

www.mientayvn.com

Khi đọc qua tài liệu này, nếu phát hiện sai sót hoặc nội dung kém chất lượng xin hãy thông báo để chúng tôi sửa chữa hoặc thay thế bằng một tài liệu cùng chủ đề của tác giả khác.

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

http://mientayvn.com/Tai_lieu_da_dich.html

Thông tin liên hệ:

Yahoo mail: thanhlam1910_2006@yahoo.com

Gmail: frbwrthes@gmail.com

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

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

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

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

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

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT HƯNG YÊN
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

.....***.....



GIÁO TRÌNH LÝ THUYẾT MẠCH

QUYỂN 1

MẠCH ĐIỆN KIRHOF

MẠCH ĐIỆN BA PHA

MẠNG HAI CỬA

BIÊN SOẠN: ĐỖ QUANG HUY-NGUYỄN TRUNG THÀNH-BÙI KIM THOA

- NĂM 2008 -

CHƯƠNG 1:

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

1.1. Cấu trúc hình học của mạch điện

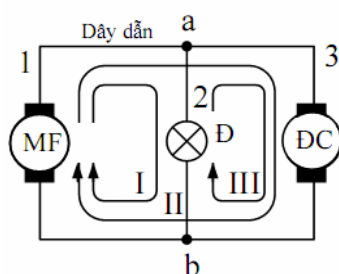
1.1.1. Mạch điện

Mạch điện là tập hợp các thiết bị điện nối với nhau bằng các dây dẫn (phần tử dẫn) tạo thành những vòng kín trong đó dòng điện có thể chạy qua. Mạch điện thường gồm các loại phần tử sau: nguồn điện, phụ tải (tải), dây dẫn.

a. Nguồn điện: Nguồn điện là thiết bị phát ra điện năng. Về nguyên lý, nguồn điện là thiết bị biến đổi các dạng năng lượng như cơ năng, hóa năng, nhiệt năng thành điện năng.

b. Tải: Tải là các thiết bị tiêu thụ điện năng và biến đổi điện năng thành các dạng năng lượng khác như cơ năng, nhiệt năng, quang năng v.v.

c. Dây dẫn: Dây dẫn làm bằng kim loại (đồng, nhôm) dùng để truyền tải điện năng từ nguồn đến tải.



Hình 1.1 Mạch điện

1.1.2. Kết cấu hình học của mạch điện

a. Nhánh: Nhánh là một đoạn mạch gồm các phần tử ghép nối tiếp nhau, trong đó có cùng một dòng điện chạy từ đầu này đến đầu kia.

b. Nút: Nút là điểm gặp nhau của từ ba nhánh trở lên.

c. Vòng: Vòng là lối đi khép kín qua các nhánh.

d. Mắt lưới: vòng mà bên trong không có vòng nào khác

1.2. Các đại lượng cơ bản.

Để đặc trưng cho quá trình năng lượng cho một nhánh hoặc một phần tử của mạch

điện ta dùng hai đại lượng: dòng điện i và điện áp u .

Công suất của nhánh: $p = u.i$

1.2.1. Điện áp.

Tại mỗi điểm trong mạch điện có một điện thế. Hiệu điện thế giữa hai điểm gọi là điện áp. Vậy điện áp giữa hai điểm A và B có điện thế φ_A, φ_B là:

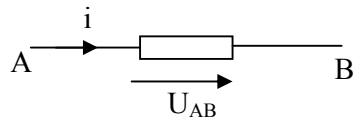
$$u_{AB} = (\varphi_A - \varphi_B) \quad (1.1)$$

Chiều điện áp quy ước là chiều từ điểm có điện thế cao đến điện thế thấp.

Từ dòng và áp ta có thể tính công suất $p = ui$

1.2.2. Cường độ dòng điện.

Dòng điện i về trị số bằng tốc độ biến thiên của lượng điện tích q qua tiết diện ngang của dây dẫn.



Hình 1.2

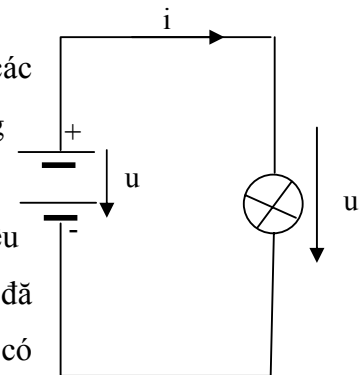
$$i = dq/dt \quad (1.2)$$

Chiều dòng điện qui ước là chiều chuyển động của các hạt mang điện tích dương trong điện trường.

1.2.3. Chiều dương dòng điện và điện áp.

Đối với các mạch điện đơn giản, theo qui ước trên ta dễ dàng xác định được chiều dòng điện và điện áp trong một nhánh. Ví dụ mạch điện một chiều có một tải như trên hình vẽ ta có thể vẽ chiều điện áp đầu cực nguồn điện, chiều điện áp trên nhánh tải, và chiều dòng điện trong mạch.

Tuy nhiên khi tính toán mạch điện phức tạp, ta không thể dễ dàng xác định ngay được chiều dòng điện và điện áp trong các nhánh, đặc biệt đối với dòng điện xoay chiều, chiều của chúng thay đổi theo thời gian. Vì thế khi giải mạch điện, ta tùy ý chọn chiều dòng điện và điện áp trong các nhánh gọi là chiều dương. Trên cơ sở các chiều vẽ, thiết lập giải phương trình đã lập, tính toán ra các dòng điện và điện áp, nếu dòng tính ra có dấu dương thì chiều đã chọn là đúng, nếu âm thì có chiều ngược lại.



Hình 1.3

1.2.4. Công suất

Trong mạch điện, một nhánh hoặc một phần tử có thể nhận và phát năng lượng. Giả thiết các chiều áp và dòng trong nhánh là trùng nhau và tính toán kết quả công suất ta đưa đến kết luận.

$$p = ui > 0 \text{ nhánh nhận năng lượng}$$

$$p = ui < 0 \text{ nhánh phát năng lượng}$$

Nếu ta chọn chiều dòng và áp ngược nhau thì ta có kết luận ngược lại.

1.2.4. Năng lượng.

1.3. Định luật Kirchoff.

1.3.1. Định luật Kirchoff 1.

Định luật K1 phát biểu như sau:

Tổng đại số các dòng điện tại một nút bằng không

$$\sum i = 0 \quad (1.3)$$

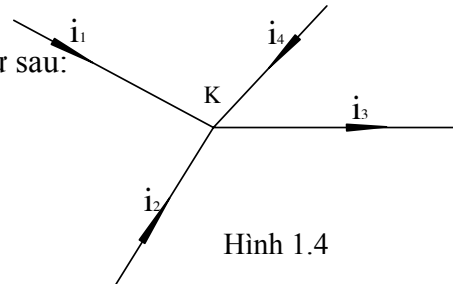
Trong đó nếu ta quy ước dòng điện đi vào nút mang dấu dương thì dòng điện đi ra khỏi nút mang dấu âm, hoặc ngược lại

VD: Tại nút K trên hình vẽ ta có thể viết K1 như sau:

$$i_1 + i_2 - i_3 + i_4 = 0$$

Ta suy ra

$$i_3 = i_1 + i_2 + i_4$$



Hình 1.4

Nghĩa là tổng các dòng điện tới nút bằng tổng các dòng điện rời khỏi nút. K1 nói lên tính liên tục của dòng điện tức là trong một nút không có tích lũy điện tích.

1.3.2. Định luật Kirchoff 2.

Định luật K2 phát biểu như sau:

Đi theo một vòng kín với chiều tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử bằng không.

$$\sum u = 0 \quad (1.4)$$

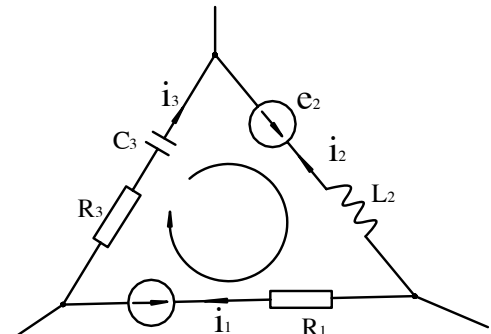
Nếu mạch điện có suất điện động ta có thể tính như sau:

$$\sum u = \sum e \quad (1.5)$$

Khi đó định luật kirchoff 2 phát biểu như sau

Đi theo một vòng kín, theo một chiều tùy ý đã chọn, tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử bằng tổng đại số các sức điện động trong vòng.

