền và lưu trữ các chương trình gia công chi tiết đến các máy công cụ ĐKS trước đây được thực hiện thông qua các băng hoặc bìa đục lỗ với các chương trình được mã hoá và đục lỗ theo các ký hiệu đã mã hoá, sau đó nạp vào bộ đọc băng (bìa), giải mã, truyền tín hiệu điều khiển trực tiếp máy công cụ.

Truyền các chương trình gia công qua các hệ điều khiển CNC đã trở nên được ưa chuộng do việc truyền dữ liệu nhanh chóng, tiện lợi. Chương trình có thể được lưu trữ, cập nhật... dễ dàng, có thể kiểm tra, sửa đổi ngay trên máy. Mãi cho đến gần đây, truyền thông nối tiếp qua cổng RS232C được dùng để truyền chương trình. Loại truyền tải này phổ biến ở mọi thiết bị ngoại vi của máy tính, ví dụ máy vẽ, máy in...và với ý nghĩa đó, các máy công cụ ĐKS cũng được coi là một loại thiết bị ngoại vi.

Các hệ điều khiển mới còn có khả năng truyền thông hiện đại hơn khi được nối mạng theo nhiều cách (Ethernet,...) đến các hệ điều khiển CNC của từng máy công cụ. Điều khiển theo nguyên tắc DNC (Direct Numerical Control), một máy tính trung tâm (máy chủ) có thể điều khiển nhiều máy công cụ riêng biệt và tạo nên một liên kết bằng chương trình cho các hệ thống sản xuất linh hoạt (FMS- Flexible Manufacturing Systems).

Ở hệ thống FMS, các hệ điều khiển CNC của máy công cụ được nối với các hệ thống cấp và tháo phôi tự động, kiểm tra chất lượng sản phẩm..., dùng một chương trình máy tính chung điều khiển vận chuyển nguyên vật liệu, phôi..., phân phối, lập kế hoạch tổ chức sản xuất và các thao tác điều khiển khác. Máy tính trung tâm (máy chủ) làm nhiệm vụ lưu trữ, phân phối các chương trình theo yêu cầu. Các chương trình liên lạc cài đặt sẵn trên máy chủ hỗ trợ cho biết khi nào các chương trình được phân phối đã kết thúc, các thông tin về định mức sản xuất, hiệu quả sử dụng máy cũng như các thông tin về sản phẩm gia công...Kiểu truyền dữ liệu 2 chiều này là một đặc tính cơ bản của nguyên tắc điều khiển DNC.

Một đặc điểm khác của truyền dữ liệu DNC là trong một chương trình gia công, có thể truyền một lúc một lệnh hay một đoạn chương trình thông qua một bộ nhớ đệm ở sau bộ đọc. Dữ liệu được truyền đến hệ điều khiển giống như đang đọc băng, mặc dù thực tế đang ở dạng dữ liệu mã ASCII từ máy tính. Bộ nhớ đệm (khoảng 4KBytes, tương đương 4000 ký tự của chương trình gia công, khoảng 100 lệnh hay 10 m băng)

chứa dữ liệu và luôn được duy trì ở mức $(1,2 \div 4)$ KBytes. Nhờ vậy, máy công cụ được điều khiển từ một máy tính bên ngoài và khi đó, để bảo đảm sự làm việc bình thường cho máy công cụ, bộ nhớ đệm phải được điền đầy theo từng lệnh mã G.

Với bộ nhớ đệm, có thể nhập được các chương trình dài mà không cần phải trang bị các bộ nhớ dung lượng lớn cho hệ điều khiển CNC. Đặc điểm này thích hợp với sự ứng dụng rộng rãi của các hệ thống lập trình có sự trợ giúp của máy tính, trong đó các chương trình gia công dễ dàng tạo ra trên máy tính từ xa, đang ở dạng mã sẵn sàng truyền trực tiếp đến hệ điều khiển máy công cụ. Ngoài ra, độ dài của chương trình gia công hầu như không bị giới hạn nên rất thuận tiện khi gia công bề mặt phức tạp thường phải dùng đến một mảng lớn các dữ liệu tọa độ điểm xác định bề mặt. Hơn thế nữa, có thể thêm vào hay bớt đi các đoạn chương trình trên máy chủ ngay cả trong quá trình gia công chi tiết.

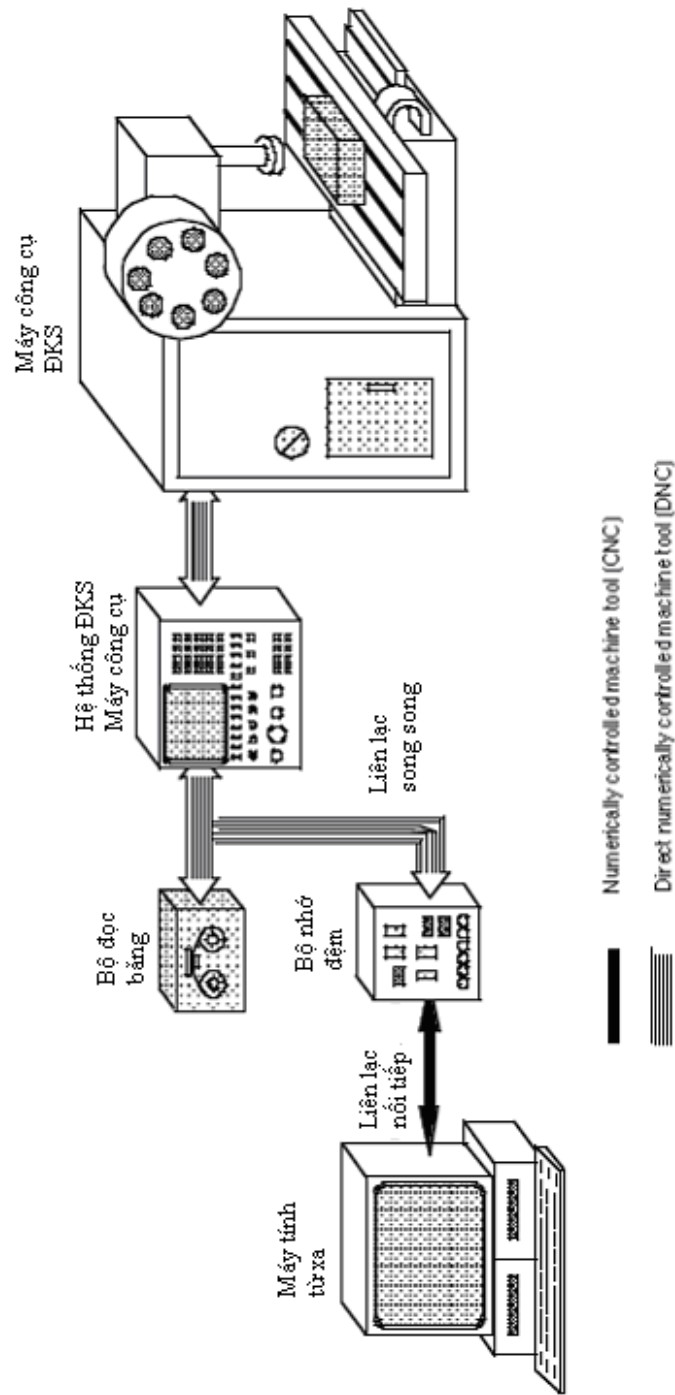
5.1.1 Truyền dữ liệu qua bộ nhớ đệm

Hình 5.1 trình bày sơ đồ khối một hệ ĐKS máy công cụ truyền dữ liệu qua bộ nhớ đệm (Nguồn [8]).

Dữ liệu chương trình gia công được lưu trữ ở một máy tính bên ngoài ở dạng mã ASCII theo bảng mã ISO-7bit tiêu chuẩn. Truyền các bit dữ liệu một lúc 1 bit (truyền nối tiếp) hoặc có thể 8 bit một lúc (truyền song song). Truyền dữ liệu nối tiếp so với song song có các ưu điểm:

1. Dây cáp nối tiếp truyền được khoảng cách lớn hơn so với dây cáp song song. Cổng nối tiếp truyền bit '1' ứng với mức điện áp $(-3 \div -25)$ V và bit '0' với $(+3 \div +25)$ V trong khi một cổng song song truyền '0' ở mức 0V và '1' ở mức 5V. Do đó cổng nối tiếp có thể có một mức dao động tối đa đến 50V so với cổng song song có mức dao động tối đa 5V. Như thế, khả năng gây nhiễu không phải là vấn đề lớn đặt ra đối với các dây cáp nối tiếp so với dây cáp song song.

2. Không cần phải dùng cáp nhiều sợi như truyền song song. Nếu thiết bị ngoại vi (Máy công cụ ĐKS) được lắp ở xa máy tính thì dây cáp 3 sợi (Null Modem Configuration) có giá thành thấp hơn nhiều so với dây cáp 9 hay 25 sợi. Tuy nhiên cũng phải chú ý đến đặc điểm kết nối ở mỗi đầu nối (loại cổng, có xử dụng tín hiệu bắt tay hoặc không...). Các thiết bị nối với cổng nối tiếp đều chuyển đổi truyền nối tiếp sang lại song song để xử dụng, nhờ 1 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter).

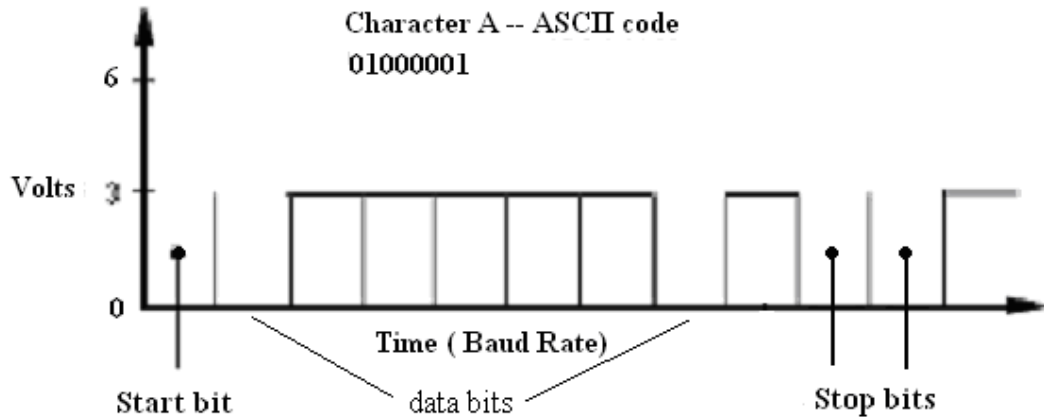


H 5.1: Sơ đồ khối một hệ ĐKS máy công cụ với bộ nhớ đệm

Một ví dụ truyền nối tiếp ký tự 'A' cùng với các bit khởi động, bit kiểm tra và các bit dừng được trình bày ở H 5.2.

Để truyền dữ liệu, chuỗi các bit truyền bắt đầu từ phía tay trái. 1 bit khởi động bắt đầu cho việc truyền dữ liệu, tiếp theo là các bit dữ liệu riêng lẻ. Cuối dòng dữ liệu còn có 1 hoặc 2 bit dừng. Mỗi bit là '0' hay '1' trong 1 khoảng thời gian cố định theo tốc độ truyền, được định nghĩa là số bit lớn nhất có thể truyền được trong 1s, đơn vị tính

'baud'. Tốc độ truyền gộp cả bit khởi động, bit kiểm tra và số bit dừng, chẳng hạn tốc độ truyền 9600 baud có thể truyền được $9600/(1+7+1+2) = 872$ byte mỗi giây. Bit kiểm tra dùng để phát hiện lỗi về bit, nếu số bit dữ liệu là chẵn bit kiểm tra sẽ là số chẵn và ngược lại. Bit kiểm tra và 2 bit dừng ngăn cách byte đang truyền với byte kế tiếp.



H 5.2: Ví dụ truyền nối tiếp ký tự 'A'

Các hệ ĐKS máy công cụ hiện nay đều có cổng ghép nối tiếp RS-232C tiêu chuẩn. Với các thiết bị dùng dây cáp nối tiếp làm kênh liên lạc, có thể phân thành 2 loại:

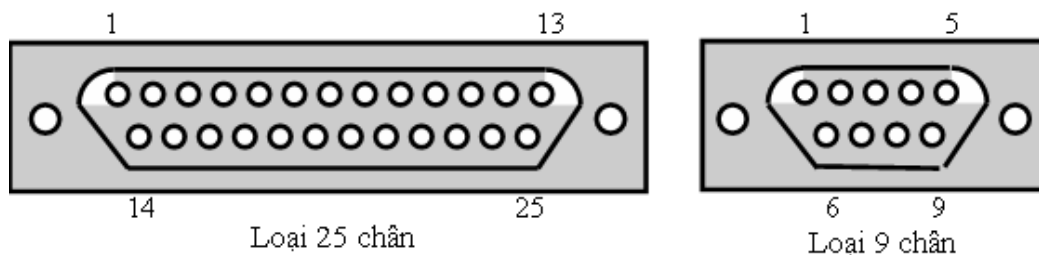
- DTE (Data Terminal Equipment): Thiết bị đầu cuối dữ liệu
- DCE (Data Communication Equipment): Thiết bị truyền thông dữ liệu.

Thiết bị đầu cuối dữ liệu là các máy trạm trong khi thiết bị truyền thông dữ liệu là các bộ phận như modem, adapter, máy vẽ... Cổng RS232C tiêu chuẩn cũng sử dụng các loại này.

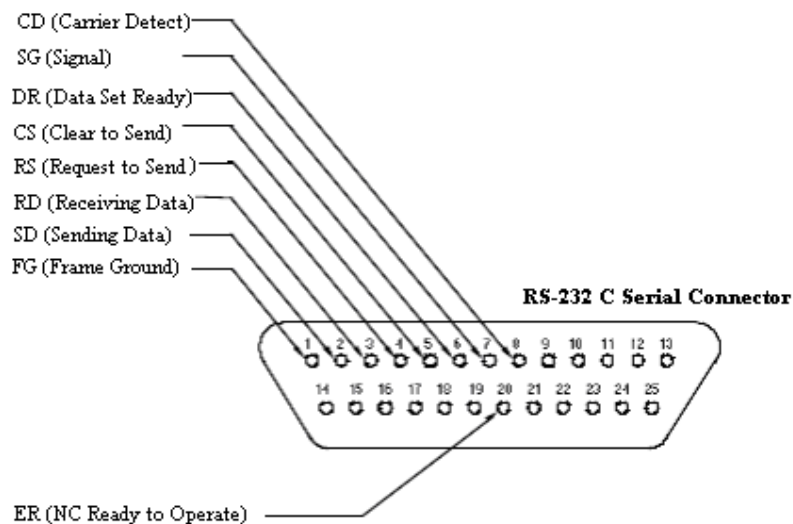
Các đặc điểm kỹ thuật của cổng nối tiếp tiêu chuẩn được quy định bởi hiệp hội kỹ nghệ điện tử EIA (Electronics Industry Association), gồm nhiều tham số như :

1. Một mức logic 0 nằm giữa +3 và +25V
2. Một mức logic 1 nằm giữa -3 và -25V
3. Miền giữa +3 và -3V không xác định
4. Thế hiệu mạch hở không được vượt quá 25V. (Tham khảo đường nối đất)
5. Một dòng ngắn mạch không được vượt quá 500mA.

Trên đây là 1 phần của tiêu chuẩn EIA RS232-C. Các cổng này được chế tạo với 2 cỡ, đầu nối kiểu D-25 chân và kiểu D-9 chân, cả hai đều là dạng chân cắm. Loại cổng kiểu D-25 thực tế có 25 chân liên lạc độc lập, mỗi chân có chức năng riêng, tuy nhiên chỉ có 9 chân được dùng (H5.3a,b).



Dữ liệu truyền (SD) và nhận (RD) trên chân số 2&3 còn các chân khác để thực hiện các giao tiếp giữa các thiết bị.

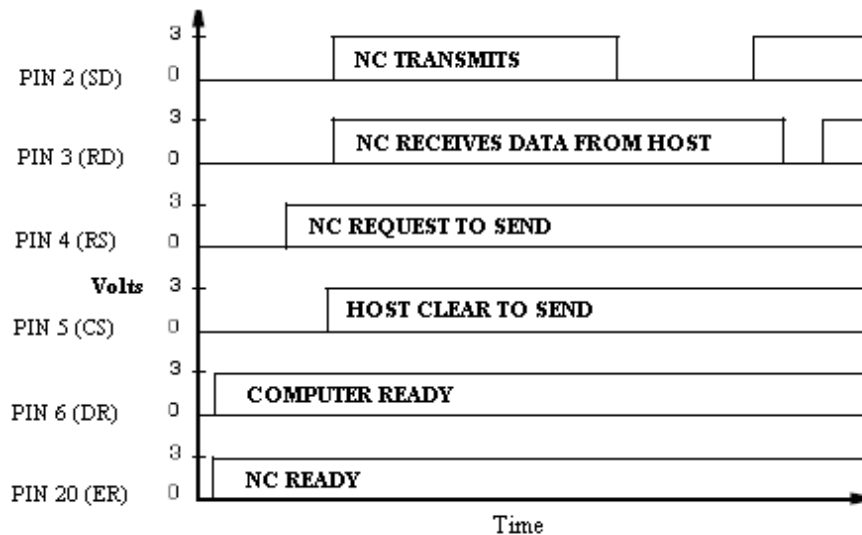


H5.3a,b: Các chân công nối tiếp RS-232C tiêu chuẩn

Các chân được dùng:

1. FG (*Frame Ground*)
2. SD (*Sending Data*) : Truyền dữ liệu
3. RD (*Receiving Data*) : Nhận dữ liệu
4. RS (*Request to Send*) : Khi máy nhận đã sẵn sàng nhận dữ liệu, bit CS (*Clear to Send*) đặt ở trạng thái tích cực và máy gửi biết thông tin này trên chân RS.
5. CS (*Clear to Send*)
6. DR (*Data Set Ready*) : Các kênh liên lạc cho biết dữ liệu sẵn sàng được truyền.
7. SG (*Signal*) : dùng thiết lập một thế hiệu chuẩn cho SD & RD (nối đất)
8. CD (*Carrier Detect*) : nhận biết đang có thiết bị từ xa.
20. ER (*NC Ready to Operate - Data Terminal Ready*) : Các kênh liên lạc cho biết máy đầu cuối sẵn sàng nhận dữ liệu.

H5.4 cho thấy các tín hiệu điện được gửi và nhận trên các chân khác theo một trình tự nhất định để bảo đảm rằng giữa 2 thiết bị đã sẵn sàng nhận và gửi dữ liệu.



H5.4: Sơ đồ mô tả quá trình thực hiện giao tiếp giữa các thiết bị

5.1.2 Truyền chương trình gia công

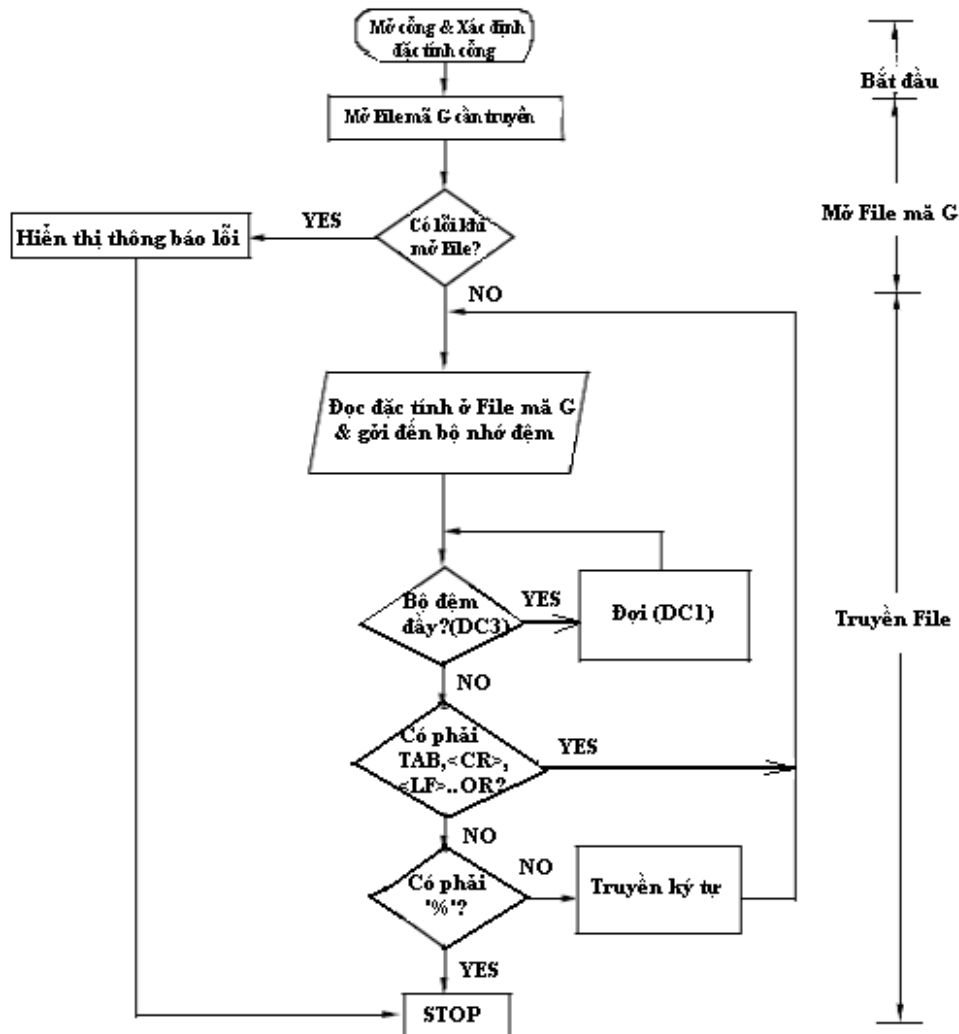
Truyền dữ liệu từ máy tính bên ngoài đến máy công cụ qua bộ nhớ đệm được điều khiển bằng một chương trình phần mềm. Chương trình này có nhiệm vụ đọc các file mã G (tương ứng với chương trình gia công đã đi qua băng đục lỗ), xác nhận các kênh liên lạc và các thiết bị đang mở, và truyền dữ liệu theo yêu cầu qua bộ nhớ đệm từ xa đến máy công cụ. Một cổng vào/ra RS-232 dành riêng cho máy điều khiển DNC cùng với các đặc tính như tốc độ truyền, số bit dữ liệu (7 hay 8), bit kiểm tra (không có, chẵn hay lẻ), số bit dừng (1 hay 2)... được thiết lập tương ứng với các đặc tính của máy DNC đó. Các giao diện gửi và nhận qua cổng truyền nối tiếp phải có tham số đặt như nhau để nhận và giải mã dữ liệu thích hợp.

Sơ đồ khối của một chương trình máy tính để truyền dữ liệu từ 1 máy tính cá nhân IBM đến một bộ nhớ đệm được trình bày ở H 5.5. Chương trình có 3 phần chính, thiết lập các cổng vào/ra, mở và đọc các file cần truyền, điều khiển và truyền dữ liệu theo ký tự. Đọc và truyền các file mã G theo từng ký tự cho đến khi gặp các ký tự đặc biệt như dấu ';' (bắt đầu một lệnh mới) hay dấu '%' biểu thị kết thúc chương trình

Cũng như vậy, các chương trình có thể được truyền từ hệ điều khiển máy công cụ và bộ đọc băng trở lại cho máy tính bên ngoài.

Dữ liệu truyền có thể bị mất khi bộ nhớ đệm bị tràn, do đó cần điều chỉnh lưu lượng. Một cách tổng quát, điều chỉnh lưu lượng có 2 cách khác nhau cơ bản, qua phần cứng hay phần mềm. Điều chỉnh lưu lượng nhờ chương trình phần mềm, còn gọi là Xon/Xoff dùng 2 đặc tính Xon và Xoff. Xon được mô tả bởi ký tự ASCII 17 trong khi

ký tự ASCII 19 dùng cho Xoff. Khi bộ nhớ đệm đầy, Xoff thông tin cho máy tính dừng gửi dữ liệu, còn khi đã có chỗ cho nhiều dữ liệu hơn, ký tự Xon thông tin để máy tính tiếp tục gửi dữ liệu. Kiểu điều chỉnh lưu lượng này có thuận tiện là không đòi hỏi thêm dây, do các ký tự được gửi qua kênh SD/RD. Tuy nhiên với các đường nối dành cho mỗi ký tự đòi hỏi hơn 10 bit có thể làm chậm liên lạc.



H5.5: Sơ đồ khối của chương trình máy tính điều khiển truyền dữ liệu DNC

Điều chỉnh lưu lượng qua phần cứng cũng còn gọi là điều chỉnh lưu lượng RS/CS(Request to Send / Clear to Send). Cách này dùng 2 dây của dây cáp nối tiếp mà không truyền thêm ký tự ở các dòng dữ liệu. Như vậy điều chỉnh lưu lượng phần cứng sẽ không làm chậm thời gian truyền như kiểu Xon-Xoff. Khi máy tính muốn gửi dữ liệu, nó kích hoạt dây *Request to Send*. Nếu bộ nhớ đệm có chỗ cho dữ liệu, nó trả lời bằng cách kích hoạt dây *Clear to Send* và máy tính bắt đầu gửi dữ liệu. Nếu bộ nhớ đệm không có chỗ, nó sẽ không gửi một bit *Clear to Send*.

5.2 Các vấn đề về truyền dữ liệu

Quá trình mô tả trên chỉ đơn giản điền đầy bộ nhớ đệm nhưng không bảo đảm rằng dữ liệu được truyền theo từng lệnh hay từng dòng của chương trình. Trong môi trường có nhiều người dùng, có khả năng xảy ra trường hợp bộ nhớ đệm chưa kịp điền đủ dữ liệu, khi đó truyền 1 dòng lệnh không đủ của chương trình có thể gây sự cố. Ví dụ lệnh sau đây của chương trình: G00X10.0Y10.0Z10.0 nếu không được nạp đầy đủ ở bộ nhớ đệm:

G00X10.0Y10.0Z1 và đang chưa có dữ liệu bổ sung, hậu quả là máy được vận hành ở chiều sâu cắt $Z=1\text{mm}$, sai biệt đến 9mm so với thực tế yêu cầu !

Để khắc phục, cần tạo cho chương trình muốn truyền trở thành một quá trình không hoán đổi được bằng cách đặt một mức ưu tiên thích hợp hoặc bằng cách thực hiện một nghi thức chỉ cho phép truyền dữ liệu theo dòng lệnh đầy đủ, có nghĩa là như ví dụ trên, phải truyền đến bộ nhớ đệm đầy đủ lệnh : G00X10.0Y10.0Z10.0.

Các câu hỏi Chương 5:

1. Giải thích cách truyền nối tiếp 1 ký tự qua cổng RS232C
2. Cho biết 2 phương pháp thông thường truyền file từ máy tính bên ngoài đến máy CNC
3. Giải thích lưu đồ chương trình truyền file từ máy tính bên ngoài đến máy công cụ.
4. Cho biết các tham số cần thiết lập khi thực hiện truyền dữ liệu ở cổng giao diện nối tiếp RS232C.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn đấc Lộc, Tăng Huy : Điều khiển số và công nghệ trên máy điều khiển số CNC, Nhà xuất bản Khoa học-Kỹ thuật, Hà Nội 1996
- [2] Tạ duy Liêm : Máy công cụ CNC, Nhà xuất bản Khoa học-Kỹ thuật, Hà Nội 1999
- [3] Tạ duy Liêm : Hệ thống điều khiển số cho Máy công cụ, Nhà xuất bản Khoa học-Kỹ thuật, Hà Nội 1999
- [4] Trần văn Địch : Hệ thống sản xuất linh hoạt FMS & sản xuất tích hợp CIM, Nhà xuất bản Khoa học-Kỹ thuật, Hà Nội 2001
- [5] Nguyễn tiến Đào, Nguyễn tiến Dũng : Công nghệ cơ khí và ứng dụng CAD/CAM/CNC, Nhà xuất bản Khoa học-Kỹ thuật, Hà Nội 1999
- [6] Đoàn thị Minh Trinh : Công nghệ CAD/CAM, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, thành phố Hồ chí Minh, 1998
- [7] Emco PC Mill 155, Machine description & Software description, Hallein, Austria, 2000.
- [8] G.W. Vickers, M.H. Ly, R.G. Oetter : Numerically Controlled Machine Tools, Ellis Horwood Limited, London, 1990.
- [9] Huge Jack, Integration and Automation of Manufacturing Systems, Copyright 1993-2001, Huge Jack.
- [10] Nguyễn anh Tuấn, Phạm Đấp : Thiết kế máy công cụ, tập II Nhà xuất bản Khoa học-Kỹ thuật, Hà Nội 1984
- [11] Bùi quý Lực : Hệ thống điều khiển số trong công nghiệp, Nhà xuất bản Khoa học-Kỹ thuật, Hà Nội 2005
- [12] Hung V.Vu, Ramin S.Esfandiari : Dynamic Systems, Mc Graw Hill Inc 1998

Bảng phụ lục các chức năng thực hiện dịch chuyển và vận hành máy PCMill 155

- Các chức năng đường dịch chuyển G (Bảng 2.1a)
- Các chức năng vận hành máy M (Bảng 2.1b)

Chức năng chuẩn bị G

Bảng 2.1a

G00	Chạy dao nhanh đến tọa độ đã lập trình
G01	Nội suy đường thẳng (hệ tọa độ Cartesean)
G02	Nội suy đường tròn theo chiều kim đồng hồ
G03	Nội suy đường tròn ngược chiều kim đồng hồ
G04	Thời gian dừng cho gia công lỗ (dụng cụ quay, không tiến dao)
G05	Không dùng
G09	Dừng chính xác
G10	Nội suy chạy dao nhanh (tọa độ cực)
G11	Nội suy đường thẳng (tọa độ cực)
G12	Nội suy đường tròn theo chiều kim đồng hồ (tọa độ cực)
G13	Nội suy đường tròn ngược chiều kim đồng hồ (tọa độ cực)
G14	Không dùng
G17	Chọn mặt phẳng gia công XY
G18	Chọn mặt phẳng gia công XZ
G19	Chọn mặt phẳng gia công YZ
G32	Không dùng
G33	Cắt ren với bước ren không đổi
G40	Hủy hiệu chỉnh dụng cụ (theo bán kính)
G41	Hiệu chỉnh bán kính dụng cụ, dao bên trái đường bao gia công
G42	Hiệu chỉnh bán kính dụng cụ, dao bên phải đường bao gia công
G48*	Đường dịch chuyển dụng cụ ra khỏi chi tiết giống khi bắt đầu tiên vào
G50*	Hủy biến đổi tỉ xích
G51*	Biến đổi tỉ xích
G53	Hủy xê dịch điểm chuẩn đã chọn
G54	Xê dịch điểm chuẩn chi tiết 1
G55	Xê dịch điểm chuẩn chi tiết 2
G56	Xê dịch điểm chuẩn chi tiết 3
G57	Xê dịch điểm chuẩn chi tiết 4

G58	Xê dịch điểm chuẩn bên trong chi tiết (nhóm 1)
G59	Xê dịch điểm chuẩn bên trong chi tiết (nhóm 2)
G60*	Chế độ dừng chính xác
G62*	Hủy chế độ dừng chính xác
G64*	Hủy chế độ dừng chính xác
G70	Đơn vị lập trình hệ Anh (inch)
G71	Đơn vị lập trình hệ Mét (mm)
G80	Hủy chu trình gia công (phay, gia công lỗ)
G81-G89	Các chu trình gia công lỗ
G90	Lập trình theo kích thước tuyệt đối
G91	Lập trình theo kích thước tương đối
G92-G93	Không dùng
G94	Chạy dao tính theo mm/ph
G95	Chạy dao tính theo $\text{mm}/\text{vòng}$
G96-G99	Không dùng

M00	Dừng chương trình: Khi đó toàn bộ các chức năng vận hành máy đều dừng tạm thời
M01	Dừng chương trình có chọn lọc
M02	Kết thúc chương trình: MCU máy ngắt các hoạt động điều khiển máy
M03	Quay trục chính theo chiều kim đồng hồ
M04	Quay trục chính ngược chiều kim đồng hồ
M05	Dừng trục chính
M06	Thay dụng cụ
M08	Mở dung dịch làm nguội
M09	Tắt dung dịch làm nguội
M17	Dừng chương trình con
M27*	Xoay đầu chia
M30	Kết thúc chương trình chính
M53*	Không lấy đối xứng theo trục X
M54*	Lấy đối xứng theo trục X
M55*	Không lấy đối xứng theo trục Y
M56*	Lấy đối xứng theo trục Y
M57*	Không lấy đối xứng theo trục Z
M58*	Lấy đối xứng theo trục Z
M71*	Mở cơ cấu thổi phoi
M72*	Tắt cơ cấu thổi phoi

Bài tập thực hành 1 : Lập trình bằng tay (Bản vẽ kèm theo)

Lập trình gia công 1 chi tiết trên máy công cụ ĐKS

A. MỤC ĐÍCH

- Biết cách lập chương trình gia công trên máy CNC.
- Biết các nội dung điều chỉnh Máy, Dụng cụ, Phôi liệu...
- Biết sử dụng các chức năng cơ bản trong lập trình.

B. YÊU CẦU

Nắm được cách:

- Thiết lập hệ thống trục tọa độ, chiều chuyển động, chọn các điểm chuẩn cần thiết.
- Máy, Dụng cụ và các Hiệu chỉnh.
- Các chức năng chuẩn bị G & chức năng phụ M.
- Cấu trúc 1 chương trình gia công CNC.

C. NỘI DUNG

1. Giới thiệu về máy:

- Khả năng công nghệ
- Dạng điều khiển
 - + Điều khiển theo điểm
 - + Điều khiển theo quỹ đạo liên tục.

2. Các phương pháp lập trình:

- Lập trình bằng tay
- Lập trình có sự trợ giúp của máy tính

3. Chuẩn bị chương trình gia công trên máy CNC(lập trình bằng tay):

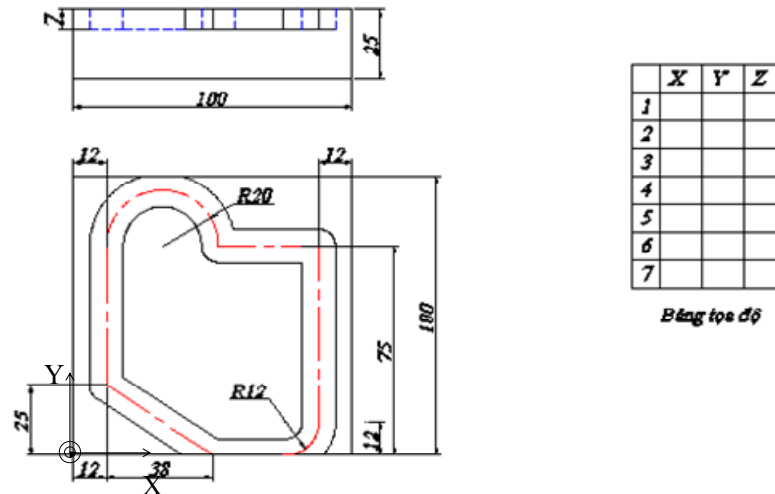
a. Chuẩn bị chương trình: Bao gồm các nội dung sau

- Chuẩn bị bản vẽ (chọn phương pháp ghi kích thước, đơn vị đo, lập hệ trục tọa độ, xác định các điểm dụng cụ cắt phải đi qua...)
- Chọn kích thước phôi.
- Cung cấp các dữ liệu về chế độ cắt (số vòng quay trục chính S, tốc độ chạy dao công tác F, chuyển động chạy dao nhanh...)
- Chọn vị trí bắt đầu của dụng cụ: Đây là điểm bắt đầu thực hiện ăn dao
- Xác định điểm thay dụng cụ

b. Lập chương trình gia công trên máy CNC: Trình bày cách viết chương trình gia công, kiểm tra lỗi và hoàn thiện chương trình. Phần này cũng giới thiệu các chức năng cơ bản như nội suy thẳng, tròn, chạy nhanh...

Trước khi tiến hành gia công, phải gá phôi và thiết lập các giá trị hiệu chỉnh.

1. Viết chương trình gia công chi tiết (H1: Vd1a)



H1 : Ví dụ 1a

+ Đưa vào các dòng lệnh đầu: Lập trình theo kích thước tuyệt đối, đơn vị hệ thống lập trình.

N00 %VD1a

N05 G54G90

+ Nội dung chương trình:

N10 M06T04 / Thay dụng cụ T4/

N15 M03S — /Quay trục chính theo chiều kim đồng hồ ở tốc độ —^v/_{ph}/

N20 G00X50Y-10Z12 / Chỉ dẫn điểm bắt đầu của dụng cụ /

N25 Z2M08 /Chạy nhanh đến điểm X50Y-10Z2, mở d/d làm nguội /

N30 G01Z-7F — /Chạy dao đến Z -7 với lượng chạy dao F —^{mm}/_{ph} /

N35 Y0 / Chạy dao đến điểm 1 /

N40 X— Y— / Chạy dao đến điểm 2/

N45 Y— / Chạy dao đến điểm 3/

N50 G02X52I20 / Nội suy đường tròn đến điểm 4/

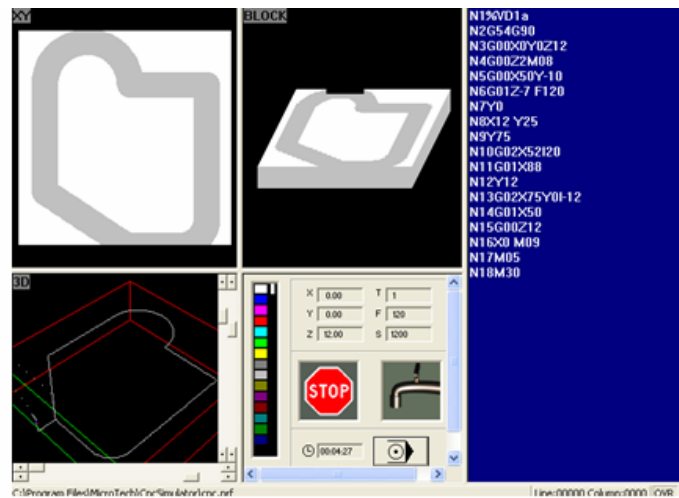
N55 G01X— / Chạy dao đến điểm 5 /

N60 Y— / Chạy dao đến điểm 6 /

N65 G02X75Y0I-12 / Nội suy đường tròn đến điểm 7/
 N70 G01X50 / Chạy dao đến điểm 1/
 N75 G00Z12 / Chỉ dẫn điểm rút dao nhanh đến Z12 /
 N80 M09 / Tắt dung dịch làm nguội /
 N85 M05 / Dừng trục chính /
 N90 M30 / Kết thúc chương trình /

+ Kiểm tra bằng mô phỏng chương trình. Các chú ý:

- * Nên đánh số thứ tự dòng lệnh (N****)
- * Cho nhận xét ở các câu lệnh để dễ kiểm tra.



H2: Mô phỏng ví dụ 1a

+ Lưu chương trình ở dạng file text: *Tên File.nc*

2. Gia công trên máy CNC: Sau khi đã có chương trình gia công, tiến hành điều chỉnh Máy và chọn dụng cụ, đồ gá, phôi liệu theo các bước:

- Chọn kích thước phôi, hiệu chỉnh Máy, dụng cụ cắt, đồ gá.
- Tải chương trình gia công đến máy CNC
- Mô phỏng đồ họa trên màn hình Máy, kiểm tra và phát hiện lỗi.
- Hoàn thiện chương trình lần cuối
- Tiến hành gia công trên máy CNC
- Kiểm tra kết quả thực hiện và cho nhận xét.

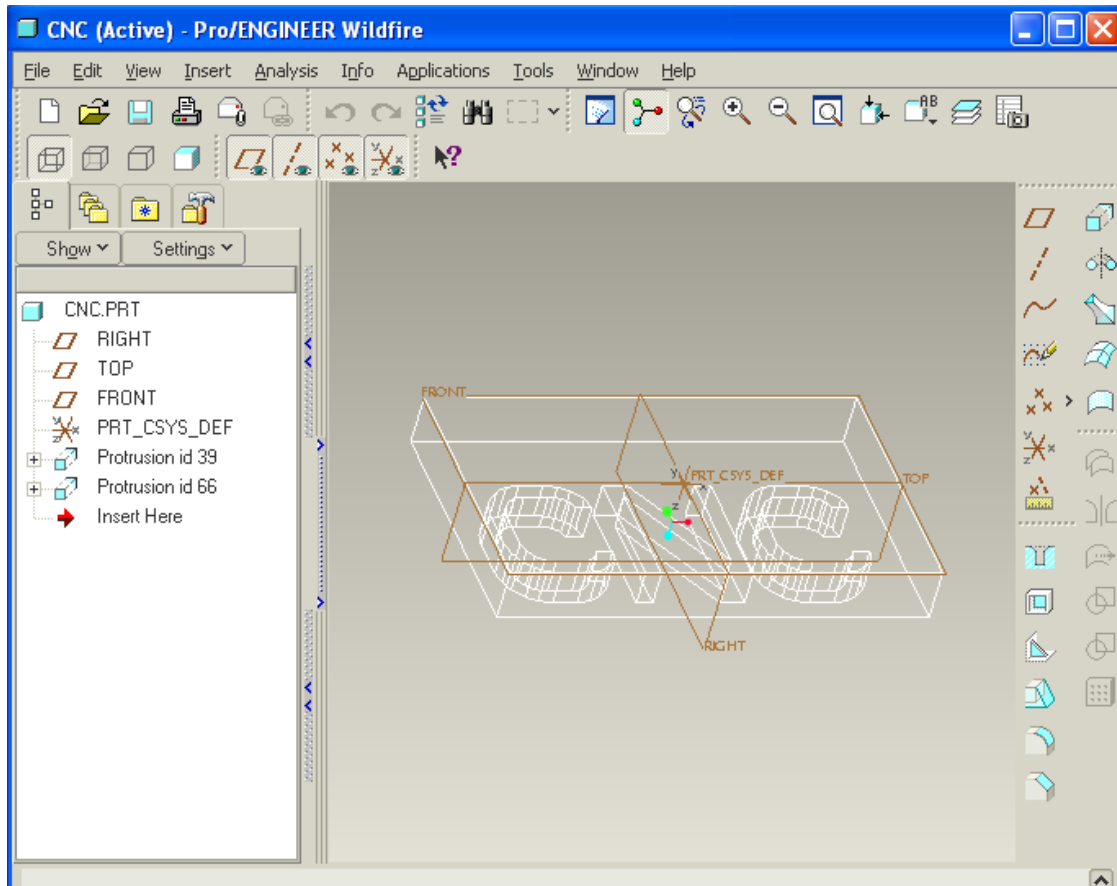
Bài tập thực hành 2 : Lập trình có sự hỗ trợ của máy tính

Gia công 1 chi tiết trên máy công cụ ĐKS qua phần mềm Pro/E

Thực hành: Mục đích dùng Pro/E để mô tả 1 chi tiết và tạo ra một đường dịch chuyển dụng cụ bằng đồ họa. Cung cấp 1 file mã G với chương trình xử lý tiếp theo postprocessor.

Nội dung : Mô tả đường dịch chuyển dụng cụ với Pro/E

Bước 1: Tạo mô hình hình học chi tiết (H 1)



H 1: Mô hình hình học chi tiết

1. Khởi động Pro|ENGINEER Wildfire : Nhấp chuột trái 2 lần vào biểu tượng proewildfire.
2. Thiết lập đường dẫn: File → Set Working Directory , nhập đường dẫn.
3. Đặt tên bản vẽ: Pro|ENGINEER Wildfire main menu, File → New, chọn Part ở cửa sổ New, nhập tên: CNC (dùng mmns_part_solid.prt làm template.)
4. Tạo 1 khối chữ nhật $60 \times 100 \times 12$
 - Nhấp chuột trái vào biểu tượng Extrude Tool, Sketch Tool ở Dashboard, cửa sổ Section mở ra. Chọn các mặt chuẩn để vẽ và định hướng. Mặt phẳng vẽ 2D để vẽ là

mặt FRONT, mặt định hướng RIGHT, nhấp Sketch.

- Vẽ 1 hình chữ nhật để tạo hình khối (extrusion) trong mặt phẳng FRONT bằng cách nhấp chuột vào góc dưới bên phải và góc trên bên trái của hình chữ nhật trong cửa sổ bản vẽ

- Thay đổi các kích thước sang 60×100 bằng cách nhấp vào các kích thước trên hình chữ nhật, Done.

- Tạo hình khối (extrude) từ hình chữ nhật để mô hình hóa vật thể rắn. Nhập giá trị chiều sâu là 12 ở cửa sổ lệnh, nhấp nút OK.

- Kiểm tra khối chữ nhật. View → Default Orientation.

5. Tạo chữ "CNC" kích cỡ $30 \times 80 \times 8$

- Nhấp chuột trái vào biểu tượng Extrude Tool, Sketch Tool, cửa sổ Section mở ra. Chọn các mặt chuẩn để vẽ và định hướng. Mặt phẳng vẽ 2-D để vẽ là mặt trên của khối, mặt định hướng RIGHT, nhấp Sketch.

- Tạo chữ. Sketch menu → Text và nhập các ký tự CNC cần gia công

- Thay đổi kích cỡ của chữ sang 30×80 và đặt chữ ở chính giữa khối

- Tạo khối (extrude) cho chữ theo cỡ 8 từ mặt trên khối

- Kiểm tra chi tiết đã tạo ra. View → Default Orientation

- Lưu chi tiết. File → Save và Exit

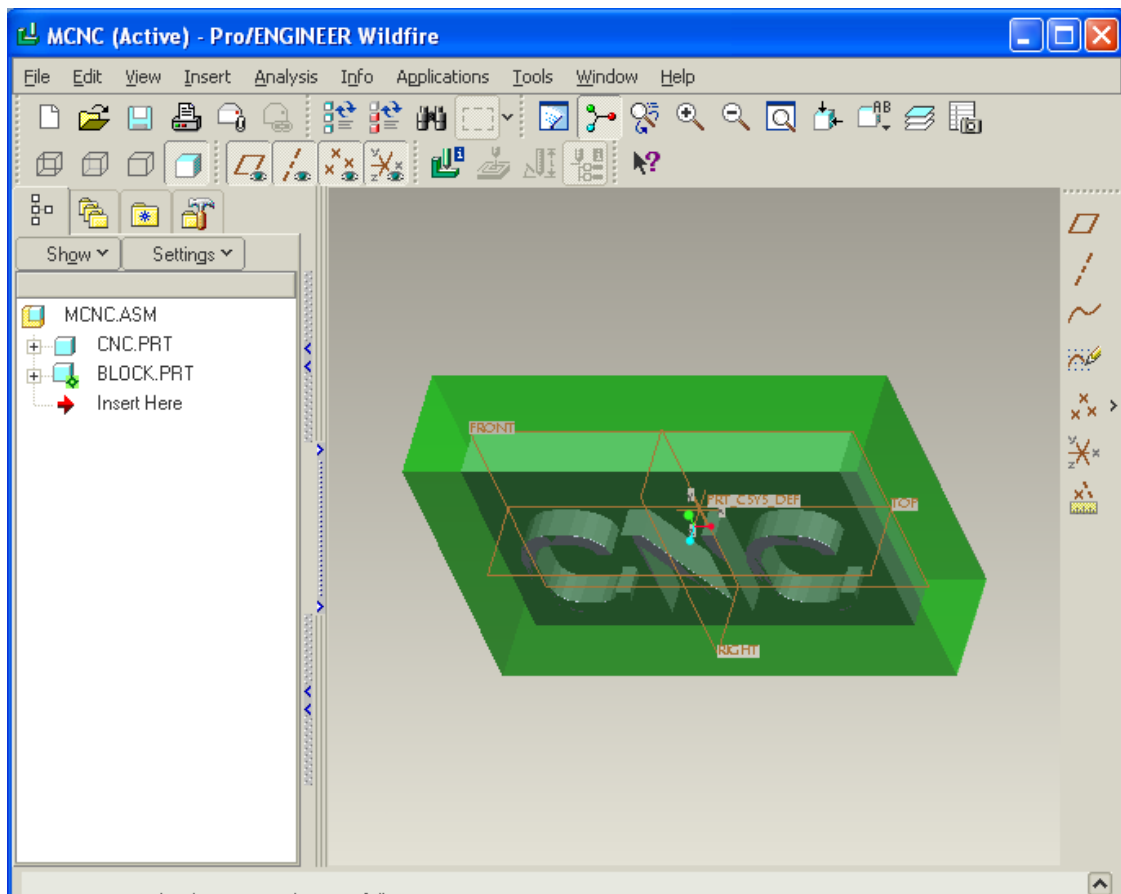
Bước 2: Tạo phôi. Hình dáng và kích thước phôi cho biết lượng nguyên vật liệu cần dùng để tạo thành sản phẩm. Pro/E coi bước này là một thao tác lắp (NC Assembly).

1. Khởi động Pro|ENGINEER Wildfire : Nhấp chuột trái 2 lần vào biểu tượng proewildfire.

2. Thiết lập đường dẫn: File → Set Working Directory , nhập đường dẫn.

3. Đặt tên bản vẽ . Pro/E main menu, File → New, chọn Manufacturing ở cửa sổ Type, và NC part ở cửa sổ Sub-type , nhập tên: MCNC. Manufacturing, MFG Model, Assemble, Reference Model, chọn CNC.prt trong cửa sổ mở.

- Tạo phôi. Menu MANUFACTURE, chọn Mfg Model → Create → Nhập workpiece. Nhập tên cho workpiece : BLOCK. Bây giờ xây dựng một hình khối chữ nhật kích thước $80 \times 120 \times 30$. FEAT CLASS → Solid, SOLID → Protrusion, SOLID OPTS → Extrude, Solid Done, PROTRUSION: Cửa sổ Sketch xuất hiện ở góc dưới bên trái trên màn hình. Nhấp Sketch.



H 2: Mô hình phôi

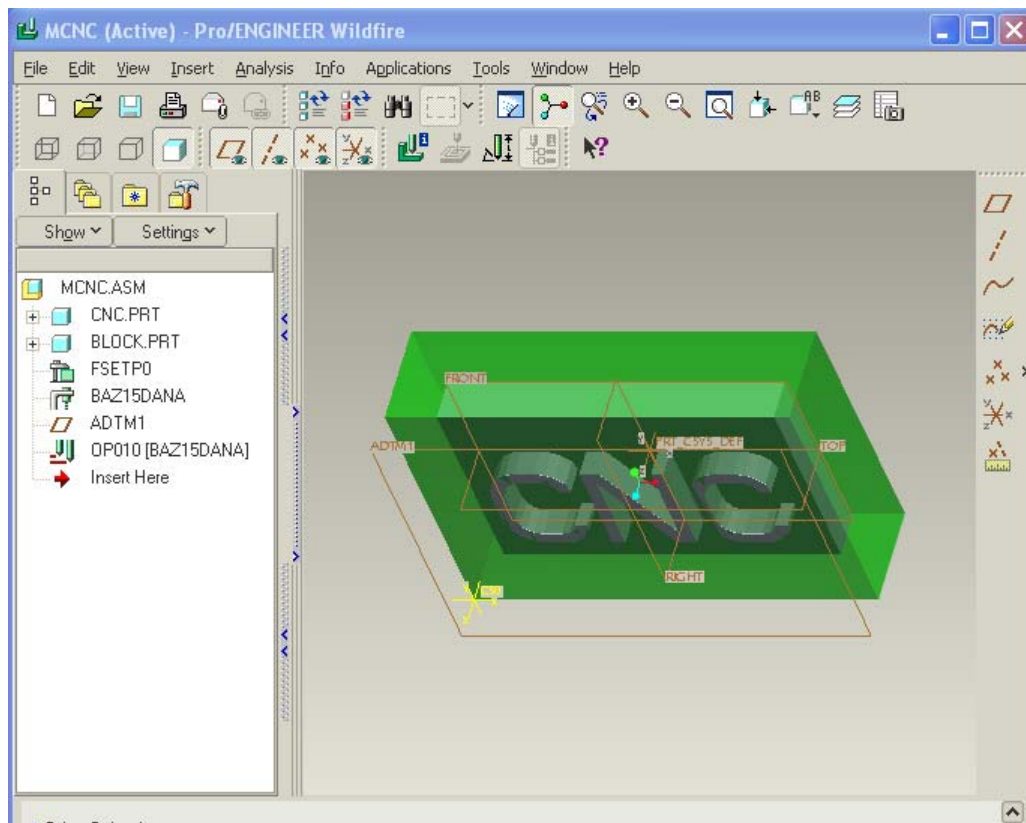
- Chọn các mặt chuẩn để vẽ và định hướng. Mặt phẳng vẽ 2-D để vẽ là mặt trên CNC của khối, mặt chuẩn để định hướng là mặt RIGHT. References: Các mặt TOP và RIGHT.

- Vẽ 1 hình chữ nhật để tạo hình khối (extrusion) trong mặt phẳng trên bằng cách nhấp chuột vào góc dưới bên phải và góc trên bên trái của hình chữ nhật trong cửa sổ bản vẽ

- Thay đổi các kích thước sang 80×120 bằng cách nhấp vào các kích thước trên hình chữ nhật. Tạo hình khối (extrude) từ hình chữ nhật để mô hình hóa vật thể rắn. Options, Side1 → Blind, Done, nhập giá trị chiều sâu là 30 ở cửa sổ lệnh, Done. Mô hình phôi tạo ra có dạng như H2

Bước 3: Thực hiện việc chuẩn bị chế tạo. Công việc chuẩn bị bao gồm xác định kiểu máy xử dụng và biên dạng cần gia công, lượng vật liệu lấy đi từ phôi,...Ngoài ra cũng cần xác định một hệ tọa độ nếu chưa có và một mặt phẳng rút về của dụng cụ. Hệ tọa độ phải phù hợp với hướng phay và điểm O_w

1. MFG Setup → Operation. Cửa sổ Operation Setup mở ra tự động.



H3: Chuẩn bị chế tạo

2. Xác định máy NC. Nhấp biểu tượng máy, các cửa sổ máy công cụ mở ra. Nhập các tham số sau : Machine name : CNC-M, Machine type : Mill

Number of axis: 3 CNC control: Siemens

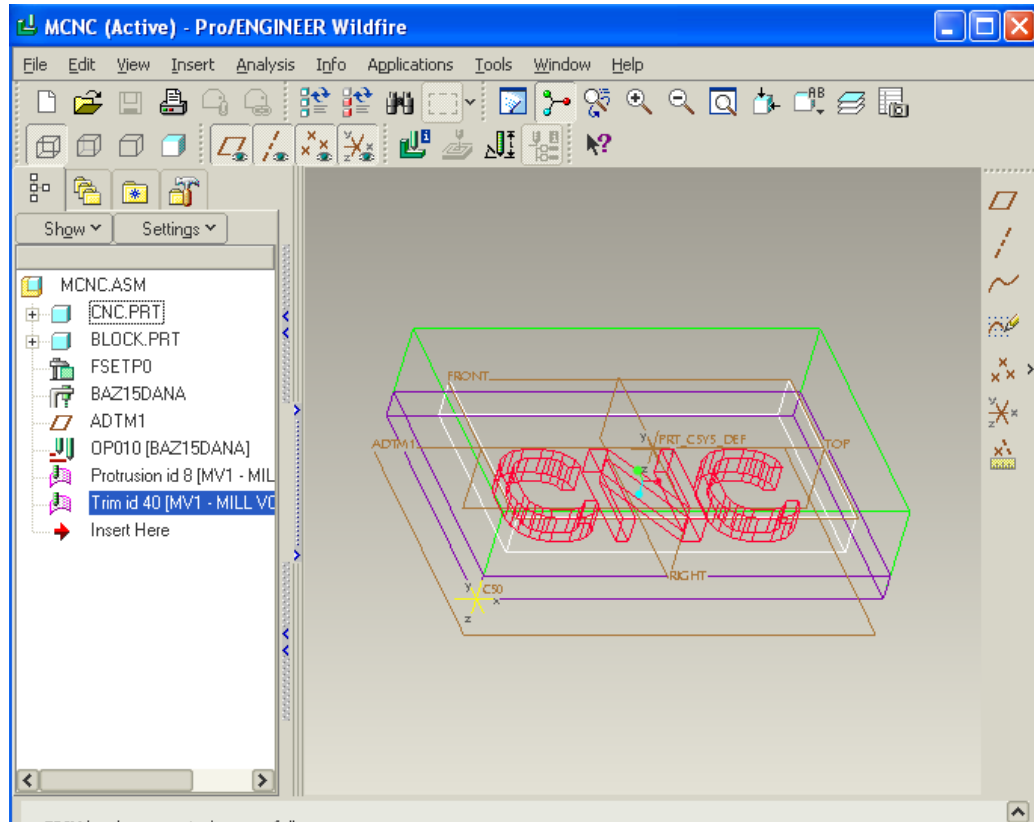
3. Xác định điểm O_w . Nhấp nút Machine Zero, Menu Manager →MACH CSYS → Create → CSYS1 OPTIONS → 2Axes → Done → GET SELECT→ Pick. Chọn 2 cạnh của phôi ở góc trái-trên-trước.

4. Xác định mặt phẳng rút về. Nhấp nút con trỏ, chọn Along Z Axis, và ở mục Enter Z Depth, nhập vào 12. Nhấp OK để đóng cửa sổ (H3)

5. Tạo khối lượng phay. Xác định lượng vật liệu cần lấy đi từ phôi. MFG Geom → Mill Volume → Create VOL và nhập tên : mv1. Vẽ lượng vật liệu cần lấy đi từ phôi : Sketch, SOLID OPTS, Extrude, Solid, Done. Ở Menu Manager, ATTRIBUTES, One Side, Done. SETUP SK PLN, Setup New, Plane, Sket View chọn mặt RIGHT của phôi. MILL VOLUME, Ở Menu Manager, SPEC TO, Blind, Done. Nhập chiều sâu 8. Dùng hàm Trim để xác định mv1(H4).

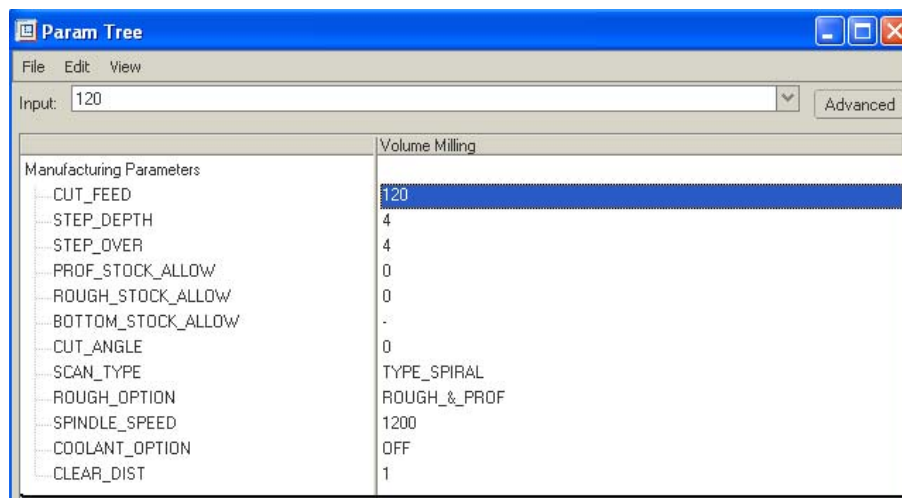
Bước 4: Xác định các nguyên công gia công. Công việc chuẩn bị bao gồm xác định loại dụng cụ được dùng và các tham số chế tạo (kích thước dụng cụ, tốc độ cắt..) và xác

định lượng vật liệu cần lấy đi (đã tạo ra ở bước trước đó)



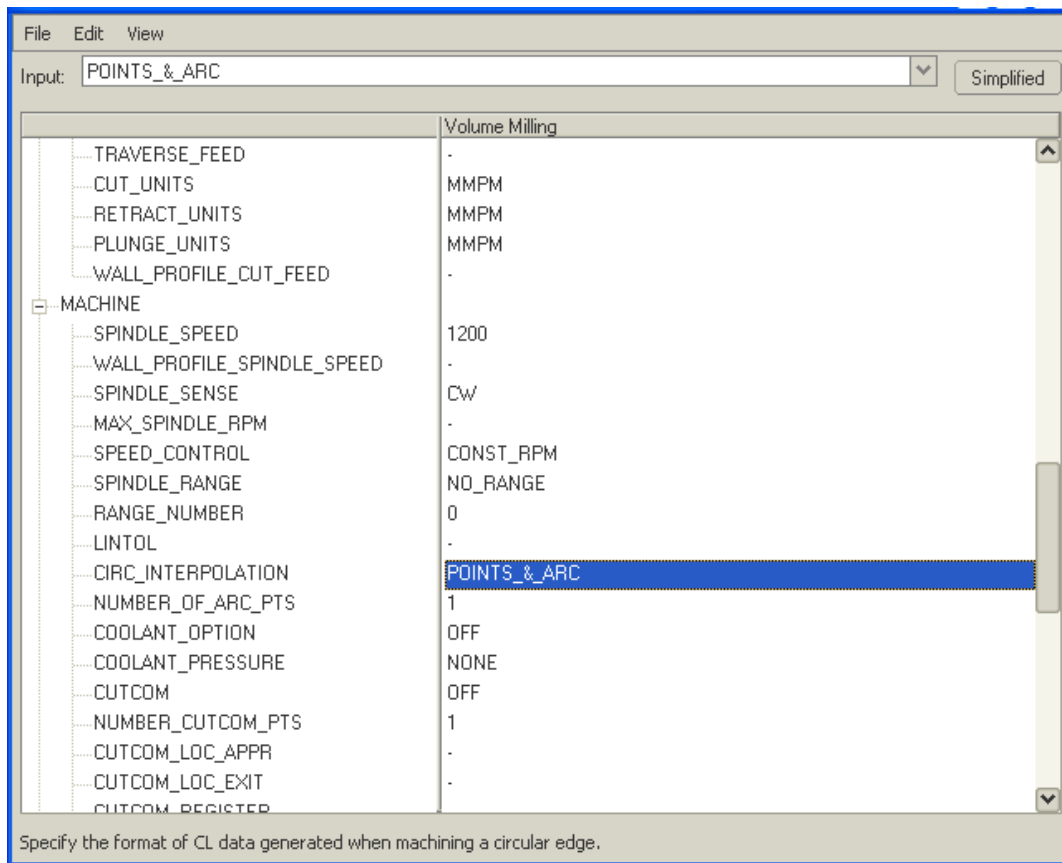
H4

1. Machining → NC Sequence → Volume, Done.
2. Cửa sổ SEQ SETUP mở ra. Nhấp các hộp thoại tool, parameters, retract và volume, Done.
3. Bảng Tool setup mở ra. Nhập hay thay đổi tham số theo các giá trị sau :
Cutter_Diam 6 ; Length 50; Apply, OK để đóng cửa sổ Tool setup.



H5: Thiết lập các tham số gia công

4. MFG PARAMS → Set. Cửa sổ Param Tree mở ra. Nhập hay thay đổi các giá trị như ở H5,H6. Chọn nút Advance để thay đổi CIRC_INTERPOLATION→ POINTS_&_ARC. Nhấp File, Exit.



H6 : Thiết lập các tham số gia công

5. Chọn Vol → mv1

Bước 5:

Kiểm tra mô phỏng đường dịch chuyển và tạo mã G

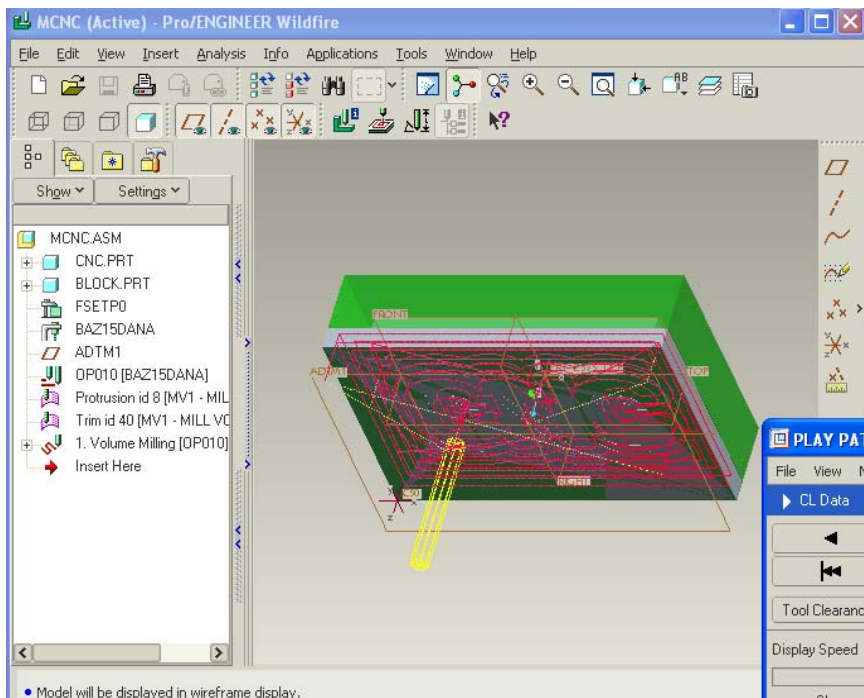
1. Machining → NC Sequence → Play Path → Screen play. Đường dịch chuyển cắt gọt được trình bày ở H7a,b .

2. Utilities → Options . Cửa sổ Options mở ra như ở H8. Nhập nccheck_type ở hộp thoại Option và nccheck ở hộp thoại Value.

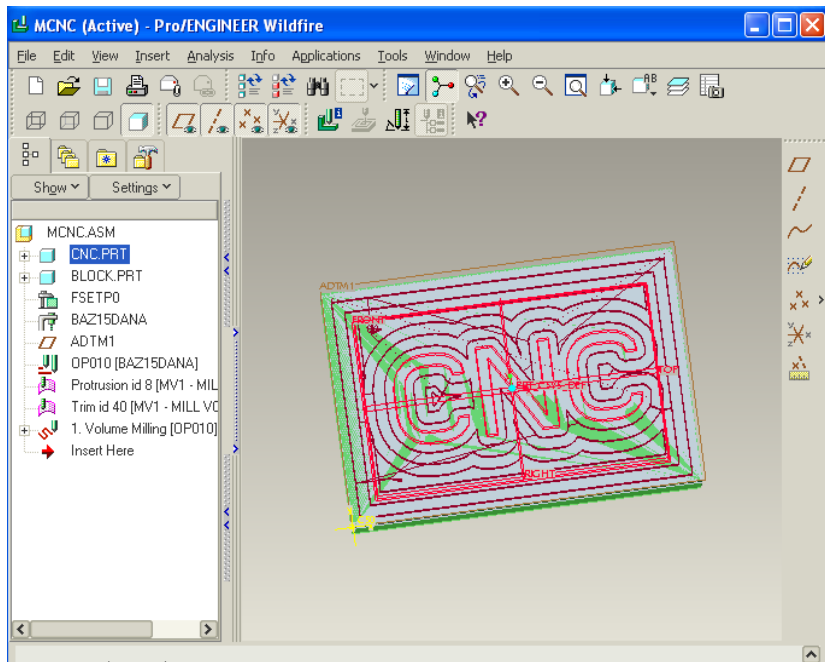
3. Machining → NC Sequence → NC Check → Run. Mô phỏng quá trình gia công (H9)

4. Machining → CL Data → Output → Select Feature → NC Sequence → Volume Milling. PATH → FILE → Done.

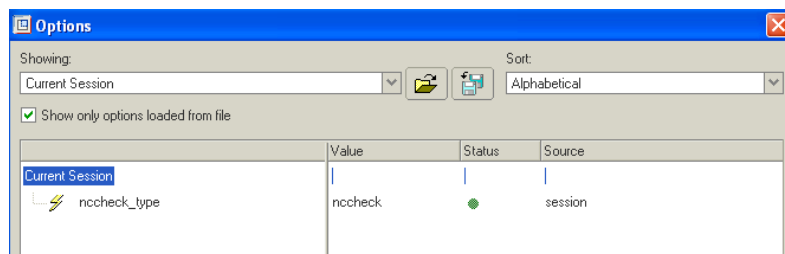
Nhập tên : cnc ở cửa sổ Save a Copy. Pro/Eng sẽ lưu file là cnc.ncl.1 để làm việc với



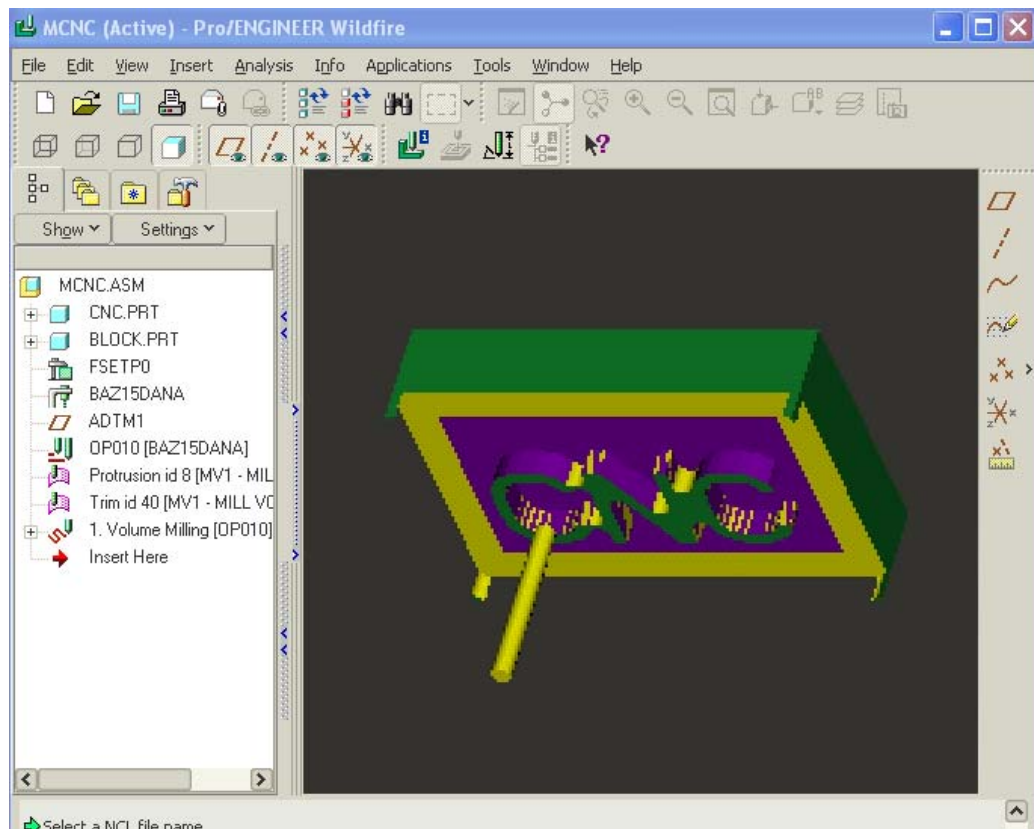
H7a: Đường dịch chuyển dụng cụ



H7b: Đường dịch chuyển dụng cụ



H8



H9: Mô phỏng quá trình gia công

chương trình postprocessor (xử lý tiếp theo).

5. Mở file *.exe của chương trình xử lý tiếp theo và nhập tên file muốn xử lý tiếp theo.

6. File cnc.ncl và cnc.nc cần qua chương trình notepad để soạn thảo dưới dạng file văn bản.

File cnc.ncl như sau:

```

$$$          Pro/CLfile  Version Wildfire - 2004030
$$-> MFGNO / MCNC
PARTNO / MCNC
$$-> FEATNO / 496
MACHIN / UNCX01, 1
$$-> CUTCOM_GEOMETRY_TYPE / OUTPUT_ON_CENTER
UNITS / MM
LOADTL / 1
$$-> CUTTER / 6.000000
$$-> CSYS / 1.0000000000, 0.0000000000, 0.0000000000, 0.0000000000, $
          0.0000000000, 1.0000000000, 0.0000000000, 0.0000000000, $
          0.0000000000, 0.0000000000, 1.0000000000, 0.0000000000
SPINDL / RPM, 1200.000000, CLW
RAPID
GOTO / 15.2626282862, 65.0000000000, 12.0000000000
RAPID
GOTO / 15.2626282862, 65.0000000000, 1.0000000000
FEDRAT / 120.000000, MMPM
GOTO / 15.2626282862, 65.0000000000, -4.0000000000
...
GOTO / 38.8891633743, 44.8936162849, 12.0000000000
SPINDL / OFF
$$-> END /
FINI |

```


File cnc.nc như sau:

```
%MCNC;
G54 G90;
G71;
M06T 1;
M03 S 1200;
G00 X 8.000 Y 8.000 Z 12.000;
G00 X 8.000 Y 8.000 Z -4.000;
F 120;
...
...
G01 X 25.377 Y 26.830 Z -13.000;
G01 X 25.377 Y 26.830 Z 12.000;
M05;
M30;
```

Kiểm tra file mã G trước khi tải chương trình gia công đến máy :

```
%MCNC;
G54 G90;
G71;
M06T 1;
M03 S 1200;
G00 X 8.000 Y 8.000 Z 12.000;
G00 X 8.000 Y 8.000 Z -4.000;
F 120;
...
...
G01 X 25.377 Y 26.830 Z -13.000;
G01 X 25.377 Y 26.830 Z 12.000;
M05;
M30;
```

B. Tạo đường dịch chuyển dụng cụ để gia công với các thiết lập riêng (Có thể chọn tùy ý nhưng phải có lời giải thích đi kèm)

Nội dung báo cáo:

1. Hình vẽ, phôi, mô phỏng đường dịch chuyển dụng cụ. Chọn các thiết lập riêng kèm theo các giải thích về cách chọn các tham số, kiểm tra NC. Nhận xét về đường dịch chuyển dụng cụ đã lựa chọn.
2. File ncl và file mã G (*.nc) từ chương trình postprocessor và các nhận xét.
3. File mã G biên soạn

Phụ lục I

Bảng chọn tốc độ cắt khi phay mặt phẳng

Vật liệu	V[m/ph] dùng cho cắt thô	V[m/ph] dùng cho cắt tinh
Thép	27	30
Thép dụng cụ	21	27
Gang	18	24
Đồng	27	30
Nhôm	61	93

Bảng chọn lượng chạy dao khi phay

Vật liệu	Lượng chạy dao [mm/vòng]	
	Cắt thô	Cắt tinh
Thép	0.25-0.50	0.075-0.25
Thép dụng cụ	0.25-0.50	0.075-0.25
Gang	0.40-0.65	0.13-0.30
Đồng	0.40-0.65	0.075-0.25
Nhôm	0.40-0.75	0.13-0.25

Bảng chọn tốc độ cắt khi tiện

Vật liệu	Phân loại	Chiều sâu cắt t (mm)	V[m/ph]	Lượng chạy dao S[mm/vòng]	Vật liệu dụng cụ
Thép	Tiện thô	3 ÷ 5	120 ÷ 150	0.3 ÷ 0.5	K10 ÷ 20
	Tiện tinh	0.2 ÷ 0.5	140 ÷ 180	0.1 ÷ 0.2	K01 ÷ 10
	Tiện tinh (ren)	0.04			
	Tiện rãnh		80 ÷ 110	0.1 ÷ 0.2	K10 ÷ 20
Kim loại màu		0.05÷0.3	1000	0.01 ÷ 0.02	

Phụ lục II

Nội quy sử dụng Máy

1. Tất cả các công việc trên Máy PCMill155 phải được thực hiện với sự đồng ý của cán bộ hướng dẫn .
2. Phải chuẩn bị kỹ lưỡng các đặc điểm của công việc sắp thực hiện trước khi vận hành thiết bị. Nếu cần kiểm tra lần cuối phương pháp vận hành, có thể yêu cầu sự giúp đỡ của cán bộ hướng dẫn.
3. Thông báo khẩn cấp cho cán bộ hướng dẫn nếu phát hiện Máy có sự làm việc bất thường .

Thực hành

MỤC ĐÍCH

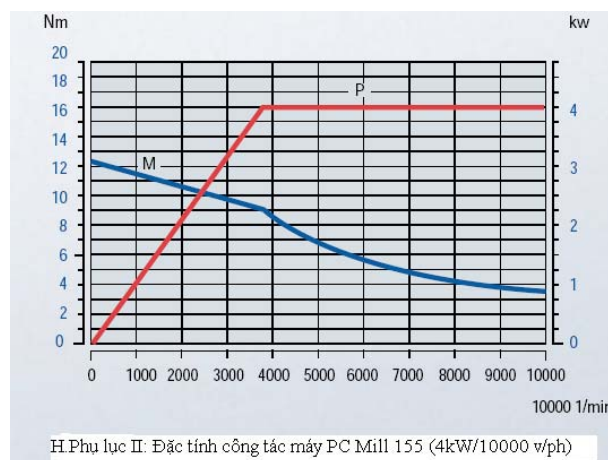
Trình bày các đặc tính kỹ thuật chính và các thao tác cơ bản trên Máy Phay Điều Khiển Chương Trình Số PCMill155

PHƯƠNG PHÁP

A. Các thao tác cơ bản trên Máy PCMill155

- Các công việc chuẩn bị và khởi động cho Máy PCMill155 (Phụ lục A).
- Nhập dữ liệu bằng tay, tự động, lập trình có sự hỗ trợ của máy tính, thao tác DNC (Phụ lục B).

B. Các đặc tính kỹ thuật chính của Máy PCMill155



• Máy PCMill155

Các đặc tính kỹ thuật:

- Dịch chuyển lớn nhất theo trục X/Y/ Z : 300/200/300mm
- Kích thước bàn máy: 520 x 180 mm
- Hệ thống cấp dao: Đầu quay 10 dao có thể lập trình

- Phạm vi tốc độ lớn nhất của trục chính : 150 - 5000 v/ph
- Phạm vi tốc độ chạy dao công tác: 0÷4 m/ph
- Tốc độ chạy dao nhanh 7,5m/ph
- Trọng lượng máy : 700 kg

Phụ lục A

Các công việc chuẩn bị và khởi động cho Máy PCMill 155

1. Bật công tắc nguồn điện ON

Mở nguồn khí nén

Bật công tắc chính của máy 1- ON

Đóng và Mở cửa chắn phoi để kiểm tra công tắc an toàn của cửa.

Đặt lại khoá EMERGENCY OFF (phím đầu tiên bên trái của các phím điều khiển Máy ở dòng cuối cùng)

Nhấn khoá " AUX ON " và giữ khoảng 1 phút (Ready status)

2. Đặt các OVERRIDE SWITCHES về 100%.

3. Đặt máy về điểm Reference point : Có thể thực hiện theo 1 trong 2 cách:

- Dịch chuyển theo từng trục ở MODE Refpoint: Lần lượt nhấn phím +Z, phím +X và phím +Y. Nếu có trục thứ tư, nhấn phím +4.

- Dịch chuyển đồng thời các trục: Nhấn phím REF ALL ở bàn phím PC

4. Đặt công tắc khoá chế độ làm việc (phím thứ hai bên trái của các phím điều khiển Máy ở dòng cuối cùng) ở vị trí tự động (Automatic operation) hay ở chế độ hiệu chỉnh (Setting operation). Ở chế độ tự động, các cơ cấu an toàn của máy đều đã được đặt vào vị trí công tác, ví dụ chương trình gia công không thực hiện được khi cửa máy mở..., còn ở chế độ hiệu chỉnh, có thể dịch chuyển các bàn trượt máy bằng tay với cửa máy mở, nhưng cần đặc biệt chú ý khi thực hiện chế độ này vì có nhiều nguy cơ về an toàn sử dụng máy.

Các dịch chuyển bằng tay các bàn trượt máy có thể thực hiện được ở chế độ tự động, khi cửa máy đóng bằng cách nhấn công tắc khoá Consent T (phím đầu tiên bên phải của các phím điều khiển Máy ở dòng cuối cùng):

a. Ở chế độ tự động :

- Có thể mở cửa máy

- Dịch chuyển nhanh các bàn trượt bằng tay JOG mà không kích hoạt điểm

Reference point

- b. Ở chế độ hiệu chỉnh :
- Có thể dịch chuyển các bàn trượt bằng tay với cửa máy mở
 - Xoay trống dụng cụ với cửa máy mở (chỉ xoay 1 vị trí)
5. Kết thúc công việc chuẩn bị và khởi động máy : Ngắt công tắc nguồn 0-OFF.
Xoay ngược #1

Hiệu chỉnh Máy - Dụng cụ - Gá

1. Xê dịch điểm chuẩn O_{ct} : $G54 \div G57$

Có thể xê dịch được 4 điểm O_{ct} (ví dụ với 4 cơ cấu kẹp khác nhau)

- Nhấn phím mềm SETTING DATA trên bộ phận màn hình và các phím mềm ở bất kỳ chế độ (MODE) nào

- Nhấn phím mềm ZERO OFFSET
- Nhập các giá trị đã đo được (tức là : X,Y,Z = khoảng cách từ điểm O_M đến điểm O_{ct})

- Chỉnh sửa các giá trị này có thể nhập bên dưới ZO ADDIT

- Di chuyển con trỏ màn hình đến giá trị muốn sửa với các phím $\downarrow \uparrow \leftarrow \rightarrow$
- Nhập giá trị mới và nhấn phím Enter

2. Các số liệu dụng cụ cắt:

Khoảng cách từ điểm cắt gọt thực tế đến điểm chuẩn gá dụng cụ của mỗi một dụng cụ dùng cho gia công đều phải được đo.

- Nhập số liệu bán kính dụng cụ cắt chỉ khi cần bù bán kính cho dụng cụ này
- Các số liệu dụng cụ: Ví dụ mặt phẳng gia công là mặt X-Y (G17)

L1: Chiều dài dao theo phương Z tính từ điểm cắt đến điểm chuẩn gá dao

R : Bán kính dụng cụ

Type: Ví dụ drilling tool 10, milling tool 20

- Chọn phím mềm TOOL OFFSET ở bất kỳ chế độ nào. Màn hình hiện biểu mẫu dùng cho nhập các số liệu dụng cụ

- Chọn số hiệu dụng cụ bằng các phím hay nhập con số số hiệu dụng cụ và Search

- Di chuyển con trỏ màn hình với các phím $\downarrow \uparrow \leftarrow \rightarrow$ đến mục nhập cần thiết.

Nhập số liệu bằng bàn phím số. Giá trị nhập được hiển thị trên màn hình

- Lưu giá trị hiệu chỉnh khi nhấn phím Enter

3. Gá kẹp phôi

Phụ lục B

Các chế độ làm việc (MODE) của máy PCMill 155

1. Nạp chương trình gia công bằng tay (MDI)

- Về điểm 0 cho tất cả các trục máy.
- Đặt MODE về MDI.
- Nhập từng lệnh của chương trình gia công qua các phím chức năng hoặc bàn phím và INPUT.
- Nhấn SBL (Single Block) để chạy gia công theo từng câu lệnh.

Mặc dù có thể nạp toàn bộ chương trình gia công vào bộ nhớ, chế độ MDI thường dùng để soạn thảo, sửa đổi các chương trình đã có sẵn trong bộ nhớ.

2. Gọi chương trình gia công từ bộ nhớ hoặc tạo chương trình mới

- Về điểm 0 cho tất cả các trục máy.
- Đặt MODE về 1 trong các MODES: JOG, AUTOMATIC, INC1...INC10000 và REFPOINT

- Nhấn phím mềm PART PROGRAM.
- Nhấn phím mềm EDIT.
- Nhập số hiệu chương trình %... hay L...
- Nhấn phím mềm SELECT PROGRAM

Các lệnh trong chương trình đã có ở bộ nhớ được hiển thị hoặc nhập chương trình mới qua các phím chức năng hay bàn phím.

- Nhấn phím Program Start ở MODE Automatic để thực hiện chương trình gia công. Chú ý có thể chạy gia công theo từng câu lệnh SBL với MODE Automatic.

3. Các thao tác quản trị chương trình với các phím mềm

- Nhấn phím mềm PART PROGRAM
- Nhấn phím mềm PROGR-HANDLE
- Ở dòng phím mềm hiển thị các chức năng COPY, RENAME, DELETE.

Ví dụ 1: Copy Program hay Rename Program

- + Nạp qua bàn phím %88=%5
- + Nhấn phím COPY hay RENAME

Phần mềm copy hay rename chương trình %88 và lưu với số hiệu chương trình %5

Ví dụ 2: Delete Program

- + Nạp qua bàn phím %22
- + Nhấn phím DELETE

4. Nạp chương trình gia công ở các hệ thống CAD/CAM với các phím mềm.

- Về điểm 0 cho tất cả các trục máy.
- Chương trình gia công NC phải được định dạng theo SINUMERIK 810/820.
- File nhập phải đổi lại tên ở dạng sau:
 - %MPFxxxx....chương trình chính
 - %SPFxxxx....chương trình con

Ví dụ Đổi tên file với WINDOW File Manager: From: PART1.81M To: %MPF123

- Nhập chương trình với DATA IMPORT.

5. Gửi và nhận chương trình gia công (Data Input- Output) với các phím mềm

- Data Input- Output
 - Nhấn phím mềm DATA IN-OUT
 - Màn hình hiển thị bảng thông số và các chức năng.

Ví dụ với mục " Interface no. for data in:", có thể chọn một cổng nối tiếp (1 hay 2- ứng với cổng COM1 hay COM2) hoặc một đĩa (A, B hay C). Với ổ đĩa C, phải có đường dẫn của chi tiết (có thể nhập, hay với GENERAL DATA ở SETTING DATA) hay nhập/xuất đường dẫn (WinConfig, 4.1 Thay đổi Đường dẫn).

- DATA IMPORT : Nhận dữ liệu từ đĩa A, B, và C
 - Nhấn phím mềm DATA IMPORT
 - Chọn đĩa
 - Nhập bên dưới " Mainprogram" hay "Subprogram" các số hiệu chương trình sau đây:
 - Begin: % 0 (Số hiệu chương trình đầu tiên)
 - End: % 0 (Số hiệu chương trình cuối cùng)
 - Nhấn phím mềm MAIN PROGRAM hay SUBROUTINE bắt đầu đọc dữ liệu
 - Chuyển các xe dịch điểm 0, dữ liệu dụng cụ cắt: Nhấn phím mềm START
 - STOP khi muốn ngừng DATA IMPORT
- Data Input qua cổng COM1/COM2
 - Nhấn phím mềm DATA IN START bắt đầu chức năng nhận của phần mềm
 - Ở góc trên bên phải của màn hình đang hiển thị DIO (Data Input/Output) với các mục như nơi gửi (ví dụ từ băng đục lỗ...)

- Khởi động nguồn gởi
- STOP khi muốn dừng quá trình gởi
- Data Output
 - Nhấn phím mềm DATA OUT
 - Màn hình hiển thị bảng thông số và các chức năng
 - Ví dụ với mục " Interface no. for data in:", có thể chọn một cổng nối tiếp (1 hay 2- ứng với cổng COM1 hay COM2) hoặc một đĩa (A, B hay C).
 - Nếu gởi dữ liệu sang đĩa, dữ liệu này sẽ được gởi ở cùng dạng (format) với đầu ra đến giao diện nối tiếp. Dữ liệu này phải được đọc vào với DATA IMPORT và không được copy trực tiếp lên đường dẫn chi tiết.

Ví dụ gởi chương trình :

- + Nhấn phím mềm PART PROGRAM
- + Màn hình hiển thị bảng thông số và các chức năng của AUTOMATIC DATA OUTPUT
- + Nhập bên dưới Mainprogram hay Subprogram các số hiệu sau:
 - Begin: chương trình đầu tiên muốn gởi
 - End: chương trình cuối cùng muốn gởi
- + Nhấn phím mềm MAINPRG hoặc SUBPRG bắt đầu chức năng gởi.
- + STOP khi muốn dừng quá trình gởi

- Print Data
 - Nhấn phím mềm DATA OUT
 - Màn hình hiển thị bảng thông số
 - Với "Interface no. for data out", có thể nhập P để chọn mục Máy in
- **Thiết lập các tham số truyền dữ liệu ở cổng giao diện nối tiếp**
 - Các giao diện gởi và nhận qua cổng truyền nối tiếp phải có tham số đặt (tốc độ truyền, số bit dừng, số bit dữ liệu...) như nhau
 - Chọn các phím mềm SETTING DATA-SETTING BITS
 - Màn hình hiển thị bảng thông số

6. Mô phỏng đồ họa

7. Vận hành máy qua máy tính cá nhân (khi có trang bị giao diện DNC thiết lập với Win Config).

8. Gởi và nhận chương trình gia công bằng máy tính.

Điều khiển số (Digital Control Systems)

Phần A:

Môn học truyền đạt các kiến thức phục vụ phân tích, thiết kế các hệ thống điều khiển tự động sử dụng vi xử lý (μP , μC , DSP).

Phần A bao gồm các nội dung thuộc chương trình dành cho Đại học.

(Version 6, 8/2011)



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

Điều khiển số

Chương 1: Mô hình tín hiệu và hệ thống

1. Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số
2. Mô hình tín hiệu trên miền ảnh z
3. Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

Chương 2: Điều khiển có phản hồi đầu ra

1. Xét ổn định của hệ thống số
2. Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục
3. Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn
4. Một số dạng mở rộng



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

Điều khiển số

Chương 3: Điều khiển có phản hồi trạng thái

1. Ôn lại các kiến thức cơ sở
2. Mô hình trạng thái gián đoạn
3. Tính ĐK được, QS được và các dạng chuẩn
4. Cấu trúc cơ bản của hệ thống ĐK số trên không gian trạng thái
5. Một số dạng mở rộng

Chương 4: Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

1. Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ
2. Thiết kế hệ thống bằng máy tính (MATLAB)
3. Thiết kế hệ thống vi điều khiển

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

Điều khiển số

Tài liệu tham khảo:

- [1] Isermann R.: *Digitale Regelsysteme*. Bd. I und II, Springer-Verlag, 2. Auflage, 1987-1988
- [2] Franklin G.F., Powell J.D., Workman M.L.: *Digital Control of Dynamic Systems*. Addison Wesley, 2nd 1994
- [3] Quang Ng.Ph.: *MATLAB & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*. Nhà xuất bản KH&KT, 2004
- [4] Quang Ng.Ph., Dittrich A.-J.: *Vector Control of Three-Phase AC Machines*. Springer, Berlin – Heidelberg, 2008

Chú ý: Giáo trình này sử dụng để dạy các lớp đại học với thời lượng 45 tiết, bao gồm lý thuyết và ví dụ. Với các lớp 60 tiết, sẽ dạy giống như lớp 45 tiết nhưng có thêm bài tập lớn 12-15 tiết.



21 August 2011

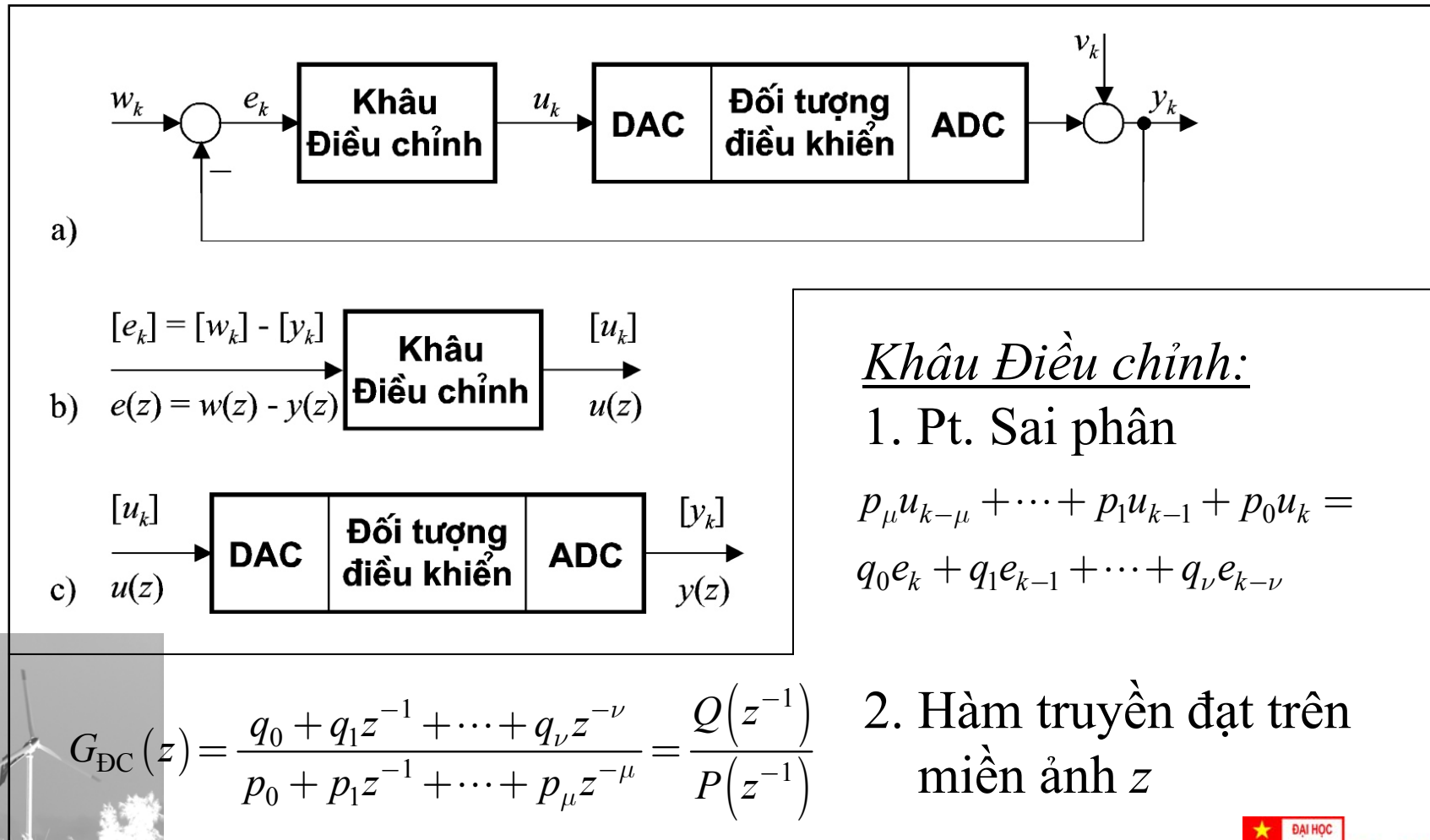
Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.1 Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
 Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
 Bách Khoa
 Hà Nội

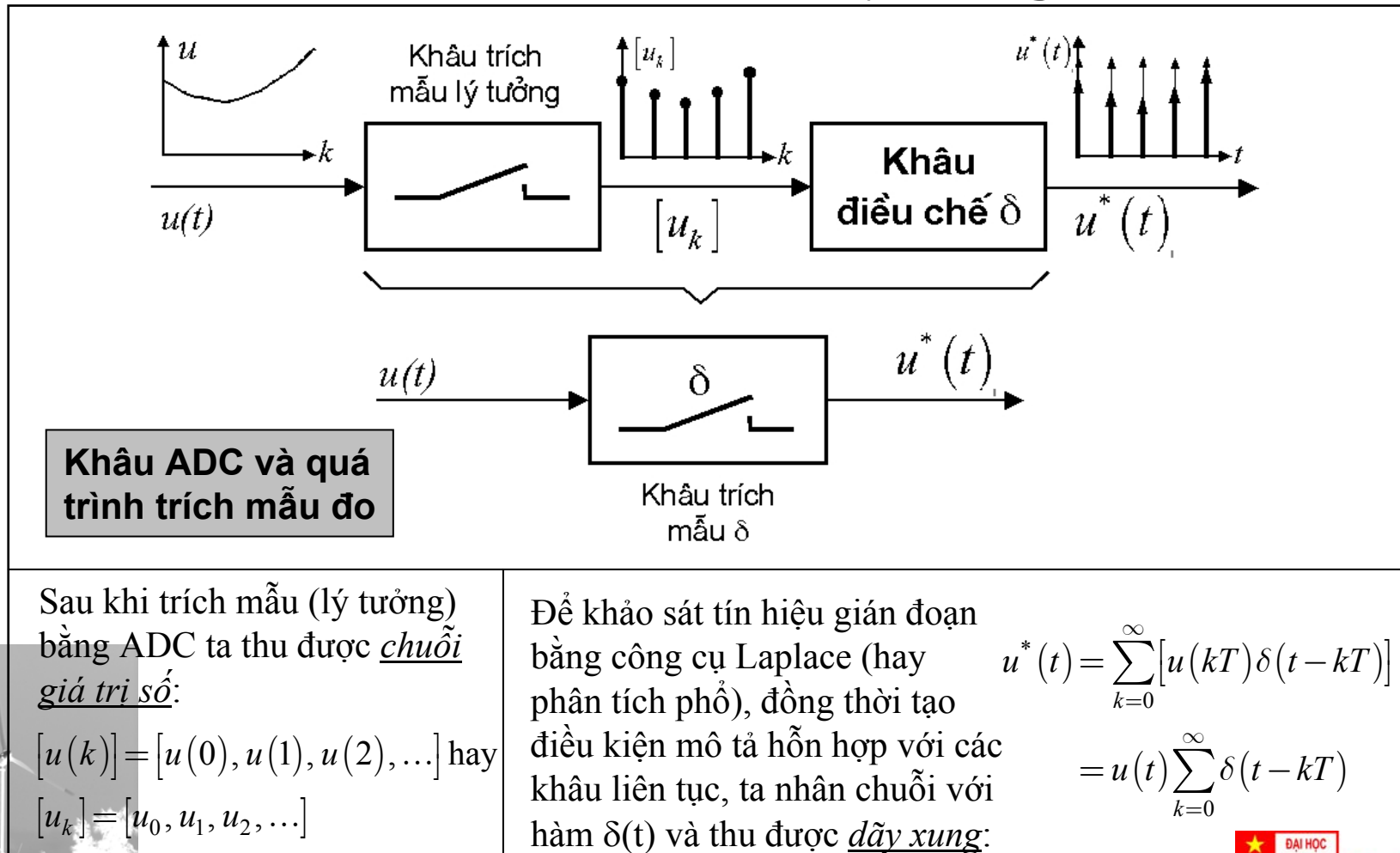
1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.1 Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số

- Khâu ĐC: sử dụng *vi xử lý* (microprocessor: μP), *vi điều khiển* (microcontroller: μC) hoặc *vi xử lý tín hiệu* (digital signal processor: DSP)
- Khâu DAC: có thể không tồn tại một cách tường minh, mà ẩn dưới dạng thiết bị có chức năng DA. Ví dụ: *khâu điều chế vector điện áp* (khi điều khiển digital động cơ ba pha)
- Khâu ADC: thường sử dụng khi đo đạc giá trị thực của đại lượng ra (ví dụ: đo dòng). Đôi khi tồn tại dưới dạng khác như: đo tốc độ quay bằng IE

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.1 Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số



21 August 2011

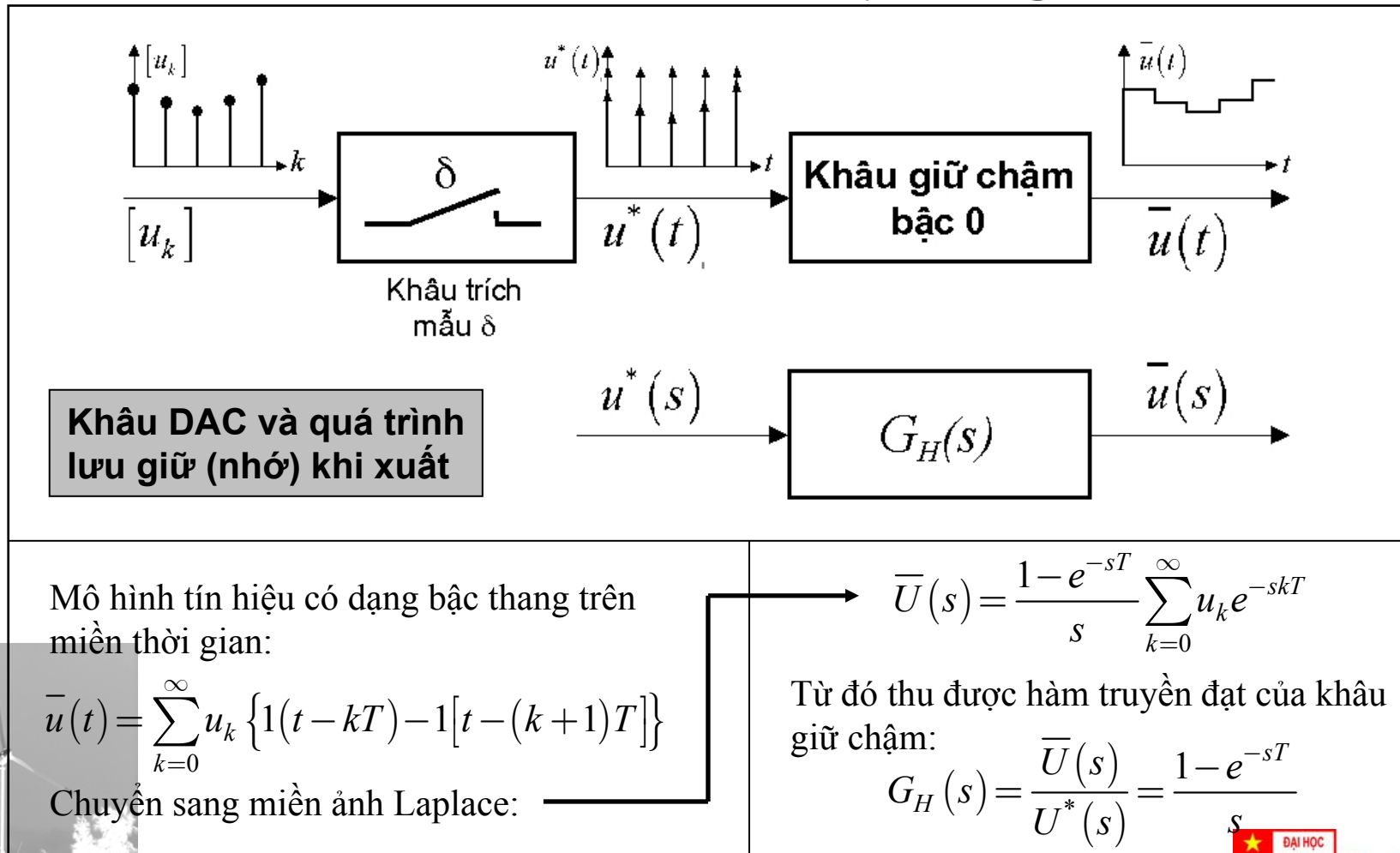
Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
Bách Khoa
Hà Nội

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.1 Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
HÀ NỘI

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.2 Mô hình tín hiệu trên miền ảnh z

Chuyển phương trình mô tả dãy xung $u^*(t)$ sang miền ảnh Laplace:

$$u^*(t) = \sum_{k=0}^{\infty} [u(kT) \delta(t - kT)] \Rightarrow U^*(s) = \sum_{k=0}^{\infty} [u_k e^{-skT}]$$

Thay: $z = e^{sT}$ ta thu được: $U^*(s) \Big|_{e^{sT}=z} = U(z) = \sum_{k=0}^{\infty} [u_k z^{-k}]$

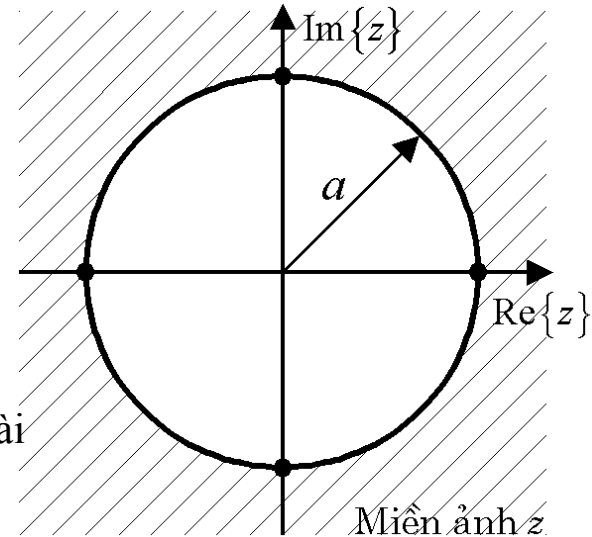
Ví dụ: Một tín hiệu gián đoạn về thời gian cho trước bởi

$$u_k = \begin{cases} 0 & k < 0 \\ a^k & k \geq 0 \end{cases}$$

Ảnh z của tín hiệu kể trên:

$$U(z) = \sum_{k=0}^{\infty} (a^k z^{-k}) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{a}{z}\right)^k$$

Chuỗi trên chỉ hội tụ khi $|a/z| < 1$, tức là ở vùng phía ngoài đường tròn có bán kính $a \rightarrow$ vai trò quan trọng của T đối với ổn định của hệ thống.



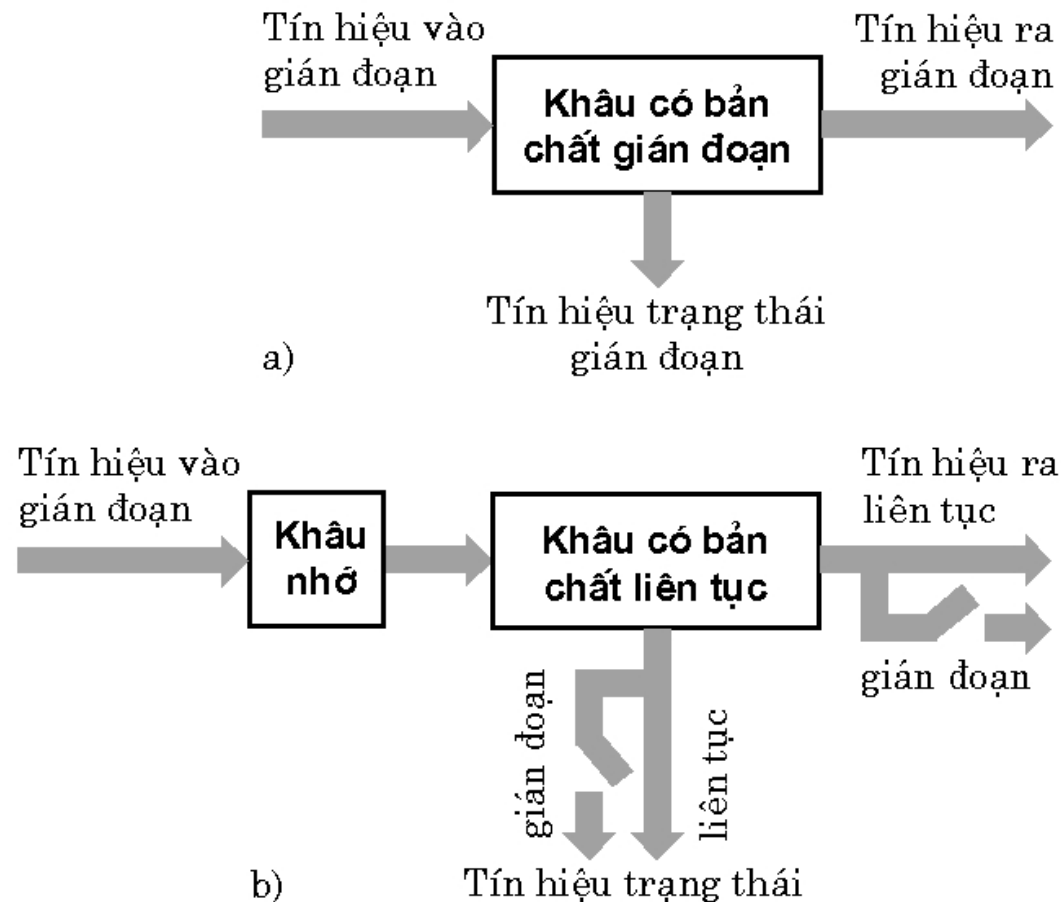
1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

Hệ thống ĐK số bao gồm 2 loại khâu cơ bản:

1. *Khâu có bản chất gián đoạn*: Các tín hiệu vào/ra/trạng thái đều gián đoạn về thời gian và về mức. Khâu mô tả các *thiết bị ĐK digital*.

2. *Khâu có bản chất liên tục*: Mô tả *đối tượng điều khiển*. Khi gián đoạn hóa sẽ đưa đến mô hình như hình bên. Việc gián đoạn hóa xuất phát từ mô hình trạng thái liên tục của đối tượng.



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

Quy luật tính toán (được gọi là thuật toán) xác định đặc tính truyền đạt của khâu.



a) Mô tả bằng phương trình sai phân

*Sai phân bậc nhất:

Sai phân tiến: $\Delta u_k = u_{k+1} - u_k$

Sai phân lùi: $\Delta u_k = u_k - u_{k-1}$

*Sai phân bậc 2: $\Delta^2 u_k = \Delta u_{k+1} - \Delta u_k$
 $= u_{k+2} - 2u_{k+1} + u_k$

*Sai phân bậc n:

$$\Delta^n u_k = \Delta^{n-1} u_{k+1} - \Delta^{n-1} u_k$$

$$= \sum_{\nu=0}^n \left[(-1)^\nu \binom{n}{\nu} u_{k+n-\nu} \right]$$

Một phương trình sai phân có ít nhất 2 giá trị u_{k+n} và u_k được gọi là phương trình sai phân bậc n.

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

a) Mô tả bằng phương trình sai phân

*Pt. sai phân bậc n sử dụng sai phân tiến:

$$a_0 x_{k+n} + \dots + a_{n-1} x_{k+1} + a_n x_k = b_0 u_{k+m} + \dots + b_{m-1} u_{k+1} + b_m u_k$$

*Pt. sai phân bậc n sử dụng sai phân lùi:

$$a_0 x_k + a_1 x_{k-1} + \dots + a_n x_{k-n} = b_0 u_k + b_1 u_{k-1} + \dots + b_m u_{k-m}$$

Giải pt. sai phân bằng *phương pháp tính truy hồi* (recursive method)

Giả sử ta xuất phát từ pt. sai phân lùi với $a_0=1$

$$x_k = b_0 u_k + b_1 u_{k-1} + \dots + b_m u_{k-m} - a_1 x_{k-1} - a_2 x_{k-2} - \dots - a_n x_{k-n}$$

Quá trình tính x_k được bắt đầu từ $k=0$, lần lượt nâng thêm 1:

$$k = 0 \Rightarrow x_0 = b_0 u_0$$

$$k = 1 \Rightarrow x_1 = b_0 u_1 + b_1 u_0 - a_1 x_0$$

⋮

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

12

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

a) Mô tả bằng phương trình sai phân

Giải pt. sai phân *trên miền ảnh z*

* Bước 1: Chuyển đồng thời 2 vế của pt. sai phân sang miền ảnh z:

$$Z\{a_0x_{k+n} + \dots + a_{n-1}x_{k+1} + a_nx_k\} = Z\{b_0u_{k+m} + \dots + b_{m-1}u_{k+1} + b_mu_k\}$$

* Bước 2: Giả thiết các giá trị ban đầu $x_0, x_1, \dots, u_0, u_1, \dots$ bằng 0, ta có:

$$X(z) = \frac{b_0z^m + b_1z^{m-1} + \dots + b_m}{a_0z^n + a_1z^{n-1} + \dots + a_n} U(z)$$

* Bước 3: Áp dụng biến đổi ngược để tìm x_k

Chú ý: Có thể giải pt. sai phân trên miền ảnh z, xuất phát từ pt. sai phân tiền hoặc lùi, kết quả thu được bao giờ cũng là duy nhất.

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

b) Mô tả bằng hàm truyền đạt trên miền ảnh z

Với: $X(z) = Z\{x_k\}; U(z) = Z\{u_k\}$

là ảnh z của chuỗi giá trị (tín hiệu digital) đầu ra / đầu vào, ta sẽ có hàm truyền đạt sau:

$$G(z) = \frac{X(z)}{U(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}}; \quad m = n$$

Tương tự hệ liên tục, hàm truyền đạt $G(z)$ có thể được coi là ảnh z của hàm trọng lượng gián đoạn $[g_k]$ (chuỗi trọng lượng). Vậy:

$$g_k = Z^{-1}\{G(z)\} \Rightarrow x_k = \sum_{i=0}^k g_{k-i} u_i$$

Chú ý: Trên cơ sở các phương trình vector sai phân, có thể mô tả khâu truyền đạt gián đoạn nhiều chiều tuyến tính bởi:

$$\mathbf{X}(z) = \mathbf{G}(z) \mathbf{U}(z)$$

Trong đó $\mathbf{G}(z)$ là ma trận truyền đạt gián đoạn.

Ví dụ: $G(z) = \frac{X(z)}{U(z)} = \frac{1}{4} \frac{1 - z^{-4}}{1 - z^{-1}}$

$$\Rightarrow g_k = \frac{1}{4} Z^{-1} \left\{ \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z-1} z^{-4} \right\} = \frac{1}{4} (1^k - 1^{k-4})$$

$$\Rightarrow [g_k] = \left(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 0, 0, \dots \right)$$

Khi $u^k = 1^k$ ta có:

$$\begin{aligned} x_k &= g_k + g_{k-1} + g_{k-2} + \dots + g_1 + g_0 \\ x_0 &= g_0 = 0,25 \\ x_1 &= g_1 + g_0 = 0,5 \\ x_2 &= g_2 + g_1 + g_0 = 0,75 \\ x_3 &= g_3 + g_2 + g_1 + g_0 = 1 \\ x_4 &= g_4 + g_3 + g_2 + g_1 + g_0 = 1 \\ &\vdots \quad \dots \quad \vdots \end{aligned}$$

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

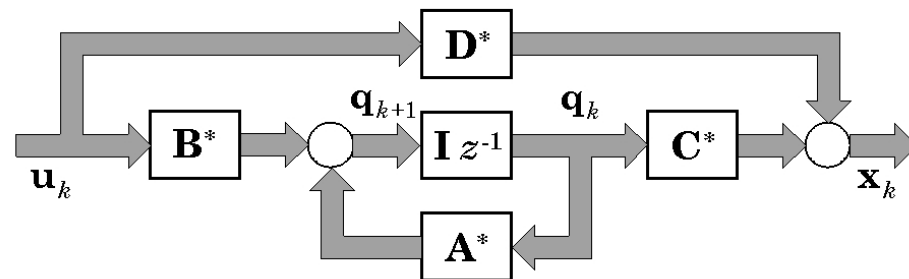
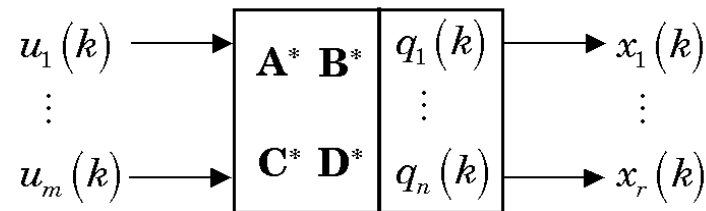
c) Mô tả bằng mô hình trạng thái gián đoạn

Hệ MIMO:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \mathbf{A}^* \mathbf{q}_k + \mathbf{B}^* \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C}^* \mathbf{q}_k + \mathbf{D}^* \mathbf{u}_k \end{cases}$$

Hệ SISO:

$$\begin{cases} q_{k+1} = A^* q_k + b^* u_k \\ x_k = c^* q_k + d^* u_k \end{cases}$$



- Mô hình thu được từ phương trình sai phân, hay hàm truyền đạt (trên miền ảnh z) mô tả thuật toán mà khâu thực hiện (thuật toán ĐC, lọc số vv...).
- Có thể thực hiện biến đổi sang các dạng chuẩn tắc (chuẩn ĐK, chuẩn QS) thông dụng để mô tả hoặc tính toán.

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

a) Đặc điểm của quá trình nhớ (xem trang 7)

Dạng bậc thang của tín hiệu vào do quá trình nhớ tạo nên. Trên miền ảnh Laplace có dạng:

$$\bar{U}(s) = \underbrace{\frac{1-e^{-sT}}{s}}_{G_H(s)} \underbrace{\sum_{k=0}^{\infty} u_k e^{-skT}}_{U^*(s)} \longrightarrow G_H(s) = \frac{\bar{U}(s)}{U^*(s)} = \frac{1-e^{-sT}}{s}$$



Kết luận: Khi xét ĐTĐK không bao giờ được phép quên khâu giữ chậm (đặc trưng cho quá trình nhớ)

b) Mô tả bằng hàm truyền đạt

$$X(s) = \bar{G}(s)U^*(s)$$

Với $X(s)$ là ảnh Laplace của biến ra, $U^*(s)$ là ảnh Laplace của chuỗi xung đầu vào

Gọi ảnh Laplace của đáp ứng bước nhảy đơn vị (của hàm quá độ $h(t)$) là $H(s)$ ta có:

$$\begin{aligned} \bar{G}(s) &= H(s) - e^{-sT} H(s) = (1 - e^{-sT}) H(s) \\ &= \frac{1 - e^{-sT}}{s} G(s) = G_H(s) G(s) \end{aligned}$$

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

b) Mô tả bằng hàm truyền đạt trên miền ảnh z

$$X(z) = \bar{G}(z)U(z)$$

Với $\bar{G}(z)$ được tính theo một trong hai cách mô tả ở hình bên

Ví dụ: Đối tượng ĐK là một khâu quán tính bậc nhất. Theo cách đi thuộc nhánh bên trái:

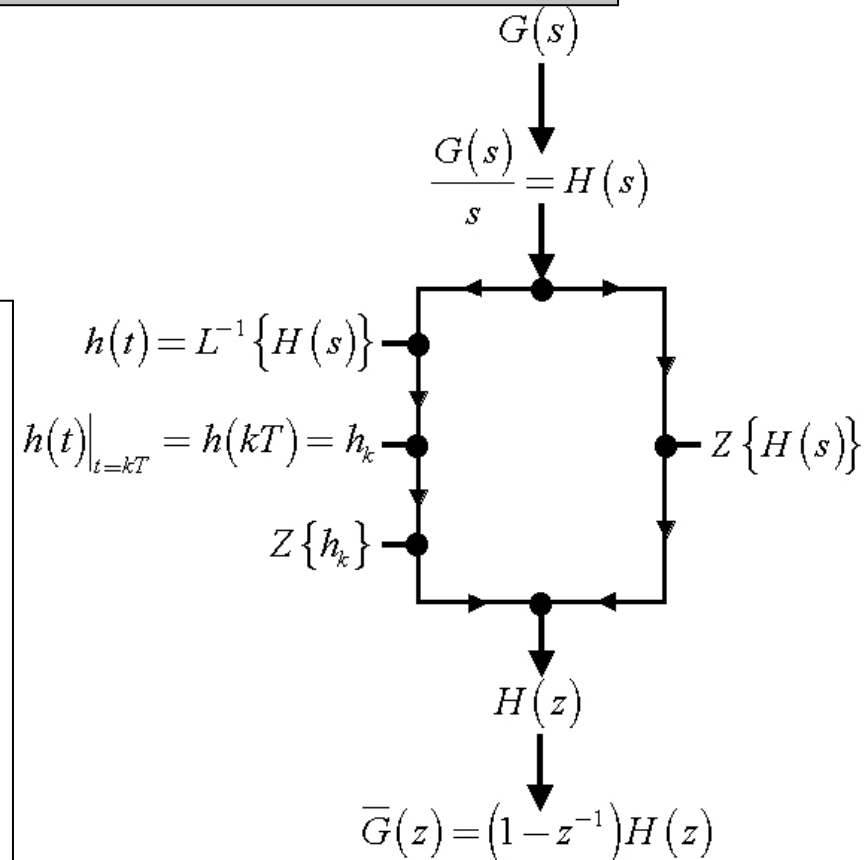
$$G(s) = \frac{1}{1+sT_1} \Rightarrow H(s) = \frac{1}{s(1+sT_1)} \Rightarrow h(t) = (1-e^{-t/T_1})1(t)$$

*Chuỗi sau gián đoạn hóa: $h_k = 1^{kT} - e^{-kT/T_1}$

*Chuyển sang ảnh z: $H(z) = \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z-e^{-T/T_1}}$

*Hàm truyền đạt của đối tượng trên miền ảnh z:

$$\begin{aligned} \bar{G}(z) &= 1 - \frac{z-1}{z-e^{-T/T_1}} \\ &= \frac{1-e^{-T/T_1}}{z-e^{-T/T_1}} \end{aligned}$$



1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

b) Mô tả bằng hàm truyền đạt trên miền ảnh z

Lưu ý, khi hàm truyền đạt có dạng phân thức hữu tỷ sẽ có khả năng tách thành các phân thức tối giản như sau: $G(s) = \frac{B(s)}{A(s)} \Rightarrow H(s) = \frac{B(s)}{s A(s)}$

a) $H(s)$ có các cực s_ν bất kỳ, khác nhau: $Z\left\{\frac{1}{s - s_\nu}\right\} = \frac{z}{z - e^{s_\nu T}}$

b) $H(s)$ có cực s_ν lặp lại m lần: $Z\left\{\frac{1}{(s - s_\nu)^m}\right\} = \frac{1}{(m-1)!} \frac{\partial^{m-1}}{\partial s_\nu^{m-1}} \frac{z}{z - e^{s_\nu T}}$

Tiếp tục ví dụ trang trước bằng cách đi theo nhánh bên phải:

*Tách $H(s)$ thành các phân thức tối giản: $H(s) = \frac{1/T_1}{s(s+1/T_1)} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s+1/T_1}$

*Tìm $H(z)$ nhờ tìm ảnh của các phân thức tối giản: $Z\{H(s)\} = H(z) = \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z - e^{-T/T_1}}$

*Hàm truyền đạt của đối tượng trên miền ảnh z: $\bar{G}(z) = \frac{1 - e^{-T/T_1}}{z - e^{-T/T_1}}$

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

c) Mô tả bằng mô hình trạng thái gián đoạn

• Cho trước đối tượng MIMO:

$$\dot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{A} \mathbf{q}(t) + \mathbf{B} \mathbf{u}(t)$$

• Nghiệm tổng quát với $t > t_0$ và $\Phi(t) = e^{\mathbf{A}t}$:

$$\mathbf{q}(t) = e^{\mathbf{A}(t-t_0)} \mathbf{q}(t_0) + \int_{t_0}^t e^{\mathbf{A}(t-\tau)} \mathbf{B} \mathbf{u}(\tau) d\tau$$

$$= \Phi(t-t_0) \mathbf{q}(t_0) + \mathbf{H}(t-t_0) \mathbf{u}(t_0) \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

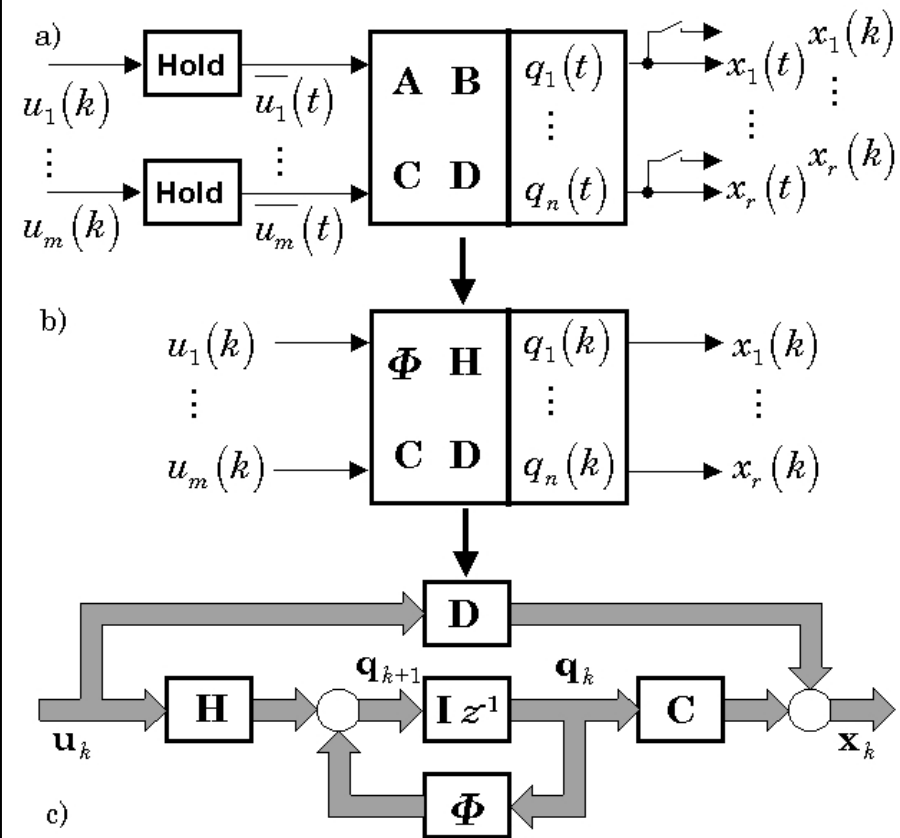
• Với $t_0 = t_k$ và chọn $t = t_{k+1}$ ta có:

$$\mathbf{q}(t_{k+1}) = \Phi\left(\frac{t_{k+1} - t_k}{T}\right) \mathbf{q}(t_k) + \mathbf{H}\left(\frac{t_{k+1} - t_k}{T}\right) \mathbf{u}(t_k)$$

$$\mathbf{q}_{k+1} = \Phi(T) \mathbf{q}_k + \mathbf{H}(T) \mathbf{u}_k$$

• Với: $\mathbf{H}(T) = \mathbf{A}^{-1} [\Phi(T) - \mathbf{I}] \mathbf{B}$

Ưu điểm: Dễ dàng tìm được mô hình gián đoạn của các đối tượng MIMO



1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

d) Quan hệ giữa mô hình trạng thái và mô hình truyền đạt

• Mô hình đầy đủ của đối tượng MIMO có dạng:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi(T)\mathbf{q}_k + \mathbf{H}(T)\mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C}\mathbf{q}_k + \mathbf{D}\mathbf{u}_k \end{cases} \quad \text{với phương trình đặc tính: } \det[z\mathbf{I} - \Phi] = 0$$

• Ma trận truyền đạt $\mathbf{G}(z)$ trên miền ảnh z của đối tượng MIMO:

$$\mathbf{x}(z) = \mathbf{G}(z)\mathbf{u}(z) \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{G}(z) = \mathbf{C}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]^{-1}\mathbf{H}(T) + \mathbf{D} \\ = \mathbf{C} \frac{\text{adj}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]}{\det[z\mathbf{I} - \Phi(T)]} \mathbf{H}(T) + \mathbf{D} \end{cases} \xrightarrow[\text{quán tính}]{\text{Khâu}} \begin{cases} \mathbf{G}(z) = \mathbf{C}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]^{-1}\mathbf{H}(T) \\ = \mathbf{C} \frac{\text{adj}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]}{\det[z\mathbf{I} - \Phi(T)]} \mathbf{H}(T) \end{cases}$$

• Hàm truyền đạt $G(z)$ trên miền ảnh z của đối tượng SISO:

$$G(z) = \frac{x(z)}{u(z)} \Rightarrow \begin{cases} G(z) = \mathbf{c}^T [z\mathbf{I} - \Phi(T)]^{-1} \mathbf{h}(T) + d \\ = \mathbf{c}^T \frac{\text{adj}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]}{\det[z\mathbf{I} - \Phi(T)]} \mathbf{h}(T) + d \end{cases} \xrightarrow[\text{quán tính}]{\text{Khâu}} \begin{cases} G(z) = \mathbf{c}^T [z\mathbf{I} - \Phi(T)]^{-1} \mathbf{h}(T) \\ = \mathbf{c}^T \frac{\text{adj}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]}{\det[z\mathbf{I} - \Phi(T)]} \mathbf{h}(T) \end{cases}$$

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control

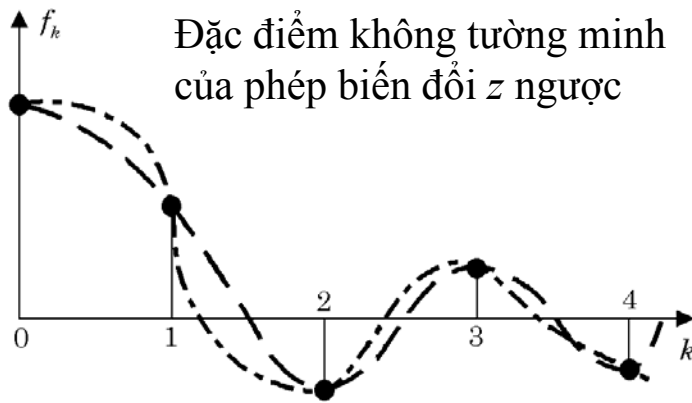


ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.3 Mô tả hệ trong khoảng giữa hai thời điểm trích mẫu

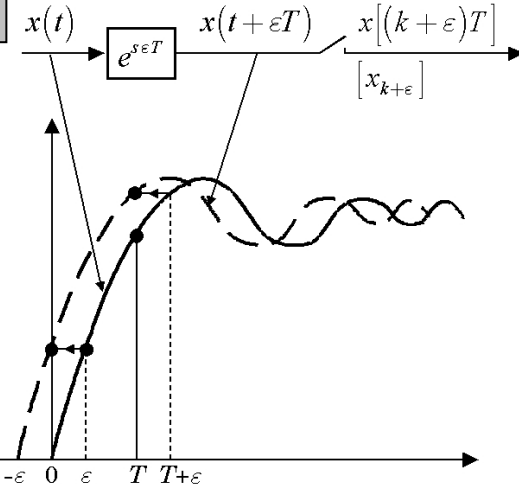


Giữa 2 thời điểm trích mẫu:

$$t = (k + \varepsilon)T; 0 \leq \varepsilon \leq 1$$

Chọn số lượng ε đủ lớn, ta có thể mô tả $x(t)$ bởi:

$$[x((k + \varepsilon)T)] \Leftrightarrow [x_{k+\varepsilon}]$$



Biến đổi z mở rộng

$$Z\{x_{k+\varepsilon}\} = X(z, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} [x_{k+\varepsilon} z^{-k}]$$

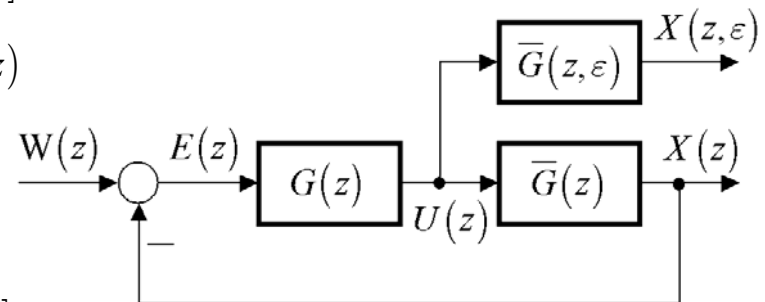
$$= \bar{G}(z, \varepsilon) U(z)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, 0 \leq \varepsilon \leq 1$$

Hai trường hợp đặc biệt có thể dùng để kiểm tra:

$$\varepsilon = 0 \Rightarrow X(z, 0) = Z\{x_k\} = X(z)$$

$$\varepsilon = 1 \Rightarrow X(z, 1) = Z\{x_{k+1}\} = z[X(z) - x_0]$$



1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.4 Mô tả hệ gián đoạn có trễ (tín hiệu vào dạng bậc thang)

Hệ với thời gian trễ T_d (Dead-Time): $T_d = \left(d - \varepsilon_d \right) T$; $d = 1, 2, \dots$; $0 \leq \varepsilon_d < 1$ được mô tả bởi:

$$x_k = \sum_{i=0}^{\infty} \left[\bar{g}_{(k-d+\varepsilon_d)-i} u_i \right]$$

Áp dụng các kiến thức về biến đổi z mở rộng và nguyên lý tịnh tiến của ảnh z, ta thu được hàm truyền đạt $G_d(z)$ sau:

$$G_d(z) = Z \left\{ \bar{g}_{k-d+\varepsilon_d} \right\} = z^{-d} \bar{G}(z, \varepsilon_d)$$

Khi T_d là số nguyên lần của T :

1) T_d xuất hiện ở đầu vào:

$$\mathbf{q}_{k+1} = \Phi(T) \mathbf{q}_k + \mathbf{h}(T) \mathbf{u}_{k-d}$$

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{c}^T \mathbf{q}_k$$

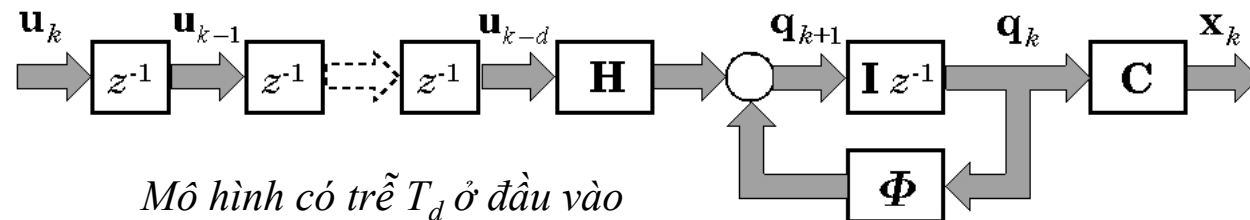
2) T_d xuất hiện ở đầu ra:

$$\mathbf{q}_{k+1} = \Phi(T) \mathbf{q}_k + \mathbf{h}(T) \mathbf{u}_k$$

$$\mathbf{x}_{k+d} = \mathbf{c}^T \mathbf{q}_k$$

3) Trong cả hai trường hợp: Bậc của Φ nâng lên thành $(n+d) \times (n+d)$

Khi T_d là số nguyên lần của T , chỉ cần bù xung z^d . Khi T_d không là số nguyên lần của T , sử dụng ε_d (thay vì ε) để tìm ảnh z mở rộng. Trong cả 2 trường hợp, sẽ xuất hiện điểm cực lặp lại d lần tại gốc tọa độ.



1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

Chú ý chương 1: Sinh viên phải nắm vững chương 1 và thành thạo các phương pháp gắn liền với các ví dụ sau đây

1. **Ví dụ 1.3.3, 1.3.4, 1.3.5:** Mô tả khâu có bản chất liên tục với tín hiệu vào bậc thang bằng hàm truyền đạt (bộ tham số của động cơ DC trong ví dụ 1.3.5 sẽ được sử dụng nhất quán trong nhiều ví dụ tiếp theo)
2. **Ví dụ 1.3.6, 1.3.7:** Mô tả khâu có bản chất liên tục với tín hiệu vào bậc thang bằng mô hình trạng thái gián đoạn



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

2. ĐK có hồi tiếp đại lượng ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.1 Ổn định truyền đạt

• Hệ SISO: $G(z) = \mathbf{c}^T \frac{\text{adj}(z\mathbf{I} - \Phi)}{\det(z\mathbf{I} - \Phi)} \mathbf{h} + d$

• Hệ MIMO: $\mathbf{G}(z) = \mathbf{C} \frac{\text{adj}(z\mathbf{I} - \Phi)}{\det(z\mathbf{I} - \Phi)} \mathbf{H} + \mathbf{D}$

Về cơ bản, khi hệ có quán tính ($d = 0, \mathbf{D} = \mathbf{0}$), hai cấu trúc đều có dạng phân thức như sau:

$$\frac{B(z)}{\det(z\mathbf{I} - \Phi)} = \frac{B(z)}{(z - z_1)(z - z_2) \cdots (z - z_n)} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i z}{z - z_i}$$

$$g_k = c_1 z_1^k + c_2 z_2^k + \cdots + c_n z_n^k; \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

← Biến đổi z ngược

Theo định nghĩa về ổn định truyền đạt, dãy g_k chỉ có giá trị hạn chế khi $|z_i| < 1$. Tức là chỉ khi tất cả các điểm cực (nghiệm của phương trình đặc tính) nằm bên trong đường tròn đơn vị của mặt phẳng z .

2.1.2 Tiêu chuẩn đại số

a) Sử dụng phép biến đổi tương đương

Ví dụ: $z = \frac{1+w}{1-w}$

hoặc: $z = -\frac{1+w}{1-w}$

Sử dụng phép biến đổi w chuyển miền ổn định bên trong đường tròn đơn vị của mặt phẳng z sang bên trái mặt phẳng phức mới, gọi là mặt phẳng w , cho phép sử dụng các tiêu chuẩn đại số ROUTH và HURWITZ quen biết.

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

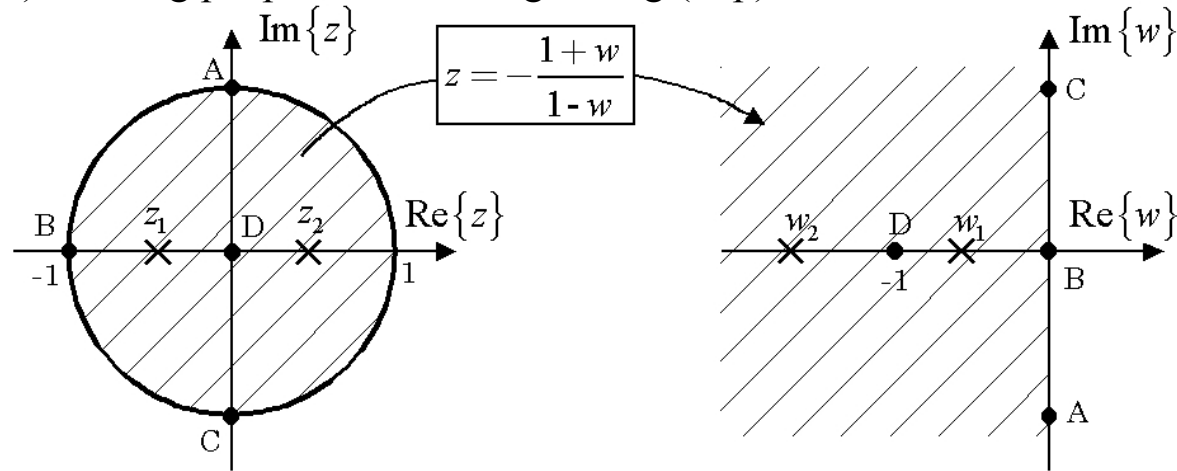
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.2 Tiêu chuẩn đại số

Nghiệm của đa thức đặc tính $N(z)$ chỉ nằm trong đường tròn đơn vị khi và chỉ khi tất cả nghiệm của $N(w)$ đều có phần thực âm.

a) Sử dụng phép biến đổi tương đương (tiếp):



1. Ứng với mỗi điểm bất kỳ thuộc miền ảnh z :
ta thu được một điểm mới trên miền ảnh w :

$$z = u + jv$$

$$w = \frac{z+1}{z-1} = \frac{u^2 + v^2 - 1}{u^2 + v^2 + 1 - 2u} - j \frac{2v}{u^2 + v^2 + 1 - 2u}$$

2. Đường tròn đơn vị $u^2 + v^2 = 1$, biên giới ổn định trên miền ảnh z trở thành đường thẳng:

$$w = -j \frac{v}{1-u}$$

3. Trước khi sử dụng tiêu chuẩn ROUTH hay HURWITZ ta phải chuyển đa thức đặc tính:

$N(z) = a_0' + a_1'z + a_2'z^2 + \dots + a_n'z^n$ sang miền w :

$$N(w) = a_0' + a_1' \frac{w+1}{w-1} + a_2' \left(\frac{w+1}{w-1} \right)^2 + \dots = h_0 + h_1w + h_2w^2 + \dots = 0$$

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



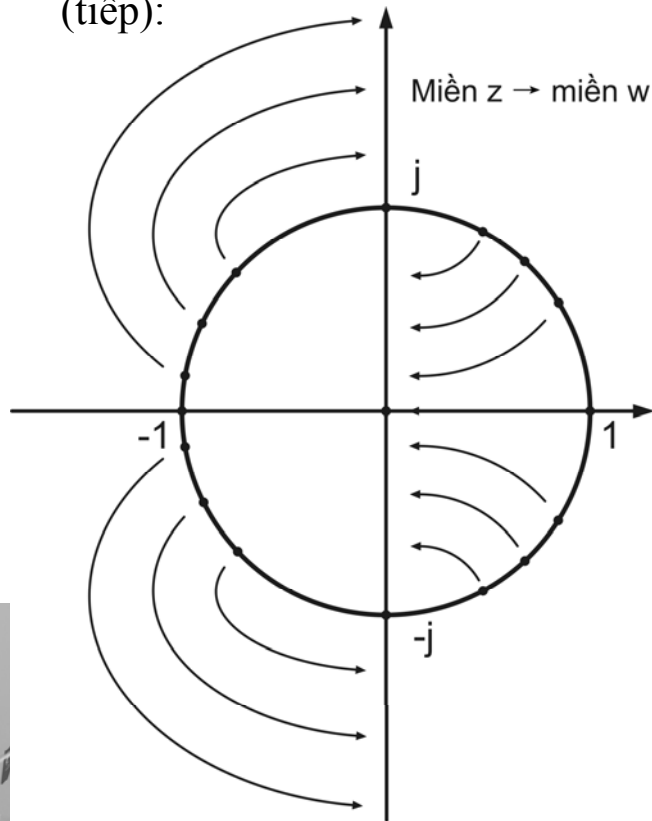
Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.2 Tiêu chuẩn đại số

a) Sử dụng phép biến đổi tương đương (tiếp):



b) Sử dụng tiêu chuẩn Schur-Cohn-Jury: Tương tự tiêu chuẩn HURWITZ, ta sẽ phải thiết lập các định thức từ các hệ số của đa thức đặc tính $N(z)$

$$N(z) = a_0 + a_1z + a_2z^2 + \dots + a_{n-1}z^{n-1} + a_nz^n$$

1. Tính các định thức C_k, D_k :

$$C_k = \det(\mathbf{A}_k + \mathbf{B}_k); D_k = \det(\mathbf{A}_k - \mathbf{B}_k); k = 1, 2, \dots, n$$

$$\mathbf{A}_k = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & \dots & a_{k-1} \\ 0 & a_0 & \dots & a_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & a_0 \end{bmatrix}; \mathbf{B}_k = \begin{bmatrix} a_{n-(k-1)} & \dots & a_{n-1} & a_n \\ a_{n-(k-2)} & \dots & a_n & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_n & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

2. Điều kiện cần và đủ để nghiệm của $N(z)$ nằm trong đường tròn đơn vị sẽ là $N(1) > 0$ và $(-1)^n N(-1) > 0$ đồng thời phải thỏa mãn:

$$\begin{array}{ll} k \text{ chẵn: } C_2 < 0; D_2 < 0 & k \text{ lẻ: } C_1 > 0; D_1 < 0 \\ C_4 > 0; D_4 > 0 & C_3 < 0; D_3 > 0 \\ C_6 < 0; D_6 < 0 & C_5 > 0; D_5 < 0 \\ \vdots & \vdots \end{array}$$

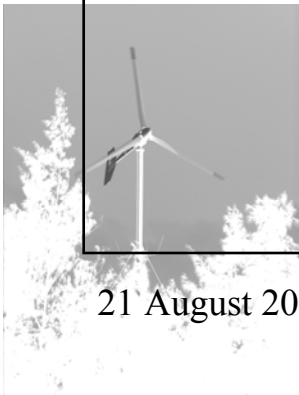
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.2 Tiêu chuẩn đại số

Chú ý mục 2.1.2:

1. **Ví dụ 2.1.1:** Sử dụng phép biến đổi tương đương để khảo sát ổn định
2. Sinh viên phải tự tạo ví dụ để kiểm chứng khả năng sử dụng tiêu chuẩn Schur-Cohn-Jury trên cơ sở tự thiết lập đa thức đặc tính có nghiệm nằm trong đường tròn đơn vị.



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
ĐẠI HỌC
Bách Khoa
Hà Nội
27

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.3 Sử dụng quỹ đạo điểm cực

Hàm truyền đạt vòng hở	Quỹ đạo điểm cực trên miền z	Phương trình đặc tính
$K_0 \frac{1}{z - z_1}$		$z + K_0 - z_1 = 0$ $z = -K_0 + z_1$
$K_0 \frac{z - z_{D1}}{z - z_1}$		$K_0(z - z_{D1}) + z - z_1 = 0$ $z = \frac{z_1 + K_0 z_{D1}}{1 + K_0}$

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.3 Sử dụng quỹ đạo điểm cực

Hàm truyền đạt vòng hở	Quỹ đạo điểm cực trên miền z	Phương trình đặc tính
$K_0 \frac{1}{(z - z_1)(z - z_2)}$		$z^2 - z(z_1 + z_2) + z_1 z_2 + K_0 = 0$ $z_{a,b} = \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{z_1 - z_2}{2}\right)^2 - K_0}$
$K_0 \frac{z - z_{D1}}{(z - z_1)(z - z_2)}$		$z^2 - z(z_1 + z_2 - K_0) + z_1 z_2 - K_0 z_{D1} = 0$ <p>Pt. đường tròn: $(z_r - c)^2 + z_j^2 = r^2$</p> <p>Với:</p> $z = z_r + j z_j; c = z_{D1}$ $r = \sqrt{z_1 z_2 - z_{D1}(z_1 + z_2) + z_{D1}^2}$

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.3 Sử dụng quỹ đạo điểm cực

Hàm truyền đạt vòng hở	Quỹ đạo điểm cực trên miền z	Phương trình đặc tính
$K_0 \frac{(z - z_{D1})(z - z_{D2})}{(z - z_1)(z - z_2)}$		$z^2(1 + K_0) - z[z_1 + z_2 + K_0(z_{D1} + z_{D2})] + z_1 z_2 + K_0 z_{D1} z_{D2} = 0$ <p>Pt. đường tròn: $(z_r - c)^2 + z_j^2 = r^2$</p> <p>Với:</p> $z = z_r + j z_j$ $c = \frac{z_1 z_2 - z_{D1} z_{D2}}{(z_1 + z_2) - (z_{D1} + z_{D2})}$ $r = c^2 + \frac{(z_1 + z_2) z_{D1} z_{D2} - (z_{D1} + z_{D2}) z_1 z_2}{(z_1 + z_2) - (z_{D1} + z_{D2})}$

Khi khảo sát ổn định, bộ tham số hệ thống tại giao điểm của đường tròn đơn vị với quỹ đạo điểm cực sẽ là bộ tham số cần được khảo sát kỹ. Khi tồn tại nhiều giao điểm, phải tìm ra vị trí của điểm bất lợi nhất.

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

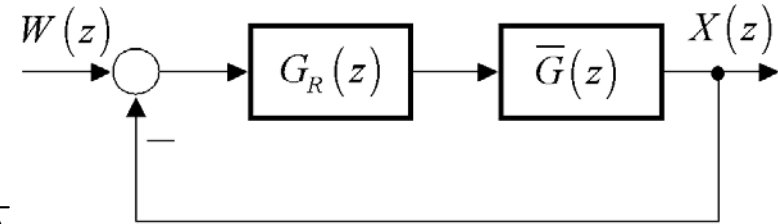
2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vi trí điểm cực

Xét hệ có hàm truyền đạt sau:

$$G_0(z) = G_R(z)\bar{G}(z) \Rightarrow G_w(z) = \frac{X(z)}{W(z)} = \frac{G_0(z)}{1 + G_0(z)}$$

với phương trình đặc tính: $N(z) = 0$



• Đa thức $N(z)$ là bậc 1:

$$N(z) = z - z_1 \quad \text{với điểm cực thực: } z = z_1$$

Tín hiệu ra có dạng:

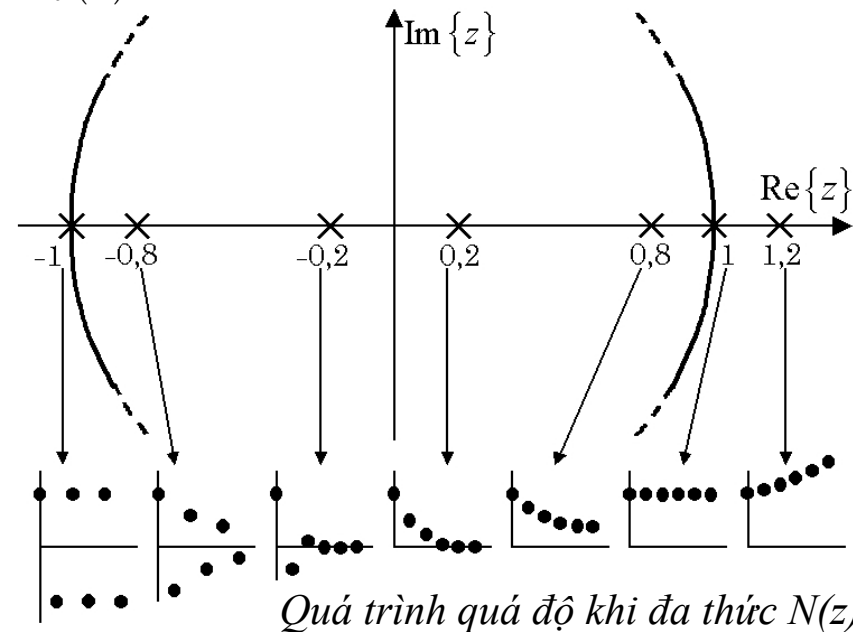
$$X(z) = \frac{z}{z - z_1} \Rightarrow x_k = z_1^k$$

với giá trị ban đầu: $x_0 = 1$

$-1 < z_1 < 0$: Dạng điều hòa tắt dần

$0 < z_1 < 1$: Dạng không điều hòa tắt dần

z_1 ngoài đường tròn đơn vị: Hệ mất ổn định



Quá trình quá độ khi đa thức $N(z)$ là bậc 1

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vi trí điểm cực

• Đa thức $N(z)$ là bậc 2:

$$N(z) = (z - z_1)(z - z_2)$$

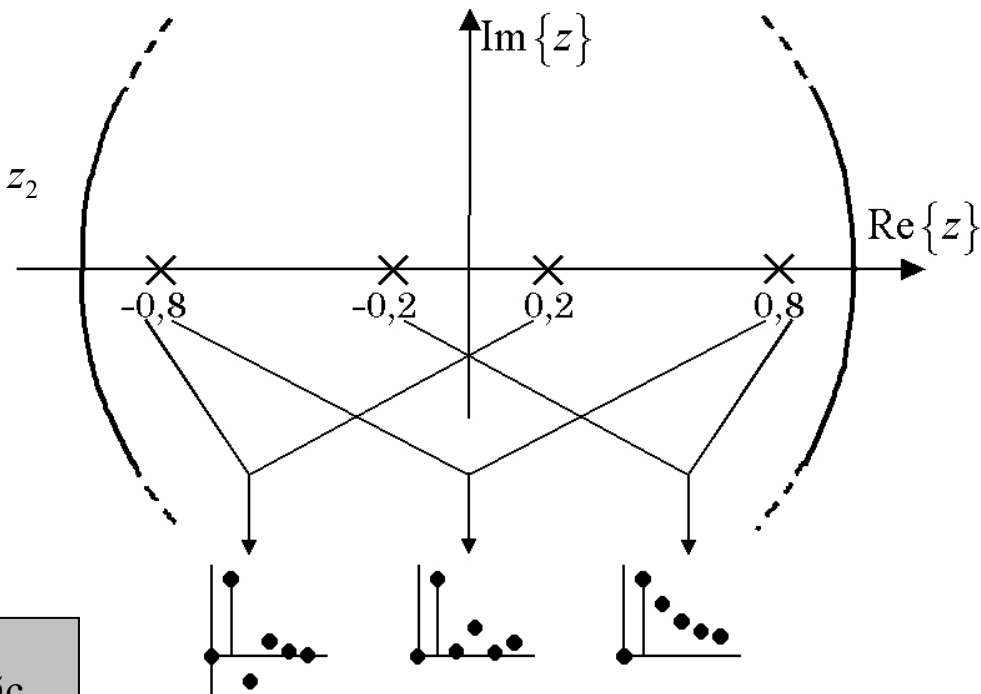
Trường hợp 1: Có 2 điểm cực thực $z_1 \neq z_2$

Tín hiệu ra có dạng:

$$X(z) = \frac{z}{(z - z_1)(z - z_2)}$$

$$\Rightarrow x_k = \frac{1}{z_1 - z_2} (z_1^k - z_2^k)$$

với giá trị ban đầu: $x_0 = 0; x_1 = 1$



Quá trình quá độ khi đa thức $N(z)$ là bậc 2 với 2 nghiệm thực

Đáp ứng ra có dạng tắt dần không có hoặc có thành phần điều hòa, tùy theo điểm cực dương hay điểm cực âm ($|z_i| < 1$) là trội.

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vị trí điểm cực

• Đa thức $N(z)$ là bậc 2:

$$N(z) = (z - z_1)(z - z_2)$$

Trường hợp 2: Có điểm cực thực kép $z_1 = z_2$

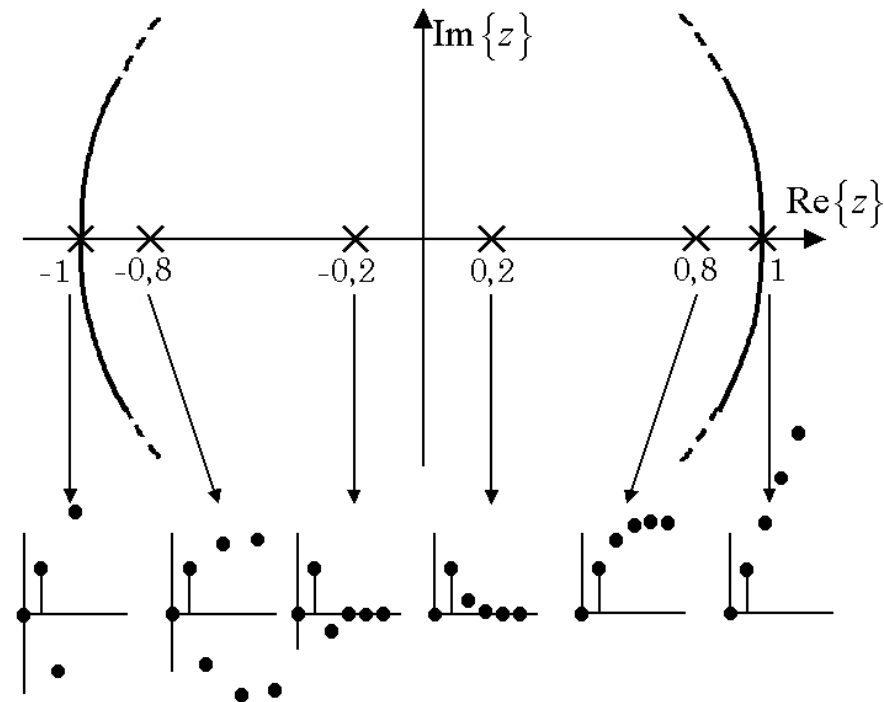
Tín hiệu ra có dạng:

$$X(z) = \frac{z}{(z - z_{1,2})^2}$$

$$\Rightarrow x_k = k z_{1,2}^{k-1}$$

với giá trị ban đầu: $x_0 = 0; x_1 = 1$

So với điểm cực thực đơn, điểm cực thực kép thể hiện rất rõ đặc điểm đáp ứng điều hòa. Điểm cực thực kép trên đường tròn vị bắt đầu gây mất ổn định.



Quá trình quá độ khi đa thức $N(z)$ là bậc 2 với nghiệm thực kép

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vi trí điểm cực

• Đa thức $N(z)$ là bậc 2:

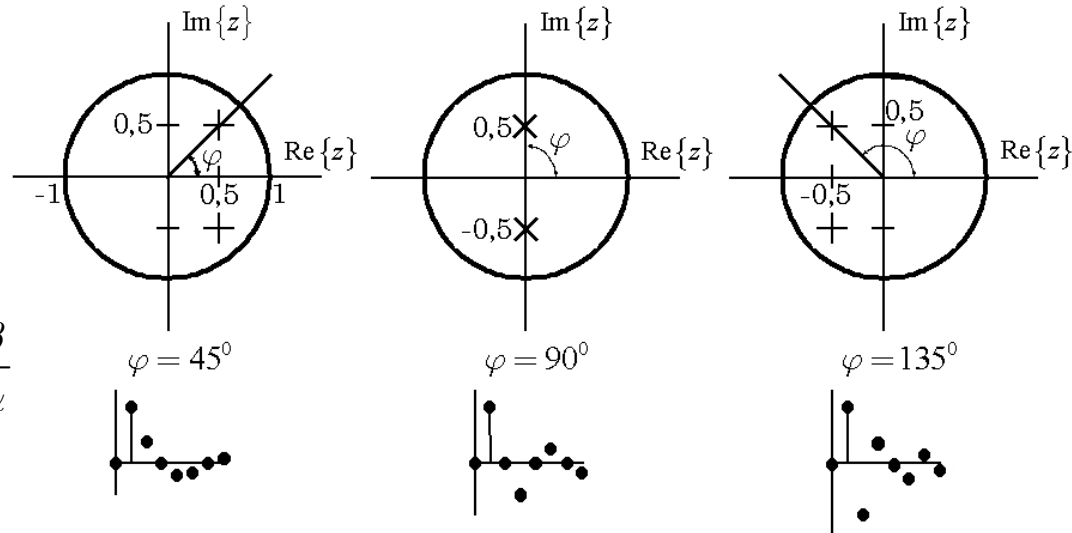
Trường hợp 3: Có cặp điểm cực phức liên hợp

$$z_1 = \alpha + j\beta; z_2 = \alpha - j\beta$$

Tín hiệu ra có dạng:

$$X(z) = \frac{z}{z^2 - 2\alpha z + (\alpha^2 + \beta^2)}$$

$$\Rightarrow x_k = 2 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)^k \sin(k\varphi); \varphi = \arctg \frac{\beta}{\alpha}$$



Nhận xét: Khi tồn tại cặp điểm cực phức liên hợp với thành phần thực âm, hệ có xu hướng gây dao động và vì vậy cần phải rất chú ý. Góc φ càng lớn, tần số của thành phần hình sin càng lớn (xem kỹ trang tiếp theo).



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

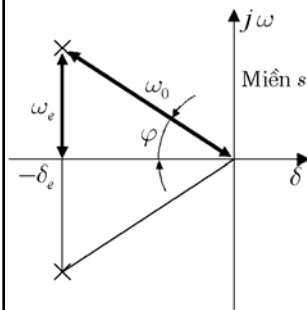
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vị trí điểm cực

Trường hợp 3 (tiếp): Xét tổng quát đối tượng PT₂ chưa có ZOH ở đầu vào.

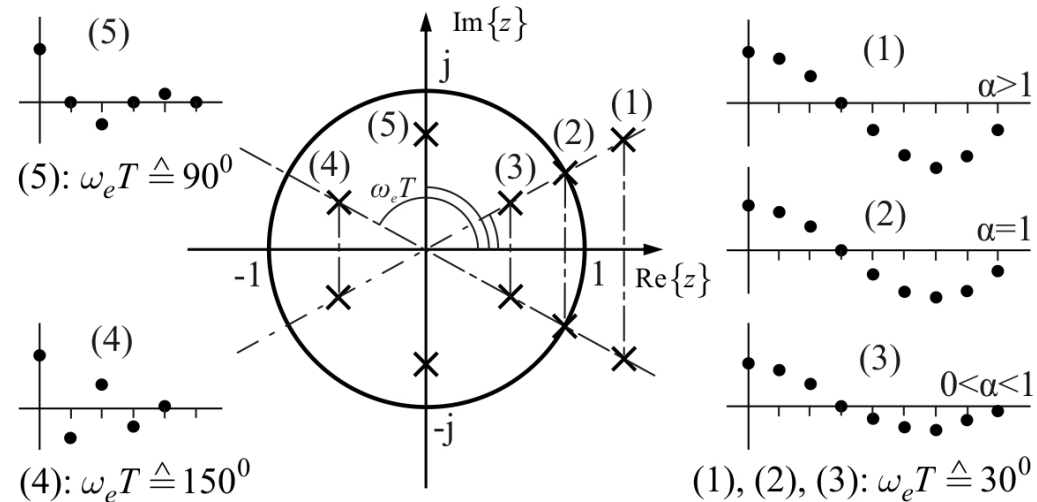


$$G_S(s) = \frac{1}{1 + \frac{2D}{\omega_0}s + \frac{1}{\omega_0^2}s^2} = \frac{1}{\left(1 + \frac{s}{\delta_e + j\omega_e}\right)\left(1 + \frac{s}{\delta_e - j\omega_e}\right)} \Rightarrow G_S(z) = \frac{b_1 z}{(z - z_1)(z - z_2)}$$

$$b_1 = \alpha \frac{\delta_e^2 + \omega_e^2}{\omega_e} \sin(\omega_e T); \alpha = e^{-\delta_e T}; z_{1,2} = \alpha [\cos(\omega_e T) \pm j \sin(\omega_e T)] = \alpha e^{\pm j\omega_e T}$$

Nhận xét:

- Trên miền z , cặp điểm cực có góc $\omega_e T$ càng lớn, ứng với tần số ω_e trên miền s càng lớn.
- Trên miền z , giá trị α càng nhỏ (điểm cực tiến gần đến gốc tọa độ), ứng với δ_e càng lớn trên miền s (điểm cực dịch xa về phía trái), quán tính càng nhỏ (động học được cải thiện).



2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

b) Dự báo đặc tính hệ thống trên cơ sở vi trí của cặp điểm cực mang tính trội (dominant)

- Xét khâu tỷ lệ có quán tính bậc 2 (khâu dao động PT₂):

$$G_S(s) = \frac{1}{1 + \frac{2D}{\omega_0}s + \frac{1}{\omega_0^2}s^2} = \frac{1}{\left(1 + \frac{s}{\delta_e + j\omega_e}\right)\left(1 + \frac{s}{\delta_e - j\omega_e}\right)}$$

với:
 ω_e = Tần số của thành phần sin
 δ_e = Hệ số quán tính
 ω_0 = Tần số riêng của hệ tắt dần
 D = Hệ số tắt dần

- Công thức quy đổi: $\omega_e = \omega_0 \sqrt{1 - D^2}$; $D = \frac{\delta_e}{\omega_0} = \cos\varphi$ ($\varphi = 0$ khi $D \geq 1$); $\omega_0^2 = \delta_e^2 + \omega_e^2$

- Hàm quá độ: $h(t) = 1 - \frac{\omega_0}{\omega_e} e^{-\delta_e t} \sin(\omega_e t + \varphi)$

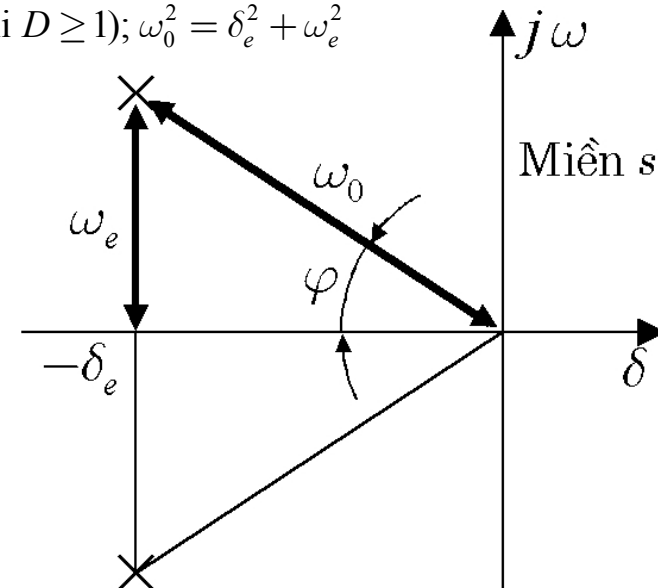
- Mức quá điều chỉnh: $\Delta h = \exp\left(-\frac{\delta_e}{\omega_e} \pi\right) = \exp\left(-\frac{D\pi}{\sqrt{1-D^2}}\right)$

- Thời gian quá ĐC: $T_m = \frac{\pi}{\omega_e} = \frac{\pi}{\omega_0 \sqrt{1-D^2}}$

- Mức quá điều chỉnh (tính bằng %) phụ thuộc φ

Δh [%]	0	5	10	15	20	30	40	50
φ [°]	0	46	54	59	63	69	74	78

- Thời gian xác lập: $T_{5\%} \approx \frac{3}{\delta_e}$; $T_{2\%} \approx \frac{4}{\delta_e}$



Ý nghĩa các tham số của khâu PT₂

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

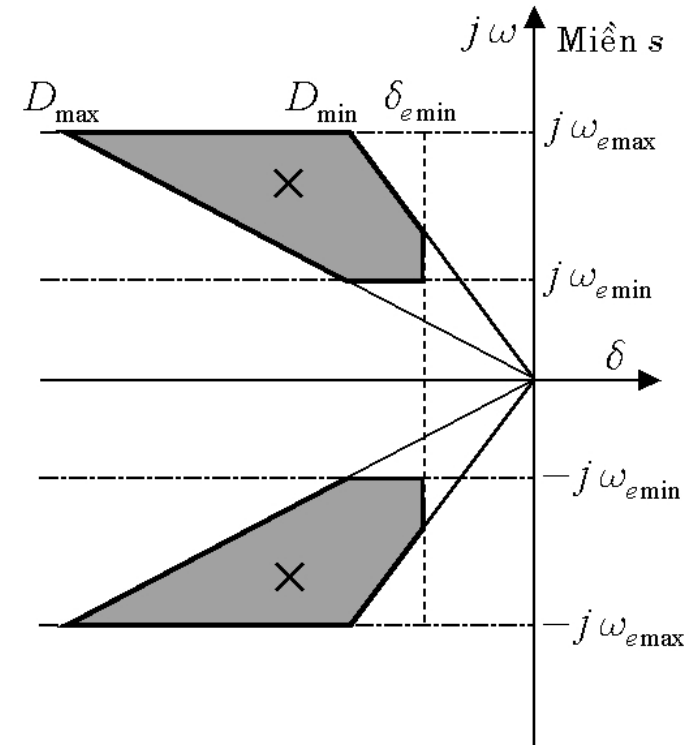
2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

b) Dự báo đặc tính hệ thống trên cơ sở vi trí của cặp điểm cực mang tính trội (dominant)

- Xét khâu tỷ lệ có quán tính bậc 2 (khâu dao động PT_2): Các nguyên tắc chọn vị trí cho cặp điểm cực mang tính trội.

- Nguyên tắc 1: Trên cơ sở $\Delta h_{\min} < \Delta h < \Delta h_{\max}$ chọn $D_{\min} < D < D_{\max}$, tức là $\varphi_{\min} < \varphi < \varphi_{\max}$.
- Nguyên tắc 2: Chọn $T_{5\%}, T_{2\%} \Rightarrow \delta_e > \delta_{e \min}$
- Nguyên tắc 3: Chọn $T_m \Rightarrow \omega_{e \min} < \omega_e$
- Nguyên tắc 4: Để hạn chế điều hòa có tần số cao, cần thỏa mãn $\omega_e < \omega_{e \max}$

1. Vùng tô đậm (hình bên phải) chính là vùng ưu tiên để gán cực cho hệ thống
2. Khi đã xác định được đặc tính của hệ liên tục (đã xác định được vùng ưu tiên) trên miền ảnh Laplace, ta có thể tính quy đổi qua miền ảnh z



2. ĐK có phản hồi đầu ra

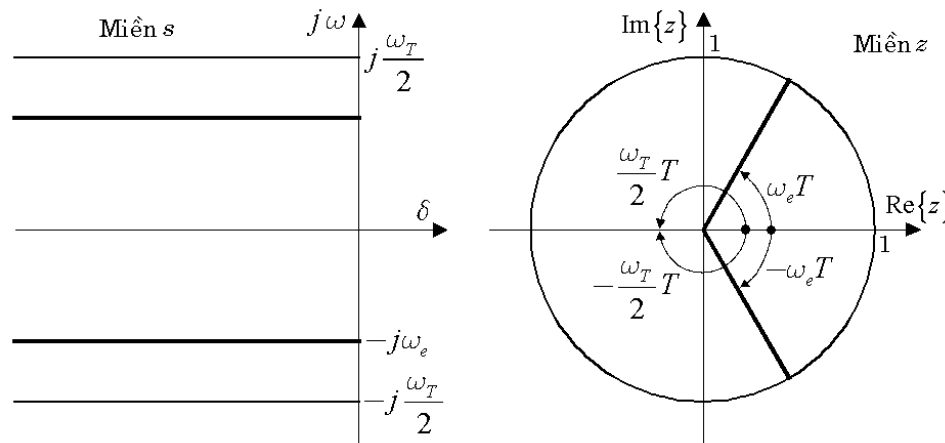
2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

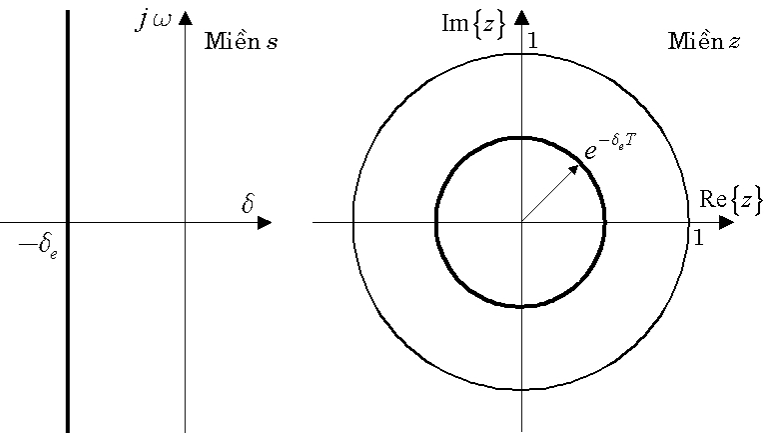
Xuất phát từ $z = e^{sT}$; $s = \delta + j\omega$ ta hãy tìm ảnh của vùng tô đậm (trang 31) trên miền z :

a) Vùng có hệ số tắt dần là hằng ($\delta_e = \text{const}$):

Thay vào z ta có: $z = e^{(-\delta_e + j\omega)T}$
 Dễ dàng thấy ảnh sẽ là đường tròn có tâm tại gốc tọa độ và bán kính là: $e^{-\delta_e T}$



b) Dự báo đặc tính hệ thống trên cơ sở vi trí của cặp điểm cực mang tính trội (dominant)



b) Vùng có tần số là hằng ($\omega_e = \text{const}$):

Thay vào z ta có: $z = e^{\delta T} e^{j\omega_e T}$
 Dễ dàng thấy ảnh sẽ là đường thẳng qua gốc tọa độ với độ dốc xác định bởi: $\omega_e T$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

b) Dự báo đặc tính hệ thống trên cơ sở vi trí của cặp điểm cực mang tính trội (dominant)

c) *Vùng có hệ số tắt dần là hằng (D=const):*

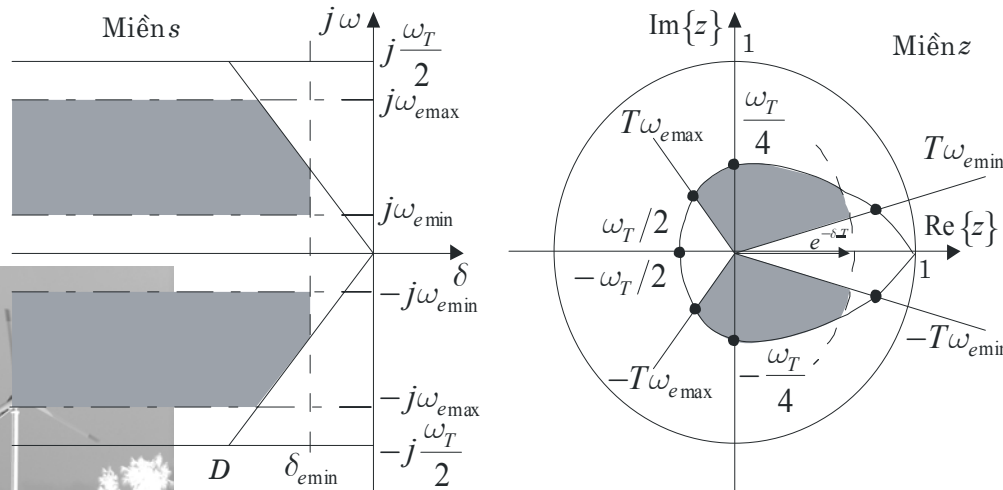
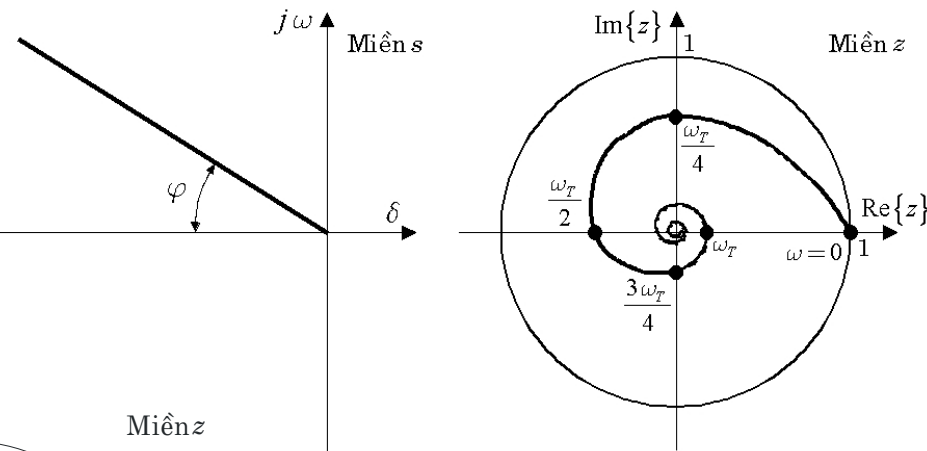
Ta phải tìm ảnh của đường thẳng:

$$s = -\omega \cotg \varphi + j\omega$$

Thay vào z ta có:

$$z = e^{-2\pi(\omega/\omega_T)\cotg\varphi} e^{-j2\pi(\omega/\omega_T)}$$

Để dàng thấy ảnh sẽ là đường xoắn logarith như hình bên



Khi ghép các ảnh con ta sẽ thu được vùng điểm cực trên miền z. Đây là kết quả có ý nghĩa quan trọng khi phân tích chất lượng, thậm chí cả khi tổng hợp hệ (chọn vùng để gán điểm cực).

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

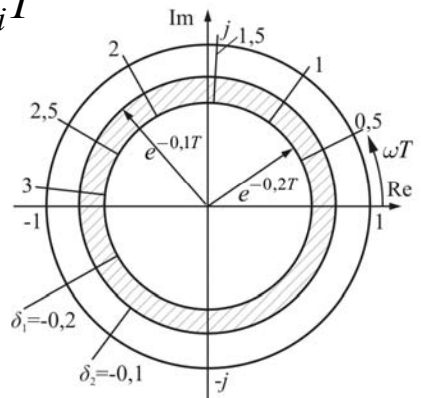
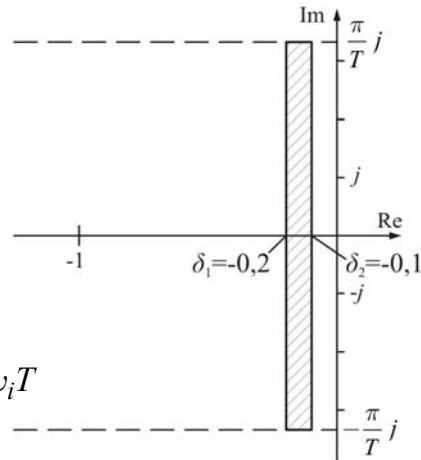
2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

Chuyển vị trí điểm cực từ miền s sang miền z :

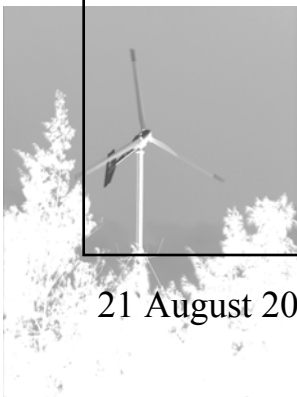
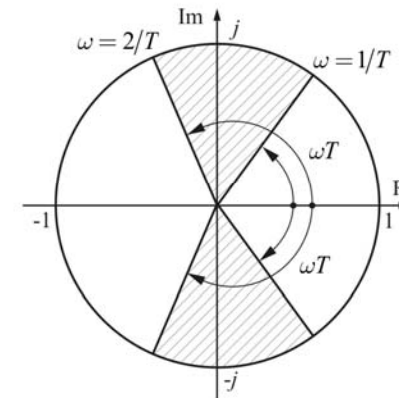
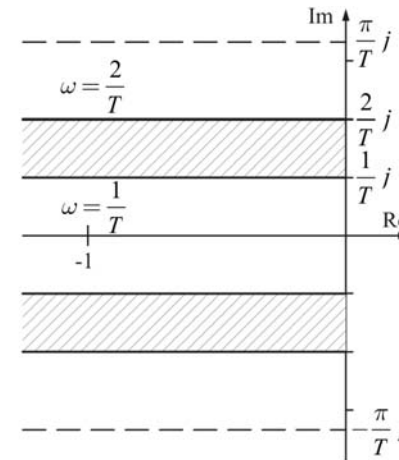
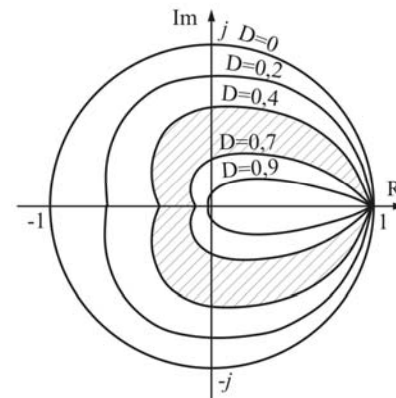
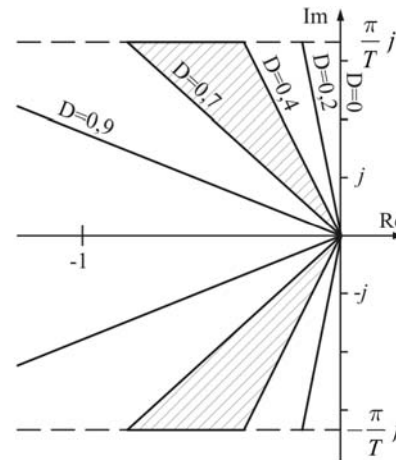
$$s_i = \delta_i \pm j\omega_i$$

$$z_i = e^{s_i T} = e^{\delta_i T} e^{\pm j\omega_i T}$$

$$|z_i| = e^{\delta_i T}; \varphi_i = \pm \omega_i T$$



c) Quan hệ giữa vị trí điểm cực trên miền ảnh s và miền ảnh z



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.2 Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục

2.2.1 Khâu ĐC theo luật PID

Luật PID trên miền thời gian (liên tục) được mô tả bởi công thức sau:

$$u(t) = K \left[e(t) + \frac{1}{K T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + \frac{T_D}{K} \frac{de(t)}{dt} \right] \quad \text{với:} \quad \begin{aligned} K &= \text{Hệ số tỷ lệ (hệ số khuếch đại)} \\ T_I &= \text{Hằng số thời gian tích phân} \\ T_D &= \text{Hằng số thời gian vi phân} \end{aligned}$$

Các thuật toán PID sử dụng trong ĐK số chỉ khác nhau bởi nỗ lực khi thực hiện *xấp xỉ hai thành phần vi phân (D)* và *tích phân (I)*, tức là khác nhau ở độ chính xác.

1. Xấp xỉ thành phần I:

$$u_I(t) = \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau$$

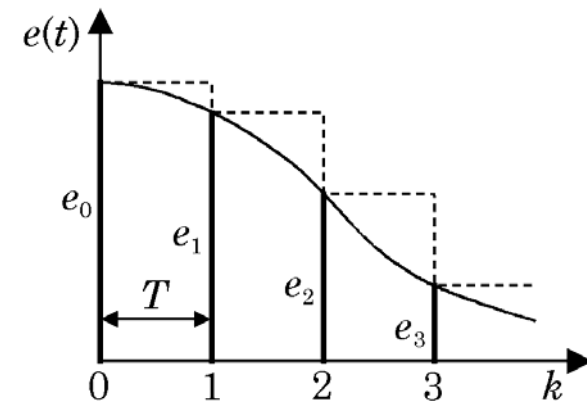
⇒ Bản chất là phép tính xấp xỉ diện tích của hàm $e(t)$

• Sử dụng phương pháp hình chữ nhật:

$$u_I(k) \approx \frac{T}{T_I} \sum_{i=1}^k e_{i-1} \Rightarrow u_I(k-1) \approx \frac{T}{T_I} \sum_{i=1}^{k-1} e_{i-1}$$

$$u_I(k) \approx u_I(k-1) + \frac{T}{T_I} e_{k-1}$$

$$\frac{U_I(z)}{E(z)} \approx \frac{T}{T_I} \frac{z^{-1}}{1-z^{-1}}$$



2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.2 Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục

2.2.1 Khâu ĐK theo luật PID

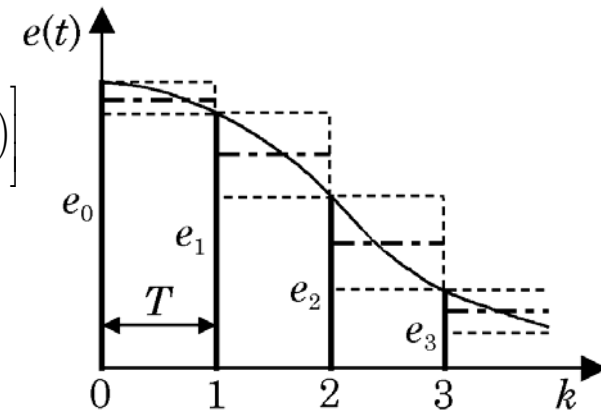
1. Xấp xỉ thành phần I (tiếp):

• Sử dụng phương pháp hình thang:

$$u_I(k) \approx \frac{T}{T_I} \sum_{i=1}^k \left[\frac{1}{2}(e_i + e_{i-1}) \right] \Rightarrow u_I(k-1) \approx \frac{T}{T_I} \sum_{i=1}^{k-1} \left[\frac{1}{2}(e_i + e_{i-1}) \right]$$

$$u_I(k) \approx u_I(k-1) + \frac{T}{T_I} \frac{1}{2}(e_k + e_{k-1})$$

$$\frac{U_I(z)}{E(z)} \approx \frac{T}{2T_I} \frac{1+z^{-1}}{1-z^{-1}}$$



2. Xấp xỉ thành phần D:

• Bước 1: Tìm giá trị xấp xỉ cho $de(t)/dt$ tại các thời điểm $t = kT$ bằng cách đặt:

$$\left. \frac{df(t)}{dt} \right|_{t=kT} \approx c_0 f_k + c_1 f_{k-1} + \dots + c_n f_{k-n}$$

• Bước 2: Ảnh Laplace của công thức trên có dạng:

$$sF(s) \approx F(s) [c_0 + c_1 e^{-sT} + \dots + c_n e^{-snT}]$$

• Bước 3: Khai triển chuỗi cho các biểu thức e mũ, sau đó so sánh hệ số 2 vế để tìm c_0, c_1, c_2, \dots

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.2 Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục

2.2.1 Khâu ĐK theo luật PID

2. Xấp xỉ thành phần D (tiếp):

Ví dụ: chọn $n = 2$ (xấp xỉ bậc 2) $\rightarrow c_0 + c_1 + c_2 = 0 \rightarrow c_0 = \frac{3}{2T}; c_1 = \frac{-2}{T}; c_2 = \frac{1}{2T}$
 $-Tc_1 - 2Tc_2 = 1$

$$\frac{T^2}{2}c_1 + 2T^2c_2 = 0$$

$$\left. \frac{df(t)}{dt} \right|_{t=kT} \approx \frac{1}{2T}(3f_k - 4f_{k-1} + f_{k-2}) \Rightarrow u_D(k) \approx \frac{T_D}{2T}(3e_k - 4e_{k-1} + e_{k-2})$$

Khi chọn $n = 1$ (xấp xỉ bậc 1) ta sẽ thu được theo cách tương tự công thức quen biết sau:

$$\left. \frac{df(t)}{dt} \right|_{t=kT} \approx \frac{1}{T}(f_k - f_{k-1}) \Rightarrow u_D(k) \approx \frac{T_D}{T}(e_k - e_{k-1})$$

3. Xấp xỉ luật PID: Giả sử xấp xỉ thành phần I theo phương pháp hình chữ nhật và thành phần D bậc 1

$$u_k = K_R \left[e_k + \frac{T}{T_C} \sum_{i=1}^k e_{i-1} + \frac{T_v}{T} (e_k - e_{k-1}) \right]$$

$$G_R(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{r_0 + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}}$$

$$\Rightarrow u_k = u_{k-1} + K_R \left[e_k - e_{k-1} + \frac{T}{T_C} e_{k-1} + \frac{T_v}{T} (e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}) \right]$$

Với:

$$r_0 = K_R \left(1 + \frac{T_v}{T} \right); r_1 = -K_R \left(1 + \frac{2T_v}{T} - \frac{T}{T_C} \right); r_2 = K_R \frac{T_v}{T}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.2 Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục

2.2.2 Một số biến dạng của thuật toán PID

Thuật toán PID₂:

Xấp xỉ luật PID sử dụng phương pháp hình thang cho thành phần I và phân thức sai phân bậc 2 cho thành phần D.

$$G_R(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{r_0 + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2} + r_3 z^{-3}}{1 - z^{-1}}$$

Với:

$$r_0 = K_R \left(1 + \frac{T}{2T_C} + \frac{3}{2} \frac{T_v}{T} \right); r_1 = -K_R \left(1 + \frac{7T_v}{2T} - \frac{T}{2T_C} \right); r_2 = K_R \frac{5}{2} \frac{T_v}{T}; r_3 = -K_R \frac{T_v}{2T}$$

Chú ý mục 2.2: Sinh viên có nhiệm vụ nắm chắc phương pháp, sau đó tự mình dẫn dắt lại các thuật toán sau

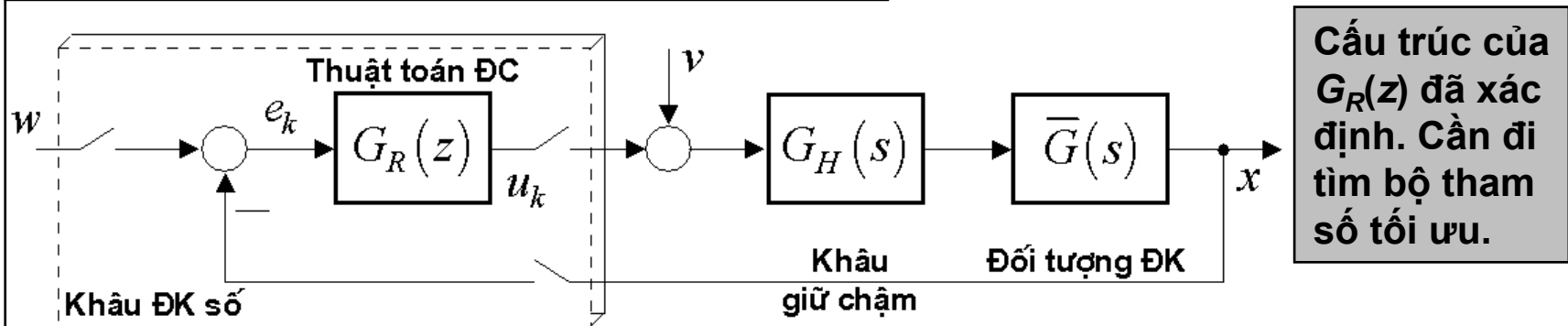
1. PID (TP tích phân xấp xỉ hình chữ nhật, TP vi phân xấp xỉ bậc nhất)
2. PID2 (TP tích phân xấp xỉ hình thang, TP vi phân xấp xỉ bậc hai)

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

a) Mô tả hệ SISO



Cấu trúc của $G_R(z)$ đã xác định. Cần đi tìm bộ tham số tối ưu.

• Đối tượng ĐK có trễ:
$$G_S(z) = \frac{X(z)}{U(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}} z^{-d} = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} z^{-d}$$

• Khâu ĐK:
$$G_R(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{r_0 + r_1 z^{-1} + \dots + r_\nu z^{-\nu}}{1 + p_1 z^{-1} + \dots + p_\mu z^{-\mu}} = \frac{R(z^{-1})}{P(z^{-1})}$$

• Hàm truyền đạt chủ đạo:

$$G_W(z) = \frac{X(z)}{W(z)} = \frac{G_R(z)G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

• Hàm truyền đạt nhiễu:

$$G_V(z) = \frac{X(z)}{V(z)} = \frac{G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

• Sai lệch ĐK phụ thuộc w:

$$\frac{E(z)}{W(z)} = \frac{1}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

• Đại lượng ĐK phụ thuộc w:

$$\frac{U(z)}{W(z)} = \frac{G_R(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

b) Vai trò của thành phần tích phân I ở chế độ tĩnh (chế độ xác lập)

•Yêu cầu: đảm bảo triệt tiêu sai lệch tĩnh $\longrightarrow \lim_{k \rightarrow \infty} e_k = 0 \Rightarrow \lim_{z \rightarrow 1} [(z-1)E(z)] = 0$

•Khi có tác động chủ đạo: $\frac{E(z)}{W(z)} = \frac{1}{1 + G_R(z)G_S(z)}$ với tín hiệu vào có dạng bước nhảy: $\longrightarrow W(z) = \frac{z}{z-1}$

Nếu ĐTĐK là khâu tỷ lệ có quán tính, độ dư sai lệch ĐC sẽ triệt tiêu khi:

$$\frac{P(1)}{P(1) + K_S R(1)} = 0 \quad \text{với} \quad K_S = \frac{B(1)}{A(1)}$$

$$E(z) = \frac{z}{z-1} \frac{P(z^{-1})A(z^{-1})}{P(z^{-1})A(z^{-1}) + B(z^{-1})R(z^{-1})z^{-d}}$$

Chú ý: Khi ĐTĐK là khâu I: $A(1) = 0$

•Khi có tác động nhiễu: $\frac{E(z)}{V(z)} = -\frac{G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)}$ với: $V(z) = \frac{z}{z-1}$

Nếu ĐTĐK là khâu tỷ lệ có quán tính, độ dư sai lệch ĐC sẽ triệt tiêu khi:

Chú ý: Khi ĐTĐK là khâu I, do $A(1) = 0$ ta có: $-P(1)/R(1) = 0$

$$-\frac{K_S P(1)}{P(1) + K_S R(1)} = 0$$

Để bảo đảm khử độ dư ĐC, phải thỏa mãn $P(1)=0$. Nghĩa là, thuật toán ĐC cũng phải có thành phần tích phân I (như ĐK tương tự) với công thức sau:

$$G_R(z) = \frac{R(z^{-1})}{P(z^{-1})} = \frac{R(z^{-1})}{\underbrace{(1-z^{-1})P'(z^{-1})}_{\text{Integral Part}}}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

c) Tìm bộ tham số ĐC trên cơ sở các tiêu chuẩn tích phân

TC diện tích tuyến tính I_L	$\int_0^\infty e(t) dt$	$T \sum_{k=0}^\infty e_k$
TC diện tích bình phương I_Q	$\int_0^\infty e^2(t) dt$	$T \sum_{k=0}^\infty e_k^2$
TC trị tuyệt đối của diện tích I_B	$\int_0^\infty e(t) dt$	$T \sum_{k=0}^\infty e_k $
TC trị tuyệt đối của diện tích I_{BT} có trọng số t	$\int_0^\infty e(t) t dt$	$T^2 \sum_{k=0}^\infty (k e_k)$
TC diện tích bình phương mở rộng I	$\int_0^\infty [e^2(t) + \lambda u^2(t)] dt$	$T \sum_{k=0}^\infty (e_k^2 + \lambda u_k^2)$

Các bước tính:

1. Tìm ảnh $E(z)$ có chứa các tham số của khâu ĐC
2. Chuyển $E(z)$ sang dạng sai phân để tìm công thức tính e_k
3. Lắp e_k vào tiêu chuẩn và tìm cực tiểu của tổng, phụ thuộc bộ tham số của khâu ĐC

Tên tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn trên miền t liên tục

Tiêu chuẩn trên miền t gián đoạn

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

d) Tìm bộ tham số ĐC trên cơ sở tiêu chuẩn tối ưu module số

Đặt vấn đề:

Hãy tìm $G_R(z)$ sao cho $G_W(z) = \frac{X(z)}{W(z)} = \frac{G_R(z)G_S(z)}{1+G_R(z)G_S(z)}$ thỏa mãn $|G_W(j\omega)| = 1$ trong dải tần số càng rộng càng tốt.

Có thể viết lại công thức tổng quát ở trang 39 cho các khâu ĐC số thông dụng như sau:

I	PI	PID	PID2
$\frac{V_R}{(1-z^{-1})}$	$\frac{V_R(1+d_1z^{-1})}{(1-z^{-1})}$	$\frac{V_R(1+d_1z^{-1}+d_2z^{-2})}{(1-z^{-1})}$	$\frac{V_R(1+d_1z^{-1}+d_2z^{-2}+d_3z^{-3})}{(1-z^{-1})}$

Hệ số khuếch đại V_R theo TC tối ưu module cho sẵn trong bảng ở trang kế tiếp. Các hệ số d_{1-3} được tính theo công thức thuộc bảng sau đây:

I	PI	PID	PID2
	$d_1 = a_1$	$d_1 = a_1 + a_2$ $d_2 = a_1 a_2$	$d_1 = a_1 + a_2 + a_3; d_3 = a_1 a_2 a_3$ $d_2 = a_1 a_2 + a_3(a_1 + a_2)$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

d) Tìm bộ tham số ĐC trên cơ sở tiêu chuẩn tối ưu module số (tiếp)

ĐTĐK	Hệ số khuếch đại V_R	ĐTĐK	Hệ số khuếch đại V_R
$\frac{V_S}{(1+a_1z^{-1})}z^{-1}$	I: $\frac{(1+a_1)^2}{V_S(1-a_1)}$; PI: $\frac{1}{V_S}$	$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})}z^{-1}$	PI: $\frac{(1+a_2)^2}{V_S[(1+3b_1+5b_2)+a_2(-1+b_1+3b_2)]}$
$\frac{V_S(1+b_1z^{-1})}{(1+a_1z^{-1})}z^{-1}$	I: $\frac{(1+a_1)^2}{V_S[(1+3b_1)+a_1(-1+b_1)]}$	$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})}z^{-2}$	PID: $\frac{1}{V_S(1+3b_1+5b_2)}$
	PI: $\frac{1}{V_S(1+3b_1)}$		PI: $\frac{(1+a_2)^2}{V_S[(3+5b_1+7b_2)+a_2(1+3b_1+5b_2)]}$
$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2}+b_3z^{-3})}{(1+a_1z^{-1})}z^{-2}$	PI: $\frac{1}{V_S(3+5b_1+7b_2+9b_3)}$	$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2}+b_3z^{-3})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})(1+a_3z^{-1})}z^{-1}$	PID: $\frac{1}{V_S(3+5b_1+7b_2)}$
			PID: $\frac{(1+a_3)^2}{V_S[v_1+a_3v_2]}$ $v_1 = 1+3b_1+5b_2+7b_3$ $v_2 = -1+b_1+3b_2+5b_3$
$\frac{V_S(1+b_1z^{-1})}{(1-z^{-1})(1+a_1z^{-1})}z^{-1}$	P: $\frac{(1-a_1)^2+4a_1}{V_S[(1-a_1)(1-b_1)+4b_1]}$	$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2}+b_3z^{-3})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})(1+a_3z^{-1})}z^{-2}$	PID2: $\frac{1}{V_S(1+3b_1+5b_2+7b_3)}$
$\frac{V_S(1+b_1z^{-1})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})}z^{-1}$	PI: $\frac{(1+a_2)^2}{V_S[(1+3b_1)+a_2(-1+b_1)]}$		PID2: $\frac{1}{V_S(3+5b_1+7b_2+9b_3)}$
	PID: $\frac{1}{V_S(1+3b_1)}$		

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

e) Tìm bộ tham số ĐC bằng phương pháp gán điểm cực cho vòng ĐC

Hàm truyền đạt của cấu trúc SISO ở trang 39 có đa thức đặc tính như sau:

$$N(z) = P(z)A(z) + R(z)B(z)$$

$$= (z^{n-1} + p_1z^{n-2} + \dots + p_{n-1})(z^n + a_1z^{n-1} + \dots + a_n)$$

$$+ (r_0z^{n-1} + r_1z^{n-2} + \dots + r_{n-1})(b_1z^{n-1} + b_2z^{n-2} + \dots + b_n)$$

Dạng tổng quát của đa thức trên là:

$$N(z) = \prod_{i=1}^{2n-1} (z - z_i) = a'_0 + a'_1z + \dots + a'_{2n-2}z^{2n-2} + z^{2n-1}$$

Trong đó, z_i là các điểm cực ta dự kiến gán cho hệ, vì vậy các hệ số $a'_0 \dots a'_{2n-2}$ có thể được coi là đã biết.