Trong đó những sức điện động nào có chiều trùng với chiều đi vòng sẽ mang dấu dương, ngược lại mang dấu âm.



Hình 1.5

VD: Xét mạch kín như hình vẽ

$$R_3 i_3 + \frac{1}{C} \int i_3 dt - L_2 \frac{di_2}{dt} + R_1 i_1 = e_2 - e_1$$

Định luật K2 nói lên tính chất thế của mạch điện. Trong một mạch điện xuất phát từ một điểm theo

một vòng khép kín và trở lại vị trí xuất phát thì lượng tăng thế bằng không.

Chú ý: Định luật K1, K2 viết cho dòng điện tức thời và điện áp tức thời hoặc phức

1.3.3. Định luật cân bằng công suất.

$$\sum P_{phat} = \sum P_{thu} ; \quad \sum Q_{phat} = \sum Q_{thu} \quad (1.6)$$

1.4. Các phần tử 2 cực.

1.4.1. Điện trở.

Cho dòng điện i chạy qua điện trở R và gây ra điện áp rơi trên điện trở R là u_R .

Theo định luật ôm quan hệ giữa dòng điện và điện áp là:

$$u_R = Ri \quad (1.7)$$

Người ta còn đưa ra khái niệm điện dẫn

$g = 1/R$ (đơn vị $1/\Omega = S$: Simen)

Công suất tiêu thụ trên mạch điện trở là:

$$p = ui = i^2 R \quad (1.8)$$

Điện năng tiêu thụ trong một thời gian là:

$$A = \int_0^t p dt = \int_0^t i R^2 dt \quad \text{khi } i = \cos \omega t \text{ thì } A = i^2 R t \quad (1.9)$$

1.4.2. Điện cảm.

Khi có dòng điện chạy qua cuộn dây có w vòng sẽ sinh ra một từ thông móc vòng với cuộn dây

$$\Psi = w\Phi \quad (1.10)$$

Điện cảm của cuộn dây được định nghĩa:

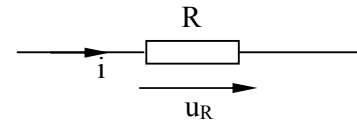
$$L = \frac{\Psi}{i} = \frac{w\Phi}{i} \quad \text{đơn vị là (Henry H)} \quad (1.11)$$

Nếu từ thông biến thiên thì dòng điện cũng biến thiên và theo định luật cảm ứng điện từ trong cuộn dây xuất hiện sức điện động tự cảm.

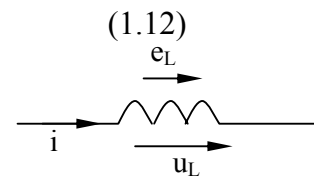
$$e_L = - \frac{d\Psi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (1.12)$$

Điện áp trên cuộn dây

$$u_L = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1.13)$$



Hình 1.6



Hình 1.7

Công suất trên cuộn dây

$$p_L = u_L i = Li \frac{di}{dt} \quad (1.14)$$

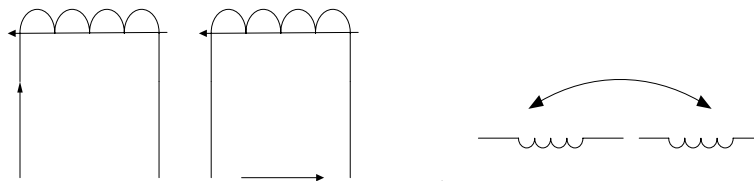
Năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn dây

$$w_M = \int_0^t p dt = \int_0^t i L di = Li^2 / 2 \quad (1.15)$$

Như vậy điện cảm L đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng từ trường của mạch. Hiện tượng hồ cảm

Hiện tượng hồ cảm là hiện tượng xuất hiện từ trường trong 1 cuộn dây do dòng điện biến thiên trong 1 cuộn dây khác sinh ra. Trên hình vẽ có 2 cuộn dây có liên hệ hồ cảm với nhau. Từ thông hồ cảm trong cuộn 2 do dòng điện trong cuộn 1 sinh ra là:

$$\psi_{21} = M i_1$$



Hình 1.8

Với M là hệ số hồ cảm giữa 2 cuộn dây. Nếu i_1 biến thiên thì điện áp hồ cảm của cuộn dây 2 do cuộn dây 1 sinh ra là:

$$u_{21} = \frac{d\psi_{21}}{dt} = \frac{M \cdot di_1}{dt} \quad (1.16)$$

Tương tự thì điện áp hồ cảm của cuộn 1 do dòng trong cuộn 2 sinh ra là:

$$u_{12} = \frac{d\psi_{12}}{dt} = \frac{M \cdot di_2}{dt} \quad (1.17)$$

Cũng như điện áp tự cảm, điện áp hồ cảm là Henry (H). Hồ cảm M được ký hiệu trên H.b và dùng cách đánh dấu cực bằng dấu (*) để xác định dấu của phương trình xác định điện áp hồ cảm u_{21} và u_{12}

Các cực được gọi là có cùng cực tính khi các dòng điện có chiều cùng đi vào (hoặc cùng đi ra) khỏi các cực ấy thì từ thông tự cảm ψ_{11} và từ thông hồ cảm ψ_{21} cùng chiều. Cùng cực tính hay khác cực tính phụ thuộc vào chiều quấn dây và vị trí đặt các điện áp hồ cảm.

ψ_{21}

1.4.3. Điện dung.

Khi đặt điện áp u_c lên tụ điện có điện dung C thì tụ điện sẽ được nạp điện với điện tích q .

$$Q = Cu_c \quad (1.19)$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(Cu_c) = C \frac{du_c}{dt} \quad (1.20)$$

Từ đó suy ra

$$u_c = \frac{1}{C} \int_0^t i dt \quad (1.21)$$

Nếu tại thời điểm ban đầu trên tụ C có điện tích thì điện áp được tính như sau:

$$u_c = \frac{1}{C} \int_0^t i dt + u_c(0) \quad (1.22)$$

Công suất trên tụ điện

$$p_c = u_c i \quad (1.23)$$

Năng lượng tích lũy trong điện trường của tụ điện

$$W_E = \int_0^t p_c dt = \frac{1}{2} Cu^2 \quad (1.24)$$

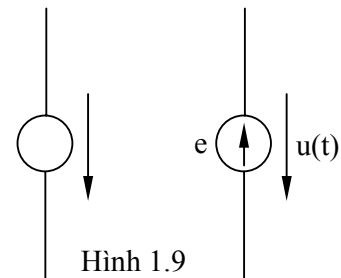
Như vậy điện dung đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng điện trường trong tụ điện.

1.4.4. Nguồn áp.

Nguồn điện áp đặc trưng cho khả năng tạo nên và duy trì một điện áp trên hai cực của nguồn.

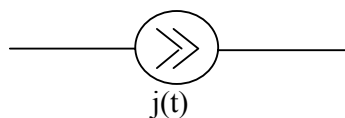
Như hình vẽ ký hiệu là một sức điện động $e(t)$ có chiều từ điện thế thấp đến điện cao, vì thế điện áp đầu cực nguồn có chiều ngược với chiều sức điện động.

$$u(t) = e$$



1.4.5. Nguồn dòng $j(t)$

Nguồn dòng điện $j(t)$ đặc trưng cho khả năng của nguồn điện tạo nên và duy trì dòng điện cấp cho mạch ngoài. Ký hiệu nguồn dòng như sau.