Các tham số $a_{1..n}; b_{1..n}$ của ĐTĐK là cho trước. Vì vậy, sau khi so sánh hệ số của hai công thức trên ta sẽ thu được *hệ phương trình* bên, cho phép tính bộ tham số của $G_R(z)$.

$$\begin{bmatrix} a_n & 0 & \dots & 0 & b_n & 0 & \dots & 0 \\ a_{n-1} & a_n & \dots & 0 & b_{n-1} & b_n & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_3 & & & 0 & & & & \\ a_2 & & & a_n & & & & 0 \\ a_1 & a_2 & \dots & a_{n-1} & b_1 & & & b_n \\ 1 & & & & & & & b_{n-1} \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots \\ & & & a_1 & & & & b_2 \\ 0 & & \dots & 1 & 0 & & \dots & b_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{n-1} \\ p_{n-2} \\ \vdots \\ p_1 \\ r_{n-1} \\ \vdots \\ r_1 \\ r_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a'_0 \\ a'_1 \\ \vdots \\ a'_{n-2} \\ a'_{n-1} - a_n \\ \vdots \\ a'_{2n-3} - a_2 \\ a'_{2n-2} - a_1 \end{bmatrix}$$

(n-1) columns n columns

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

Chú ý mục 2.3.1: Sinh viên phải hiểu phương pháp thiết kế và kiểm tra lại hiểu biết của mình qua tính toán lại các ví dụ sau

1. **Ví dụ 2.3.1:** Thiết kế trên cơ sở các tiêu chuẩn tích phân (mục 2.3.1c)
2. **Ví dụ 2.3.2:** Tìm bộ tham số ĐC theo phương pháp gán điểm cực (mục 2.3.1e)

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

51

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

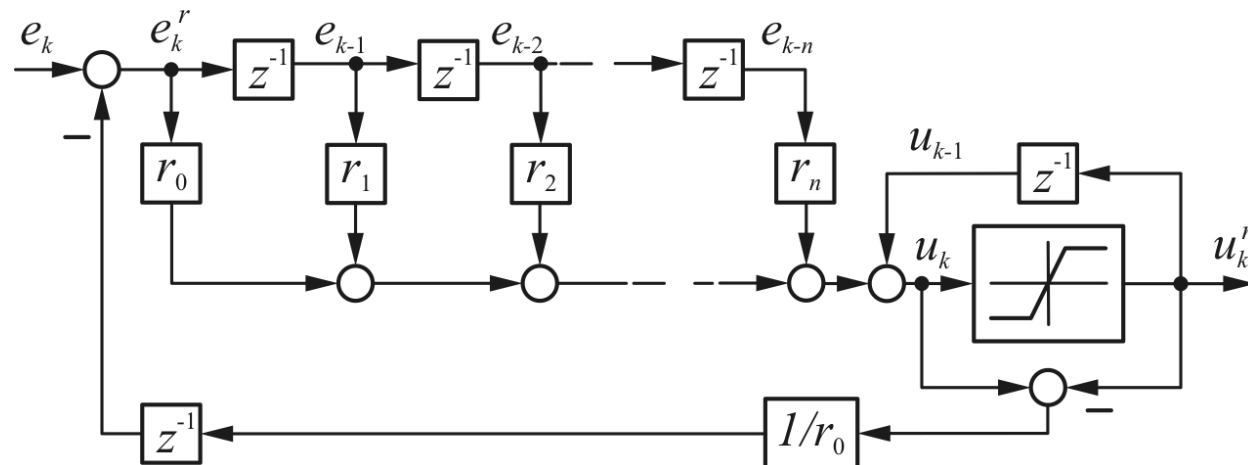
2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

f) Giải pháp Antireset-Windup khi biến ĐK $U(z)$ đi vào giới hạn

- *Hiện tượng*: Biến ra u_k đi vào bão hòa (bị chặn), sai lệch ĐK e_k vẫn tồn tại hoặc vẫn tăng. Khi ra khỏi bão hòa, hệ có nguy cơ dao động mất ổn định.
- *Nguyên nhân*: Thành phần I tiếp tục tích phân mà vẫn không tăng được u_k .
- *Giải pháp*: Hiệu chỉnh ngược e_k để ngừng tích phân.

$$G_R(z^{-1}) = \frac{U(z^{-1})}{E(z^{-1})} = \frac{r_0 + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2} + \dots + r_n z^{-n}}{1 - z^{-1}}$$

$$\left. \begin{aligned} u_k &= r_0 e_k + r_1 e_{k-1} + r_2 e_{k-2} + \dots + r_n e_{k-n} + u_{k-1} \\ u_k^r &= r_0 e_k^r + r_1 e_{k-1} + r_2 e_{k-2} + \dots + r_n e_{k-n} + u_{k-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow e_k^r = e_k - \frac{(u_k - u_k^r)}{r_0}$$



2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.2 Thiết kế khâu ĐK kiểu bù (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

Nguyên lý:

Tối ưu cấu trúc: Đặc điểm của hệ được cho trước qua $G_W(z)$, cần tìm $G_R(z) \Rightarrow$ vì vậy, cả cấu trúc lẫn tham số của $G_R(z)$ đều chưa biết.

2.3.2.1 Thiết kế khâu ĐK kiểu bù (Compensation Feedback Controller): Bộ ĐK kiểu cân bằng mô hình

- Thiết kế trên cơ sở cho trước đặc điểm truyền đạt chủ đạo:

$$G_W(z) = \frac{G_R(z)G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)} \Rightarrow G_R(z) = \frac{1}{G_S(z)} \underbrace{\frac{G_W(z)}{1 - G_W(z)}}_{\text{Term of Reliability}} ; \quad G_W(z) \neq 1$$

- Thiết kế trên cơ sở cho trước đặc điểm truyền đạt nhiễu:

$$G_V(z) = \frac{G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)} \Rightarrow G_R(z) = \frac{1}{G_S(z)} \underbrace{\frac{G_S(z) - G_V(z)}{G_V(z)}}_{\text{Term of Reliability}}$$

Mệnh đề đặc trưng cho đặc tính bù

Mệnh đề đặc trưng cho “tính khả thi” của thiết kế

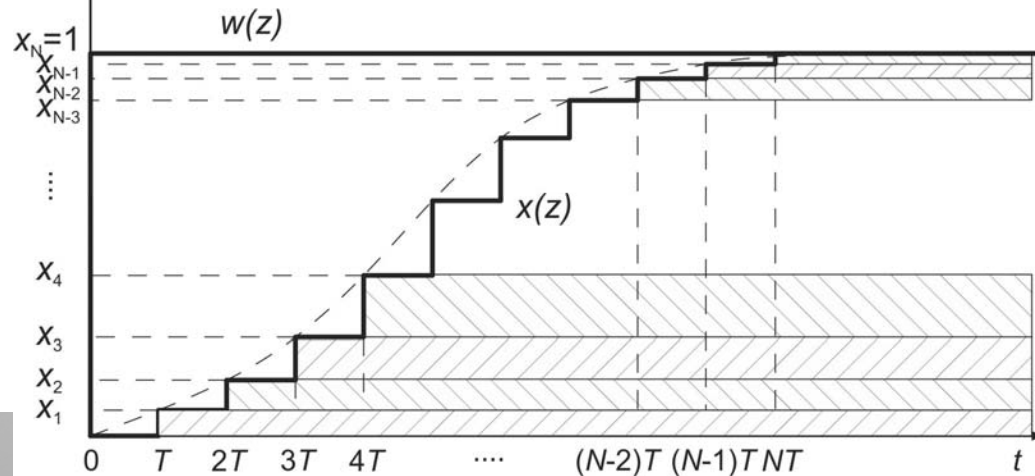
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.2 Thiết kế khâu ĐC kiểu bù (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.2.1 Thiết kế khâu ĐC kiểu bù (tiếp): Khi cho trước đặc điểm truyền đạt chủ đạo $G_w(z)$

$$G_W(z) = \frac{X(z)}{W(z)} = \frac{[x_1 z^{-1} + (x_2 - x_1) z^{-2} + (x_3 - x_2) z^{-3} + \dots + (1 - x_{N-1}) z^{-N}]}{\frac{1}{1 - z^{-1}}}$$



Để đại lượng điều chỉnh (ĐLĐC) $X(z)$ bám theo đại lượng chủ đạo $W(z)$ *nhANH*, hàm $G_W(z)$ **phải là một đa thức có bậc thấp.**

Số mũ N trong công thức trên nói lên: Sau N bước, giá trị của ĐLĐC sẽ đuổi kịp giá trị đặt của đại lượng chủ đạo. Tuy nhiên, nguyên lý này cần được áp dụng thận trọng vì dễ gây nên các biến động lớn cho ĐLĐC khi xảy ra quá trình quá độ.

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.2 Thiết kế khâu ĐC kiểu bù (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.2.2 Các hạn chế của bộ ĐC kiểu bù

a) Tính khả thi của thuật toán:

• Khái niệm “tính khả thi”:

$$G(z) = \frac{\beta_0 + \beta_1 z^{-1} + \dots + \beta_m z^{-m}}{1 + \alpha_1 z^{-1} + \dots + \alpha_n z^{-n}}$$

Với $\alpha_n \neq 0$, phân thức $G(z)$ được coi là có tính khả thi nếu thỏa mãn $m \leq n$.

• Để bảo đảm tính khả thi của $G_W(z)$, phải thỏa mãn: $d_W \geq d_S$

$$\left. \begin{aligned} G_R(z) &= \frac{R_\nu(z^{-1})}{P_\mu(z^{-1})}; G_S(z) = \frac{B_m(z^{-1})}{A_n(z^{-1})} \\ \mu &\geq \nu; n \geq m; d_R = \mu - \nu; d_S = n - m \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} G_W(z) = \frac{R_\nu B_m}{P_\mu A_n + R_\nu B_m} \\ d_W = (\mu - \nu) + (n - m) \end{cases}$$

Chú ý: Để hạn chế Computing Time, nên chọn d_R thấp. Ví dụ: $d_R = \mu - \nu = 0$

d_R, d_S, d_W : Bậc tương đối của $G_R(z), G_S(z), G_W(z)$

b) Giảm ước các điểm không và điểm cực:

Nếu mô hình $G_S(z)$ là chính xác so với đối tượng thực $G_{S0}(z)$, khi mắc nối tiếp $G_R(z)$ và $G_{S0}(z)$ trong vòng ĐC, điểm không và điểm cực sẽ giảm ước (bù) lẫn nhau. Đây là điều “khó xảy ra”, chúng chỉ có thể bù gần đúng. Vì lẽ đó: *Chỉ có thể sử dụng bộ ĐC bù cho các đối tượng có điểm cực và điểm không nằm khá sâu phía bên trong đường tròn đơn vị.*

$$G_R(z) = \frac{1}{G_S(z)} \frac{G_W(z)}{1 - G_W(z)}$$

c) Đáp ứng ở khoảng giữa các thời điểm trích mẫu:

$G_W(z)$ cho trước chỉ áp đặt đặc điểm của đáp ứng ra tại các thời điểm trích mẫu. Ở khoảng giữa có thể xảy ra dao động khi đối tượng có quán tính lớn và $G_W(z)$ có bậc thấp.

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.3 Thiết kế khâu ĐK kiểu Dead - Beat (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

Nguyên lý:

- Khâu Dead-Beat (DB) cho phép thực hiện quá trình quá độ trong khoảng thời gian hữu hạn định trước \Rightarrow Sai lệch ĐK bị triệt tiêu sau một lượng hữu hạn chu kỳ trích mẫu.
- Có thể thiết kế theo đặc tính chủ đạo hay đặc tính nhiễu.
- Nguyên lý điều chỉnh DB chỉ có thể thực hiện được trong các hệ thống ĐK số.

2.3.3.1 Thiết kế khâu Dead-Beat theo đặc tính chủ đạo

- Sai lệch ĐK $E(z)$ sẽ bị triệt tiêu sau đúng N chu kỳ tính, nếu $E(z)$ có dạng:
$$E(z) = \sum_{i=0}^{N-1} (e_i z^{-i}) \quad \text{tức là: } e_i = 0 \text{ với } i \geq N$$
- Điều đó, theo $E(z) = [1 - G_W(z)]W(z)$ chỉ xảy ra khi $G_W(z)$ là một đa thức hữu hạn $K(z^{-1})$ với tổng các hệ số bằng 1.

- Với:
$$G_W(z) = \frac{G_R(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)} G_S(z) = G_u(z)G_S(z) = G_u(z) \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}$$

$G_W(z)$ chỉ là một đa thức hữu hạn $K(z^{-1})$ khi có thể biểu diễn $G_u(z)$ dưới dạng một đa thức $M(z^{-1})$ hữu hạn và có khả năng khử $A(z^{-1})$ ở mẫu số.

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.3 Thiết kế khâu ĐK kiểu Dead - Beat (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.3.1 Thiết kế khâu Dead-Beat theo đặc tính chủ đạo (tiếp)

• Vậy:
$$G_S(z) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} = \frac{G_W(z)}{G_u(z)} = \frac{K(z^{-1})}{M(z^{-1})} = \frac{L(z^{-1})B(z^{-1})}{L(z^{-1})A(z^{-1})}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} G_W(z) = K(z^{-1}) = L(z^{-1})B(z^{-1}) \\ G_u(z) = M(z^{-1}) = L(z^{-1})A(z^{-1}) \end{cases}$$

$L(z^{-1})$ là đa thức hữu hạn, cho phép thực hiện các yêu cầu về đặc tính ở chế độ xác lập, hay đặt trước biên độ của ĐLĐK ở quá trình quá độ.

$$G_R(z) = \frac{R(z^{-1})}{P(z^{-1})} = \frac{G_u(z)}{1 - G_W(z)} = \frac{L(z^{-1})A(z^{-1})}{1 - L(z^{-1})B(z^{-1})}$$

Hệ thống với hàm truyền đạt chủ đạo như bên có $(m + s)$ điểm cực nằm tại gốc tọa độ của miền z . Trong đó, m là bậc của đa thức tử số của hàm truyền đạt $G_S(z)$ của đối tượng điều khiển, s là bậc của đa thức $L(z^{-1})$ do ta chọn.

• Khâu Dead-Beat ở trên sẽ đem lại hàm truyền đạt chủ đạo như sau:

$$G_W(z) = L(z^{-1})B(z^{-1}) = K(z^{-1})$$

$$= k_0 + k_1 z^{-1} + \dots + k_{m+s} z^{-m-s} = \frac{k_0 z^{m+s} + \dots + k_{m+s}}{z^{m+s}}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.3 Thiết kế khâu ĐK kiểu Dead - Beat (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.3.1 Thiết kế khâu Dead-Beat theo đặc tính chủ đạo (tiếp)

• Để đảm bảo khử sai lệch ĐK khi $w_k = 1^k$ (bước nhảy) cần có: $\lim_{k \rightarrow \infty} e_k = \lim_{z \rightarrow 1} \left\{ (1 - z^{-1}) \left[1 - L(z^{-1}) B(z^{-1}) \right] \frac{1}{1 - z^{-1}} \right\} = 0$

• Điều kiện trên được thỏa mãn khi $1 - L(1)B(1) = 0$, tức là khi ta chọn các hệ số của $L(z^{-1})$ thỏa mãn:

$$\sum_{i=0}^s l_i = 1 / \sum_{j=0}^m b_j$$

1. Đa thức $L(z^{-1})$ có dạng $L(z^{-1}) = l_0$

$$G_R(z) = \frac{l_0 A(z^{-1})}{1 - l_0 B(z^{-1})}$$

$$\Rightarrow l_0 = 1 / \sum_{j=0}^m b_j$$

Nhận xét: Do l_0 chỉ phụ thuộc vào các hệ số của $B(z^{-1})$, ta không thể tác động tới u_0 (biên độ của ĐLĐK khi $k = 0$) thông qua chọn l_0 .

1. Đa thức $L(z^{-1})$ có dạng $L(z^{-1}) = l_0 + l_1 z^{-1}$

$$G_R(z) = \frac{(l_0 + l_1 z^{-1}) A(z^{-1})}{1 - (l_0 + l_1 z^{-1}) B(z^{-1})} \Rightarrow l_0 + l_1 = 1 / \sum_{j=0}^m b_j$$

$$U(z) = L(z^{-1}) A(z^{-1}) W(z)$$

$$\Rightarrow u_k = l_0 a_0 w_k + (l_0 a_1 + l_1 a_0) w_{k-1} + \dots + l_1 a_n w_{k-n-1}$$

Giá trị khắc nghiệt nhất khi có $w_k = 1(k)$ là: $u_0 = l_0 a_0$

• Chọn l_0 sao cho u_0 không quá lớn:

$$\Rightarrow l_1 = \frac{1}{b_1 + b_2 + \dots + b_m} - \frac{u_0}{a_0}$$

• Dàn đều $u_0 = u_1$: $\Rightarrow l_0 = -l_1 a_0 / a_1$

$$l_0 = \frac{a_0}{(a_0 - a_1) \sum_{j=1}^m b_j}; l_1 = \frac{-a_1}{(a_0 - a_1) \sum_{j=1}^m b_j}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.3 Thiết kế khâu ĐC kiểu Dead - Beat (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.3.2 Thiết kế khâu Dead-Beat theo đặc tính nhiễu

- Khi cần khử nhiễu theo nguyên lý Dead-Beat, có thể tiến hành thiết kế tương tự. Đại lượng điều chỉnh $X(z)$ phải là một đa thức hữu hạn của z^{-1} , có bậc xác định bởi $B(z^{-1})$ và đa thức $L(z^{-1})$:

$$X(z) = L(z^{-1})B(z^{-1})$$

- Từ hàm truyền đạt nhiễu (trang 38) ta rút ra:

$$G_V(z) = \frac{X(z)}{V(z)} = \frac{G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)} \Rightarrow G_R(z) = \frac{V(z)}{X(z)} - \frac{1}{G_S(z)}$$

- Khi nhiễu có dạng $v^k = 1^k$ ta thu được khâu Dead-Beat sau:

$$G_R(z) = \frac{1 - (1 - z^{-1})L(z^{-1})A(z^{-1})}{(1 - z^{-1})L(z^{-1})B(z^{-1})}$$

- Tham số của $L(z^{-1})$ được xác định theo phương pháp tương tự ở mục 2.3.3a).
- Dễ dàng thấy rằng $G_R(z)$ có tác dụng khử các điểm không của đối tượng (do mẫu số chứa $B(z^{-1})$). Do các điểm không trong thực tiễn đôi khi nằm ngoài đường tròn đơn vị, khâu Dead-Beat có thể gây dao động và vì vậy bị hạn chế khả năng sử dụng.

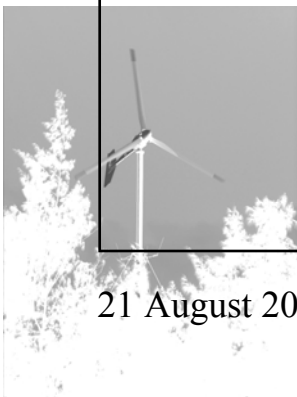
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.3 Thiết kế khâu ĐC kiểu Dead - Beat (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

Chú ý mục 2.3.3: Sinh viên cần tính toán lại các ví dụ sau

1. **Ví dụ 2.3.3** (Thiết kế khâu ĐC theo kiểu bù, phương án tối giản): Nhằm hiểu phương pháp thiết kế và ưu điểm mà bộ ĐK hứa hẹn, nhưng đồng thời cảm nhận được nguy cơ nếu không xét tới tính khả thi.
2. **Ví dụ 2.3.4** (Thiết kế khâu ĐC theo kiểu Dead – Beat): Nhằm hiểu phương pháp thiết kế và ưu điểm mà bộ ĐK hứa hẹn, đồng thời tính toán thành thạo.



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

60

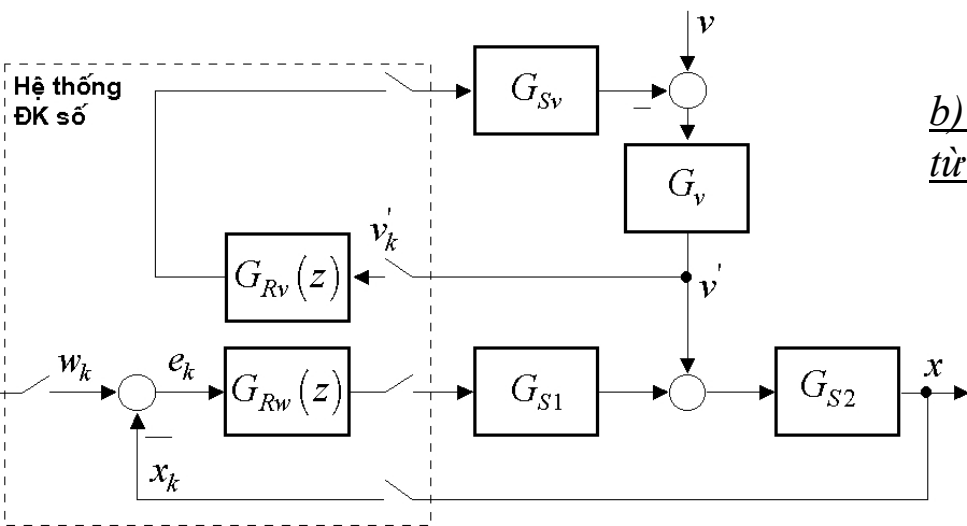
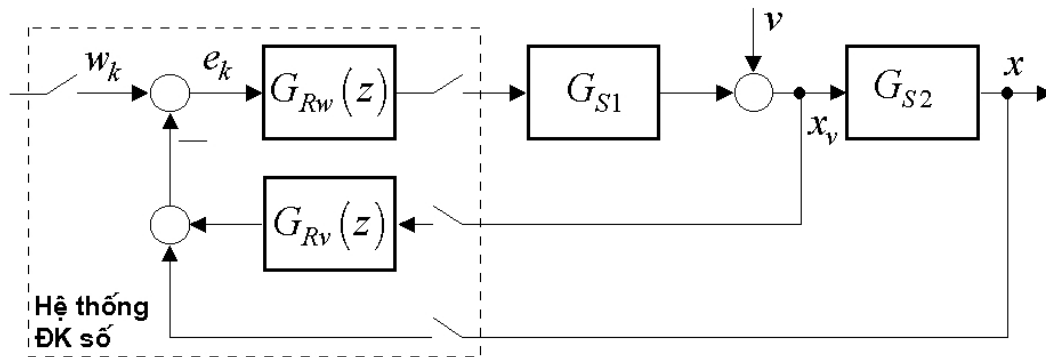
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.4 Thiết kế hệ thống ĐK số nhiều mạch vòng cho đối tượng SISO

a) Cấu trúc có vòng bù nhiễu

Có tác dụng bù nhiễu v ở đầu vào của đối tượng khi nhiễu là đo được. Khâu ĐK chính được thiết kế như bình thường.



b) Cấu trúc có vòng ĐK chặn nhiễu ngay từ đầu vào của nhiễu

Đòi hỏi nhiễu phải là đo được, đồng thời phải có khả năng can thiệp ở đầu vào của nhiễu nhờ một thiết bị ĐK. Hai vòng ĐK được thiết kế hoàn toàn độc lập.

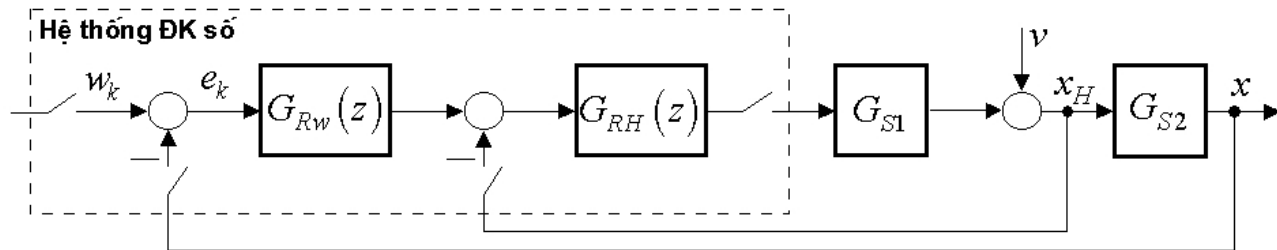
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

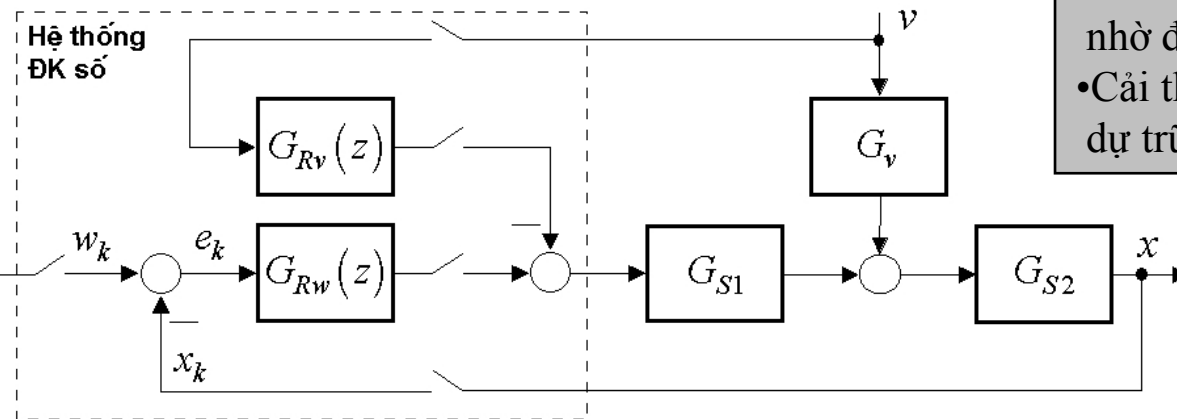
2.3.4 Thiết kế hệ thống ĐK số nhiều mạch vòng cho đối tượng SISO

c) Cấu trúc có nhiều vòng ĐK phân cấp

Đây là giải pháp quen biết, rất hay được sử dụng trong thực tiễn.



d) Cấu trúc có vòng ĐK phụ hỗ trợ ổn định

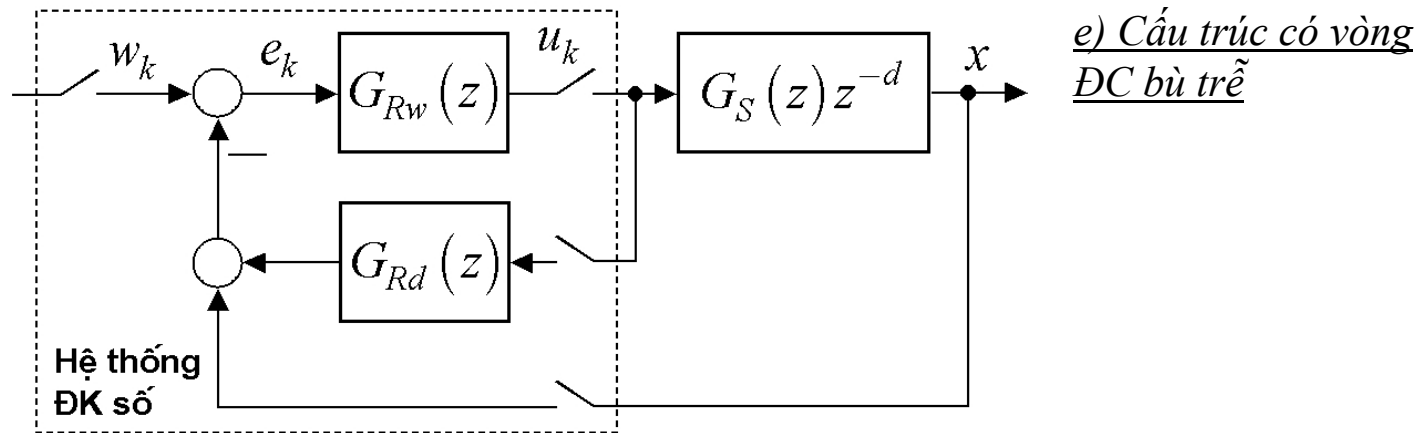


- Giảm tác động của nhiễu nhờ đại lượng ĐK phụ.
- Cải thiện động học và tăng dự trữ ổn định

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.4 Thiết kế hệ thống ĐK số nhiều mạch vòng cho đối tượng SISO



• Đối tượng có trễ được mắc song song với G_{Rd} , có hàm truyền đạt sao cho mô hình chung không còn trễ:

$$G_s(z)z^{-d} + G_{Rd}(z) = G_s(z)$$

$$\Rightarrow G_{Rd}(z) = (1 - z^{-d})G_s(z)$$

• Hàm truyền đạt ban đầu:

$$G_w(z) = \frac{G_R(z)G_S(z)z^{-d}}{1 + G_R(z)G_S(z)z^{-d}}$$

• Sau khi bù sẽ chỉ còn:

$$G_w(z) = \frac{G_R(z)G_S(z)z^{-d}}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

Với đa thức mẫu số không còn chứa z^{-d}

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.1 Mô hình trạng thái liên tục và các tính chất

Xét mô hình (mục 1.3.2c) với n biến trạng thái, m biến vào và r biến ra:

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{q}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{x}(t) = \mathbf{C}\mathbf{q}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t) \end{cases}$$

a) Các tính chất quan trọng cần nhắc lại:

• *Giá trị riêng (eigenvalues) và vector giá trị riêng*: Điều kiện để hệ pt. tuyến tính thuần nhất $\mathbf{A}\mathbf{e} = \lambda\mathbf{e} \Rightarrow (\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I})\mathbf{e} = \mathbf{0}$ có nghiệm $\mathbf{e} \neq \mathbf{0}$ chỉ khi $\det(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = 0$

Chú ý: $P_n(\lambda) = 0$ là phương trình đặc tính. Ứng với mỗi nghiệm (mỗi giá trị riêng) λ_i ($i = 1, 2, \dots, n$) ta có thể tìm được từ hệ phương trình $(\mathbf{A} - \lambda_i\mathbf{I})\mathbf{e}_i = \mathbf{0}$ một vector giá trị riêng \mathbf{e}_i tương ứng.

• Quan hệ giữa *giá trị riêng* và *đặc điểm ổn định* của hệ:

• *Định lý Cayley–Hamilton*: Mỗi ma trận toàn phương đều thỏa mãn pt. đặc tính của chính nó.

$$\det(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = \begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} - \lambda \end{vmatrix} =$$

$$= P_n(\lambda) = (-1)^n \lambda^n + a_{n-1} \lambda^{n-1} + \cdots + a_1 \lambda + a_0 = 0$$

Phương trình $\det(s\mathbf{I} - \mathbf{A}) = 0$ là pt. đặc tính, với $\det(s\mathbf{I} - \mathbf{A})$ là đa thức mẫu số của hàm/ma trận truyền đạt của đối tượng SISO/MIMO.

$$\det(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = P_n(\lambda) = (-1)^n \lambda^n + a_{n-1} \lambda^{n-1} + \cdots + a_1 \lambda + a_0 = 0$$

$$\Rightarrow P_n(\mathbf{A}) = (-1)^n \mathbf{A}^n + a_{n-1} \mathbf{A}^{n-1} + \cdots + a_1 \mathbf{A} + a_0 \mathbf{I} = \mathbf{0}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.1 Mô hình trạng thái liên tục và các tính chất

b) Phép chuyển hệ tọa độ trạng thái và tác động tới giá trị riêng:

• Định nghĩa vector trạng thái mới: $\underline{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{T}\mathbf{q}(t) \Rightarrow \mathbf{q}(t) = \mathbf{T}^{-1}\underline{\mathbf{q}}(t)$

• Đạo hàm cả 2 vế: $\dot{\underline{\mathbf{q}}}(t) = \mathbf{T}\dot{\mathbf{q}}(t) \Rightarrow \dot{\underline{\mathbf{q}}}(t) = \mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{q}(t) + \mathbf{T}\mathbf{B}\mathbf{u}(t)$
 $\Rightarrow \dot{\underline{\mathbf{q}}}(t) = \underbrace{\mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{T}^{-1}}_{\underline{\mathbf{A}}}\underline{\mathbf{q}}(t) + \underbrace{\mathbf{T}\mathbf{B}}_{\underline{\mathbf{B}}}\mathbf{u}(t)$

• Phương trình đầu ra: $\mathbf{x}(t) = \mathbf{C}\mathbf{q}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t) = \underbrace{\mathbf{C}\mathbf{T}^{-1}}_{\underline{\mathbf{C}}}\underline{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t)$

• Thay thế vào mô hình ban đầu: $\underline{\mathbf{A}} = \mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{T}^{-1}; \underline{\mathbf{B}} = \mathbf{T}\mathbf{B}; \underline{\mathbf{C}} = \mathbf{C}\mathbf{T}^{-1}; \underline{\mathbf{D}} = \mathbf{D}$

• Mô hình trạng thái mới:
$$\begin{cases} \dot{\underline{\mathbf{q}}}(t) = \underline{\mathbf{A}}\underline{\mathbf{q}}(t) + \underline{\mathbf{B}}\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{x}(t) = \underline{\mathbf{C}}\underline{\mathbf{q}}(t) + \underline{\mathbf{D}}\mathbf{u}(t) \end{cases} \quad \text{với} \quad \underline{\mathbf{q}}(t_0) = \mathbf{T}\mathbf{q}(t_0)$$

Quan trọng: \mathbf{T} là phép chuyển hệ tương đương không làm thay đổi bản chất vật lý - kỹ thuật của hệ. Cả hai hệ đều có chung vector biến vào $\mathbf{u}(t)$ và vector biến ra $\mathbf{x}(t)$. Giá trị riêng (nghiệm của phương trình đặc tính) của hệ thống là bất biến sau phép chuyển hệ tương đương.

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.1 Mô hình trạng thái liên tục và các tính chất

c) Tính điều khiển được

Hệ MIMO nói trên sẽ là điều khiển được hoàn toàn khi và chỉ khi ma trận (n, nm) sau đây:

$$\mathbf{Q}_C = [\mathbf{B}, \mathbf{A}\mathbf{B}, \dots, \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B}]$$

có hạng là n . Nghĩa là, ma trận điều khiển \mathbf{Q}_C phải chứa n vector cột độc lập tuyến tính. Khi đối tượng là SISO, ma trận điều khiển có kích cỡ (n, n) và công thức:

$$\mathbf{Q}_C = [\mathbf{b}, \mathbf{A}\mathbf{b}, \dots, \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{b}]$$

và n vector cột $\mathbf{A}^i\mathbf{b}$ ($i = 0, 1, 2, \dots$) phải là các vector độc lập tuyến tính.

Chú ý: Để kiểm tra tính ĐK được của hệ SISO chỉ cần kiểm tra điều kiện $\det\mathbf{Q}_C \neq 0$.

d) Dạng chuẩn điều khiển: Sử dụng phép chuyển hệ tọa độ trạng thái sau: $\mathbf{T} = \mathbf{Q}_C^{-1}$

e) Tính quan sát được

Hệ MIMO nói trên sẽ là quan sát được hoàn toàn khi và chỉ khi ma trận (nr, n) bên có hạng là n . Nghĩa là, ma trận quan sát \mathbf{Q}_O phải chứa n vector hàng độc lập tuyến tính.

Khi đối tượng là SISO, ma trận quan sát bên với kích cỡ (n, n) có hạng n và n vector hàng $\mathbf{c}^T\mathbf{A}^i$ ($i = 0, 1, 2, \dots$) phải là các vector hàng độc lập tuyến tính:

Chú ý: Để kiểm tra tính QS được của hệ SISO chỉ cần kiểm tra điều kiện $\det\mathbf{Q}_O \neq 0$.

f) Dạng chuẩn quan sát: Sử dụng phép chuyển hệ tọa độ trạng thái sau: $\mathbf{T} = \mathbf{Q}_O^{-1}$

$$\mathbf{Q}_O = \begin{bmatrix} \mathbf{C} \\ \mathbf{C}\mathbf{A} \\ \vdots \\ \mathbf{C}\mathbf{A}^{n-1} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Q}_O = \begin{bmatrix} \mathbf{c}^T \\ \mathbf{c}^T \mathbf{A} \\ \vdots \\ \mathbf{c}^T \mathbf{A}^{n-1} \end{bmatrix}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.1 Mô hình trạng thái liên tục và các tính chất

g) Dạng chuẩn Jordan (chuẩn modale):

Giả sử đối tượng có n giá trị riêng **khác nhau** $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ với n vector riêng độc lập $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n$.

•Thiết lập ma trận toàn phương \mathbf{M} : $\mathbf{M} = [\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n]$

•Chọn ma trận chuyển hệ tọa độ \mathbf{T} : $\mathbf{T} = \mathbf{M}^{-1} \Rightarrow \mathbf{T}^{-1} = \mathbf{M}$

•Hãy xét $\underline{\mathbf{A}} = \mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{T}^{-1}$, ta có: $\mathbf{M}\underline{\mathbf{A}} = \mathbf{A}\mathbf{M} \Rightarrow [\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n]\underline{\mathbf{A}} = [\mathbf{A}\mathbf{e}_1, \mathbf{A}\mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{A}\mathbf{e}_n]$

•Vì $\mathbf{e}_i \lambda_i = \mathbf{A}\mathbf{e}_i$, phương trình trên chỉ thỏa mãn khi và chỉ khi ma trận $\underline{\mathbf{A}} = \mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{T}^{-1}$ là ma trận đường chéo $\underline{\mathbf{\Lambda}}$:

$$\underline{\mathbf{A}} = \underbrace{\mathbf{M}^{-1}}_{\mathbf{T}} \mathbf{A} \underbrace{\mathbf{M}}_{\mathbf{T}^{-1}} = \underline{\mathbf{\Lambda}} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_n \end{bmatrix}$$

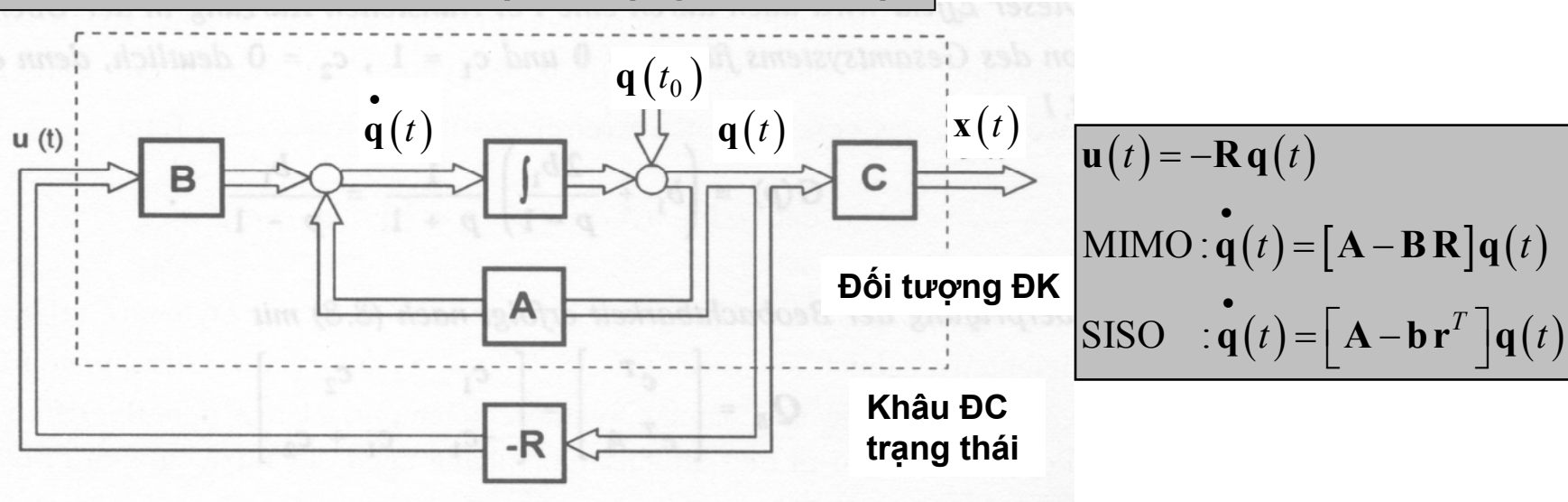
•Từ đó thu được mô hình dạng chuẩn Jordan (còn gọi là chuẩn modale), cho phép thiết kế bộ ĐK *gán các điểm cực không tương tác lẫn nhau.*

$$\begin{cases} \dot{\underline{\mathbf{q}}}(t) = \underline{\mathbf{\Lambda}} \underline{\mathbf{q}}(t) + \underbrace{\mathbf{M}^{-1} \mathbf{B}}_{\underline{\mathbf{B}}} \mathbf{u}(t) \\ \mathbf{x}(t) = \underbrace{\mathbf{C}\mathbf{M}}_{\underline{\mathbf{C}}} \underline{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t) \end{cases} \quad \underline{\mathbf{q}}(t_0) = \mathbf{M}^{-1} \mathbf{q}(t_0)$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.2 Cấu trúc cơ sở của hệ ĐK trạng thái liên tục



a) Thiết kế theo phương pháp gán cực

Phương trình đặc tính của vòng ĐK khép kín có dạng: $\det [s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{B} \mathbf{R})] = \prod_{i=1}^n (s - s_i)$

Khi cho trước s_i nhằm đạt được một đặc tính động học nhất định, nếu so sánh hệ số hai vế của phương trình trên ta sẽ thu được một hệ có n phương trình của $(m \times n)$ phần tử thuộc \mathbf{R} . Đó là *hệ phương trình phục vụ tổng hợp khâu ĐC*. Các thiết kế có tên Ackermann (hệ SISO), modale (hệ MIMO).

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.2 Cấu trúc cơ sở của hệ ĐK trạng thái liên tục

b) Thiết kế theo tiêu chuẩn chất lượng

Hàm mục tiêu (hàm chất lượng) được định nghĩa:

$$I = \int_0^{\infty} [\mathbf{q}^T(t) \mathbf{Q} \mathbf{q}(t) + \mathbf{u}^T(t) \mathbf{S} \mathbf{u}(t)] dt$$

- Ma trận \mathbf{R} cần được thiết kế sao cho I đạt được giá trị bé nhất. Hai vector trạng thái $\mathbf{q}(t)$ và đầu vào $\mathbf{u}(t)$ tham gia vào tiêu chuẩn chất lượng qua hai ma trận trọng số \mathbf{Q} và \mathbf{S} . Đó là hai ma trận hằng, toàn phương và xác định dương (positive definite).
- Khi chọn $t = \infty$ ta thu được \mathbf{R} là một ma trận hằng. Khi chọn t là một giá trị hữu hạn, ta thu được ma trận $\mathbf{R}(t)$. Khi tìm \mathbf{R} sao cho I đạt giá trị tối thiểu ta sẽ phải giải phương trình Riccati.

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

a) Hệ ĐK trạng thái có khâu lọc đầu vào

Sau khi đã thiết lập đặc tính động học của hệ thống qua thiết kế \mathbf{R} , có thể bổ sung thêm khâu (ma trận) lọc đầu vào \mathbf{K}_{VF} để cải thiện đặc tính tĩnh (Ví dụ: xác lập điểm làm việc, phân kênh tĩnh).

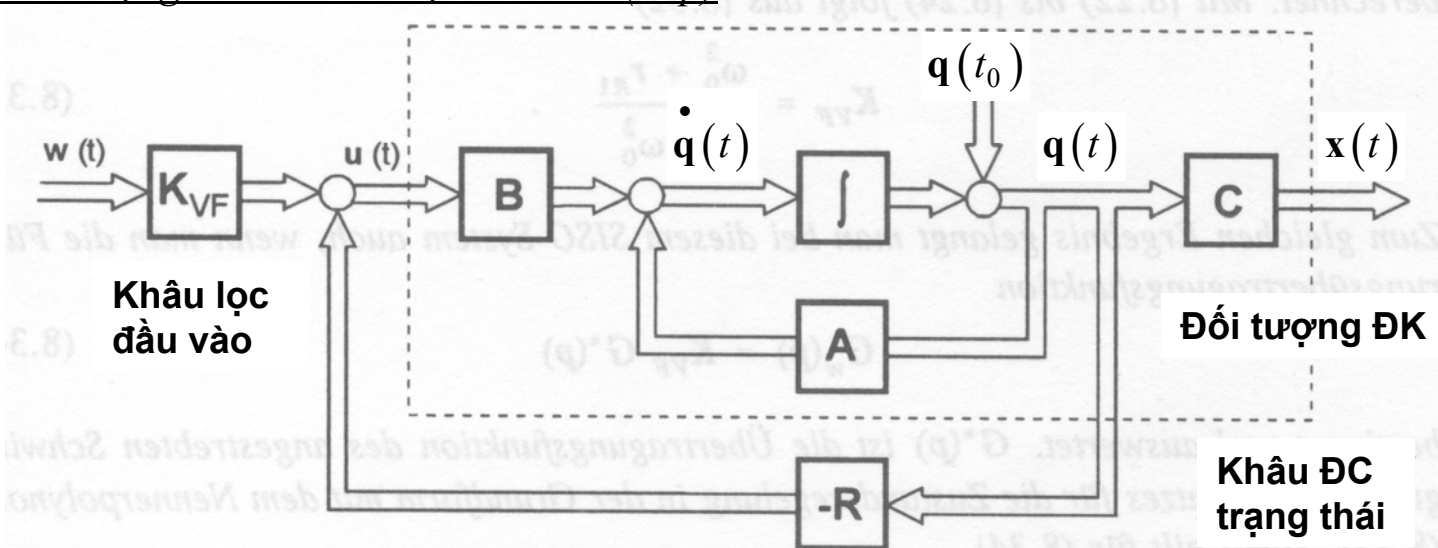
$$\dot{\mathbf{q}}(t) = [\mathbf{A} - \mathbf{B} \mathbf{R}] \mathbf{q}(t) + \mathbf{B} \mathbf{K}_{VF} \mathbf{w}(t)$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

a) Hệ ĐK trạng thái có khâu lọc đầu vào (tiếp)



• Khi vector chủ đạo w là hằng, sau khi quá trình quá độ – với động học do R quyết định – đã qua, vector trạng thái xác lập là q_∞ , với:

$$\dot{q}(t) = 0$$

• Vậy ta đặt điều kiện: $x_\infty = C q_\infty = w$ Điều kiện đó thỏa mãn khi chọn:

$$K_{VF} = \left[C(BR - A)^{-1} B \right]^{-1}$$

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

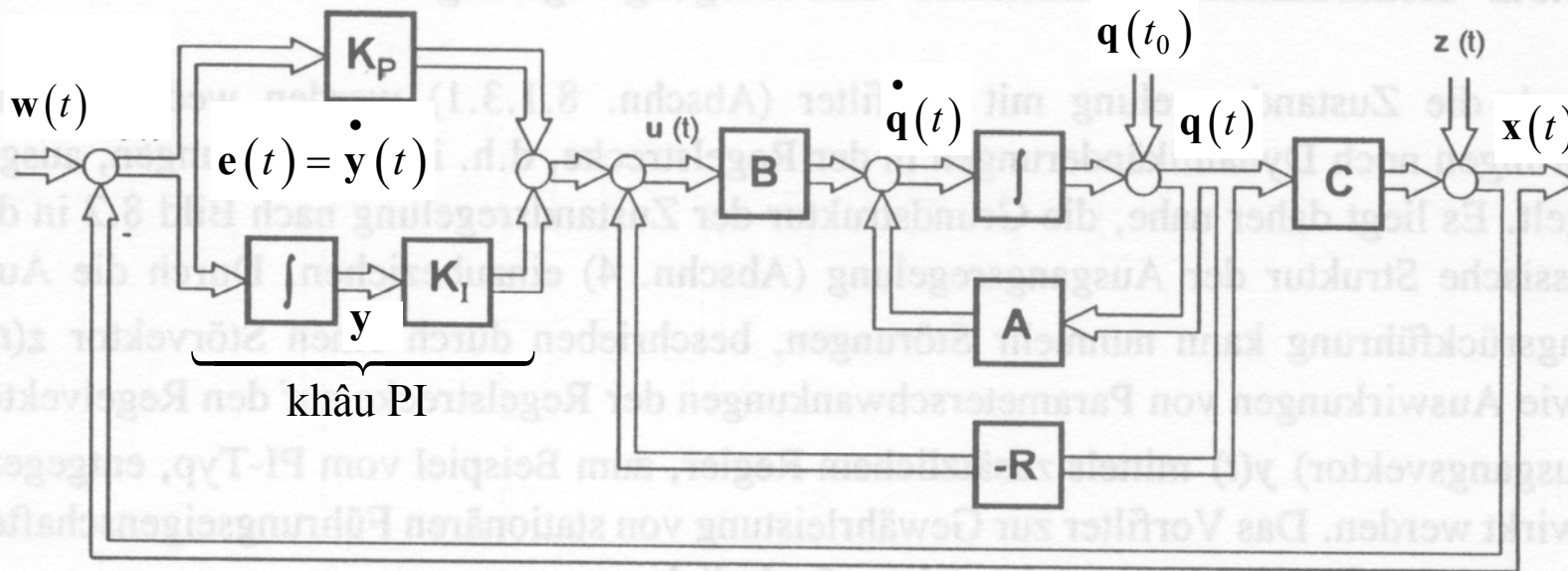
3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

b) Kết hợp hệ ĐK trạng thái với ĐK có hồi tiếp vector biến ra

Khi $w = 0, z = 0$ ta có:

Bằng khâu lọc đầu vào K_{VF} ta không thể cải thiện được động học, không thể khử được nhiễu. Có thể sử dụng ĐK trạng thái ở vòng trong cùng, kết hợp với hồi tiếp vector biến ra và dùng một khâu PI (hình dưới) để khử nhiễu, hay bù biến động tham số của đối tượng vv...

$$\begin{aligned} u(t) &= -Rq(t) - K_p Cq(t) + K_I y(t) \\ \dot{q}(t) &= Aq(t) + Bu(t) \\ \dot{y}(t) &= -x(t) = -Cq(t) \end{aligned}$$



3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

b) Kết hợp hệ ĐK trạng thái với ĐK có hồi tiếp vector biến ra (tiếp)

• Mô hình trạng thái mở rộng của đối tượng ĐK:

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{q}}(t) \\ \dot{\mathbf{y}}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ -\mathbf{C} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}(t) \\ \mathbf{y}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{B} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \mathbf{u}(t)$$

• Hàm ĐK trạng thái mới:

$$\mathbf{u}(t) = -[\mathbf{R} + \mathbf{K}_P \mathbf{C}, \mathbf{K}_I] \begin{bmatrix} \mathbf{q}(t) \\ \mathbf{y}(t) \end{bmatrix}$$

- Ma trận ĐC mới có kích cỡ $(m, n+r)$ có thể được thiết kế theo các phương pháp ở mục 3.1.2, áp dụng cho đối tượng mới với mô hình trạng thái mở rộng $(n+r, n+r)$.
- Điều kiện để tìm được thiết kế là *tính ĐK được của mô hình mở rộng*. Tính ĐK được tồn tại khi mô hình ban đầu $\dot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{q}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t)$ là ĐK được hoàn toàn và ma trận:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ -\mathbf{C} & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

có hạng $n+r$ (có rang $n+r$).

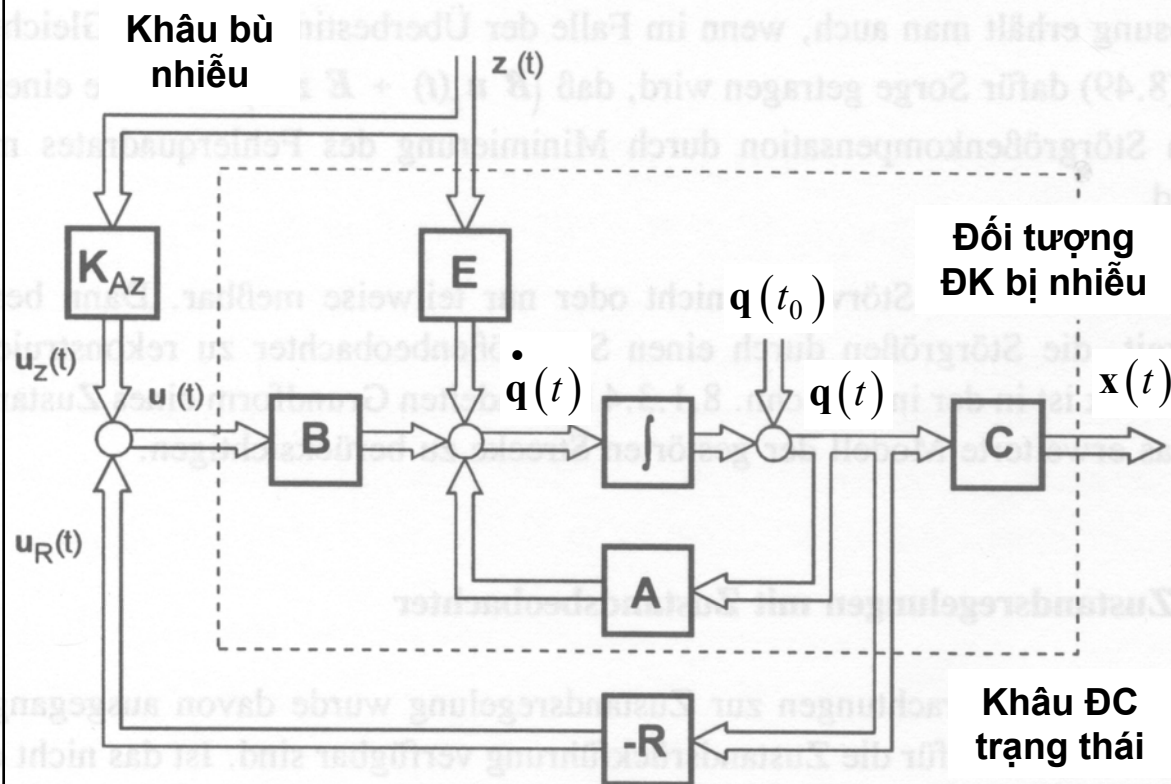
- Trong cấu trúc mới, các thành phần tích phân I khử triệt để độ dư sai lệch ĐC. Vì vậy có thể bỏ qua khâu lọc đầu vào \mathbf{K}_{VF} .

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

c) Hệ ĐK trạng thái có bù nhiễu



- Điều kiện để có thể thực hiện bù: Phải đo được nhiễu. Nhiễu tác động vào đối tượng qua ma trận $E (n, m)$. Việc bù được thực hiện bằng ma trận bù K_{Az} .

$$\dot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{A} \mathbf{q}(t) + \mathbf{B} \mathbf{u}_R(t) + \mathbf{B} \mathbf{u}_z(t) + \mathbf{E} \mathbf{z}(t)$$

- Việc thiết kế khâu ĐC trạng thái không thay đổi. Nhiễu bị triệt tiêu khi:

$$\mathbf{B} \mathbf{u}_z(t) + \mathbf{E} \mathbf{z}(t) = \mathbf{0}$$

- Ma trận bù K_{Az} có dạng:

$$\mathbf{K}_{Az} = -(\mathbf{B}^T \mathbf{B})^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{E}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

d) Hệ ĐK trạng thái sử dụng khâu quan sát (QS) trạng thái

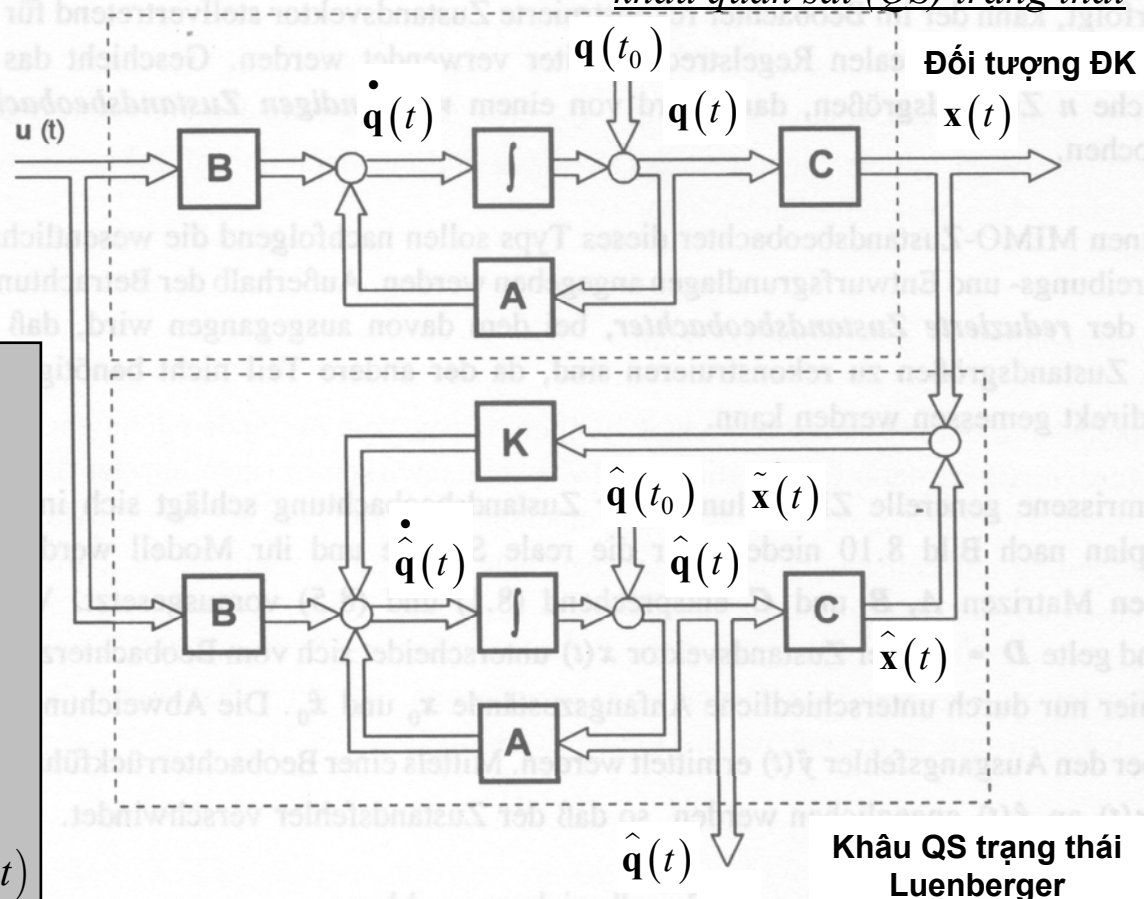
Khi không thể đo các biến trạng thái, ta phải dùng *khâu QS Luenberger* với cấu trúc ở hình bên phải để tính các biến đó. Điều kiện: đối tượng ĐK phải bảo đảm tính quan sát được.

• Mô hình trạng thái của đối tượng và của khâu QS:

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{q}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \\ \dot{\hat{\mathbf{q}}}(t) = \mathbf{A}\hat{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) + \mathbf{K}\tilde{\mathbf{x}}(t) \end{cases}$$

• Mô hình của sai số QS:

$$\begin{cases} \tilde{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{q}(t) - \hat{\mathbf{q}}(t) \\ \dot{\tilde{\mathbf{q}}}(t) = \dot{\mathbf{q}}(t) - \dot{\hat{\mathbf{q}}}(t) = (\mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C})\tilde{\mathbf{q}}(t) \end{cases}$$



3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái

d) Hệ ĐK trạng thái sử dụng khâu quan sát (OS) trạng thái (tiếp)

- Ma trận \mathbf{K} được thiết kế sao cho các giá trị riêng của ma trận $(\mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C})$ có thành phần thực âm. Việc thiết kế theo phương pháp gán cực chỉ có thể thực hiện khi đối tượng là QS được toàn phần.
- Khi sử dụng vector $\hat{\mathbf{q}}(t)$ để ĐK ta có:
- Vậy mô hình hệ thống tổng thể là:

$$\begin{aligned} \mathbf{u}(t) &= -\mathbf{R}\hat{\mathbf{q}}(t) \\ \Rightarrow \dot{\mathbf{q}}(t) &= [\mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{R}]\mathbf{q}(t) + \mathbf{B}\mathbf{R}\tilde{\mathbf{q}}(t) \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{q}}(t) \\ \dot{\tilde{\mathbf{q}}}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{R} & \mathbf{B}\mathbf{R} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}(t) \\ \tilde{\mathbf{q}}(t) \end{bmatrix}$$

- Với phương trình đặc tính:

$$N_G(s) = \det \begin{bmatrix} \underbrace{s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{R})}_{\text{State Controller: } N_{SC}(s)} & -\mathbf{B}\mathbf{R} \\ \mathbf{0} & \underbrace{s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C})}_{\text{Observer: } N_O(s)} \end{bmatrix} = 0$$

- Vậy:

$$N_G(s) = N_{SC}(s) N_O(s) = \det[s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{R})] \cdot \det[s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C})] = 0$$

Phương trình đặc tính mới cho thấy rõ: Điểm cực của vòng QS không hề di chuyển vị trí điểm cực của vòng ĐC. Việc gán điểm cực cho hai vòng ĐC và QS có thể thực hiện hoàn toàn độc lập với nhau (nguyên lý phân ly, Separation Principle).

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

Chú ý mục 3.1: Những sinh viên muốn ôn lại kiến thức cơ sở một cách tốt hơn sẽ không thể bỏ qua chuỗi ví dụ minh họa (không bắt buộc) sau đây.

1. **Ví dụ 3.1.1:** Kiểm tra tính ĐK và QS được của khâu PT2
2. **Ví dụ 3.1.2:** Thiết kế khâu ĐC trạng thái theo phương pháp gán cực
3. **Ví dụ 3.1.3:** Thiết kế hệ ĐK trạng thái có khâu lọc đầu vào
4. **Ví dụ 3.1.4:** Thiết kế hệ ĐK trạng thái kết hợp hồi tiếp đầu ra
5. **Ví dụ 3.1.5:** Thiết kế khâu QS trạng thái cho đối tượng SISO



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

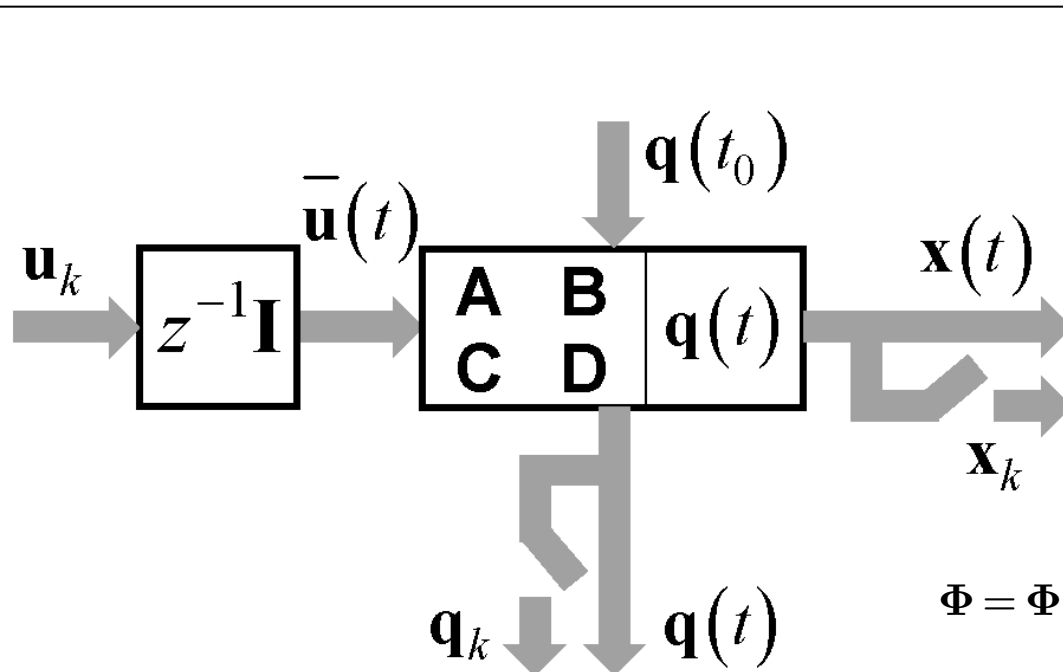
76

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.2 Mô hình trạng thái gián đoạn

3.2.1 Mô hình

Mục 1.3.2c) đã xây dựng mô hình trạng thái gián đoạn cho các đối tượng ĐK với bản chất liên tục (hình dưới: đối tượng MIMO) như bên cạnh:



$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C} \mathbf{q}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k \end{cases}$$

$$\Phi = \Phi(T) = e^{\mathbf{A}T}$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}(T) = \int_0^T \Phi(\nu) d\nu \mathbf{B}; \mathbf{H}(T) = \mathbf{A}^{-1} [\Phi(T) - \mathbf{I}] \mathbf{B}$$

• Khi đối tượng ĐK là hệ SISO:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{h} u_k \\ x_k = \mathbf{c}^T \mathbf{q}_k + d u_k \end{cases}$$

$$\Phi = \Phi(T) = e^{\mathbf{A}T}; \mathbf{h} = \mathbf{h}(T) = \int_0^T \Phi(\nu) d\nu \mathbf{b}$$

$$\mathbf{h}(T) = \mathbf{A}^{-1} [\Phi(T) - \mathbf{I}] \mathbf{b}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.2 Mô hình trạng thái gián đoạn

3.2.2 Chuyển hệ tọa trạng thái cho mô hình

Tương tự mục 3.1.1a), ta có thể thực hiện phép chuyển hệ tọa độ \mathbf{T} cho mô hình trạng thái gián đoạn nhằm thu được mô hình mới với những đặc điểm thuận lợi cho quá trình thiết kế bộ ĐK hay bộ QS.

• Định nghĩa vector trạng thái mới: $\underline{\mathbf{q}}_k = \mathbf{T} \mathbf{q}_k \Rightarrow \mathbf{q}_k = \mathbf{T}^{-1} \underline{\mathbf{q}}_k$

• Xét thời điểm sau đây 1 chu kỳ: $\underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \mathbf{T} \mathbf{q}_{k+1} \Rightarrow \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \mathbf{T} \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{T} \mathbf{H} \mathbf{u}_k$
 $\Rightarrow \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \underbrace{\mathbf{T} \Phi \mathbf{T}^{-1}}_{\underline{\Phi}} \underline{\mathbf{q}}_k + \underbrace{\mathbf{T} \mathbf{H}}_{\underline{\mathbf{H}}} \mathbf{u}_k$

• Phương trình đầu ra: $\mathbf{x}_k = \mathbf{C} \mathbf{q}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k = \underbrace{\mathbf{C} \mathbf{T}^{-1}}_{\underline{\mathbf{C}}} \underline{\mathbf{q}}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k$

• Thay thế vào mô hình ban đầu: $\underline{\Phi} = \mathbf{T} \Phi \mathbf{T}^{-1}; \underline{\mathbf{H}} = \mathbf{T} \mathbf{H}; \underline{\mathbf{C}} = \mathbf{C} \mathbf{T}^{-1}; \underline{\mathbf{D}} = \mathbf{D}$

• Mô hình trạng thái mới:

$$\begin{cases} \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \underline{\Phi} \underline{\mathbf{q}}_k + \underline{\mathbf{H}} \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \underline{\mathbf{C}} \underline{\mathbf{q}}_k + \underline{\mathbf{D}} \mathbf{u}_k \end{cases}$$

Chú ý: Trong thực tiễn ta cũng có thể thực hiện phép chuyển hệ tọa độ trạng thái cho mô hình liên tục trước, sau đó mới thực hiện gián đoạn hóa theo phương pháp đã trình bày ở mục 1.3.2c).

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.3 Tính ĐK được, QS được và các dạng chuẩn

3.3.1 Tính điều khiển được và dạng chuẩn điều khiển

• Một đối tượng MIMO mô tả bởi $\mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k$ là ĐK được hoàn toàn khi và chỉ khi: Có thể đưa đối tượng chuyển từ trạng thái ban đầu bất kỳ $\mathbf{q}(0)$ tới trạng thái cuối cùng $\mathbf{q}(N)$ sau đúng N chu kỳ trích mẫu T .

• Để bảo đảm điều đó, ma trận ĐK (n, nm) \mathbf{Q}_C phải có hạng n . Tức là \mathbf{Q}_C phải chứa n vector cột độc lập tuyến tính. Với:

$$\mathbf{Q}_C = [\mathbf{H}, \Phi \mathbf{H}, \dots, \Phi^{n-1} \mathbf{H}]$$

• Chuyển sang dạng chuẩn ĐK khi đối tượng là ĐK được: $\mathbf{T} = \mathbf{Q}_C^{-1}$

3.3.2 Tính quan sát được và dạng chuẩn quan sát

• Một đối tượng MIMO mô tả bởi $\mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k$ và có vector biến ra $\mathbf{x}_k = \mathbf{C} \mathbf{q}_k$ là QS được hoàn toàn khi và chỉ khi: Có thể xác định được trạng thái ban đầu bất kỳ $\mathbf{q}(0)$ sau một lượng hữu hạn chu kỳ trích mẫu T , khi ở thời điểm thứ k biết vector biến vào \mathbf{u}_k và đo được vector biến ra \mathbf{x}_k .

• Để bảo đảm điều đó, ma trận QS (nr, n) \mathbf{Q}_O phải có hạng n . Tức là \mathbf{Q}_O phải chứa n vector hàng độc lập tuyến tính. Với:

$$\mathbf{Q}_O = \begin{bmatrix} \mathbf{C} \\ \mathbf{C} \Phi \\ \vdots \\ \mathbf{C} \Phi^{n-1} \end{bmatrix}$$

• Chuyển sang dạng chuẩn QS khi đối tượng là QS được: $\mathbf{T} = \mathbf{Q}_O^{-1}$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.3 Tính ĐK được, QS được và các dạng chuẩn

3.3.3 Dạng chuẩn Jordan (chuẩn modale, chuẩn đường chéo)

Điều kiện: Đối tượng là ĐK và QS được, có n giá trị riêng *khác nhau* $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ với n vector riêng độc lập $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n$.

- Từ đó thu được mô hình dạng chuẩn Jordan (còn gọi là chuẩn modale, chuẩn đường chéo), cho phép thiết kế bộ ĐK *gán các điểm cực không tương tác lẫn nhau*.

$$\begin{cases} \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \Lambda \underline{\mathbf{q}}_k + \underbrace{\mathbf{M}^{-1} \mathbf{H}}_{\underline{\mathbf{H}}} \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \underbrace{\mathbf{C} \mathbf{M}}_{\underline{\mathbf{C}}} \underline{\mathbf{q}}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \Lambda \underline{\mathbf{q}}_k + \underline{\mathbf{H}} \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \underline{\mathbf{C}} \underline{\mathbf{q}}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k \end{cases} \quad \text{với: } \underline{\mathbf{q}}_k = \mathbf{M}^{-1} \mathbf{q}_k$$

• Trong đó:

$$\mathbf{M} = [\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n]; \Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_n \end{bmatrix} = \underline{\Phi} = \underbrace{\mathbf{M}^{-1}}_{\underline{\mathbf{T}}} \Phi \underbrace{\mathbf{M}}_{\underline{\mathbf{T}}^{-1}}$$

Chú ý: Với các đối tượng kỹ thuật mà ta có thể chỉ ra được ý nghĩa của từng điểm cực đối với từng đặc tính kỹ thuật cụ thể, ta có thể tác động tới một đặc tính nhất định mà không ảnh hưởng tới các đặc tính khác nhờ thiết kế modale, cho phép chỉ di chuyển duy nhất điểm cực tương ứng.

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.3 Tính ĐK được, QS được và các dạng chuẩn

3.3.4 Tìm mô hình chuẩn ĐK, chuẩn QS của đối tượng SISO từ hàm truyền đạt

• *Mô hình truyền đạt* của đối tượng SISO không trễ (với đối tượng có quán tính giá trị $b_0 = 0$):

$$G_S(z) = \frac{X(z)}{U(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_m z^{-m}} = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}$$

• *Mô hình trạng thái gián đoạn* của đối tượng SISO (với đối tượng có quán tính giá trị $d = 0$):

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{h} u_k \\ x_k = \mathbf{c}^T \mathbf{q}_k + d u_k \end{cases}$$

• *Dạng chuẩn ĐK:*

(chỉ số *C*: Controllability)

Dạng chuẩn ĐK có vector ĐK \mathbf{h}_C đặc biệt đơn giản. Đây là dạng rất thuận lợi khi thiết kế bộ ĐK.

$$\Phi_C = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_m & -a_{m-1} & \dots & -a_1 \end{bmatrix}; \mathbf{h}_C = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; \mathbf{c}_C = \begin{bmatrix} b_m \\ \vdots \\ b_2 \\ b_1 \end{bmatrix}$$

• *Dạng chuẩn QS:*

(chỉ số *O*: Observability)

Dạng chuẩn QS có vector đầu ra \mathbf{c}_O đặc biệt đơn giản. Đây là dạng rất thuận lợi khi thiết kế bộ QS.

$$\Phi_O = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0 & -a_m \\ 1 & \dots & 0 & -a_{m-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 & -a_1 \end{bmatrix}; \mathbf{h}_O = \begin{bmatrix} b_m \\ b_{m-1} \\ \vdots \\ b_1 \end{bmatrix}; \mathbf{c}_O = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.4 Cấu trúc cơ bản trên không gian trạng thái

- Vòng ĐK khép kín sẽ có hàm ĐK và phương trình chuyển trạng thái như sau:

$$\mathbf{u}_k = -\mathbf{R} \mathbf{q}_k$$

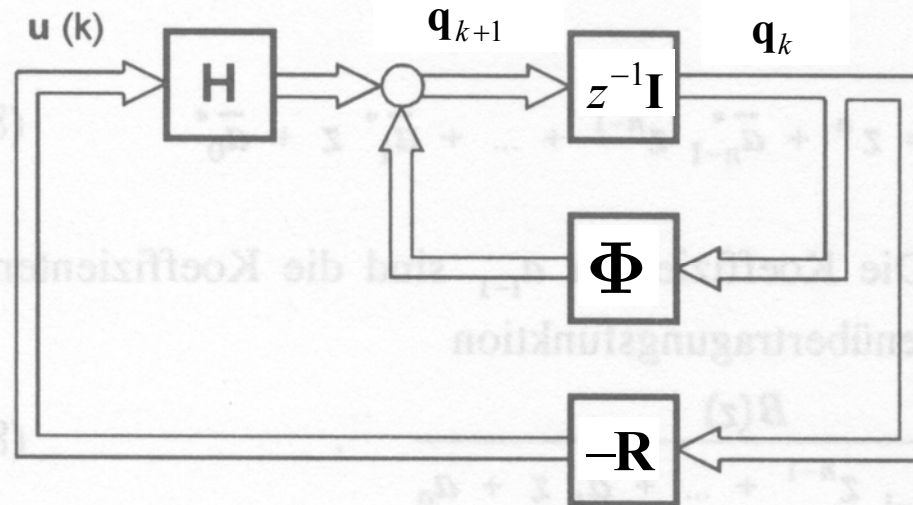
$$\text{MIMO: } \mathbf{q}_{k+1} = [\Phi - \mathbf{H} \mathbf{R}] \mathbf{q}_k$$

$$\text{SISO: } \mathbf{q}_{k+1} = [\Phi - \mathbf{h} \mathbf{r}^T] \mathbf{q}_k$$

- Có thể tìm bộ tham số ĐK bằng phương pháp gán cực trên cơ sở phương trình đặc tính sau:

$$\text{MIMO: } \det [z\mathbf{I} - (\Phi - \mathbf{H} \mathbf{R})] = \prod_{i=1}^n (z - z_i); \text{ SISO: } \det [z\mathbf{I} - (\Phi - \mathbf{h} \mathbf{r}^T)] = \prod_{i=1}^n (z - z_i)$$

- Trường hợp đặc biệt: Khi đặt tất cả các điểm cực z_i tại gốc tọa độ (dùng định lý Cayley-Hamilton, mục 3.1.1a) ta sẽ thu được đặc tính của khâu ĐK kiểu Dead – Beat (mục 2.3.3).
- Khâu ĐK kiểu Dead – Beat trên không gian trạng thái thường có đặc điểm nhạy tham số. Đồng thời, biên độ của đại lượng ĐK \mathbf{u}_k khá lớn.
- Thông thường, không nên đặt tất cả mọi điểm cực tại gốc tọa độ.



3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.5 Một số dạng mở rộng

3.5.1 Hệ ĐK trạng thái có lọc đầu vào

• Mô hình hệ như sau:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = [\Phi - \mathbf{H}\mathbf{R}] \mathbf{q}_k + \mathbf{H}\mathbf{K}_{VF} \mathbf{w}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C}\mathbf{q}_k \end{cases}$$

• Ở trạng thái xác lập, khi $\mathbf{w} = \text{const}$:

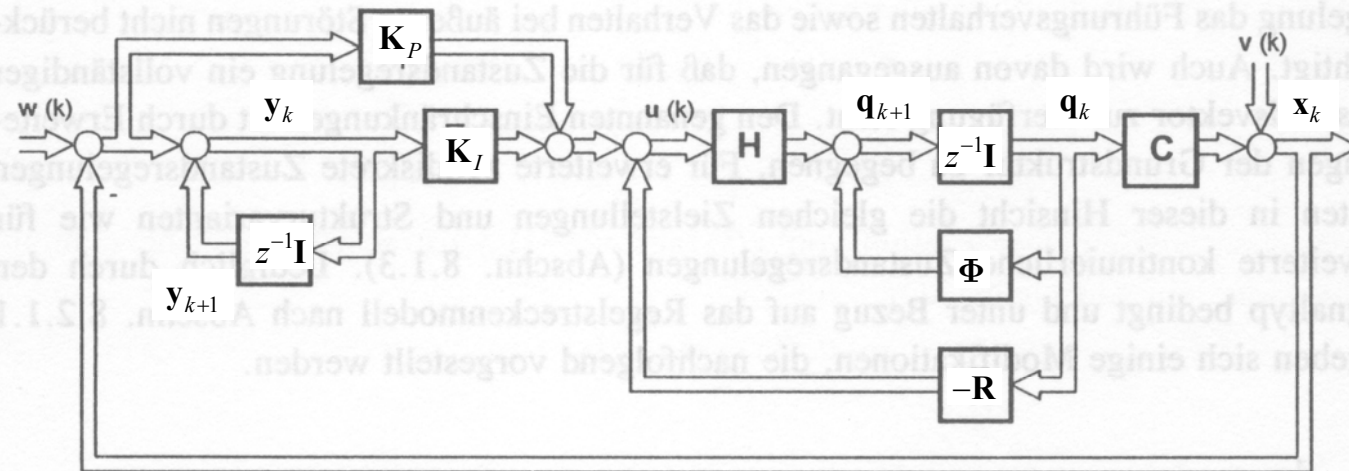
$$\mathbf{q}_{k+1} = \mathbf{q}_k = \mathbf{q}_\infty \Rightarrow \begin{cases} (\mathbf{I} - \Phi + \mathbf{H}\mathbf{R}) \mathbf{q}_\infty = \mathbf{H}\mathbf{K}_{VF} \mathbf{w} \\ \mathbf{x}_\infty = \mathbf{C}\mathbf{q}_\infty \end{cases}$$

• Vậy ta có \mathbf{K}_{VF} :

$$\mathbf{K}_{VF} = [\mathbf{C}(\mathbf{I} + \mathbf{H}\mathbf{R} - \Phi)^{-1} \mathbf{H}]^{-1}$$

3.5.2 Hệ ĐK trạng thái có ĐC đầu ra theo luật PI

Bằng việc kết hợp ĐC trạng thái với vòng ĐC ngoài sử dụng khâu PI ta có thể theo đuổi các mục tiêu thiết kế như ở mục 3.1.3b.



3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.5 Một số dạng mở rộng

3.5.2 Hệ ĐK trạng thái có ĐC đầu ra theo luật PI

• Vector đầu ra của khâu I được viết như sau: $\mathbf{y}_k = \mathbf{y}_{k-1} + \mathbf{w}_k - \mathbf{x}_k \Rightarrow \mathbf{y}_{k+1} = \mathbf{y}_k + \mathbf{w}_{k+1} - \mathbf{x}_{k+1}$

• Khi $\mathbf{w}_k = \mathbf{v}_k = \mathbf{0}$ ta có:

$$\mathbf{y}_{k+1} = -\mathbf{C}\Phi\mathbf{q}_k + \mathbf{y}_k - \mathbf{C}\mathbf{H}\mathbf{u}_k$$

• Mô hình trạng thái mở rộng có dạng:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{q}_{k+1} \\ \mathbf{y}_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi & \mathbf{0} \\ -\mathbf{C}\Phi & \mathbf{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_k \\ \mathbf{y}_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{H} \\ -\mathbf{C}\mathbf{H} \end{bmatrix} \mathbf{u}_k$$

• Từ đó ta thu được vector ĐK:

$$\mathbf{u}_k = \begin{bmatrix} -(\mathbf{R} + \mathbf{K}_P\mathbf{C}), \mathbf{K}_I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_k \\ \mathbf{y}_k \end{bmatrix}$$

3.5.3 Hệ ĐK trạng thái có bù nhiễu

• Cho trước là đối tượng có nhiễu đo được như sau:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi\mathbf{q}_k + \mathbf{H}\mathbf{u}_k + \mathbf{E}\mathbf{v}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C}\mathbf{q}_k \end{cases}$$

• Tác động của nhiễu \mathbf{v}_k tới \mathbf{q}_{k+1} sẽ bị triệt tiêu nếu ta bù bởi một vector sau đây: $\mathbf{u}_v(k) = \mathbf{K}_{Av}\mathbf{v}_k$

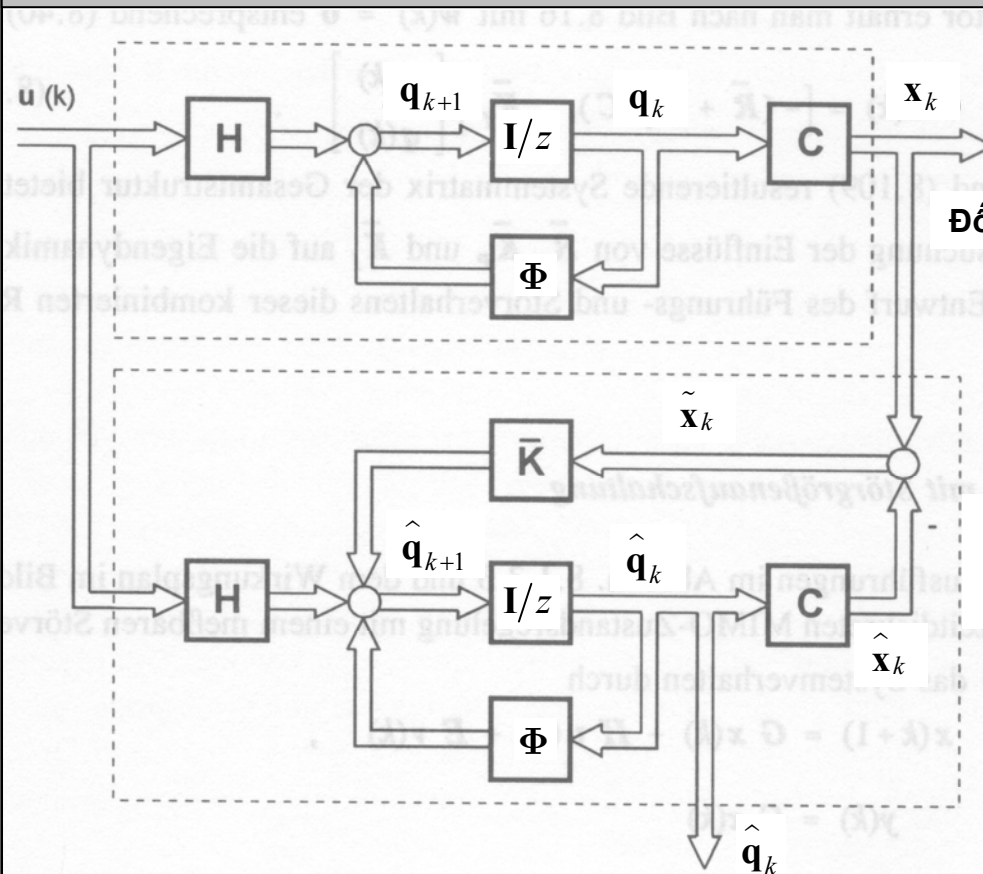
với:

$$\mathbf{K}_{Av} = -(\mathbf{H}^T\mathbf{H})^{-1}\mathbf{H}^T\mathbf{E}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.5 Một số dạng mở rộng

3.5.4 Hệ ĐK trạng thái sử dụng khâu QS trạng thái



Đối tượng ĐK

$$\Rightarrow \hat{\mathbf{q}}_{k+1} = (\Phi - \mathbf{K} \mathbf{C}) \hat{\mathbf{q}}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k + \mathbf{K} \mathbf{x}_k$$

Khâu QS
trạng thái
Luenberger

• Từ sơ đồ cấu trúc bên ta viết hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k \\ \hat{\mathbf{q}}_{k+1} = \Phi \hat{\mathbf{q}}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k + \mathbf{K} \tilde{\mathbf{x}}_k \end{cases}$$

• Mô hình của sai lệch trạng thái có dạng:

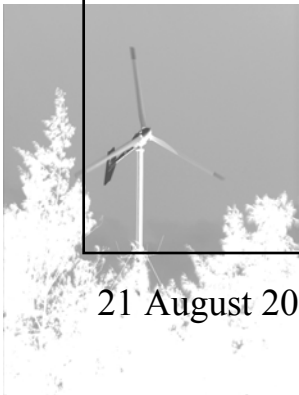
$$\tilde{\mathbf{q}}_{k+1} = \mathbf{q}_{k+1} - \hat{\mathbf{q}}_{k+1} = (\Phi - \mathbf{K} \mathbf{C}) \tilde{\mathbf{q}}_k$$

Phải thiết kế \mathbf{K} sao cho mọi điểm cực của $(\Phi - \mathbf{K} \mathbf{C})$ đều nằm trong đường tròn đơn vị. Nguyên lý Separation có hiệu lực giống như trường hợp hệ liên tục.

3. ĐK có phản hồi trạng thái

Chú ý chương 3: Sinh viên cần hiểu và tự mình tính toán kiểm tra lại các ví dụ sau đây.

1. **Ví dụ 3.3.1:** Sự phụ thuộc vào chu kỳ trích mẫu T của tính ĐK và QS được
2. **Ví dụ 3.3.2:** Xây dựng QC để kiểm tra tính ĐK được của các đối tượng quán tính bậc 1, 2 và 3
3. **Ví dụ 3.3.3:** Xây dựng QO để kiểm tra tính QS được của các đối tượng quán tính bậc 1, 2 ở dạng chuẩn ĐK
4. **Ví dụ 3.3.4:** Thiết kế khâu ĐC kiểu Dead – Beat cho đối tượng I2 (mục 3.4)



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

86

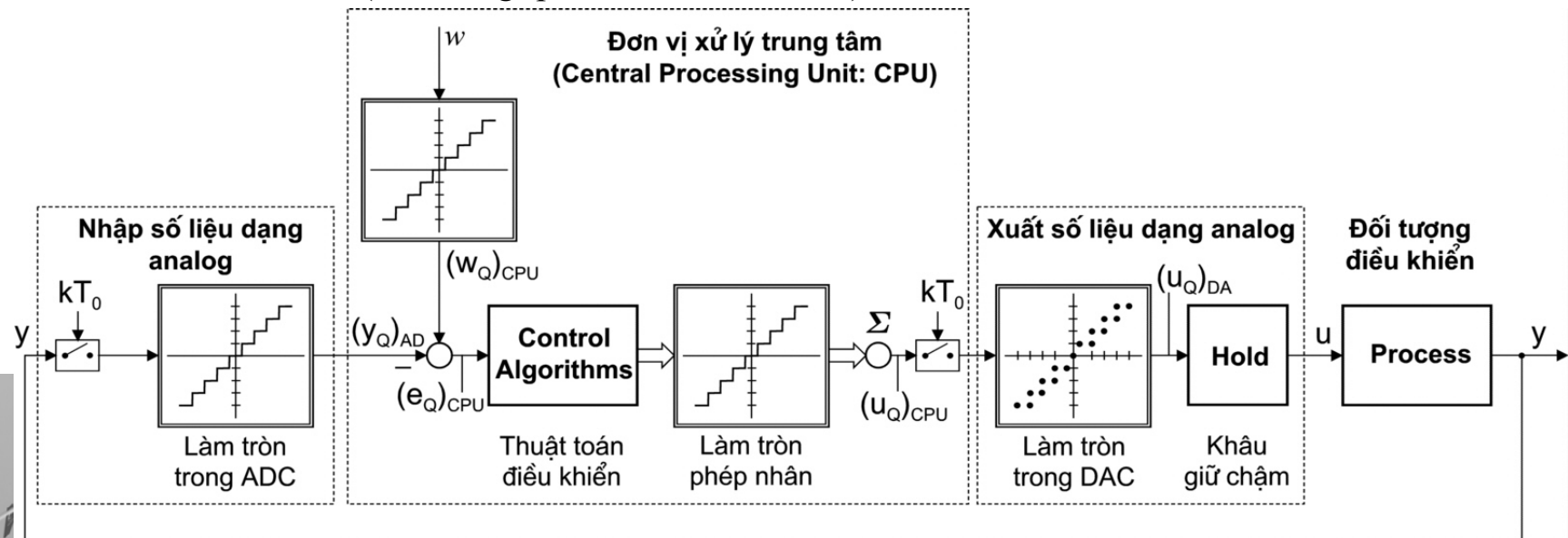
4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.1 Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa

Lượng tử hóa biên độ:

1. Có thể xuất hiện trong: khâu ADC, đơn vị xử lý trung tâm (CPU), khâu DAC.
2. Có thể gây nên: *sai lệch tĩnh*, dao động giá trị (bang-bang), đặc biệt khi *bề rộng của Word* xử lý không đủ lớn.
3. Có thể được bỏ qua đối với *chế độ tín hiệu lớn* (quá trình quá độ), nhưng khó có thể bỏ qua ở *chế độ tín hiệu nhỏ* (dao động quanh điểm làm việc)



(Chỉ số: Q = Quantization; AD = Analog to Digital; DA = Digital to Analog)

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.1 Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa

a) Nhập số liệu dạng analog: Đặc tính phi tuyến bậc thang đầu tiên ở hình thuộc trang trước

Ví dụ: Trích mẫu tín hiệu y nằm trong dải $0 \dots 10V$, sau đó số hóa nhờ khâu ADC với bề rộng word là WL (*word length*), độ phân giải Δ (*resolution*) và dải giá trị NR (*number range*) thu được.

• Dải giá trị (thập phân):

$$NR = 2^{WL} - 1$$

• Độ phân giải:

$$\Delta = \frac{1}{NR} = \frac{1}{2^{WL} - 1} \approx \frac{1}{2^{WL}}$$

Bề rộng word WL [bit]	7	8	10	12	15
Dải giá trị NR	127	255	1023	4095	32767
Độ phân giải Δ	0,00787	0,00392	0,00098	0,00024	0,00003
Độ phân giải Δ [%]	0,787	0,392	0,098	0,024	0,003

Ví dụ: Số hóa dải điện áp $10V = 10000mV$ với bề rộng từ $7 \dots 15bit$, lượng tử điện áp (độ phân giải điện áp) có thể biểu diễn được $\Delta = 78,7 \dots 0,305mV$. Nếu dải điện áp đó ứng với dải nhiệt độ $100^\circ C$, độ phân giải là $\Delta = 0,787 \dots 0,003^\circ C$.

• L là số nguyên lần lượng tử Δ đã chia điện áp y : $y_Q = L\Delta$; $L = 0, 1, 2, \dots, NR$

• Số dư $\delta_y < \Delta$ được làm tròn lên, tròn xuống, hoặc cắt bỏ: $y = y_Q + \delta_y$

• Sai số lượng tử hóa δ_y :
– Khi làm tròn: $-0,5 \leq (\delta_y / \Delta)_R \leq 0,5$

– Khi cắt bỏ: $0 \leq (\delta_y / \Delta)_C < 1$

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.1 Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa

b) Đơn vị xử lý trung tâm (Central Processing Unit): Tín hiệu $(y_Q)_{AD}$ do khâu ADC đưa tới thường được CPU xử lý với bề rộng word WL_{CPU} lớn hơn. Các thuật toán ĐK tuyến tính gồm các bước:

• *Tính sai lệch ĐC:*
$$e_Q(k) = (y_Q(k))_{AD} - w_Q(k)$$

• *Tính đáp ứng ĐC (hàm ĐK):*
$$u_Q(k) = -p_{1Q}u_Q(k-1) - \dots - p_{\mu Q}u_Q(k-\mu) \\ + r_{0Q}e_Q(k) + \dots + r_{\nu Q}e_Q(k-\nu)$$

Do bề rộng word WL_{CPU} của CPU là hữu hạn, sẽ xuất hiện sai số lượng tử hóa các giá trị sau đây:

• *Giá trị đặt (set points):* $w_Q(k)$

• *Đại lượng ĐK:* $u_Q(k-i), \quad i=1, 2, \dots$

• *Tham số ĐK:* p_{iQ}, r_{iQ}

• *Các tích số:* $p_{iQ}u_Q(k-i), r_{iQ}e_Q(k-i)$

} $i=0, 1, 2, \dots$

• *Tổng các tích số:* $u_Q(k)$

Đối với CPU *dấu phẩy tĩnh*, độ phân giải Δ được xác định như mục a). Khi là *dấu phẩy động*, nếu là CPU 16 bit, thường sử dụng nhiều words. Ví dụ: số $L = M \cdot 2^E$, được biểu diễn bởi 2 words loại 16 Bit, trong đó 7 bit cho số mũ E, 23 bit cho giá trị M. Phạm vi giá trị L sẽ là:

$$-0,8388608 \cdot 2^{-128} \leq L \leq 0,8388607 \cdot 2^{127}$$

$$-0,24651902 \cdot 10^{-39} \leq L \leq 0,14272476 \cdot 10^{39}$$

$$\Delta \approx 10^{-38}$$

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.1 Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa

c) Xuất số liệu dạng analog: Tương tự khâu nhập số liệu dạng analog, sai số lượng tử hóa của khâu xuất cũng phụ thuộc vào bề rộng word. Khâu DAC cũng gây nên một đường đặc tính phi tuyến dạng bậc thang.

d) Kết luận:

- Đã xuất hiện nhiều khâu phi tuyến trong toàn bộ vòng ĐK số. Việc khảo sát ảnh hưởng của chúng đối với vòng ĐK là cực kỳ khó khăn.
- Về cơ bản tồn tại *ba loại nguyên nhân sai số chính* sau đây:
 - *Lượng tử hóa các biến* (làm tròn số các biến ĐC và ĐK trong ADC, DAC và CPU)
 - *Lượng tử hóa các tham số* (làm tròn số các tham số ĐK)
 - *Lượng tử hóa các kết quả trung gian* của thuật toán ĐK (làm tròn số các tích)
- Đối với hệ thống ĐK số, có thể xảy ra các trường hợp sau:
 - Vòng ĐC „vẫn“ ổn định do tác động của lượng tử hóa là nhỏ. Khi bị đẩy ra khỏi trạng thái cân bằng ta có: $\lim_{k \rightarrow \infty} e(k) \approx 0$
 - Khi bị đẩy ra khỏi trạng thái cân bằng sẽ xuất hiện sai số tĩnh: $\lim_{k \rightarrow \infty} e(k) \neq 0$
 - Khi giá trị đặt luôn biến động, sẽ xuất hiện hiện tượng „*tạp âm lượng tử hóa*“, còn gọi là „*tạp âm làm tròn số*“.
 - Xuất hiện dao động dạng bang-bang với chu kỳ M: $\lim_{k \rightarrow \infty} e(k) = \lim_{k \rightarrow \infty} e(k+M) \neq 0$

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

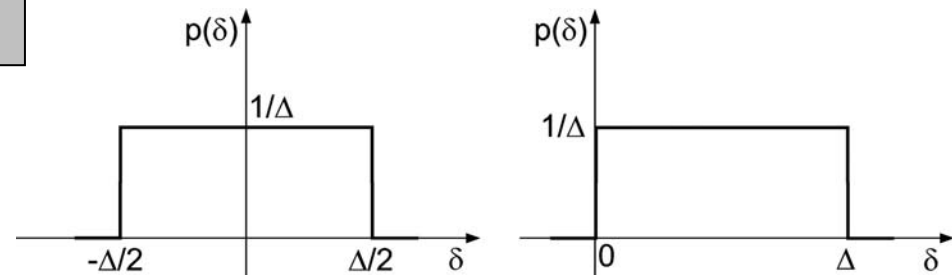
4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.2 Hiệu ứng lượng tử hóa các biến

a) Tập âm lượng tử hóa:

- Theo mục 4.1.1a): Tín hiệu digital y_Q gồm có tín hiệu analog y , xếp chồng với tạp âm δ , phân bố đều như hình bên

$$y_Q(k) = y(k) + \delta(k)$$



Mật độ phân bố sai số lượng tử hóa khi làm tròn (hình trái) và cắt bỏ (hình phải)

- Kỳ vọng của „tạp âm lượng tử hóa“: –Khi làm tròn: $E\{\delta(k)\} = \int_{-\infty}^{\infty} p(\delta)\delta d\delta = 0$

$$\text{–Khi cắt bỏ: } E\{\delta(k)\} = \Delta/2$$

- Phương sai của cả 2 trường hợp trên: $\sigma_\delta^2 = \int_{-\infty}^{\infty} [\delta - E\{\delta(k)\}]^2 p(\delta) d\delta = \Delta^2/12$

- Nhận xét: Nếu tạp âm (ồn trắng) này xuất hiện trong khâu ADC, nó sẽ có tác dụng như tín hiệu nhiễu ngẫu nhiên $n(k)$ vào đại lượng ĐC với phương sai không thể suy giảm bằng công cụ ĐC. Nhiễu sẽ gây nên các biến động của đại lượng ĐK với biên độ lớn hơn 1 lượng tử của ADC (xem ví dụ 4.1.1).

- b) Sai lệch tĩnh và dao động bang-bang: Sai lệch tĩnh và dao động do lượng tử hóa trong khâu ADC có biên độ tối thiểu 1 lượng tử Δ (xem ví dụ 4.1.2, 4.1.3). Việc giảm hệ số khuếch đại có thể góp phần khử dao động bang-bang. Để khảo sát ta thường dùng công cụ mô phỏng.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.3 Hiệu ứng lượng tử hóa các tham số

- Ảnh hưởng của tham số được làm tròn số đối với hệ thống - kể cả CPU đầu phẩy tính – là nhỏ và có thể bỏ qua, trừ trường hợp tham số quá bé (ví dụ: có kích cỡ chỉ vài lượng tử).
- Nếu cần thiết, có thể sử dụng các phương pháp phân tích độ nhạy tham số để khảo sát.

4.1.4 Hiệu ứng lượng tử hóa các kết quả tính trung gian

a) Sai lệch tĩnh và dao động bang-bang:

– Trong thuật toán ĐK, kết quả tính trung gian là tích giữa các hệ số trọng lượng (tham số ĐK) và các biến (sai lệch ĐC, hay đại lượng ĐK). Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa là: Cả các thừa số của phép nhân lẫn kết quả nhân đều bị làm tròn.