1.5. Các phần tử bốn cực.

1.5.1. Nguồn phụ thuộc.

1.5.2. Cuộn dây ghép hồ cảm.

1.5.3. Biến áp lý tưởng.

CHƯƠNG 2:

MẠCH TUYẾN TÍNH Ở CHẾ ĐỘ XÁC LẬP ĐIỀU HOÀ

2.1. Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện, điện áp xoay chiều hình sin.

2.1.1. Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện hình sin

Trị số dòng điện, điện áp hình sin ở một thời điểm t gọi là trị số tức thời và được biểu diễn như sau.

$$i = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi_i) \quad (2.1)$$

$$u = U_{\max} \sin(\omega t + \varphi_u)$$

Trong đó

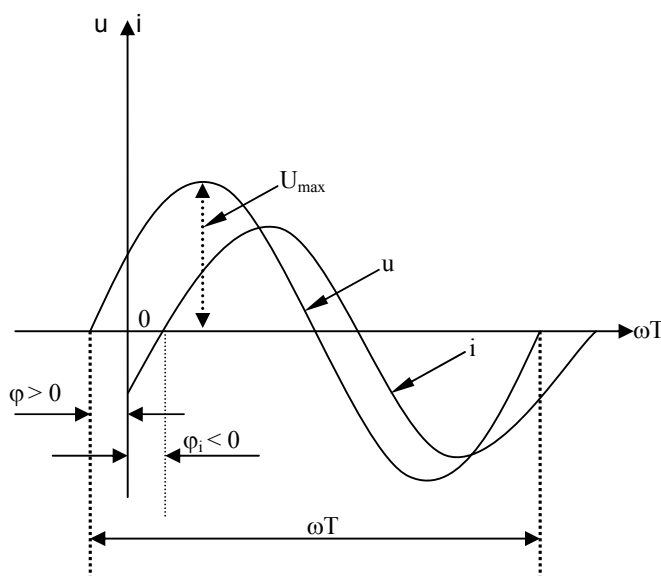
+ i, u : trị số tức thời của dòng điện, điện áp

+ $I_{\max}, U_{\max}$: trị số cực đại (biên độ) của dòng điện và điện áp.

Để phân biệt, trị số tức thời kí hiệu bằng chữ thường: $i, u, e \dots$ trị số cực đại viết bằng chữ hoa: $I_{\max}, U_{\max} \dots$ và $(\omega t + \varphi_i), (\omega t + \varphi_u)$: gọi là góc pha của dòng điện và điện áp tại thời điểm tức thời.

- φ_i, φ_u : gọi là góc pha đầu của dòng điện, điện áp

- ω : tần số góc của dòng điện (rad/s)



Hình 2.1

• T : Chu kỳ dòng điện sin thời gian ngắn nhất để lặp lại trị số và chiều biến thiên, tức là trong khoảng thời gian T góc pha biến đổi một lượng là $\omega T = 2\pi$

- Số chu kỳ của dòng điện trong một giây gọi là tần số $f = \frac{1}{T}$ (Hz)

Do đặc tính các thông số của mạch, các đại lượng dòng điện, điện áp thường có sự lệch pha nhau. Góc lệch pha là hiệu số pha đầu của điện áp và dòng điện, góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp ký hiệu là φ được tính như sau:

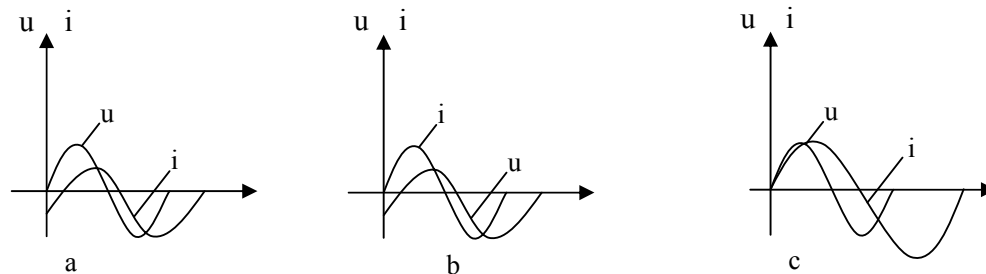
$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$$

Góc lệch φ pha thường phụ thuộc vào thông số mạch

$\varphi > 0$ điện áp vượt trước dòng điện (h.2.2a)

$\varphi < 0$ dòng điện vượt trước điện áp (h.2.2b)

$\varphi = 0$ điện áp cùng pha dòng điện (h.2.2c)



h.ảnh 2.2

2.1.2. Trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều.

Xét một dòng điện xoay chiều $i(t)$ chạy qua một nhánh đặc trưng tiêu tán bởi thông số r , điện năng sẽ biến thành các dạng khác nhau như: nhiệt năng cơ năng... với công suất tiêu tán $p = ri^2(t)$. Năng lượng tiêu tán trong một chu kỳ bằng:

$$A = \int_0^T ri^2(t)dt$$

Khi đó công suất tác dụng được tính như sau:

$$P = \frac{A}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T ri^2(t)dt = r \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t)dt = rI^2$$

Trong đó
$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (2.2)$$

Trị số $I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$ được gọi là trị số hiệu dụng của dòng điện biến đổi. Nó dùng để đánh giá, tính toán hiệu quả tác động của dòng điện biến thiên.

Đối với dòng điện sin, thay $i = I_{\max} \sin \omega t$ vào (2.2), sau khi lấy tích phân, ta được quan hệ giữa trị số hiệu dụng và dòng điện cực đại là:

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} \quad (2.3)$$

Tương tự, ta được trị số hiệu dụng của điện áp, sức điện động.

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}; E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Thay trị số $I_{\max}$, $U_{\max}$, vào các công thức tính dòng điện, và điện áp ta được tính như sau.

$$i = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_i) \quad (2.4)$$

$$u = U\sqrt{2} \sin(\omega t + \varphi_u)$$

Qua đây ta thấy dòng điện hiệu dụng có thể được dùng một cách rộng rãi.

2.2. Dòng điện hình sin trong nhánh R-L-C.

2.2.1. Dòng điện hình sin trong nhánh thuần trở.

Khi có dòng điện $i = I_{\max} \sin(\omega t)$ qua điện trở R , điện áp trên điện trở sẽ là:

$$u_R(t) = Ri = R \cdot I_{\max} \sin(\omega t) = U_{R\max} \sin(\omega t) \quad (2.5)$$

Trong đó: $U_{R\max} = RI_{\max}$, $U_R = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = R \cdot I$

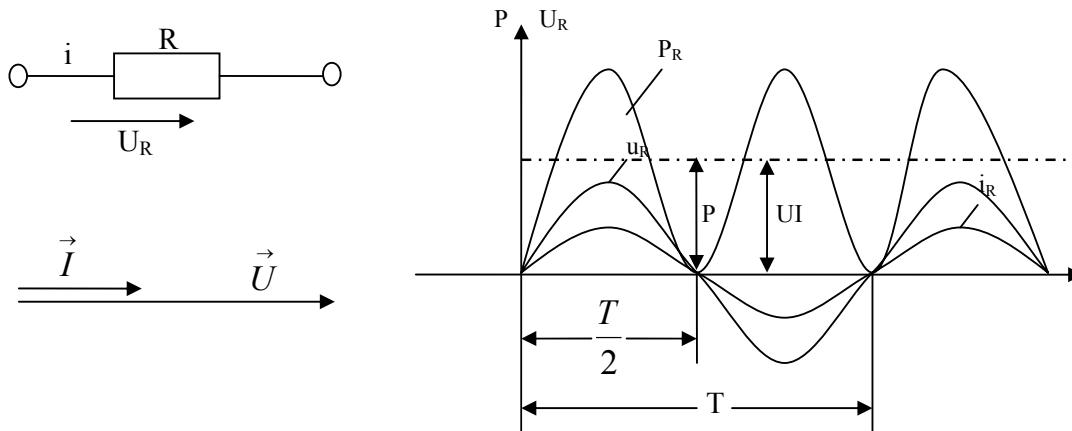
Khi đó quan hệ giữa trị số hiệu dụng của dòng điện và điện áp là:

$$U = I \cdot R \text{ hay } I = \frac{U}{R}$$

Dòng điện và điện áp có cùng tần số và trùng pha nhau. Đồ thị vector được thể hiện trong hình vẽ sau

Công suất tức thời của điện trở là.

$$P_{R(t)} = u_R i = U_{\max} \cdot I_{\max} \sin^2(\omega t) = U_R I (1 - \cos 2\omega t) \quad (2.6)$$



Hình 2.3

Trên hình vẽ ta thấy đường cong u_R , i , p_R . Ta thấy $P_R(t) \geq 0$. Nghĩa là điện trở R liên tục tiêu thụ điện năng của nguồn điện và biến đổi sang dạng năng lượng khác. Vì công suất tức thời tác dụng không có ý nghĩa nên ta đưa ra công suất tác dụng P và được tính theo công thức sau:

$$P = U_R I = RI^2, \text{ đơn vị (w)} \quad (2.7)$$

2.2.2. Dòng điện hình sin trong nhánh thuần điện cảm

Khi cho dòng điện $i = I_{\max} \sin(\omega t)$ chạy qua điện cảm L , điện áp trên điện cảm sẽ là:

$$u_L(t) = L \frac{di}{dt} = L \frac{d(I_{\max} \sin \omega t)}{dt} = \omega L I_{\max} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = U_{L\max} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (2.8)$$

Trong đó:

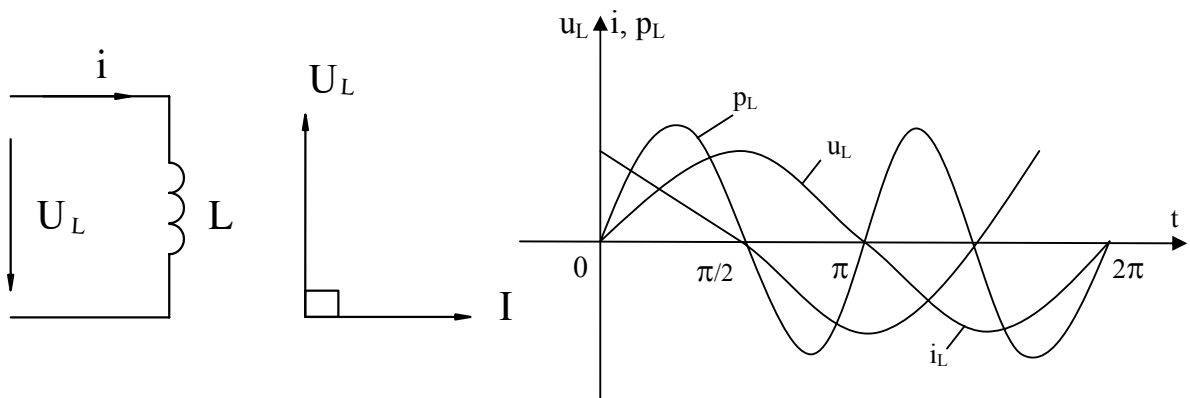
$$U_L = \omega L I_{\max} = X_L I_{\max}$$

$$U_L = \frac{U_{L\max}}{\sqrt{2}} = X_L I$$

$X_L = \omega L$ có thứ nguyên của điện trở (Ω), gọi là cảm kháng. Từ đó rút ra quan hệ giữa trị số hiệu dụng của dòng điện và điện áp như sau:

$$U_L = X_L I \text{ hoặc } I = \frac{U_L}{X_L}$$

Dòng điện và điện áp có cùng tần số và lệch nhau một góc $\pi/2$. Dòng điện chậm sau điện áp một góc $\pi/2$ đồ thị vector thể hiện trong hình vẽ.



Hình 2.4

Công suất tức thời của điện cảm là:

$$P_L(t) = u_L i = U_{\max} I_{\max} \sin(\omega t + \pi/2) \sin \omega t = \frac{U_{\max} I_{\max}}{2} \sin 2\omega t = U_L I \sin 2\omega t$$

Từ đồ thị ta thấy trong khoảng $\omega t = 0$ đến $\omega t = \pi/2$ công suất $p_L(t) > 0$, điện cảm nhận năng lượng và tích lũy trong từ trường. Trong khoảng tiếp theo $\omega t = \pi/2$ và $\omega t = \pi$, công suất $p_L(t) < 0$ năng lượng tích lũy trả về nguồn và mạch ngoài. Quá trình cứ tiếp tục và công suất $p(t)$ trong một chu kỳ bằng không.

$$P_L = \frac{1}{T} \int_0^T p_L(t) dt = 0 \quad (2.9)$$

Để biểu thị quá trình trao đổi năng lượng của điện cảm ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng Q_L của điện cảm, theo công thức sau:

$$Q_L = U_L I = X_L I^2 \text{ đơn vị (VAr)} \quad (2.10)$$

2.2.3. Dòng điện hình sin trong nhánh thuần dung.

Khi cho dòng điện $i = I_{\max} \sin \omega t$ qua điện dung thì điện áp trên điện dung là:

$$U_C(t) = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{C} \int I_{\max} \sin \omega t dt = \frac{1}{\omega C} I_{\max} \sin(\omega t - \pi/2) \quad (2.11)$$

$$U_C(t) = U_{C\max} \sin(\omega t - \pi/2)$$

Trong đó:

$$U_{C\max} = \frac{1}{\omega C} I_{\max} = X_C I_{\max}$$

$$U_C = \frac{U_{C\max}}{\sqrt{2}} = X_C I$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \text{ có thứ nguyên của điện trở } \Omega, \text{ được gọi là điện dung.}$$

Từ đó rút ra kết luận như sau

Quan hệ giữa trị số hiệu dụng của điện áp và dòng điện trong mạch là

$$U_C = X_C I \text{ hoặc } I = \frac{U_C}{X_C} \Rightarrow \text{ta nhận thấy dòng điện và điện áp có cùng tần số,}$$

và dòng điện vượt trước điện một góc $\pi/2$.

Công suất tức thời của điện dung là:

$$p_C(t) = u_C i = U_{C\max} I_{\max} \sin \omega t \sin(\omega t - \pi/2) = -U I \sin 2\omega t \quad (2.12)$$

Công suất tác dụng trong một chu kỳ là

$$P_C = \frac{1}{T} \int_0^T p_C(t) dt = 0 \quad (2.13)$$

Để biểu thị cường độ quá trình trao đổi năng lượng của điện dung, ta đưa ra khái niệm công suất phản kháng Q_C tính theo công thức sau;

$$Q_C = -U_C I = X_C I^2, \text{ kVAr, VAr} \quad (2.14)$$

2.2.4. Dòng điện sin trong nhánh RLC nối tiếp

Khi cho dòng điện $i = I_{\max} \sin \omega t$ chạy qua RLC nối tiếp gây ra những điện áp u_R, u_L, u_C trên các phần tử RLC như đã biết các đại lượng dòng điện và điện áp biến thiên cùng tần số, do đó ta có thể biểu diễn trên cùng một đồ thị vector

Từ các kết luận ở các nhánh thuần trở, cảm, dung ta thấy

- ✓ i cùng pha với u_R do đó $\varphi = 0$
- ✓ i chậm pha với u_L một góc 90° do đó $\varphi = \frac{\pi}{2}$
- ✓ i nhanh pha với u_C một góc -90° do đó $\varphi = -\frac{\pi}{2}$

Ta có đồ thị như sau

Điện áp nguồn U bằng

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$$

Từ đồ thị vector ta tính được trị số hiệu dụng của điện áp

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L - IX_C)^2}$$

$$U = I\sqrt{(R)^2 + (X_L - X_C)^2} = Iz$$

Trong đó

$$z = \sqrt{(R)^2 + (X_L - X_C)^2}, \text{ có thứ nguyên là } \Omega, \text{ gọi là tổng trở}$$

$$\text{Đặt } X = X_L - X_C$$

X được gọi là điện kháng nhánh, từ công thức chúng ta thấy R, z, X là 3 cạnh của một tam giác vuông giúp ta dễ dàng nhớ được công thức và quan hệ R, z, X và tính được góc lệch pha φ

Quan hệ giữa trị số hiệu dụng dòng điện và áp RLC là

$$U = zI \text{ hoặc } I = \frac{U}{z} \quad (2.15)$$

Điện áp lệch pha với dòng điện một góc là $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{I(X_L - X_C)}{R} = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{X}{R} \quad (2.16)$$

Khi $X_L - X_C = 0$, góc $\varphi = 0$ dòng điện trùng pha với điện áp.