Với: Q, E là số nguyên lần lượng tử Δ đã chia
tham số q , biến e ; sai số làm tròn là δ_q, δ_e

$$q = Q\Delta + \delta_q; e = E\Delta + \delta_e$$
$$qe = QE\Delta^2 + Q\Delta\delta_e + E\Delta\delta_q + \underbrace{\delta_q\delta_e}_{\approx 0}$$

– Nếu sai số làm tròn δ_q, δ_e là độc lập về mặt thống kê và có phương sai $\sigma_\delta^2 = \Delta^2/12$, đối với sai số do làm tròn thừa số ta có: $\sigma_1^2 \approx (Q^2 + E^2)\Delta^2\sigma_\delta^2$

– Sai số do làm tròn tích số là: $\delta_{QE} = QE\Delta^2 - (QE)_q \Delta$

– Phương sai số của sai số cuối cùng là: $\sigma_{\delta_{qe}}^2 \approx [1 + \Delta^2(Q^2 + E^2)]\sigma_\delta^2 \approx [1 + q^2 + e^2]\sigma_\delta^2$

Nhận xét: Công thức phương sai cho thấy, khi q và e có kích cỡ lớn, sai số sẽ chủ yếu bị gây nên bởi việc làm tròn các thừa số của phép nhân.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.4 Hiệu ứng lượng tử hóa các kết quả tính trung gian (tiếp)

a) Sai lệch tĩnh và dao động bang-bang (tiếp): (xem ví dụ 4.1.4)

- Chú ý, việc làm tròn cho từng tích riêng rẽ, hay sau khi tính tổng tích lũy, cũng có ý nghĩa quyết định tới sai số. Ví dụ: Nếu làm tròn riêng rẽ cho thuật toán tìm hàm ĐK ở mục 4.1.1b) và sai số lượng tử của các tham số là δ_{pui} , δ_{rei} khi tính các tích $p_i u(k-i)$, $r_i e(k-i)$, sai số cuối cùng sẽ là:

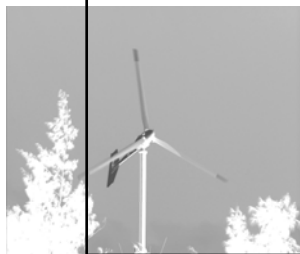
$$\delta_u(k) = -\delta_{pu1}(k-1) - \dots - \delta_{pu\mu}(k-\mu) + \delta_{re0}(k) + \dots + \delta_{rev}(k-\nu)$$

với phương sai:

$$\sigma_{\delta u}^2 = \sum_{i=1}^{\mu} \sigma_{\delta pui}^2 + \sum_{i=0}^{\nu} \sigma_{\delta rei}^2$$

Nhận xét: Phương sai sẽ *tăng theo số lượng phép nhân* của tổng tích lũy và đối với các *thuật toán ĐK bậc cao* có thể lớn hơn phương sai do lượng tử hóa trong khâu ADC gây nên.

b) Vùng chết:



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control

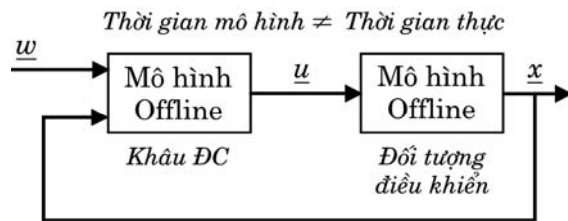


ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

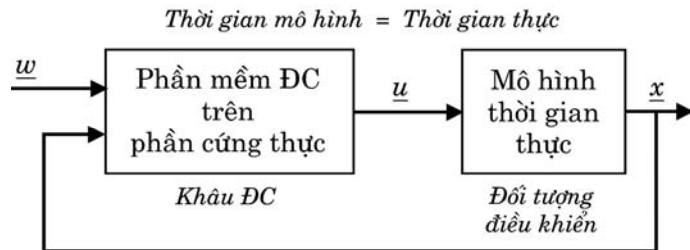
4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.1 Các phương pháp mô phỏng



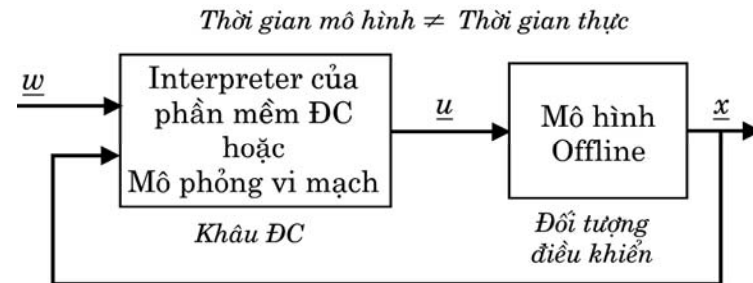
Hình 1 Nguyên lý mô phỏng Off-line

Xây dựng và tối giản mô hình đối tượng, xác định tham số của mô hình để từ đó thiết kế thuật toán ĐK. Diễn biến thời gian trên mô hình không đúng với diễn biến thực.



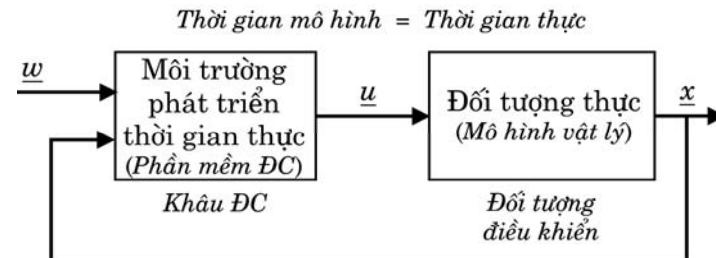
Hình 3 Nguyên lý Hardware-in-the-Loop (mô phỏng thời gian thực, real-time simulation)

Sử dụng hardware để mô phỏng vòng ĐK. RTS cho phép kiểm tra chức năng phần cứng, và giúp đánh giá khả năng của phần mềm ĐK dưới điều kiện thời gian thực. Điều này cực kỳ có ý nghĩa khi phải kiểm tra các thiết bị hỗn hợp nhiều phần tử cơ-điện tử-phần mềm (hệ thống mechatronic).



Hình 2 Nguyên lý Software-in-the-Loop

Mã nguồn ĐK (C, assembler) được thử trên mô hình Offline. Hoặc mã C chạy trực tiếp, hoặc sử dụng một phần mềm mô phỏng mạch phần cứng. Qua đó kiểm tra chức năng của thiết bị ĐK (chưa cần chế tạo) trên mô hình ĐTĐK. Ví dụ: Các chức năng của vi điều khiển (biến đổi AD, DA, điều chế bề rộng xung, cấu trúc ngắt vv...)



Hình 4 Nguyên lý Control Prototyping

Sử dụng môi trường phát triển thời gian thực, ghép với ĐTĐK thật, hay với mô hình vật lý thu nhỏ (khi đối tượng là thiết bị có công suất, kích cỡ lớn). Thử nghiệm trên thiết bị thật cho phép kiểm tra ảnh hưởng của các hiệu ứng không thể mô tả được bằng mô hình toán.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

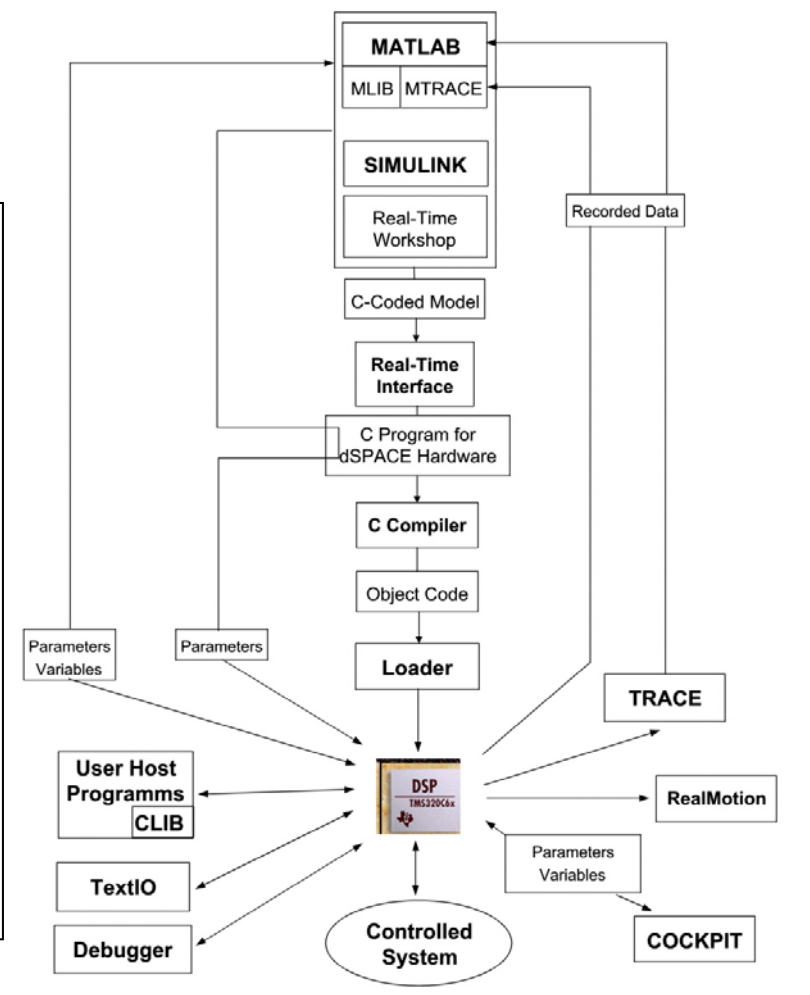
4.2.1 Các phương pháp mô phỏng (tiếp)

Mô phỏng thời gian thực dùng Card DS1102 của dSPACE

Hình bên giới thiệu ví dụ khi sử dụng môi trường thiết kế trên nền MATLAB & Simulink với phần cứng có vi xử lý tín hiệu (Digital Signal Processor: DSP) của tập đoàn Texas Instruments. Sơ đồ chỉ ra rõ ràng: kết hợp với MATLAB và các Toolbox, ta có thể tiến hành các bước:

- Bước 1*: Mô phỏng Offline để bước đầu xác định tham số của thuật toán ĐK.
- Bước 2*: Bổ sung thêm các khối xuất/nhập dữ liệu (ví dụ: các khối ADC hoặc DAC) vào sơ đồ cấu trúc vòng ĐK.
- Bước 3*: Sử dụng C-compiler tạo mã C để nạp xuống card hardware, cài xen với hệ thống phần mềm điều khiển theo ngắt.

Chú ý: Thư viện MLIB cung cấp các chức năng điều khiển phần cứng từ môi trường MATLAB (sử dụng chương trình Cockpit). Thư viện MTRACE có các chức năng giúp thu thập số liệu từ phần cứng.



4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

- Nhóm *lệnh khai báo* mô hình gián đoạn (thuộc *Control Toolbox*)

Ví dụ:

Mô hình TF:

```
>> h = tf ([1 -0.5],[1 1 -2],0.01)
```

Transfer function:

```
z - 0.5
-----
z^2 + z - 2
Sampling time: 0.01
```

Mô hình ZPK:

```
>> h = zpk (0.5,[-2 1],1,0.01)
```

Zero/pole/gain:

```
(z-0.5)
-----
(z+2) (z-1)
Sampling time: 0.01
```

a) Mô phỏng bằng các lệnh trực tiếp từ Toolbox của MATLAB:

Khai báo mô hình gián đoạn của hệ LTI

$tf(num,den,Ts)$

Hàm truyền đạt: Vector các hệ số của đa thức tử số num , mẫu số den

$zpk(z,p,k,Ts)$

Biểu đồ điểm không - điểm cực: Vector các điểm không z , điểm cực p , hệ số khuếch đại k

$ss(A,B,C,D,Ts)$

Mô hình trạng thái: Ma trận hệ thống A , đầu vào B , đầu ra C , liên thông D

$frd(answer,freq,unit,Ts)$

Mô hình dữ liệu đặc tính tần số: Đáp ứng tần số $answer$, vector tần số $freq$, $unit$ là đơn vị (thứ nguyên của tần số rad/s (mặc định) hoặc Hz (unit='Units','rad/s')

Ts

Chu kỳ trích mẫu của hệ gián đoạn không khai Ts : Mô hình *liên tục* về thời gian

$Ts = -1$

Mô hình *gián đoạn* về thời gian, chu kỳ trích mẫu chưa xác định

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

a) Mô phỏng bằng các lệnh trực tiếp từ Toolbox của MATLAB (tiếp):

•Nhóm lệnh chuyển đổi giữa hai loại mô hình gián đoạn và liên tục (thuộc Control Toolbox)

Ví dụ:

```
>> sysc = tf(1,[1 1])
```

Transfer function:

1

s + 1

```
>> sysd = c2d(sysc,2)
```

Transfer function:

0.8647

z - 0.1353

Sampling time: 2

```
>> sysdd = d2d(sysd,0.7)
```

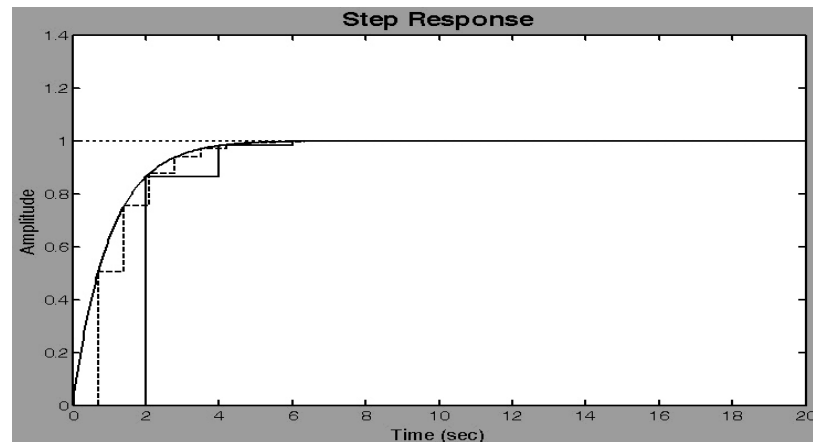
Transfer function:

0.5034

z - 0.4966

Sampling time: 0.7

```
>> step(sysc,'r-',sysd,'c-',sysdd,'g--')
```



Chuyển đổi giữa hai hệ LTI liên tục và gián đoạn

$c2d(sysc, Ts, method)$ Chuyển hệ liên tục thành hệ gián đoạn

$d2c(sysd, method)$ Chuyển hệ gián đoạn thành hệ liên tục

$d2d(sys, Ts)$ Thay đổi chu kỳ trích mẫu

$method$ Phương pháp gián đoạn hóa:

'zoh', 'foh', 'tustin',

'prewarp', 'matched'

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

a) Mô phỏng bằng các lệnh trực tiếp từ Toolbox của MATLAB (tiếp):

•Nhóm lệnh lọc số FIR (Finite Impulse Response, thuộc *Signal Processing Toolbox*)

Công thức tổng quát:

$$H(z^{-1}) = \frac{y(z^{-1})}{x(z^{-1})} = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}$$

$$= \frac{b_1 + b_2z^{-1} + b_3z^{-2} + \dots + b_{m+1}z^{-m}}{a_1 + a_2z^{-1} + a_3z^{-2} + \dots + a_{n+1}z^{-n}}$$

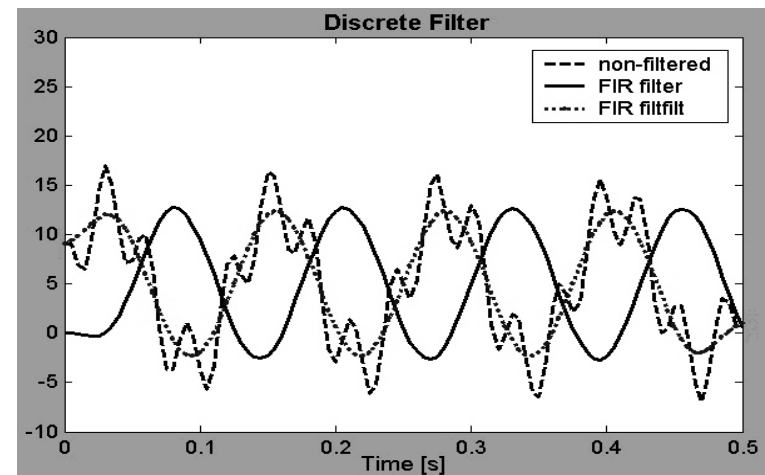
$$\rightarrow a_1y(k) = b_1x(k) + b_2x(k-1) + \dots + b_{m+1}x(k-m) - a_2y(k-1) - \dots - a_{n+1}y(k-n)$$

Bộ lọc FIR và hàm cửa sổ

<code>fir1(order, limitfrequency, window)</code>	Thiết kế bộ lọc FIR (lọc thông thấp)
<code>filter(num, den, data)</code>	Lọc số liệu
<code>filtfilt(num, den, data)</code>	Lọc số liệu có hiệu chỉnh pha
<code>freqz(num, den, points, samplingfreq)</code>	Đáp ứng tần số gián đoạn

Ví dụ:

```
% Tạo tập số liệu x có chiều dài
% length(x)=101
>> t = 0:0.005:0.5;
>> x = 5 + 8*sin(2*pi*8*t) + 4*cos(2*pi*33*t);
% Thiết kế bộ lọc FIR
>> Bw = fir1(20,0.2,hamming(20+1));
% Dùng Bw để lọc x theo 2 cách: filter
% và filtfilt
>> x_f = filter(Bw,1,x);
>> x_ff = filtfilt(Bw,1,x);
```



4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

a) Mô phỏng bằng các lệnh trực tiếp từ Toolbox của MATLAB (tiếp):

- Nhóm lệnh lọc số IIR (Infinite Impulse Response, thuộc *Signal Processing Toolbox*)

Công thức tổng quát:

$$a_1 y(k) = b_1 x(k) + b_2 x(k-1) + \dots + b_{m+1} x(k-m)$$

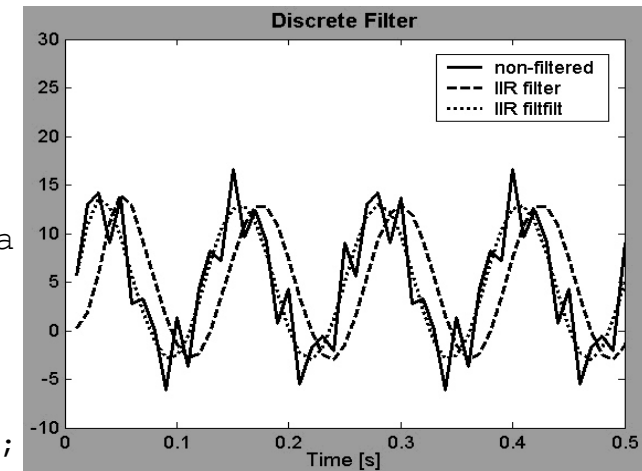
$$a_2 = \dots = a_{n+1} = 0$$

Bộ lọc IIR

<code>butter(order, limitfreq)</code>	Lọc Butterworth
<code>cheby1(order, ripple, limitfreq)</code>	Lọc Tschebyscheff Typ 1
<code>cheby2(order, ripple, limitfreq)</code>	Lọc Tschebyscheff Typ 2
<code>ellip(order, ripple, attenuation, limitfreq)</code>	Lọc Elliptic (Cauer)
<code>filter(num, den, data)</code>	Lọc số liệu
<code>filtfilt(num, den, data)</code>	Lọc số liệu có hiệu chỉnh pha
<code>freqz(num, den, points, samplingfreq)</code>	Đáp ứng tần số gián đoạn

Ví dụ:

```
>> t = 0.01:0.01:1;
>> x = 5 + 8*sin(2*pi*8*t) + 4*cos(2*pi*40*t);
>> [B,A] = butter(4,20/50);%Thiết kế bộ lọc IIR
>> x_f = filter(B,A,x); %Lọc tín hiệu x
>> x_ff = filtfilt(B,A,x); %Lọc tín hiệu x có bù pha
>> plot(t,x,'g-',t,x_f,'r-',t,x_ff,'b:');
>> axis([0 0.5 -10 30]);
>> title('Discrete Filter','FontSize',12);
>> xlabel('Time [s]','FontSize',12);
>> legend('non-filtered','IIR filter','IIR filtfilt');
```



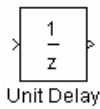
4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

b) Mô phỏng bằng sơ đồ cấu trúc của Simulink:

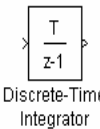
Unit Delay



Unit Delay

Khối *Unit Delay* có tác dụng trích mẫu tín hiệu vào và cất giữ giá trị thu được trong một chu kỳ trích mẫu. Vì vậy, khối có đặc điểm như một phần tử cơ bản của các hệ gián đoạn. Khối có thể được sử dụng như một khâu quá độ từ tần số trích mẫu thấp sang tần số trích mẫu cao.

Discrete-Time Integrator



Discrete-Time Integrator

Khối *Discrete-Time Integrator* (tích phân gián đoạn) về cơ bản cũng giống như khối *Integrator* (tích phân) liên tục. Bên cạnh chu kỳ trích mẫu ta còn phải chọn cho mỗi khối thuật toán tích phân (tích phân Euler tiến, tích phân Euler lùi hay tích phân hình thang). Sau khi đã chọn thuật toán tích phân, biểu tượng (*Icon*) của khối lại thay đổi tương ứng.

Discrete Filter (scalar)

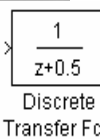


Discrete Filter

Khối *Discrete Filter* mô tả một khâu lọc số có hàm truyền đạt như bên:
$$H(z^{-1}) = \frac{y(z^{-1})}{x(z^{-1})} = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} = \frac{b_1 + b_2z^{-1} + b_3z^{-2} + \dots + b_{m+1}z^{-m}}{a_1 + a_2z^{-1} + a_3z^{-2} + \dots + a_{n+1}z^{-n}}$$

Các hệ số của đa thức tử số và mẫu số được khai báo theo trình tự số mũ của z giảm dần, bắt đầu từ hệ số của z^0 .

Discrete Transfer Function (scalar)



Discrete Transfer Fcn

Khối *Discrete Transfer Function* có đặc điểm giống khối *Discrete Filter* và được mô tả bởi hàm truyền đạt bên:

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b_1z^m + b_2z^{m-1} + b_3z^{m-2} + \dots + b_{m+1}}{a_1z^n + a_2z^{n-1} + a_3z^{n-2} + \dots + a_{n+1}}$$

Các hệ số của hai đa thức tử số và mẫu số được khai báo theo trình tự số mũ của z giảm dần, bắt đầu từ m (tử số) và n (mẫu số).

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
100
Bách Khoa
Hà Nội

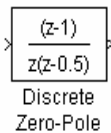
4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

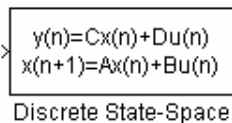
b) Mô phỏng bằng sơ đồ cấu trúc của Simulink (tiếp):

Discrete Zero-Pole (scalar)



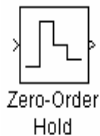
Trong khối *Discrete Zero-Pole*, thay vì phải khai báo các hệ số, ta khai báo điểm cực - điểm không của hàm truyền đạt và một hệ số khuếch đại.

Discrete State Space



Khối *Discrete State Space* mô tả một hệ thống gián đoạn bằng mô hình trạng thái. Khối có đặc điểm sử dụng giống như khối *State Space* của các hệ liên tục.

Zero-Order Hold



Khối *Zero-Order Hold* trích mẫu tín hiệu đầu vào và giữ giá trị thu được đến thời điểm trích mẫu tiếp theo. Nên sử dụng khối *Zero-Order Hold* trong các hệ trích mẫu chưa có một trong các khối gián đoạn đã được mô tả ở trên (tức là những khối có sẵn khâu giữ chậm bậc 0). Khi chọn bước tích phân cứng, có thể sử dụng khối *Zero-Order Hold* tại các vị trí chuyển từ tần số trích mẫu cao sang tần số trích mẫu thấp hơn.

Chú ý: Một hệ thống số kỹ thuật thường sử dụng *nhiều chu kỳ trích mẫu khác nhau* (gọi là *hệ có chu kỳ hỗn hợp*), và cần phải được lưu ý đặc biệt khi mô phỏng. *Hệ lai* là các hệ có chứa cả hai thành phần liên tục và gián đoạn.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

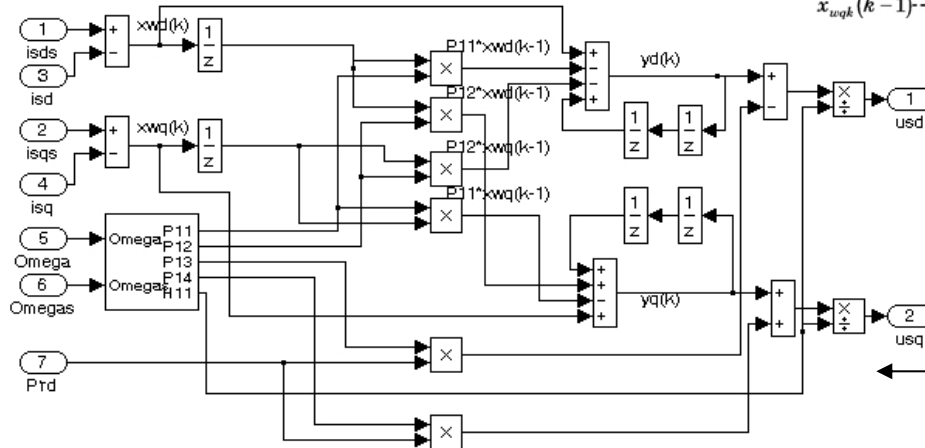
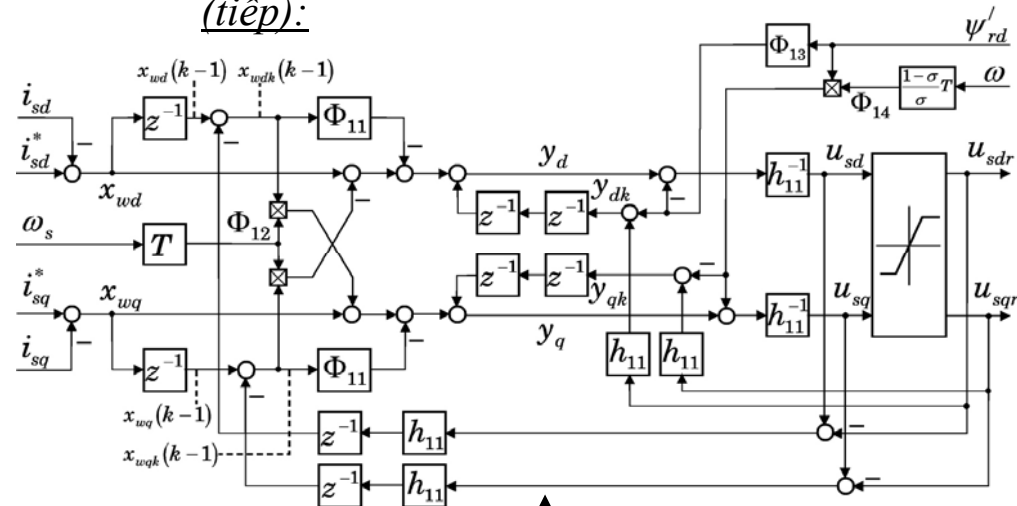
4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

Ví dụ:

Mô phỏng khâu ĐC 2 chiều (2-dimensional, khâu MIMO) dùng để ĐC vector dòng stator i_s của động cơ xoay chiều 3 pha.

b) Mô phỏng bằng sơ đồ cấu trúc của Simulink (tiếp):



Sơ đồ cấu trúc khâu ĐC digital

Sơ đồ mô hình Simulink

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

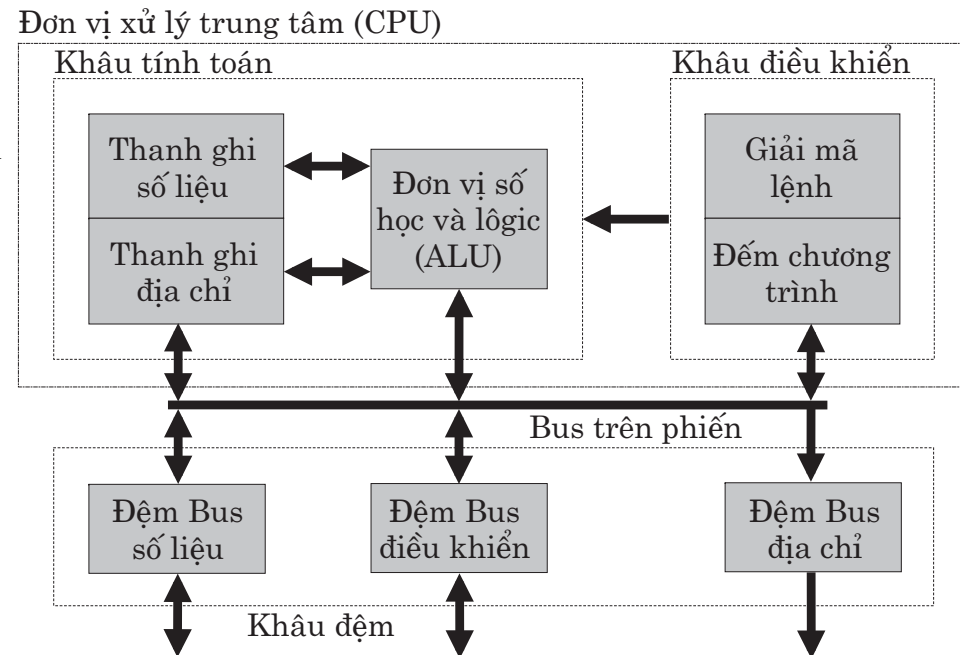
4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.1 Phân loại vi xử lý

a) Khái niệm “vi xử lý”

Chữ “vi” trong khái niệm trên có cội nguồn từ chữ “micro“, ký hiệu là “ μ “, có nghĩa là “một phần triệu” hoặc “rất nhỏ“. Vi xử lý (*Microprocessor*) có nghĩa là “bộ xử lý rất nhỏ“, ký hiệu là “ μP “.

- **Khâu tính toán:** gồm có đơn vị số học và logic (Arithmetic Logic Unit: ALU), các thanh ghi số liệu và địa chỉ.
- **Khâu điều khiển:** gồm có bộ giải mã lệnh và bộ đếm chương trình.
- **Khâu đệm:** với các bộ đệm (thường là ba trạng thái: *Tri-State*), ghép nối Bus trên phiến của μP với các Bus điều khiển, số liệu và địa chỉ nằm bên ngoài.



Hình trên: Cấu trúc bên trong của một μP

Chú ý: Để sử dụng trong các hệ thống ĐK số, μP sẽ phải được bổ sung thêm các phần tử ngoại vi, phục vụ việc nhúng (embed) μP vào môi trường thiết bị.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

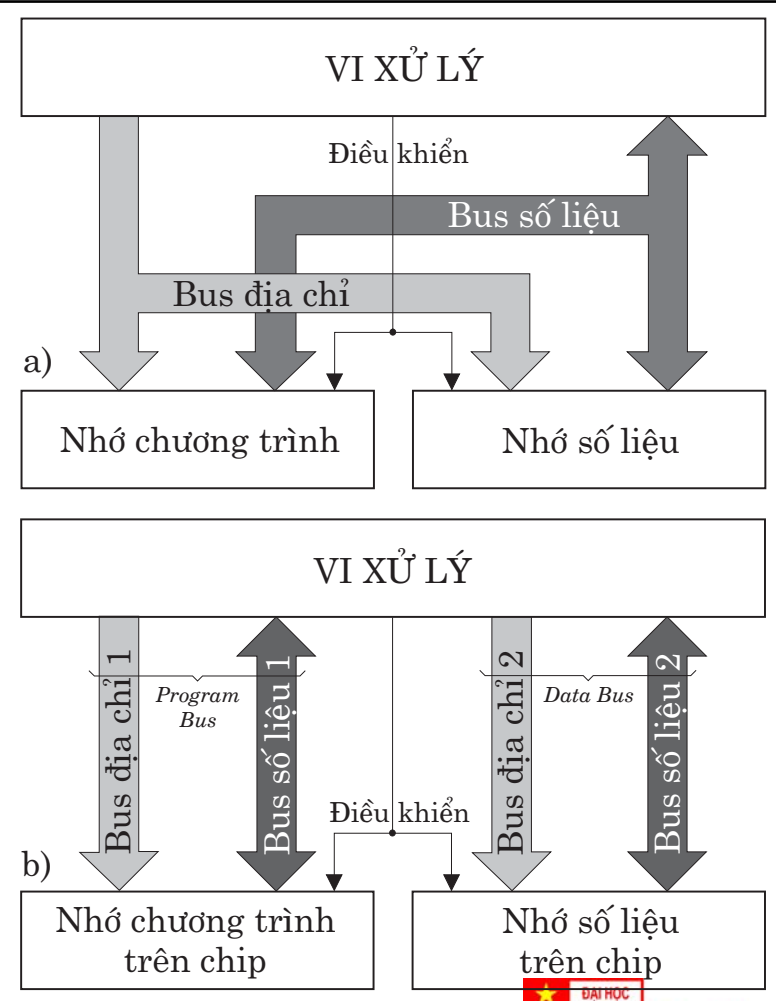
4.3.1 Phân loại vi xử lý (tiếp)

b) Khái niệm “vi xử lý tín hiệu”

Vi xử lý tín hiệu = Digital Signal Processing (DSP).
Được thiết kế để tăng tốc độ xử lý, tính tổng tích lũy:

$$\sum (a_i x_i)$$

- Bản chất DSP: là μP có thêm thanh ghi ACC (với bề rộng gấp đôi bề rộng của Bus) và bộ nhân cứng.
- Nhiều thao tác trong 1 lệnh: DSP cho phép thực hiện các thao tác (làm tròn, dịch trái/phải vv...) đó đồng thời với nhân và tích lũy chỉ trong một nhịp lệnh duy nhất.
- Cấu trúc Bus: Bus trên phiên (on-chip) được thực hiện theo cấu trúc Harvard.



Hình bên: Cấu trúc Bus **a)** kiểu Von-Neumann; **b)** kiểu Harvard

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

104

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

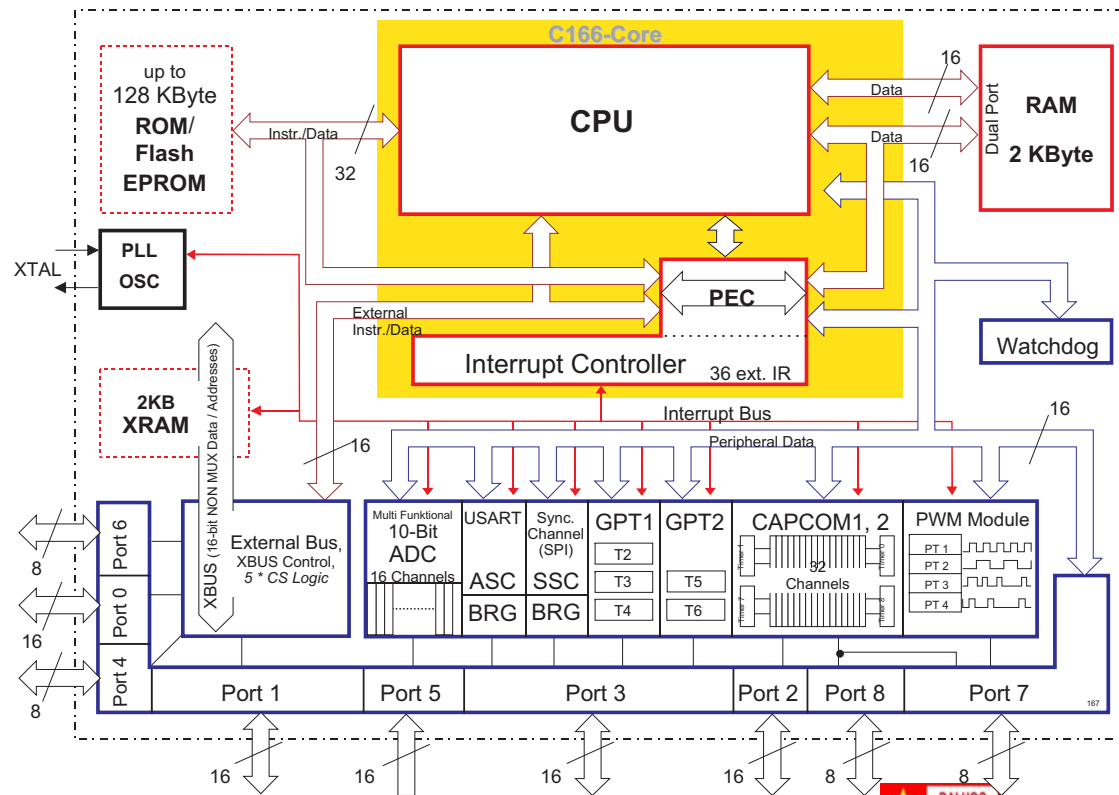
4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.1 Phân loại vi xử lý (tiếp)

c) Khái niệm “vi điều khiển”

Vi điều khiển = μ P (hoặc DSP) + ngoại vi + ngắt không cần thủ tục

Chú ý: μ C được phân biệt với μ P là do các đặc điểm:
a) có thêm các phần tử ngoại vi cơ bản trên chip (peripherals on-chip) và **b)** có cơ chế ngắt không cần thủ tục ngắt. Điều này cho phép nâng cao tốc độ tính toán, tăng độ tin cậy, đồng thời giảm giá thành của hệ thống.



Hình bên: Cấu trúc chi tiết của μ C 16 Bit loại SAB C167 (Siemens)

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
 Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
 105
 Bách Khoa
 Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.1 Phân loại vi xử lý (tiếp)

d) Khái niệm “DSP Controller”

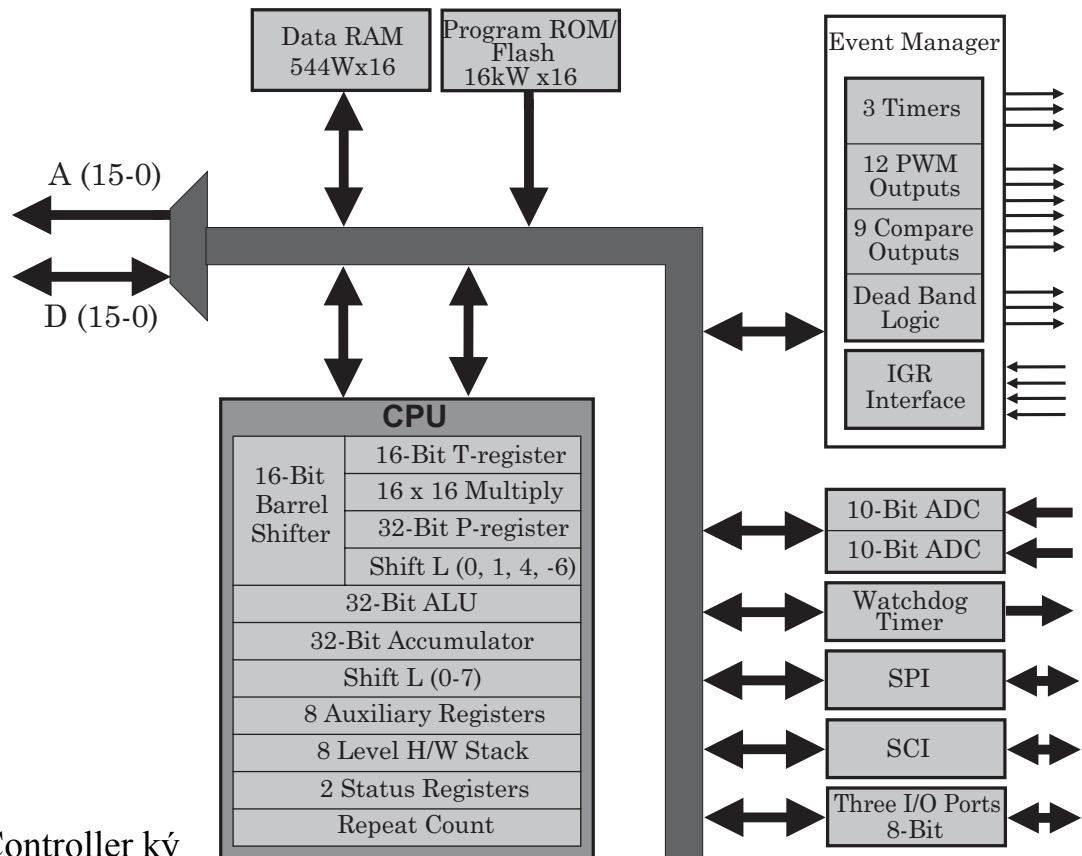
Cách định nghĩa μC như ta đã nêu ở mục 4.3.1c cũng có thể được áp dụng đối với DSP.

Thay vì viết công thức:

$\mu C = \mu P + \text{ngoại vi}$
+ ngắt không cần thủ tục

ta viết:

$\mu C = \text{DSP} + \text{ngoại vi}$
+ ngắt không cần thủ tục
= DSP Controller

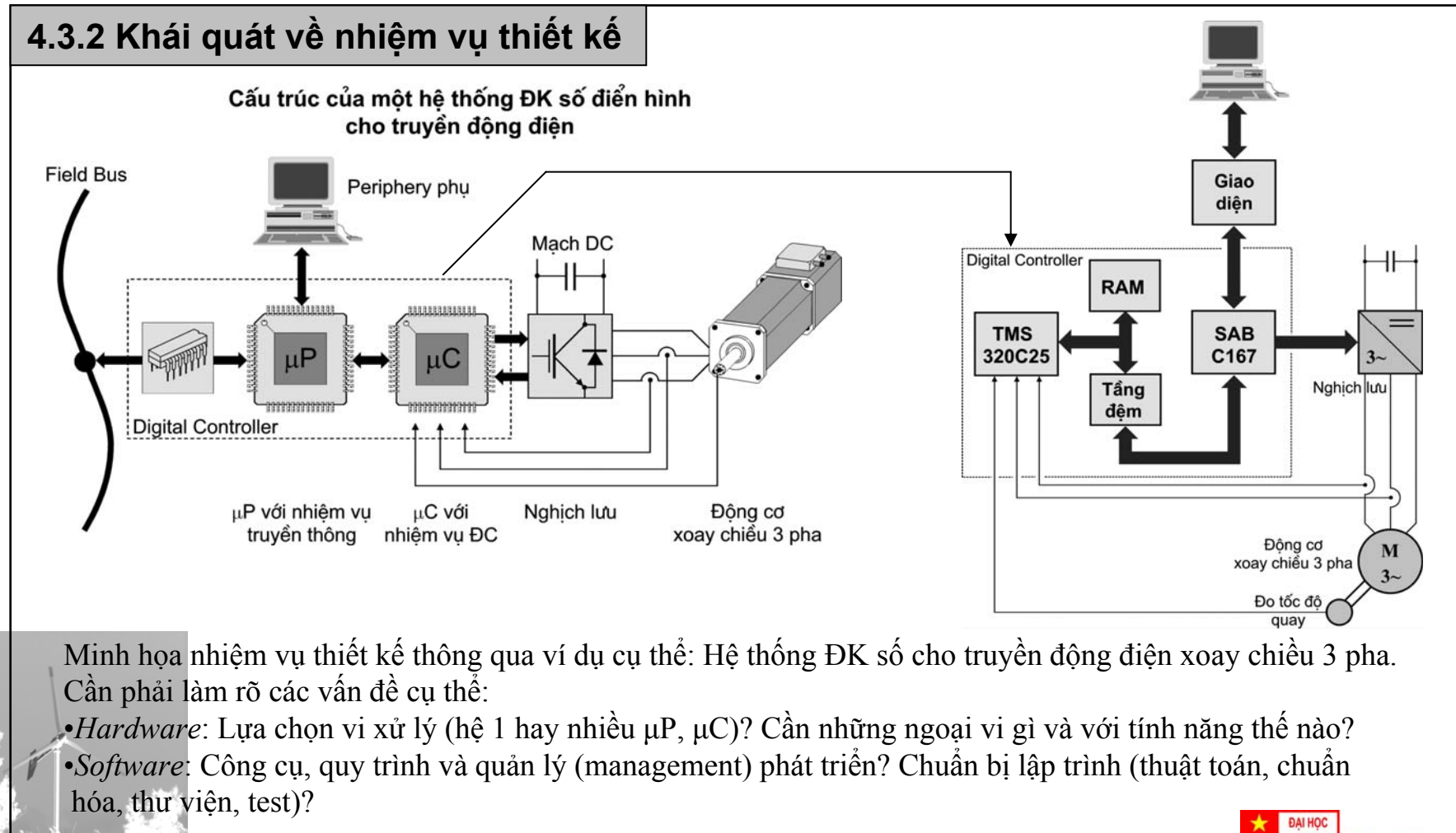


Hình bên: Sơ đồ khối của DSP Controller ký hiệu TMS 320C/F240 (Texas Instruments)

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.2 Khái quát về nhiệm vụ thiết kế



Minh họa nhiệm vụ thiết kế thông qua ví dụ cụ thể: Hệ thống ĐK số cho truyền động điện xoay chiều 3 pha. Cần phải làm rõ các vấn đề cụ thể:

- *Hardware*: Lựa chọn vi xử lý (hệ 1 hay nhiều μP , μC)? Cần những ngoại vi gì và với tính năng thế nào?
- *Software*: Công cụ, quy trình và quản lý (management) phát triển? Chuẩn bị lập trình (thuật toán, chuẩn hóa, thư viện, test)?

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

107

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.3 Hardware: Yêu cầu đối với vi xử lý

- Chọn *hệ 1 vi xử lý (Single Processor System)* khi Hardware chỉ phải thực hiện các bài toán ĐK. Nhiệm vụ truyền thông với môi trường xung quanh ở mức rất hạn chế.
- Chọn *hệ 2 vi xử lý (Double Processor System)* khi Hardware không chỉ phải thực hiện các thuật toán thời gian thực mà còn phải cho phép tích hợp vào một môi trường công nghệ tự động (ví dụ: nhờ Field Bus, ĐK qua giao diện vv...) phức hợp.
- Vi xử lý/các vi xử lý cần phải có *khả năng đảm đương các nhiệm vụ của ngoại vi* (ví dụ: ADC, điều chế, đo tốc độ quay vv...) tới mức tối đa. Vì vậy, nếu là hệ 2 vi xử lý thì 1 sẽ phải được chọn là μC .

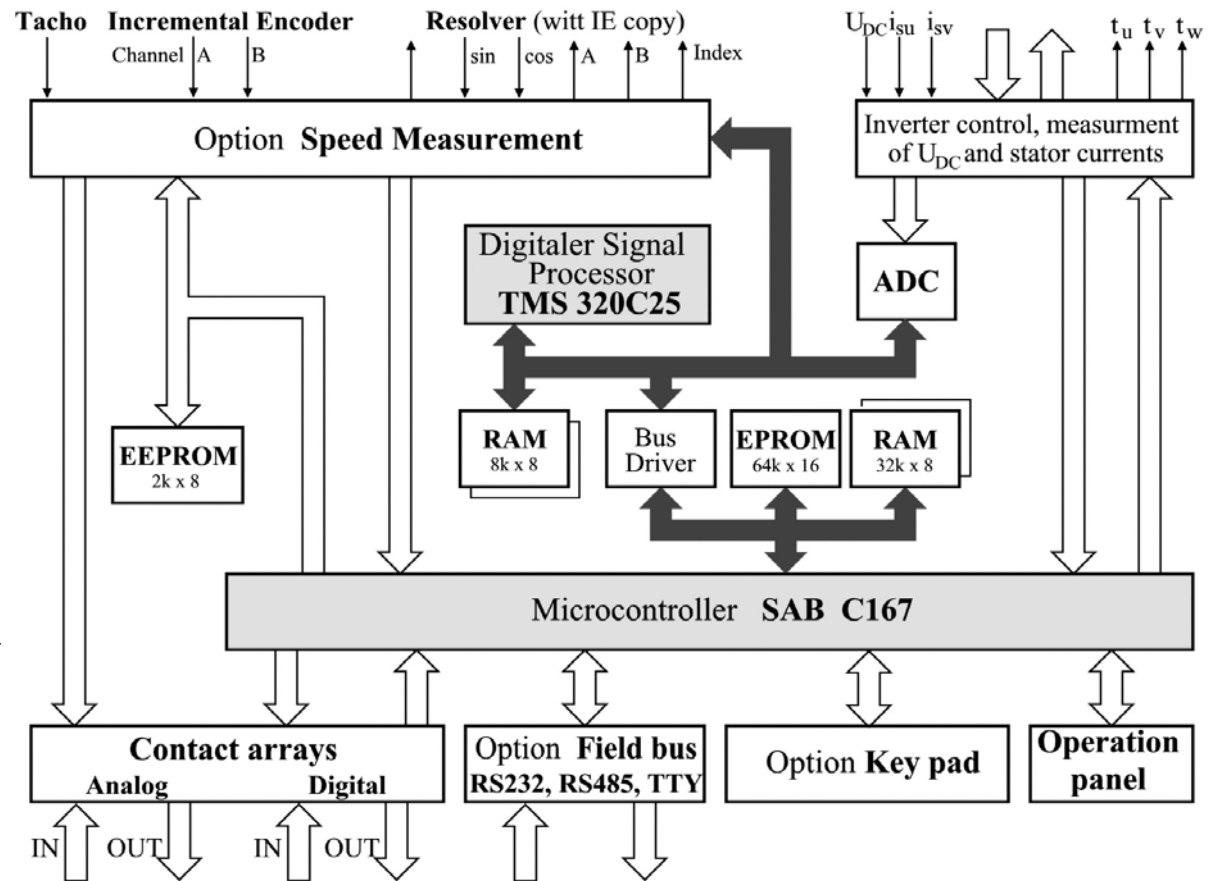
4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.3 Hardware: Yêu cầu đối với vi xử lý (tiếp)

Ví dụ về một hệ 2 vi xử lý, bao gồm DSP loại TMS 320C25 (Texas Instruments) và μ C loại SAB C167 (Siemens).

- Tập dụng *khả năng tính toán của DSP* để thực hiện các thuật toán thời gian thực phức hợp.
- Tập dụng *ngoại vi phong phú của μ C* để ghép với môi trường công nghệ.



21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
109
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.4 Hardware: Yêu cầu đối với ngoại vi (trên cơ sở ví dụ ở mục 4.3.2)

- Phải có đơn vị *PWM (Puls Width Modulation)* với độ phân giải thời gian bé nhất (ví dụ: 50ns của SAB C167, TMS 320C/F240) phục vụ điều chế vector điện áp.
- *Đo dòng stator* với độ phân giải 10...12bit. Đối với truyền động chất lượng cao phải là 12bit-ADC với tốc độ biến đổi $<10\mu\text{s}$.
- *Đo tốc độ quay* bằng IE cần có các thanh ghi CAP/COM. Đo bằng Resolver thường phải có mạch phụ bên ngoài.
- *Đo điện áp* U_{DC} bằng 10-12bit-ADC.
- Mạch phụ để *ghép Field Bus*.
- *Mạch theo dõi/bảo vệ* mạch điện tử công suất và động cơ.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

a) Các bước chuẩn bị viết Software

- Tập hợp tất cả các công thức cần tính (các thuật toán) cùng với các tham số của đối tượng công nghệ (ví dụ: số liệu động cơ).
- Chuẩn hóa các công thức cần tính, xác định kích cỡ của dữ liệu (bề rộng word) cũng như độ chính xác của dữ liệu (số bits sau dấu phẩy).
- Mô tả chu trình tính bằng lưu đồ thuật toán (flow chart).
- Xác định chương trình chính, chương trình con và chương trình ngắt (chương trình con theo mảnh thời gian hay theo mức ưu tiên khác nhau).
- Xác định các module thư viện.

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

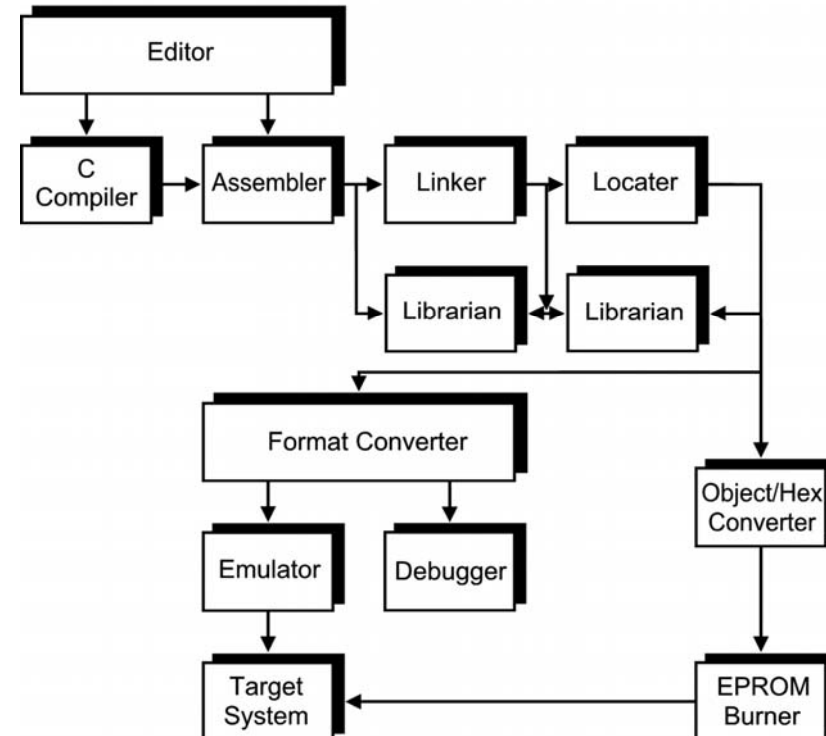
4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

b) Chuẩn bị công cụ phát triển
(môi trường phát triển)

- *Editor*: Trình soạn thảo mã nguồn
- *C Compiler*: Trình biên dịch mã nguồn C
- *Assembler*: Trình thông dịch hợp ngữ
- *Linker, Locater*: Hai trình ghép, định vị các modules. Đôi khi là 1 trình với 2 options khác nhau.
- *Librarian*: Trình quản lý thư viện
- *Format Converter*: Trình đảo định dạng
- *Object/Hex Converter*: Trình đảo mã chạy/mã hexa
- *Debugger*: Trình gỡ rối
- *Emulator*: Thiết bị mô phỏng chip
- *Target System*: Hardware
- *EPROM Burner*: Máy nạp EPROM

Cần nhắc lựa chọn công cụ phát triển (Intelligent Concept of the Development Environment)



4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

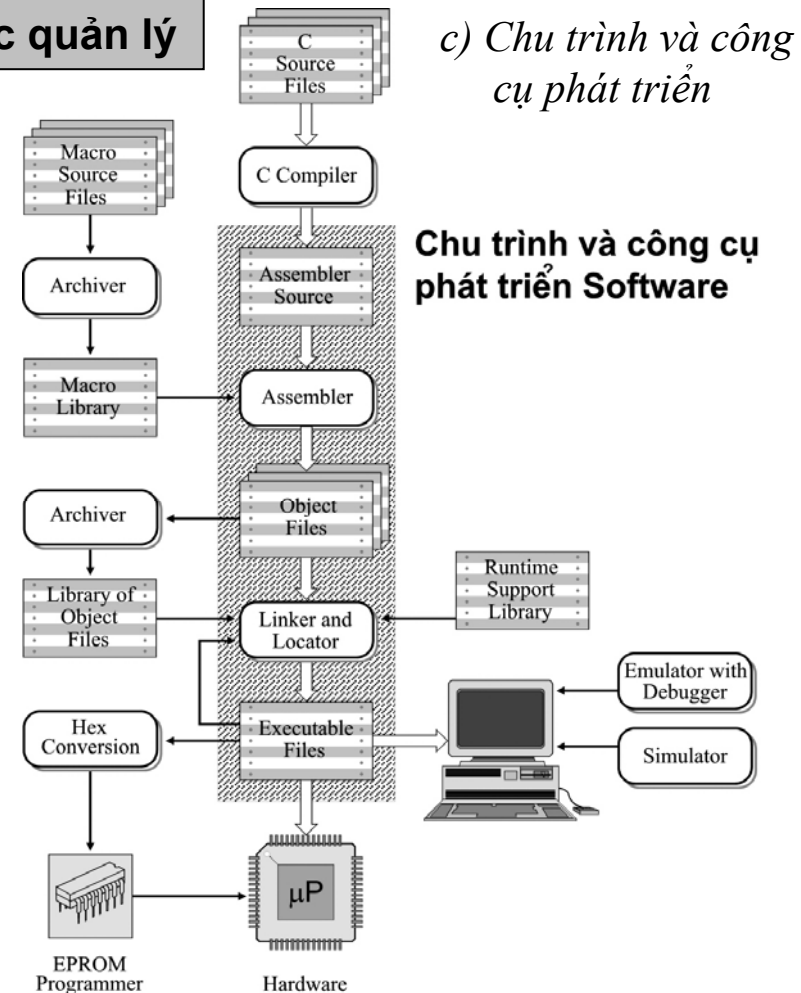
4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

Mục tiêu cần đạt:

- Đạt tính năng theo yêu cầu của bài toán
- Cấu trúc rõ ràng, dễ hiểu
- Dễ bảo dưỡng, cập nhật, nâng cấp
- Dễ sử dụng lặp lại

Biện pháp nhằm đạt mục tiêu:

- Định nghĩa rõ ràng giao diện giữa các modules
- Lập trình bằng ngôn ngữ bậc cao (chủ yếu là C)
- Cấu trúc thư mục và modules rõ ràng
- Sử dụng Make Files trong quá trình tạo Code



4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

d) Các nguyên tắc thực hiện

1) Các bước phát triển

- Xây dựng *danh mục yêu cầu* đối với Software (theo nhu cầu của thị trường)
- Khẳng định *khả năng đáp ứng danh mục yêu cầu*
- Phân tích phương án, *phân tích hệ thống trên cơ sở Hardware* đã thiết kế
- *Xác định các modules* phần mềm cần soạn thảo
- *Soạn thảo các modules* cụ thể
- *Thử nghiệm riêng rẽ* từng module (Test Programs, Debugger, Emulator, Hardware-in-the-Loop-Test)
- *Thử nghiệm tổng thể* trên thiết bị

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

d) Các nguyên tắc thực hiện (tiếp)

2) Quản lý Files và ký hiệu

- Cấu trúc thư mục trên PC: Source Files, .obj Files, vv...
- Tên Files: mang ý nghĩa dễ hiểu
- Tên ký hiệu, tên biến: mang ý nghĩa dễ hiểu, khai báo tập trung để dễ quản lý (tránh lãng phí bộ nhớ, tăng tốc độ)

3) Quản lý và tạo phiên bản

4) Cấu trúc của từng module

- Tên module
- Lịch sử của module
- Mô tả module
- Giao diện với bên ngoài module
- Giao diện với bên trong module
- Chức năng của module

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
115
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý *d) Các nguyên tắc thực hiện (tiếp)*

5) Con đường từ thuật toán (Algorithms) tới phần mềm (Software)

- Tập hợp tất cả các phương trình cần tính (thuật toán) và các tham số của đối tượng ĐK.
- Chuyển tất cả phương trình và tham số sang dạng không có thứ nguyên (Normalizing, chuẩn hóa).
- Khi sử dụng μP , μC hay DSP dấu phẩy tĩnh: Xác định các hệ số trượt (Scaling) đối với tham số và biến. Không thực hiện động tác này đối với dấu phẩy động.
- Xây dựng lưu đồ (Flowchart).
- Phân thành chương trình mẹ, chương trình con hay thủ tục ngắt (Interrupt Routines).
- Xác định thư viện.

21 August 2011

Hon.-Prof. Prof. Dr.-Ing. habil. Nguyễn Phùng Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội
116

Điều khiển số (Digital Control Systems)

Phần A:

Môn học truyền đạt các kiến thức phục vụ phân tích, thiết kế các hệ thống điều khiển tự động sử dụng vi xử lý (μP , μC , DSP).

Phần A bao gồm các nội dung thuộc chương trình dành cho Đại học.

(Version 5, 8/2009)



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

Điều khiển số

Chương 1: Mô hình tín hiệu và hệ thống

1. Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số
2. Mô hình tín hiệu trên miền ảnh z
3. Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

Chương 2: Điều khiển có phản hồi đầu ra

1. Xét ổn định của hệ thống số
2. Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục
3. Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn
4. Một số dạng mở rộng



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa²
Hà Nội

Điều khiển số

Chương 3: Điều khiển có phản hồi trạng thái

1. Ôn lại các kiến thức cơ sở
2. Mô hình trạng thái gián đoạn
3. Tính ĐK được, QS được và các dạng chuẩn
4. Cấu trúc cơ bản của hệ thống ĐK số trên không gian trạng thái
5. Một số dạng mở rộng

Chương 4: Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

1. Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ
2. Thiết kế hệ thống bằng máy tính (MATLAB)
3. Thiết kế hệ thống vi điều khiển

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa³
Hà Nội

Điều khiển số

Tài liệu tham khảo:

- [1] Isermann R.: *Digitale Regelsysteme*. Bd. I und II, Springer-Verlag, 2. Auflage, 1987-1988
- [2] Franklin G.F., Powell J.D., Workman M.L.: *Digital Control of Dynamic Systems*. Addison Wesley, 2nd 1994
- [3] Quang Ng.Ph.: *MATLAB & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*. Nhà xuất bản KH&KT, 2004
- [4] Quang Ng.Ph., Dittrich A.-J.: *Vector Control of Three-Phase AC Machines*. Springer, Berlin – Heidelberg, 2008

Chú ý: Giáo trình này sử dụng để dạy các lớp đại học với thời lượng 45 tiết, bao gồm lý thuyết và ví dụ. Với các lớp 60 tiết, sẽ dạy giống như lớp 45 tiết nhưng có thêm bài tập lớn 12-15 tiết.



18 August 2009

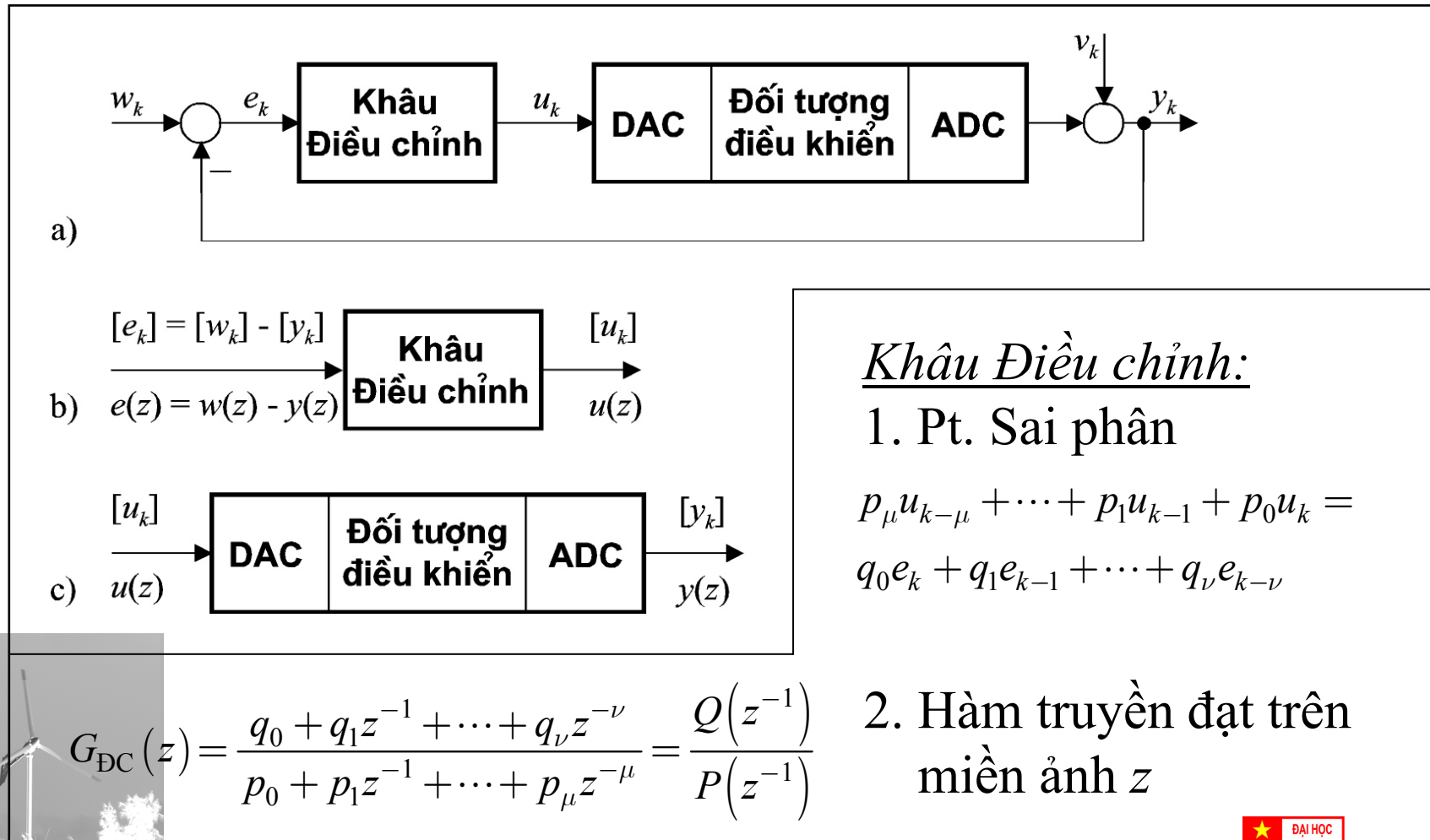
Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.1 Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
 Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
 Bách Khoa
 Hà Nội

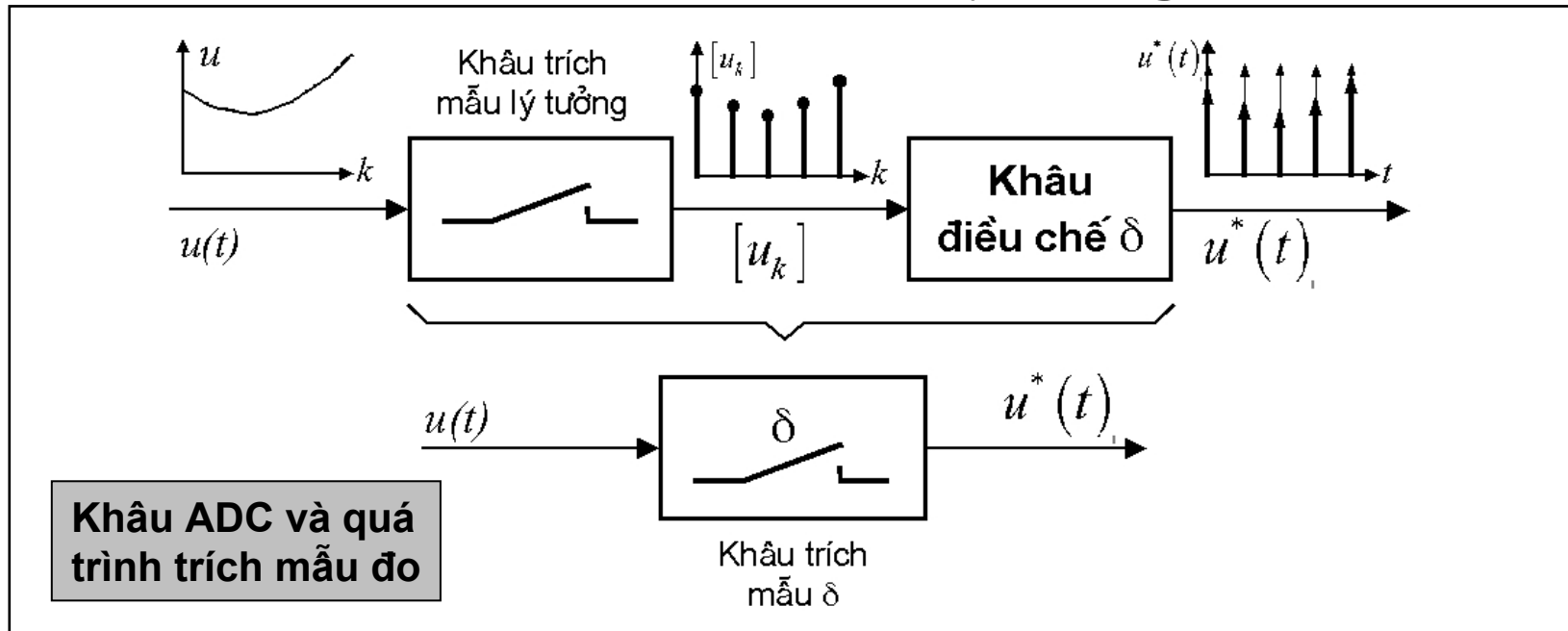
1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.1 Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số

- Khâu ĐC: sử dụng *vi xử lý* (microprocessor: μP), *vi điều khiển* (microcontroller: μC) hoặc *vi xử lý tín hiệu* (digital signal processor: DSP)
- Khâu DAC: có thể không tồn tại một cách tường minh, mà ẩn dưới dạng thiết bị có chức năng DA. Ví dụ: *khâu điều chế vector điện áp* (khi điều khiển digital động cơ ba pha)
- Khâu ADC: thường sử dụng khi đo đạc giá trị thực của đại lượng ra (ví dụ: đo dòng). Đôi khi tồn tại dưới dạng khác như: đo tốc độ quay bằng IE

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.1 Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số



Khâu ADC và quá trình trích mẫu đo

Sau khi trích mẫu (lý tưởng) bằng ADC ta thu được chuỗi giá trị số:

$$[u(k)] = [u(0), u(1), u(2), \dots] \text{ hay}$$

$$[u_k] = [u_0, u_1, u_2, \dots]$$

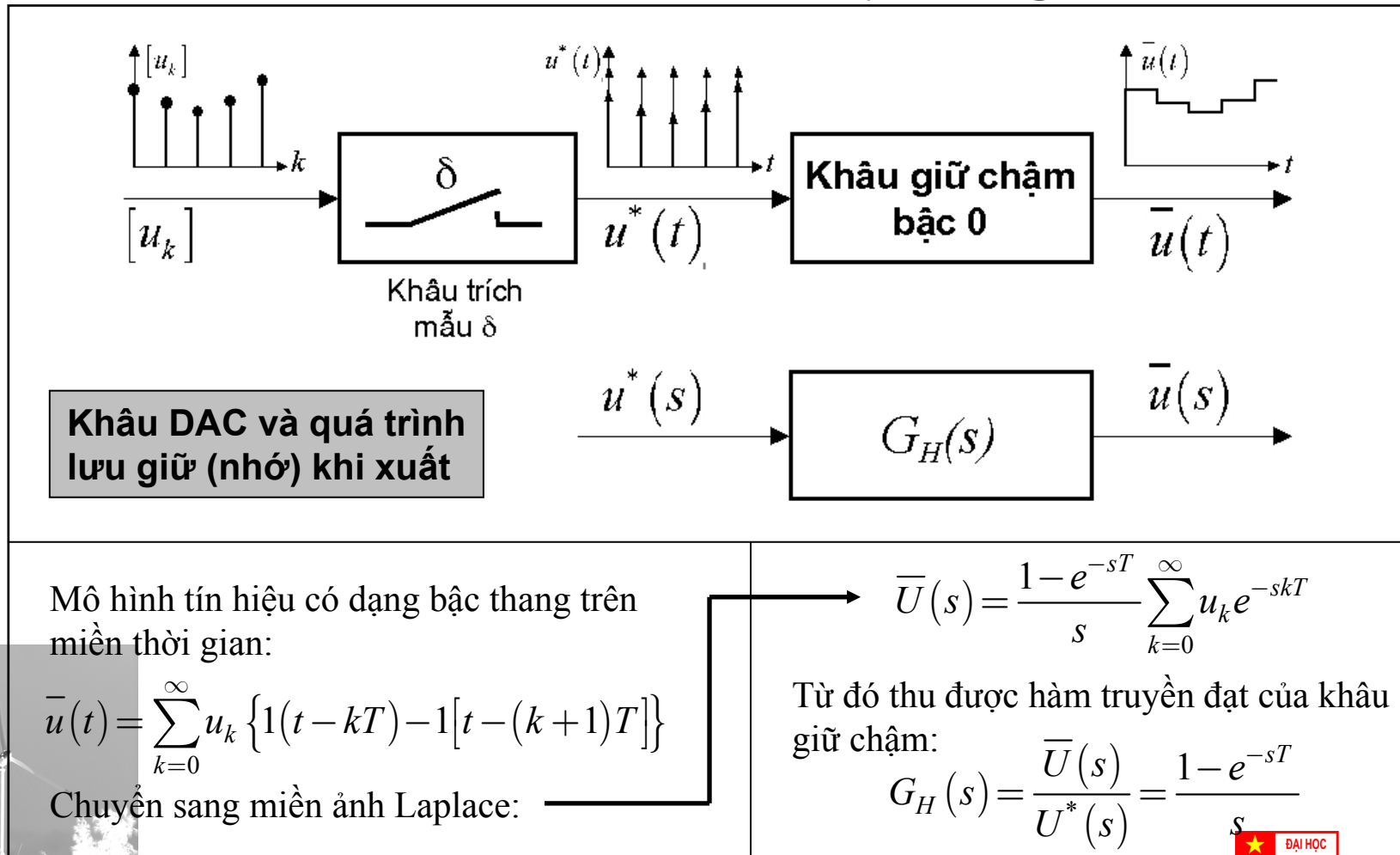
Để khảo sát tín hiệu gián đoạn bằng công cụ Laplace (hay phân tích phổ), đồng thời tạo điều kiện mô tả hỗn hợp với các khâu liên tục, ta nhân chuỗi với hàm $\delta(t)$ và thu được dãy xung:

$$u^*(t) = \sum_{k=0}^{\infty} [u(kT)\delta(t - kT)]$$

$$= u(t) \sum_{k=0}^{\infty} \delta(t - kT)$$

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.1 Cấu trúc cơ sở của hệ thống ĐK số



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



**Đại học
Bách Khoa
Hà Nội**

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.2 Mô hình tín hiệu trên miền ảnh z

Chuyển phương trình mô tả dãy xung $u^*(t)$ sang miền ảnh Laplace:

$$u^*(t) = \sum_{k=0}^{\infty} [u(kT) \delta(t - kT)] \Rightarrow U^*(s) = \sum_{k=0}^{\infty} [u_k e^{-skT}]$$

Thay: $z = e^{sT}$ ta thu được: $U^*(s) \Big|_{e^{sT}=z} = U(z) = \sum_{k=0}^{\infty} [u_k z^{-k}]$

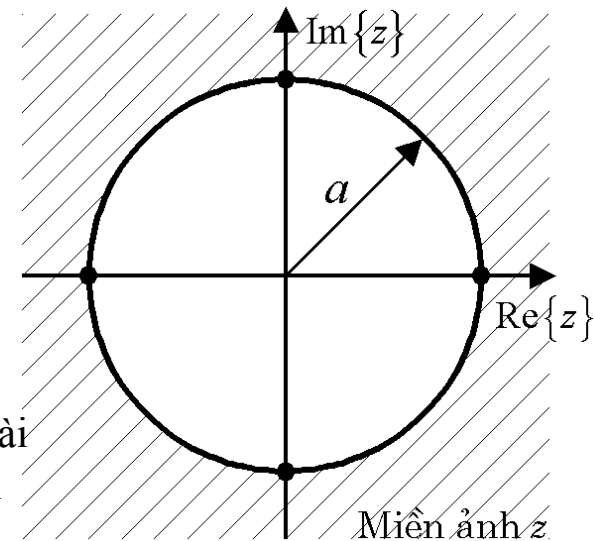
Ví dụ: Một tín hiệu gián đoạn về thời gian cho trước bởi

$$u_k = \begin{cases} 0 & k < 0 \\ a^k & k \geq 0 \end{cases}$$

Ảnh z của tín hiệu kể trên:

$$U(z) = \sum_{k=0}^{\infty} (a^k z^{-k}) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{a}{z}\right)^k$$

Chuỗi trên chỉ hội tụ khi $|a/z| < 1$, tức là ở vùng phía ngoài đường tròn có bán kính $a \rightarrow$ vai trò quan trọng của T đối với ổn định của hệ thống.



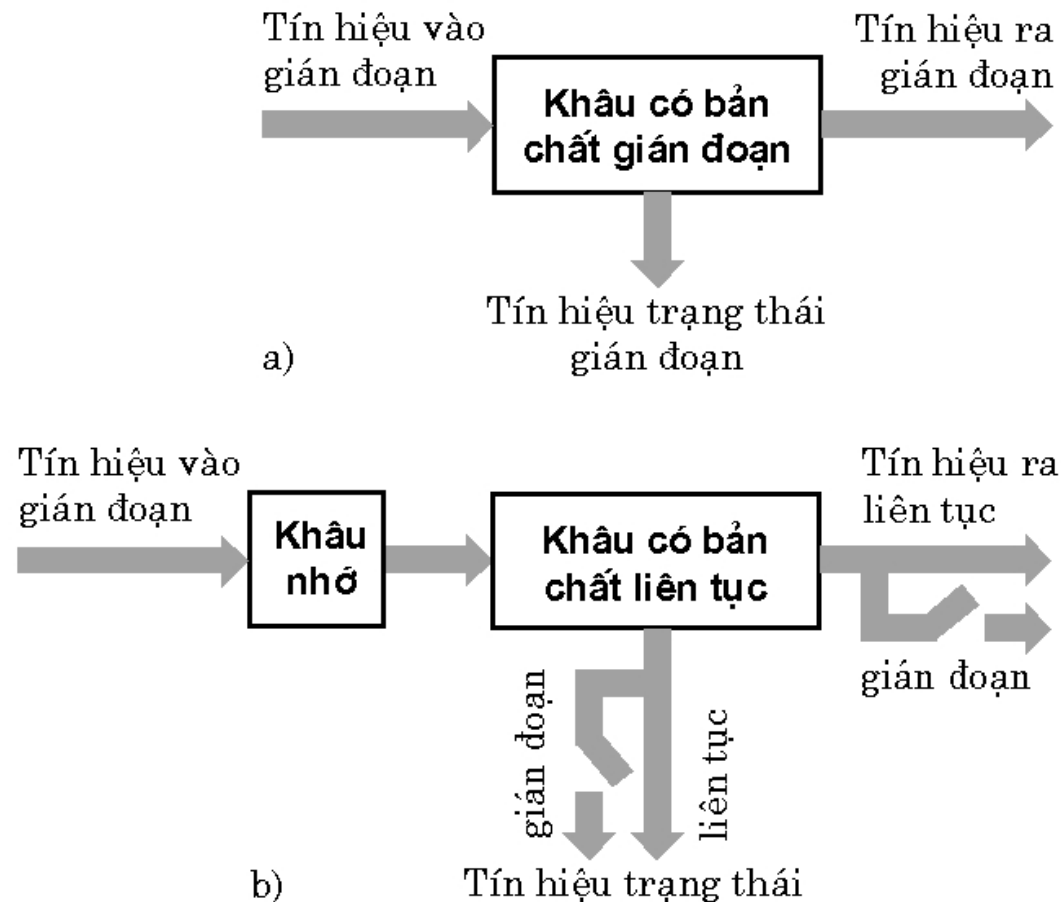
1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

Hệ thống ĐK số bao gồm 2 loại khâu cơ bản:

1. *Khâu có bản chất gián đoạn*: Các tín hiệu vào/ra/trạng thái đều gián đoạn về thời gian và về mức. Khâu mô tả các *thiết bị ĐK digital*.

2. *Khâu có bản chất liên tục*: Mô tả *đối tượng điều khiển*. Khi gián đoạn hóa sẽ đưa đến mô hình như hình bên. Việc gián đoạn hóa xuất phát từ mô hình trạng thái liên tục của đối tượng.



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

Quy luật tính toán (được gọi là thuật toán) xác định đặc tính truyền đạt của khâu.



a) Mô tả bằng phương trình sai phân

*Sai phân bậc nhất:

Sai phân tiến: $\Delta u_k = u_{k+1} - u_k$

Sai phân lùi: $\Delta u_k = u_k - u_{k-1}$

*Sai phân bậc 2: $\Delta^2 u_k = \Delta u_{k+1} - \Delta u_k$
 $= u_{k+2} - 2u_{k+1} + u_k$

*Sai phân bậc n:

$$\Delta^n u_k = \Delta^{n-1} u_{k+1} - \Delta^{n-1} u_k$$

$$= \sum_{\nu=0}^n \left[(-1)^\nu \binom{n}{\nu} u_{k+n-\nu} \right]$$

Một phương trình sai phân có ít nhất 2 giá trị u_{k+n} và u_k được gọi là phương trình sai phân bậc n.

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

a) Mô tả bằng phương trình sai phân

*Pt. sai phân bậc n sử dụng sai phân tiến:

$$a_0 x_{k+n} + \dots + a_{n-1} x_{k+1} + a_n x_k = b_0 u_{k+m} + \dots + b_{m-1} u_{k+1} + b_m u_k$$

*Pt. sai phân bậc n sử dụng sai phân lùi:

$$a_0 x_k + a_1 x_{k-1} + \dots + a_n x_{k-n} = b_0 u_k + b_1 u_{k-1} + \dots + b_m u_{k-m}$$

Giải pt. sai phân bằng *phương pháp tính truy hồi* (recursive method)

Giả sử ta xuất phát từ pt. sai phân lùi với $a_0=1$

$$x_k = b_0 u_k + b_1 u_{k-1} + \dots + b_m u_{k-m} - a_1 x_{k-1} - a_2 x_{k-2} - \dots - a_n x_{k-n}$$

Quá trình tính x_k được bắt đầu từ $k=0$, lần lượt nâng thêm 1:

$$k = 0 \Rightarrow x_0 = b_0 u_0$$

$$k = 1 \Rightarrow x_1 = b_0 u_1 + b_1 u_0 - a_1 x_0$$

⋮

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

12

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

a) Mô tả bằng phương trình sai phân

Giải pt. sai phân *trên miền ảnh z*

* Bước 1: Chuyển đồng thời 2 vế của pt. sai phân sang miền ảnh z:

$$Z \{ a_0 x_{k+n} + \dots + a_{n-1} x_{k+1} + a_n x_k \} = Z \{ b_0 u_{k+m} + \dots + b_{m-1} u_{k+1} + b_m u_k \}$$

* Bước 2: Giả thiết các giá trị ban đầu $x_0, x_1, \dots, u_0, u_1, \dots$ bằng 0, ta có:

$$X(z) = \frac{b_0 z^m + b_1 z^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + \dots + a_n} U(z)$$

* Bước 3: Áp dụng biến đổi ngược để tìm x_k

Chú ý: Có thể giải pt. sai phân trên miền ảnh z, xuất phát từ pt. sai phân tiền hoặc lùi, kết quả thu được bao giờ cũng là duy nhất.

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

b) Mô tả bằng hàm truyền đạt trên miền ảnh z

Với: $X(z) = Z\{x_k\}; U(z) = Z\{u_k\}$

là ảnh z của chuỗi giá trị (tín hiệu digital) đầu ra / đầu vào, ta sẽ có hàm truyền đạt sau:

$$G(z) = \frac{X(z)}{U(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}}; \quad m = n$$

Tương tự hệ liên tục, hàm truyền đạt $G(z)$ có thể được coi là ảnh z của hàm trọng lượng gián đoạn $[g_k]$ (chuỗi trọng lượng). Vậy:

$$g_k = Z^{-1}\{G(z)\} \Rightarrow x_k = \sum_{i=0}^k g_{k-i} u_i$$

Chú ý: Trên cơ sở các phương trình vector sai phân, có thể mô tả khâu truyền đạt gián đoạn nhiều chiều tuyến tính bởi:

$$\mathbf{X}(z) = \mathbf{G}(z) \mathbf{U}(z)$$

Trong đó $\mathbf{G}(z)$ là ma trận truyền đạt gián đoạn.

Ví dụ: $G(z) = \frac{X(z)}{U(z)} = \frac{1}{4} \frac{1 - z^{-4}}{1 - z^{-1}}$

$$\Rightarrow g_k = \frac{1}{4} Z^{-1} \left\{ \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z-1} z^{-4} \right\} = \frac{1}{4} (1^k - 1^{k-4})$$

$$\Rightarrow [g_k] = \left(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 0, 0, \dots \right)$$

Khi $u^k = 1^k$ ta có:

$$\begin{aligned} x_k &= g_k + g_{k-1} + g_{k-2} + \dots + g_1 + g_0 \\ x_0 &= g_0 = 0,25 \\ x_1 &= g_1 + g_0 = 0,5 \\ x_2 &= g_2 + g_1 + g_0 = 0,75 \\ x_3 &= g_3 + g_2 + g_1 + g_0 = 1 \\ x_4 &= g_4 + g_3 + g_2 + g_1 + g_0 = 1 \\ &\vdots \quad \dots \quad \vdots \end{aligned}$$

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.1 Mô hình khâu có bản chất gián đoạn

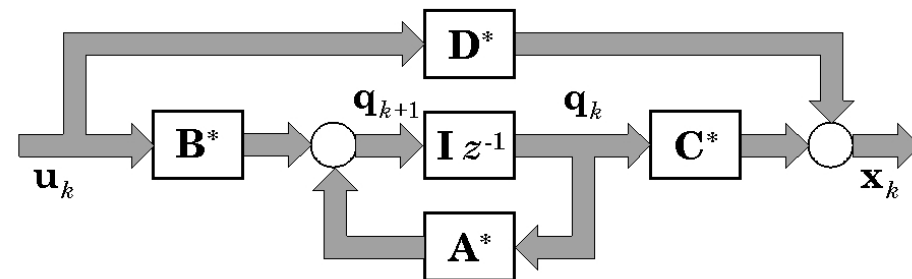
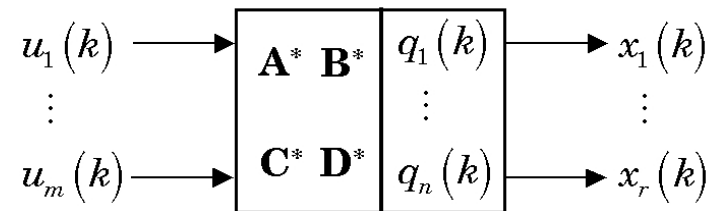
c) Mô tả bằng mô hình trạng thái gián đoạn

Hệ MIMO:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \mathbf{A}^* \mathbf{q}_k + \mathbf{B}^* \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C}^* \mathbf{q}_k + \mathbf{D}^* \mathbf{u}_k \end{cases}$$

Hệ SISO:

$$\begin{cases} q_{k+1} = A^* q_k + b^* u_k \\ x_k = c^* q_k + d^* u_k \end{cases}$$



- Mô hình thu được từ phương trình sai phân, hay hàm truyền đạt (trên miền ảnh z) mô tả thuật toán mà khâu thực hiện (thuật toán ĐC, lọc số vv...).
- Có thể thực hiện biến đổi sang các dạng chuẩn tắc (chuẩn ĐK, chuẩn QS) thông dụng để mô tả hoặc tính toán.

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

a) Đặc điểm của quá trình nhớ (xem trang 7)

Dạng bậc thang của tín hiệu vào do quá trình nhớ tạo nên. Trên miền ảnh Laplace có dạng:

$$\bar{U}(s) = \underbrace{\frac{1-e^{-sT}}{s}}_{G_H(s)} \underbrace{\sum_{k=0}^{\infty} u_k e^{-skT}}_{U^*(s)} \longrightarrow G_H(s) = \frac{\bar{U}(s)}{U^*(s)} = \frac{1-e^{-sT}}{s}$$



Kết luận: Khi xét ĐTĐK không bao giờ được phép quên khâu giữ chậm (đặc trưng cho quá trình nhớ)

b) Mô tả bằng hàm truyền đạt

$$X(s) = \bar{G}(s) U^*(s)$$

Với $X(s)$ là ảnh Laplace của biến ra, $U^*(s)$ là ảnh Laplace của chuỗi xung đầu vào

Gọi ảnh Laplace của đáp ứng bước nhảy đơn vị (của hàm quá độ $h(t)$) là $H(s)$ ta có:

$$\begin{aligned} \bar{G}(s) &= H(s) - e^{-sT} H(s) = (1 - e^{-sT}) H(s) \\ &= \frac{1 - e^{-sT}}{s} G(s) = G_H(s) G(s) \end{aligned}$$

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

b) Mô tả bằng hàm truyền đạt trên miền ảnh z

$$X(z) = \bar{G}(z)U(z)$$

Với $\bar{G}(z)$ được tính theo một trong hai cách mô tả ở hình bên

Ví dụ: Đối tượng ĐK là một khâu quán tính bậc nhất. Theo cách đi thuộc nhánh bên trái:

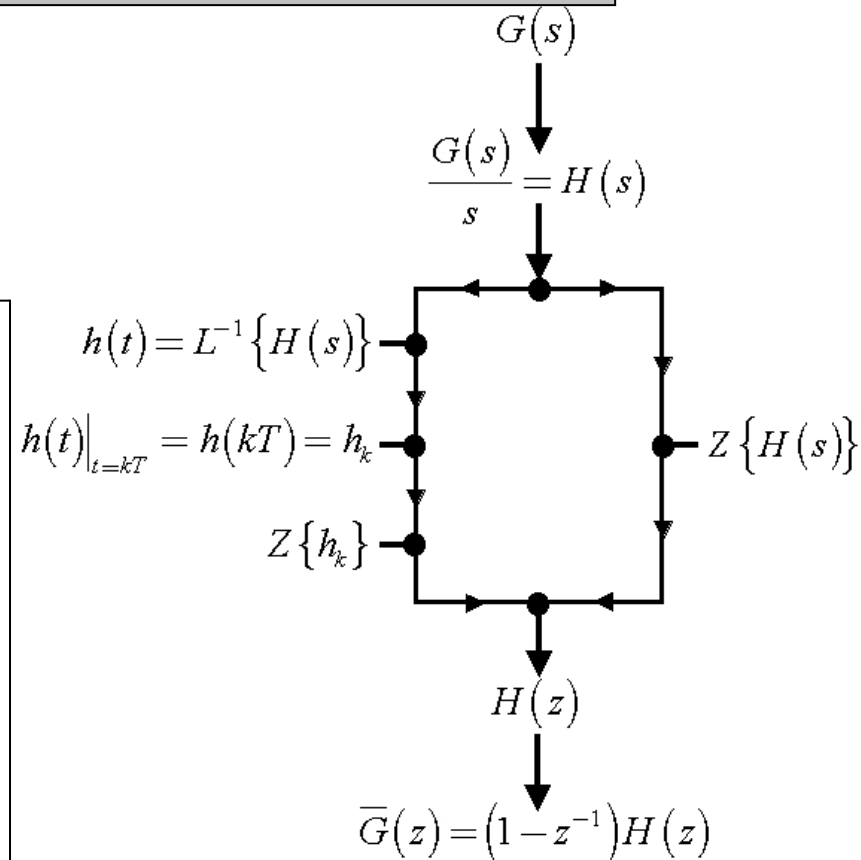
$$G(s) = \frac{1}{1+sT_1} \Rightarrow H(s) = \frac{1}{s(1+sT_1)} \Rightarrow h(t) = (1-e^{-t/T_1})1(t)$$

*Chuỗi sau gián đoạn hóa: $h_k = 1^{kT} - e^{-kT/T_1}$

*Chuyển sang ảnh z: $H(z) = \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z-e^{-T/T_1}}$

*Hàm truyền đạt của đối tượng trên miền ảnh z:

$$\begin{aligned} \bar{G}(z) &= 1 - \frac{z-1}{z-e^{-T/T_1}} \\ &= \frac{1-e^{-T/T_1}}{z-e^{-T/T_1}} \end{aligned}$$



1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

b) Mô tả bằng hàm truyền đạt trên miền ảnh z

Lưu ý, khi hàm truyền đạt có dạng phân thức hữu tỷ sẽ có khả năng tách thành các phân thức tối giản như sau: $G(s) = \frac{B(s)}{A(s)} \Rightarrow H(s) = \frac{B(s)}{s A(s)}$

a) $H(s)$ có các cực s_ν bất kỳ, khác nhau: $Z\left\{\frac{1}{s-s_\nu}\right\} = \frac{z}{z-e^{s_\nu T}}$

b) $H(s)$ có cực s_ν lặp lại m lần: $Z\left\{\frac{1}{(s-s_\nu)^m}\right\} = \frac{1}{(m-1)!} \frac{\partial^{m-1}}{\partial s_\nu^{m-1}} \frac{z}{z-e^{s_\nu T}}$

Tiếp tục ví dụ trang trước bằng cách đi theo nhánh bên phải:

*Tách $H(s)$ thành các phân thức tối giản: $H(s) = \frac{1/T_1}{s(s+1/T_1)} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s+1/T_1}$

*Tìm $H(z)$ nhờ tìm ảnh của các phân thức tối giản: $Z\{H(s)\} = H(z) = \frac{z}{z-1} - \frac{z}{z-e^{-T/T_1}}$

*Hàm truyền đạt của đối tượng trên miền ảnh z: $\bar{G}(z) = \frac{1-e^{-T/T_1}}{z-e^{-T/T_1}}$

1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

c) Mô tả bằng mô hình trạng thái gián đoạn

• Cho trước đối tượng MIMO:

$$\dot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{A} \mathbf{q}(t) + \mathbf{B} \mathbf{u}(t)$$

• Nghiệm tổng quát với $t > t_0$ và $\Phi(t) = e^{\mathbf{A}t}$:

$$\mathbf{q}(t) = e^{\mathbf{A}(t-t_0)} \mathbf{q}(t_0) + \int_{t_0}^t e^{\mathbf{A}(t-\tau)} \mathbf{B} \mathbf{u}(\tau) d\tau$$

$$= \Phi(t-t_0) \mathbf{q}(t_0) + \mathbf{H}(t-t_0) \mathbf{u}(t_0) \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

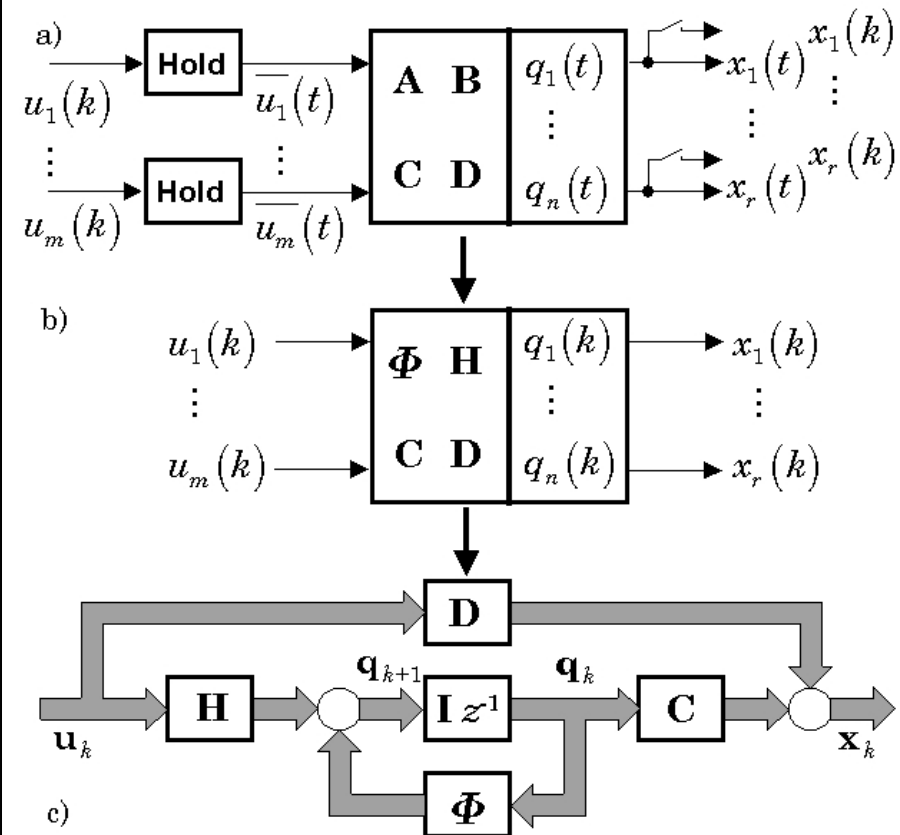
• Với $t_0 = t_k$ và chọn $t = t_{k+1}$ ta có:

$$\mathbf{q}(t_{k+1}) = \Phi\left(\frac{t_{k+1} - t_k}{T}\right) \mathbf{q}(t_k) + \mathbf{H}\left(\frac{t_{k+1} - t_k}{T}\right) \mathbf{u}(t_k)$$

$$\mathbf{q}_{k+1} = \Phi(T) \mathbf{q}_k + \mathbf{H}(T) \mathbf{u}_k$$

• Với: $\mathbf{H}(T) = \mathbf{A}^{-1} [\Phi(T) - \mathbf{I}] \mathbf{B}$

Ưu điểm: Dễ dàng tìm được mô hình gián đoạn của các đối tượng MIMO



1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.2 Mô hình khâu có bản chất liên tục và tín hiệu vào dạng bậc thang

d) Quan hệ giữa mô hình trạng thái và mô hình truyền đạt

• Mô hình đầy đủ của đối tượng MIMO có dạng:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi(T)\mathbf{q}_k + \mathbf{H}(T)\mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C}\mathbf{q}_k + \mathbf{D}\mathbf{u}_k \end{cases} \quad \text{với phương trình đặc tính: } \det[z\mathbf{I} - \Phi] = 0$$

• Ma trận truyền đạt $\mathbf{G}(z)$ trên miền ảnh z của đối tượng MIMO:

$$\mathbf{x}(z) = \mathbf{G}(z)\mathbf{u}(z) \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{G}(z) = \mathbf{C}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]^{-1}\mathbf{H}(T) + \mathbf{D} \\ = \mathbf{C} \frac{\text{adj}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]}{\det[z\mathbf{I} - \Phi(T)]} \mathbf{H}(T) + \mathbf{D} \end{cases} \xrightarrow[\text{quán tính}]{\text{Khâu}} \begin{cases} \mathbf{G}(z) = \mathbf{C}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]^{-1}\mathbf{H}(T) \\ = \mathbf{C} \frac{\text{adj}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]}{\det[z\mathbf{I} - \Phi(T)]} \mathbf{H}(T) \end{cases}$$

• Hàm truyền đạt $G(z)$ trên miền ảnh z của đối tượng SISO:

$$G(z) = \frac{x(z)}{u(z)} \Rightarrow \begin{cases} G(z) = \mathbf{c}^T [z\mathbf{I} - \Phi(T)]^{-1} \mathbf{h}(T) + d \\ = \mathbf{c}^T \frac{\text{adj}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]}{\det[z\mathbf{I} - \Phi(T)]} \mathbf{h}(T) + d \end{cases} \xrightarrow[\text{quán tính}]{\text{Khâu}} \begin{cases} G(z) = \mathbf{c}^T [z\mathbf{I} - \Phi(T)]^{-1} \mathbf{h}(T) \\ = \mathbf{c}^T \frac{\text{adj}[z\mathbf{I} - \Phi(T)]}{\det[z\mathbf{I} - \Phi(T)]} \mathbf{h}(T) \end{cases}$$

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control

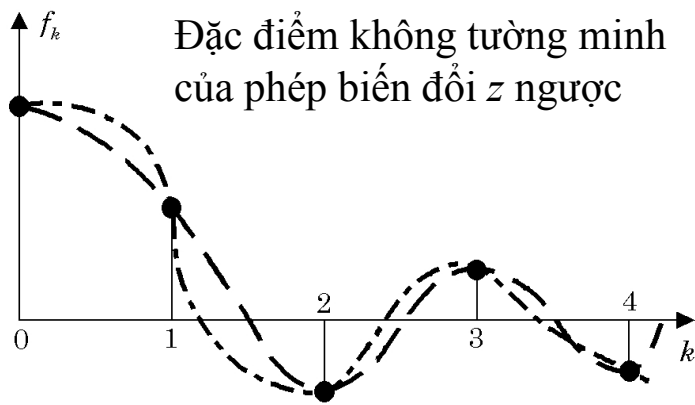


ĐẠI HỌC
20
Bách Khoa
Hà Nội

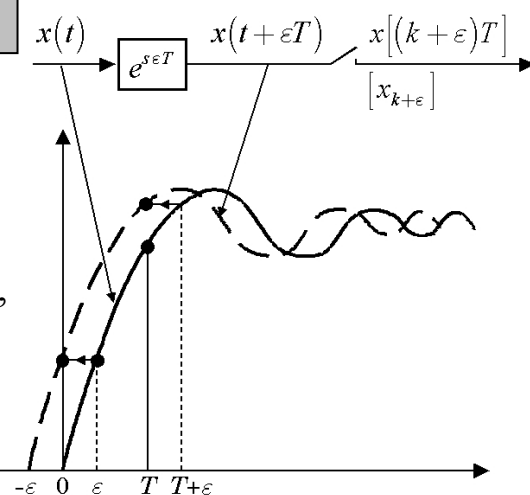
1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.3 Mô tả hệ trong khoảng giữa hai thời điểm trích mẫu



Giữa 2 thời điểm trích mẫu:
 $t = (k + \varepsilon)T; 0 \leq \varepsilon \leq 1$
 Chọn số lượng ε đủ lớn, ta có thể mô tả $x(t)$ bởi:
 $[x((k + \varepsilon)T)] \Leftrightarrow [x_{k+\varepsilon}]$



Biến đổi z mở rộng

$$Z\{x_{k+\varepsilon}\} = X(z, \varepsilon) = \sum_{k=0}^{\infty} [x_{k+\varepsilon} z^{-k}]$$

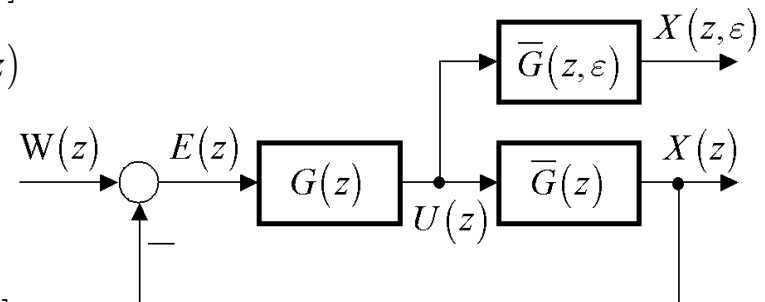
$$= \bar{G}(z, \varepsilon) U(z)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, 0 \leq \varepsilon \leq 1$$

Hai trường hợp đặc biệt có thể dùng để kiểm tra:

$$\varepsilon = 0 \Rightarrow X(z, 0) = Z\{x_k\} = X(z)$$

$$\varepsilon = 1 \Rightarrow X(z, 1) = Z\{x_{k+1}\} = z[X(z) - x_0]$$



1. Mô hình tín hiệu và hệ thống

1.3 Mô hình hệ thống trên miền ảnh z

1.3.4 Mô tả hệ gián đoạn có trễ (tín hiệu vào dạng bậc thang)

Hệ với thời gian trễ T_d (Dead-Time): $T_d = \left(d - \varepsilon_d\right)T$; $d = 1, 2, \dots$; $0 \leq \varepsilon_d < 1$ được mô tả bởi:

$$x_k = \sum_{i=0}^{\infty} \left[\bar{g}_{(k-d+\varepsilon_d)-i} u_i \right]$$

Áp dụng các kiến thức về biến đổi z mở rộng và nguyên lý tịnh tiến của ảnh z, ta thu được hàm truyền đạt $G_d(z)$ sau:

$$G_d(z) = Z \left\{ \bar{g}_{k-d+\varepsilon_d} \right\} = z^{-d} \bar{G}(z, \varepsilon_d)$$

Khi T_d là số nguyên lần của T :

1) T_d xuất hiện ở đầu vào:

$$\mathbf{q}_{k+1} = \Phi(T) \mathbf{q}_k + \mathbf{h}(T) \mathbf{u}_{k-d}$$

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{c}^T \mathbf{q}_k$$

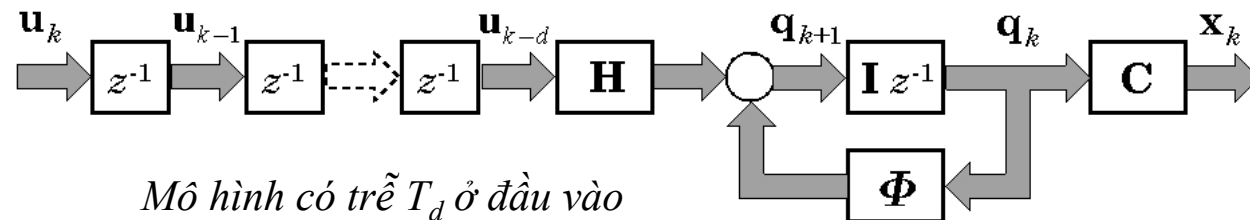
2) T_d xuất hiện ở đầu ra:

$$\mathbf{q}_{k+1} = \Phi(T) \mathbf{q}_k + \mathbf{h}(T) \mathbf{u}_k$$

$$\mathbf{x}_{k+d} = \mathbf{c}^T \mathbf{q}_k$$

3) Trong cả hai trường hợp: Bậc của Φ nâng lên thành $(n+d) \times (n+d)$

Khi T_d là số nguyên lần của T , chỉ cần bù xung z^{-d} . Khi T_d không là số nguyên lần của T , sử dụng ε_d (thay vì ε) để tìm ảnh z mở rộng. Trong cả 2 trường hợp, sẽ xuất hiện điểm cực lặp lại d lần tại gốc tọa độ.