Khi $X_L > X_C$, góc $\varphi > 0$ dòng điện có tính cảm do đó chậm pha so với điện áp một góc φ .

Khi $X_L < X_C$, góc $\varphi < 0$ dòng điện có tính dung do đó nhanh pha so với điện áp một góc φ .

2.3. Số phức, biểu diễn đại lượng điều hòa dùng ảnh phức.

2.3.1 Số phức

Ta xét một vector $\vec{OM} = \vec{V}$ được biểu diễn trên mặt phẳng XOY khi đó ta có thể phân tích thành hai thành phần $\vec{V}_X$ và $\vec{V}_Y$ với đơn vị hai trục là 1.

Vậy $\vec{V} = \vec{V}_X + \vec{V}_Y$ hay viết dưới dạng đại số như sau

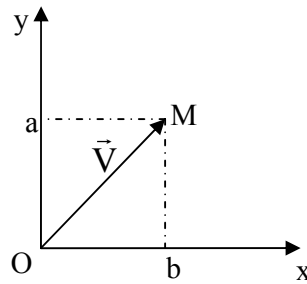
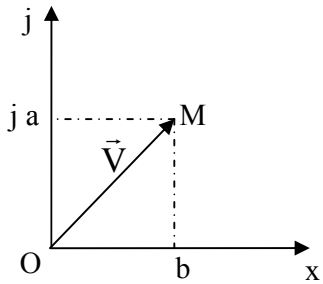
$$V = V \sin \varphi + V \cos \varphi = 1.a + 1.b$$

Nếu ta biểu diễn $\vec{OM} = \vec{V}$ trên mặt phẳng với hai trục là trục thực và trục ảo khác nhau về ý nghĩa với đơn vị trên trục thực là 1 và trên trục ảo là j. Khi đó ta có thể viết vector dưới dạng đại số của trục phức là:

$$\dot{V} = jV \sin \varphi + V \cos \varphi = j.a + 1.b$$

Với $V = \sqrt{a^2 + b^2}$ - gọi là modul

$\varphi = \arctg \frac{a}{b}$ - gọi là argumen



Tóm lại số phức là một lượng gồm hai thành phần thực và ảo trong đó 2 thành phần khác nhau hẳn về bản chất. Với $j = \sqrt{-1}$

Biểu diễn số phức có hai dạng như sau:

$$* \dot{V} = b + j a$$

$$\text{Hoặc } * \dot{V} = V \cos \varphi + j V \sin \varphi = V e^{j\varphi} = V \angle \varphi$$

Trong đó $\cos \varphi + j \sin \varphi =$ Hình 2.5

Các phép tính với số phức

Xét hai số phức $\dot{A}_1 = a_1 + j b_1$

$$\dot{A}_2 = a_2 + j b_2$$

* Nếu $\dot{A}_1 = a_1 + j b_1$ thì nghịch đảo số phức là $\dot{A}_1^* = a_1 - j b_1$

* Nếu $\dot{A}_1 = \dot{A}_2$ thì $a_1 = a_2 ; b_1 = b_2$

* Nếu $\dot{A}_1 + \dot{A}_2$ thì $a_1 + j b_1 + a_2 + j b_2 = (a_1 + a_2) + j(b_1 + b_2)$

* Nếu $\dot{A}_1 - \dot{A}_2$ thì $a_1 - j b_1 + a_2 - j b_2 = (a_1 - a_2) + j(b_1 - b_2)$

* Nếu $\dot{A}_1 * \dot{A}_2$ thì $(a_1 + j b_1)(a_2 + j b_2) = A_1 * A_2 e^{j\varphi_1} \cdot e^{j\varphi_2} = A_1 * A_2 e^{j(\varphi_1 + \varphi_2)}$

* Nếu $\dot{A}_1 / \dot{A}_2$ thì $(a_1 + j b_1) / (a_2 + j b_2) = A_1 / A_2 * e^{j(\varphi_1 - \varphi_2)}$

Chú ý các số phức đặc biệt

$$e^{j\pi/2} = j ; e^{-j\pi/2} = -j$$

VD: Xét hai số phức $\dot{A}_1 = 4 + j 8$

$$\dot{A}_2 = 9 - j 3$$

Hãy tính $\dot{A}_1 + \dot{A}_2 ; \dot{A}_1 - \dot{A}_2 ; \dot{A}_1 * \dot{A}_2 ; \dot{A}_1 / \dot{A}_2$

2.3.2 Biểu diễn đại lượng điều hòa dùng ảnh phức.

Các biến trạng thái điều hòa cùng một tần số như dòng áp và các sdd được đặc trưng bằng cặp số hiệu dụng và góc pha

Để biểu diễn chúng ta có thể viết như sau

$$i(t) = \sqrt{2} I \sin(\omega t + \varphi_i) \implies \dot{I} = I \angle \varphi_i = I e^{j\varphi_i} \quad (2.17)$$

$$u(t) = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \varphi_u) \implies \dot{U} = U \angle \varphi_u = U e^{j\varphi_u}$$

*Biểu diễn đạo hàm $\frac{di}{dt}$, nếu xét một dòng điện $i(t) = \sqrt{2} I \sin(\omega t + \varphi_i)$ được biểu

diễn bằng số phức $\dot{I}$ thì đạo hàm $\frac{di}{dt} = \omega \sqrt{2} I \cos(\omega t + \varphi_i) = \omega \sqrt{2} I \sin(\omega t + \varphi_i + \frac{\pi}{2})$

$$\frac{di}{dt} = \omega I e^{j(\pi/2 + \varphi_i)} \longrightarrow j\omega \dot{I}$$

* Biểu diễn tích phân $\int i dt$, nếu xét một dòng điện $i(t) = \sqrt{2} I \sin(\omega t + \varphi_i)$ được biểu bằng số phức $\dot{I}$ thì tích phân

$$\int i dt = -\frac{1}{\omega} \sqrt{2} I \cos(\omega t + \varphi_i) = \frac{1}{\omega} \sqrt{2} I \sin(\omega t + \varphi_i - \pi/2)$$

$$\int i dt = \frac{1}{\omega} I e^{j(\varphi_i - \pi/2)} \longrightarrow \frac{\dot{I}}{j\omega}$$

*Biểu diễn tổng trở bằng số phức

$$Z = \frac{u(t)}{i(t)} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U e^{j\varphi_u}}{I e^{j\varphi_i}} = Z \cdot e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = Z \cdot e^{j\varphi}$$

$$\text{Với } Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$\varphi = \text{artg} \frac{X}{R}$$

*Biểu diễn công suất bằng số phức

$$\tilde{S} = S \cdot e^{j\varphi} = S e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = UI \cdot e^{j\varphi_u} \cdot e^{-j\varphi_i} \quad (2.18)$$

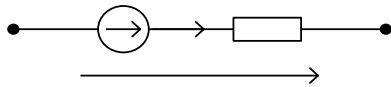
$$\tilde{S} = \dot{U} \dot{I}^*$$

$$\text{Hay } \tilde{S} = S \cdot e^{j\varphi} = S \cos \varphi + j S \sin \varphi \quad (2.19)$$

$$\tilde{S} = P + j Q$$

2.3.3 Các định luật cơ bản của mạch điện dạng phức.

1. Định luật Ohm mở rộng.



$$\dot{E} = \dot{U}_{AB} + \bar{Z} \cdot \dot{I} \quad (2.20)$$

Hình 2.6

2. Định luật Kirchhoff. **A** **E** **I** **Z** **B**

Định luật K1: từ biểu thức $\sum i = 0$ suy ra $\sum \dot{I} = 0$ (2.21)

Định luật K2: viết định luật K2 cho một nhánh RLC nối tiếp ta được
Viết dưới dạng tức thời như sau

$$u = u_R + u_L + u_C = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt \quad U_{AB}$$

Ta có thể biểu diễn biểu thức trên dưới dạng số phức như sau

$$\dot{U} = R\dot{I} + j\omega L\dot{I} + \frac{\dot{I}}{j\omega C} = \left[R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \right] \dot{I} = Z\dot{I} \quad (2.22)$$

Tóm lại: ý nghĩa của việc biểu diễn số phức giải mạch điện điều hòa là:

+ Ta có thể tuyến tính hóa các hàm tích phân và vi phân để có thể đơn giản hóa mạch điện.