2. ĐK có hồi tiếp đại lượng ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.1 Ổn định truyền đạt

• Hệ SISO: $G(z) = \mathbf{c}^T \frac{\text{adj}(z\mathbf{I} - \Phi)}{\det(z\mathbf{I} - \Phi)} \mathbf{h} + d$

• Hệ MIMO: $\mathbf{G}(z) = \mathbf{C} \frac{\text{adj}(z\mathbf{I} - \Phi)}{\det(z\mathbf{I} - \Phi)} \mathbf{H} + \mathbf{D}$

Về cơ bản, khi hệ có quán tính ($d = 0, \mathbf{D} = \mathbf{0}$), hai cấu trúc đều có dạng phân thức như sau:

$$\frac{B(z)}{\det(z\mathbf{I} - \Phi)} = \frac{B(z)}{(z - z_1)(z - z_2) \cdots (z - z_n)} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i z}{z - z_i}$$

$$g_k = c_1 z_1^k + c_2 z_2^k + \cdots + c_n z_n^k; \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

← Biến đổi z ngược

Theo định nghĩa về ổn định truyền đạt, dãy g_k chỉ có giá trị hạn chế khi $|z_i| < 1$. Tức là chỉ khi tất cả các điểm cực (ng nghiệm của phương trình đặc tính) nằm bên trong đường tròn đơn vị của mặt phẳng z .

2.1.2 Tiêu chuẩn đại số

a) Sử dụng phép biến đổi tương đương

Ví dụ: $z = \frac{1+w}{1-w}$

hoặc: $z = -\frac{1+w}{1-w}$

Sử dụng phép biến đổi w chuyển miền ổn định bên trong đường tròn đơn vị của mặt phẳng z sang bên trái mặt phẳng phức mới, gọi là mặt phẳng w , cho phép sử dụng các tiêu chuẩn đại số ROUTH và HURWITZ quen biết.

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
23
Bách Khoa
Hà Nội

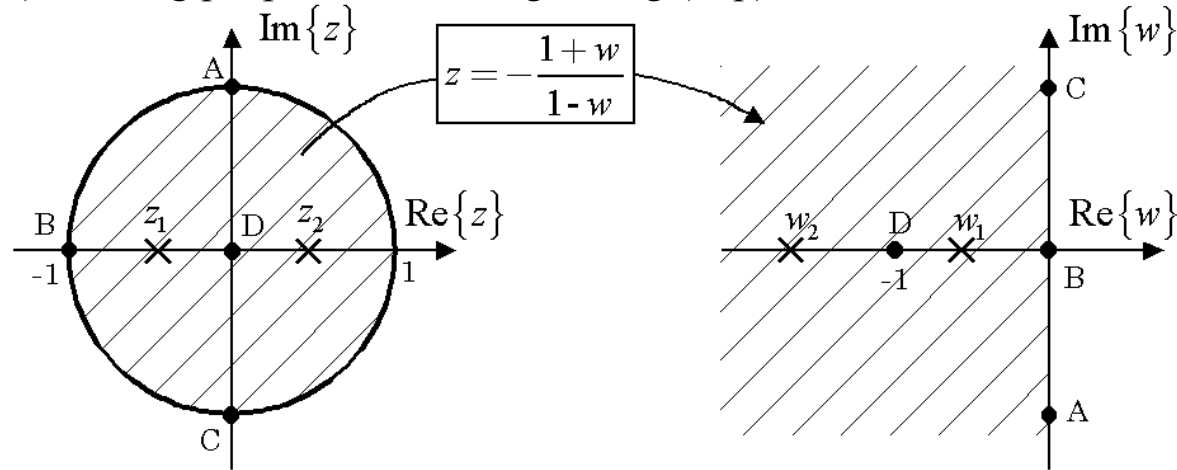
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.2 Tiêu chuẩn đại số

Nghiệm của đa thức đặc tính $N(z)$ chỉ nằm trong đường tròn đơn vị khi và chỉ khi tất cả nghiệm của $N(w)$ đều có phần thực âm.

a) Sử dụng phép biến đổi tương đương (tiếp):



1. Ứng với mỗi điểm bất kỳ thuộc miền ảnh z :
ta thu được một điểm mới trên miền ảnh w :

$$z = u + jv$$

$$w = \frac{z+1}{z-1} = \frac{u^2 + v^2 - 1}{u^2 + v^2 + 1 - 2u} - j \frac{2v}{u^2 + v^2 + 1 - 2u}$$

2. Đường tròn đơn vị $u^2 + v^2 = 1$, biên giới ổn định trên miền ảnh z trở thành đường thẳng:

$$w = -j \frac{v}{1-u}$$

3. Trước khi sử dụng tiêu chuẩn ROUTH hay HURWITZ ta phải chuyển đa thức đặc tính:

$$N(z) = a'_0 + a'_1 z + a'_2 z^2 + \dots + a'_n z^n \quad \text{sang miền } w:$$

$$N(w) = a'_0 + a'_1 \frac{w+1}{w-1} + a'_2 \left(\frac{w+1}{w-1} \right)^2 + \dots = h_0 + h_1 w + h_2 w^2 + \dots = 0$$

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



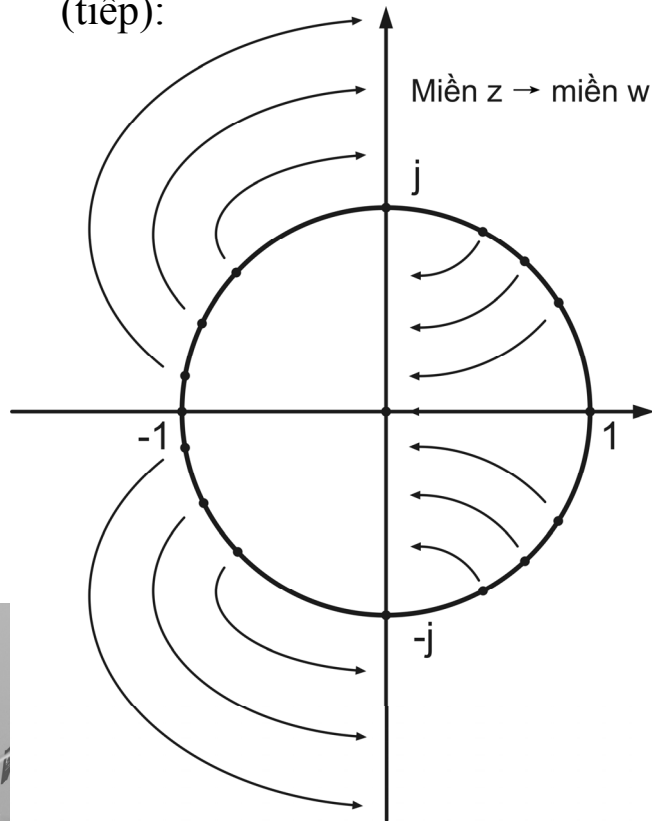
Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.2 Tiêu chuẩn đại số

a) Sử dụng phép biến đổi tương đương (tiếp):



b) Sử dụng tiêu chuẩn Schur-Cohn-Jury: Tương tự tiêu chuẩn HURWITZ, ta sẽ phải thiết lập các định thức từ các hệ số của đa thức đặc tính $N(z)$

$$N(z) = a_0 + a_1z + a_2z^2 + \dots + a_{n-1}z^{n-1} + a_nz^n$$

1. Tính các định thức C_k, D_k :

$$C_k = \det(\mathbf{A}_k + \mathbf{B}_k); D_k = \det(\mathbf{A}_k - \mathbf{B}_k); k = 1, 2, \dots, n$$

$$\mathbf{A}_k = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & \dots & a_{k-1} \\ 0 & a_0 & \dots & a_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & a_0 \end{bmatrix}; \mathbf{B}_k = \begin{bmatrix} a_{n-(k-1)} & \dots & a_{n-1} & a_n \\ a_{n-(k-2)} & \dots & a_n & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_n & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

2. Điều kiện cần và đủ để nghiệm của $N(z)$ nằm trong đường tròn đơn vị sẽ là $N(1) > 0$ và $(-1)^n N(-1) > 0$ đồng thời phải thỏa mãn:

$$\begin{array}{ll} k \text{ chẵn: } C_2 < 0; D_2 < 0 & k \text{ lẻ: } C_1 > 0; D_1 < 0 \\ C_4 > 0; D_4 > 0 & C_3 < 0; D_3 > 0 \\ C_6 < 0; D_6 < 0 & C_5 > 0; D_5 < 0 \\ \vdots & \vdots \end{array}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.3 Sử dụng quỹ đạo điểm cực

Hàm truyền đạt vòng hở	Quỹ đạo điểm cực trên miền z	Phương trình đặc tính
$K_0 \frac{1}{z - z_1}$		$z + K_0 - z_1 = 0$ $z = -K_0 + z_1$
$K_0 \frac{z - z_{D1}}{z - z_1}$		$K_0(z - z_{D1}) + z - z_1 = 0$ $z = \frac{z_1 + K_0 z_{D1}}{1 + K_0}$

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.3 Sử dụng quỹ đạo điểm cực

Hàm truyền đạt vòng hở	Quỹ đạo điểm cực trên miền z	Phương trình đặc tính
$K_0 \frac{1}{(z - z_1)(z - z_2)}$		$z^2 - z(z_1 + z_2) + z_1 z_2 + K_0 = 0$ $z_{a,b} = \frac{z_1 + z_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{z_1 - z_2}{2}\right)^2 - K_0}$
$K_0 \frac{z - z_{D1}}{(z - z_1)(z - z_2)}$		$z^2 - z(z_1 + z_2 - K_0) + z_1 z_2 - K_0 z_{D1} = 0$ <p>Pt. đường tròn: $(z_r - c)^2 + z_j^2 = r^2$</p> <p>Với:</p> $z = z_r + j z_j; c = z_{D1}$ $r = \sqrt{z_1 z_2 - z_{D1}(z_1 + z_2) + z_{D1}^2}$

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.3 Sử dụng quỹ đạo điểm cực

Hàm truyền đạt vòng hở	Quỹ đạo điểm cực trên miền z	Phương trình đặc tính
$K_0 \frac{(z - z_{D1})(z - z_{D2})}{(z - z_1)(z - z_2)}$		$z^2(1 + K_0) - z[z_1 + z_2 + K_0(z_{D1} + z_{D2})] + z_1 z_2 + K_0 z_{D1} z_{D2} = 0$ <p>Pt. đường tròn: $(z_r - c)^2 + z_j^2 = r^2$</p> <p>Với:</p> $z = z_r + j z_j$ $c = \frac{z_1 z_2 - z_{D1} z_{D2}}{(z_1 + z_2) - (z_{D1} + z_{D2})}$ $r = c^2 + \frac{(z_1 + z_2) z_{D1} z_{D2} - (z_{D1} + z_{D2}) z_1 z_2}{(z_1 + z_2) - (z_{D1} + z_{D2})}$

Khi khảo sát ổn định, bộ tham số hệ thống tại giao điểm của đường tròn đơn vị với quỹ đạo điểm cực sẽ là bộ tham số cần được khảo sát kỹ. Khi tồn tại nhiều giao điểm, phải tìm ra vị trí của điểm bất lợi nhất.

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vi trí điểm cực

Xét hệ có hàm truyền đạt sau:

$$G_0(z) = G_R(z)\bar{G}(z) \Rightarrow G_w(z) = \frac{X(z)}{W(z)} = \frac{G_0(z)}{1 + G_0(z)}$$

với phương trình đặc tính: $N(z) = 0$

• Đa thức $N(z)$ là bậc 1:

$$N(z) = z - z_1 \quad \text{với điểm cực thực: } z = z_1$$

Tín hiệu ra có dạng:

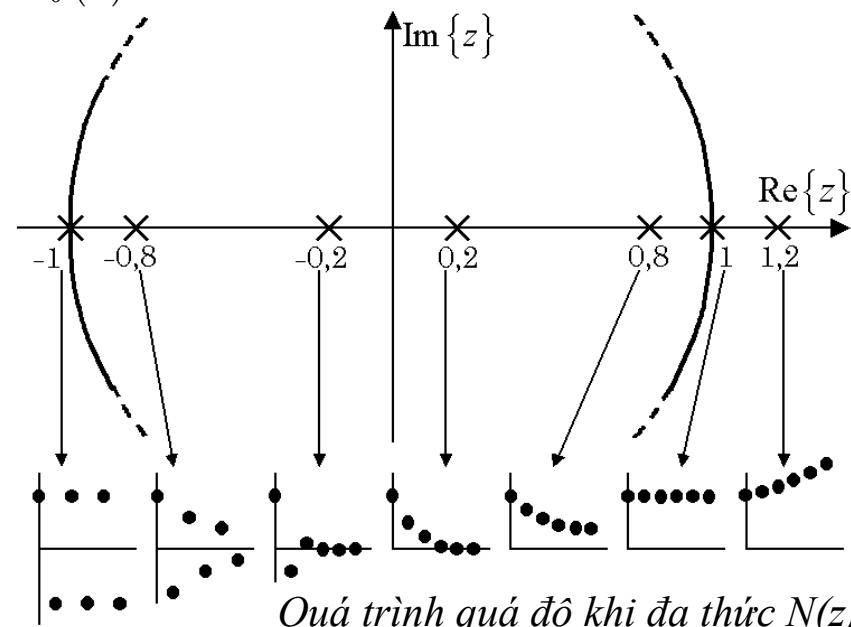
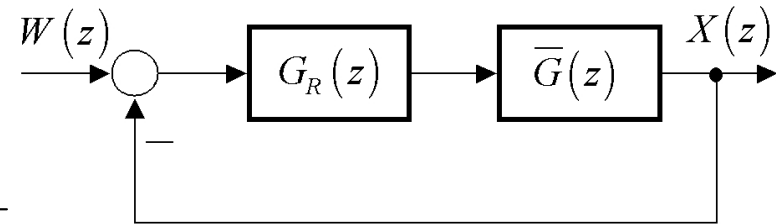
$$X(z) = \frac{z}{z - z_1} \Rightarrow x_k = z_1^k$$

với giá trị ban đầu: $x_0 = 1$

$-1 < z_1 < 0$: Dạng điều hòa tắt dần

$0 < z_1 < 1$: Dạng không điều hòa tắt dần

z_1 ngoài đường tròn đơn vị: Hệ mất ổn định



Quá trình quá độ khi đa thức $N(z)$ là bậc 1

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vi trí điểm cực

• Đa thức $N(z)$ là bậc 2:

$$N(z) = (z - z_1)(z - z_2)$$

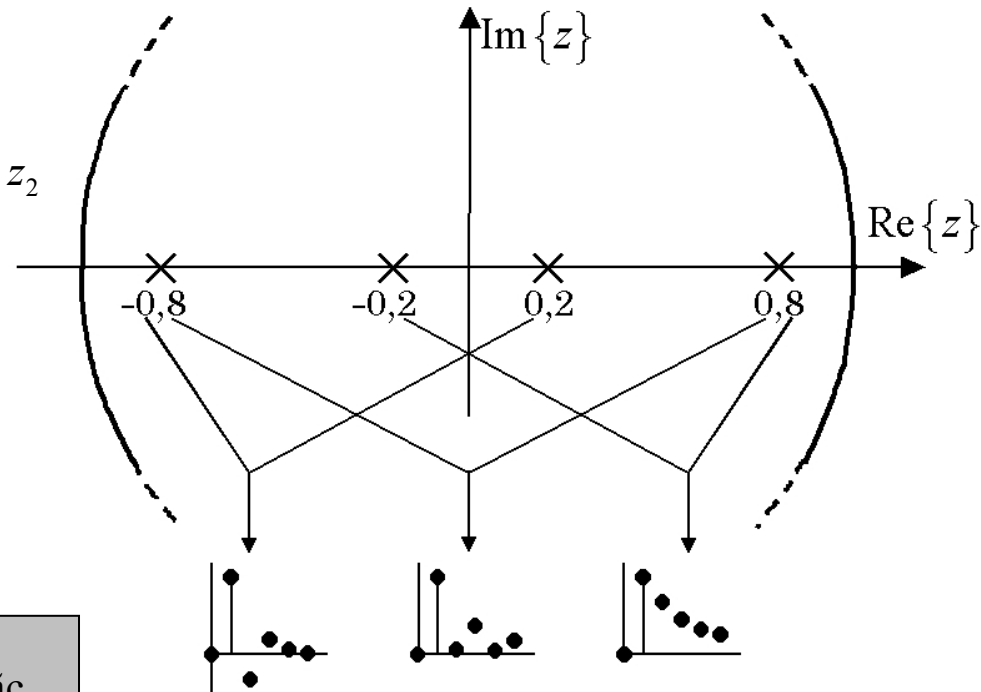
Trường hợp 1: Có 2 điểm cực thực $z_1 \neq z_2$

Tín hiệu ra có dạng:

$$X(z) = \frac{z}{(z - z_1)(z - z_2)}$$

$$\Rightarrow x_k = \frac{1}{z_1 - z_2} (z_1^k - z_2^k)$$

với giá trị ban đầu: $x_0 = 0; x_1 = 1$



Quá trình quá độ khi đa thức $N(z)$ là bậc 2 với 2 nghiệm thực

Đáp ứng ra có dạng tắt dần không có hoặc có thành phần điều hòa, tùy theo điểm cực dương hay điểm cực âm ($|z_i| < 1$) là trội.

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vi trí điểm cực

• Đa thức $N(z)$ là bậc 2:

$$N(z) = (z - z_1)(z - z_2)$$

Trường hợp 2: Có điểm cực thực kép $z_1 = z_2$

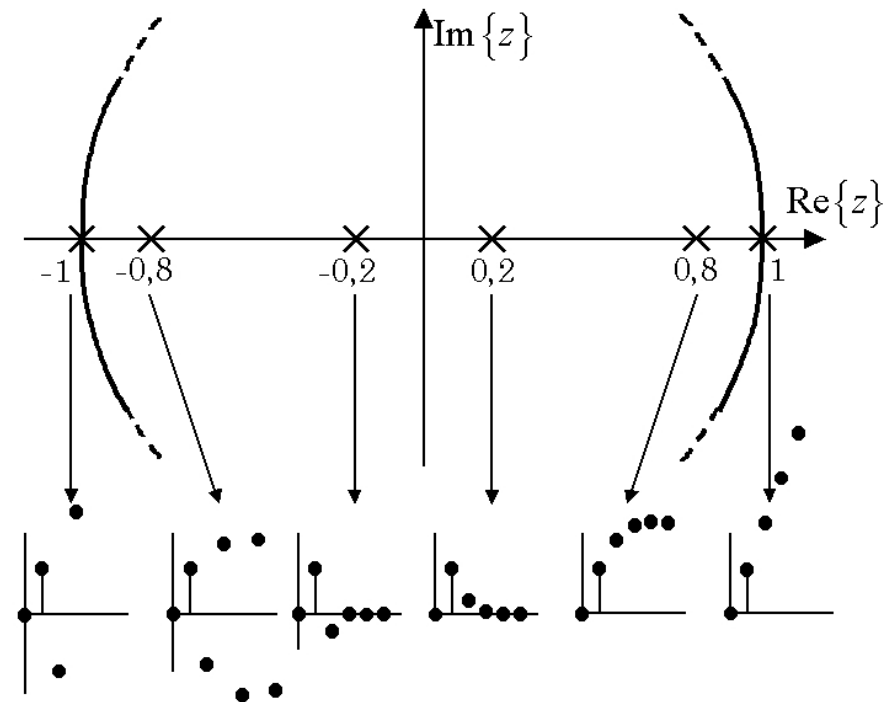
Tín hiệu ra có dạng:

$$X(z) = \frac{z}{(z - z_{1,2})^2}$$

$$\Rightarrow x_k = k z_{1,2}^{k-1}$$

với giá trị ban đầu: $x_0 = 0; x_1 = 1$

So với điểm cực thực đơn, điểm cực thực kép thể hiện rất rõ đặc điểm đáp ứng điều hòa. Điểm cực thực kép trên đường tròn vị bắt đầu gây mất ổn định.



Quá trình quá độ khi đa thức $N(z)$ là bậc 2 với nghiệm thực kép

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vi trí điểm cực

• Đa thức $N(z)$ là bậc 2:

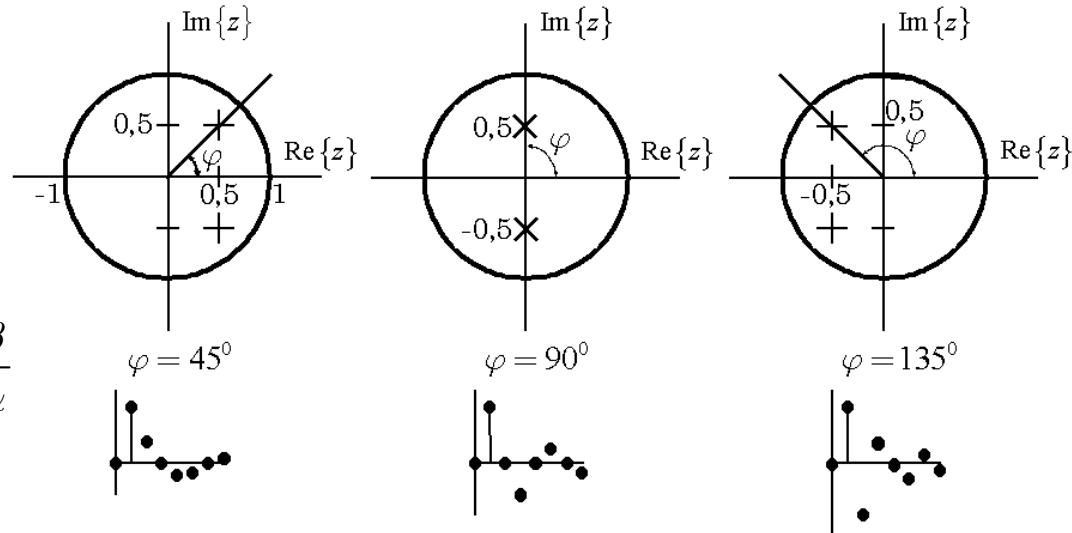
Trường hợp 3: Có cặp điểm cực phức liên hợp

$$z_1 = \alpha + j\beta; z_2 = \alpha - j\beta$$

Tín hiệu ra có dạng:

$$X(z) = \frac{z}{z^2 - 2\alpha z + (\alpha^2 + \beta^2)}$$

$$\Rightarrow x_k = 2 \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right)^k \sin(k\varphi); \varphi = \arctg \frac{\beta}{\alpha}$$



Nhận xét: Khi tồn tại cặp điểm cực phức liên hợp với thành phần thực âm, hệ có xu hướng gây dao động và vì vậy cần phải rất chú ý. Góc φ càng lớn, tần số của thành phần hình sin càng lớn (xem kỹ trang tiếp theo).



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

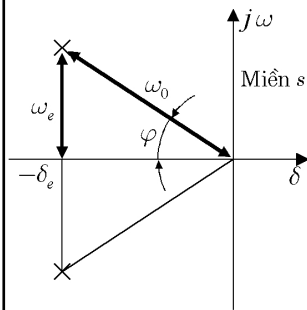
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

a) Dự báo quá trình quá độ trên cơ sở vị trí điểm cực

Trường hợp 3 (tiếp): Xét tổng quát đối tượng PT₂ chưa có ZOH ở đầu vào.

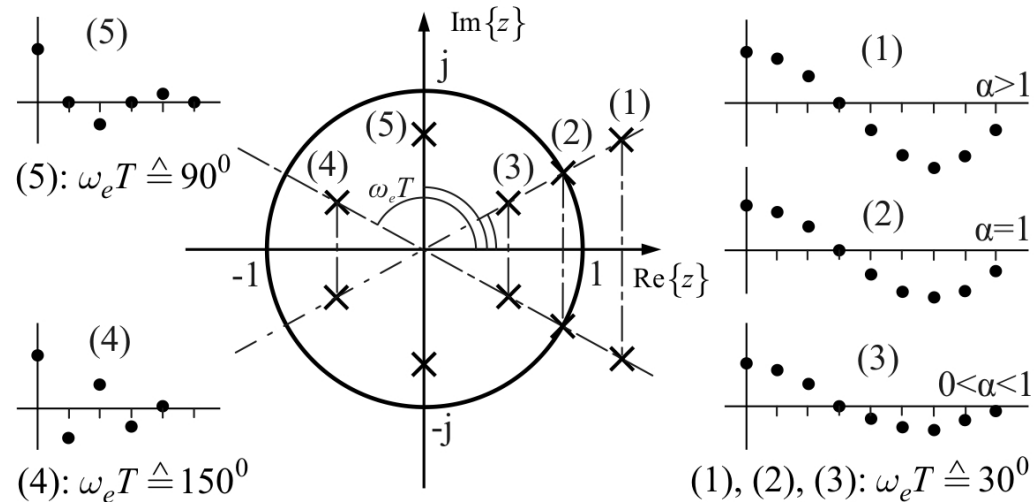


$$G_S(s) = \frac{1}{1 + \frac{2D}{\omega_0}s + \frac{1}{\omega_0^2}s^2} = \frac{1}{\left(1 + \frac{s}{\delta_e + j\omega_e}\right)\left(1 + \frac{s}{\delta_e - j\omega_e}\right)} \Rightarrow G_S(z) = \frac{b_1 z}{(z - z_1)(z - z_2)}$$

$$b_1 = \alpha \frac{\delta_e^2 + \omega_e^2}{\omega_e} \sin(\omega_e T); \alpha = e^{-\delta_e T}; z_{1,2} = \alpha [\cos(\omega_e T) \pm j \sin(\omega_e T)] = \alpha e^{\pm j\omega_e T}$$

Nhận xét:

- Trên miền z, cặp điểm cực có góc $\omega_e T$ càng lớn, ứng với tần số ω_e trên miền s càng lớn.
- Trên miền z, giá trị α càng nhỏ (điểm cực tiến gần đến gốc tọa độ), ứng với δ_e càng lớn trên miền s (điểm cực dịch xa về phía trái), quán tính càng nhỏ (động học được cải thiện).



2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

b) Dự báo đặc tính hệ thống trên cơ sở vi trí của cặp điểm cực mang tính trội (dominant)

- Xét khâu tỷ lệ có quán tính bậc 2 (khâu dao động PT₂):

$$G_S(s) = \frac{1}{1 + \frac{2D}{\omega_0}s + \frac{1}{\omega_0^2}s^2} = \frac{1}{\left(1 + \frac{s}{\delta_e + j\omega_e}\right)\left(1 + \frac{s}{\delta_e - j\omega_e}\right)}$$

với:
 ω_e = Tần số của thành phần sin
 δ_e = Hệ số quán tính
 ω_0 = Tần số riêng của hệ tắt dần
 D = Hệ số tắt dần

- Công thức quy đổi: $\omega_e = \omega_0 \sqrt{1 - D^2}$; $D = \frac{\delta_e}{\omega_0} = \cos \varphi$ ($\varphi = 0$ khi $D \geq 1$); $\omega_0^2 = \delta_e^2 + \omega_e^2$

- Hàm quá độ: $h(t) = 1 - \frac{\omega_0}{\omega_e} e^{-\delta_e t} \sin(\omega_e t + \varphi)$

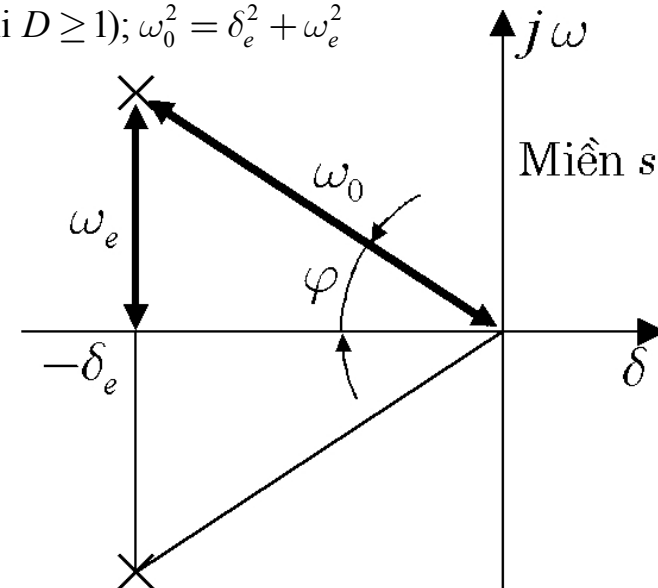
- Mức quá điều chỉnh: $\Delta h = \exp\left(-\frac{\delta_e}{\omega_e} \pi\right) = \exp\left(-\frac{D\pi}{\sqrt{1 - D^2}}\right)$

- Thời gian quá ĐC: $T_m = \frac{\pi}{\omega_e} = \frac{\pi}{\omega_0 \sqrt{1 - D^2}}$

- Mức quá điều chỉnh (tính bằng %) phụ thuộc φ

Δh [%]	0	5	10	15	20	30	40	50
φ [°]	0	46	54	59	63	69	74	78

- Thời gian xác lập: $T_{5\%} \approx \frac{3}{\delta_e}$; $T_{2\%} \approx \frac{4}{\delta_e}$



Ý nghĩa các tham số của khâu PT₂

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

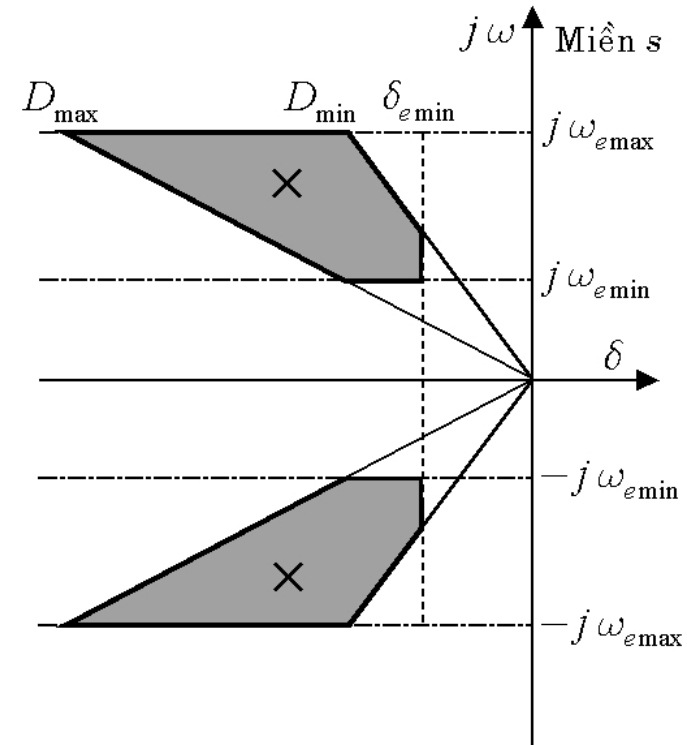
2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

b) Dự báo đặc tính hệ thống trên cơ sở vị trí của cặp điểm cực mang tính trội (dominant)

• Xét khâu tỷ lệ có quán tính bậc 2 (khâu dao động PT_2): Các nguyên tắc chọn vị trí cho cặp điểm cực mang tính trội.

- Nguyên tắc 1: Trên cơ sở $\Delta h_{\min} < \Delta h < \Delta h_{\max}$ chọn $D_{\min} < D < D_{\max}$, tức là $\varphi_{\min} < \varphi < \varphi_{\max}$.
- Nguyên tắc 2: Chọn $T_{5\%}, T_{2\%} \Rightarrow \delta_e > \delta_{e \min}$
- Nguyên tắc 3: Chọn $T_m \Rightarrow \omega_{e \min} < \omega_e$
- Nguyên tắc 4: Để hạn chế điều hòa có tần số cao, cần thỏa mãn $\omega_e < \omega_{e \max}$

1. Vùng tô đậm (hình bên phải) chính là vùng ưu tiên để gán cực cho hệ thống
2. Khi đã xác định được đặc tính của hệ liên tục (đã xác định được vùng ưu tiên) trên miền ảnh Laplace, ta có thể tính quy đổi qua miền ảnh z



2. ĐK có phản hồi đầu ra

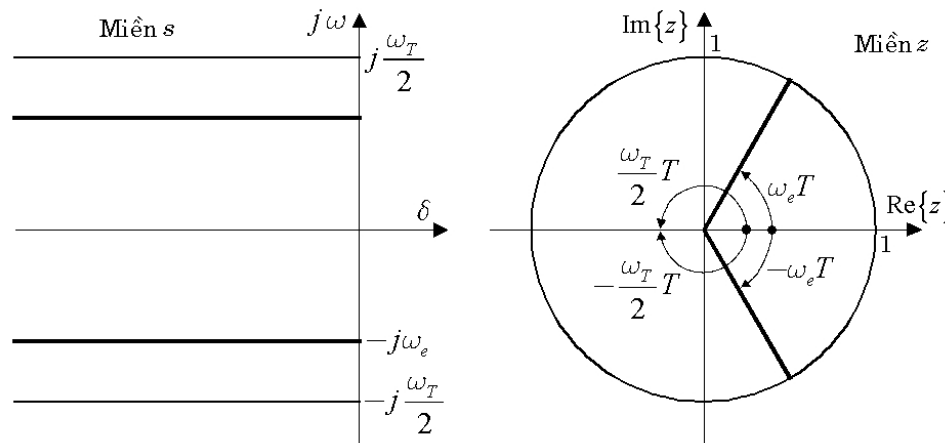
2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

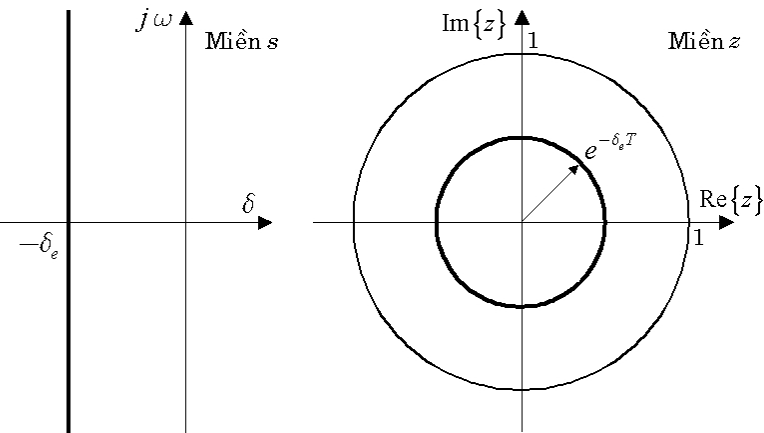
Xuất phát từ $z = e^{sT}$; $s = \delta + j\omega$ ta hãy tìm ảnh của vùng tô đậm (trang 31) trên miền z :

a) Vùng có hệ số tắt dần là hằng ($\delta_e = \text{const}$):

Thay vào z ta có: $z = e^{(-\delta_e + j\omega)T}$
 Dễ dàng thấy ảnh sẽ là đường tròn có tâm tại gốc tọa độ và bán kính là: $e^{-\delta_e T}$



b) Dự báo đặc tính hệ thống trên cơ sở vi trí của cặp điểm cực mang tính trội (dominant)



b) Vùng có tần số là hằng ($\omega_e = \text{const}$):

Thay vào z ta có: $z = e^{\delta T} e^{j\omega_e T}$
 Dễ dàng thấy ảnh sẽ là đường thẳng qua gốc tọa độ với độ dốc xác định bởi: $\omega_e T$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

c) *Vùng có hệ số tắt dần là hằng (D=const):*

Ta phải tìm ảnh của đường thẳng:

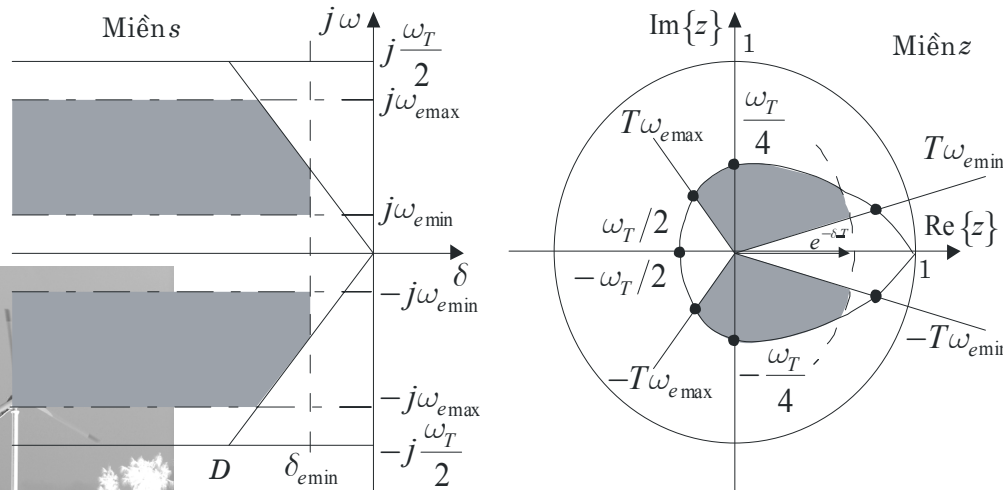
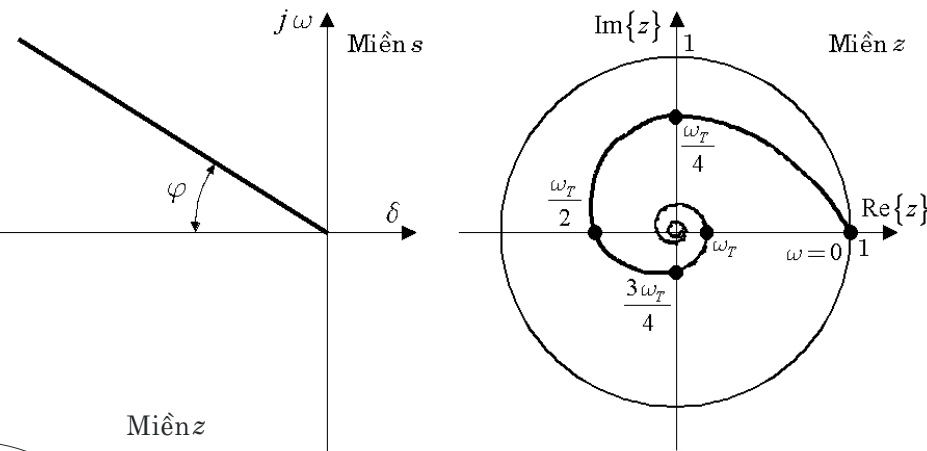
$$s = -\omega \cotg \varphi + j\omega$$

Thay vào z ta có:

$$z = e^{-2\pi(\omega/\omega_T)\cotg\varphi} e^{-j2\pi(\omega/\omega_T)}$$

Để dàng thấy ảnh sẽ là đường xoắn logarith như hình bên

b) Dự báo đặc tính hệ thống trên cơ sở vi trí của cặp điểm cực mang tính trội (dominant)



Khi ghép các ảnh con ta sẽ thu được vùng điểm cực trên miền z. Đây là kết quả có ý nghĩa quan trọng khi phân tích chất lượng, thậm chí cả khi tổng hợp hệ (chọn vùng để gán điểm cực).

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.1 Xét ổn định của hệ thống ĐK số

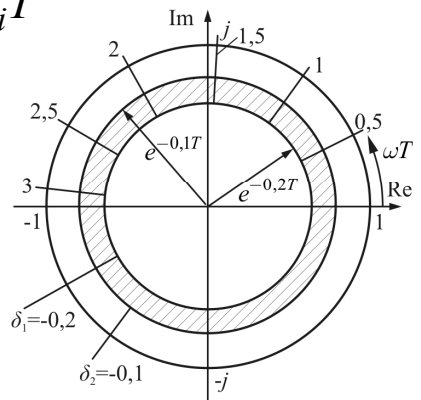
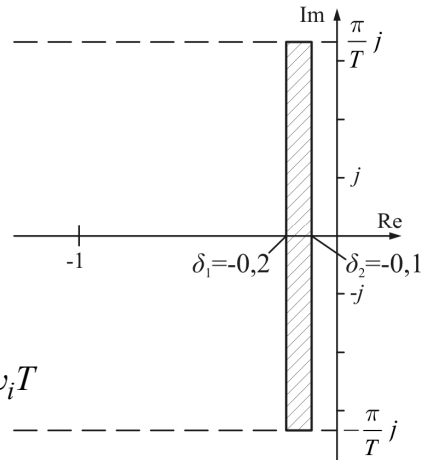
2.1.4 Dự báo đặc tính của hệ thống ĐK số

Chuyển vị trí điểm cực từ miền s sang miền z :

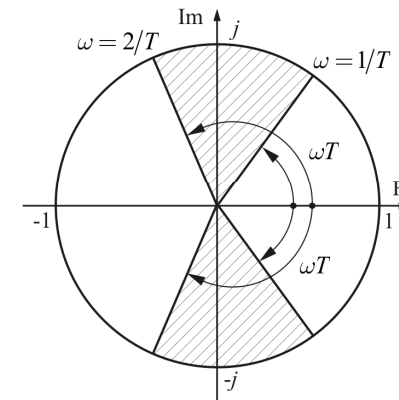
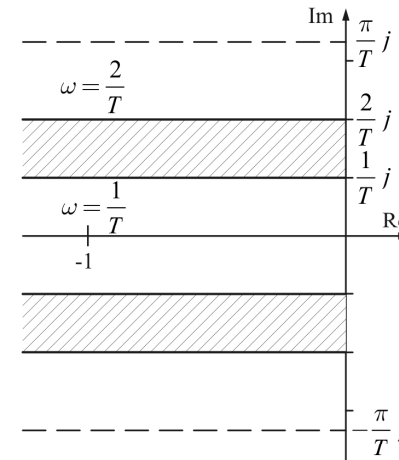
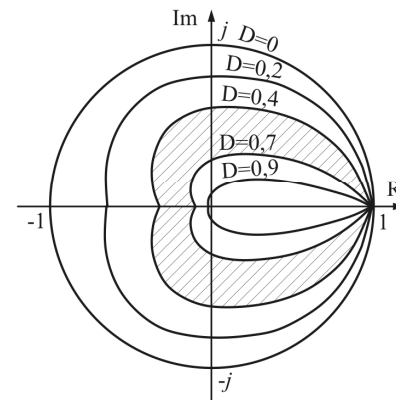
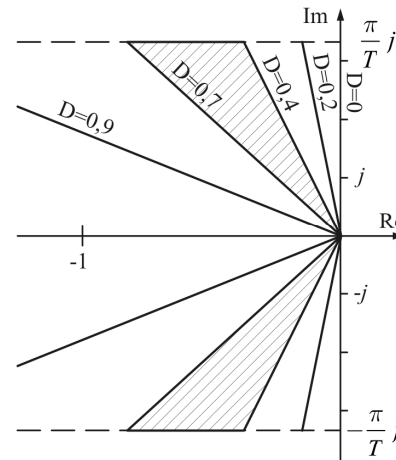
$$s_i = \delta_i \pm j\omega_i$$

$$z_i = e^{s_i T} = e^{\delta_i T} e^{\pm j\omega_i T}$$

$$|z_i| = e^{\delta_i T}; \varphi_i = \pm \omega_i T$$



c) Quan hệ giữa vị trí điểm cực trên miền ảnh s và miền ảnh z



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.2 Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục

2.2.1 Khâu ĐC theo luật PID

Luật PID trên miền thời gian (liên tục) được mô tả bởi công thức sau:

$$u(t) = K \left[e(t) + \frac{1}{K T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + \frac{T_D}{K} \frac{de(t)}{dt} \right] \quad \text{với:} \quad \begin{aligned} K &= \text{Hệ số tỷ lệ (hệ số khuếch đại)} \\ T_I &= \text{Hằng số thời gian tích phân} \\ T_D &= \text{Hằng số thời gian vi phân} \end{aligned}$$

Các thuật toán PID sử dụng trong ĐK số chỉ khác nhau bởi nỗ lực khi thực hiện *xấp xỉ hai thành phần vi phân (D) và tích phân (I)*, tức là khác nhau ở độ chính xác.

1. Xấp xỉ thành phần I:

$$u_I(t) = \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau$$

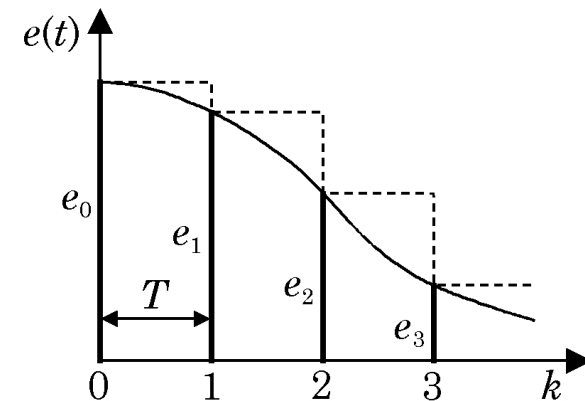
⇒ Bản chất là phép tính xấp xỉ diện tích của hàm $e(t)$

• Sử dụng phương pháp hình chữ nhật:

$$u_I(k) \approx \frac{T}{T_I} \sum_{i=1}^k e_{i-1} \Rightarrow u_I(k-1) \approx \frac{T}{T_I} \sum_{i=1}^{k-1} e_{i-1}$$

$$u_I(k) \approx u_I(k-1) + \frac{T}{T_I} e_{k-1}$$

$$\frac{U_I(z)}{E(z)} \approx \frac{T}{T_I} \frac{z^{-1}}{1-z^{-1}}$$



2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.2 Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục

2.2.1 Khâu ĐK theo luật PID

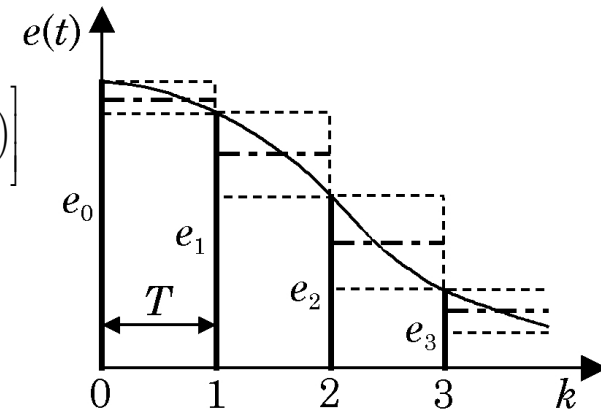
1. Xấp xỉ thành phần I (tiếp):

• Sử dụng phương pháp hình thang:

$$u_I(k) \approx \frac{T}{T_I} \sum_{i=1}^k \left[\frac{1}{2}(e_i + e_{i-1}) \right] \Rightarrow u_I(k-1) \approx \frac{T}{T_I} \sum_{i=1}^{k-1} \left[\frac{1}{2}(e_i + e_{i-1}) \right]$$

$$u_I(k) \approx u_I(k-1) + \frac{T}{T_I} \frac{1}{2}(e_k + e_{k-1})$$

$$\frac{U_I(z)}{E(z)} \approx \frac{T}{2T_I} \frac{1+z^{-1}}{1-z^{-1}}$$



2. Xấp xỉ thành phần D:

• Bước 1: Tìm giá trị xấp xỉ cho $de(t)/dt$ tại các thời điểm $t = kT$ bằng cách đặt:

$$\left. \frac{df(t)}{dt} \right|_{t=kT} \approx c_0 f_k + c_1 f_{k-1} + \dots + c_n f_{k-n}$$

• Bước 2: Ảnh Laplace của công thức trên có dạng:

$$sF(s) \approx F(s) [c_0 + c_1 e^{-sT} + \dots + c_n e^{-snT}]$$

• Bước 3: Khai triển chuỗi cho các biểu thức e mũ, sau đó so sánh hệ số 2 vế để tìm c_0, c_1, c_2, \dots

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.2 Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục

2.2.1 Khâu ĐK theo luật PID

2. Xấp xỉ thành phần D (tiếp):

Ví dụ: chọn $n = 2$ (xấp xỉ bậc 2) $\rightarrow c_0 + c_1 + c_2 = 0 \rightarrow c_0 = \frac{3}{2T}; c_1 = \frac{-2}{T}; c_2 = \frac{1}{2T}$
 $-Tc_1 - 2Tc_2 = 1$

$$\frac{T^2}{2}c_1 + 2T^2c_2 = 0$$

$$\left. \frac{df(t)}{dt} \right|_{t=kT} \approx \frac{1}{2T}(3f_k - 4f_{k-1} + f_{k-2}) \Rightarrow u_D(k) \approx \frac{T_D}{2T}(3e_k - 4e_{k-1} + e_{k-2})$$

Khi chọn $n = 1$ (xấp xỉ bậc 1) ta sẽ thu được theo cách tương tự công thức quen biết sau:

$$\left. \frac{df(t)}{dt} \right|_{t=kT} \approx \frac{1}{T}(f_k - f_{k-1}) \Rightarrow u_D(k) \approx \frac{T_D}{T}(e_k - e_{k-1})$$

3. Xấp xỉ luật PID: Giả sử xấp xỉ thành phần I theo phương pháp hình chữ nhật và thành phần D bậc 1

$$u_k = K_R \left[e_k + \frac{T}{T_C} \sum_{i=1}^k e_{i-1} + \frac{T_v}{T} (e_k - e_{k-1}) \right]$$

$$G_R(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{r_0 + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2}}{1 - z^{-1}}$$

$$\Rightarrow u_k = u_{k-1} + K_R \left[e_k - e_{k-1} + \frac{T}{T_C} e_{k-1} + \frac{T_v}{T} (e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}) \right]$$

Với:

$$r_0 = K_R \left(1 + \frac{T_v}{T} \right); r_1 = -K_R \left(1 + \frac{2T_v}{T} - \frac{T}{T_C} \right); r_2 = K_R \frac{T_v}{T}$$



2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.2 Thiết kế trên miền thời gian xấp xỉ liên tục

2.2.2 Một số biến dạng của thuật toán PID

1. Thuật toán PID₂: Xấp xỉ luật PID sử dụng phương pháp hình thang cho thành phần I và phân thức sai phân bậc 2 cho thành phần D.

$$G_R(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{r_0 + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2} + r_3 z^{-3}}{1 - z^{-1}}$$

Với:

$$r_0 = K_R \left(1 + \frac{T}{2T_C} + \frac{3}{2} \frac{T_v}{T} \right); r_1 = -K_R \left(1 + \frac{7T_v}{2T} - \frac{T}{2T_C} \right); r_2 = K_R \frac{5}{2} \frac{T_v}{T}; r_3 = -K_R \frac{T_v}{2T}$$

2. Biến dạng của thuật toán PID₂:

Theo Takahashi có thể làm suy giảm bớt biên độ ĐLĐK khi ĐL chủ đạo (giá trị đặt) có đột biến nhanh bằng cách, thay vì $e_k = w_k - x_k$ chỉ sử dụng $e_k = -x_k$. Từ đó ta có:

$$u_k = u_{k-1} + K_R \left[-x_k + x_{k-1} + \frac{T}{T_C} e_{k-1} + \frac{T_v}{T} (-x_k + 2x_{k-1} - x_{k-2}) \right]$$

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



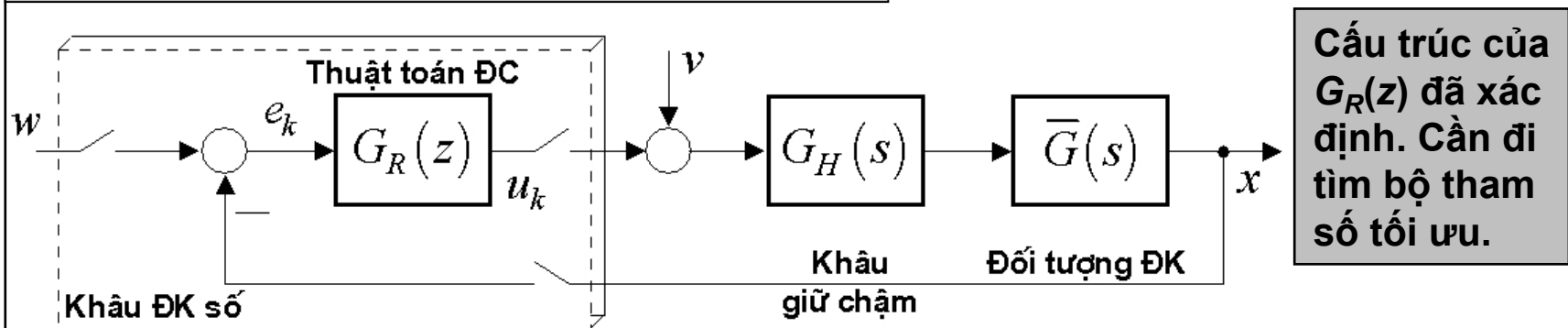
Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

a) Mô tả hệ SISO



Cấu trúc của $G_R(z)$ đã xác định. Cần đi tìm bộ tham số tối ưu.

• Đối tượng ĐK có trễ:
$$G_S(z) = \frac{X(z)}{U(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}} z^{-d} = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} z^{-d}$$

• Khâu ĐC:
$$G_R(z) = \frac{U(z)}{E(z)} = \frac{r_0 + r_1 z^{-1} + \dots + r_\nu z^{-\nu}}{1 + p_1 z^{-1} + \dots + p_\mu z^{-\mu}} = \frac{R(z^{-1})}{P(z^{-1})}$$

• Hàm truyền đạt chủ đạo:

$$G_W(z) = \frac{X(z)}{W(z)} = \frac{G_R(z)G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

• Hàm truyền đạt nhiễu:

$$G_V(z) = \frac{X(z)}{V(z)} = \frac{G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

• Sai lệch ĐC phụ thuộc w:

$$\frac{E(z)}{W(z)} = \frac{1}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

• Đại lượng ĐK phụ thuộc w:

$$\frac{U(z)}{W(z)} = \frac{G_R(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

b) *Vai trò của thành phần tích phân I ở chế độ tĩnh (chế độ xác lập)*

•Yêu cầu: đảm bảo triệt tiêu sai lệch tĩnh $\longrightarrow \lim_{k \rightarrow \infty} e_k = 0 \Rightarrow \lim_{z \rightarrow 1} [(z-1)E(z)] = 0$

•Khi có tác động chủ đạo: $\frac{E(z)}{W(z)} = \frac{1}{1 + G_R(z)G_S(z)}$ với tín hiệu vào có dạng bước nhảy: $\longrightarrow W(z) = \frac{z}{z-1}$

Nếu ĐTĐK là khâu tỷ lệ có quán tính, độ dư sai lệch ĐC sẽ triệt tiêu khi:

$$\frac{P(1)}{P(1) + K_S R(1)} = 0 \text{ với } K_S = \frac{B(1)}{A(1)}$$

$$E(z) = \frac{z}{z-1} \frac{P(z^{-1})A(z^{-1})}{P(z^{-1})A(z^{-1}) + B(z^{-1})R(z^{-1})z^{-d}}$$

Chú ý: Khi ĐTĐK là khâu I: $A(1) = 0$

•Khi có tác động nhiễu: $\frac{E(z)}{V(z)} = -\frac{G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)}$ với: $V(z) = \frac{z}{z-1}$

Nếu ĐTĐK là khâu tỷ lệ có quán tính, độ dư sai lệch ĐC sẽ triệt tiêu khi:

Chú ý: Khi ĐTĐK là khâu I, do $A(1) = 0$ ta có: $-P(1)/R(1) = 0$

$$-\frac{K_S P(1)}{P(1) + K_S R(1)} = 0$$

Để bảo đảm khử độ dư ĐC, phải thỏa mãn $P(1)=0$. Nghĩa là, thuật toán ĐC cũng phải có thành phần tích phân I (như ĐK tương tự) với công thức sau:

$$G_R(z) = \frac{R(z^{-1})}{P(z^{-1})} = \frac{R(z^{-1})}{\underbrace{(1-z^{-1})P'(z^{-1})}_{\text{Integral Part}}}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

c) Tìm bộ tham số ĐC trên cơ sở các tiêu chuẩn tích phân

TC diện tích tuyến tính I_L	$\int_0^\infty e(t) dt$	$T \sum_{k=0}^\infty e_k$
TC diện tích bình phương I_Q	$\int_0^\infty e^2(t) dt$	$T \sum_{k=0}^\infty e_k^2$
TC trị tuyệt đối của diện tích I_B	$\int_0^\infty e(t) dt$	$T \sum_{k=0}^\infty e_k $
TC trị tuyệt đối của diện tích I_{BT} có trọng số t	$\int_0^\infty e(t) t dt$	$T^2 \sum_{k=0}^\infty (k e_k)$
TC diện tích bình phương mở rộng I	$\int_0^\infty [e^2(t) + \lambda u^2(t)] dt$	$T \sum_{k=0}^\infty (e_k^2 + \lambda u_k^2)$

Các bước tính:

1. Tìm ảnh $E(z)$ có chứa các tham số của khâu ĐC
2. Chuyển $E(z)$ sang dạng sai phân để tìm công thức tính e_k
3. Lắp e_k vào tiêu chuẩn và tìm cực tiểu của tổng, phụ thuộc bộ tham số của khâu ĐC

Tên tiêu chuẩn

Tiêu chuẩn trên miền t liên tục

Tiêu chuẩn trên miền t gián đoạn

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

d) Tìm bộ tham số ĐC trên cơ sở tiêu chuẩn tối ưu module số

Đặt vấn đề:

Hãy tìm $G_R(z)$ sao cho $G_W(z) = \frac{X(z)}{W(z)} = \frac{G_R(z)G_S(z)}{1+G_R(z)G_S(z)}$ thỏa mãn $|G_W(j\omega)| = 1$ trong dải tần số càng rộng càng tốt.

Có thể viết lại công thức tổng quát ở trang 39 cho các khâu ĐC số thông dụng như sau:

I	PI	PID	PID2
$\frac{V_R}{(1-z^{-1})}$	$\frac{V_R(1+d_1z^{-1})}{(1-z^{-1})}$	$\frac{V_R(1+d_1z^{-1}+d_2z^{-2})}{(1-z^{-1})}$	$\frac{V_R(1+d_1z^{-1}+d_2z^{-2}+d_3z^{-3})}{(1-z^{-1})}$

Hệ số khuếch đại V_R theo TC tối ưu module cho sẵn trong bảng ở trang kế tiếp. Các hệ số d_{1-3} được tính theo công thức thuộc bảng sau đây:

I	PI	PID	PID2
	$d_1 = a_1$	$d_1 = a_1 + a_2$ $d_2 = a_1 a_2$	$d_1 = a_1 + a_2 + a_3; d_3 = a_1 a_2 a_3$ $d_2 = a_1 a_2 + a_3(a_1 + a_2)$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

d) Tìm bộ tham số ĐC trên cơ sở tiêu chuẩn tối ưu module số (tiếp)

ĐTĐK	Hệ số khuếch đại V_R	ĐTĐK	Hệ số khuếch đại V_R
$\frac{V_S}{(1+a_1z^{-1})}z^{-1}$	I: $\frac{(1+a_1)^2}{V_S(1-a_1)}$; PI: $\frac{1}{V_S}$	$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})}z^{-1}$	PI: $\frac{(1+a_2)^2}{V_S[(1+3b_1+5b_2)+a_2(-1+b_1+3b_2)]}$
$\frac{V_S(1+b_1z^{-1})}{(1+a_1z^{-1})}z^{-1}$	I: $\frac{(1+a_1)^2}{V_S[(1+3b_1)+a_1(-1+b_1)]}$	$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})}z^{-2}$	PID: $\frac{1}{V_S(1+3b_1+5b_2)}$
	PI: $\frac{1}{V_S(1+3b_1)}$		PI: $\frac{(1+a_2)^2}{V_S[(3+5b_1+7b_2)+a_2(1+3b_1+5b_2)]}$
$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2}+b_3z^{-3})}{(1+a_1z^{-1})}z^{-2}$	PI: $\frac{1}{V_S(3+5b_1+7b_2+9b_3)}$	$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2}+b_3z^{-3})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})(1+a_3z^{-1})}z^{-1}$	PID: $\frac{1}{V_S(3+5b_1+7b_2)}$
			PID: $\frac{(1+a_3)^2}{V_S[v_1+a_3v_2]}$ $v_1 = 1+3b_1+5b_2+7b_3$ $v_2 = -1+b_1+3b_2+5b_3$
$\frac{V_S(1+b_1z^{-1})}{(1-z^{-1})(1+a_1z^{-1})}z^{-1}$	P: $\frac{(1-a_1)^2+4a_1}{V_S[(1-a_1)(1-b_1)+4b_1]}$	$\frac{V_S(1+b_1z^{-1}+b_2z^{-2}+b_3z^{-3})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})(1+a_3z^{-1})}z^{-2}$	PID2: $\frac{1}{V_S(1+3b_1+5b_2+7b_3)}$
$\frac{V_S(1+b_1z^{-1})}{(1+a_1z^{-1})(1+a_2z^{-1})}z^{-1}$	PI: $\frac{(1+a_2)^2}{V_S[(1+3b_1)+a_2(-1+b_1)]}$		PID2: $\frac{1}{V_S(3+5b_1+7b_2+9b_3)}$
	PID: $\frac{1}{V_S(1+3b_1)}$		

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

e) *Tìm bộ tham số ĐC bằng phương pháp gán điểm cực cho vòng ĐC*

Hàm truyền đạt của cấu trúc SISO ở trang 39 có đa thức đặc tính như sau:

$$N(z) = P(z)A(z) + R(z)B(z)$$

$$= (z^{n-1} + p_1z^{n-2} + \dots + p_{n-1})(z^n + a_1z^{n-1} + \dots + a_n)$$

$$+ (r_0z^{n-1} + r_1z^{n-2} + \dots + r_{n-1})(b_1z^{n-1} + b_2z^{n-2} + \dots + b_n)$$

Dạng tổng quát của đa thức trên là:

$$N(z) = \prod_{i=1}^{2n-1} (z - z_i) = a'_0 + a'_1z + \dots + a'_{2n-2}z^{2n-2} + z^{2n-1}$$

Trong đó, z_i là các điểm cực ta dự kiến gán cho hệ, vì vậy các hệ số $a'_0 \dots a'_{2n-2}$ có thể được coi là đã biết.

Các tham số $a_{1..n}; b_{1..n}$ của ĐTĐK là cho trước. Vì vậy, sau khi so sánh hệ số của hai công thức trên ta sẽ thu được *hệ phương trình* bên, cho phép tính bộ tham số của $G_R(z)$.

$$\begin{bmatrix} a_n & 0 & \dots & 0 & b_n & 0 & \dots & 0 \\ a_{n-1} & a_n & \dots & 0 & b_{n-1} & b_n & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_3 & & & 0 & & & & \\ a_2 & & & a_n & & & & 0 \\ a_1 & a_2 & \dots & a_{n-1} & b_1 & & & b_n \\ 1 & & & & & & & b_{n-1} \\ \vdots & & & \vdots & & & & \vdots \\ & & & a_1 & & & & b_2 \\ 0 & \dots & 1 & 0 & \dots & b_1 & & r_0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_{n-1} \\ p_{n-2} \\ \vdots \\ p_1 \\ r_{n-1} \\ \vdots \\ r_1 \\ r_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a'_0 \\ a'_1 \\ \vdots \\ a'_{n-2} \\ a'_{n-1} - a_n \\ \vdots \\ a'_{2n-3} - a_2 \\ a'_{2n-2} - a_1 \end{bmatrix}$$

(n-1) columns n columns

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

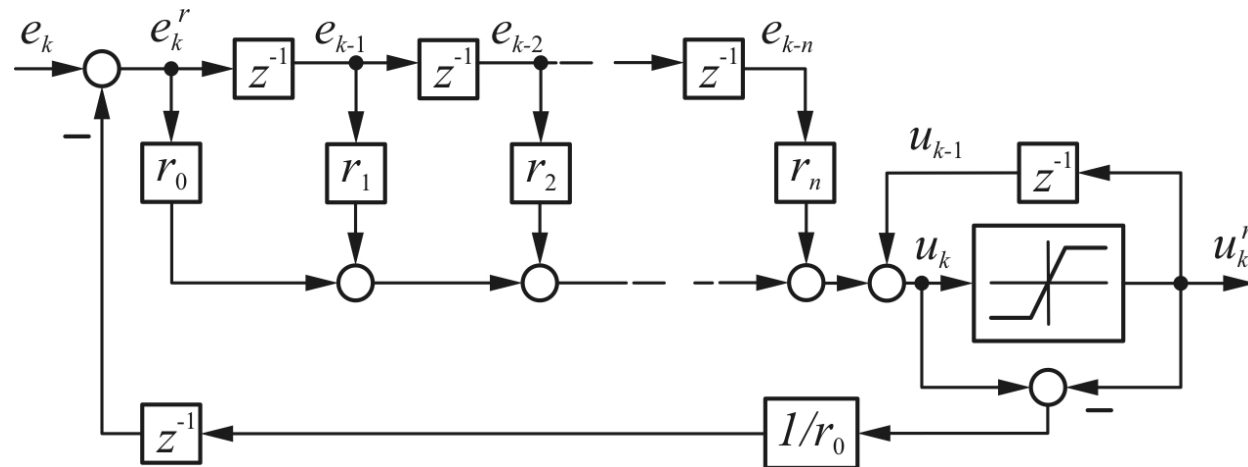
2.3.1 Thiết kế tối ưu tham số cho các hệ SISO

f) Giải pháp Antireset-Windup khi biến ĐK $U(z)$ đi vào giới hạn

- *Hiện tượng*: Biến ra u_k đi vào bão hòa (bị chặn), sai lệch ĐC e_k vẫn tồn tại hoặc vẫn tăng. Khi ra khỏi bão hòa, hệ có nguy cơ dao động mất ổn định.
- *Nguyên nhân*: Thành phần I tiếp tục tích phân mà vẫn không tăng được u_k .
- *Giải pháp*: Hiệu chỉnh ngược e_k để ngừng tích phân.

$$G_R(z^{-1}) = \frac{U(z^{-1})}{E(z^{-1})} = \frac{r_0 + r_1 z^{-1} + r_2 z^{-2} + \dots + r_n z^{-n}}{1 - z^{-1}}$$

$$\left. \begin{aligned} u_k &= r_0 e_k + r_1 e_{k-1} + r_2 e_{k-2} + \dots + r_n e_{k-n} + u_{k-1} \\ u_k^r &= r_0 e_k^r + r_1 e_{k-1} + r_2 e_{k-2} + \dots + r_n e_{k-n} + u_{k-1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow e_k^r = e_k - \frac{(u_k - u_k^r)}{r_0}$$



2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.2 Thiết kế khâu ĐK kiểu bù (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

Nguyên lý:

Tối ưu cấu trúc: Đặc điểm của hệ được cho trước qua $G_W(z)$, cần tìm $G_R(z) \Rightarrow$ vì vậy, cả cấu trúc lẫn tham số của $G_R(z)$ đều chưa biết.

2.3.2.1 Thiết kế khâu ĐK kiểu bù (Compensation Feedback Controller): Bộ ĐK kiểu cân bằng mô hình

- Thiết kế trên cơ sở cho trước đặc điểm truyền đạt chủ đạo:

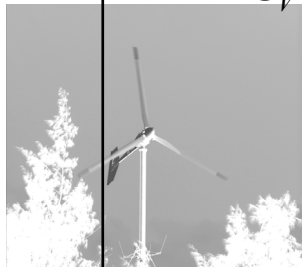
$$G_W(z) = \frac{G_R(z)G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)} \Rightarrow G_R(z) = \frac{1}{G_S(z)} \underbrace{\frac{G_W(z)}{1 - G_W(z)}}_{\text{Term of Reliability}} ; \quad G_W(z) \neq 1$$

- Thiết kế trên cơ sở cho trước đặc điểm truyền đạt nhiễu:

$$G_V(z) = \frac{G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)} \Rightarrow G_R(z) = \frac{1}{G_S(z)} \underbrace{\frac{G_S(z) - G_V(z)}{G_V(z)}}_{\text{Term of Reliability}}$$

Mệnh đề đặc trưng cho đặc tính bù

Mệnh đề đặc trưng cho “tính khả thi” của thiết kế



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
50
Bách Khoa
Hà Nội

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.2 Thiết kế khâu ĐK kiểu bù (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.2.1 Thiết kế khâu ĐK kiểu bù (tiếp): Ví dụ minh họa

• Khi cho trước đặc điểm truyền đạt chủ đạo:

$$X(z) = G_W(z)W(z)$$

Để đại lượng điều chỉnh (ĐLĐC) $X(z)$ bám theo đại lượng chủ đạo $W(z)$ *nhANH*, hàm $G_W(z)$ **phải là một đa thức có bậc thấp.**

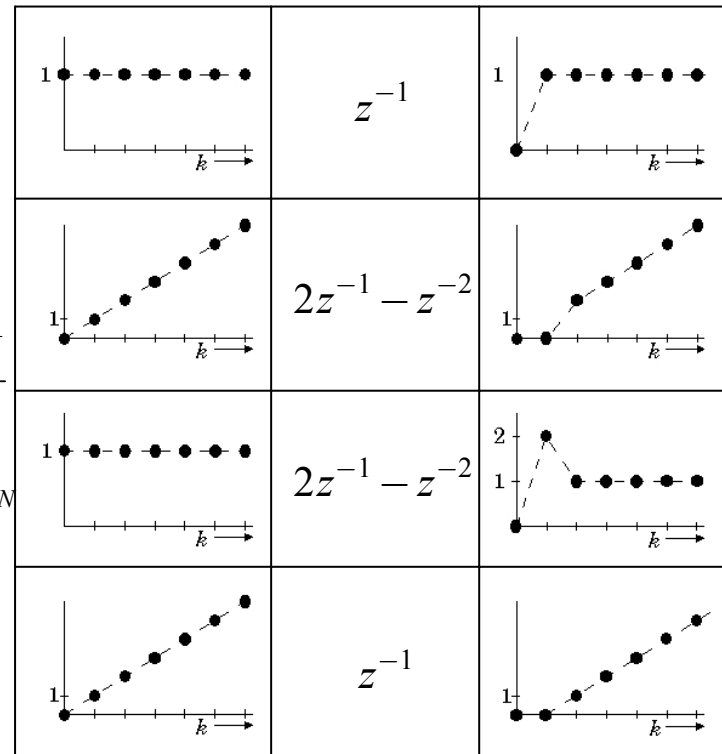
Giả thiết, tín hiệu vào có dạng bước nhảy, vậy:

$$G_W(z) = \frac{X(z)}{W(z)} = \frac{x_1 z^{-1} + x_2 z^{-2} + \dots + x_{N-1} z^{-(N-1)} + z^{-N} \frac{1}{1-z^{-1}}}{\frac{1}{1-z^{-1}}}$$

$$= x_1 z^{-1} + (x_2 - x_1) z^{-2} + (x_3 - x_2) z^{-3} + \dots + (1 - x_{N-1}) z^{-N}$$

Số mũ N trong công thức trên nói lên: Sau N bước, giá trị của ĐLĐC sẽ đuổi kịp giá trị đặt của đại lượng chủ đạo. Tuy nhiên, nguyên lý này cần được áp dụng thận trọng vì dễ gây nên các biến động lớn cho ĐLĐC khi xảy ra quá trình quá độ (xem ví dụ).

Hai ví dụ theo phương án tối giản



→ Cải thiện bằng cách đặt: $x_1 z^{-1} + (1 - x_1) z^{-2}$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.2 Thiết kế khâu ĐC kiểu bù (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.2.2 Các hạn chế của bộ ĐC kiểu bù

a) Tính khả thi của thuật toán:

• Khái niệm “tính khả thi”:

$$G(z) = \frac{\beta_0 + \beta_1 z^{-1} + \dots + \beta_m z^{-m}}{1 + \alpha_1 z^{-1} + \dots + \alpha_n z^{-n}}$$

Với $\alpha_n \neq 0$, phân thức $G(z)$ được coi là có tính khả thi nếu thỏa mãn $m \leq n$.

• Để bảo đảm tính khả thi của $G_W(z)$, phải thỏa mãn: $d_W \geq d_S$

$$\left. \begin{aligned} G_R(z) &= \frac{R_\nu(z^{-1})}{P_\mu(z^{-1})}; G_S(z) = \frac{B_m(z^{-1})}{A_n(z^{-1})} \\ \mu &\geq \nu; n \geq m; d_R = \mu - \nu; d_S = n - m \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{cases} G_W(z) = \frac{R_\nu B_m}{P_\mu A_n + R_\nu B_m} \\ d_W = (\mu - \nu) + (n - m) \end{cases}$$

Chú ý: Để hạn chế Computing Time, nên chọn d_R thấp. Ví dụ: $d_R = \mu - \nu = 0$

d_R, d_S, d_W : Bậc tương đối của $G_R(z), G_S(z), G_W(z)$

b) Giảm ước các điểm không và điểm cực:

Nếu mô hình $G_S(z)$ là chính xác so với đối tượng thực $G_{S0}(z)$, khi mắc nối tiếp $G_R(z)$ và $G_{S0}(z)$ trong vòng ĐC, điểm không và điểm cực sẽ giảm ước (bù) lẫn nhau. Đây là điều “khó xảy ra”, chúng chỉ có thể bù gần đúng. Vì lẽ đó: *Chỉ có thể sử dụng bộ ĐC bù cho các đối tượng có điểm cực và điểm không nằm khá sâu phía bên trong đường tròn đơn vị.*

$$G_R(z) = \frac{1}{G_S(z)} \frac{G_W(z)}{1 - G_W(z)}$$

c) Đáp ứng ở khoảng giữa các thời điểm trích mẫu:

$G_W(z)$ cho trước chỉ áp đặt đặc điểm của đáp ứng ra tại các thời điểm trích mẫu. Ở khoảng giữa có thể xảy ra dao động khi đối tượng có quán tính lớn và $G_W(z)$ có bậc thấp.

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.3 Thiết kế khâu ĐK kiểu Dead - Beat (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

Nguyên lý:

- Khâu Dead-Beat (DB) cho phép thực hiện quá trình quá độ trong khoảng thời gian hữu hạn định trước \Rightarrow Sai lệch ĐK bị triệt tiêu sau một lượng hữu hạn chu kỳ trích mẫu.
- Có thể thiết kế theo đặc tính chủ đạo hay đặc tính nhiễu.
- Nguyên lý điều chỉnh DB chỉ có thể thực hiện được trong các hệ thống ĐK số.

2.3.3.1 Thiết kế khâu Dead-Beat theo đặc tính chủ đạo

- Sai lệch ĐK $E(z)$ sẽ bị triệt tiêu sau đúng N chu kỳ tính, nếu $E(z)$ có dạng:
$$E(z) = \sum_{i=0}^{N-1} (e_i z^{-i}) \quad \text{tức là: } e_i = 0 \text{ với } i \geq N$$
- Điều đó, theo $E(z) = [1 - G_W(z)]W(z)$ chỉ xảy ra khi $G_W(z)$ là một đa thức hữu hạn $K(z^{-1})$ với tổng các hệ số bằng 1.

- Với:
$$G_W(z) = \frac{G_R(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)} G_S(z) = G_u(z)G_S(z) = G_u(z) \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}$$

$G_W(z)$ chỉ là một đa thức hữu hạn $K(z^{-1})$ khi có thể biểu diễn $G_u(z)$ dưới dạng một đa thức $M(z^{-1})$ hữu hạn và có khả năng khử $A(z^{-1})$ ở mẫu số.

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.3 Thiết kế khâu ĐK kiểu Dead - Beat (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.3.1 Thiết kế khâu Dead-Beat theo đặc tính chủ đạo (tiếp)

• Vậy:
$$G_S(z) = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} = \frac{G_W(z)}{G_u(z)} = \frac{K(z^{-1})}{M(z^{-1})} = \frac{L(z^{-1})B(z^{-1})}{L(z^{-1})A(z^{-1})}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} G_W(z) = K(z^{-1}) = L(z^{-1})B(z^{-1}) \\ G_u(z) = M(z^{-1}) = L(z^{-1})A(z^{-1}) \end{cases}$$

$L(z^{-1})$ là đa thức hữu hạn, cho phép thực hiện các yêu cầu về đặc tính ở chế độ xác lập, hay đặt trước biên độ của ĐLĐK ở quá trình quá độ.

$$G_R(z) = \frac{R(z^{-1})}{P(z^{-1})} = \frac{G_u(z)}{1 - G_W(z)} = \frac{L(z^{-1})A(z^{-1})}{1 - L(z^{-1})B(z^{-1})}$$

Hệ thống với hàm truyền đạt chủ đạo như bên có $(m + s)$ điểm cực nằm tại gốc tọa độ của miền z . Trong đó, m là bậc của đa thức tử số của hàm truyền đạt $G_S(z)$ của đối tượng điều khiển, s là bậc của đa thức $L(z^{-1})$ do ta chọn.

• Khâu Dead-Beat ở trên sẽ đem lại hàm truyền đạt chủ đạo như sau:

$$G_W(z) = L(z^{-1})B(z^{-1}) = K(z^{-1}) \\ = k_0 + k_1 z^{-1} + \dots + k_{m+s} z^{-m-s} = \frac{k_0 z^{m+s} + \dots + k_{m+s}}{z^{m+s}}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.3 Thiết kế khâu ĐK kiểu Dead - Beat (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.3.1 Thiết kế khâu Dead-Beat theo đặc tính chủ đạo (tiếp)

• Để đảm bảo khử sai lệch ĐK khi $w_k = 1^k$ (bước nhảy) cần có: $\lim_{k \rightarrow \infty} e_k = \lim_{z \rightarrow 1} \left\{ (1 - z^{-1}) \left[1 - L(z^{-1}) B(z^{-1}) \right] \frac{1}{1 - z^{-1}} \right\} = 0$

• Điều kiện trên được thỏa mãn khi $1 - L(1)B(1) = 0$, tức là khi ta chọn các hệ số của $L(z^{-1})$ thỏa mãn:

$$\sum_{i=0}^s l_i = 1 / \sum_{j=0}^m b_j$$

1. Đa thức $L(z^{-1})$ có dạng $L(z^{-1}) = l_0$

$$G_R(z) = \frac{l_0 A(z^{-1})}{1 - l_0 B(z^{-1})}$$

$$\Rightarrow l_0 = 1 / \sum_{j=0}^m b_j$$

Nhận xét: Do l_0 chỉ phụ thuộc vào các hệ số của $B(z^{-1})$, ta không thể tác động tới u_0 (biên độ của ĐLĐK khi $k = 0$) thông qua chọn l_0 .

1. Đa thức $L(z^{-1})$ có dạng $L(z^{-1}) = l_0 + l_1 z^{-1}$

$$G_R(z) = \frac{(l_0 + l_1 z^{-1}) A(z^{-1})}{1 - (l_0 + l_1 z^{-1}) B(z^{-1})} \Rightarrow l_0 + l_1 = 1 / \sum_{j=0}^m b_j$$

$$U(z) = L(z^{-1}) A(z^{-1}) W(z)$$

$$\Rightarrow u_k = l_0 a_0 w_k + (l_0 a_1 + l_1 a_0) w_{k-1} + \dots + l_1 a_n w_{k-n-1}$$

Giá trị khắc nghiệt nhất khi có $w_k = 1(k)$ là: $u_0 = l_0 a_0$

• Chọn l_0 sao cho u_0 không quá lớn:

$$\Rightarrow l_1 = \frac{1}{b_1 + b_2 + \dots + b_m} - \frac{u_0}{a_0}$$

• Dàn đều $u_0 = u_1$: $\Rightarrow l_0 = -l_1 a_0 / a_1$

$$l_0 = \frac{a_0}{(a_0 - a_1) \sum_{j=1}^m b_j}; l_1 = \frac{-a_1}{(a_0 - a_1) \sum_{j=1}^m b_j}$$

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.3 Thiết kế khâu ĐC kiểu Dead - Beat (tối ưu cấu trúc) cho hệ SISO

2.3.3.2 Thiết kế khâu Dead-Beat theo đặc tính nhiễu

- Khi cần khử nhiễu theo nguyên lý Dead-Beat, có thể tiến hành thiết kế tương tự. Đại lượng điều chỉnh $X(z)$ phải là một đa thức hữu hạn của z^{-1} , có bậc xác định bởi $B(z^{-1})$ và đa thức $L(z^{-1})$:

$$X(z) = L(z^{-1})B(z^{-1})$$

- Từ hàm truyền đạt nhiễu (trang 38) ta rút ra:

$$G_V(z) = \frac{X(z)}{V(z)} = \frac{G_S(z)}{1 + G_R(z)G_S(z)} \Rightarrow G_R(z) = \frac{V(z)}{X(z)} - \frac{1}{G_S(z)}$$

- Khi nhiễu có dạng $v^k = 1^k$ ta thu được khâu Dead-Beat sau:

$$G_R(z) = \frac{1 - (1 - z^{-1})L(z^{-1})A(z^{-1})}{(1 - z^{-1})L(z^{-1})B(z^{-1})}$$

- Tham số của $L(z^{-1})$ được xác định theo phương pháp tương tự ở mục 2.3.3a).
- Dễ dàng thấy rằng $G_R(z)$ có tác dụng khử các điểm không của đối tượng (do mẫu số chứa $B(z^{-1})$). Do các điểm không trong thực tiễn đôi khi nằm ngoài đường tròn đơn vị, khâu Dead-Beat có thể gây dao động và vì vậy bị hạn chế khả năng sử dụng.

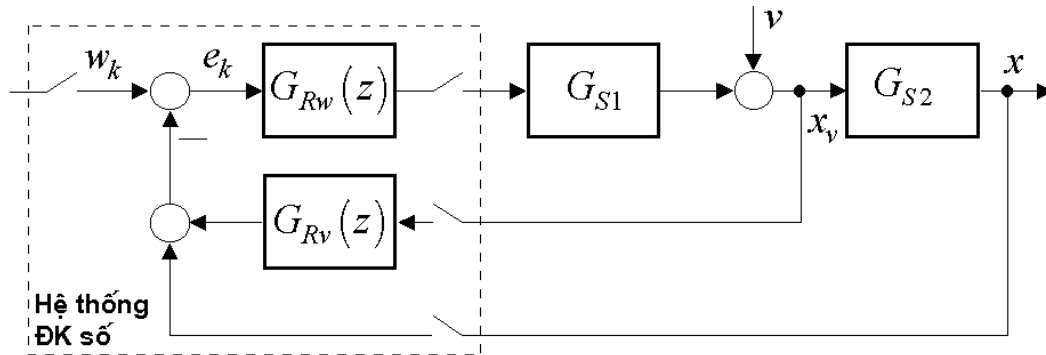
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.4 Thiết kế hệ thống ĐK số nhiều mạch vòng cho đối tượng SISO

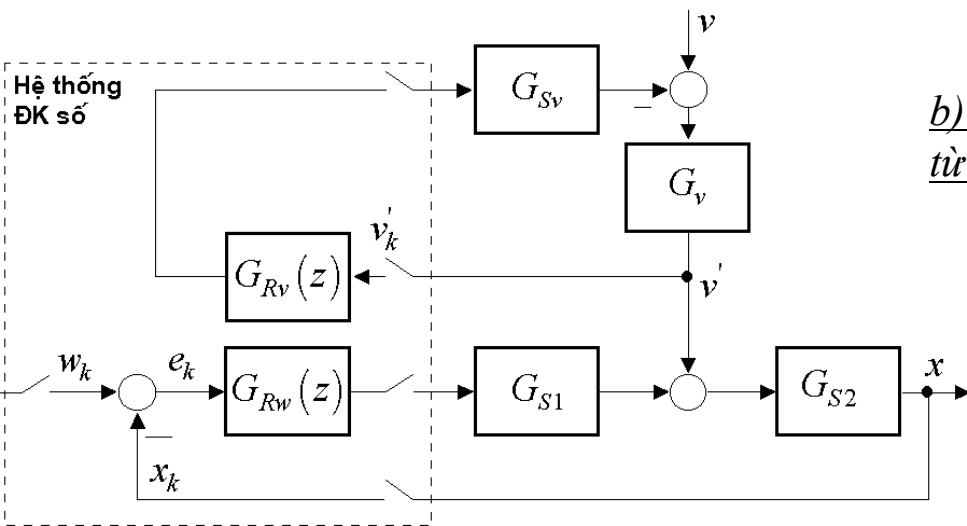
a) Cấu trúc có vòng bù nhiễu

Có tác dụng bù nhiễu v ở đầu vào của đối tượng khi nhiễu là đo được. Khâu ĐK chính được thiết kế như bình thường.



b) Cấu trúc có vòng ĐK chặn nhiễu ngay từ đầu vào của nhiễu

Đòi hỏi nhiễu phải là đo được, đồng thời phải có khả năng can thiệp ở đầu vào của nhiễu nhờ một thiết bị ĐK. Hai vòng ĐK được thiết kế hoàn toàn độc lập.



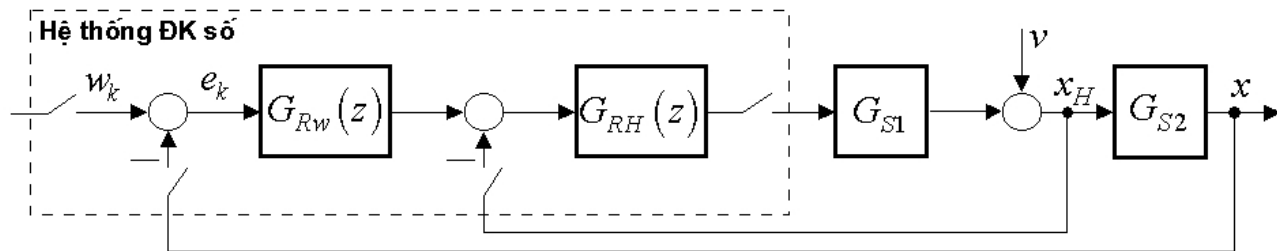
2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

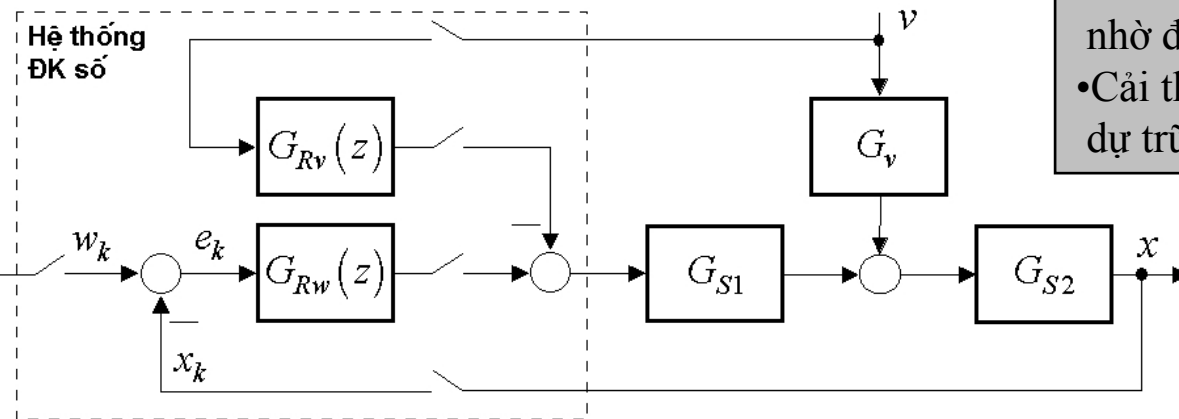
2.3.4 Thiết kế hệ thống ĐK số nhiều mạch vòng cho đối tượng SISO

c) Cấu trúc có nhiều vòng ĐK phân cấp

Đây là giải pháp quen biết, rất hay được sử dụng trong thực tiễn.



d) Cấu trúc có vòng ĐK phụ hỗ trợ ổn định

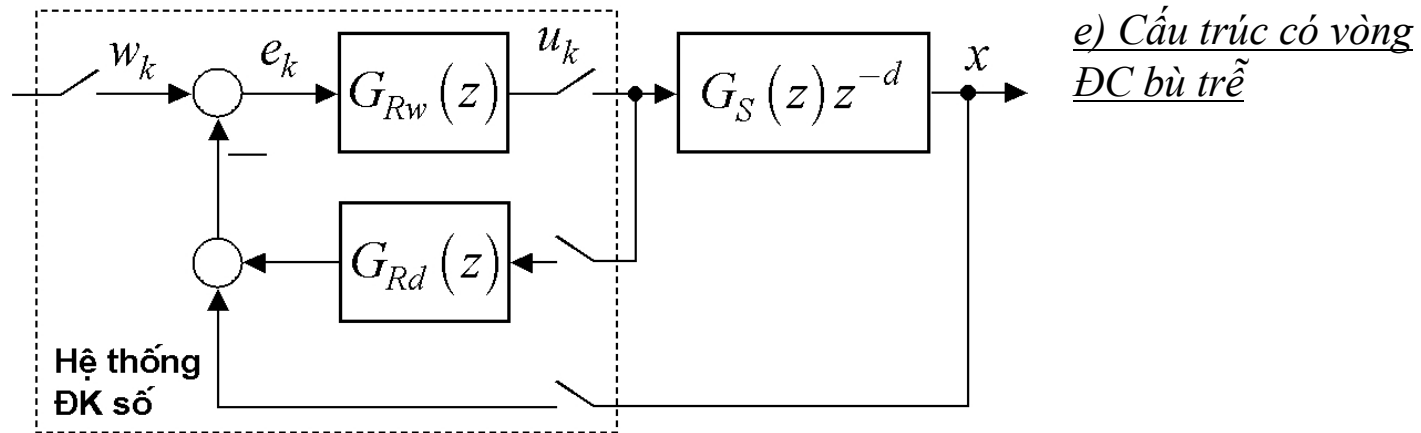


- Giảm tác động của nhiễu nhờ đại lượng ĐK phụ.
- Cải thiện động học và tăng dự trữ ổn định

2. ĐK có phản hồi đầu ra

2.3 Thiết kế trên miền thời gian gián đoạn

2.3.4 Thiết kế hệ thống ĐK số nhiều mạch vòng cho đối tượng SISO



• Đối tượng có trễ được mắc song song với G_{Rd} , có hàm truyền đạt sao cho mô hình chung không còn trễ:

$$G_s(z)z^{-d} + G_{Rd}(z) = G_s(z)$$

$$\Rightarrow G_{Rd}(z) = (1 - z^{-d})G_s(z)$$

• Hàm truyền đạt ban đầu:

$$G_w(z) = \frac{G_R(z)G_S(z)z^{-d}}{1 + G_R(z)G_S(z)z^{-d}}$$

• Sau khi bù sẽ chỉ còn:

$$G_w(z) = \frac{G_R(z)G_S(z)z^{-d}}{1 + G_R(z)G_S(z)}$$

Với đa thức mẫu số không còn chứa z^{-d}

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.1 Mô hình trạng thái liên tục và các tính chất

Xét mô hình (mục 1.3.2c) với n biến trạng thái, m biến vào và r biến ra:

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{q}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{x}(t) = \mathbf{C}\mathbf{q}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t) \end{cases}$$

a) Các tính chất quan trọng cần nhắc lại:

• *Giá trị riêng (eigenvalues) và vector giá trị riêng*: Điều kiện để hệ pt. tuyến tính thuần nhất $\mathbf{A}\mathbf{e} = \lambda\mathbf{e} \Rightarrow (\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I})\mathbf{e} = \mathbf{0}$ có nghiệm $\mathbf{e} \neq \mathbf{0}$ chỉ khi $\det(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = 0$

Chú ý: $P_n(\lambda) = 0$ là phương trình đặc tính. Ứng với mỗi nghiệm (mỗi giá trị riêng) λ_i ($i = 1, 2, \dots, n$) ta có thể tìm được từ hệ phương trình $(\mathbf{A} - \lambda_i\mathbf{I})\mathbf{e}_i = \mathbf{0}$ một vector giá trị riêng \mathbf{e}_i tương ứng.