+ Ta có thể đưa mạch điện phức tạp về thành các mạch điện đơn giản (như đưa các mạch điện xoay chiều thành các mạch một chiều)

2.3.4. Ứng dụng: phân tích mạch ở chế độ xác lập điều hòa.

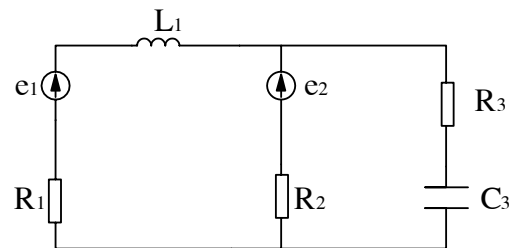
VD: cho mạch điện như hình vẽ, với các thông số như sau

$$e_1 = \sqrt{2} E_1 \sin(\omega t + \varphi_1);$$

$$e_2 = \sqrt{2} E_2 \sin(\omega t + \varphi_2)$$

các thông số R, L, C, ω đã biết

Viết các phương trình định luật K1, K2
dưới dạng tức thời và dạng phức



Hình 2.7

2.4. Trở kháng và dẫn nạp.

Trong mạch điện, thông số của các phần tử xác định quan hệ giữa điện áp đặt trên và dòng điện chạy qua chúng. Khi thực hiện sự biến đổi tín hiệu, nếu tín hiệu tác động vào mạch có dạng điện áp thì có thể khảo sát phản ứng của mạch qua dòng điện sinh ra trong nó dưới tác dụng của tác động điện áp đó. Ngược lại, nếu tín hiệu tác động vào là dòng điện, thì khảo sát phản ứng của mạch qua điện áp tạo nên trên hai đầu của nó. Do đó, nếu chúng ta coi mạch điện có nhiệm vụ thực hiện một toán tử nào đó đối với các hàm tín hiệu tác động lên nó thì có thể coi toán tử đó thực hiện sự biến đổi điện áp - dòng điện hay ngược lại. Trường hợp biến đổi dòng điện-điện áp, toán tử

gọi là trở kháng của mạch và trường hợp biến đổi điện áp-dòng điện toán tử gọi là dẫn nạp Y .

$$u(t) = Z\{i(t)\}; \quad i(t) = Y\{u(t)\}$$

2.5. Công suất.

2.5.1. Công suất tác dụng.

Công suất tác dụng đặc trưng cho hiện tượng biến đổi năng lượng sang các dạng khác như nhiệt, cơ năng.

$$P = UI \cos \varphi \text{ hoặc có thể tính như sau} \quad (2.23)$$

$$P = \sum R_n I_n^2. \text{ Trong đó } R_n, I_n \text{ là điện trở, dòng điện của nhánh}$$

2.5.2. Công suất phản kháng.

Công suất phản kháng đặc trưng cho cường độ trao đổi năng lượng điện từ trường

$$Q = UI \sin \varphi \text{ hoặc}$$

$$Q = Q_L + Q_C = \sum X_{Ln} I_n^2 - \sum X_{Cn} I_n^2,$$

$$(2.24)$$

Trong đó X_L, X_C, I_n điện dung, kháng, dòng điện của nhánh

2.5.3. Công suất phức.

$$\tilde{S} = S \cdot e^{j\varphi} = S e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = UI \cdot e^{j\varphi_u} \cdot e^{-j\varphi_i}$$

$$\tilde{S} = \dot{U} I^* \text{ Với } I^* \text{ là liên hợp của } I \quad (2.25)$$

$$\text{Hay } \tilde{S} = S \cdot e^{j\varphi} = S \cos \varphi + j S \sin \varphi$$

$$\tilde{S} = P + j Q$$

2.5.4. Công suất biểu kiến.

Công suất biểu kiến S (gọi là công suất toàn phần)

$$S = UI \quad (2.26)$$

Vậy P, Q, S có cùng thứ nguyên, song để phân biệt chúng là khác nhau thì đơn vị là P (W), Q (VAr), S (VA)

Quan hệ P, Q, S như sau

$$S^2 = P^2 + Q^2; \quad P = S \cos \varphi; \quad Q = S \sin \varphi$$

2.5.5. Định luật cân bằng công suất phức.

2.6 Cộng hưởng.

2.7. Mạch điện có hồ cảm, nguồn dòng

2.8. Phân tích mạch bằng phương pháp dòng nhánh.

Tổng quát: Xét mạch có N_h nhánh và N nút.

Thuật toán:

- Tùy ý chọn chiều dòng điện nhánh và chiều của vòng.
- Viết $(N-1)$ phương trình cho $(N-1)$ nút bất kỳ theo định luật Kirchhoff I.

- Viết $(N_h - N + 1)$ phương trình theo định luật Kirchhoff 2 cho $(N_h - N + 1)$ vòng cơ bản.

- Giải hệ N_h phương trình tìm ra N_h dòng điện nhánh.

Ví dụ 2.4: Cho mạch điện có sơ đồ như hình 2.5.

Biết: $e_1(t) = 100\sqrt{2} \sin(\omega t + 30^\circ)$; $e_3(t) = 50\sqrt{2} \sin(\omega t + 60^\circ)$; $Z_1 = Z_2 = Z_3 = 2 + j2 \ (\Omega)$

Giải mạch điện theo phương pháp dòng điện nhánh tìm giá trị hiệu dụng của dòng điện trong các nhánh.

Giải:

Mạch có hai nút và 3 nhánh do đó có hai vòng cơ bản ký hiệu là vòng 1 và 2, chiều của dòng điện nhánh và chiều của vòng quy ước như trên hình vẽ

2.9

Theo định luật Kirchhoff 1, viết phương trình cho một trong hai nút ta có:

$$\dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \quad (2.27)$$

Theo định luật Kirchhoff 2, viết phương trình cho vòng 1 và 2:

$$\text{Vòng 1: } Z_1 \dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 = \dot{E}_1 \quad (2.28)$$

$$\text{Vòng 2: } -Z_2 \dot{I}_2 + Z_3 \dot{I}_3 = \dot{E}_3 \quad (2.29)$$

Giải hệ 3 phương trình:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ (2 + j2) \dot{I}_1 + (2 + j2) \dot{I}_2 = 100e^{j30^\circ} = 86,6 + j50 \\ -(2 + j2) \dot{I}_2 + (2 + j2) \dot{I}_3 = 50e^{j60^\circ} = 25 + j43,3 \end{cases}$$

$$\text{Ta được: } \dot{I}_1 = 28,459 - j4,575; \dot{I}_2 = 5,692 - j4,575; \dot{I}_3 = 22,767$$

$$\text{Vậy: } I_1 = 28,824; I_2 = 7,303; I_3 = 22,767.$$

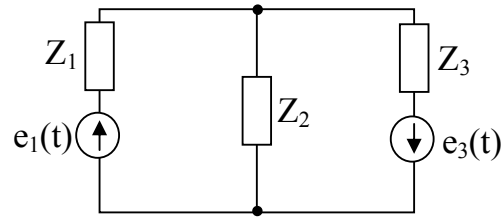
Với phương pháp dòng điện nhánh, hệ phương trình dòng điện nhánh có số phương trình bằng số nhánh của mạch. Do đó đối với những mạch điện phức tạp việc giải hệ phương trình dòng điện nhánh sẽ rất phức tạp nên trong thực tế phương pháp này ít được ứng dụng.