• Quan hệ giữa *giá trị riêng* và *đặc điểm ổn định* của hệ:

• *Định lý Cayley–Hamilton*: Mỗi ma trận toàn phương đều thỏa mãn pt. đặc tính của chính nó.

$$\det(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = \begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} - \lambda \end{vmatrix} =$$
$$= P_n(\lambda) = (-1)^n \lambda^n + a_{n-1} \lambda^{n-1} + \cdots + a_1 \lambda + a_0 = 0$$

Phương trình $\det(s\mathbf{I} - \mathbf{A}) = 0$ là pt. đặc tính, với $\det(s\mathbf{I} - \mathbf{A})$ là đa thức mẫu số của hàm/ma trận truyền đạt của đối tượng SISO/MIMO.

$$\det(\mathbf{A} - \lambda\mathbf{I}) = P_n(\lambda) = (-1)^n \lambda^n + a_{n-1} \lambda^{n-1} + \cdots + a_1 \lambda + a_0 = 0$$
$$\Rightarrow P_n(\mathbf{A}) = (-1)^n \mathbf{A}^n + a_{n-1} \mathbf{A}^{n-1} + \cdots + a_1 \mathbf{A} + a_0 = \mathbf{0}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.1 Mô hình trạng thái liên tục và các tính chất

b) *Phép chuyển hệ tọa độ trạng thái và tác động tới giá trị riêng:*

• Định nghĩa vector trạng thái mới: $\underline{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{T}\mathbf{q}(t) \Rightarrow \mathbf{q}(t) = \mathbf{T}^{-1}\underline{\mathbf{q}}(t)$

• Đạo hàm cả 2 vế: $\underline{\dot{\mathbf{q}}}(t) = \mathbf{T}\dot{\mathbf{q}}(t) \Rightarrow \underline{\dot{\mathbf{q}}}(t) = \mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{q}(t) + \mathbf{T}\mathbf{B}\mathbf{u}(t)$
 $\Rightarrow \underline{\dot{\mathbf{q}}}(t) = \underbrace{\mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{T}^{-1}}_{\underline{\mathbf{A}}}\underline{\mathbf{q}}(t) + \underbrace{\mathbf{T}\mathbf{B}}_{\underline{\mathbf{B}}}\mathbf{u}(t)$

• Phương trình đầu ra: $\mathbf{x}(t) = \mathbf{C}\mathbf{q}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t) = \underbrace{\mathbf{C}\mathbf{T}^{-1}}_{\underline{\mathbf{C}}}\underline{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t)$

• Thay thế vào mô hình ban đầu: $\underline{\mathbf{A}} = \mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{T}^{-1}; \underline{\mathbf{B}} = \mathbf{T}\mathbf{B}; \underline{\mathbf{C}} = \mathbf{C}\mathbf{T}^{-1}; \underline{\mathbf{D}} = \mathbf{D}$

• Mô hình trạng thái mới:
$$\begin{cases} \underline{\dot{\mathbf{q}}}(t) = \underline{\mathbf{A}}\underline{\mathbf{q}}(t) + \underline{\mathbf{B}}\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{x}(t) = \underline{\mathbf{C}}\underline{\mathbf{q}}(t) + \underline{\mathbf{D}}\mathbf{u}(t) \end{cases} \quad \text{với} \quad \underline{\mathbf{q}}(t_0) = \mathbf{T}\mathbf{q}(t_0)$$

Quan trọng: \mathbf{T} là phép chuyển hệ tương đương không làm thay đổi bản chất vật lý - kỹ thuật của hệ. Cả hai hệ đều có chung vector biến vào $\mathbf{u}(t)$ và vector biến ra $\mathbf{x}(t)$. Giá trị riêng (nghiệm của phương trình đặc tính) của hệ thống là bất biến sau phép chuyển hệ tương đương.

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.1 Mô hình trạng thái liên tục và các tính chất

c) Tính điều khiển được

Hệ MIMO nói trên sẽ là *điều khiển được hoàn toàn* khi và chỉ khi ma trận (n, nm) sau đây:

$$\mathbf{Q}_C = [\mathbf{B}, \mathbf{A}\mathbf{B}, \dots, \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B}]$$

có hạng là n . Nghĩa là, *ma trận điều khiển* \mathbf{Q}_C phải chứa n vector cột độc lập tuyến tính. Khi đối tượng là SISO, ma trận điều khiển có kích cỡ (n, n) và công thức:

$$\mathbf{Q}_C = [\mathbf{b}, \mathbf{A}\mathbf{b}, \dots, \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{b}]$$

và n vector cột $\mathbf{A}^i\mathbf{b}$ ($i = 0, 1, 2, \dots$) phải là các vector độc lập tuyến tính.

Chú ý: Để kiểm tra tính ĐK được của hệ SISO chỉ cần kiểm tra điều kiện $\det\mathbf{Q}_C \neq 0$.

d) *Dạng chuẩn điều khiển:* Sử dụng phép chuyển hệ tọa độ trạng thái sau: $\mathbf{T} = \mathbf{Q}_C^{-1}$

e) Tính quan sát được

Hệ MIMO nói trên sẽ là *quan sát được hoàn toàn* khi và chỉ khi ma trận (nr, n) bên có hạng là n . Nghĩa là, *ma trận quan sát* \mathbf{Q}_O phải chứa n vector hàng độc lập tuyến tính.

$$\mathbf{Q}_O = \begin{bmatrix} \mathbf{C} \\ \mathbf{C}\mathbf{A} \\ \vdots \\ \mathbf{C}\mathbf{A}^{n-1} \end{bmatrix}$$

Khi đối tượng là SISO, ma trận quan sát bên với kích cỡ (n, n) có hạng n và n vector hàng $\mathbf{c}^T\mathbf{A}^i$ ($i = 0, 1, 2, \dots$) phải là các vector hàng độc lập tuyến tính:

$$\mathbf{Q}_O = \begin{bmatrix} \mathbf{c}^T \\ \mathbf{c}^T\mathbf{A} \\ \vdots \\ \mathbf{c}^T\mathbf{A}^{n-1} \end{bmatrix}$$

Chú ý: Để kiểm tra tính QS được của hệ SISO chỉ cần kiểm tra điều kiện $\det\mathbf{Q}_O \neq 0$.

f) *Dạng chuẩn quan sát:* Sử dụng phép chuyển hệ tọa độ trạng thái sau: $\mathbf{T} = \mathbf{Q}_O^{-1}$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.1 Mô hình trạng thái liên tục và các tính chất

g) Dạng chuẩn Jordan (chuẩn modale):

Giả sử đối tượng có n giá trị riêng **khác nhau** $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ với n vector riêng độc lập $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n$.

• Thiết lập ma trận toàn phương \mathbf{M} : $\mathbf{M} = [\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n]$

• Chọn ma trận chuyển hệ tọa độ \mathbf{T} : $\mathbf{T} = \mathbf{M}^{-1} \Rightarrow \mathbf{T}^{-1} = \mathbf{M}$

• Hãy xét $\underline{\mathbf{A}} = \mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{T}^{-1}$, ta có: $\mathbf{M}\underline{\mathbf{A}} = \mathbf{A}\mathbf{M} \Rightarrow [\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n]\underline{\mathbf{A}} = [\mathbf{A}\mathbf{e}_1, \mathbf{A}\mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{A}\mathbf{e}_n]$

• Vì $\mathbf{e}_i \lambda_i = \mathbf{A}\mathbf{e}_i$, phương trình trên chỉ thỏa mãn khi và chỉ khi ma trận $\underline{\mathbf{A}} = \mathbf{T}\mathbf{A}\mathbf{T}^{-1}$ là ma trận đường chéo $\underline{\mathbf{\Lambda}}$:

$$\underline{\mathbf{A}} = \underbrace{\mathbf{M}^{-1}}_{\mathbf{T}} \mathbf{A} \underbrace{\mathbf{M}}_{\mathbf{T}^{-1}} = \underline{\mathbf{\Lambda}} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_n \end{bmatrix}$$

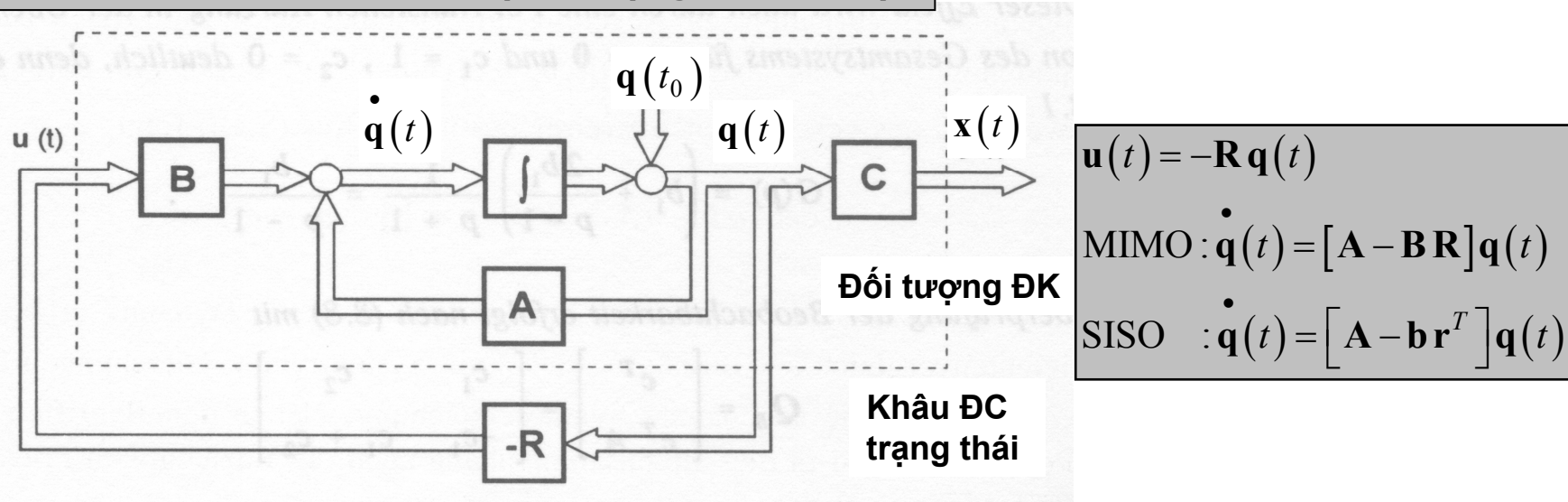
• Từ đó thu được mô hình dạng chuẩn Jordan (còn gọi là chuẩn modale), cho phép thiết kế bộ ĐK *gán các điểm cực không tương tác lẫn nhau.*

$$\begin{cases} \dot{\underline{\mathbf{q}}}(t) = \underline{\mathbf{\Lambda}} \underline{\mathbf{q}}(t) + \underbrace{\mathbf{M}^{-1} \mathbf{B}}_{\underline{\mathbf{B}}} \mathbf{u}(t) \\ \mathbf{x}(t) = \underbrace{\mathbf{C} \mathbf{M}}_{\underline{\mathbf{C}}} \underline{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{D} \mathbf{u}(t) \end{cases} \quad \underline{\mathbf{q}}(t_0) = \mathbf{M}^{-1} \mathbf{q}(t_0)$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.2 Cấu trúc cơ sở của hệ ĐK trạng thái liên tục



a) Thiết kế theo phương pháp gán cực

Phương trình đặc tính của vòng ĐK khép kín có dạng: $\det [sI - (A - BR)] = \prod_{i=1}^n (s - s_i)$

Khi cho trước s_i nhằm đạt được một đặc tính động học nhất định, nếu so sánh hệ số hai vế của phương trình trên ta sẽ thu được một hệ có n phương trình của $(m \times n)$ phần tử thuộc R . Đó là hệ phương trình phục vụ tổng hợp khâu ĐC. Các thiết kế có tên Ackermann (hệ SISO), modale (hệ MIMO).

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.2 Cấu trúc cơ sở của hệ ĐK trạng thái liên tục

b) Thiết kế theo tiêu chuẩn chất lượng

Hàm mục tiêu (hàm chất lượng) được định nghĩa:

$$I = \int_0^{\infty} [\mathbf{q}^T(t) \mathbf{Q} \mathbf{q}(t) + \mathbf{u}^T(t) \mathbf{S} \mathbf{u}(t)] dt$$

- Ma trận \mathbf{R} cần được thiết kế sao cho I đạt được giá trị bé nhất. Hai vector trạng thái $\mathbf{q}(t)$ và đầu vào $\mathbf{u}(t)$ tham gia vào tiêu chuẩn chất lượng qua hai ma trận trọng số \mathbf{Q} và \mathbf{S} . Đó là hai ma trận hằng, toàn phương và xác định dương (positive definite).
- Khi chọn $t = \infty$ ta thu được \mathbf{R} là một ma trận hằng. Khi chọn t là một giá trị hữu hạn, ta thu được ma trận $\mathbf{R}(t)$. Khi tìm \mathbf{R} sao cho I đạt giá trị tối thiểu ta sẽ phải giải phương trình Riccati.

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

a) Hệ ĐK trạng thái có khâu lọc đầu vào

Sau khi đã thiết lập đặc tính động học của hệ thông qua thiết kế \mathbf{R} , có thể bổ sung thêm khâu (ma trận) lọc đầu vào \mathbf{K}_{VF} để cải thiện đặc tính tĩnh (Ví dụ: xác lập điểm làm việc, phân kênh tĩnh).

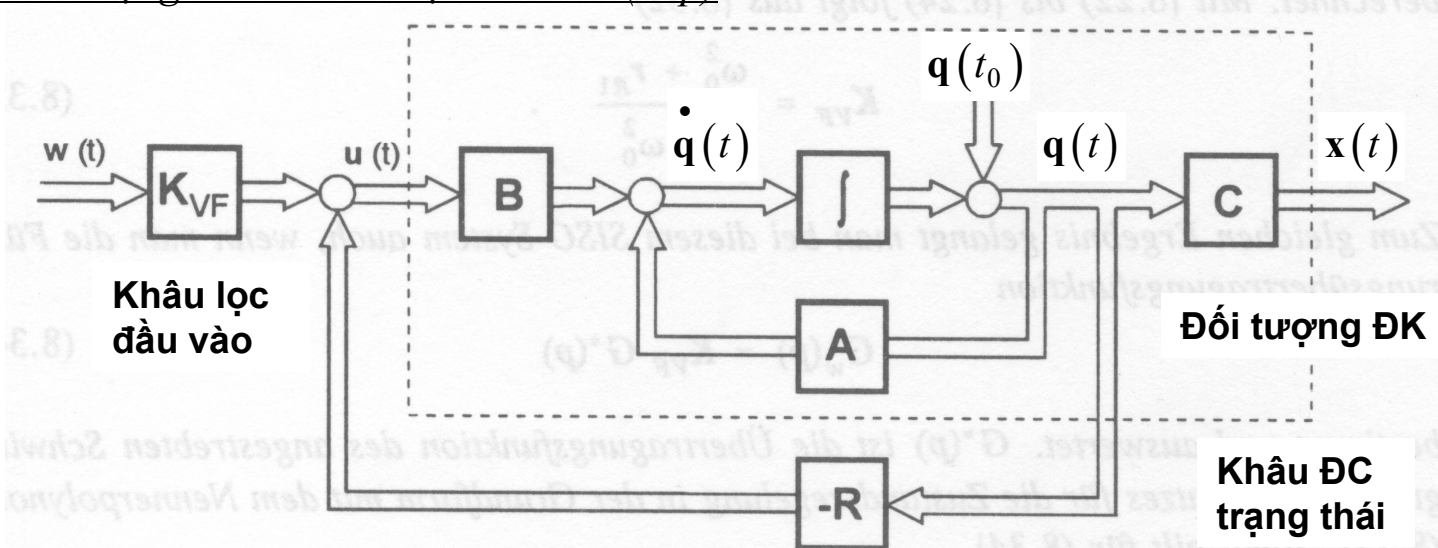
$$\dot{\mathbf{q}}(t) = [\mathbf{A} - \mathbf{B} \mathbf{R}] \mathbf{q}(t) + \mathbf{B} \mathbf{K}_{VF} \mathbf{w}(t)$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

a) Hệ ĐK trạng thái có khâu lọc đầu vào (tiếp)



• Khi vector chủ đạo w là hằng, sau khi quá trình quá độ – với động học do R quyết định – đã qua, vector trạng thái xác lập là q_∞ , với:

$$\dot{q}(t) = 0$$

• Vậy ta đặt điều kiện: $x_\infty = C q_\infty = w$ Điều kiện đó thỏa mãn khi chọn:

$$K_{VF} = \left[C(BR - A)^{-1} B \right]^{-1}$$

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

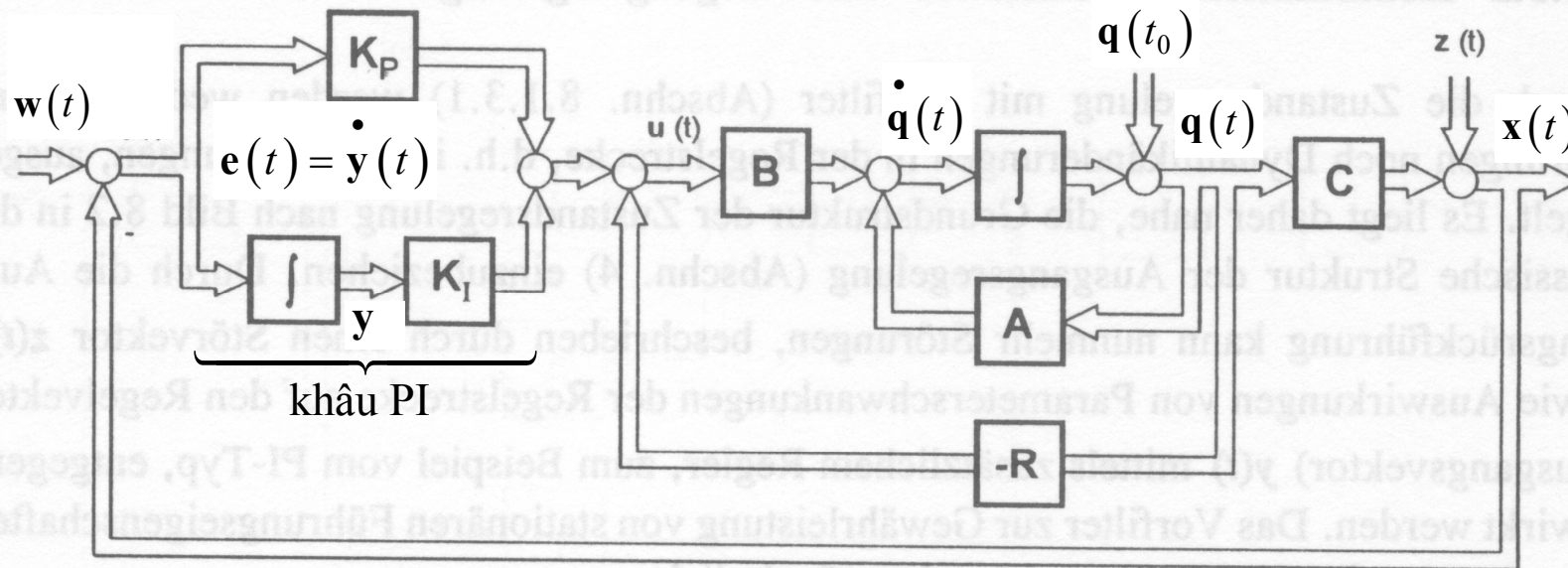
3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

b) *Kết hợp hệ ĐK trạng thái với ĐK có hồi tiếp vector biến ra*

Khi $w = 0, z = 0$ ta có:

Bằng khâu lọc đầu vào K_{VF} ta không thể cải thiện được động học, không thể khử được nhiễu. Có thể sử dụng ĐK trạng thái ở vòng trong cùng, kết hợp với hồi tiếp vector biến ra và dùng một khâu PI (hình dưới) để khử nhiễu, hay bù biến động tham số của đối tượng vv...

$$\begin{aligned} u(t) &= -Rq(t) - K_p C q(t) + K_I y(t) \\ \dot{q}(t) &= Aq(t) + Bu(t) \\ \dot{y}(t) &= -x(t) = -Cq(t) \end{aligned}$$



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

b) Kết hợp hệ ĐK trạng thái với ĐK có hồi tiếp vector biến ra (tiếp)

• Mô hình trạng thái mở rộng của đối tượng ĐK:

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{q}}(t) \\ \dot{\mathbf{y}}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ -\mathbf{C} & \mathbf{0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}(t) \\ \mathbf{y}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{B} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \mathbf{u}(t)$$

• Hàm ĐK trạng thái mới:

$$\mathbf{u}(t) = -[\mathbf{R} + \mathbf{K}_P \mathbf{C}, \mathbf{K}_I] \begin{bmatrix} \mathbf{q}(t) \\ \mathbf{y}(t) \end{bmatrix}$$

- Ma trận ĐC mới có kích cỡ $(m, n+r)$ có thể được thiết kế theo các phương pháp ở mục 3.1.2, áp dụng cho đối tượng mới với mô hình trạng thái mở rộng $(n+r, n+r)$.
- Điều kiện để tìm được thiết kế là *tính ĐK được của mô hình mở rộng*. Tính ĐK được tồn tại khi mô hình ban đầu $\dot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{q}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t)$ là ĐK được hoàn toàn và ma trận:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ -\mathbf{C} & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

có hạng $n+r$ (có rang $n+r$).

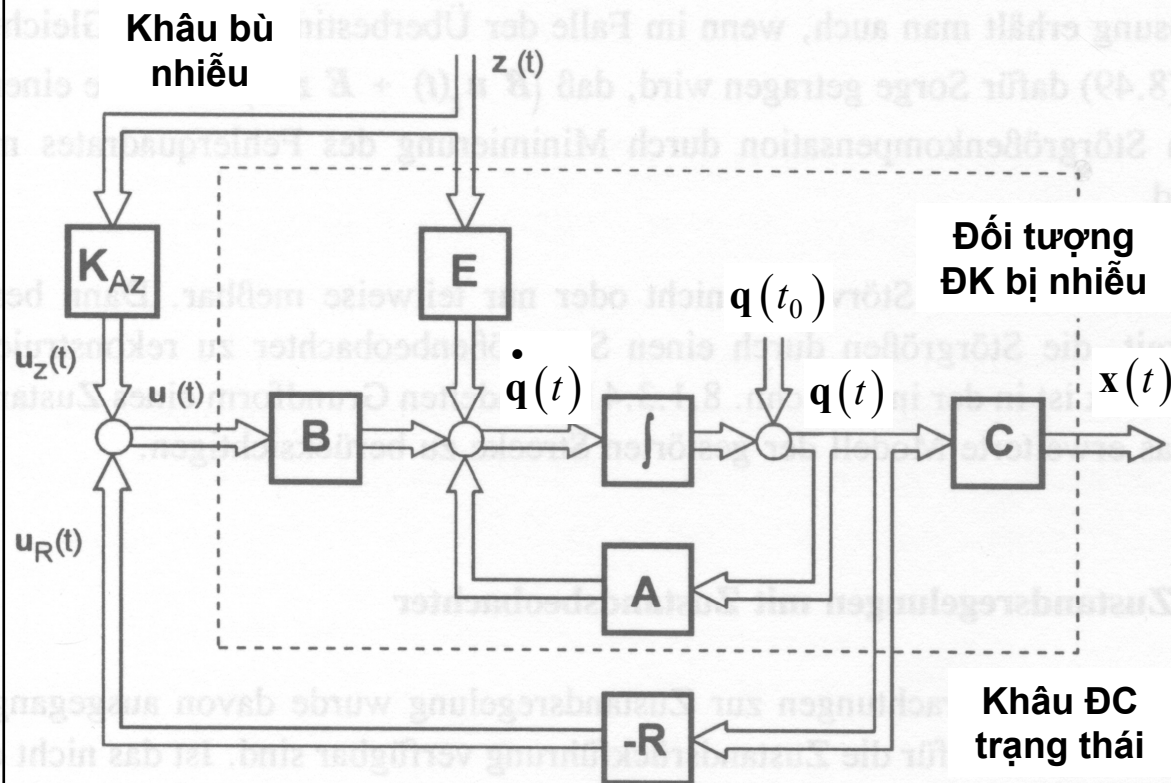
- Trong cấu trúc mới, các thành phần tích phân I khử triệt để độ dư sai lệch ĐC. Vì vậy có thể bỏ qua khâu lọc đầu vào \mathbf{K}_{VF} .

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

c) Hệ ĐK trạng thái có bù nhiễu



- Điều kiện để có thể thực hiện bù: Phải đo được nhiễu. Nhiễu tác động vào đối tượng qua ma trận $E (n, m)$. Việc bù được thực hiện bằng ma trận bù K_{Az} .

$$\dot{q}(t) = A q(t) + B u_R(t) + B u_z(t) + E z(t)$$

- Việc thiết kế khâu ĐC trạng thái không thay đổi. Nhiễu bị triệt tiêu khi:

$$B u_z(t) + E z(t) = 0$$

- Ma trận bù K_{Az} có dạng:

$$K_{Az} = -(B^T B)^{-1} B^T E$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái liên tục

Khi không thể đo các biến trạng thái, ta phải dùng *khâu QS* Luenberger với cấu trúc ở hình bên phải để tính các biến đó. Điều kiện: đối tượng ĐK phải bảo đảm tính quan sát được.

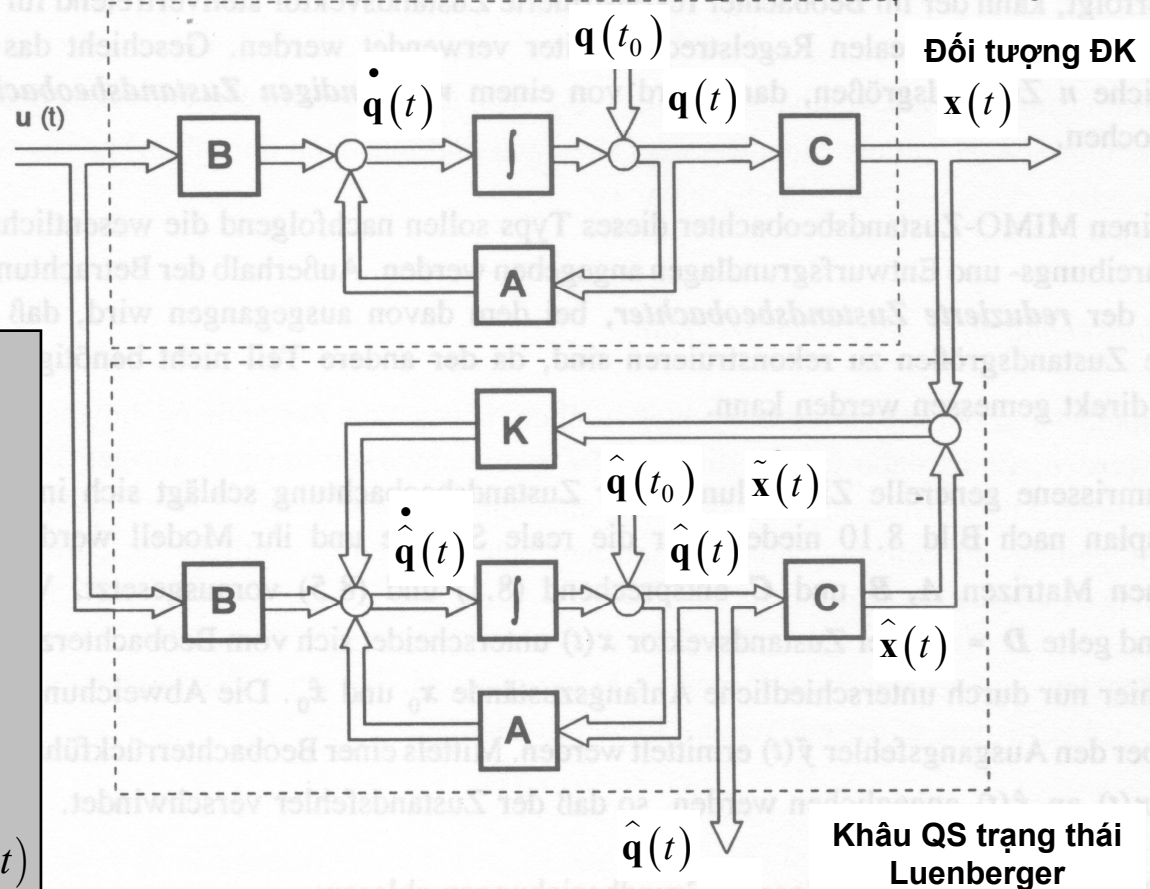
• Mô hình trạng thái của đối tượng và của khâu QS:

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{q}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \\ \dot{\hat{\mathbf{q}}}(t) = \mathbf{A}\hat{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) + \mathbf{K}\tilde{\mathbf{x}}(t) \end{cases}$$

• Mô hình của sai số QS:

$$\begin{cases} \tilde{\mathbf{q}}(t) = \mathbf{q}(t) - \hat{\mathbf{q}}(t) \\ \dot{\tilde{\mathbf{q}}}(t) = \dot{\mathbf{q}}(t) - \dot{\hat{\mathbf{q}}}(t) = (\mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C})\tilde{\mathbf{q}}(t) \end{cases}$$

d) Hệ ĐK trạng thái sử dụng khâu quan sát (QS) trạng thái



3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.1 Ôn lại các kiến thức cơ sở

3.1.3 Các cấu trúc mở rộng của hệ ĐK trạng thái

d) Hệ ĐK trạng thái sử dụng khâu quan sát (QS) trạng thái (tiếp)

- Ma trận \mathbf{K} được thiết kế sao cho các giá trị riêng của ma trận $(\mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C})$ có thành phần thực âm. Việc thiết kế theo phương pháp gán cực chỉ có thể thực hiện khi đối tượng là QS được toàn phần.
- Khi sử dụng vector $\hat{\mathbf{q}}(t)$ để ĐK ta có:
- Vậy mô hình hệ thống tổng thể là:

$$\begin{aligned} \mathbf{u}(t) &= -\mathbf{R}\hat{\mathbf{q}}(t) \\ \Rightarrow \dot{\mathbf{q}}(t) &= [\mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{R}]\mathbf{q}(t) + \mathbf{B}\mathbf{R}\tilde{\mathbf{q}}(t) \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{q}}(t) \\ \dot{\tilde{\mathbf{q}}}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{R} & \mathbf{B}\mathbf{R} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}(t) \\ \tilde{\mathbf{q}}(t) \end{bmatrix}$$

- Với phương trình đặc tính:

$$N_G(s) = \det \begin{bmatrix} \underbrace{s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{R})}_{\text{State Controller: } N_{SC}(s)} & -\mathbf{B}\mathbf{R} \\ \mathbf{0} & \underbrace{s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C})}_{\text{Observer: } N_O(s)} \end{bmatrix} = 0$$

- Vậy:

$$N_G(s) = N_{SC}(s) N_O(s) = \det[s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{B}\mathbf{R})] \cdot \det[s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{K}\mathbf{C})] = 0$$

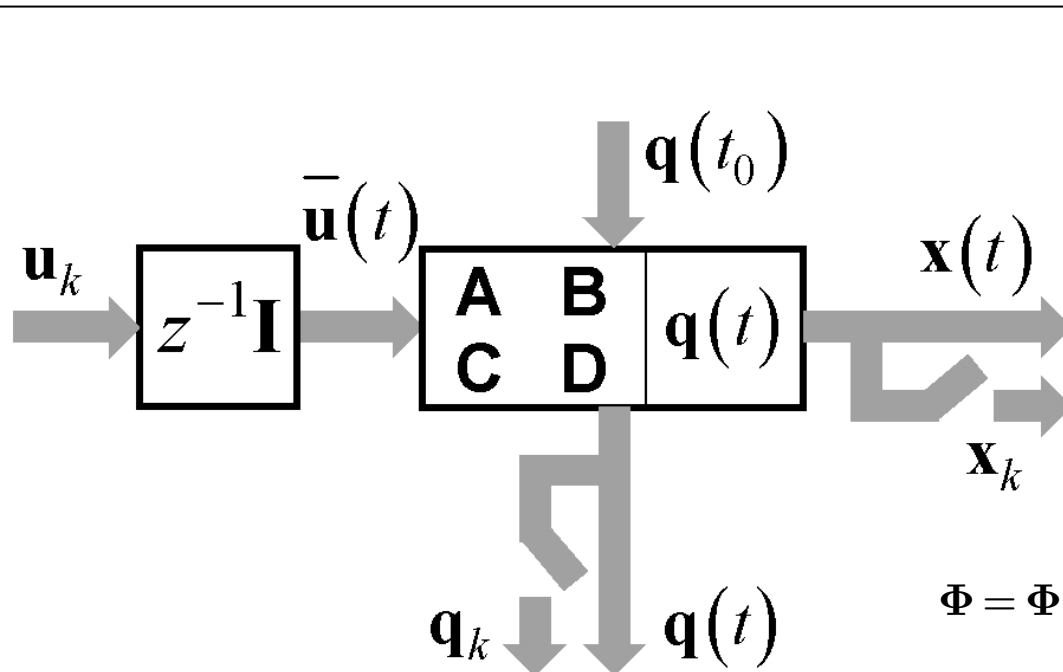
Phương trình đặc tính mới cho thấy rõ: Điểm cực của vòng QS không hề di chuyển vị trí điểm cực của vòng ĐC. Việc gán điểm cực cho hai vòng ĐC và QS có thể thực hiện hoàn toàn độc lập với nhau (nguyên lý phân ly, Separation Principle).

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.2 Mô hình trạng thái gián đoạn

3.2.1 Mô hình

Mục 1.3.2c) đã xây dựng mô hình trạng thái gián đoạn cho các đối tượng ĐK với bản chất liên tục (hình dưới: đối tượng MIMO) như bên cạnh:



$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C} \mathbf{q}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k \end{cases}$$

$$\Phi = \Phi(T) = e^{\mathbf{A}T}$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}(T) = \int_0^T \Phi(\nu) d\nu \mathbf{B}; \mathbf{H}(T) = \mathbf{A}^{-1} [\Phi(T) - \mathbf{I}] \mathbf{B}$$

• Khi đối tượng ĐK là hệ SISO:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{h} u_k \\ x_k = \mathbf{c}^T \mathbf{q}_k + d u_k \end{cases}$$

$$\Phi = \Phi(T) = e^{\mathbf{A}T}; \mathbf{h} = \mathbf{h}(T) = \int_0^T \Phi(\nu) d\nu \mathbf{b}$$

$$\mathbf{h}(T) = \mathbf{A}^{-1} [\Phi(T) - \mathbf{I}] \mathbf{b}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.2 Mô hình trạng thái gián đoạn

3.2.2 Chuyển hệ tọa trạng thái cho mô hình

Tương tự mục 3.1.1a), ta có thể thực hiện phép chuyển hệ tọa độ \mathbf{T} cho mô hình trạng thái gián đoạn nhằm thu được mô hình mới với những đặc điểm thuận lợi cho quá trình thiết kế bộ ĐK hay bộ QS.

• Định nghĩa vector trạng thái mới: $\underline{\mathbf{q}}_k = \mathbf{T} \mathbf{q}_k \Rightarrow \mathbf{q}_k = \mathbf{T}^{-1} \underline{\mathbf{q}}_k$

• Xét thời điểm sau đây 1 chu kỳ: $\underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \mathbf{T} \mathbf{q}_{k+1} \Rightarrow \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \mathbf{T} \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{T} \mathbf{H} \mathbf{u}_k$
 $\Rightarrow \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \underbrace{\mathbf{T} \Phi \mathbf{T}^{-1}}_{\underline{\Phi}} \underline{\mathbf{q}}_k + \underbrace{\mathbf{T} \mathbf{H}}_{\underline{\mathbf{H}}} \mathbf{u}_k$

• Phương trình đầu ra: $\mathbf{x}_k = \mathbf{C} \mathbf{q}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k = \underbrace{\mathbf{C} \mathbf{T}^{-1}}_{\underline{\mathbf{C}}} \underline{\mathbf{q}}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k$

• Thay thế vào mô hình ban đầu: $\underline{\Phi} = \mathbf{T} \Phi \mathbf{T}^{-1}; \underline{\mathbf{H}} = \mathbf{T} \mathbf{H}; \underline{\mathbf{C}} = \mathbf{C} \mathbf{T}^{-1}; \underline{\mathbf{D}} = \mathbf{D}$

• Mô hình trạng thái mới:

$$\begin{cases} \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \underline{\Phi} \underline{\mathbf{q}}_k + \underline{\mathbf{H}} \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \underline{\mathbf{C}} \underline{\mathbf{q}}_k + \underline{\mathbf{D}} \mathbf{u}_k \end{cases}$$

Chú ý: Trong thực tiễn ta cũng có thể thực hiện phép chuyển hệ tọa độ trạng thái cho mô hình liên tục trước, sau đó mới thực hiện gián đoạn hóa theo phương pháp đã trình bày ở mục 1.3.2c).

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.3 Tính ĐK được, QS được và các dạng chuẩn

3.3.1 Tính điều khiển được và dạng chuẩn điều khiển

• Một đối tượng MIMO mô tả bởi $\mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k$ là ĐK được hoàn toàn khi và chỉ khi: Có thể đưa đối tượng chuyển từ trạng thái ban đầu bất kỳ $\mathbf{q}(0)$ tới trạng thái cuối cùng $\mathbf{q}(N)$ sau đúng N chu kỳ trích mẫu T .

• Để bảo đảm điều đó, ma trận ĐK (n, nm) \mathbf{Q}_C phải có hạng n . Tức là \mathbf{Q}_C phải chứa n vector cột độc lập tuyến tính. Với:

$$\mathbf{Q}_C = [\mathbf{H}, \Phi \mathbf{H}, \dots, \Phi^{n-1} \mathbf{H}]$$

• Chuyển sang dạng chuẩn ĐK khi đối tượng là ĐK được: $\mathbf{T} = \mathbf{Q}_C^{-1}$

3.3.2 Tính quan sát được và dạng chuẩn quan sát

• Một đối tượng MIMO mô tả bởi $\mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k$ và có vector biến ra $\mathbf{x}_k = \mathbf{C} \mathbf{q}_k$ là QS được hoàn toàn khi và chỉ khi: Có thể xác định được trạng thái ban đầu bất kỳ $\mathbf{q}(0)$ sau một lượng hữu hạn chu kỳ trích mẫu T , khi ở thời điểm thứ k biết vector biến vào \mathbf{u}_k và đo được vector biến ra \mathbf{x}_k .

• Để bảo đảm điều đó, ma trận QS (nr, n) \mathbf{Q}_O phải có hạng n . Tức là \mathbf{Q}_O phải chứa n vector hàng độc lập tuyến tính. Với:

$$\mathbf{Q}_O = \begin{bmatrix} \mathbf{C} \\ \mathbf{C} \Phi \\ \vdots \\ \mathbf{C} \Phi^{n-1} \end{bmatrix}$$

• Chuyển sang dạng chuẩn QS khi đối tượng là QS được: $\mathbf{T} = \mathbf{Q}_O^{-1}$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.3 Tính ĐK được, QS được và các dạng chuẩn

3.3.3 Dạng chuẩn Jordan (chuẩn modale, chuẩn đường chéo)

Điều kiện: Đối tượng là ĐK và QS được, có n giá trị riêng *khác nhau* $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ với n vector riêng độc lập $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n$.

- Từ đó thu được mô hình dạng chuẩn Jordan (còn gọi là chuẩn modale, chuẩn đường chéo), cho phép thiết kế bộ ĐK *gán các điểm cực không tương tác lẫn nhau*.

$$\begin{cases} \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \Lambda \underline{\mathbf{q}}_k + \underbrace{\mathbf{M}^{-1} \mathbf{H}}_{\underline{\mathbf{H}}} \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \underbrace{\mathbf{C} \mathbf{M}}_{\underline{\mathbf{C}}} \underline{\mathbf{q}}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \underline{\mathbf{q}}_{k+1} = \Lambda \underline{\mathbf{q}}_k + \underline{\mathbf{H}} \mathbf{u}_k \\ \mathbf{x}_k = \underline{\mathbf{C}} \underline{\mathbf{q}}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k \end{cases} \quad \text{với: } \underline{\mathbf{q}}_k = \mathbf{M}^{-1} \mathbf{q}_k$$

• Trong đó:

$$\mathbf{M} = [\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_n]; \Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_n \end{bmatrix} = \underline{\Phi} = \underbrace{\mathbf{M}^{-1}}_{\underline{\mathbf{T}}} \Phi \underbrace{\mathbf{M}}_{\underline{\mathbf{T}}^{-1}}$$

Chú ý: Với các đối tượng kỹ thuật mà ta có thể chỉ ra được ý nghĩa của từng điểm cực đối với từng đặc tính kỹ thuật cụ thể, ta có thể tác động tới một đặc tính nhất định mà không ảnh hưởng tới các đặc tính khác nhờ thiết kế modale, cho phép chỉ di chuyển duy nhất điểm cực tương ứng.

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.3 Tính ĐK được, QS được và các dạng chuẩn

3.3.4 Tìm mô hình chuẩn ĐK, chuẩn QS của đối tượng SISO từ hàm truyền đạt

• *Mô hình truyền đạt* của đối tượng SISO không trễ (với đối tượng có quán tính giá trị $b_0 = 0$):

$$G_S(z) = \frac{X(z)}{U(z)} = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{1 + a_1 z^{-1} + \dots + a_m z^{-m}} = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}$$

• *Mô hình trạng thái gián đoạn* của đối tượng SISO (với đối tượng có quán tính giá trị $d = 0$):

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{h} u_k \\ x_k = \mathbf{c}^T \mathbf{q}_k + d u_k \end{cases}$$

• *Dạng chuẩn ĐK:*

(chỉ số C : Controllability)

Dạng chuẩn ĐK có vector ĐK \mathbf{h}_C đặc biệt đơn giản. Đây là dạng rất thuận lợi khi thiết kế bộ ĐK.

$$\Phi_C = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_m & -a_{m-1} & \dots & -a_1 \end{bmatrix}; \mathbf{h}_C = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; \mathbf{c}_C = \begin{bmatrix} b_m \\ \vdots \\ b_2 \\ b_1 \end{bmatrix}$$

• *Dạng chuẩn QS:*

(chỉ số O : Observability)

Dạng chuẩn QS có vector đầu ra \mathbf{c}_O đặc biệt đơn giản. Đây là dạng rất thuận lợi khi thiết kế bộ QS.

$$\Phi_O = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0 & -a_m \\ 1 & \dots & 0 & -a_{m-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 & -a_1 \end{bmatrix}; \mathbf{h}_O = \begin{bmatrix} b_m \\ b_{m-1} \\ \vdots \\ b_1 \end{bmatrix}; \mathbf{c}_O = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.4 Cấu trúc cơ bản trên không gian trạng thái

- Vòng ĐK khép kín sẽ có hàm ĐK và phương trình chuyển trạng thái như sau:

$$\mathbf{u}_k = -\mathbf{R} \mathbf{q}_k$$

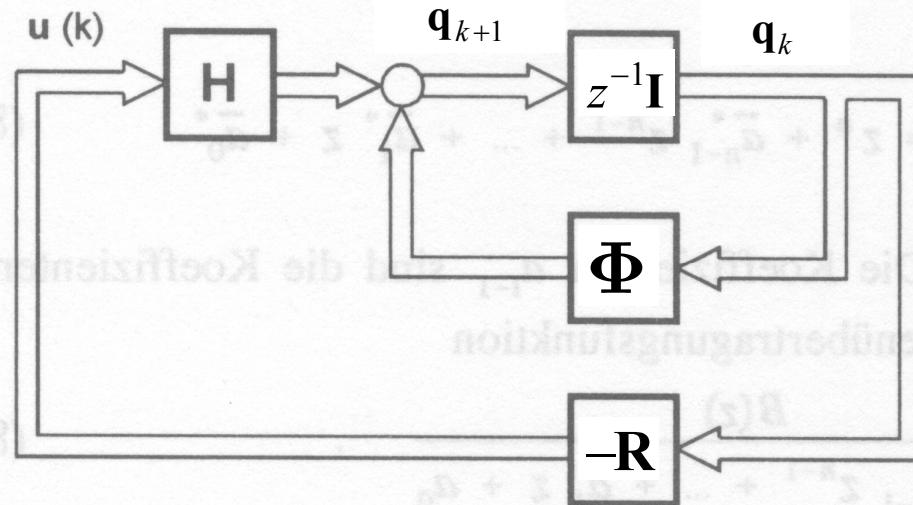
$$\text{MIMO: } \mathbf{q}_{k+1} = [\Phi - \mathbf{H} \mathbf{R}] \mathbf{q}_k$$

$$\text{SISO: } \mathbf{q}_{k+1} = [\Phi - \mathbf{h} \mathbf{r}^T] \mathbf{q}_k$$

- Có thể tìm bộ tham số ĐK bằng phương pháp gán cực trên cơ sở phương trình đặc tính sau:

$$\text{MIMO: } \det [z\mathbf{I} - (\Phi - \mathbf{H} \mathbf{R})] = \prod_{i=1}^n (z - z_i); \text{ SISO: } \det [z\mathbf{I} - (\Phi - \mathbf{h} \mathbf{r}^T)] = \prod_{i=1}^n (z - z_i)$$

- Trường hợp đặc biệt: Khi đặt tất cả các điểm cực z_i tại gốc tọa độ (dùng định lý Cayley-Hamilton, mục 3.1.1a) ta sẽ thu được đặc tính của khâu ĐK kiểu Dead – Beat (mục 2.3.3).
- Khâu ĐK kiểu Dead – Beat trên không gian trạng thái thường có đặc điểm nhạy tham số. Đồng thời, biên độ của đại lượng ĐK \mathbf{u}_k khá lớn.
- Thông thường, không nên đặt tất cả mọi điểm cực tại gốc tọa độ.



3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.5 Một số dạng mở rộng

3.5.1 Hệ ĐK trạng thái có lọc đầu vào

• Mô hình hệ như sau:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = [\Phi - \mathbf{H}\mathbf{R}] \mathbf{q}_k + \mathbf{H}\mathbf{K}_{VF} \mathbf{w}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C}\mathbf{q}_k \end{cases} \longrightarrow \mathbf{q}_{k+1} = \mathbf{q}_k = \mathbf{q}_\infty \Rightarrow \begin{cases} (\mathbf{I} - \Phi + \mathbf{H}\mathbf{R}) \mathbf{q}_\infty = \mathbf{H}\mathbf{K}_{VF} \mathbf{w} \\ \mathbf{x}_\infty = \mathbf{C}\mathbf{q}_\infty \end{cases}$$

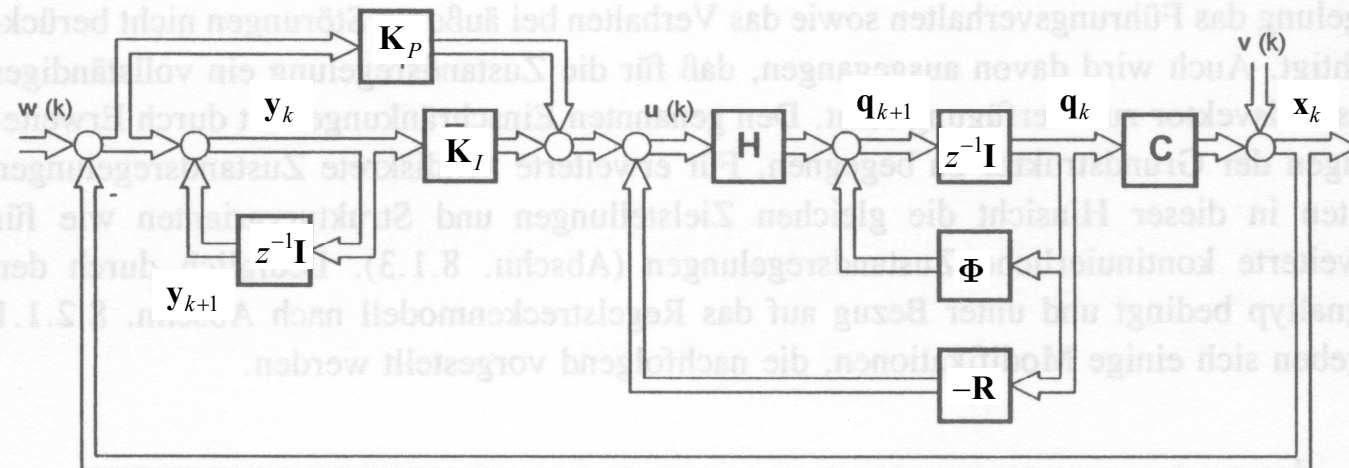
• Ở trạng thái xác lập, khi $\mathbf{w} = \text{const}$:

• Vậy ta có \mathbf{K}_{VF} :

$$\mathbf{K}_{VF} = [\mathbf{C}(\mathbf{I} + \mathbf{H}\mathbf{R} - \Phi)^{-1} \mathbf{H}]^{-1}$$

3.5.2 Hệ ĐK trạng thái có ĐC đầu ra theo luật PI

Bằng việc kết hợp ĐC trạng thái với vòng ĐC ngoài sử dụng khâu PI ta có thể theo đuổi các mục tiêu thiết kế như ở mục 3.1.3b.



3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.5 Một số dạng mở rộng

3.5.2 Hệ ĐK trạng thái có ĐC đầu ra theo luật PI

• Vector đầu ra của khâu I được viết như sau: $\mathbf{y}_k = \mathbf{y}_{k-1} + \mathbf{w}_k - \mathbf{x}_k \Rightarrow \mathbf{y}_{k+1} = \mathbf{y}_k + \mathbf{w}_{k+1} - \mathbf{x}_{k+1}$

• Khi $\mathbf{w}_k = \mathbf{v}_k = \mathbf{0}$ ta có:

$$\mathbf{y}_{k+1} = -\mathbf{C}\Phi\mathbf{q}_k + \mathbf{y}_k - \mathbf{C}\mathbf{H}\mathbf{u}_k$$

• Mô hình trạng thái mở rộng có dạng:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{q}_{k+1} \\ \mathbf{y}_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Phi & \mathbf{0} \\ -\mathbf{C}\Phi & \mathbf{I} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_k \\ \mathbf{y}_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{H} \\ -\mathbf{C}\mathbf{H} \end{bmatrix} \mathbf{u}_k$$

• Từ đó ta thu được vector ĐK:

$$\mathbf{u}_k = \begin{bmatrix} -(\mathbf{R} + \mathbf{K}_P\mathbf{C}), \mathbf{K}_I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{q}_k \\ \mathbf{y}_k \end{bmatrix}$$

3.5.3 Hệ ĐK trạng thái có bù nhiễu

• Cho trước là đối tượng có nhiễu đo được như sau:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi\mathbf{q}_k + \mathbf{H}\mathbf{u}_k + \mathbf{E}\mathbf{v}_k \\ \mathbf{x}_k = \mathbf{C}\mathbf{q}_k \end{cases}$$

• Tác động của nhiễu \mathbf{v}_k tới \mathbf{q}_{k+1} sẽ bị triệt tiêu nếu ta bù bởi một vector sau đây: $\mathbf{u}_v(k) = \mathbf{K}_{Av}\mathbf{v}_k$

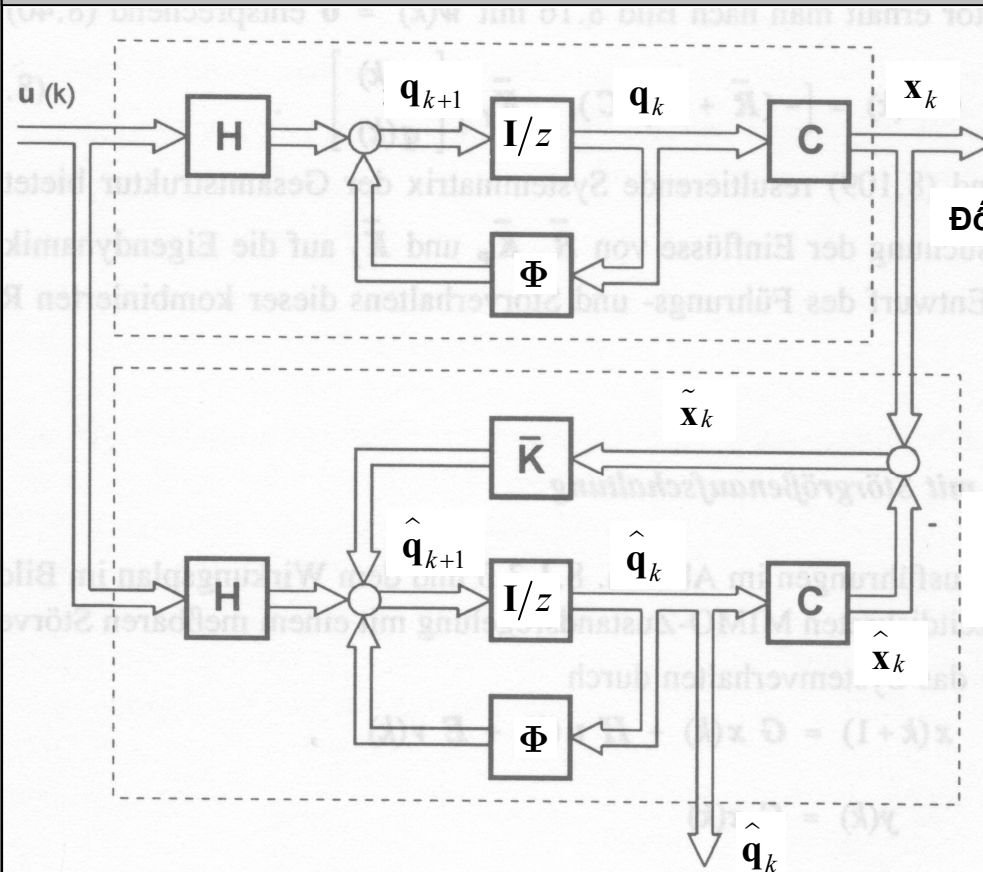
với:

$$\mathbf{K}_{Av} = -(\mathbf{H}^T\mathbf{H})^{-1}\mathbf{H}^T\mathbf{E}$$

3. ĐK có phản hồi trạng thái

3.5 Một số dạng mở rộng

3.5.4 Hệ ĐK trạng thái sử dụng khâu QS trạng thái



• Từ sơ đồ cấu trúc bên ta viết hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} \mathbf{q}_{k+1} = \Phi \mathbf{q}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k \\ \hat{\mathbf{q}}_{k+1} = \Phi \hat{\mathbf{q}}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k + \mathbf{K} \tilde{\mathbf{x}}_k \end{cases}$$

$$\Rightarrow \hat{\mathbf{q}}_{k+1} = (\Phi - \mathbf{K} \mathbf{C}) \hat{\mathbf{q}}_k + \mathbf{H} \mathbf{u}_k + \mathbf{K} \mathbf{x}_k$$

• Mô hình của sai lệch trạng thái có dạng:

$$\tilde{\mathbf{q}}_{k+1} = \mathbf{q}_{k+1} - \hat{\mathbf{q}}_{k+1} = (\Phi - \mathbf{K} \mathbf{C}) \tilde{\mathbf{q}}_k$$

Khâu QS
trạng thái
Luenberger

Phải thiết kế \mathbf{K} sao cho mọi điểm cực của $(\Phi - \mathbf{K} \mathbf{C})$ đều nằm trong đường tròn đơn vị. Nguyên lý Separation có hiệu lực giống như trường hợp hệ liên tục.

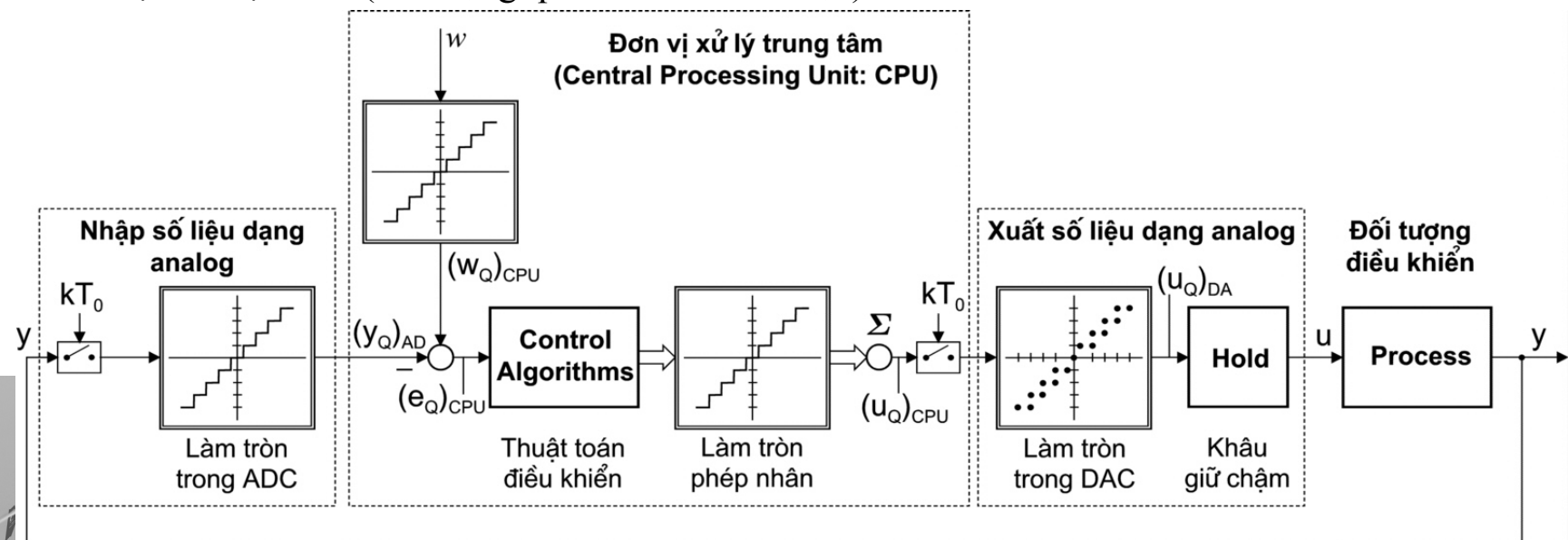
4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.1 Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa

Lượng tử hóa biên độ:

1. Có thể xuất hiện trong: khâu ADC, đơn vị xử lý trung tâm (CPU), khâu DAC.
2. Có thể gây nên: *sai lệch tĩnh*, dao động giá trị (bang-bang), đặc biệt khi *bề rộng của Word* xử lý không đủ lớn.
3. Có thể được bỏ qua đối với *chế độ tín hiệu lớn* (quá trình quá độ), nhưng khó có thể bỏ qua ở *chế độ tín hiệu nhỏ* (dao động quanh điểm làm việc)



(Chỉ số: Q = Quantization; AD = Analog to Digital; DA = Digital to Analog)

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
81
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.1 Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa

a) *Nhập số liệu dạng analog: Đặc tính phi tuyến bậc thang đầu tiên ở hình thuộc trang trước*

Ví dụ: Trích mẫu tín hiệu y nằm trong dải $0 \dots 10V$, sau đó số hóa nhờ khâu ADC với bề rộng word là WL (*word length*), độ phân giải Δ (*resolution*) và dải giá trị NR (*number range*) thu được.

• Dải giá trị (thập phân):

$$NR = 2^{WL} - 1$$

• Độ phân giải:

$$\Delta = \frac{1}{NR} = \frac{1}{2^{WL} - 1} \approx \frac{1}{2^{WL}}$$

Bề rộng word WL [bit]	7	8	10	12	15
Dải giá trị NR	127	255	1023	4095	32767
Độ phân giải Δ	0,00787	0,00392	0,00098	0,00024	0,00003
Độ phân giải Δ [%]	0,787	0,392	0,098	0,024	0,003

Ví dụ: Số hóa dải điện áp $10V = 10000mV$ với bề rộng từ $7 \dots 15bit$, lượng tử điện áp (độ phân giải điện áp) có thể biểu diễn được $\Delta = 78,7 \dots 0,305mV$. Nếu dải điện áp đó ứng với dải nhiệt độ $100^\circ C$, độ phân giải là $\Delta = 0,787 \dots 0,003^\circ C$.

• L là số nguyên lần lượng tử Δ đã chia điện áp y : $y_Q = L\Delta$; $L = 0, 1, 2, \dots, NR$

• Số dư $\delta_y < \Delta$ được làm tròn lên, tròn xuống, hoặc cắt bỏ: $y = y_Q + \delta_y$

• Sai số lượng tử hóa δ_y : -Khi làm tròn: $-0,5 \leq (\delta_y / \Delta)_R \leq 0,5$

-Khi cắt bỏ: $0 \leq (\delta_y / \Delta)_C < 1$

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.1 Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa

b) Đơn vị xử lý trung tâm (Central Processing Unit): Tín hiệu $(y_Q)_{AD}$ do khâu ADC đưa tới thường được CPU xử lý với bề rộng word WL_{CPU} lớn hơn. Các thuật toán ĐK tuyến tính gồm các bước:

• *Tính sai lệch ĐC:*
$$e_Q(k) = (y_Q(k))_{AD} - w_Q(k)$$

• *Tính đáp ứng ĐC (hàm ĐK):*
$$u_Q(k) = -p_{1Q}u_Q(k-1) - \dots - p_{\mu Q}u_Q(k-\mu) \\ + r_{0Q}e_Q(k) + \dots + r_{\nu Q}e_Q(k-\nu)$$

Do bề rộng word WL_{CPU} của CPU là hữu hạn, sẽ xuất hiện sai số lượng tử hóa các giá trị sau đây:

• *Giá trị đặt (set points):* $w_Q(k)$

• *Đại lượng ĐK:* $u_Q(k-i), \quad i=1, 2, \dots$

• *Tham số ĐK:* p_{iQ}, r_{iQ}

• *Các tích số:* $p_{iQ}u_Q(k-i), r_{iQ}e_Q(k-i)$

} $i=0, 1, 2, \dots$

• *Tổng các tích số:* $u_Q(k)$

Đối với CPU *dấu phẩy tĩnh*, độ phân giải Δ được xác định như mục a). Khi là *dấu phẩy động*, nếu là CPU 16 bit, thường sử dụng nhiều words. Ví dụ: số $L = M \cdot 2^E$, được biểu diễn bởi 2 words loại 16 Bit, trong đó 7 bit cho số mũ E, 23 bit cho giá trị M. Phạm vi giá trị L sẽ là:

$$-0,8388608 \cdot 2^{-128} \leq L \leq 0,8388607 \cdot 2^{127}$$

$$-0,24651902 \cdot 10^{-39} \leq L \leq 0,14272476 \cdot 10^{39}$$

$$\Delta \approx 10^{-38}$$

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.1 Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa

c) Xuất số liệu dạng analog: Tương tự khâu nhập số liệu dạng analog, sai số lượng tử hóa của khâu xuất cũng phụ thuộc vào bề rộng word. Khâu DAC cũng gây nên một đường đặc tính phi tuyến dạng bậc thang.

d) Kết luận:

- Đã xuất hiện nhiều khâu phi tuyến trong toàn bộ vòng ĐK số. Việc khảo sát ảnh hưởng của chúng đối với vòng ĐK là cực kỳ khó khăn.

- Về cơ bản tồn tại *ba loại nguyên nhân sai số chính* sau đây:

- *Lượng tử hóa các biến* (làm tròn số các biến ĐC và ĐK trong ADC, DAC và CPU)

- *Lượng tử hóa các tham số* (làm tròn số các tham số ĐK)

- *Lượng tử hóa các kết quả trung gian* của thuật toán ĐK (làm tròn số các tích)

- Đối với hệ thống ĐK số, có thể xảy ra các trường hợp sau:

- Vòng ĐC „vẫn“ ổn định do tác động của lượng tử hóa là nhỏ. Khi bị đẩy ra khỏi trạng thái cân bằng ta có: $\lim_{k \rightarrow \infty} e(k) \approx 0$

- Khi bị đẩy ra khỏi trạng thái cân bằng sẽ xuất hiện sai số tĩnh: $\lim_{k \rightarrow \infty} e(k) \neq 0$

- Khi giá trị đặt luôn biến động, sẽ xuất hiện hiện tượng „*tạp âm lượng tử hóa*“, còn gọi là „*tạp âm làm tròn số*“.

- Xuất hiện dao động dạng bang-bang với chu kỳ M: $\lim_{k \rightarrow \infty} e(k) = \lim_{k \rightarrow \infty} e(k+M) \neq 0$

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

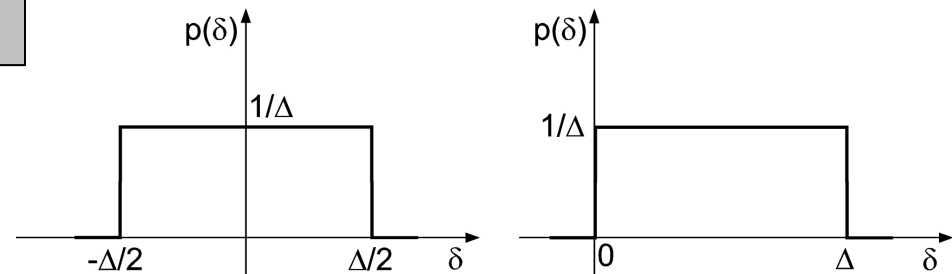
4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.2 Hiệu ứng lượng tử hóa các biến

a) Tập âm lượng tử hóa:

- Theo mục 4.1.1a): Tín hiệu digital y_Q gồm có tín hiệu analog y , xếp chồng với tạp âm δ , phân bố đều như hình bên

$$y_Q(k) = y(k) + \delta(k)$$



Mật độ phân bố sai số lượng tử hóa khi làm tròn (hình trái) và cắt bỏ (hình phải)

- Kỳ vọng của „tạp âm lượng tử hóa“: –Khi làm tròn: $E\{\delta(k)\} = \int_{-\infty}^{\infty} p(\delta)\delta d\delta = 0$

$$\text{–Khi cắt bỏ: } E\{\delta(k)\} = \Delta/2$$

- Phương sai của cả 2 trường hợp trên: $\sigma_\delta^2 = \int_{-\infty}^{\infty} [\delta - E\{\delta(k)\}]^2 p(\delta) d\delta = \Delta^2/12$

- Nhận xét: Nếu tạp âm (ồn trắng) này xuất hiện trong khâu ADC, nó sẽ có tác dụng như tín hiệu nhiễu ngẫu nhiên $n(k)$ vào đại lượng ĐC với phương sai không thể suy giảm bằng công cụ ĐC. Nhiễu sẽ gây nên các biến động của đại lượng ĐK với biên độ lớn hơn 1 lượng tử của ADC (xem ví dụ 4.1.1).

- b) Sai lệch tĩnh và dao động bang-bang: Sai lệch tĩnh và dao động do lượng tử hóa trong khâu ADC có biên độ tối thiểu 1 lượng tử Δ (xem ví dụ 4.1.2, 4.1.3). Việc giảm hệ số khuếch đại có thể góp phần khử dao động bang-bang. Để khảo sát ta thường dùng công cụ mô phỏng.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.3 Hiệu ứng lượng tử hóa các tham số

- Ảnh hưởng của tham số được làm tròn số đối với hệ thống - kể cả CPU đầu phẩy tính – là nhỏ và có thể bỏ qua, trừ trường hợp tham số quá bé (ví dụ: có kích cỡ chỉ vài lượng tử).
- Nếu cần thiết, có thể sử dụng các phương pháp phân tích độ nhạy tham số để khảo sát.

4.1.4 Hiệu ứng lượng tử hóa các kết quả tính trung gian

a) Sai lệch tĩnh và dao động bang-bang:

– Trong thuật toán ĐK, kết quả tính trung gian là tích giữa các hệ số trọng lượng (tham số ĐK) và các biến (sai lệch ĐC, hay đại lượng ĐK). Nguyên nhân gây sai số lượng tử hóa là: Cả các thừa số của phép nhân lẫn kết quả nhân đều bị làm tròn.

Với: Q, E là số nguyên lần lượng tử Δ đã chia
tham số q , biến e ; sai số làm tròn là δ_q, δ_e

$$q = Q\Delta + \delta_q; e = E\Delta + \delta_e$$
$$qe = QE\Delta^2 + Q\Delta\delta_e + E\Delta\delta_q + \underbrace{\delta_q\delta_e}_{\approx 0}$$

– Nếu sai số làm tròn δ_q, δ_e là độc lập về mặt thống kê và có phương sai $\sigma_\delta^2 = \Delta^2/12$, đối với sai số do làm tròn thừa số ta có: $\sigma_1^2 \approx (Q^2 + E^2)\Delta^2\sigma_\delta^2$

– Sai số do làm tròn tích số là: $\delta_{QE} = QE\Delta^2 - (QE)_q \Delta$

– Phương sai số của sai số cuối cùng là: $\sigma_{\delta_{qe}}^2 \approx [1 + \Delta^2(Q^2 + E^2)]\sigma_\delta^2 \approx [1 + q^2 + e^2]\sigma_\delta^2$

Nhận xét: Công thức phương sai cho thấy, khi q và e có kích cỡ lớn, sai số sẽ chủ yếu bị gây nên bởi việc làm tròn các thừa số của phép nhân.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.1 Ảnh hưởng của số hóa (lượng tử hóa) biên độ

4.1.4 Hiệu ứng lượng tử hóa các kết quả tính trung gian (tiếp)

a) Sai lệch tĩnh và dao động bang-bang (tiếp): (xem ví dụ 4.1.4)

- Chú ý, việc làm tròn cho từng tích riêng rẽ, hay sau khi tính tổng tích lũy, cũng có ý nghĩa quyết định tới sai số. Ví dụ: Nếu làm tròn riêng rẽ cho thuật toán tìm hàm ĐK ở mục 4.1.1b) và sai số lượng tử của các tham số là δ_{pui} , δ_{rei} khi tính các tích $p_i u(k-i)$, $r_i e(k-i)$, sai số cuối cùng sẽ là:

$$\delta_u(k) = -\delta_{pu1}(k-1) - \dots - \delta_{pu\mu}(k-\mu) + \delta_{re0}(k) + \dots + \delta_{rev}(k-\nu)$$

với phương sai:

$$\sigma_{\delta u}^2 = \sum_{i=1}^{\mu} \sigma_{\delta pui}^2 + \sum_{i=0}^{\nu} \sigma_{\delta rei}^2$$

Nhận xét: Phương sai sẽ *tăng theo số lượng phép nhân* của tổng tích lũy và đối với các *thuật toán ĐK bậc cao* có thể lớn hơn phương sai do lượng tử hóa trong khâu ADC gây nên.

b) Vùng chết:



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



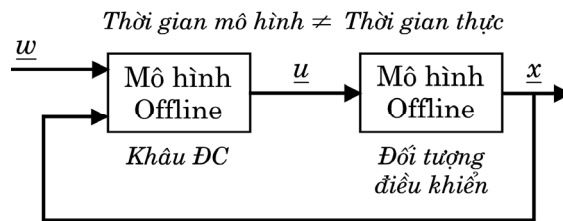
ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

87

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

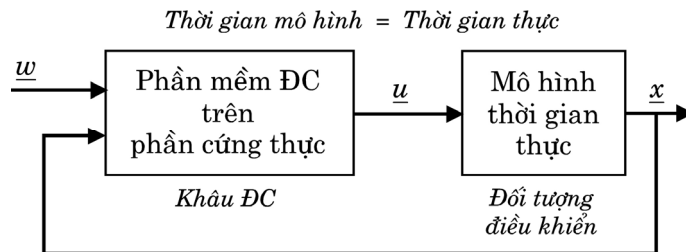
4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.1 Các phương pháp mô phỏng



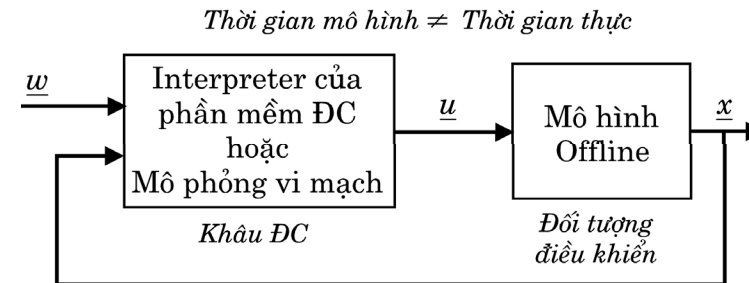
Hình 1 Nguyên lý mô phỏng Off-line

Xây dựng và tối giản mô hình đối tượng, xác định tham số của mô hình để từ đó thiết kế thuật toán ĐC. Diễn biến thời gian trên mô hình không đúng với diễn biến thực.



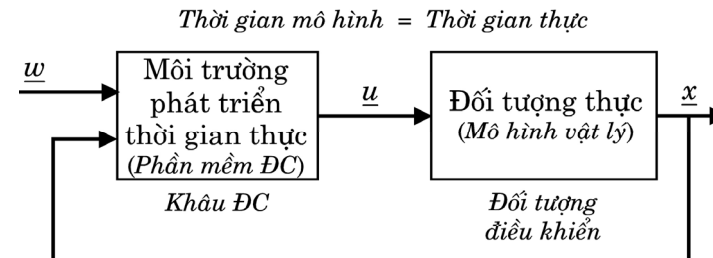
Hình 3 Nguyên lý Hardware-in-the-Loop (mô phỏng thời gian thực, real-time simulation)

Sử dụng hardware để mô phỏng vòng ĐC. RTS cho phép kiểm tra chức năng phần cứng, và giúp đánh giá khả năng của phần mềm ĐC dưới điều kiện thời gian thực. Điều này cực kỳ có ý nghĩa khi phải kiểm tra các thiết bị hỗn hợp nhiều phần tử cơ-điện tử-phần mềm (hệ thống mechatronic).



Hình 2 Nguyên lý Software-in-the-Loop

Mã nguồn ĐC (C, assembler) được thử trên mô hình Offline. Hoặc mã C chạy trực tiếp, hoặc sử dụng một phần mềm mô phỏng mạch phần cứng. Qua đó kiểm tra chức năng của thiết bị ĐC (chưa cần chế tạo) trên mô hình ĐTĐK. Ví dụ: Các chức năng của vi điều khiển (biến đổi AD, DA, điều chế bẻ rộng xung, cấu trúc ngắt vv...)



Hình 4 Nguyên lý Control Prototyping

Sử dụng môi trường phát triển thời gian thực, ghép với ĐTĐK thật, hay với mô hình vật lý thu nhỏ (khi đối tượng là thiết bị có công suất, kích cỡ lớn). Thử nghiệm trên thiết bị thật cho phép kiểm tra ảnh hưởng của các hiệu ứng không thể mô tả được bằng mô hình toán.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

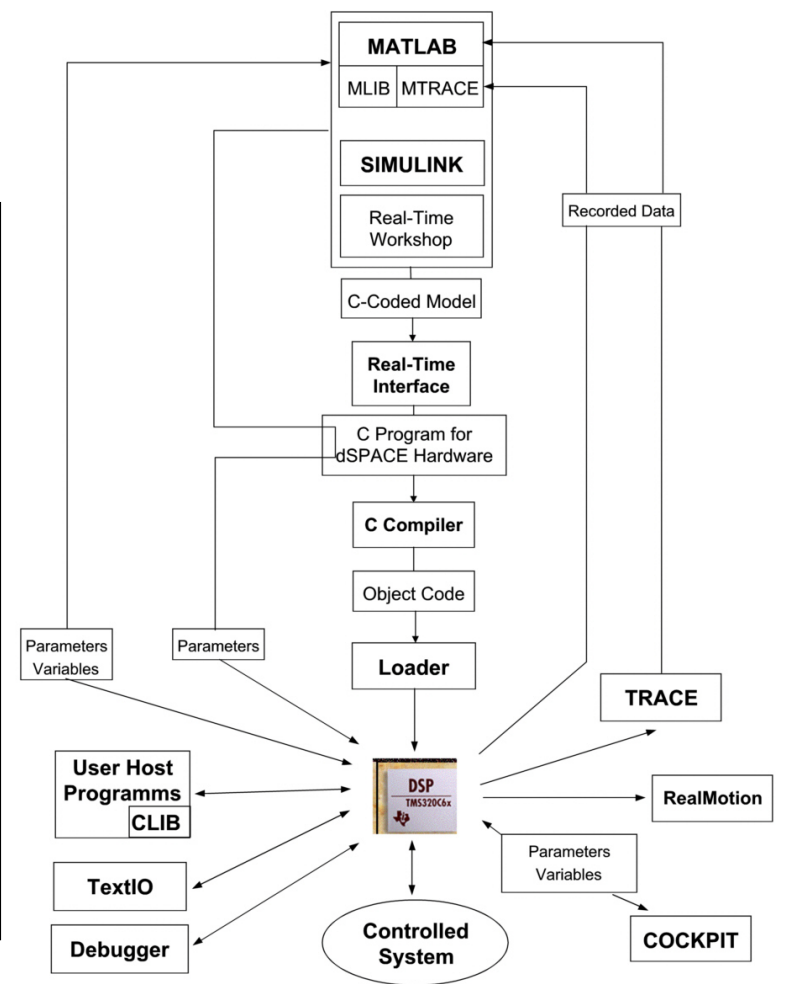
4.2.1 Các phương pháp mô phỏng (tiếp)

Mô phỏng thời gian thực dùng Card DS1102 của dSPACE

Hình bên giới thiệu ví dụ khi sử dụng môi trường thiết kế trên nền MATLAB & Simulink với phần cứng có vi xử lý tín hiệu (Digital Signal Processor: DSP) của tập đoàn Texas Instruments. Sơ đồ chỉ ra rõ ràng: kết hợp với MATLAB và các Toolbox, ta có thể tiến hành các bước:

- Bước 1*: Mô phỏng Offline để bước đầu xác định tham số của thuật toán ĐK.
- Bước 2*: Bổ sung thêm các khối xuất/nhập dữ liệu (ví dụ: các khối ADC hoặc DAC) vào sơ đồ cấu trúc vòng ĐK.
- Bước 3*: Sử dụng C-compiler tạo mã C để nạp xuống card hardware, cài xen với hệ thống phần mềm điều khiển theo ngắt.

Chú ý: Thư viện MLIB cung cấp các chức năng điều khiển phần cứng từ môi trường MATLAB (sử dụng chương trình Cockpit). Thư viện MTRACE có các chức năng giúp thu thập số liệu từ phần cứng.



4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

- Nhóm *lệnh khai báo* mô hình gián đoạn (thuộc *Control Toolbox*)

Ví dụ:

Mô hình TF:

```
>> h = tf ([1 -0.5],[1 1 -2],0.01)
```

Transfer function:

```
z - 0.5
-----
z^2 + z - 2
Sampling time: 0.01
```

Mô hình ZPK:

```
>> h = zpk (0.5,[-2 1],1,0.01)
```

Zero/pole/gain:

```
(z-0.5)
-----
(z+2) (z-1)
Sampling time: 0.01
```

a) Mô phỏng bằng các lệnh trực tiếp từ Toolbox của MATLAB:

Khai báo mô hình gián đoạn của hệ LTI

$tf(num,den,Ts)$

Hàm truyền đạt: Vector các hệ số của đa thức tử số num , mẫu số den

$zpk(z,p,k,Ts)$

Biểu đồ điểm không - điểm cực: Vector các điểm không z , điểm cực p , hệ số khuếch đại k

$ss(A,B,C,D,Ts)$

Mô hình trạng thái: Ma trận hệ thống A , đầu vào B , đầu ra C , liên thông D

$frd(answer,freq,unit,Ts)$

Mô hình dữ liệu đặc tính tần số: Đáp ứng tần số $answer$, vector tần số $freq$, $unit$ là đơn vị (thứ nguyên của tần số rad/s (mặc định) hoặc Hz (unit='Units','rad/s')

Ts

Chu kỳ trích mẫu của hệ gián đoạn không khai Ts : Mô hình *liên tục* về thời gian

$Ts = -1$

Mô hình *gián đoạn* về thời gian, chu kỳ trích mẫu chưa xác định

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
90
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

•Nhóm *lệnh chuyển đổi* giữa hai loại mô hình gián đoạn và liên tục (thuộc *Control Toolbox*)

Ví dụ:

```
>> sysc = tf(1,[1 1])
```

Transfer function:

1

s + 1

```
>> sysd = c2d (sysc,2)
```

Transfer function:

0.8647

z - 0.1353

Sampling time: 2

```
>> sysdd =d2d (sysd,0.7)
```

Transfer function:

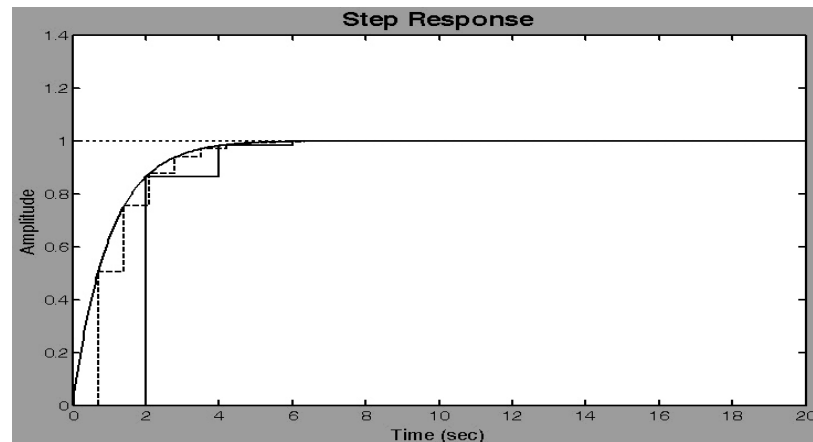
0.5034

z - 0.4966

Sampling time: 0.7

```
>> step (sysc,'r-',sysd,'c-',sysdd,'g--')
```

a) Mô phỏng bằng các lệnh trực tiếp từ Toolbox của MATLAB (tiếp):



Chuyển đổi giữa hai hệ LTI liên tục và gián đoạn

$c2d(sysc, Ts, method)$ **Chuyển** hệ liên tục thành hệ gián đoạn

$d2c(sysd, method)$ **Chuyển** hệ gián đoạn thành hệ liên tục

$d2d(sys, Ts)$ Thay đổi chu kỳ trích mẫu

$method$ Phương pháp gián đoạn hóa:

'zoh', 'foh', 'tustin',

'prewarp', 'matched'

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
91
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

a) Mô phỏng bằng các lệnh trực tiếp từ Toolbox của MATLAB (tiếp):

•Nhóm lệnh lọc số FIR (Finite Impulse Response, thuộc *Signal Processing Toolbox*)

Công thức tổng quát:

$$H(z^{-1}) = \frac{y(z^{-1})}{x(z^{-1})} = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})}$$

$$= \frac{b_1 + b_2z^{-1} + b_3z^{-2} + \dots + b_{m+1}z^{-m}}{a_1 + a_2z^{-1} + a_3z^{-2} + \dots + a_{n+1}z^{-n}}$$

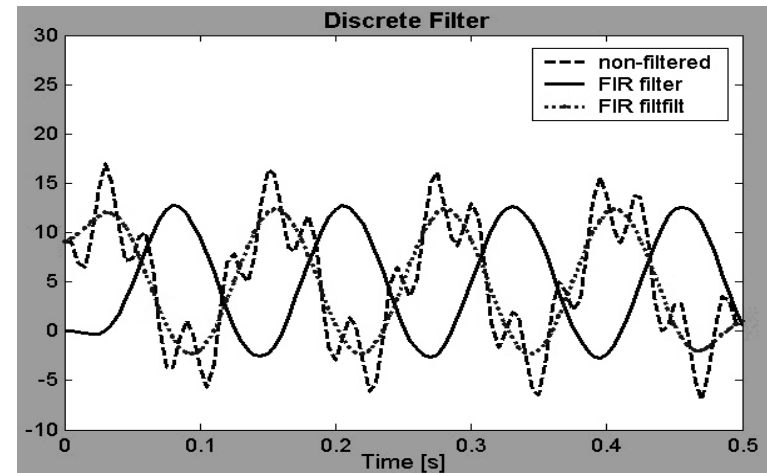
$$\rightarrow a_1y(k) = b_1x(k) + b_2x(k-1) + \dots + b_{m+1}x(k-m) - a_2y(k-1) - \dots - a_{n+1}y(k-n)$$

Bộ lọc FIR và hàm cửa sổ

<code>fir1 (order, limitfrequency, window)</code>	Thiết kế bộ lọc FIR (lọc thông thấp)
<code>filter (num, den, data)</code>	Lọc số liệu
<code>filtfilt (num, den, data)</code>	Lọc số liệu có hiệu chỉnh pha
<code>freqz (num, den, points, samplingfreq)</code>	Đáp ứng tần số gián đoạn

Ví dụ:

```
% Tạo tập số liệu x có chiều dài
% length(x)=101
>> t = 0:0.005:0.5;
>> x = 5 + 8*sin(2*pi*8*t) + 4*cos(2*pi*33*t);
% Thiết kế bộ lọc FIR
>> Bw = fir1(20,0.2,hamming(20+1));
% Dùng Bw để lọc x theo 2 cách: filter
% và filtfilt
>> x_f = filter(Bw,1,x);
>> x_ff = filtfilt(Bw,1,x);
```



4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

a) Mô phỏng bằng các lệnh trực tiếp từ Toolbox của MATLAB (tiếp):

•Nhóm lệnh lọc số IIR (Infinite Impulse Response, thuộc *Signal Processing Toolbox*)

Công thức tổng quát:

$$a_1 y(k) = b_1 x(k) + b_2 x(k-1) + \dots + b_{m+1} x(k-m)$$

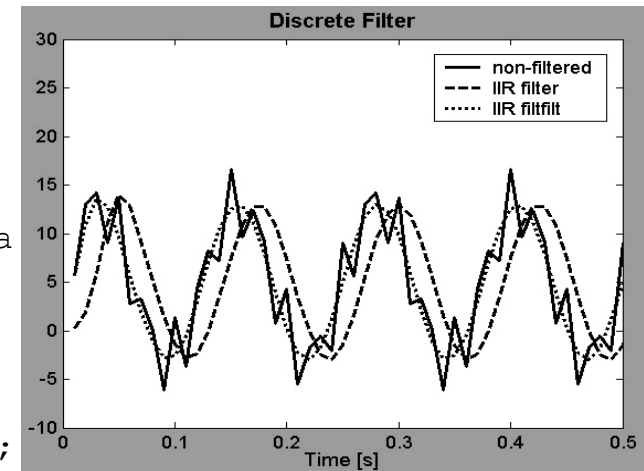
$$a_2 = \dots = a_{n+1} = 0$$

Bộ lọc IIR

<code>butter (order, limitfreq)</code>	Lọc Butterworth
<code>cheby1 (order, ripple, limitfreq)</code>	Lọc Tschebyscheff Typ 1
<code>cheby2 (order, ripple, limitfreq)</code>	Lọc Tschebyscheff Typ 2
<code>ellip (order, ripple, attenuation, limitfreq)</code>	Lọc Elliptic (Cauer)
<code>filter (num, den, data)</code>	Lọc số liệu
<code>filtfilt (num, den, data)</code>	Lọc số liệu có hiệu chỉnh pha
<code>freqz (num, den, points, samplingfreq)</code>	Đáp ứng tần số gián đoạn

Ví dụ:

```
>> t = 0.01:0.01:1;
>> x = 5 + 8*sin(2*pi*8*t) + 4*cos(2*pi*40*t);
>> [B,A] = butter(4,20/50); %Thiết kế bộ lọc IIR
>> x_f = filter(B,A,x); %Lọc tín hiệu x
>> x_ff = filtfilt(B,A,x); %Lọc tín hiệu x có bù pha
>> plot(t,x,'g-',t,x_f,'r-',t,x_ff,'b:');
>> axis([0 0.5 -10 30]);
>> title('Discrete Filter','FontSize',12);
>> xlabel('Time [s]','FontSize',12);
>> legend('non-filtered','IIR filter','IIR filtfilt');
```



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

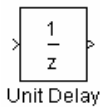
4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

b) Mô phỏng bằng sơ đồ cấu trúc của Simulink:

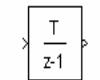
Unit Delay



Unit Delay

Khối *Unit Delay* có tác dụng trích mẫu tín hiệu vào và cất giữ giá trị thu được trong một chu kỳ trích mẫu. Vì vậy, khối có đặc điểm như một phần tử cơ bản của các hệ gián đoạn. Khối có thể được sử dụng như một khâu quá độ từ tần số trích mẫu thấp sang tần số trích mẫu cao.

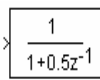
Discrete-Time Integrator



Discrete-Time Integrator

Khối *Discrete-Time Integrator* (tích phân gián đoạn) về cơ bản cũng giống như khối *Integrator* (tích phân) liên tục. Bên cạnh chu kỳ trích mẫu ta còn phải chọn cho mỗi khối thuật toán tích phân (tích phân Euler tiến, tích phân Euler lùi hay tích phân hình thang). Sau khi đã chọn thuật toán tích phân, biểu tượng (*Icon*) của khối lại thay đổi tương ứng.

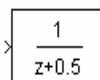
Discrete Filter (scalar)



Discrete Filter

Khối *Discrete Filter* mô tả một khâu lọc số có hàm truyền đạt như bên:
$$H(z^{-1}) = \frac{y(z^{-1})}{x(z^{-1})} = \frac{B(z^{-1})}{A(z^{-1})} = \frac{b_1 + b_2z^{-1} + b_3z^{-2} + \dots + b_{m+1}z^{-m}}{a_1 + a_2z^{-1} + a_3z^{-2} + \dots + a_{n+1}z^{-n}}$$
 Các hệ số của đa thức tử số và mẫu số được khai báo theo trình tự số mũ của z giảm dần, bắt đầu từ hệ số của z^0 .

Discrete Transfer Function (scalar)



Discrete Transfer Fcn

Khối *Discrete Transfer Function* có đặc điểm giống khối *Discrete Filter* và được mô tả bởi hàm truyền đạt bên:

$$H(z) = \frac{B(z)}{A(z)} = \frac{b_1z^m + b_2z^{m-1} + b_3z^{m-2} + \dots + b_{m+1}}{a_1z^n + a_2z^{n-1} + a_3z^{n-2} + \dots + a_{n+1}}$$

Các hệ số của hai đa thức tử số và mẫu số được khai báo theo trình tự số mũ của z giảm dần, bắt đầu từ m (tử số) và n (mẫu số).

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA
Hà Nội

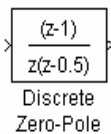
4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

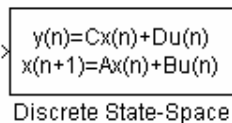
b) Mô phỏng bằng sơ đồ cấu trúc của Simulink (tiếp):

Discrete Zero-Pole (scalar)



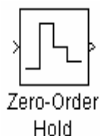
Trong khối *Discrete Zero-Pole*, thay vì phải khai báo các hệ số, ta khai báo điểm cực - điểm không của hàm truyền đạt và một hệ số khuếch đại.

Discrete State Space



Khối *Discrete State Space* mô tả một hệ thống gián đoạn bằng mô hình trạng thái. Khối có đặc điểm sử dụng giống như khối *State Space* của các hệ liên tục.

Zero-Order Hold



Khối *Zero-Order Hold* trích mẫu tín hiệu đầu vào và giữ giá trị thu được đến thời điểm trích mẫu tiếp theo. Nên sử dụng khối *Zero-Order Hold* trong các hệ trích mẫu chưa có một trong các khối gián đoạn đã được mô tả ở trên (tức là những khối có sẵn khâu giữ chậm bậc 0). Khi chọn bước tích phân cứng, có thể sử dụng khối *Zero-Order Hold* tại các vị trí chuyển từ tần số trích mẫu cao sang tần số trích mẫu thấp hơn.

Chú ý: Một hệ thống số kỹ thuật thường sử dụng *nhiều chu kỳ trích mẫu khác nhau* (gọi là *hệ có chu kỳ hỗn hợp*), và cần phải được lưu ý đặc biệt khi mô phỏng. *Hệ lai* là các hệ có chứa cả hai thành phần liên tục và gián đoạn.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

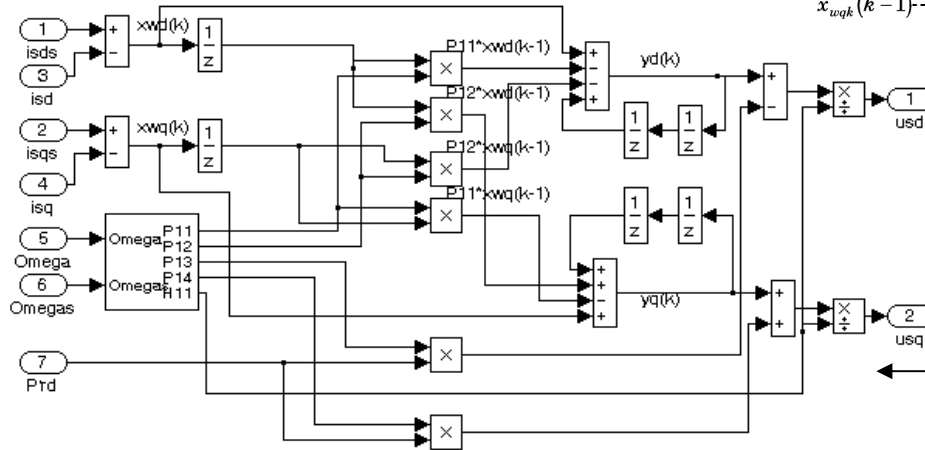
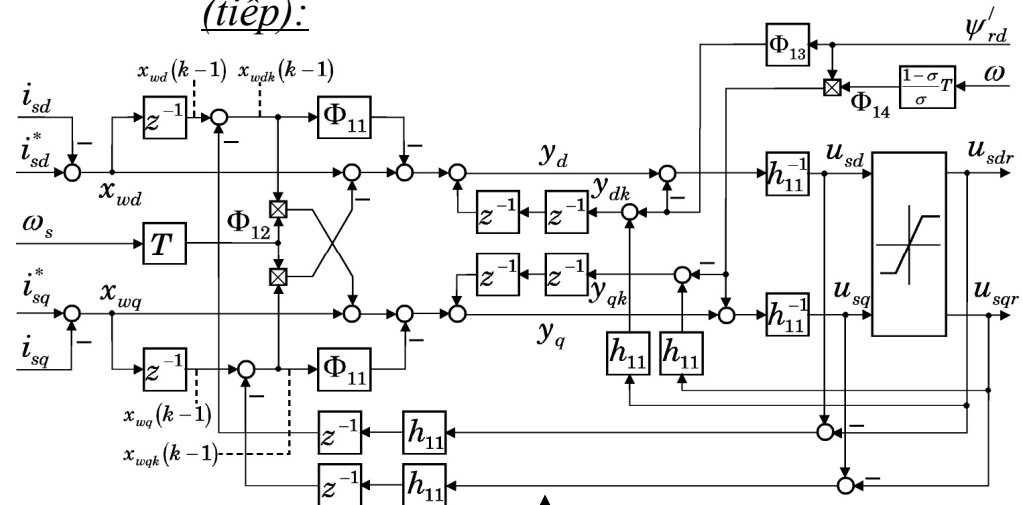
4.2 Thiết kế hệ thống bằng máy tính

4.2.2 Mô phỏng bằng MATLAB & Simulink

Ví dụ:

Mô phỏng khâu ĐC 2 chiều (2-dimensional, khâu MIMO) dùng để ĐC vector dòng stator i_s của động cơ xoay chiều 3 pha.

b) Mô phỏng bằng sơ đồ cấu trúc của Simulink (tiếp):



Sơ đồ cấu trúc khâu ĐC digital

Sơ đồ mô hình Simulink

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.1 Phân loại vi xử lý

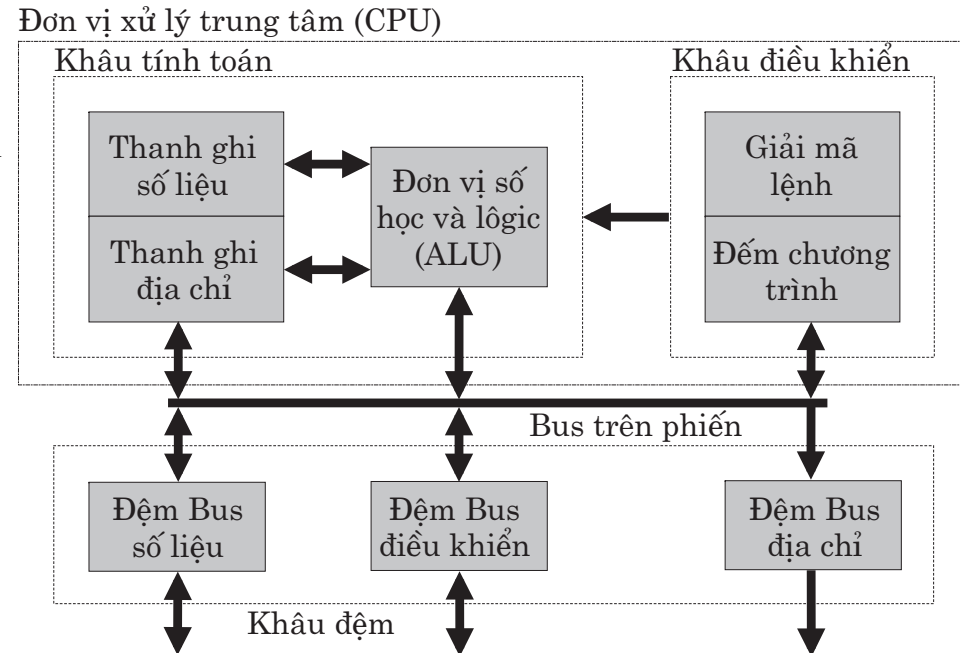
a) Khái niệm “vi xử lý”

Chữ “vi” trong khái niệm trên có cội nguồn từ chữ “micro“, ký hiệu là “ μ “, có nghĩa là “một phần triệu” hoặc “rất nhỏ“. Vi xử lý (*Microprocessor*) có nghĩa là “bộ xử lý rất nhỏ“, ký hiệu là “ μP “.

• Khâu tính toán: gồm có đơn vị số học và logic (Arithmetic Logic Unit: ALU), các thanh ghi số liệu và địa chỉ.

• Khâu điều khiển: gồm có bộ giải mã lệnh và bộ đếm chương trình.

• Khâu đệm: với các bộ đệm (thường là ba trạng thái: *Tri-State*), ghép nối Bus trên phiến của μP với các Bus điều khiển, số liệu và địa chỉ nằm bên ngoài.



Hình trên: Cấu trúc bên trong của một μP

Chú ý: Để sử dụng trong các hệ thống ĐK số, μP sẽ phải được bổ sung thêm các phần tử ngoại vi, phục vụ việc nhúng (embed) μP vào môi trường thiết bị.

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

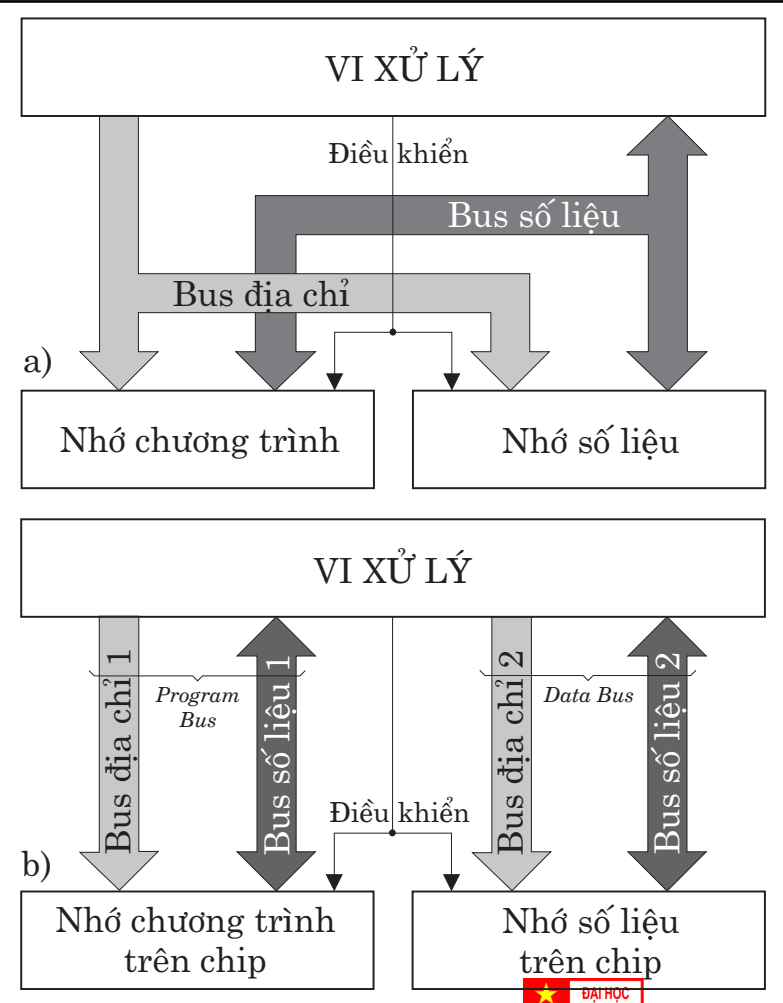
4.3.1 Phân loại vi xử lý (tiếp)

b) Khái niệm “vi xử lý tín hiệu”

Vi xử lý tín hiệu = Digital Signal Processing (DSP).
Được thiết kế để tăng tốc độ xử lý, tính tổng tích lũy:

$$\sum (a_i x_i)$$

- **Bản chất DSP:** là μP có thêm thanh ghi ACC (với bề rộng gấp đôi bề rộng của Bus) và bộ nhân cứng.
- **Nhiều thao tác trong 1 lệnh:** DSP cho phép thực hiện các thao tác (làm tròn, dịch trái/phải vv...) đó đồng thời với nhân và tích lũy chỉ trong một nhịp lệnh duy nhất.
- **Cấu trúc Bus:** Bus trên chip (on-chip) được thực hiện theo cấu trúc Harvard.



Hình bên: Cấu trúc Bus **a)** kiểu Von-Neumann; **b)** kiểu Harvard

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

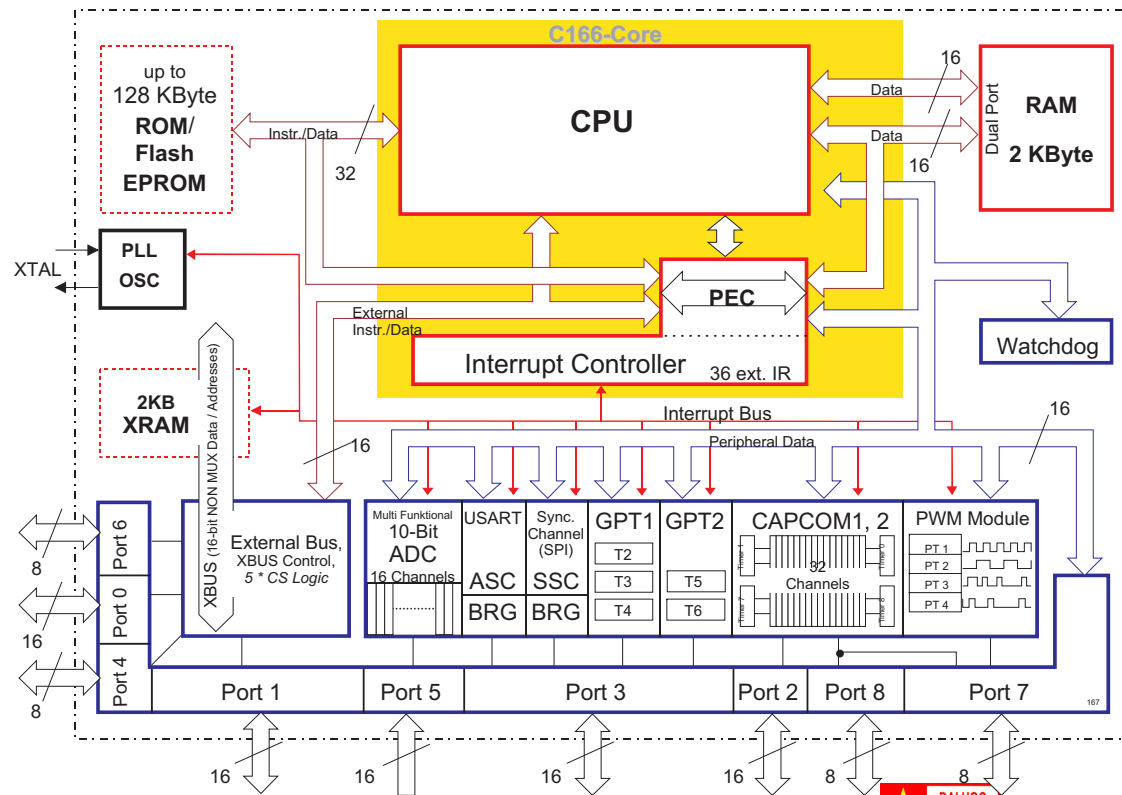
4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.1 Phân loại vi xử lý (tiếp)

c) Khái niệm “vi điều khiển”

Vi điều khiển = μ P (hoặc DSP) + ngoại vi + ngắt không cần thủ tục

Chú ý: μ C được phân biệt với μ P là do các đặc điểm:
a) có thêm các phần tử ngoại vi cơ bản trên chip (peripherals on-chip) và **b)** có cơ chế ngắt không cần thủ tục ngắt. Điều này cho phép nâng cao tốc độ tính toán, tăng độ tin cậy, đồng thời giảm giá thành của hệ thống.



Hình bên: Cấu trúc chi tiết của μ C 16 Bit loại SAB C167 (Siemens)

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
 Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
 99
 Bách Khoa
 Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.1 Phân loại vi xử lý (tiếp)

d) Khái niệm “DSP Controller”

Cách định nghĩa μC như ta đã nêu ở mục 4.3.1c cũng có thể được áp dụng đối với DSP.

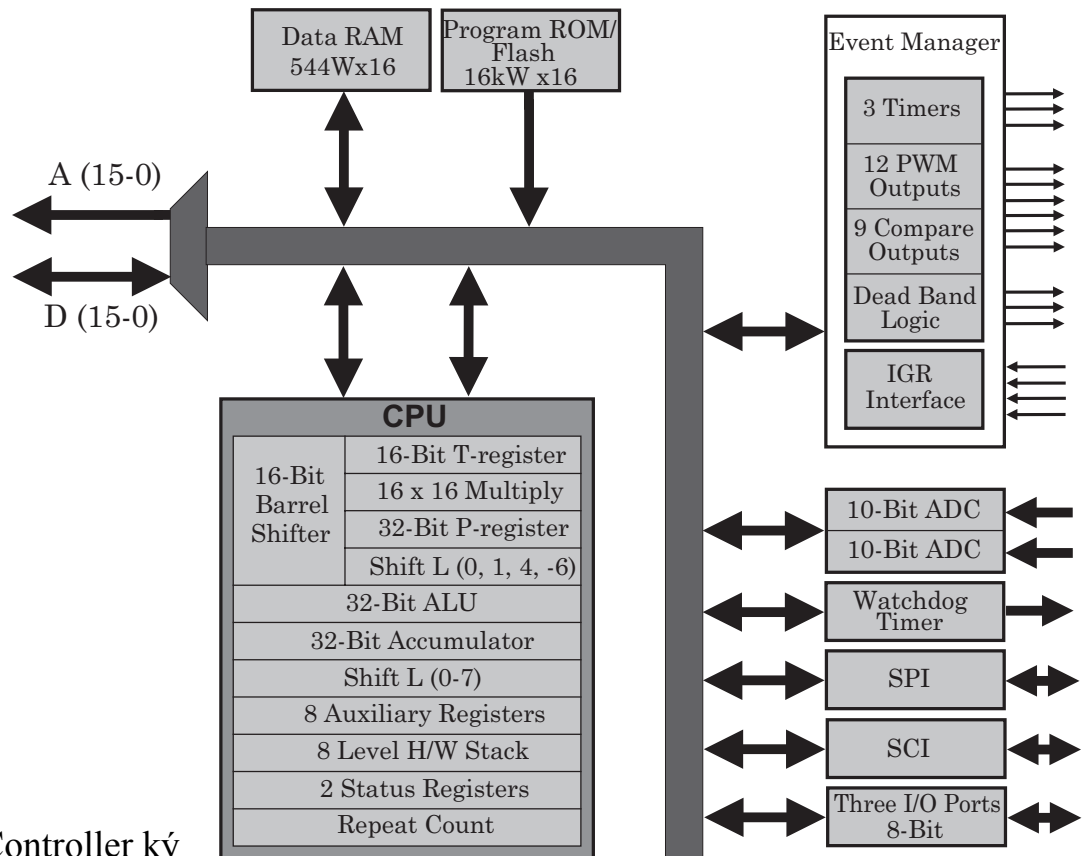
Thay vì viết công thức:

$\mu\text{C} = \mu\text{P} + \text{ngoại vi}$
+ ngắt không cần thủ tục

ta viết:

$\mu\text{C} = \text{DSP} + \text{ngoại vi}$
+ ngắt không cần thủ tục
= DSP Controller

Hình bên: Sơ đồ khối của DSP Controller ký hiệu TMS 320C/F240 (Texas Instruments)



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control

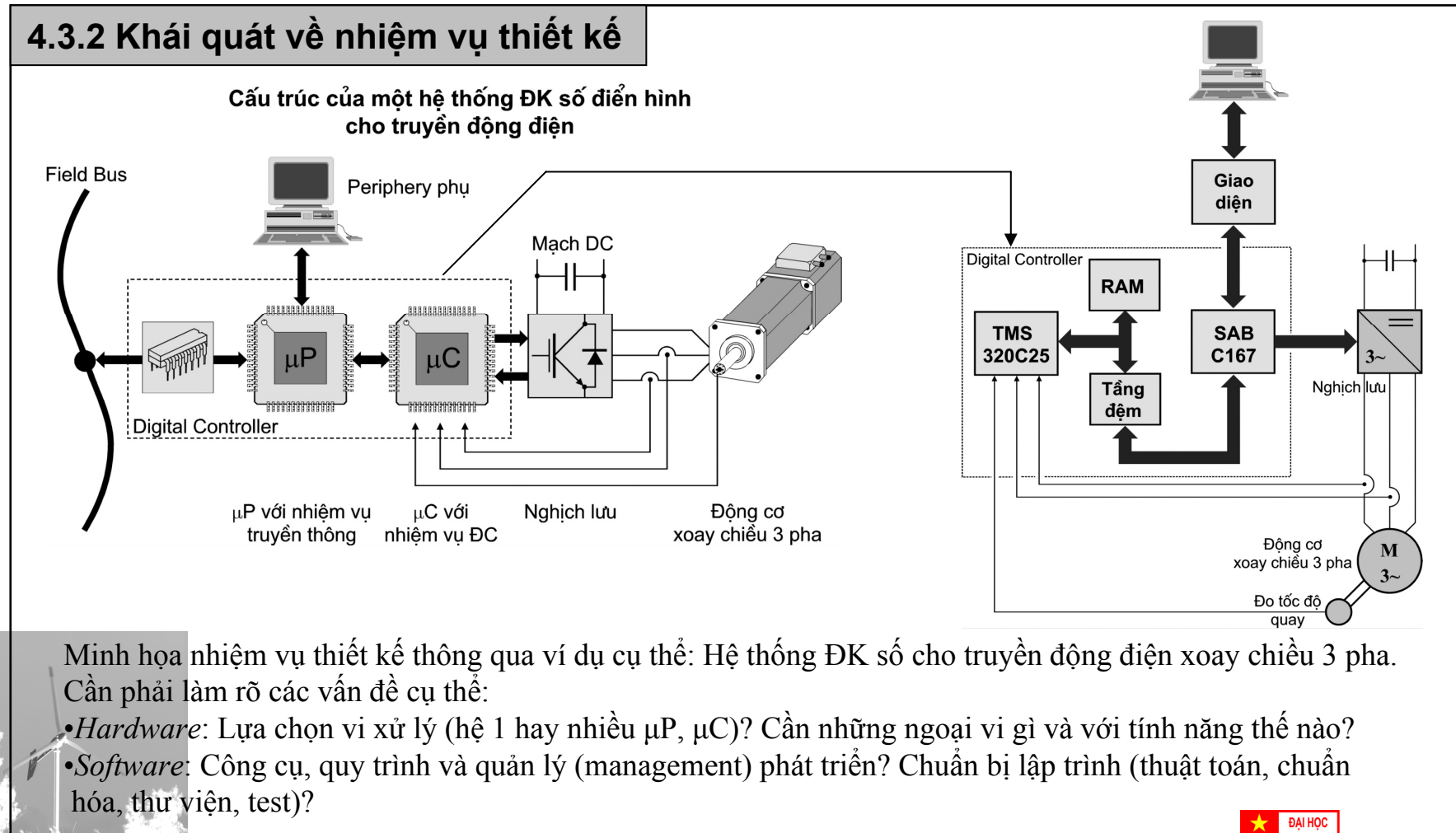


Đại học
100
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.2 Khái quát về nhiệm vụ thiết kế



Minh họa nhiệm vụ thiết kế thông qua ví dụ cụ thể: Hệ thống ĐK số cho truyền động điện xoay chiều 3 pha.
Cần phải làm rõ các vấn đề cụ thể:

- **Hardware:** Lựa chọn vi xử lý (hệ 1 hay nhiều μP , μC)? Cần những ngoại vi gì và với tính năng thế nào?
- **Software:** Công cụ, quy trình và quản lý (management) phát triển? Chuẩn bị lập trình (thuật toán, chuẩn hóa, thư viện, test)?

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
101
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.3 Hardware: Yêu cầu đối với vi xử lý

- Chọn *hệ 1 vi xử lý (Single Processor System)* khi Hardware chỉ phải thực hiện các bài toán ĐK. Nhiệm vụ truyền thông với môi trường xung quanh ở mức rất hạn chế.
- Chọn *hệ 2 vi xử lý (Double Processor System)* khi Hardware không chỉ phải thực hiện các thuật toán thời gian thực mà còn phải cho phép tích hợp vào một môi trường công nghệ tự động (ví dụ: nhờ Field Bus, ĐK qua giao diện vv...) phức hợp.
- Vi xử lý/các vi xử lý cần phải có *khả năng đảm đương các nhiệm vụ của ngoại vi* (ví dụ: ADC, điều chế, đo tốc độ quay vv...) tới mức tối đa. Vì vậy, nếu là hệ 2 vi xử lý thì 1 sẽ phải được chọn là μC .

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
102
Bách Khoa
Hà Nội

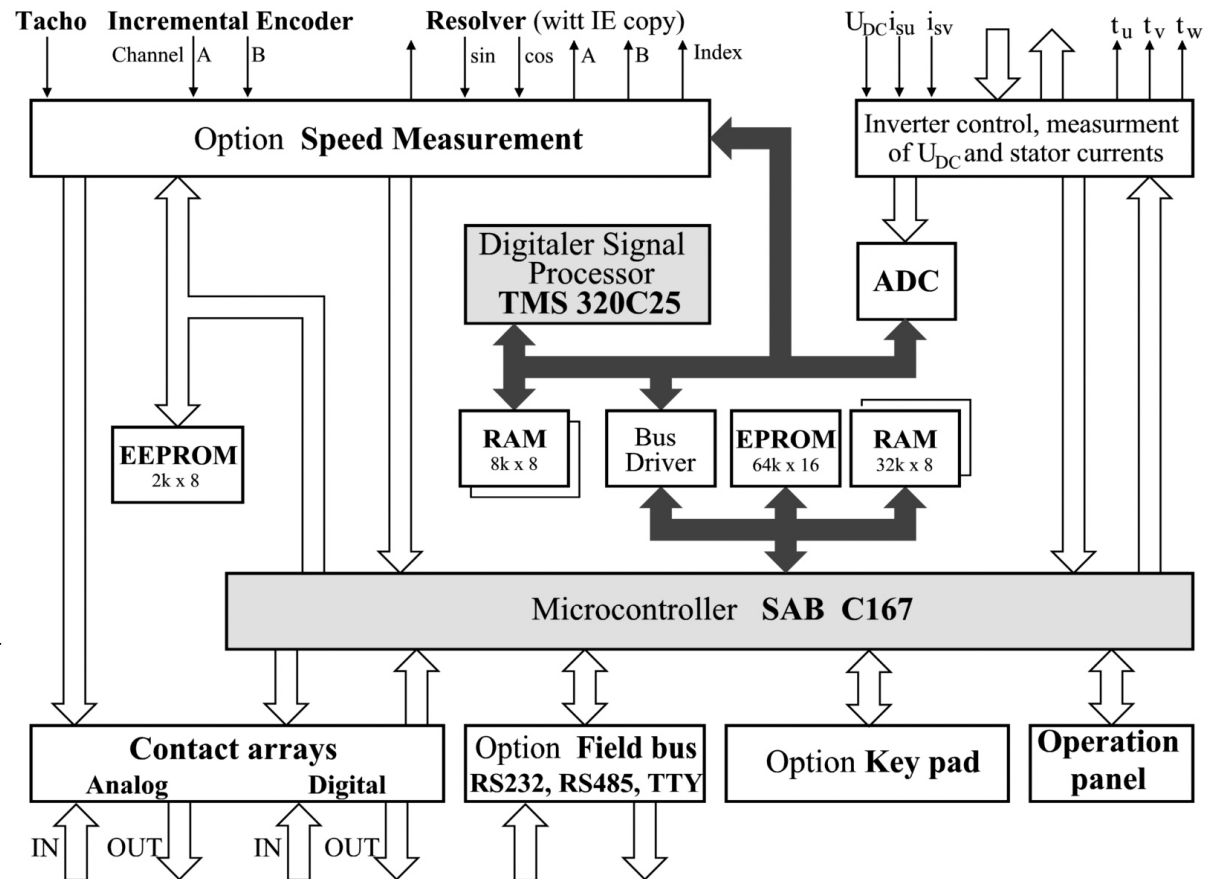
4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.3 Hardware: Yêu cầu đối với vi xử lý (tiếp)

Ví dụ về một hệ 2 vi xử lý, bao gồm DSP loại TMS 320C25 (Texas Instruments) và μ C loại SAB C167 (Siemens).

- Tập dụng *khả năng tính toán của DSP* để thực hiện các thuật toán thời gian thực phức hợp.
- Tập dụng *ngoại vi phong phú của μ C* để ghép với môi trường công nghệ.



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
103
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.4 Hardware: Yêu cầu đối với ngoại vi (trên cơ sở ví dụ ở mục 4.3.2)

- Phải có đơn vị *PWM (Puls Width Modulation)* với độ phân giải thời gian bé nhất (ví dụ: 50ns của SAB C167, TMS 320C/F240) phục vụ điều chế vector điện áp.
- *Đo dòng stator* với độ phân giải 10...12bit. Đối với truyền động chất lượng cao phải là 12bit-ADC với tốc độ biến đổi $<10\mu\text{s}$.
- *Đo tốc độ quay* bằng IE cần có các thanh ghi CAP/COM. Đo bằng Resolver thường phải có mạch phụ bên ngoài.
- *Đo điện áp* U_{DC} bằng 10-12bit-ADC.
- Mạch phụ để *ghép Field Bus*.
- *Mạch theo dõi/bảo vệ* mạch điện tử công suất và động cơ.

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
104
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

a) Các bước chuẩn bị viết Software

- Tập hợp tất cả các công thức cần tính (các thuật toán) cùng với các tham số của đối tượng công nghệ (ví dụ: số liệu động cơ).
- Chuẩn hóa các công thức cần tính, xác định kích cỡ của dữ liệu (bề rộng word) cũng như độ chính xác của dữ liệu (số bits sau dấu phẩy).
- Mô tả chu trình tính bằng lưu đồ thuật toán (flow chart).
- Xác định chương trình chính, chương trình con và chương trình ngắt (chương trình con theo mảnh thời gian hay theo mức ưu tiên khác nhau).
- Xác định các module thư viện.

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



ĐẠI HỌC
105
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

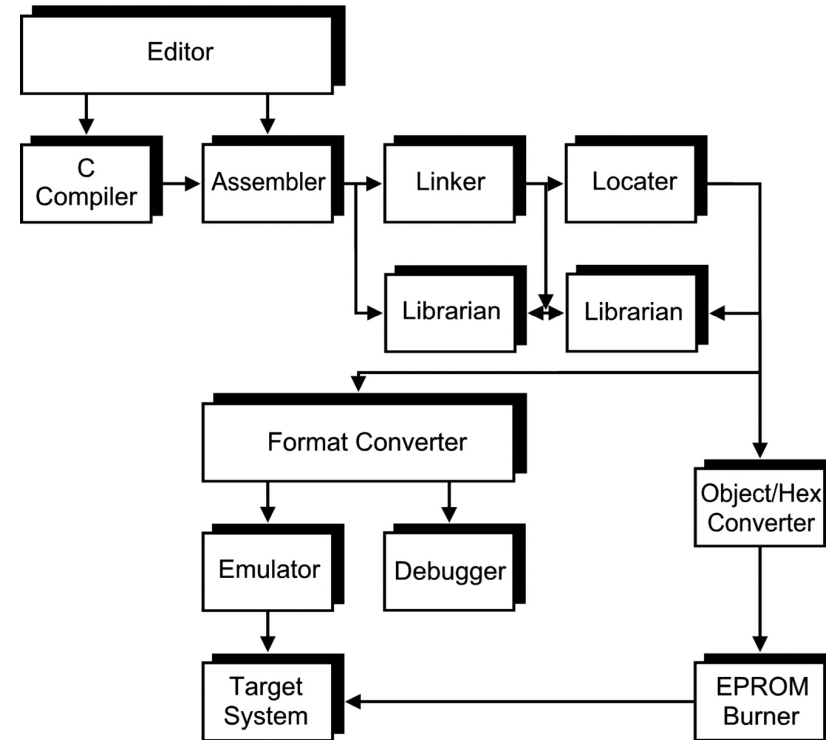
4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

- *Editor*: Trình soạn thảo mã nguồn
- *C Compiler*: Trình biên dịch mã nguồn C
- *Assembler*: Trình thông dịch hợp ngữ
- *Linker, Locater*: Hai trình ghép, định vị các modules. Đôi khi là 1 trình với 2 options khác nhau.
- *Librarian*: Trình quản lý thư viện
- *Format Converter*: Trình đảo định dạng
- *Object/Hex Converter*: Trình đảo mã chạy/mã hexa
- *Debugger*: Trình gỡ rối
- *Emulator*: Thiết bị mô phỏng chip
- *Target System*: Hardware
- *EPROM Burner*: Máy nạp EPROM

b) Chuẩn bị công cụ phát triển (môi trường phát triển)

Cần nhắc lựa chọn công cụ phát triển (Intelligent Concept of the Development Environment)



18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
106
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

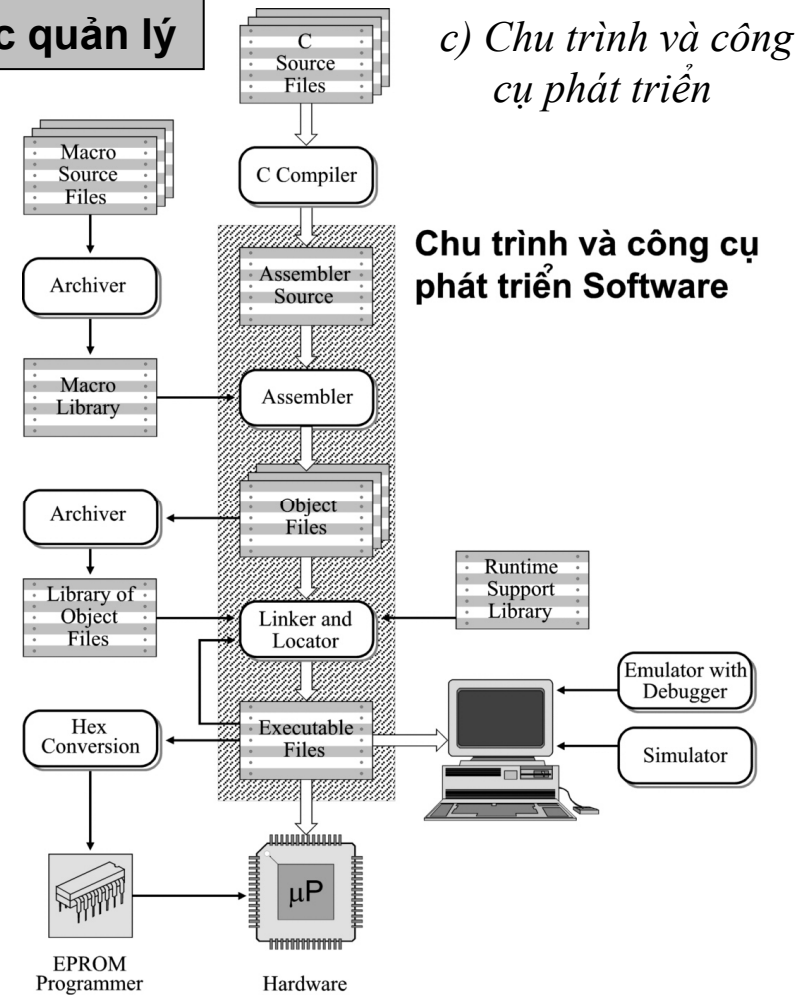
4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

Mục tiêu cần đạt:

- Đạt tính năng theo yêu cầu của bài toán
- Cấu trúc rõ ràng, dễ hiểu
- Dễ bảo dưỡng, cập nhật, nâng cấp
- Dễ sử dụng lặp lại

Biện pháp nhằm đạt mục tiêu:

- Định nghĩa rõ ràng giao diện giữa các modules
- Lập trình bằng ngôn ngữ bậc cao (chủ yếu là C)
- Cấu trúc thư mục và modules rõ ràng
- Sử dụng Make Files trong quá trình tạo Code



4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

d) Các nguyên tắc thực hiện

1) Các bước phát triển

- Xây dựng *danh mục yêu cầu* đối với Software (theo nhu cầu của thị trường)
- Khẳng định *khả năng đáp ứng danh mục yêu cầu*
- Phân tích phương án, *phân tích hệ thống trên cơ sở Hardware* đã thiết kế
- *Xác định các modules* phần mềm cần soạn thảo
- *Soạn thảo các modules* cụ thể
- *Thử nghiệm riêng rẽ* từng module (Test Programs, Debugger, Emulator, Hardware-in-the-Loop-Test)
- *Thử nghiệm tổng thể* trên thiết bị

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
108
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý

d) Các nguyên tắc thực hiện (tiếp)

2) Quản lý Files và ký hiệu

- Cấu trúc thư mục trên PC: Source Files, .obj Files, vv...
- Tên Files: mang ý nghĩa dễ hiểu
- Tên ký hiệu, tên biến: mang ý nghĩa dễ hiểu, khai báo tập trung để dễ quản lý (tránh lãng phí bộ nhớ, tăng tốc độ)

3) Quản lý và tạo phiên bản

4) Cấu trúc của từng module

- Tên module
- Lịch sử của module
- Mô tả module
- Giao diện với bên ngoài module
- Giao diện với bên trong module
- Chức năng của module

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
109
Bách Khoa
Hà Nội

4. Thực hiện kỹ thuật hệ thống ĐK số

4.3 Thiết kế hệ thống vi điều khiển

4.3.5 Software: Công cụ phát triển và công tác quản lý *d) Các nguyên tắc thực hiện (tiếp)*

5) Con đường từ thuật toán (Algorithms) tới phần mềm (Software)

- Tập hợp tất cả các phương trình cần tính (thuật toán) và các tham số của đối tượng ĐK.
- Chuyển tất cả phương trình và tham số sang dạng không có thứ nguyên (Normalizing, chuẩn hóa).
- Khi sử dụng μP , μC hay DSP dấu phẩy tĩnh: Xác định các hệ số trượt (Scaling) đối với tham số và biến. Không thực hiện động tác này đối với dấu phẩy động.
- Xây dựng lưu đồ (Flowchart).
- Phân thành chương trình mẹ, chương trình con hay thủ tục ngắt (Interrupt Routines).
- Xác định thư viện.

18 August 2009

Assoc. Prof. Hon.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ng. Ph. Quang
Electrical Engineering - Automatic Control



Đại học
110
Bách Khoa
Hà Nội



Hệ thống điều khiển số

- Giới thiệu môn học
- Giới thiệu về điều khiển số
- PID



Giới thiệu môn học

Tên môn học: Hệ thống điều khiển số

Phân phối giờ: 42LT

Số tín chỉ: 2

Trang web cá nhân: www4.hcmut.edu.vn/~nntu



Tài liệu tham khảo

- *Digital Control of Dynamic Systems*, Addison-Wesley Co. 1990, G.F. Franklin, J.D. Powell, M.L. Workman.
- *High Performance Drives*, Engng 3028, E. Levi
- *Modern Power Electronics and AC Drives*, Bimal K. Bose
- Phần mềm Matlab/Simulink



Nội dung

Hệ thống điều khiển số cho máy điện

Phần 1: Đại cương về điều khiển số

Phần 2: Giới thiệu về biến tần

Phần 3: Mô hình máy điện – Các hệ qui chiếu

Phần 4: Điều khiển số động cơ điện (động cơ không đồng bộ ba pha) – Điều khiển vector (FOC)



Đánh giá

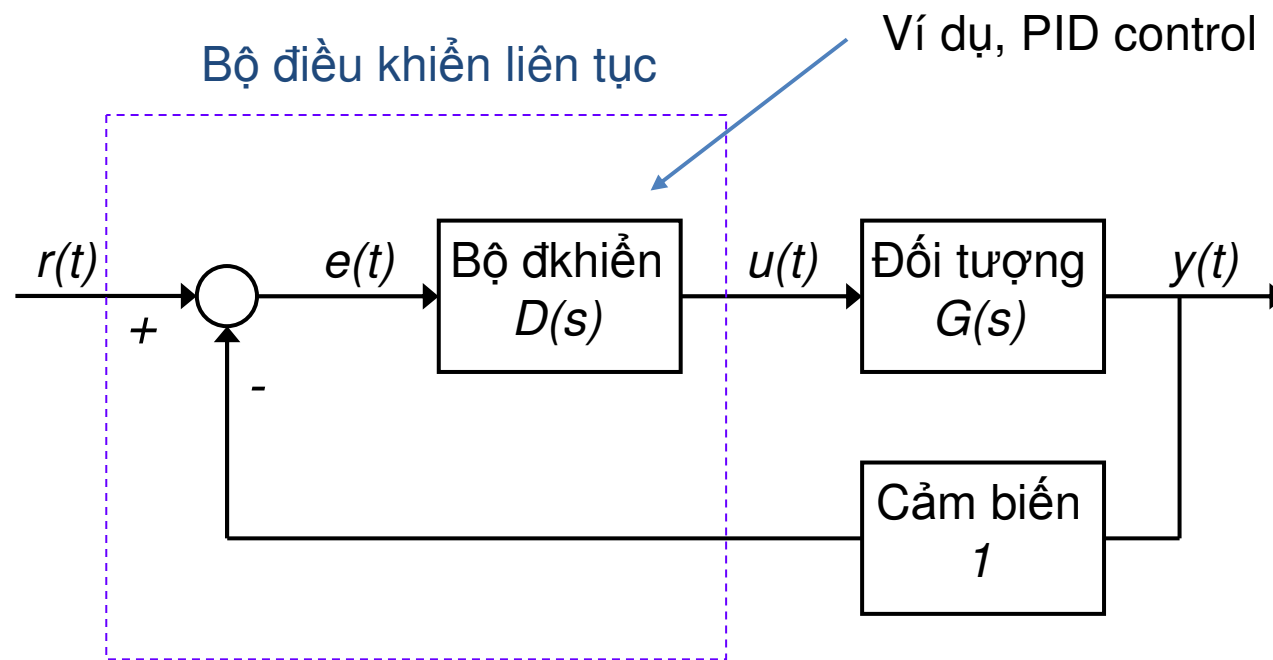
- Kiểm tra giữa kì: kiểm tra viết (20%) – dự kiến 45 phút
- Kiểm tra cuối kì: trắc nghiệm (80%) – dự kiến 75 phút

Không sử dụng tài liệu



Điều khiển tương tự

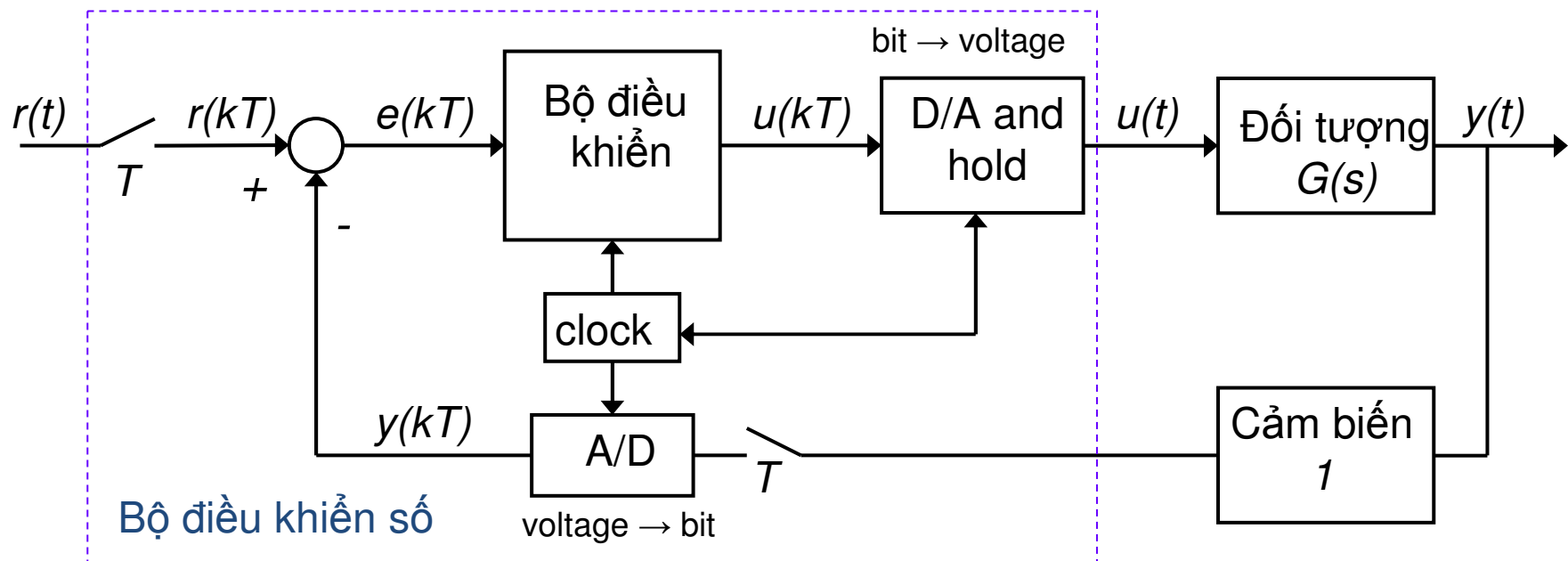
- Hệ thống điều khiển tương tự





Điều khiển số

- Hệ thống điều khiển số
 - T là thời gian lấy mẫu (s)
 - Tín hiệu lấy mẫu : $x(kT) = x(k)$





Hệ thống điều khiển động cơ

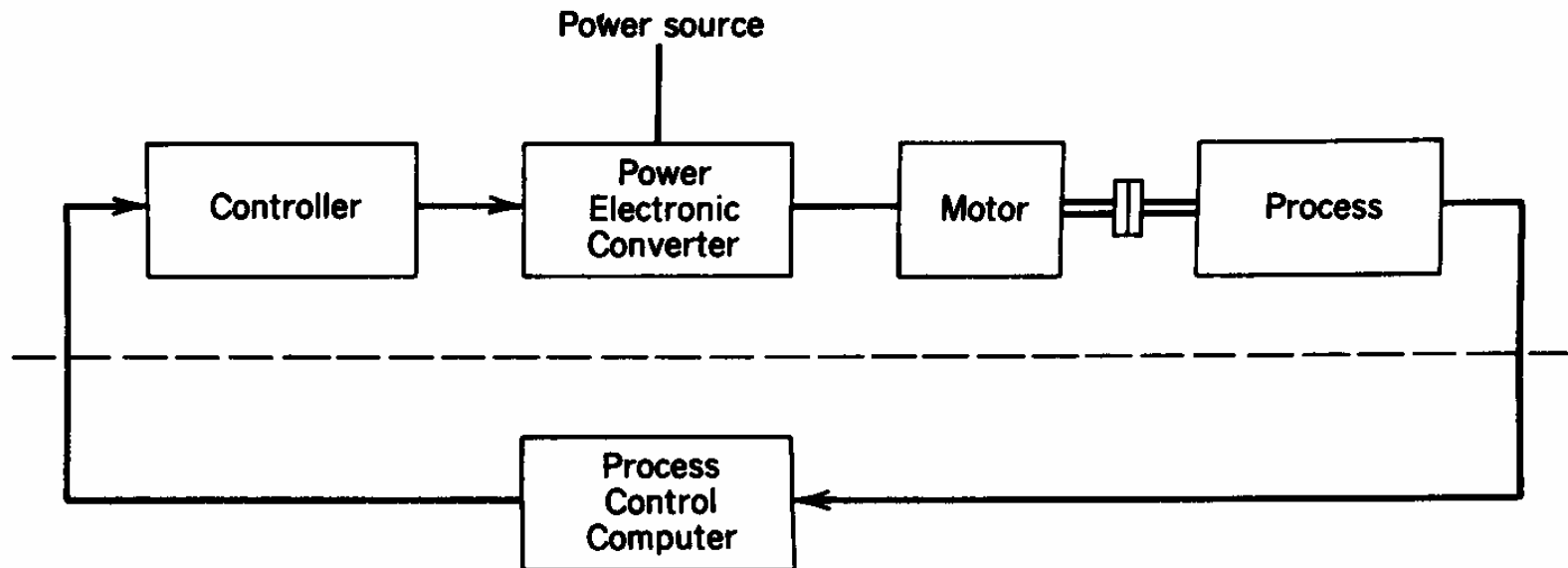
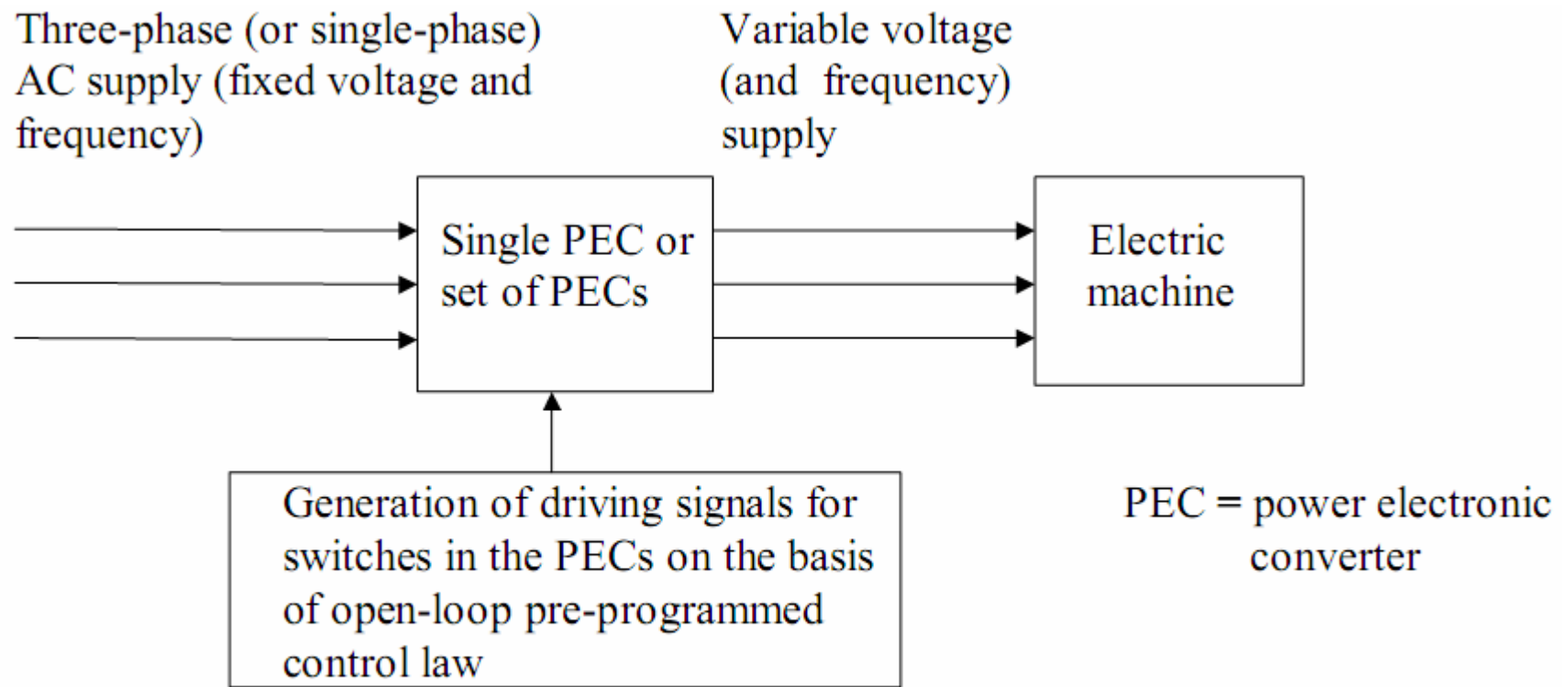


Figure 12-1 Control of motor drives.

- Điều khiển động cơ là một trong những ứng dụng quan trọng nhất trong lĩnh vực điện tử công suất



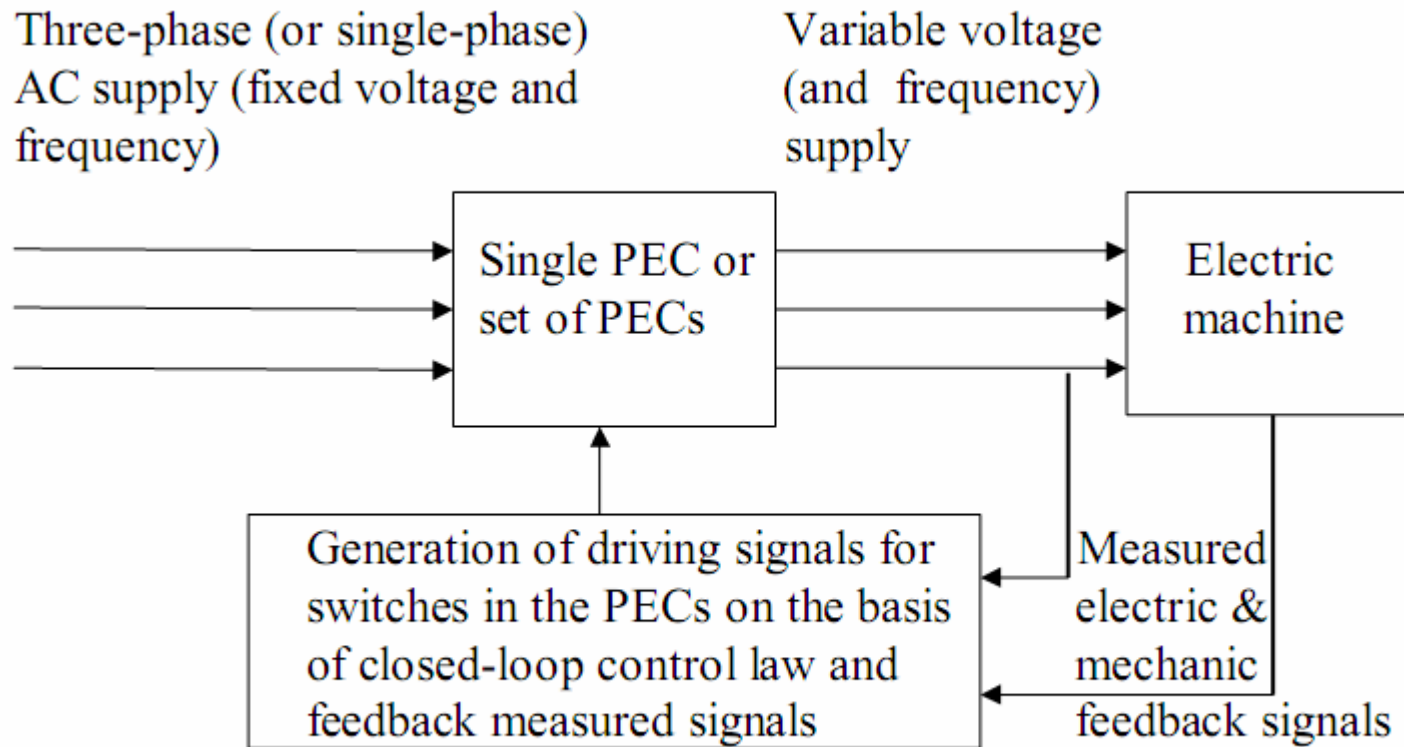
Điều khiển máy điện vòng hở



Open-loop low performance electric drive



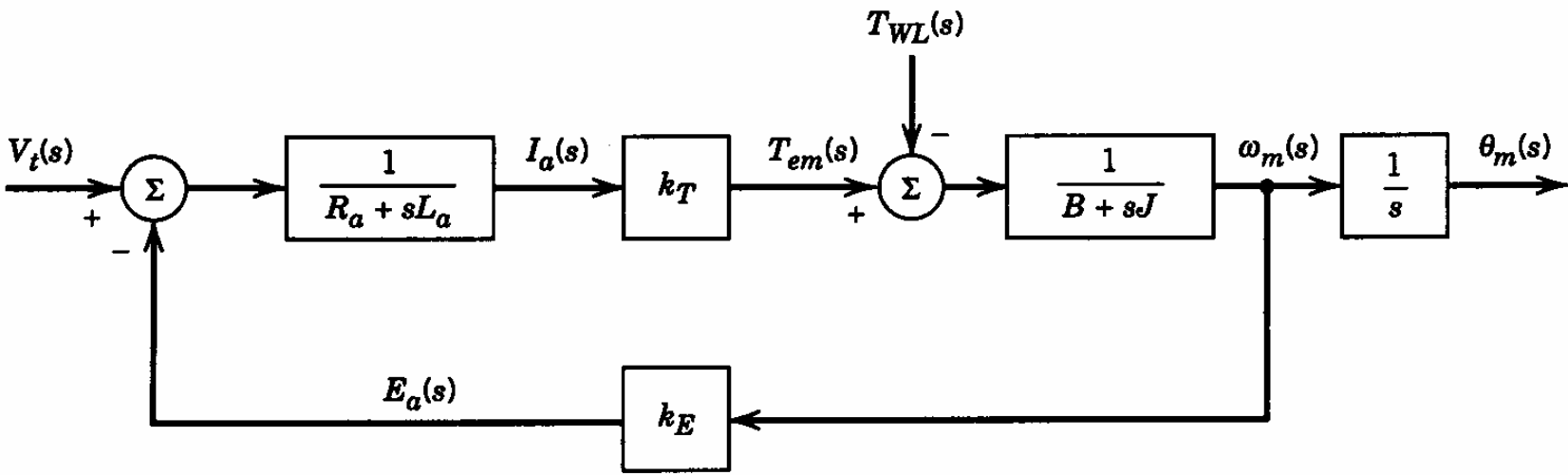
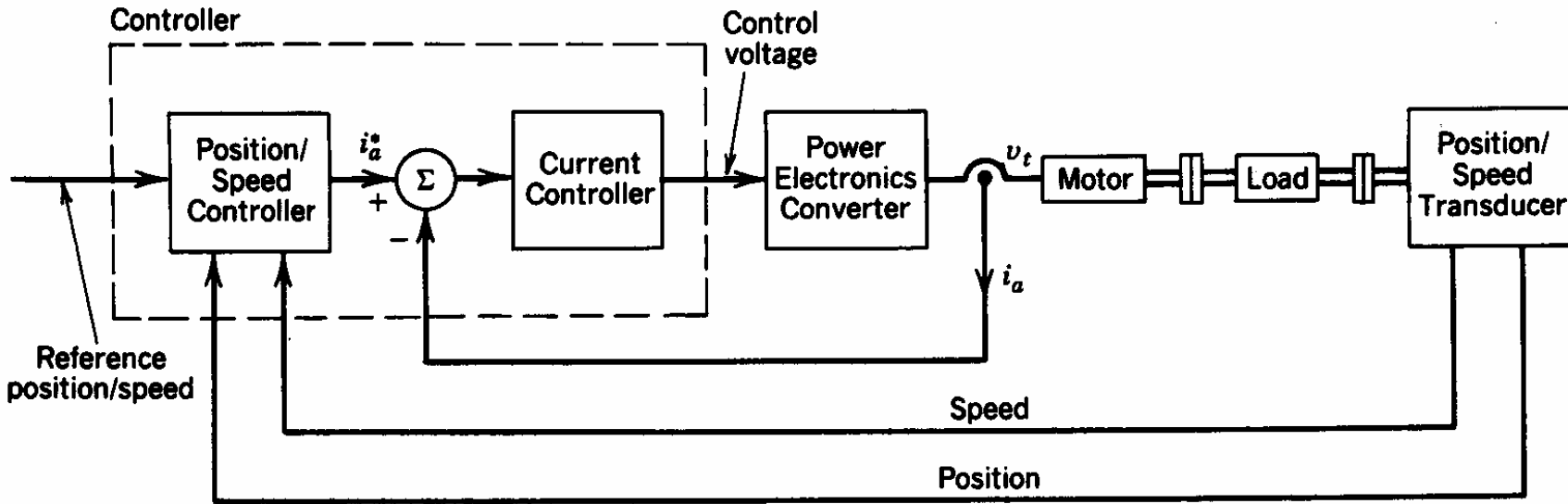
Điều khiển máy điện vòng kín



Closed-loop high performance electric drives



Hệ thống điều khiển động cơ DC



H Figure 13-7 Block diagram representation of the motor and load (without any feedback).



Ví dụ ứng dụng

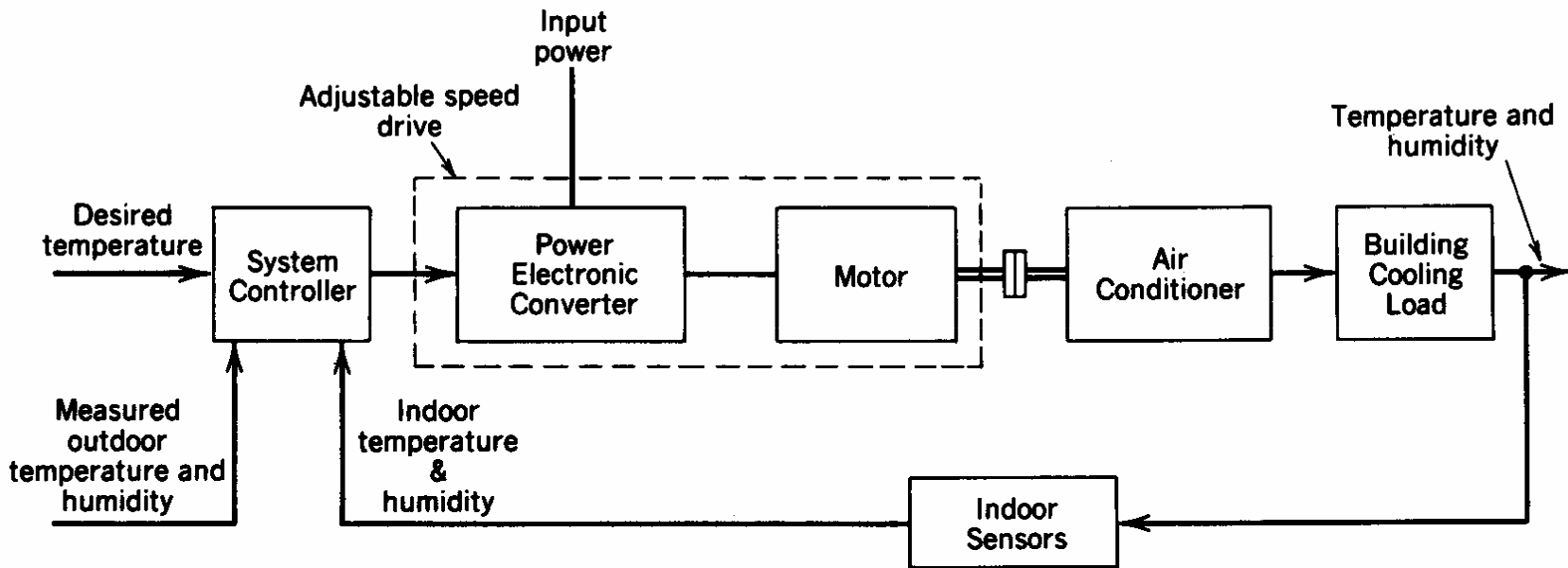
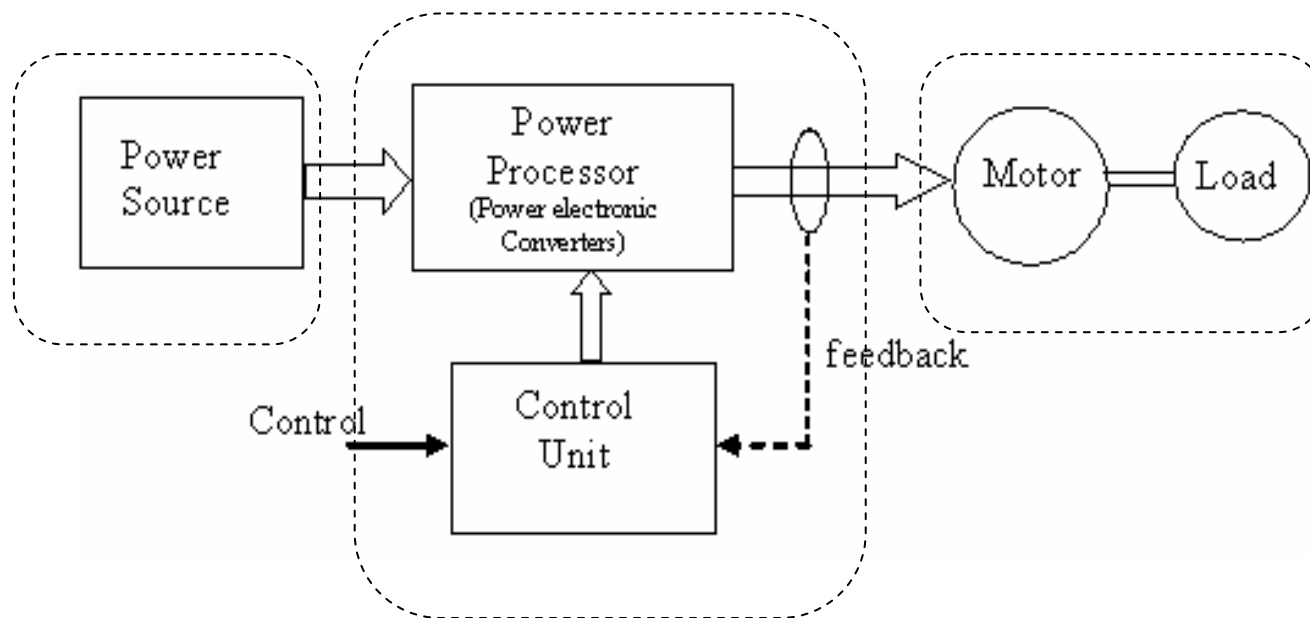


Figure 12-3 Adjustable-speed drive in an air conditioning system.



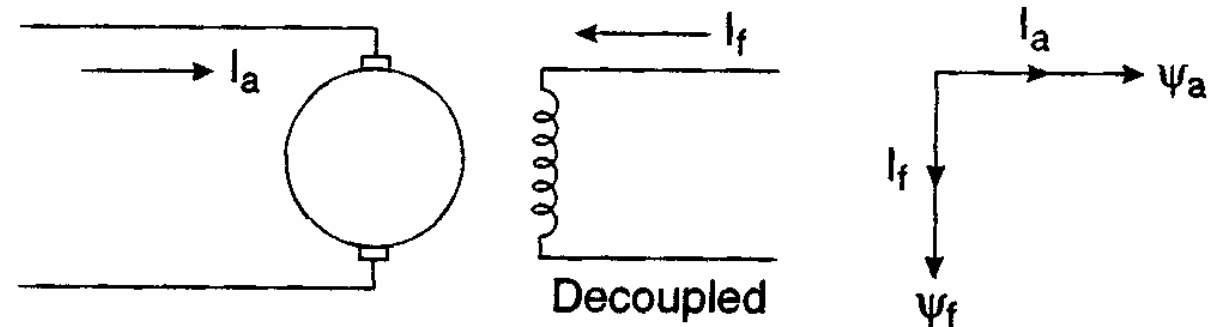
Khái niệm điều khiển vector

- *Điều khiển vector: điều khiển đơ AC giống như điều khiển động cơ DC (điều khiển moment và từ thông rotor).*





Điều khiển vector hay định hướng trường



$$T_e = K_t \psi_f \psi_a = K'_t I_a I_f$$

Torque component Field component

Động cơ không đồng bộ có thể được điều khiển bằng cách đưa về trạng thái như động cơ DC kích từ độc lập



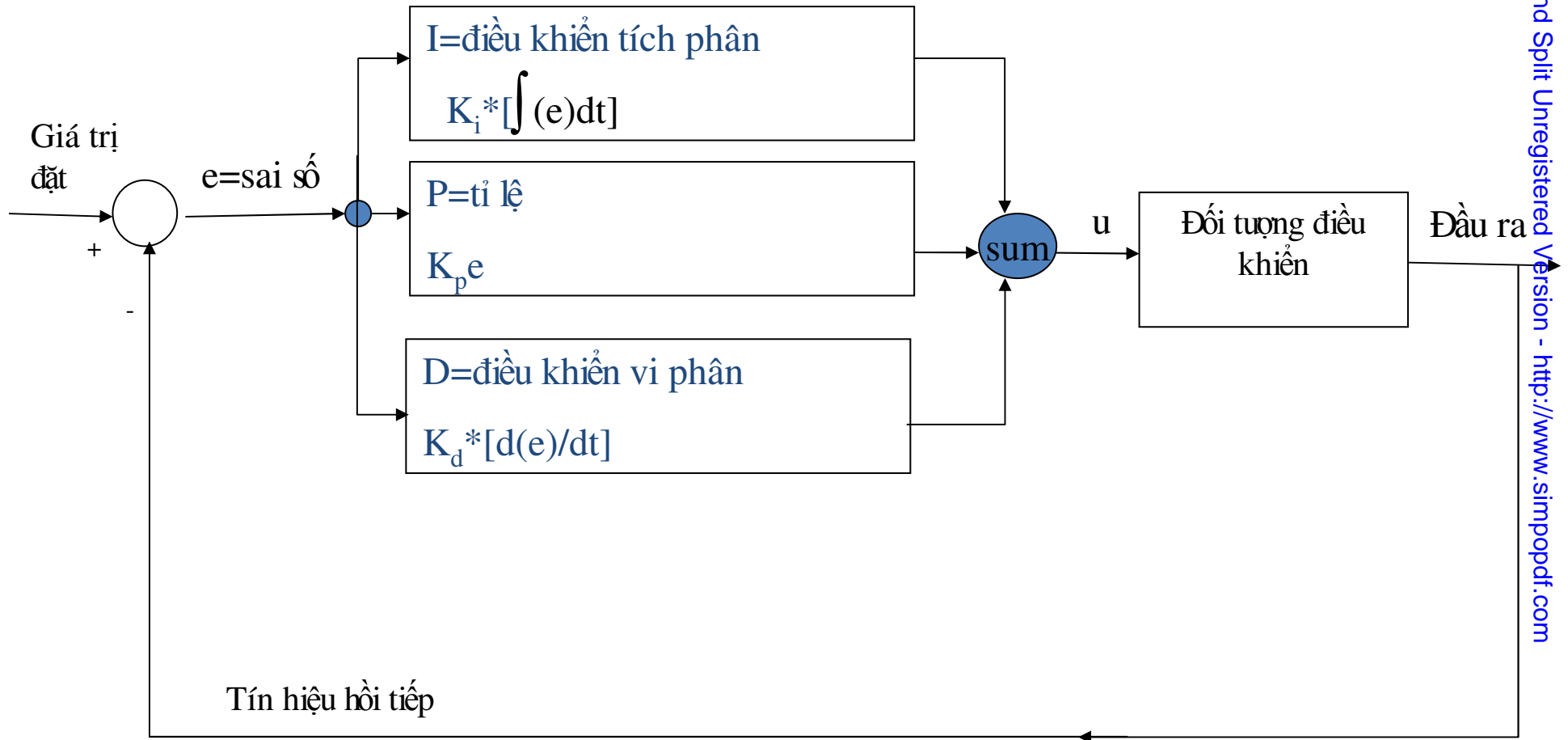
Bộ điều khiển PID

- Bộ điều khiển truyền thống đơn giản
- Bộ đkhiển PD có thể cải thiện đáp ứng quá độ trong khi vẫn giữ được sự ổn định.
- Bộ điều khiển PI có thể cải thiện sai số xác lập của hệ thống mà không làm giảm sự ổn định.

$$u = K_p e + K_d \frac{de}{dt} + K_i \int (e) dt$$



Bộ điều khiển PID





Phương trình bộ PID liên tục và rời rạc

Time domain $f(t) = K_p \times \text{Error}_{\text{sys}}(t) + K_i \times \int_0^t \text{Error}_{\text{sys}}(t) dt + K_d \times \frac{d}{dt}(\text{Error}_{\text{sys}}(t))$

↕

Discrete domain $f(X_T) = K_p \times \text{Error}_{\text{sys}_T} + (k_i \times T_s) \sum_0^T \text{Error}_{\text{sys}_i} + K_d \times (\text{Error}_{\text{sys}_T} - \text{Error}_{\text{sys}_{T-1}})$

(sampling done at $F_s = 1/T_s$ frequency)

$k_i \times T_s = K_i$

- Lúc ban đầu, set giá trị K_p , giá trị $K_i = 0$
- Tăng dần K_p cho tới khi đáp ứng đạt tới giá trị đặt (không có vọt lố quá lớn và dao động)
- Sau đó K_i được tăng chậm để sai số về 0



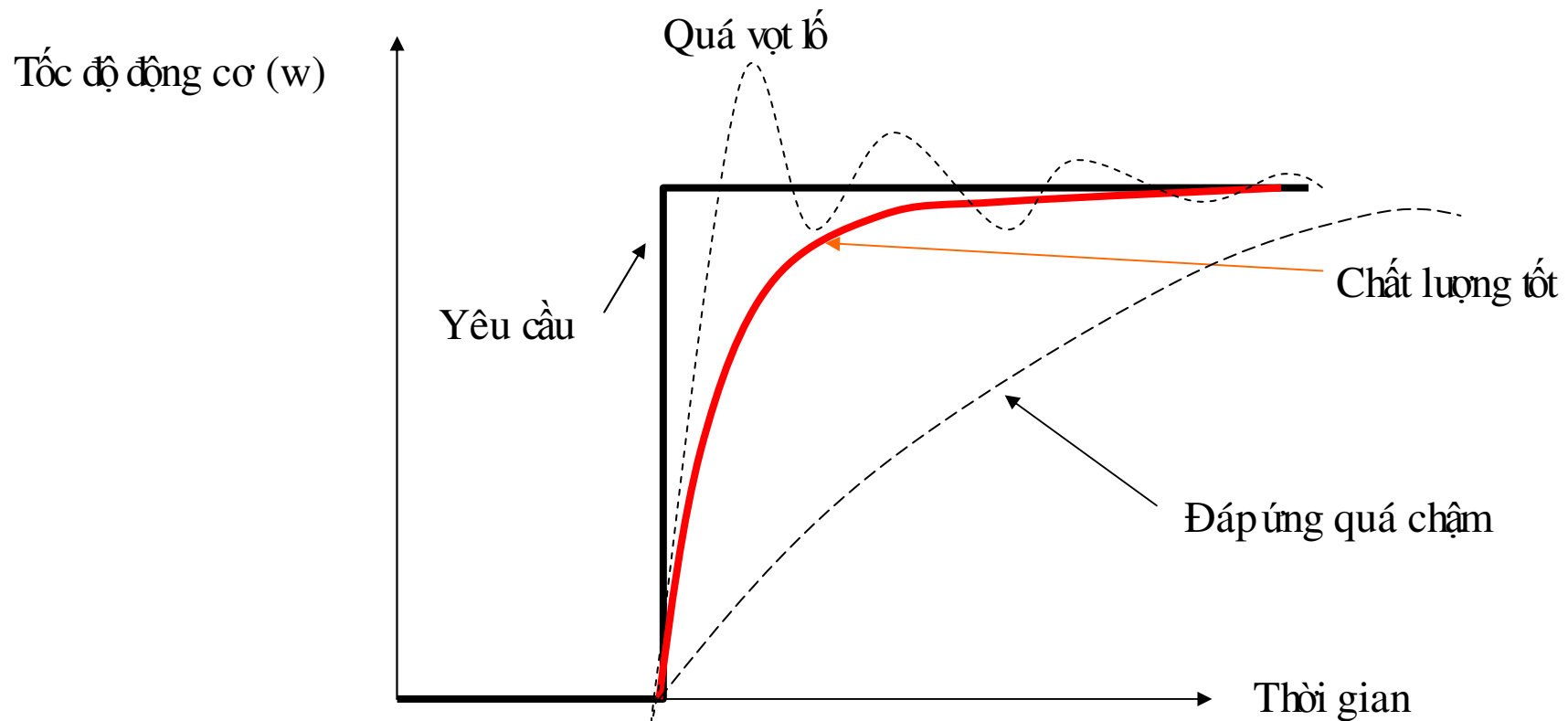
Tính chất của các hệ số P, I, và D

Chú ý rằng quan hệ ở dưới có thể không chính xác, vì K_p , K_i , và K_d phụ thuộc lẫn nhau. Bảng dưới chỉ được dùng để tham khảo khi chọn các giá trị K_i , K_p và K_d .

Thông số	Thời gian lên	Vọt lố	Thời gian xác lập	Sai số xác lập
K_p	Giảm	Tăng	Thay đổi ít	Giảm
K_i	Giảm	Tăng	Tăng	Triệt tiêu
K_D	Thay đổi ít	Giảm	Giảm	Thay đổi ít



Bộ điều khiển PID

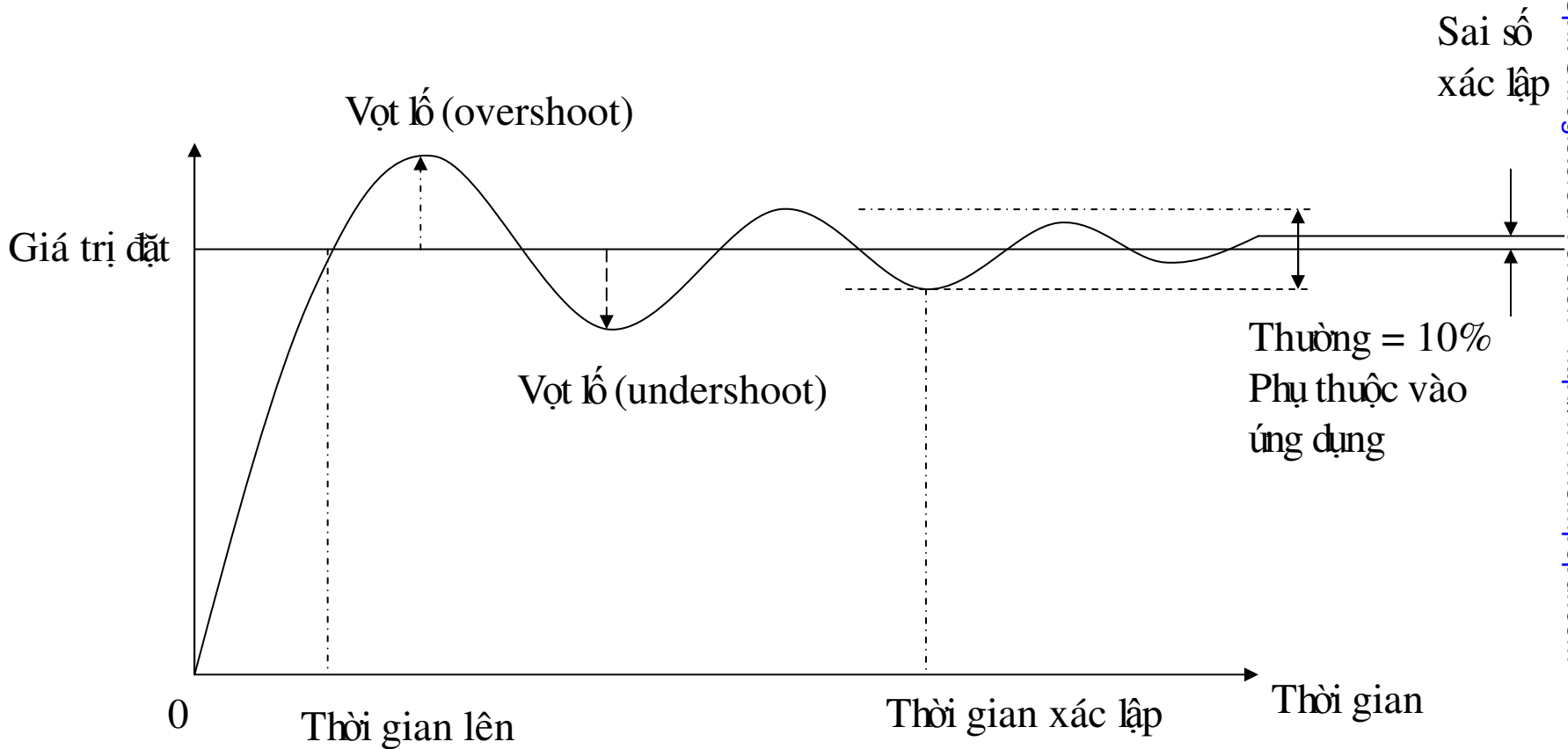


Hệ thống điều khiển số

Bộ môn Thiết bị điện

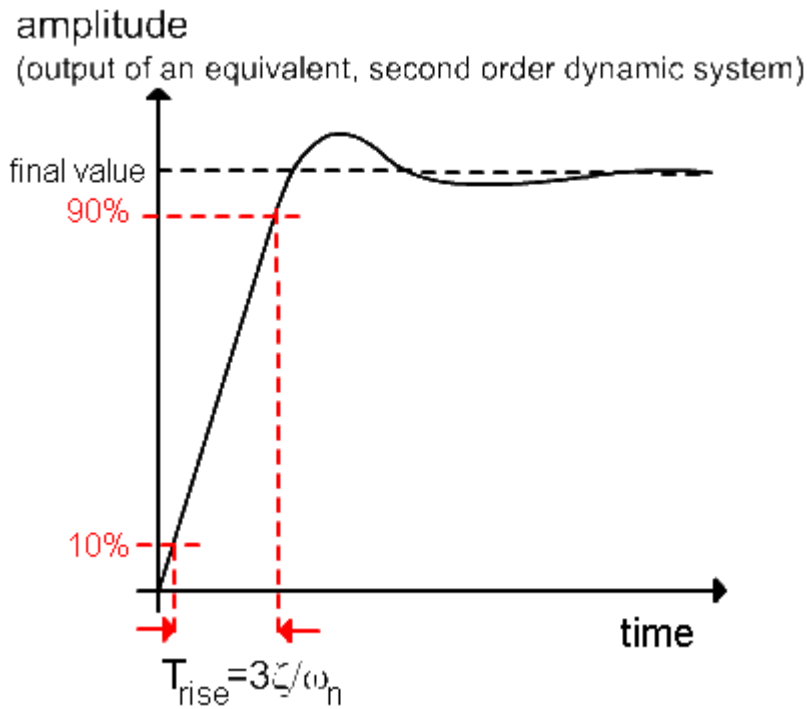


Bộ điều khiển PID

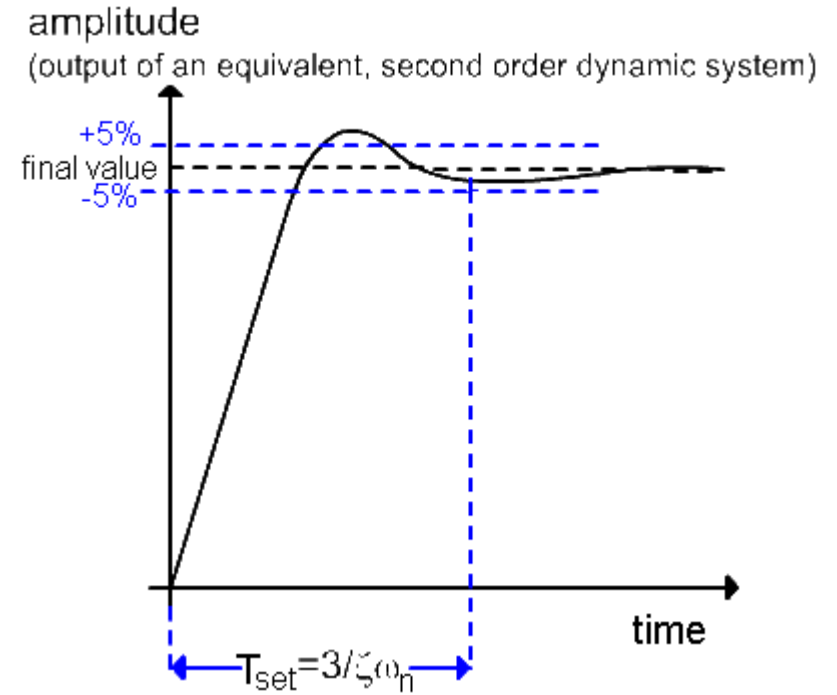




Thiết kế bộ điều khiển



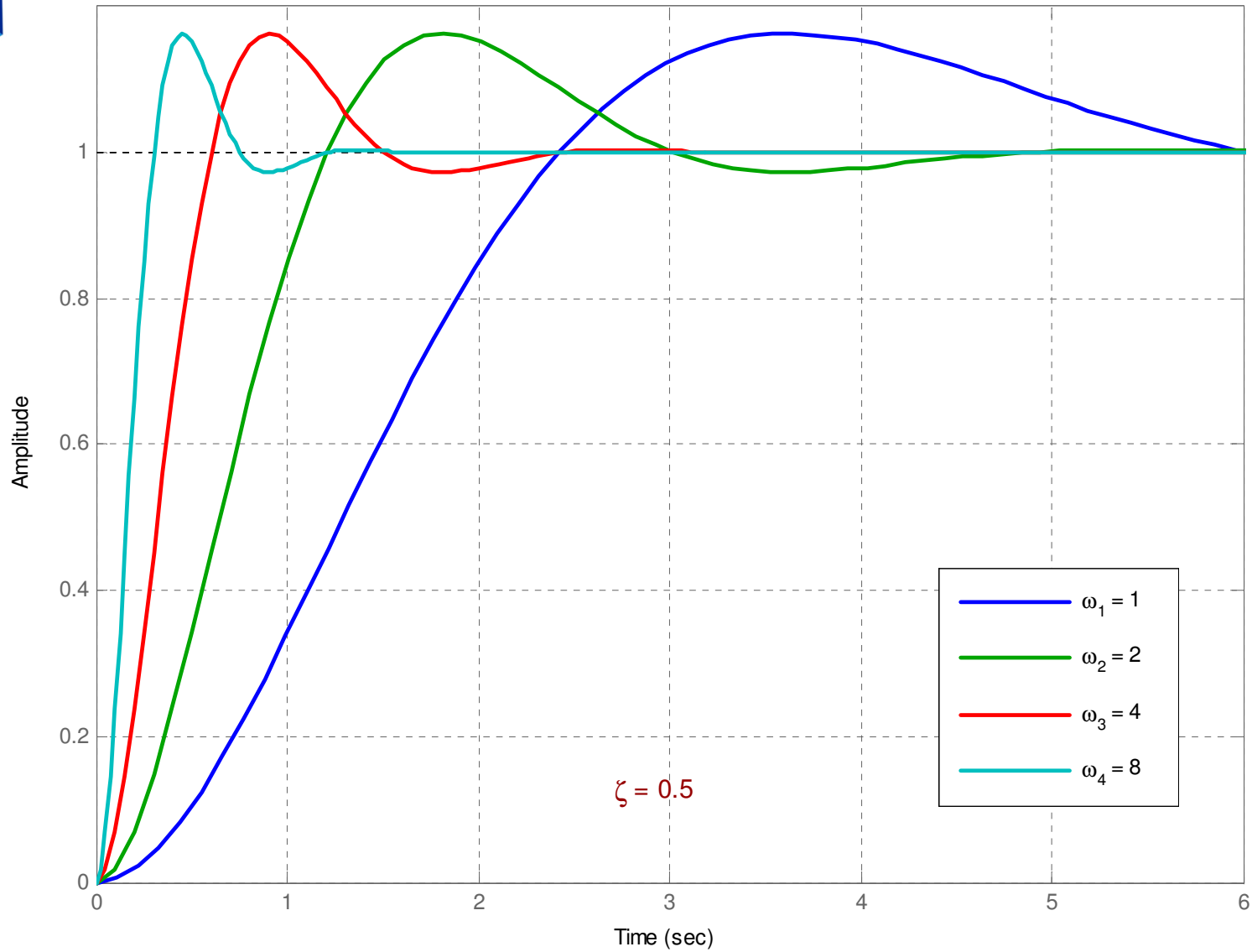
Thời gian lên T_{rise}



Thời gian xác lập T_{set}



Ảnh hưởng của tần số tự nhiên ω_n

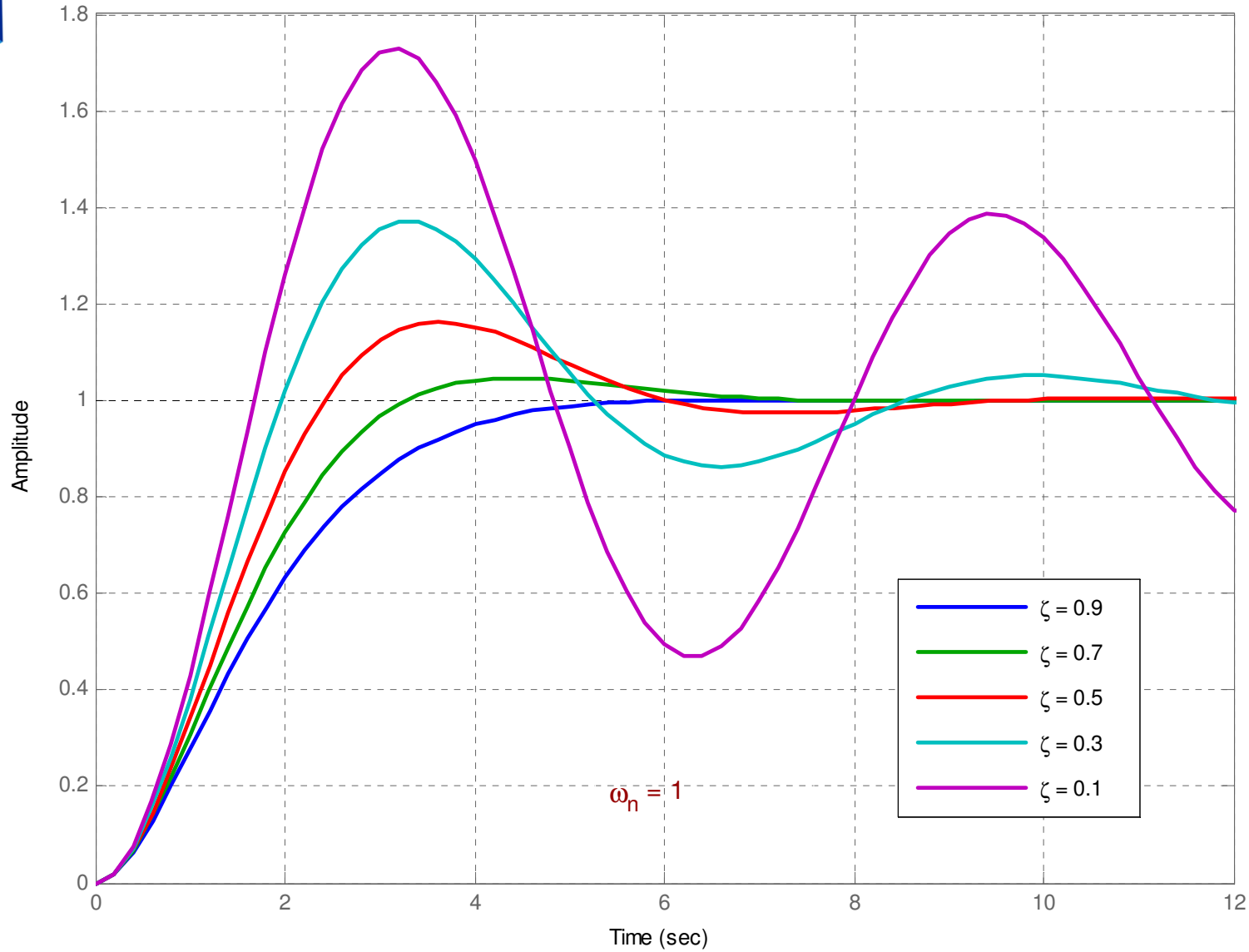


Hệ thống điều khiển số

Bộ môn Thiết bị điện



Ảnh hưởng của hệ số tắt dần



Hệ thống điều khiển số

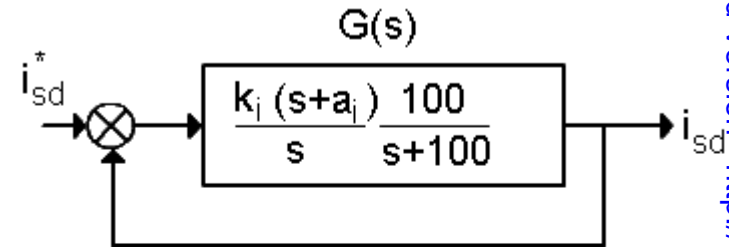
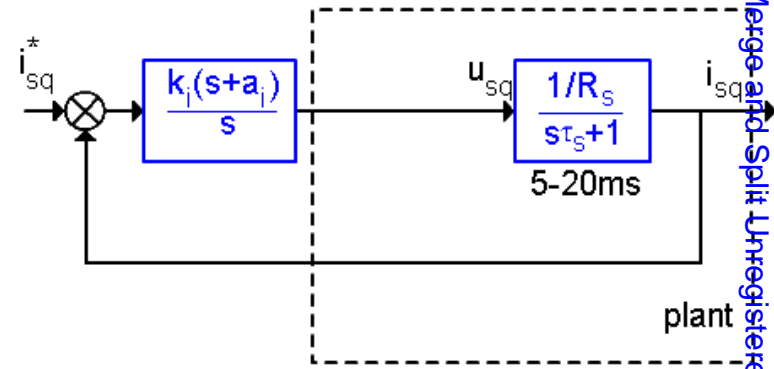
Bộ môn Thiết bị điện



Thiết kế bộ điều khiển PI (1)

Cho hệ thống:

$R_s=1\Omega$, $\tau_s=10\text{ms}$. Thiết kế bộ điều khiển PI có băng thông (tần số tự nhiên) 300Hz (1900 rad/s) và $\zeta=0.8$ (hệ số tắt dần)



closed loop transfer function

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



Thiết kế bộ điều khiển PI (2)

Cho hệ thống:

$R_s=1\Omega$, $\tau_s=10ms$. Thiết kế bộ điều khiển PI có băng thông (tần số tự nhiên) 300Hz (1900 rad/s) và $\zeta=0.8$ (hệ số tắt dần)

Hàm truyền vòng kín:

$$\frac{100k_i(s+a_i)}{s^2 + 100(1+k_i)s + 100k_i a_i}$$

Với $\omega_n = 1900 \text{ rad/s}$ và $\zeta = 0.8$

Phương trình đặc tính

$$s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2$$

$$s^2 + 100(1+k_i)s + 100k_i a_i$$



$$s^2 + 3040s + 3610000$$

$$s^2 + 100(1+k_i)s + 100k_i a_i$$

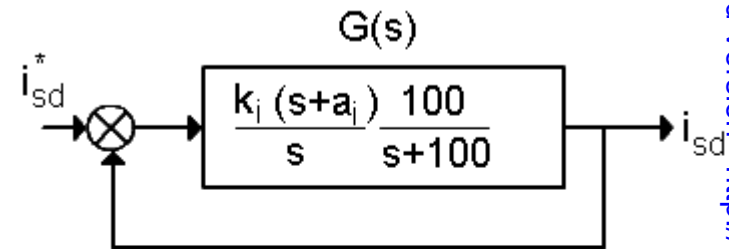
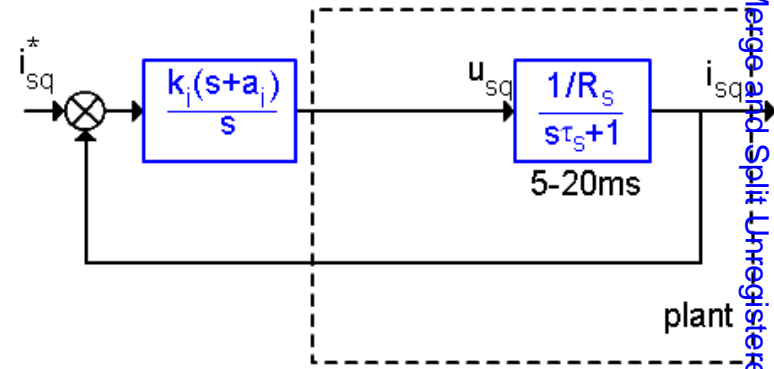


$$a_i = 1227.9$$

$$k_i = 29.4$$

Hệ thống điều khiển số

Bộ môn Thiết bị điện



closed loop transfer function

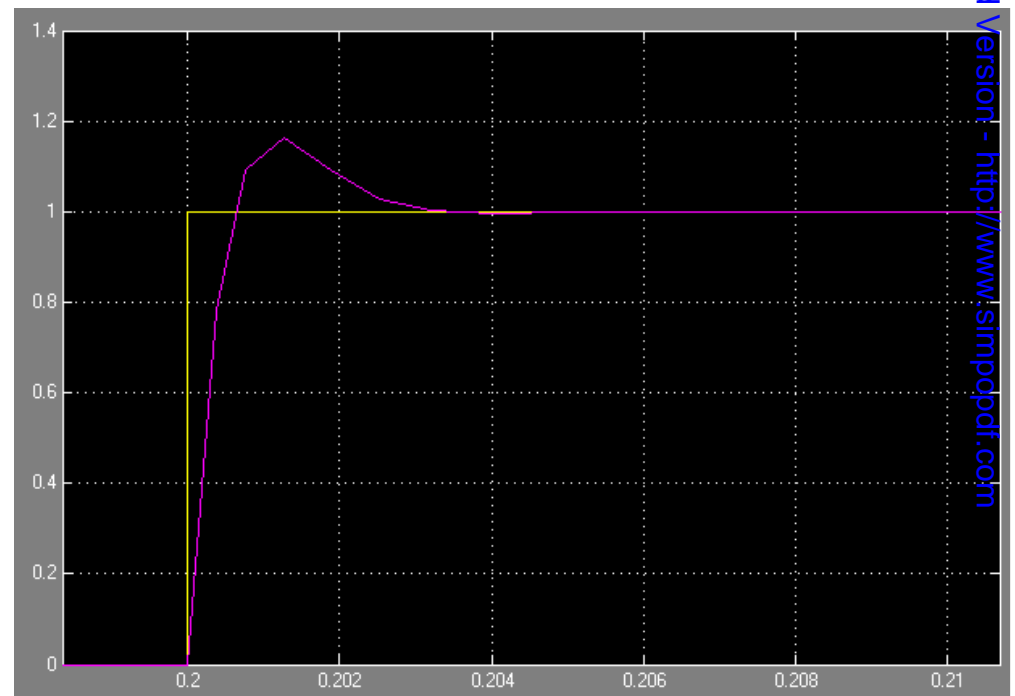
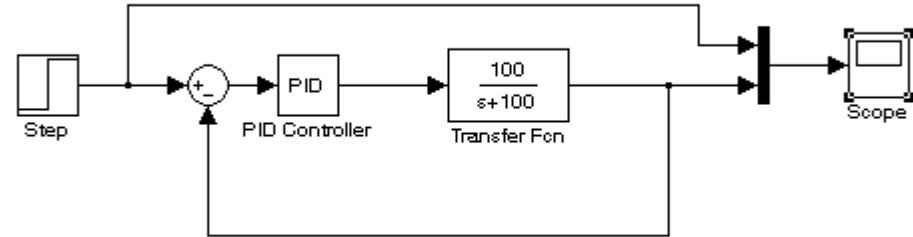
$$\frac{G(s)}{1+G(s)}$$



Thiết kế bộ điều khiển PI (3)

Cho hệ thống:

$R_S=1\Omega$, $\tau_S=10\text{ms}$. Thiết kế bộ điều khiển PI có băng thông (tần số tự nhiên) 300Hz (1900 rad/s) và $\zeta=0.8$ (hệ số tắt dần)



Hệ thống điều khiển số

Bộ môn Thiết bị điện



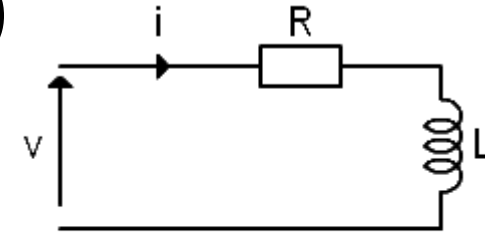
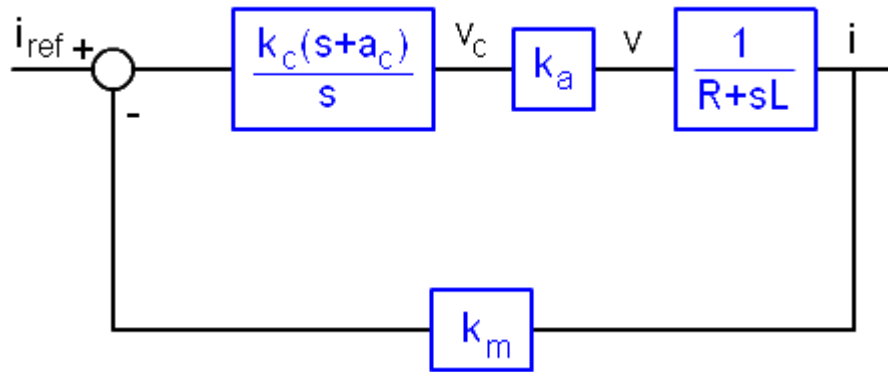
Hệ thống điều khiển số

- Giới thiệu bộ nghịch lưu
- Giới thiệu về vector quay
- Space vector



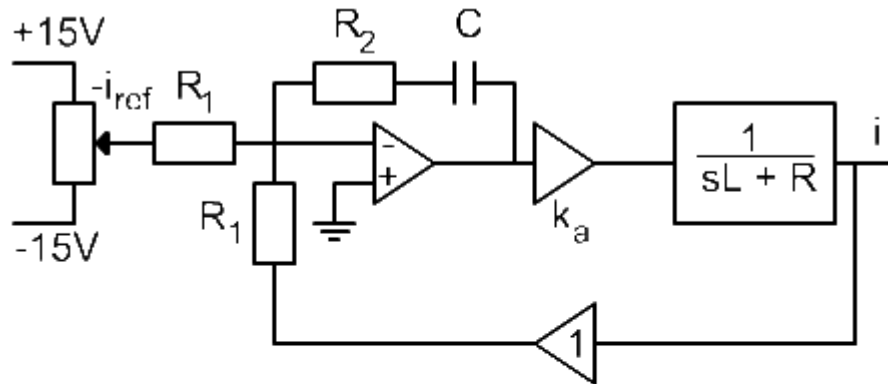
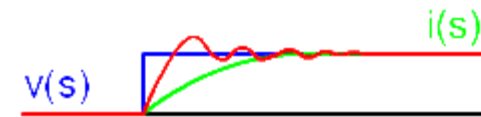
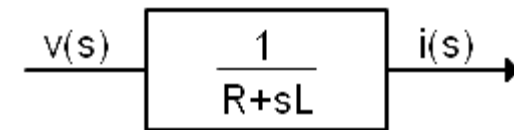
Review (1)

Mô hình động cơ DC
kích từ độc lập



$$v(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt}$$

$$v(s) = Ri(s) + si(s)L$$



$$k_c = \frac{R_2}{R_1}$$

$$a_c = \frac{1}{R_2 C}$$

Đáp ứng có thời gian lên chậm (đường màu xanh) \perp thiết kế bộ điều khiển để giảm thời gian lên như đường màu đỏ

Bộ môn Thiết bị điện



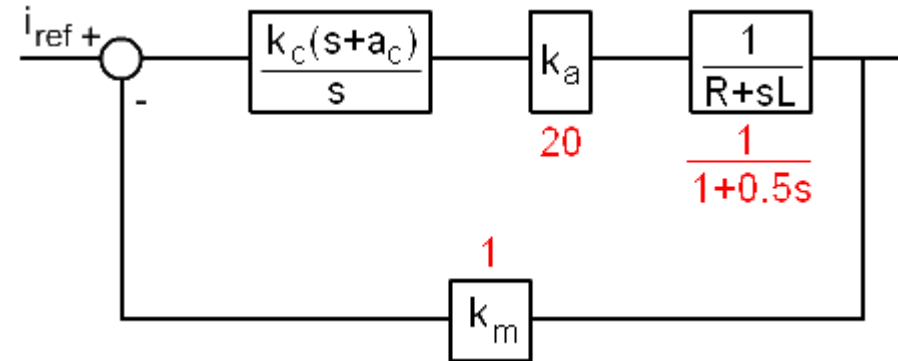
Review (2)

Với hệ số tắt dần và tần số tự nhiên đã cho, thiết kế bộ điều khiển:

- A. $k_c = 0.65, a_c = 15.38$
- B. $k_c = 0.65, a_c = 200$
- C. $k_c = 0.75, a_c = 16.7$
- D. $k_c = 0.75, a_c = 15.34$

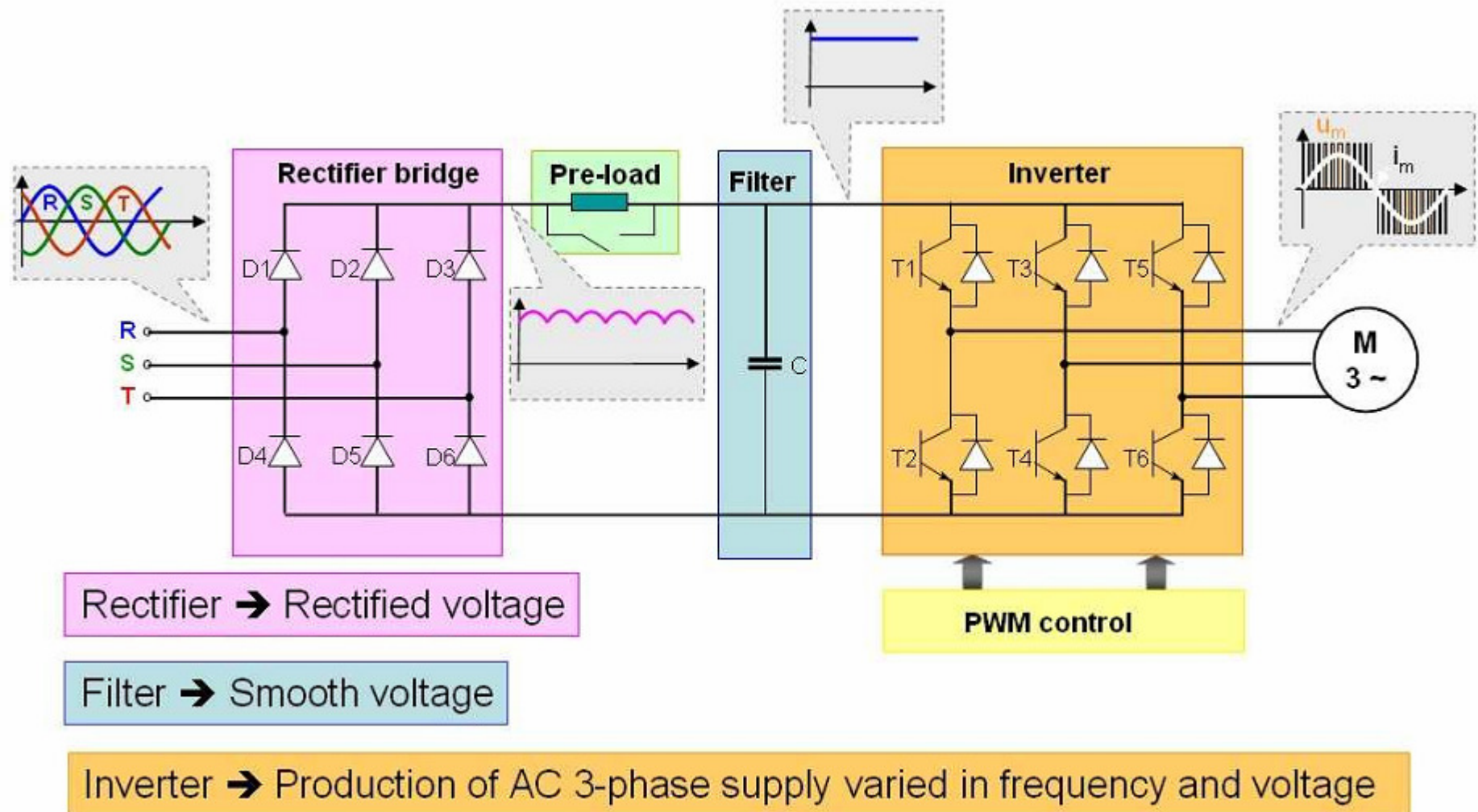
Áp dụng cho bộ điều khiển tương tự, tính R1, R2 và C:

- A. $R_1 = 100k\Omega, R_2 = 66k\Omega, C = 1\mu F$
- B. $R_1 = 10k\Omega, R_2 = 66k\Omega, C = 1\mu F$
- C. $R_1 = 10k\Omega, R_2 = 6.6k\Omega, C = 0.1\mu F$
- D. $R_1 = 100k\Omega, R_2 = 66k\Omega, C = 0.1\mu F$