2.9. Phân tích mạch bằng phương pháp dòng vòng.

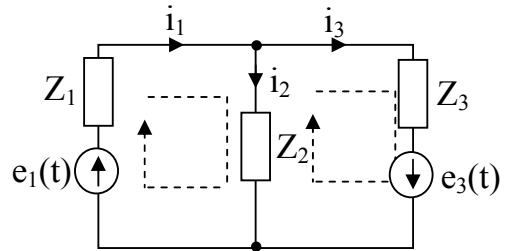
Tổng quát: Xét mạch có N_h nhánh và N nút.

Thuật toán:

- Tùy ý chọn chiều dòng điện nhánh và chiều của vòng.
- Gán cho mỗi vòng một dòng điện giả tưởng có chiều trùng với chiều của vòng.
- Viết $(N_h - N + 1)$ phương trình dòng điện vòng theo định luật Kirchhoff 2.



Hình 2.8



Hình 2.9

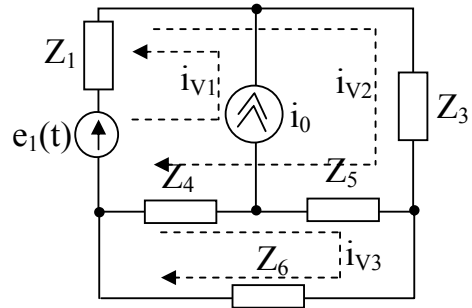
$[M_V]$ là ma trận toán tử vòng:

$$[M_V] = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1M} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{M1} & z_{M2} & \dots & z_{MM} \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

Ma trận toán tử $[M_V]$ là ma trận vuông cấp $M \times M$, các phần tử nằm trên đường chéo chính z_{kk} là tổng các toán tử nhánh của các nhánh thuộc mạch vòng thứ k luôn mang dấu “+”. Các phần tử nằm ngoài đường chéo chính $z_{kr} = z_{rk}$ là toán tử nhánh chung của mạch vòng thứ k và mạch vòng thứ r mang dấu “+” khi dòng điện mạch vòng của mạch vòng thứ k và r chạy qua nhánh chung là cùng chiều, ngược lại mang dấu “-”, nếu giữa mạch vòng k và mạch vòng r không có nhánh chung thì phần tử $z_{kr} = z_{rk} = 0$.

Khi phân tích mạch điện bằng phương pháp dòng điện mạch vòng đối với các mạch điện có nguồn dòng điện tác động, ta phải chọn các mạch vòng độc lập sao cho các nhánh chứa nguồn dòng phải là nhánh độc lập (nhánh không nằm trong mạch vòng khác) của các mạch vòng, khi đó số phương trình trong hệ phương trình dòng điện mạch vòng của mạch sẽ giảm đi đúng bằng số nguồn dòng tác động vào mạch, vì các dòng điện của các mạch vòng chứa nguồn dòng đúng bằng nguồn dòng đã biết.

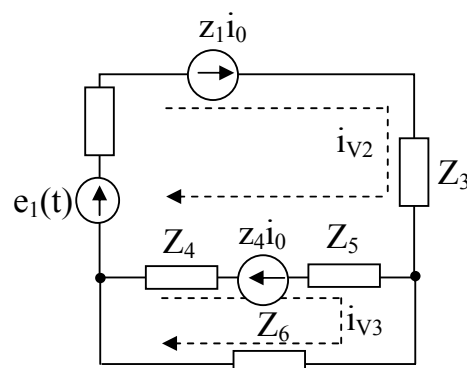
Ví dụ cho mạch điện có sơ đồ hình 2.9.2 có nguồn dòng i_0 tác động, nếu chọn các mạch vòng độc lập và chiều các dòng điện mạch vòng như trên hình vẽ thì dòng điện mạch vòng thứ nhất $i_{v1} = i_0$ đã biết, do đó ta sẽ có hệ phương trình mạch vòng gồm hai phương trình viết cho vòng 2 và vòng 3 với hai ẩn số cần tìm là i_{v2} và i_{v3} :



Hình 2.9.2

$$\begin{cases} (z_1 + z_3 + z_4 + z_5)i_{v2} - (z_4 + z_5)i_{v3} = e_1 + (z_1 + z_4)i_0 \\ -(z_4 + z_5)i_{v2} + (z_4 + z_5 + z_6)i_{v3} = -z_4i_0 \end{cases} \quad (2.32)$$

Để thuận tiện cho việc thiết lập hệ phương trình dòng điện mạch vòng của các mạch điện có chứa nguồn dòng ta có thể biến đổi tương đương mạch có chứa nguồn dòng về mạch không chứa nguồn dòng theo quy tắc sau: sau khi chọn các mạch vòng độc lập và chiều các dòng điện mạch vòng, thực hiện thêm vào các nhánh của mạch vòng có chứa nguồn dòng một nguồn điện áp có sức điện động bằng toán tử nhánh nhân với nguồn dòng và có chiều ngược với chiều dòng mạch vòng (đã chọn cùng chiều với nguồn dòng), sau đó cho nguồn dòng bằng không.



Hình 2.9.3

Mạch điện trên hình 2.9.2 có thể biến đổi về mạch tương đương như hình 2.9.3

2.10. Phân tích mạch bằng phương pháp điện thế nút.

Thuật toán:

- Chọn một nút bất kỳ trong N nút làm nút gốc có điện thế bằng $0V$.
- Tùy ý chọn chiều dòng điện trong các nhánh.
- Xây dựng các công thức biến đổi nút.
- Áp dụng định luật Kirchhoff 1 viết phương trình cho $(N - 1)$ nút còn lại (trừ nút gốc)
- Giải hệ $(N-1)$ phương trình tìm ra $(N-1)$ điện thế nút.
- Từ các điện thế nút suy ra các dòng điện nhánh.

Ví dụ 2.6.1: Cho mạch điện có sơ đồ như hình 2.10.

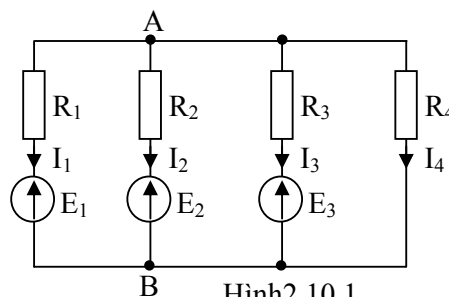
Biết: $E_1 = 15V$; $E_2 = E_3 = 16V$; $R_1 = R_4 = 1\Omega$; $R_2 = 3\Omega$; $R_3 = 2\Omega$.

Tìm dòng điện trong các nhánh.

Giải

Chọn nút B làm nút gốc: $U_B = 0V \Rightarrow U_{AB} = U_A$.

Chọn chiều dòng điện như trên hình 2.10.1



Hình 2.10.1

$$\text{Ta có: } I_1 = \frac{U_A - E_1}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U_A - E_2}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U_A - E_3}{R_3}; \quad I_4 = \frac{U_A}{R_4} \quad (2.33)$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 cho nút A ta có: $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$.

$$\Leftrightarrow \frac{U_A - E_1}{R_1} + \frac{U_A - E_2}{R_2} + \frac{U_A - E_3}{R_3} + \frac{U_A}{R_4} = 0$$

$$\Leftrightarrow U_A = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = 10V$$

Dòng điện trong các nhánh:

$$I_1 = -5A; I_2 = -2A; I_3 = -3A; I_4 = 10A.$$

Như vậy ta thấy chiều thực của I_1, I_2, I_3 ngược chiều với chiều quy ước.

Từ biểu thức của U_A tìm được ở trên ta có thể đưa ra một công thức tổng quát tìm U_A trong trường hợp mạch có nhiều nhánh mắc song song với nhau:

$$U_A = \frac{\sum a_i \frac{E_i}{R_i}}{\sum \frac{1}{R_i}} \quad (2.34)$$

Trong đó $a_i = 1$ nếu trên nhánh i chiều của dòng điện và chiều của sức điện động là ngược nhau, ngược lại $a_i = -1$.