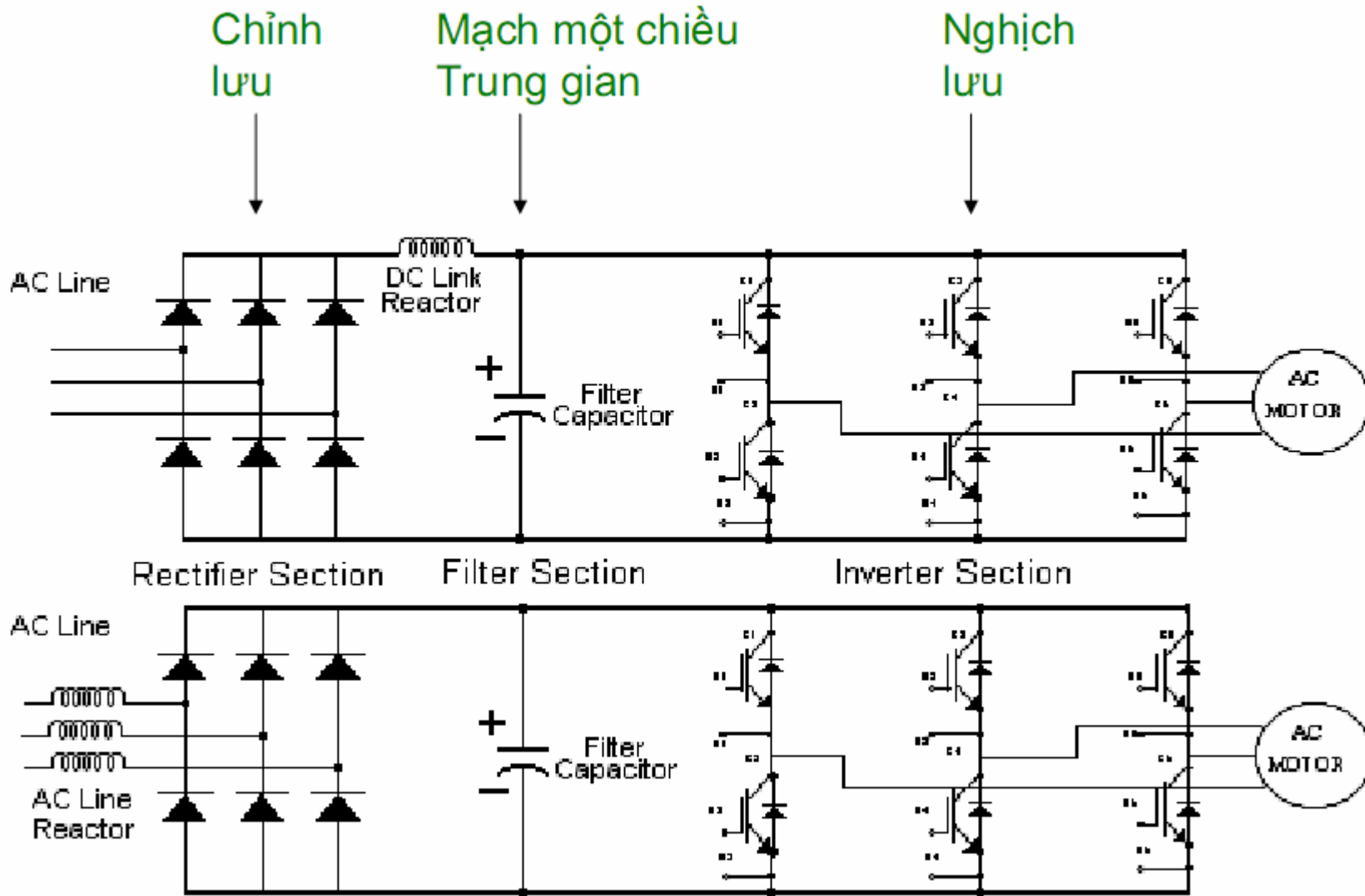
$$L = 500 \text{ mH}, R = 1 \text{ Ohm}, k_a = 20, k_m = 1$$
$$\zeta = 0.7 \quad \omega_n = 20 \text{ rad/s}$$

Cấu tạo biến tần



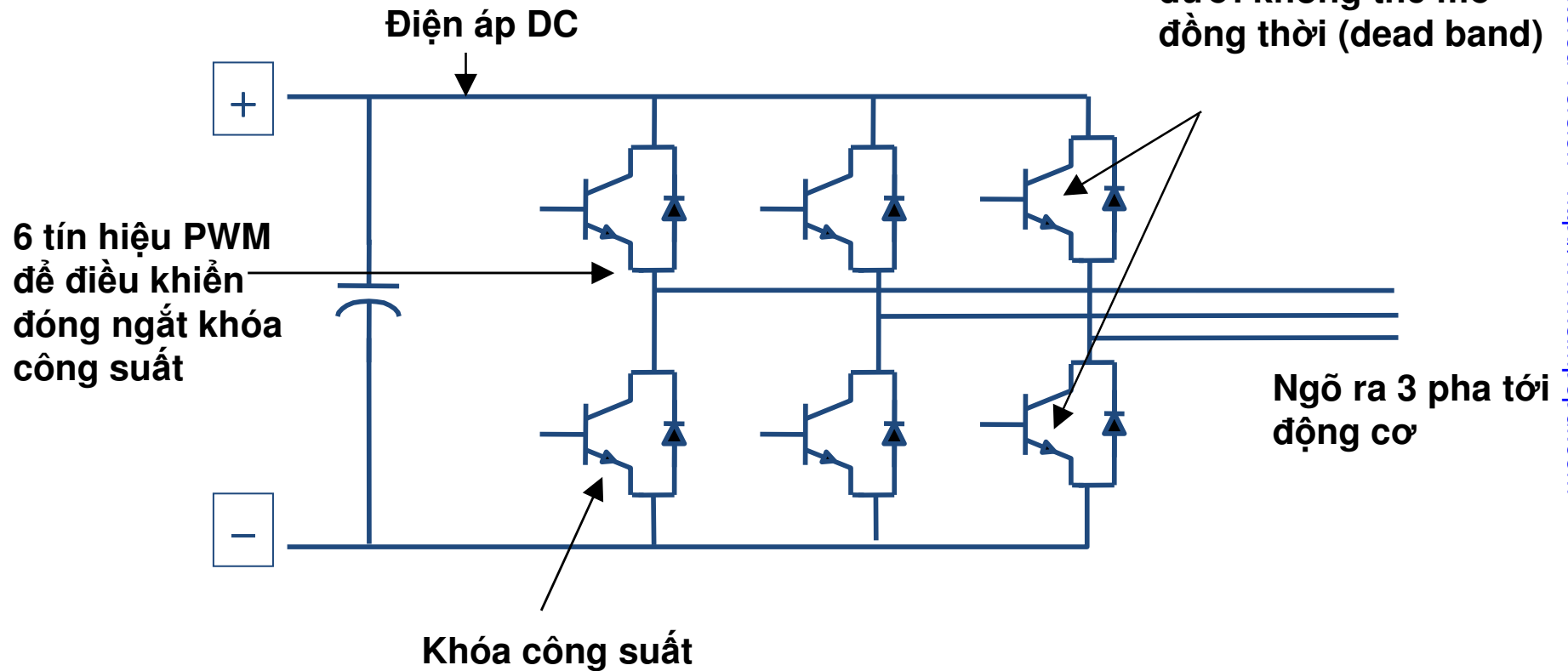
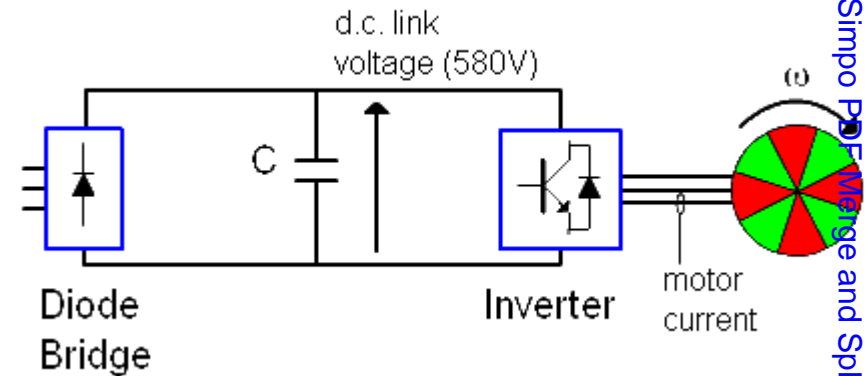


Cấu tạo biến tần





Bộ nghịch lưu áp 3 pha

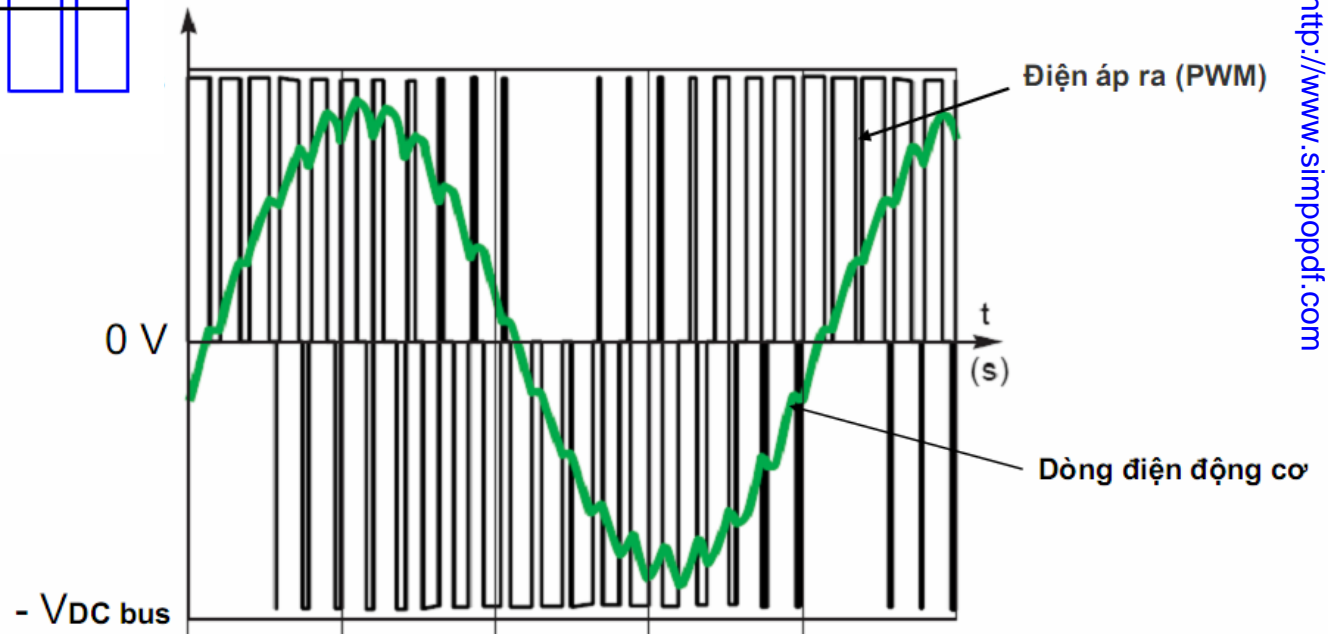
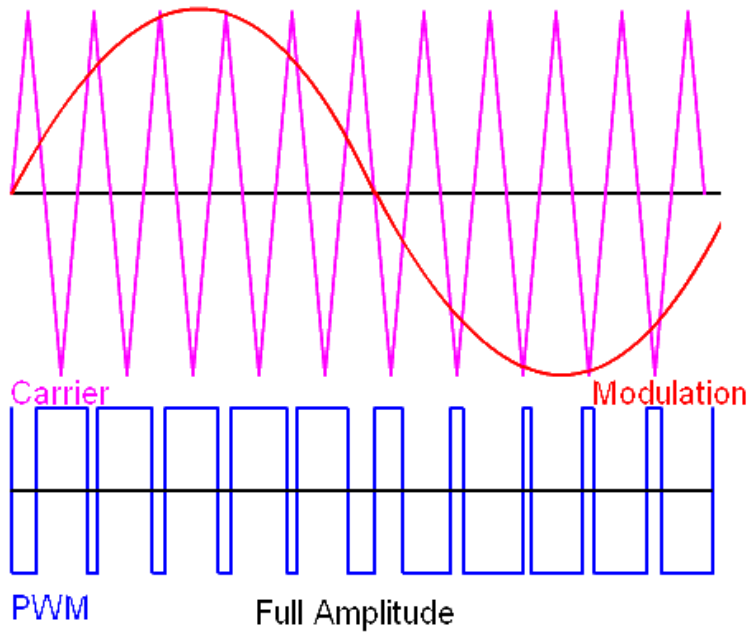


Hệ thống điều khiển số

Bộ môn Thiết bị điện



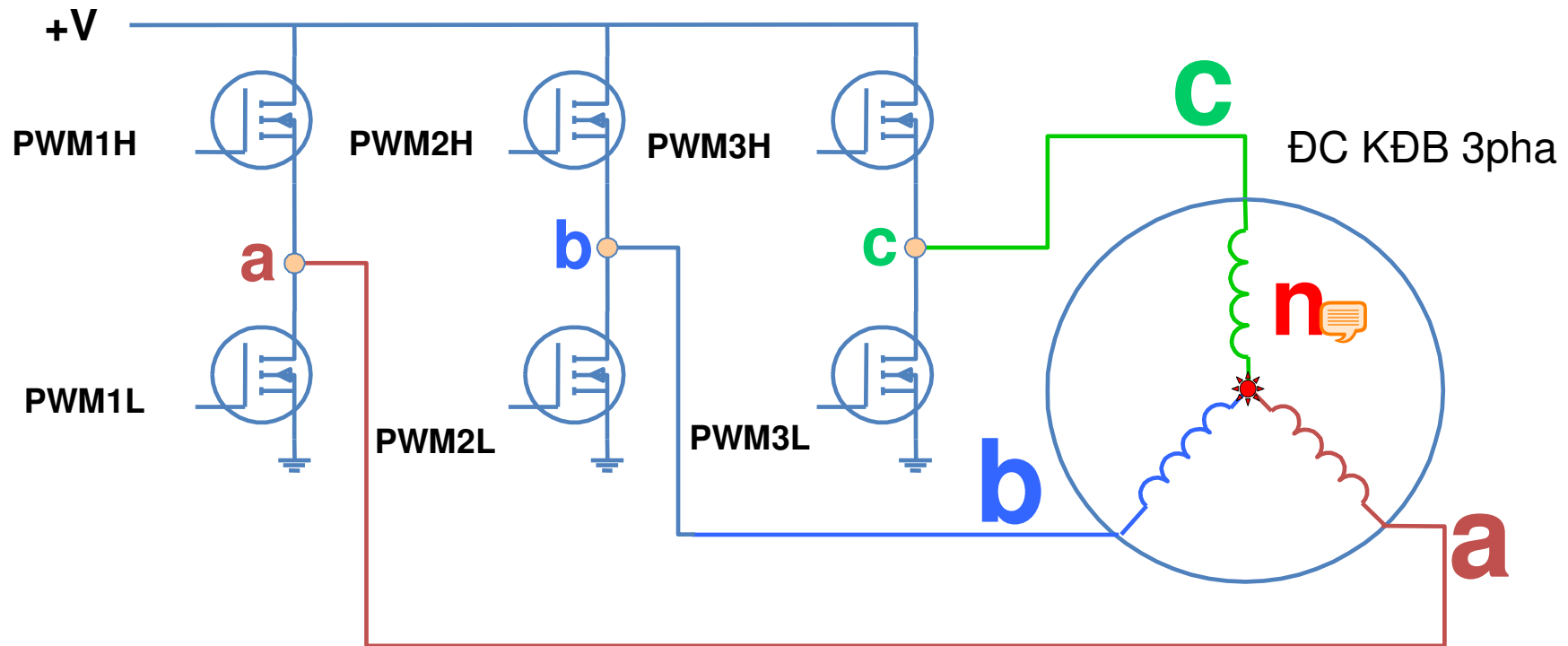
Dạng sóng ra bộ nghịch lưu 3 pha



Hệ thống điều khiển số



Mô hình bộ nghịch lưu DC – AC đơn giản



$$+V = V_{dc} = \text{DC link}$$

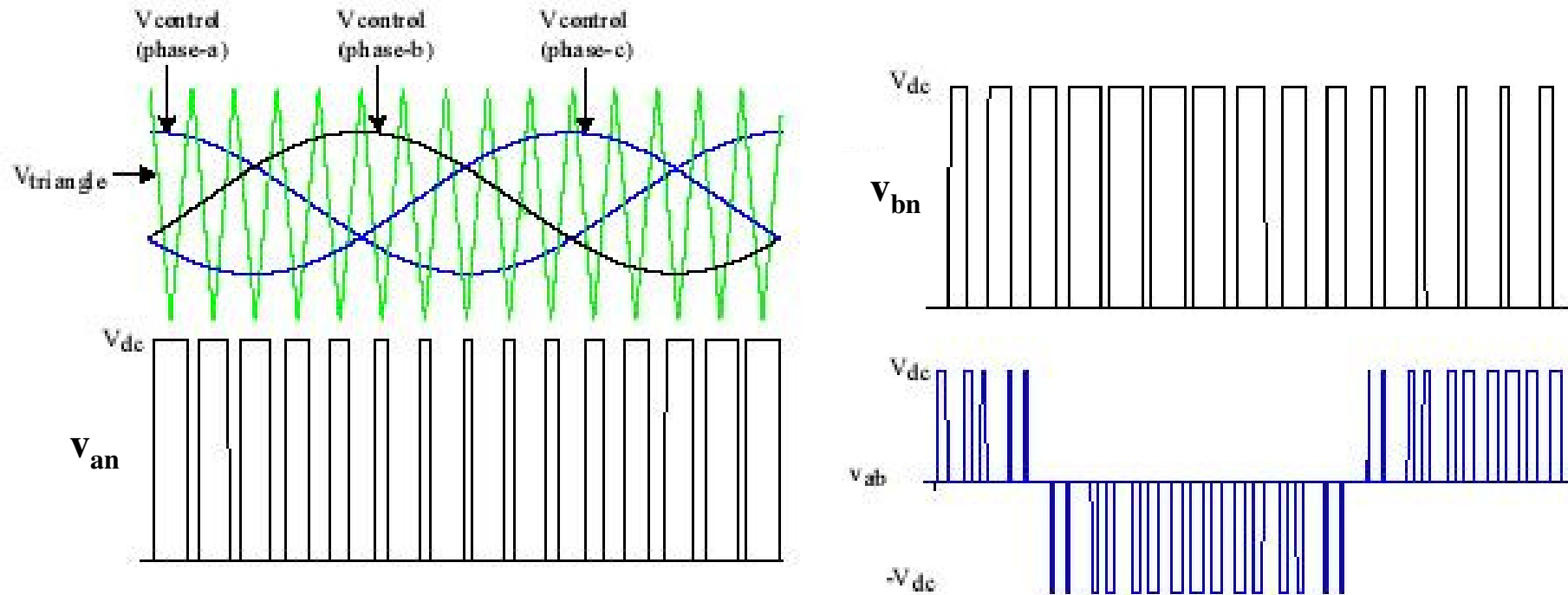
Hệ thống điều khiển số

$$V_{ab} = V_{an} - V_{bn}$$

Bộ môn Thiết bị điện



Sine PWM



Tín hiệu reference hình sine, sóng mang tam giác, PWM

Điện áp pha V_{an} và V_{bn} , và điện áp dây V_{ab}



ĐIỀU CHẾ VECTOR KHÔNG GIAN SVM

Trạng thái và vector khóa cơ bản

6 vector tích cực ($V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$)

Nằm trên 6 vị trí đỉnh của hình lục giác

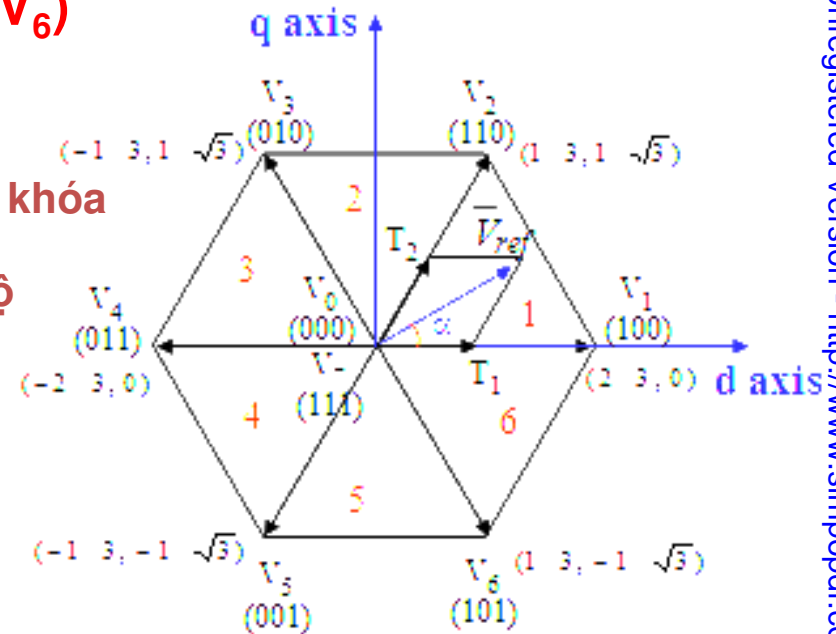
Điện áp DC được cung cấp cho tải qua các khóa

Mỗi vecto cơ bản (1 to 6) lệch nhau 60 độ

2 vector zero (V_0, V_7)

Nằm tại gốc O với module bằng 0

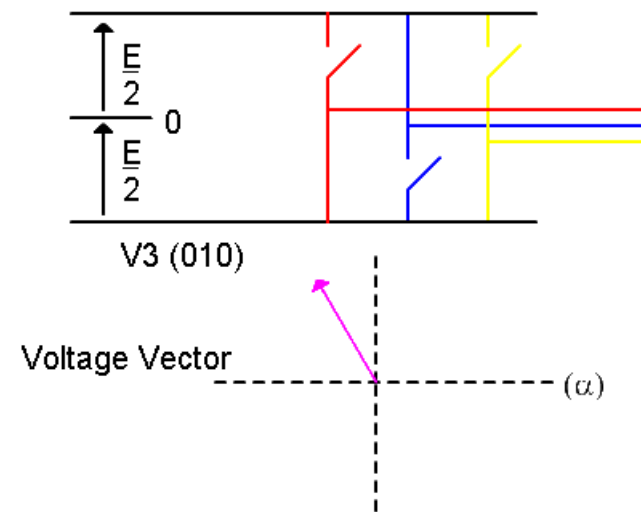
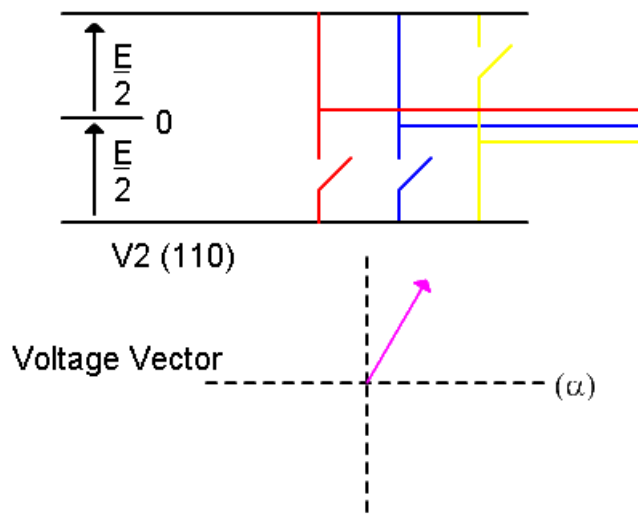
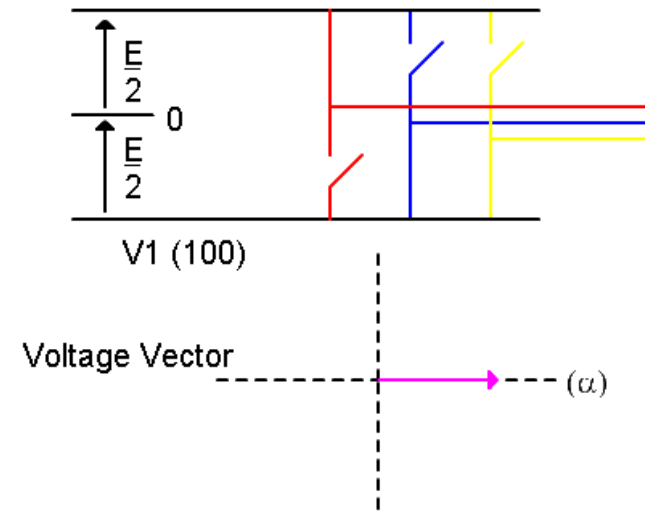
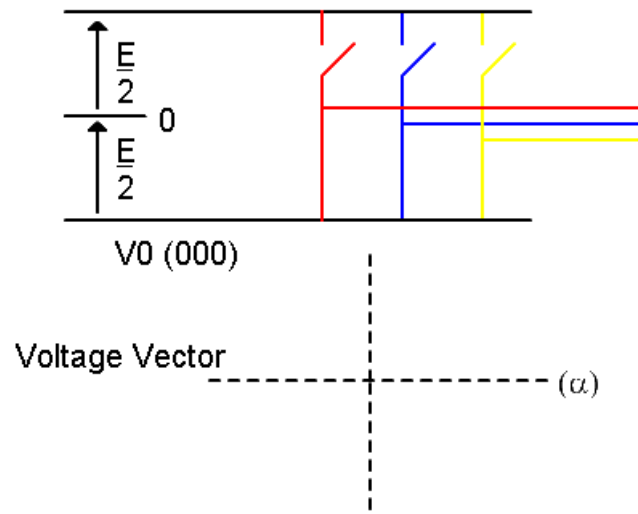
Không có điện áp cấp cho tải



Vector đóng ngắt cơ bản



Vector $V_0 - V_3$

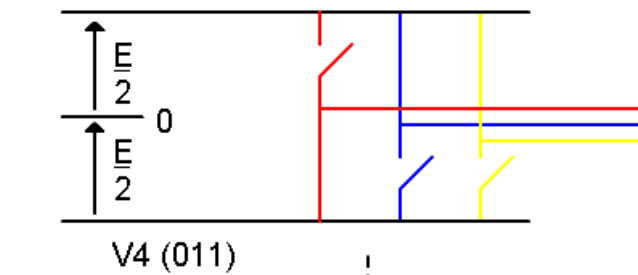


Hệ thống điều khiển số

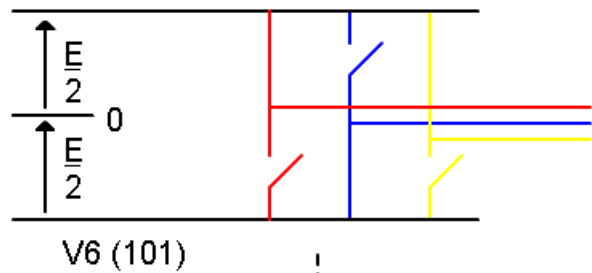
Bộ môn Thiết bị điện



Vector V4 – V7

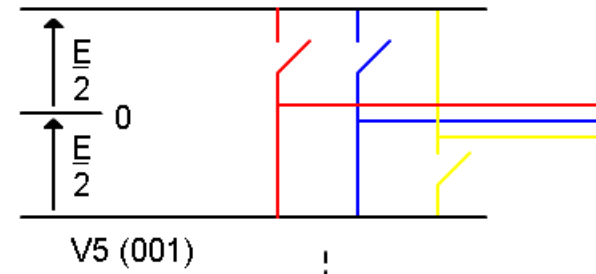


Voltage Vector (α)

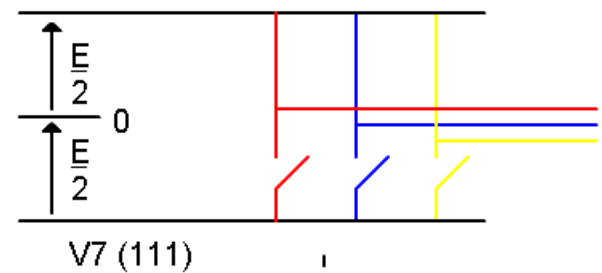


Voltage Vector (α)

Hệ thống điều khiển số



Voltage Vector (α)



Voltage Vector (α)

Bộ môn Thiết bị điện

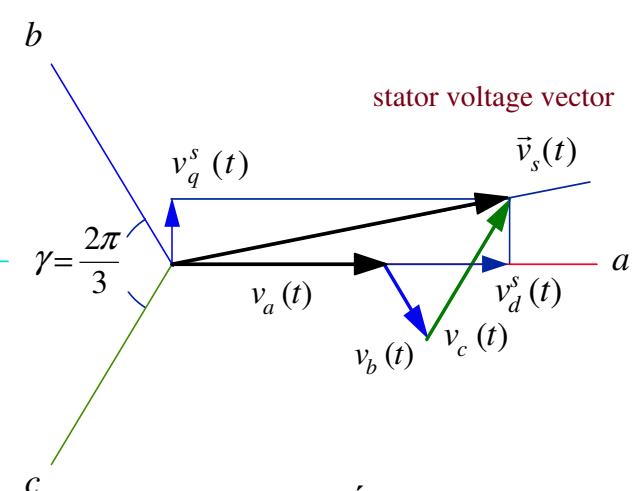
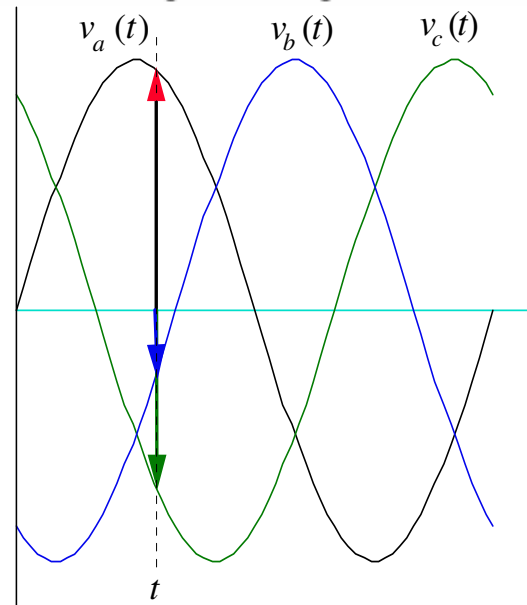
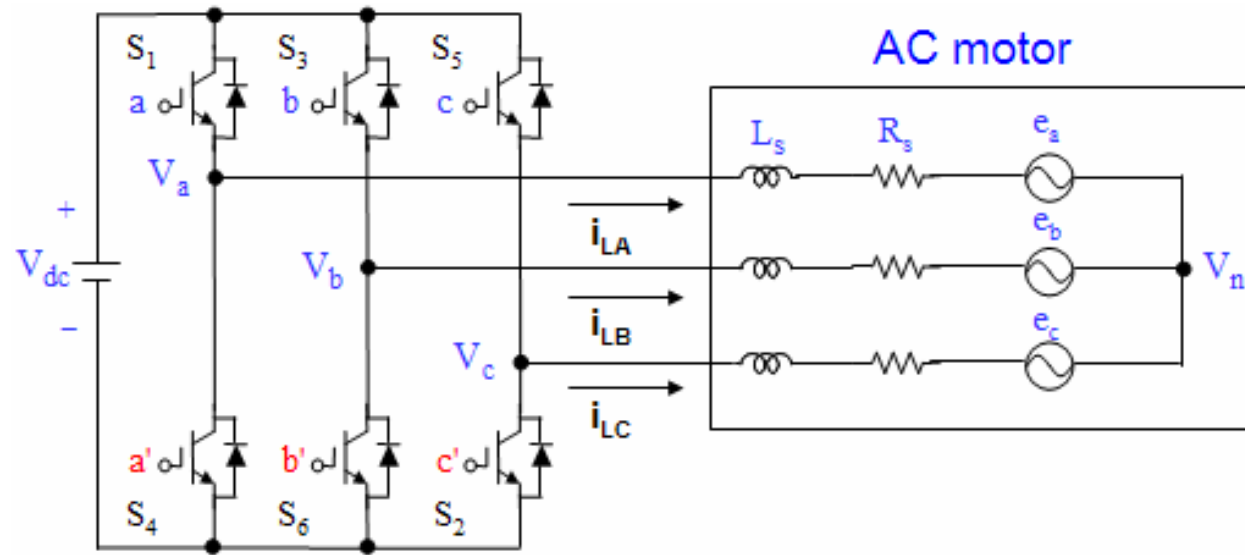


Nguyên lý của Space vector PWM

- Coi điện áp sine như một vector độ lớn không đổi quay với vận tốc không đổi
- PP này xấp xỉ điện áp chuẩn V_{ref} bằng một tổ hợp 8 switching patterns (V_0 tới V_7)
- Chuyển hệ qui chiếu abc sang $\alpha\beta$: vector điện áp 3 pha được chuyển thành vector trong hệ qui chiếu tĩnh $\alpha\beta$
- Các vector V_0 tới V_7 chia thành 6 sector, mỗi sector chiếm 60°
- V_{ref} được tính từ 2 vector kề nhau và hai vector 0



Nguyên lý

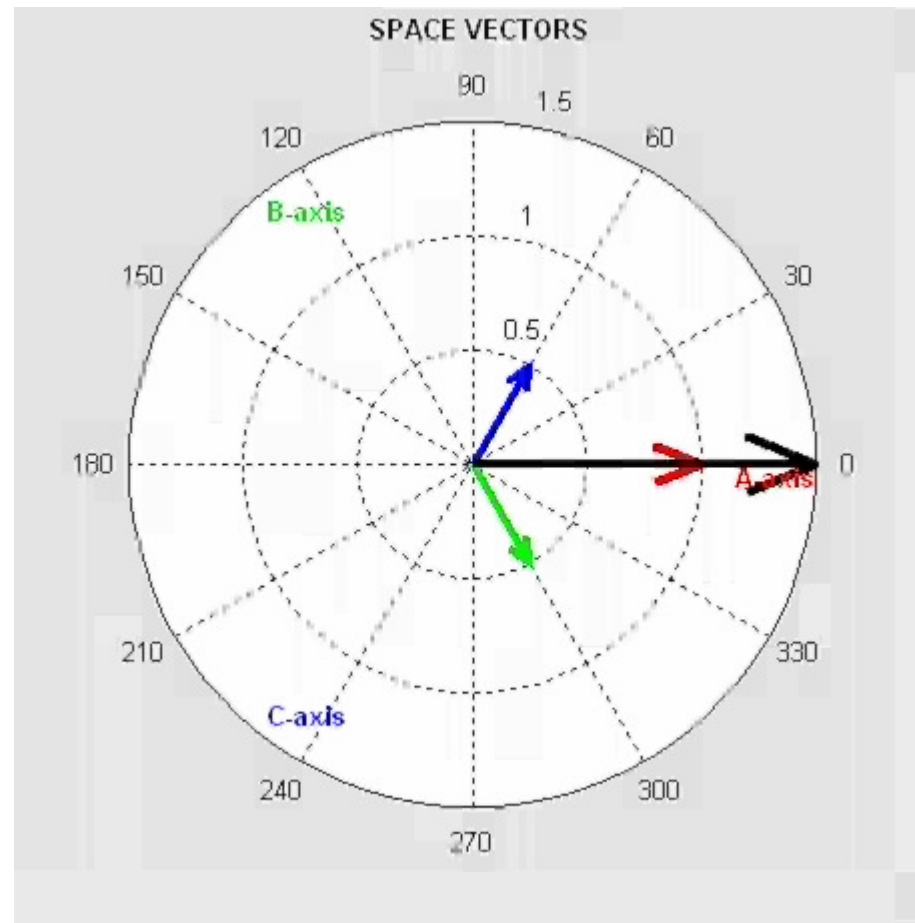


Bộ môn Thiết bị điện

Hệ thống điều khiển số



Vector không gian quay



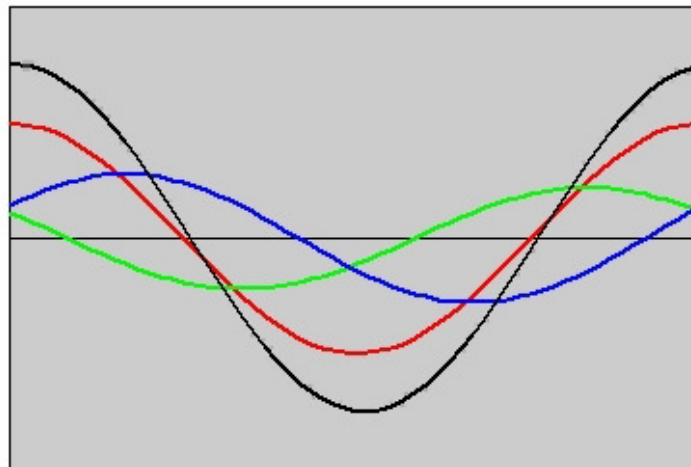
Hệ thống điều khiển số

Bộ môn Thiết bị điện



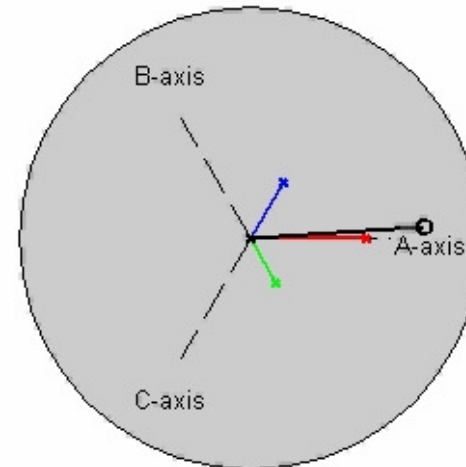
Vector không gian – dòng điện mỗi pha theo thời gian

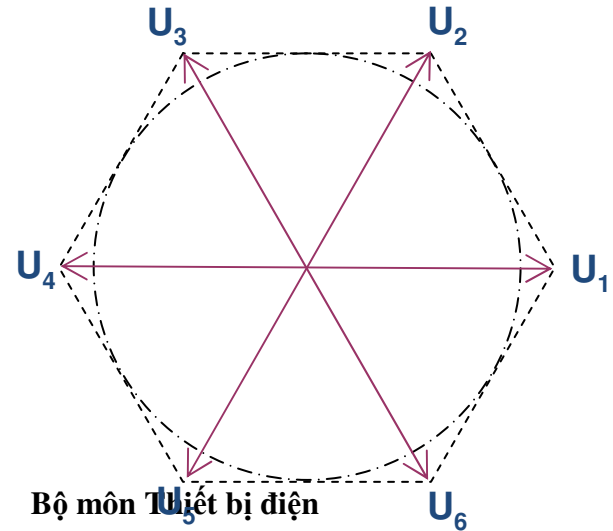
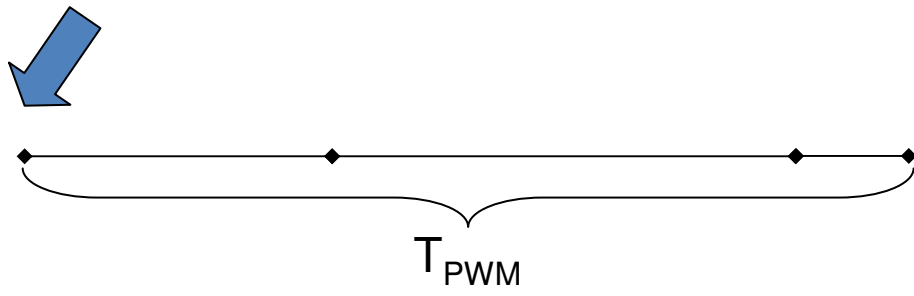
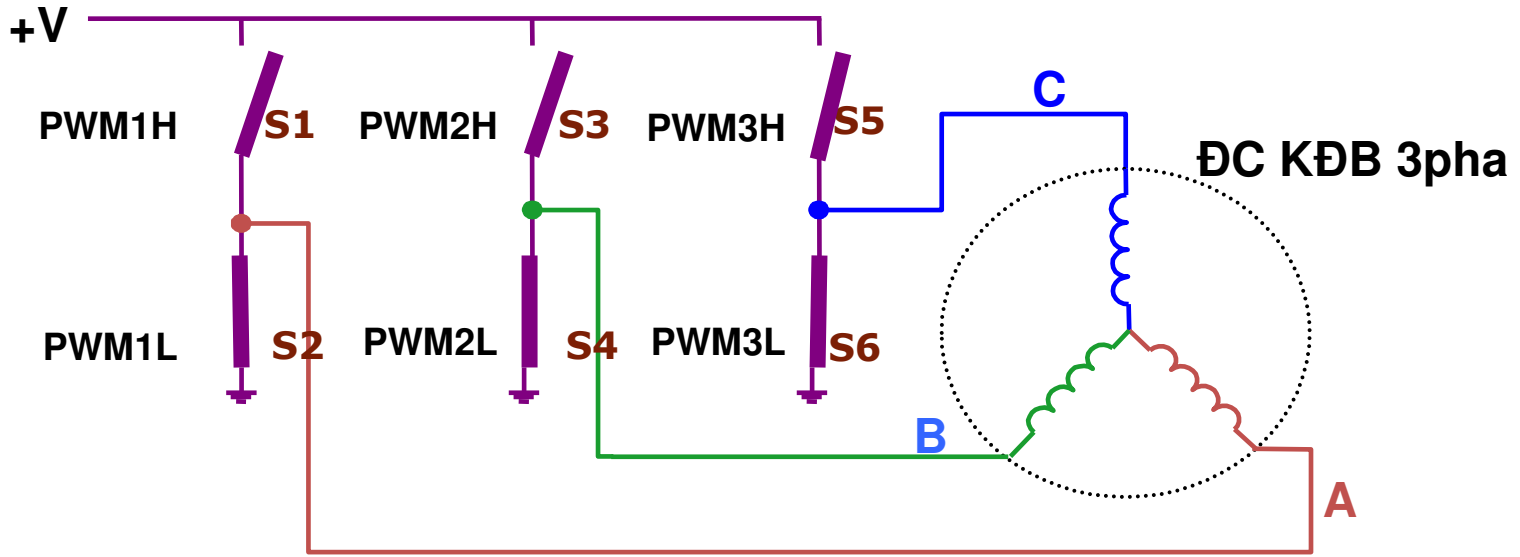
WAVE SPACE DISTRIBUTION



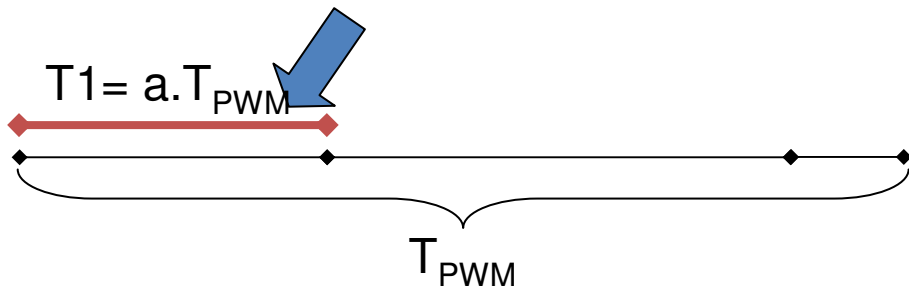
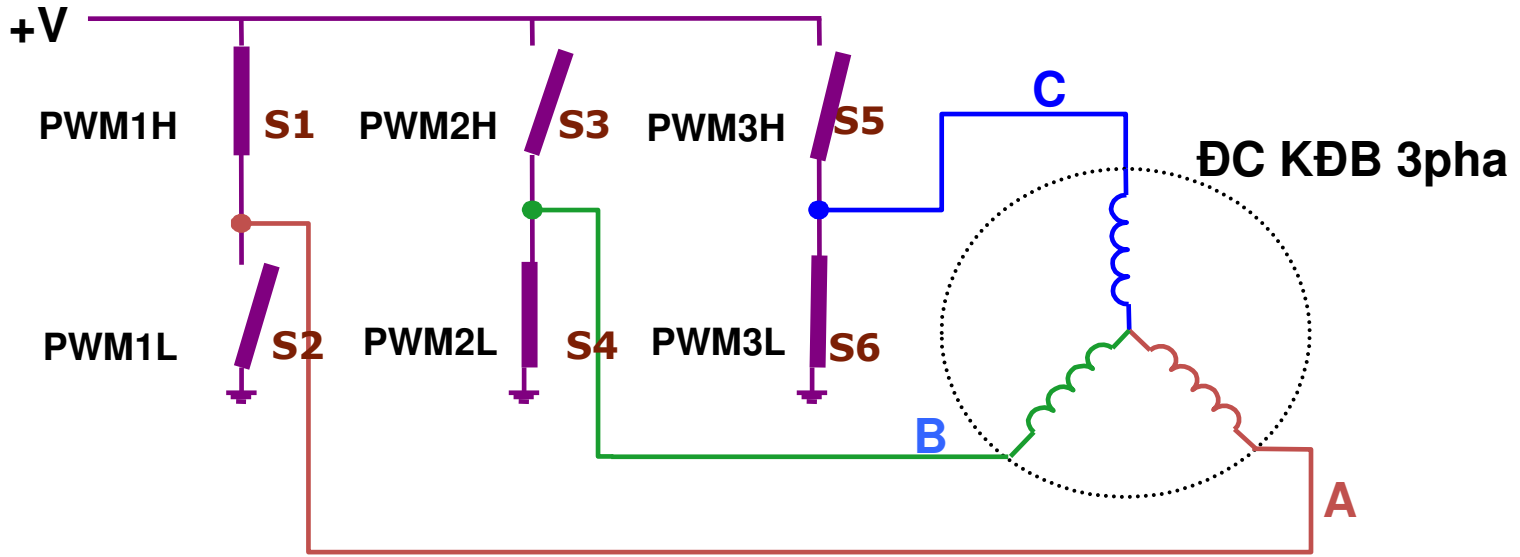
Phase A
Phase B
Phase C
Resultant

SPACE VECTORS

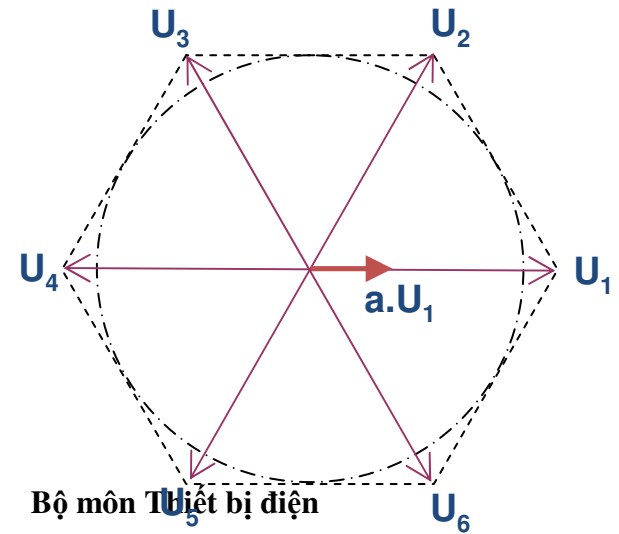


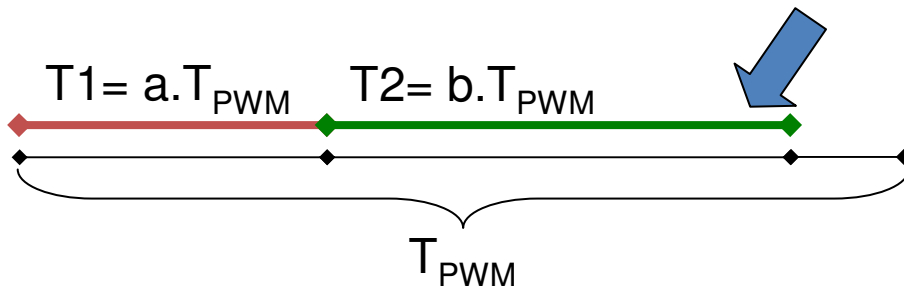
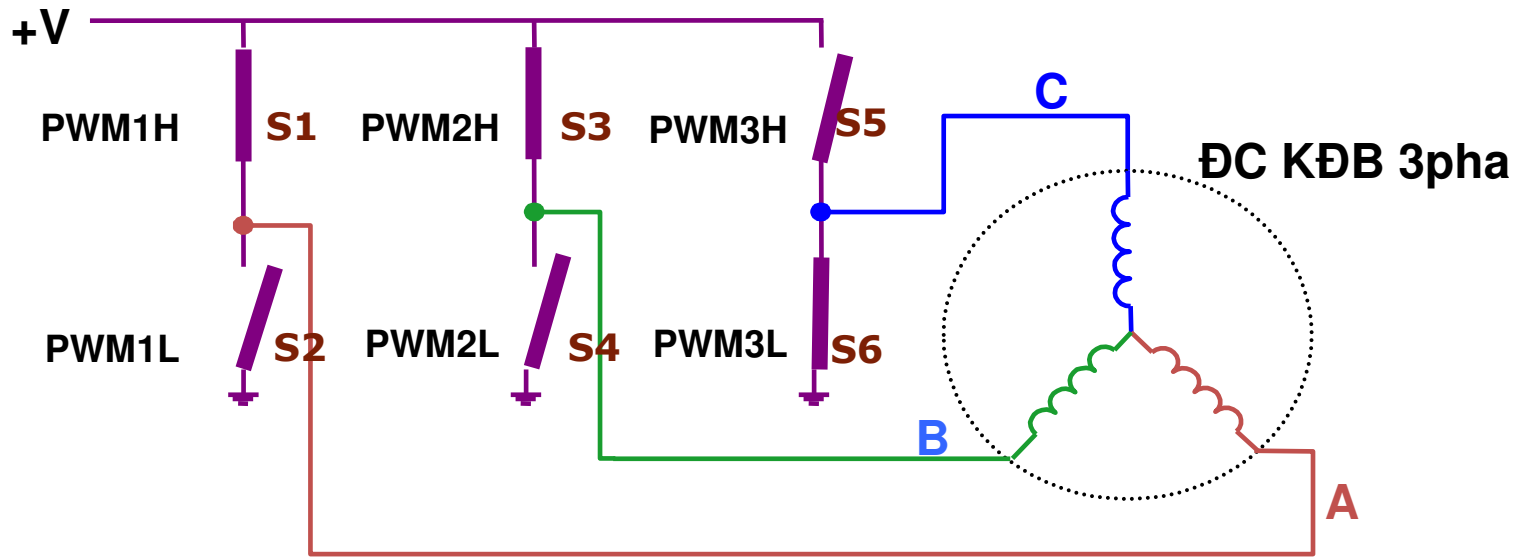


Hệ thống điều khiển số

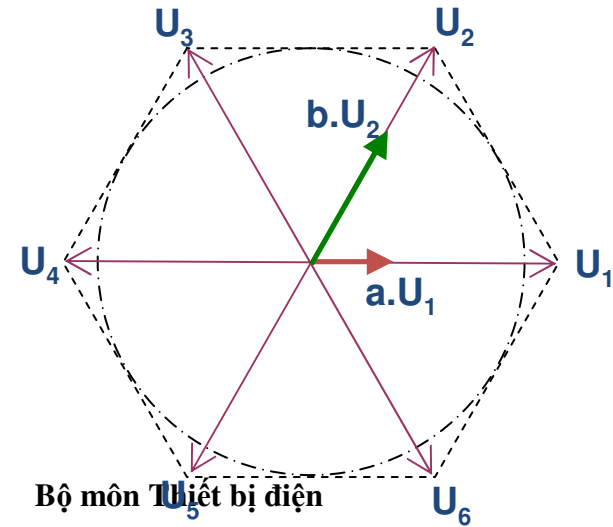


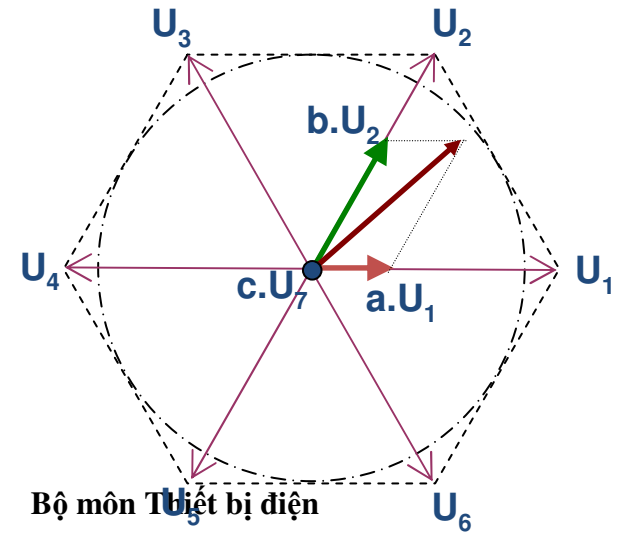
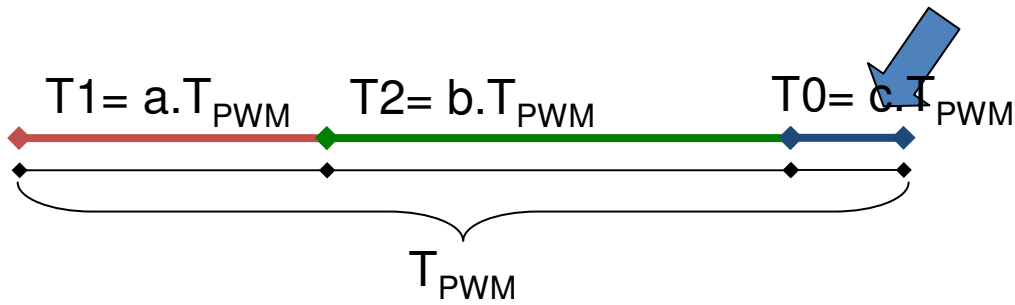
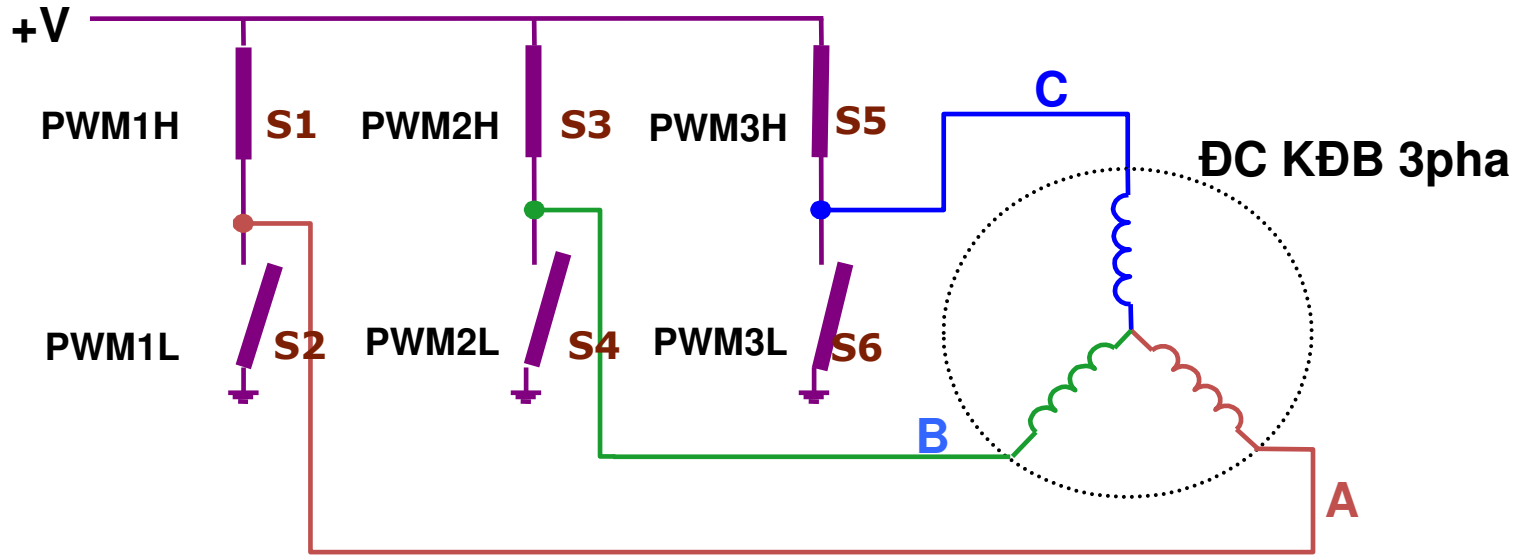
Hệ thống điều khiển số





Hệ thống điều khiển số

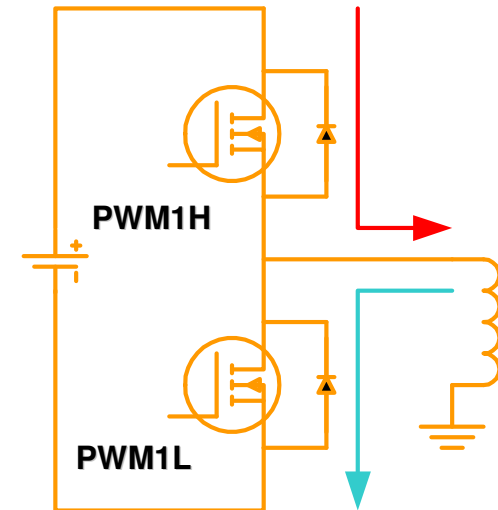
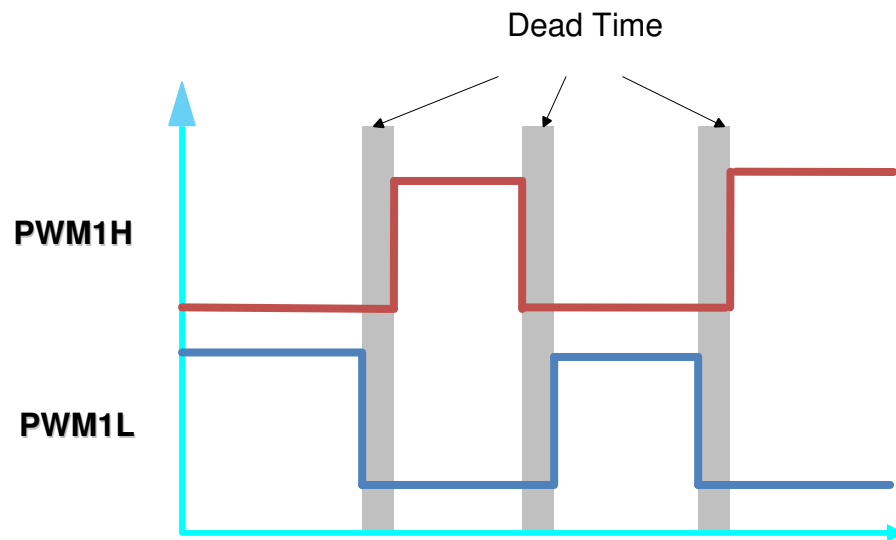




Hệ thống điều khiển số



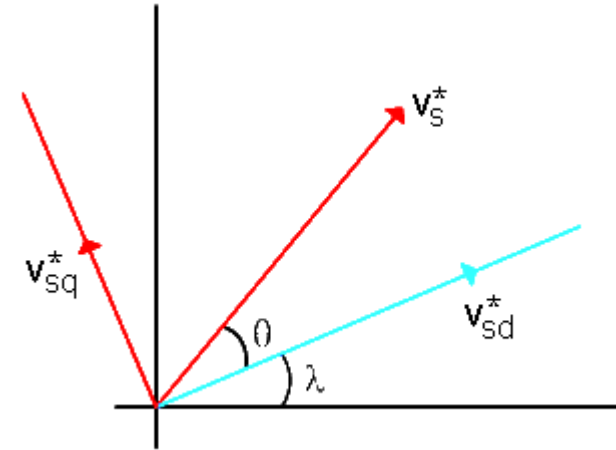
Dead time





Space Vector: hệ thống liên tục

Với V_s^* và θ được cập nhật mỗi t_s , các khóa converter sẽ đóng cắt để nhận được V_s





Switching Vectors

- Để tạo ra sức từ động quay cần thiết trong stator của máy KĐB, bộ inverter cần được lái với các switching variable vector [a, b, c]

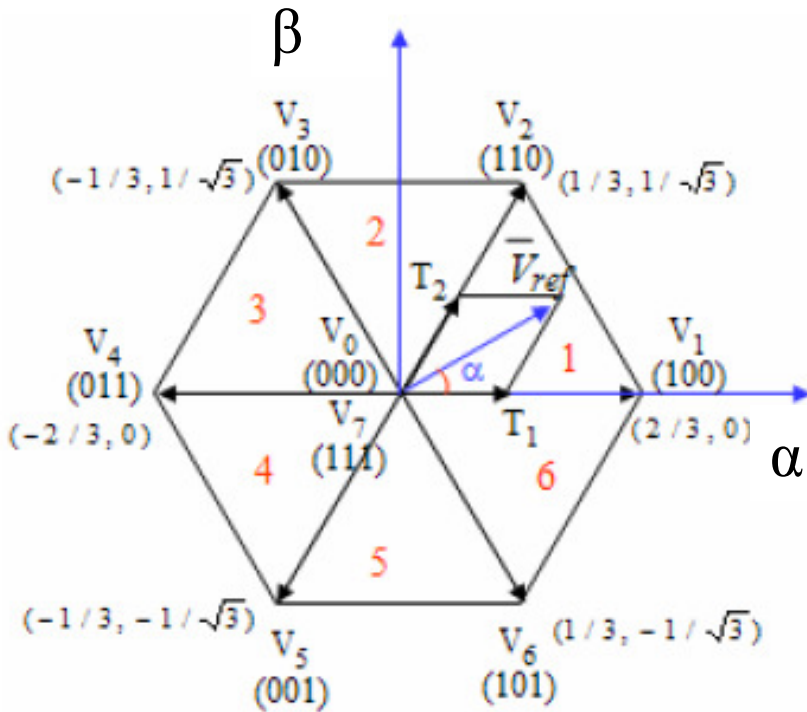
Voltage Vectors	Switching Vectors			Line to neutral voltage			Line to line voltage		
	a	b	c	V_{an}	V_{bn}	V_{cn}	V_{ab}	V_{bc}	V_{ca}
V_0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_1	1	0	0	2/3	-1/3	-1/3	1	0	-1
V_2	1	1	0	1/3	1/3	-2/3	0	1	-1
V_3	0	1	0	-1/3	2/3	-1/3	-1	1	0
V_4	0	1	1	-2/3	1/3	1/3	-1	0	1
V_5	0	0	1	-1/3	-1/3	2/3	0	-1	1
V_6	1	0	1	1/3	-2/3	1/3	1	-1	0
V_7	1	1	1	0	0	0	0	0	0

$$\begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} = \frac{V_{dc}}{3} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_{ab} \\ V_{bc} \\ V_{ca} \end{bmatrix} = V_{dc} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

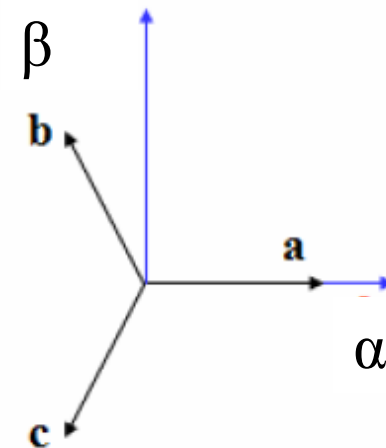


Biến đổi abc \rightarrow $\alpha\beta$



$$\begin{bmatrix} f_\alpha \\ f_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_a \\ f_b \\ f_c \end{bmatrix}$$

- Khi rotor động cơ quay, reference vector (vector điện áp stator) cũng phải quay theo, vì thế điều này đòi hỏi phải thay đổi sector khi vector quay quanh trục α .





BT: xác định tọa độ của các vector không gian

V_a	V_b	V_c	u_{sa}	u_{sb}	u_{sc}	u_{ab}	u_{bc}	u_{ca}	V	u_s	
S1	S3	S5	U_{An}	U_{Bn}	U_{Cn}	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}		$u_{s\alpha}$	$u_{s\beta}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	V_0		
1	0	0	2/3	-1/3	-1/3	1	0	-1	V_1		
1	1	0	1/3	1/3	-2/3	0	1	-1	V_2		
0	1	0	-1/3	2/3	-1/3	-1	1	0	V_3		
0	1	1	-2/3	1/3	1/3	-1	0	1	V_4		
0	0	1	-1/3	-1/3	2/3	0	-1	1	V_5		
1	0	1	1/3	-2/3	1/3	1	-1	0	V_6		
1	1	1	0	0	0	0	0	0	V_7		

Hệ thống điều khiển số

Bộ môn Thiết bị điện



Thiết lập

- Xác định V_α , V_β , V_{ref} (giá trị đỉnh) và góc α

$$V_{ref} = f_{ref} \times (V/f) = [V_\alpha \ V_\beta]'$$

$$\alpha = \omega_{ref} \times T$$

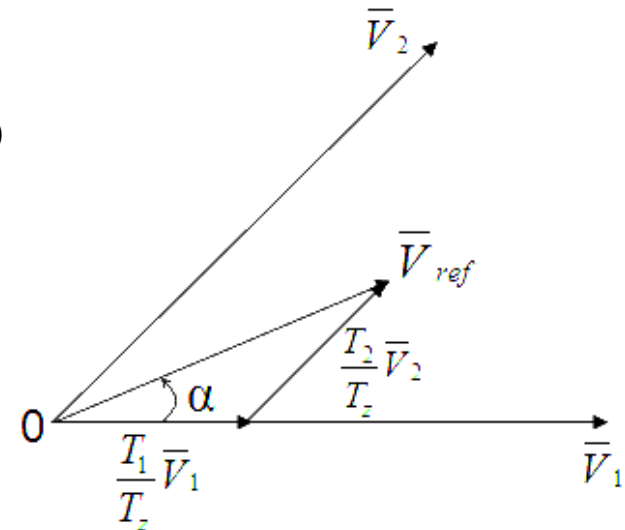
- Xác định các khoảng thời gian T_1 , T_2 , T_0

$$(T_s = T_0 + T_1 + T_2)$$

$$T_s V_{ref} = T_1 V_x + T_2 V_{x \pm 60} + T_0 (0_{000} \text{ or } 0_{111})$$

$$\begin{bmatrix} T_1 & T_2 \end{bmatrix}^T = T_s \begin{bmatrix} V_x & V_{x \pm 60} \end{bmatrix}^{-1} V_{ref}$$

- Xác định thời gian đóng ngắt cho các khóa S_1 tới S_6





Thiết lập

Sector 1

$$\int_0^{T_s} \bar{V}_{\text{ref}} dt = \int_0^{T_1} \bar{V}_1 dt + \int_{T_1}^{T_1+T_2} \bar{V}_2 dt + \int_{T_1+T_2}^{T_s} \bar{V}_0 dt$$

$$\therefore T_s \cdot \bar{V}_{\text{ref}} = (T_1 \cdot \bar{V}_1 + T_2 \cdot \bar{V}_2)$$

$$\Rightarrow T_s \cdot |\bar{V}_{\text{ref}}| \cdot \begin{bmatrix} \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \end{bmatrix} = T_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot V_{\text{dc}} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + T_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot V_{\text{dc}} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\pi/3) \\ \sin(\pi/3) \end{bmatrix}$$

(where, $0 \leq \alpha \leq 60^\circ$)

$$\therefore T_1 = T_s \cdot a \cdot \frac{\sin(\pi/3 - \alpha)}{\sin(\pi/3)}$$

$$\therefore T_2 = T_s \cdot a \cdot \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\pi/3)}$$

$$\therefore T_0 = T_s - (T_1 + T_2), \quad \left(T_s = \frac{1}{f_s}, \quad a = \frac{|\bar{V}_{\text{ref}}|}{\frac{2}{3} V_{\text{dc}}} \right)$$



Thiết lập

Trong Sector bất kì

$$\begin{aligned} \therefore T_1 &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_s \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(\sin \left(\frac{\pi}{3} - \alpha + \frac{n-1}{3} \pi \right) \right) \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_s \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(\sin \frac{n}{3} \pi - \alpha \right) \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_s \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(\sin \frac{n}{3} \pi \cos \alpha - \cos \frac{n}{3} \pi \sin \alpha \right) \end{aligned}$$

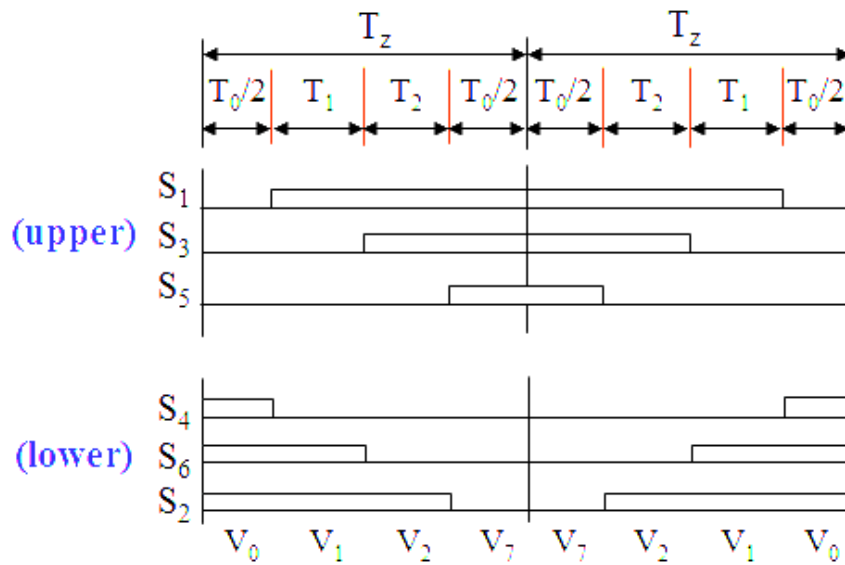
$$\begin{aligned} \therefore T_2 &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_s \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(\sin \left(\alpha - \frac{n-1}{3} \pi \right) \right) \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot T_s \cdot |\bar{V}_{ref}|}{V_{dc}} \left(-\cos \alpha \cdot \sin \frac{n-1}{3} \pi + \sin \alpha \cdot \cos \frac{n-1}{3} \pi \right) \end{aligned}$$

$$\therefore T_0 = T_s - T_1 - T_2, \quad \left(\begin{array}{l} n = 1 \rightarrow 6 \text{ (Sector 1} \rightarrow 6) \\ 0 \leq \alpha \leq 60^\circ \end{array} \right)$$

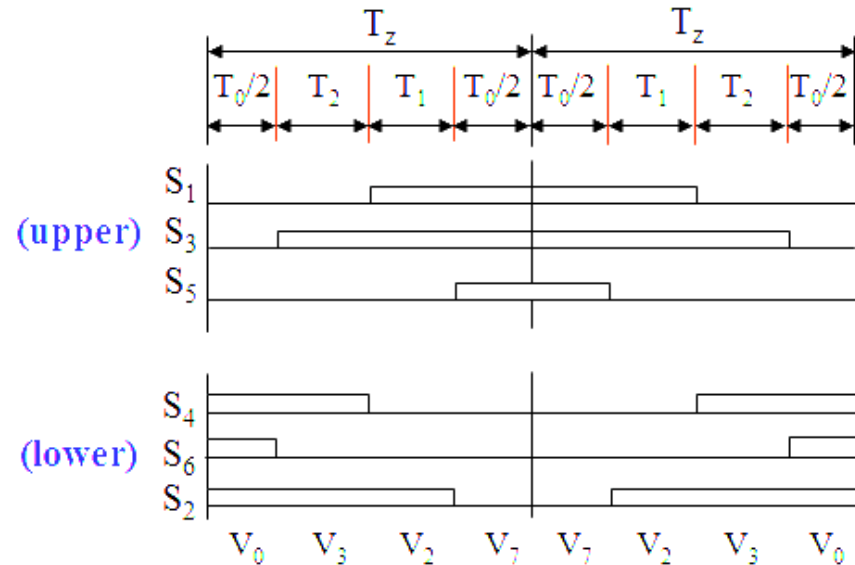


Thiết lập

Thời gian đóng ngắt của các khóa (S_1 tới S_6) (1)



(a) Sector 1.

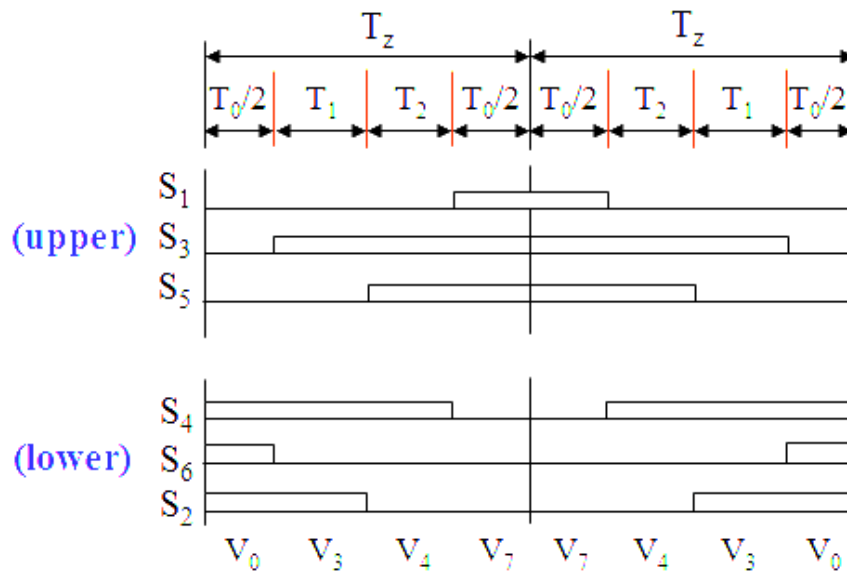


(b) Sector 2.

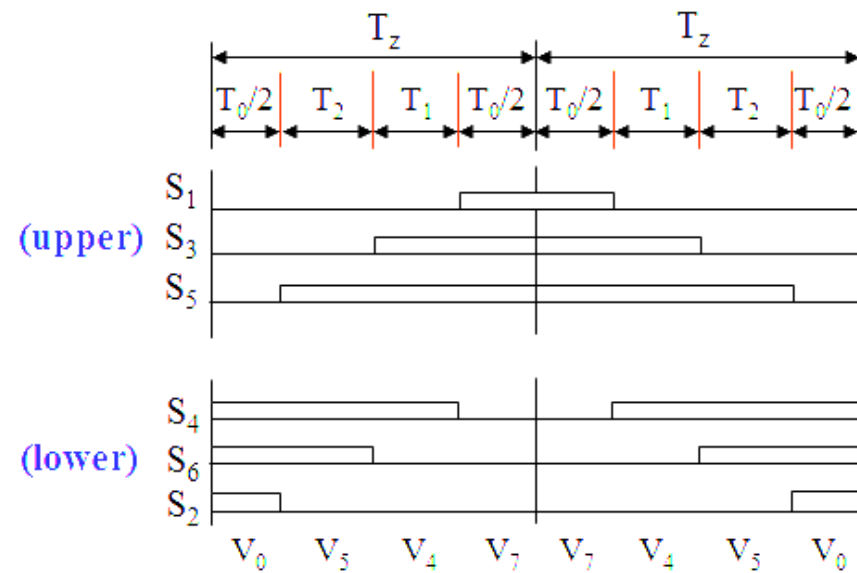


Thiết lập

Thời gian đóng ngắt của các khóa (S_1 tới S_6) (21)



(c) Sector 3.

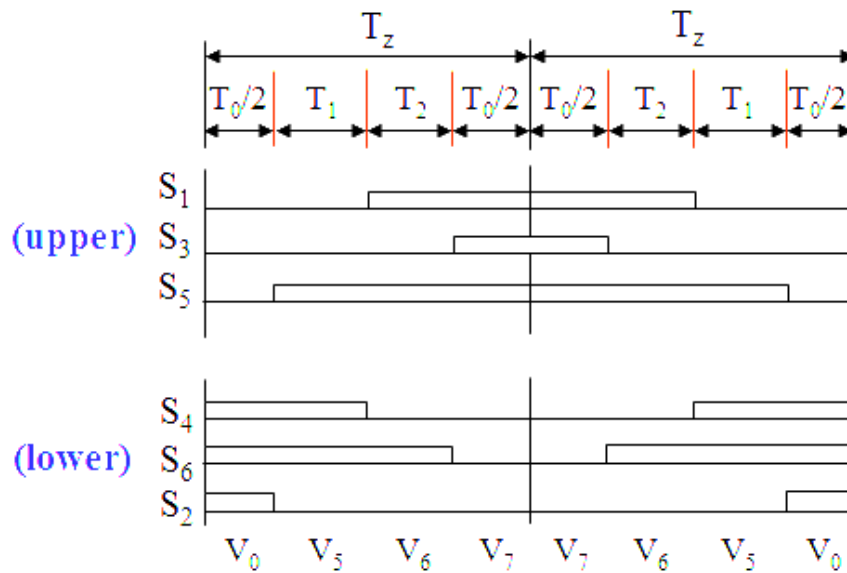


(d) Sector 4.

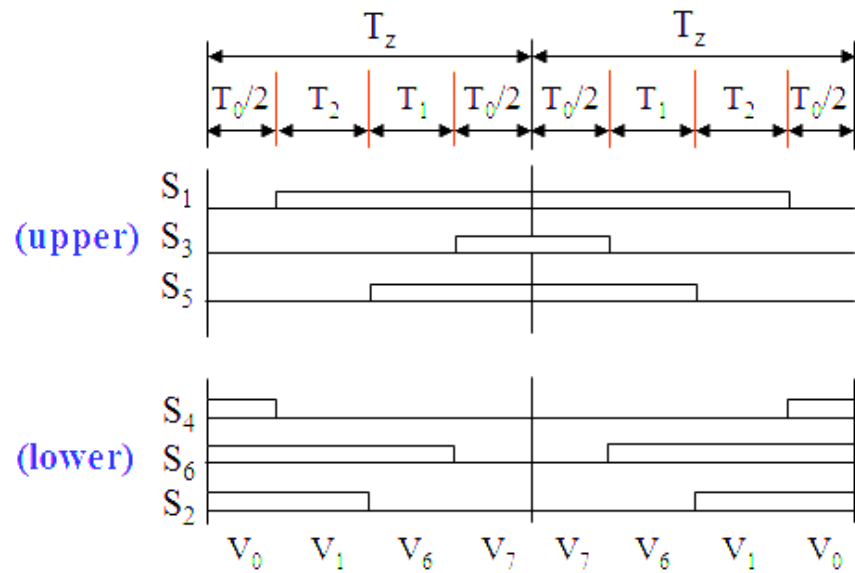


Thiết lập

Thời gian đóng ngắt của các khóa (S_1 tới S_6) (3)



(e) Sector 5.



(f) Sector 6.



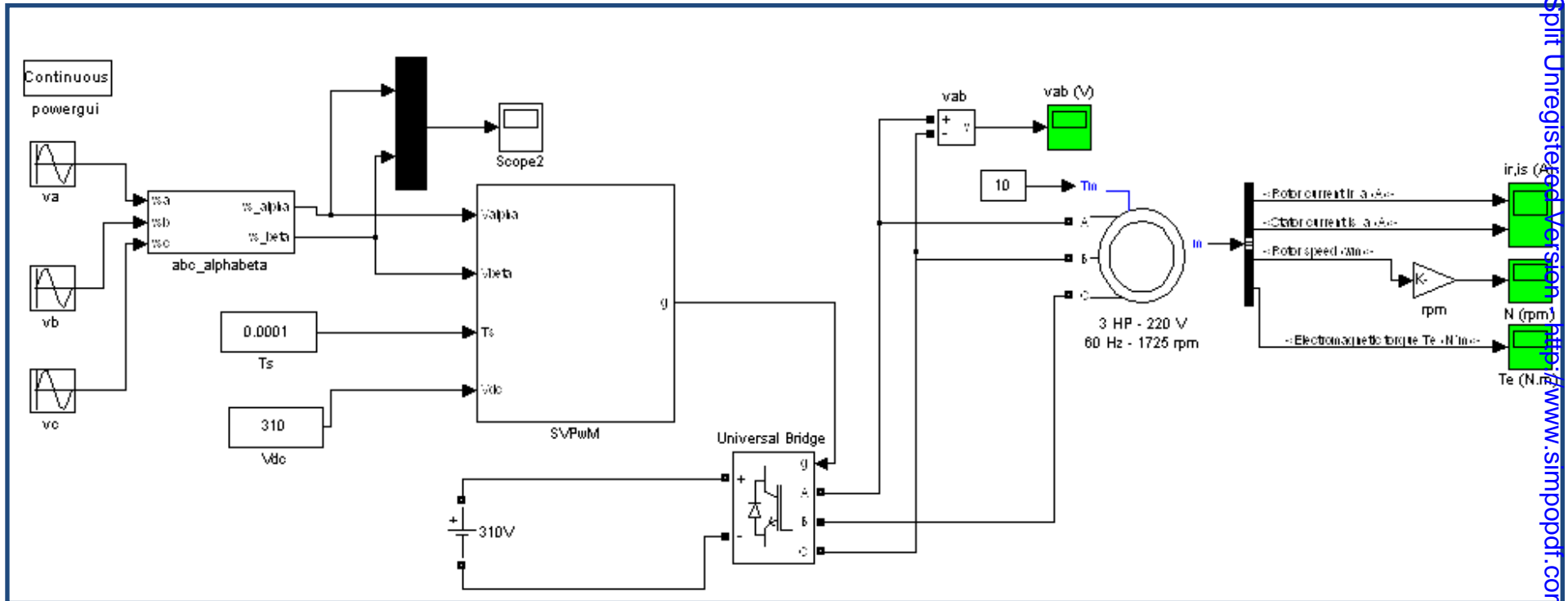
Thiết lập

Thời gian đóng ngắt của các khóa (S_1 tới S_6) (4)

Sector	Upper Switches (S_1, S_3, S_5)	Lower Switches (S_4, S_6, S_2)
1	$S_1 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_3 = T_2 + T_0 / 2$ $S_5 = T_0 / 2$	$S_4 = T_0 / 2$ $S_6 = T_1 + T_0 / 2$ $S_2 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$
2	$S_1 = T_1 + T_0 / 2$ $S_3 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_5 = T_0 / 2$	$S_4 = T_2 + T_0 / 2$ $S_6 = T_0 / 2$ $S_2 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$
3	$S_1 = T_0 / 2$ $S_3 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_5 = T_2 + T_0 / 2$	$S_4 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_6 = T_0 / 2$ $S_2 = T_1 + T_0 / 2$
4	$S_1 = T_0 / 2$ $S_3 = T_1 + T_0 / 2$ $S_5 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$	$S_4 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_6 = T_2 + T_0 / 2$ $S_2 = T_0 / 2$
5	$S_1 = T_2 + T_0 / 2$ $S_3 = T_0 / 2$ $S_5 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$	$S_4 = T_1 + T_0 / 2$ $S_6 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_2 = T_0 / 2$
6	$S_1 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_3 = T_0 / 2$ $S_5 = T_1 + T_0 / 2$	$S_4 = T_0 / 2$ $S_6 = T_1 + T_2 + T_0 / 2$ $S_2 = T_2 + T_0 / 2$

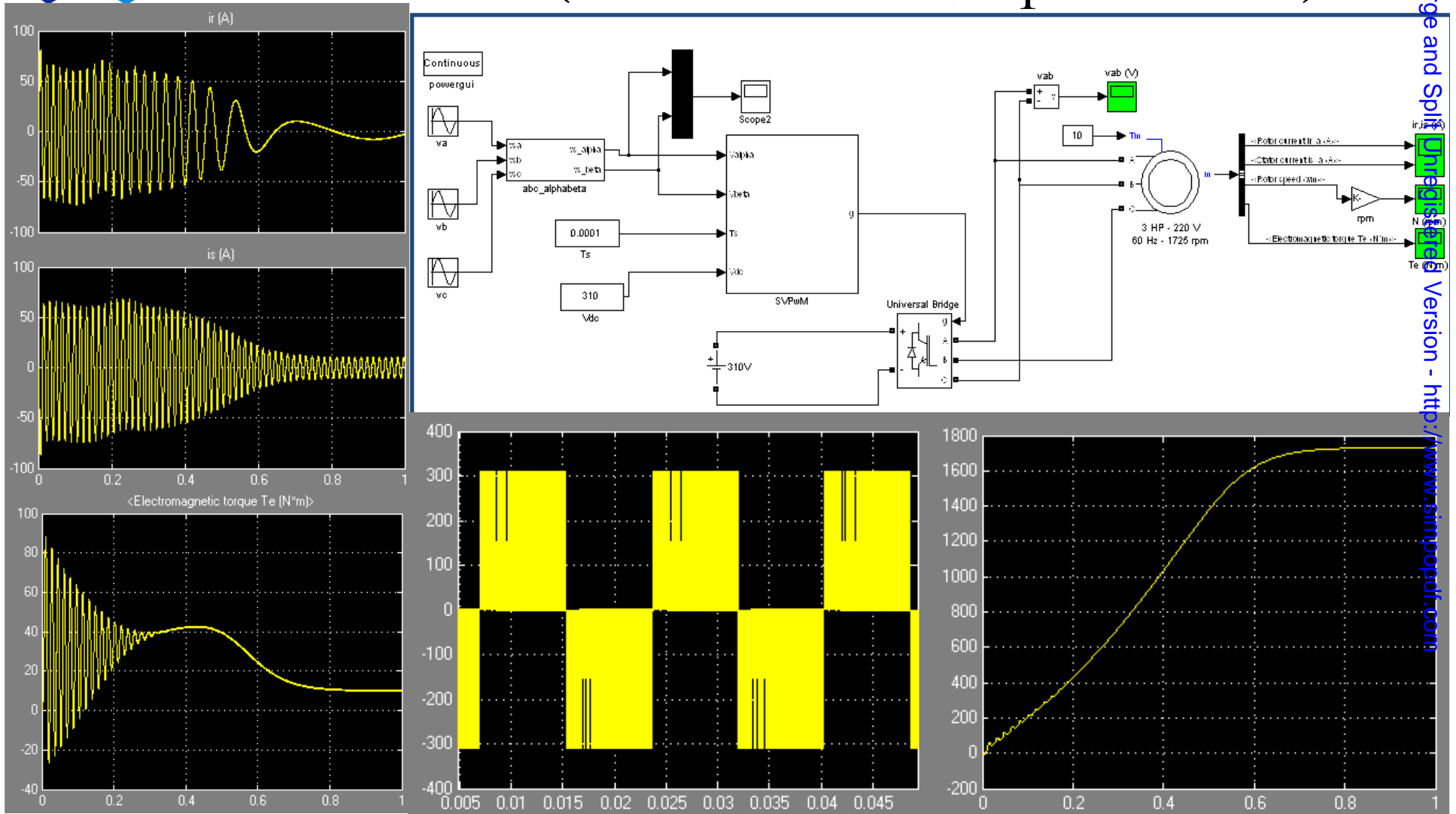


Điều khiển vòng hở dùng SVPWM





Điều khiển vòng hở V/f dùng SVPWM ($F_s = 10\text{kHz}$, $f_1 = 60\text{Hz}$)



Hệ thống điều khiển số

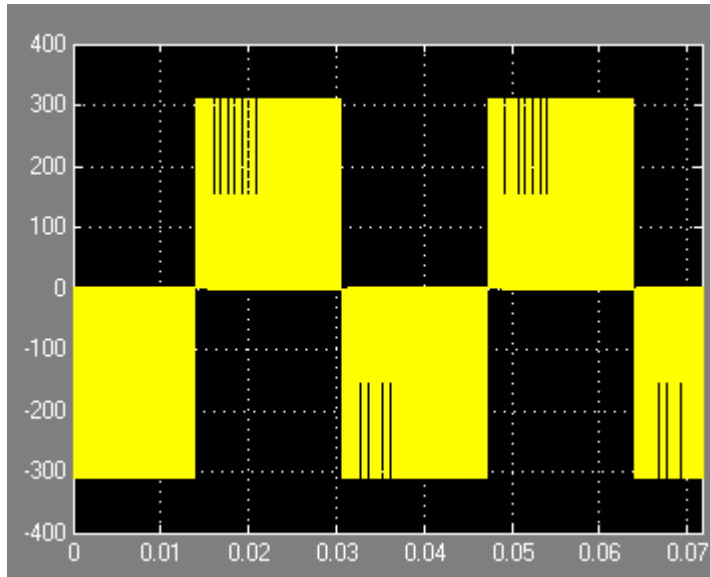
Bộ môn Thiết bị điện



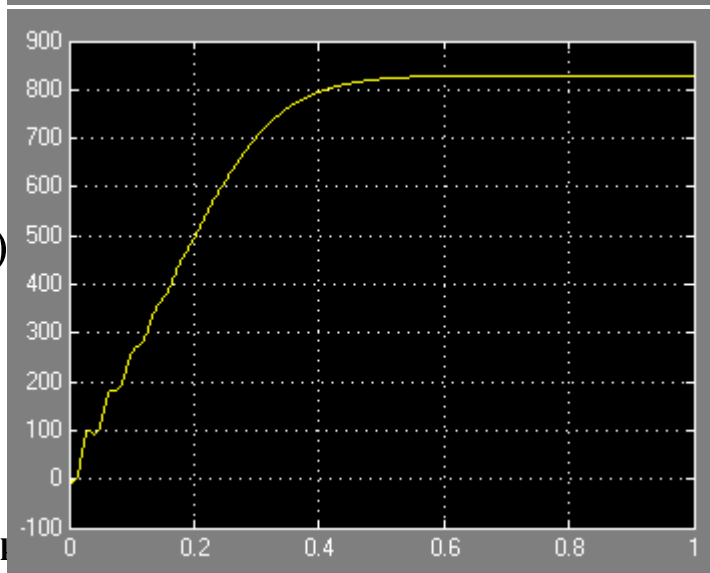
$F_s = 10\text{kHz}$

$f_1 = 30\text{Hz}$

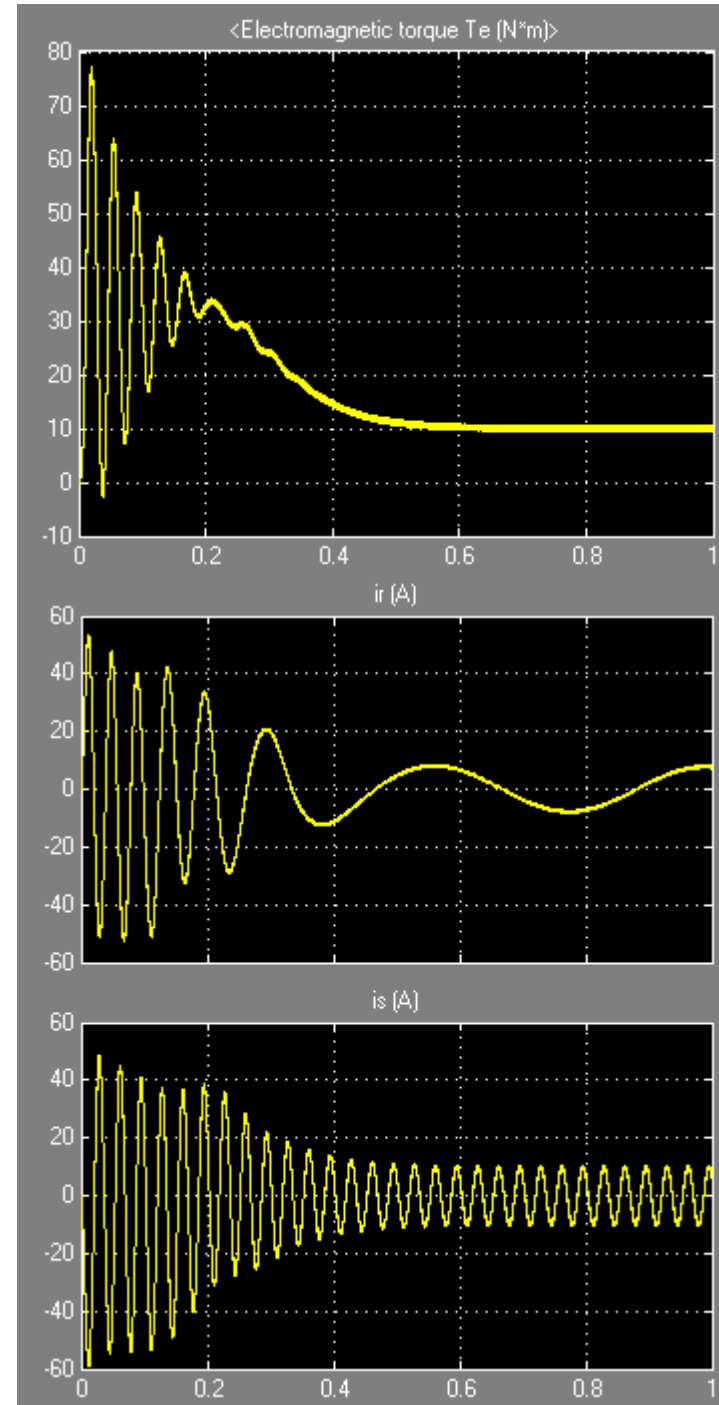
V_1 (đây)



n
(vòng/phút)



Hệ thống điều khiển



T_m

I_2

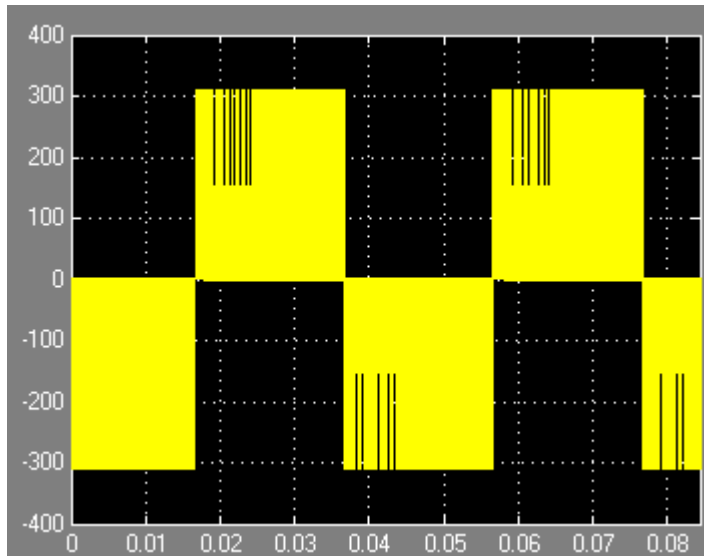
I_1



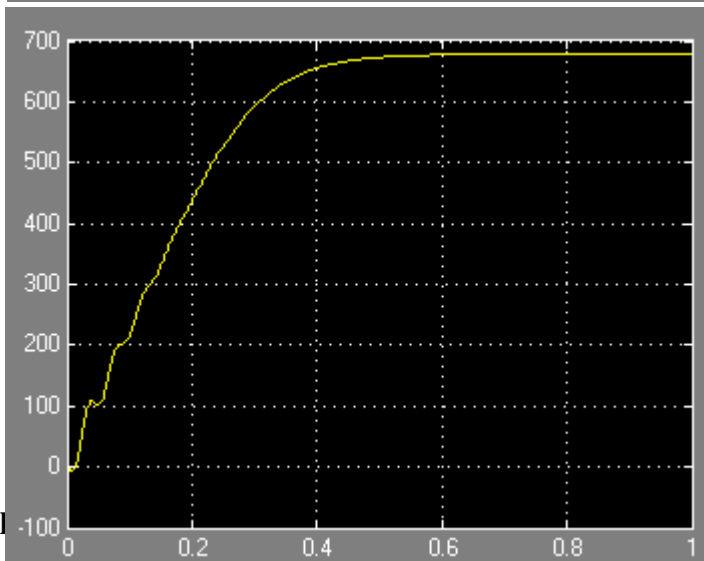
$F_s = 20\text{kHz}$

$f_1 = 25\text{Hz}$

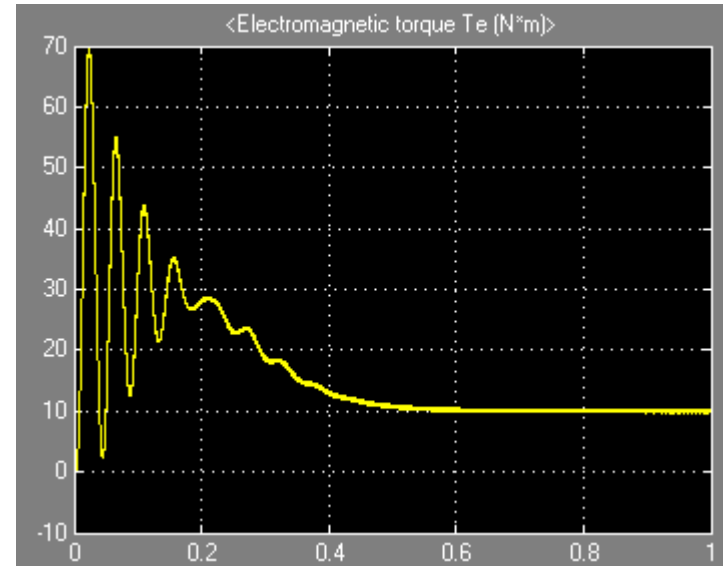
V_1 (đây)



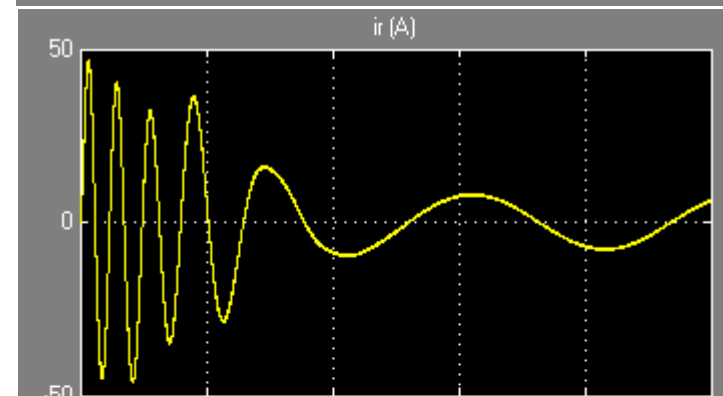
n
(vòng/phút)



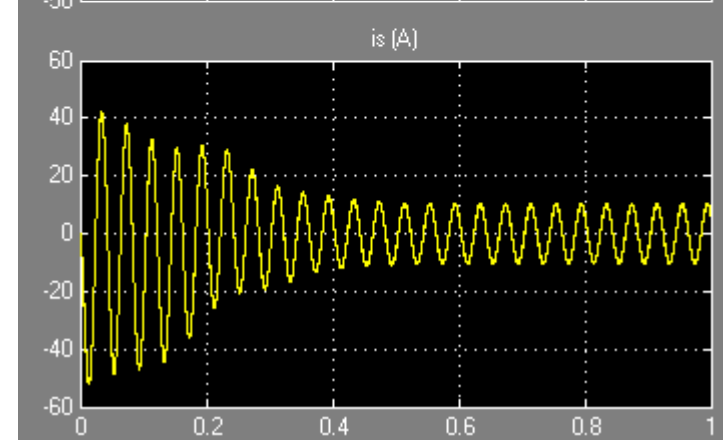
Hệ thống điều khiển



T_m



I_2



I_1



Bài tập

- *Bài tập 1.1.* Điện áp ba pha 380V, 50Hz. Tại thời điểm $t = 6\text{ms}$. Tính u_{sa} , u_{sb} , u_{sc} , $u_{s\alpha}(=u_{d0})$ và $(u_{s\beta}=u_{q0})$, $|u_{s\alpha}|$? Biết góc pha ban đầu $\theta_0 = 0$.
- *Bài tập 1.2.* Điện áp ba pha cấp cho bộ nghịch lưu là 380V, 50Hz. Tính điện áp pha lớn nhất mà bộ nghịch lưu có thể cung cấp cho động cơ.
- *Bài tập 1.3.* Điện áp một pha cấp cho bộ nghịch lưu là 220V, 50Hz. Tính điện áp dây lớn nhất mà bộ nghịch lưu có thể cung cấp cho động cơ.
- *Bài tập 1.4.* Điện áp DC cấp cho bộ nghịch lưu là 460V. Điện áp pha bộ nghịch lưu cấp cho động cơ là 150V và 50Hz. Tại thời điểm $t = 6\text{ms}$. Tính T_1 , T_2 và T_0 ? Biết góc pha ban đầu $\theta_0 = 0$ và tần số đóng cắt của bộ nghịch lưu là 20KHz.