Ví dụ 2.6.2.

Cho mạch điện có sơ đồ như hình 2.10.2, tìm dòng điện trong các nhánh.

Giải

Chọn nút 0 làm nút gốc và cho điện thế nút $U_0 = 0$.

Ta có:

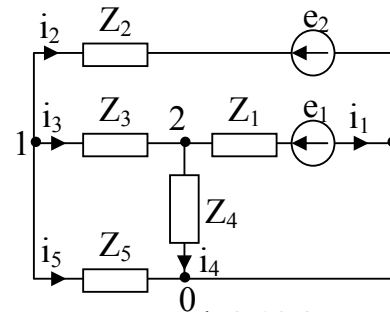
$$i_1 = (u_2 - e_1)/Z_1 = (u_2 - e_1)y_1$$

$$i_2 = (u_1 - e_2)/Z_2 = (u_1 - e_2)y_2$$

$$i_3 = (u_1 - u_2)/Z_3 = (u_1 - u_2)y_3 \quad (*)$$

$$i_4 = u_2/Z_4 = u_2y_4$$

$$i_5 = u_1/Z_5 = u_1y_5$$



Hình 2.10.2

Viết hệ phương trình theo định luật Kiechhoff I đối với các nút 1 và 2 ta có:

$$\begin{cases} i_2 + i_3 + i_5 = 0 \\ -i_1 + i_3 - i_4 = 0 \end{cases} \quad (2.36)$$

Thay các dòng điện từ các biểu thức (*) ta nhận được:

$$\begin{cases} u_1(y_2 + y_3 + y_5) - u_2y_3 = e_2y_2 \\ -u_1y_3 + u_2(y_1 + y_3 + y_4) = e_1y_1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} u_1y_{11} - u_2y_{12} = e_2y_2 \\ -u_1y_{21} + u_2y_{22} = e_1y_1 \end{cases} \quad (2.37)$$

Trong đó y_{11}, y_{22} là tổng dẫn nạp của các nhánh nối với các nút 1,2 tương ứng; y_{12}, y_{21} là dẫn nạp của nhánh nối giữa nút 1 và nút 2. Vế phải của hệ phương trình là tổng đại số các nguồn dòng nối với các nút tương ứng.

Giải hệ phương trình trên ta tìm được các điện thế nút u_1 và u_2 , từ các điện thế nút thay vào biểu thức (*) ta tìm được dòng điện trên các nhánh.

Bằng cách chứng minh tương tự có thể suy ra rằng, với mạch điện gồm n nút và trở kháng trên các nhánh đã biết, sau khi chọn một nút làm nút gốc và cho điện thế nút bằng 0, ta sẽ thiết lập được hệ phương trình điện thế nút của mạch như sau:

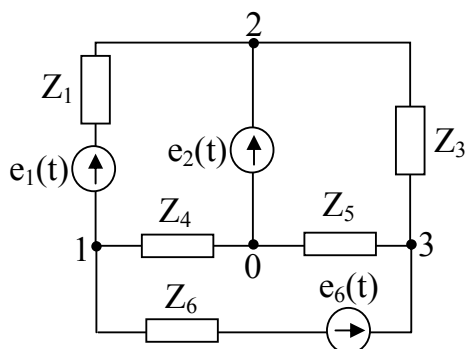
$$[u] = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \dots \\ u_N \end{bmatrix}; \quad [Y] = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1N} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{N1} & y_{N2} & \dots & y_{NN} \end{bmatrix}; \quad [J] = \begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \\ \dots \\ J_N \end{bmatrix} \quad (2.39)$$

Khi phân tích mạch điện bằng phương pháp điện thế nút đối với các mạch có nguồn điện áp mắc trực tiếp giữa hai nút, ta phải chọn nút gốc là một trong hai nút có nguồn điện áp mắc trực tiếp giữa hai nút đó, khi đó số phương trình trong hệ phương trình điện thế nút của mạch sẽ giảm đi vì khi đó điện thế của nút thứ hai đã biết.

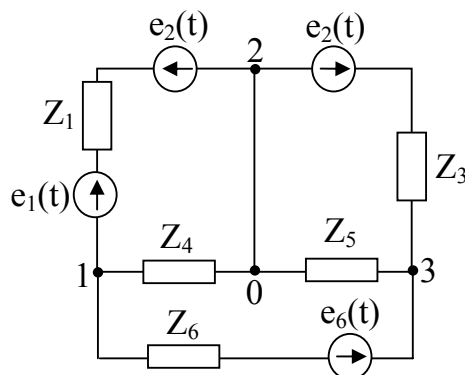
Để tiện cho việc lập ma trận tổng dẫn $[Y]$ của mạch, đặc biệt khi phân tích mạch bằng máy tính, ta có thể biến đổi mạch có nguồn điện áp mắc trực tiếp giữa hai nút về mạch tương đương không có nguồn điện áp mắc trực tiếp giữa hai nút như sau: Sau khi chọn một nút làm nút gốc, ta thêm vào các nhánh nối với nút còn lại một nguồn điện áp có sức điện động đúng bằng điện thế của nút đó và có chiều rời khỏi nút, sau đó ngắn mạch nguồn điện áp.

Ví dụ, xét mạch điện có sơ đồ hình 2.10.3 có nguồn điện áp e_2 mắc giữa nút 0 và nút 2, nếu chọn nút 0 làm nút gốc, cho điện thế nút gốc $u_0 = 0V$, ta sẽ có điện thế nút 2: $u_2 = e_2$ đã biết, khi đó hệ phương trình điện thế nút có dạng:

$$\begin{cases} u_1(y_1 + y_4 + y_6) - u_3y_6 = (e_2 - e_1)y_1 - e_6y_6 \\ -u_1y_6 + u_3(y_3 + y_5 + y_6) = e_2y_3 + e_6y_6 \end{cases} \quad (2.40)$$



Hình 2.10.3



Hình 2.10.4

Ta có thể chuyển sơ đồ hình 2.10.3 sang thành sơ đồ tương đương hình 2.10.4, khi đó nút 0 và nút 2 là trùng nhau.

Phân tích mạch điện có hồ cảm

Các mạch có hồ cảm khác với các mạch không có hồ cảm ở sự tồn tại thêm điện áp hồ cảm U_{lk} do tác động của các dòng điện chạy trong các cuộn dây khác.

Với các mạch điện có hồ cảm ta chỉ xét hai phương pháp giải mạch là phương pháp dòng điện nhánh và dòng điện vòng.

Cách lập hệ phương trình cũng căn bản như đối với mạch không hồ cảm, chỉ khác là khi lập phương trình theo định luật Kirchhoff II cho mỗi vòng cần thêm những điện áp hồ cảm trong vòng ấy.

$$\dot{U}_{kl} = j\omega M \dot{I}_l \Leftrightarrow u_{kl} = M \frac{di_l}{dt} \quad (2.42)$$

Ví dụ 2.7: Cho sơ đồ của một biến áp không có lõi thép như hình 2.11.

Biết: $\dot{U} = 10V$; $r_1 = 100\Omega$; $r_2 = 200\Omega$; $\omega L_1 = 500\Omega$; $\omega L_2 = 1500\Omega$; $\omega M = 700\Omega$; $\frac{1}{\omega C_2} = 1800\Omega$.

Hãy tính các dòng điện sơ cấp và thứ cấp.

Giải

Lập hệ phương trình theo định luật Kirchhoff II cho các vòng sơ cấp và thứ cấp:

$$\begin{cases} (r_1 + j\omega L_1) \dot{I}_1 + j\omega M \dot{I}_2 = \dot{U} \\ j\omega M \dot{I}_1 + \left[r_2 + j(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}) \right] \dot{I}_2 = 0 \end{cases} \quad (2.43)$$

Thay số:

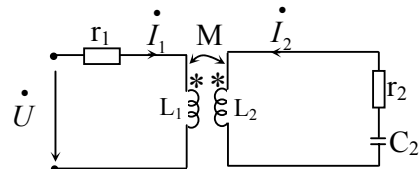
$$\begin{cases} (100 + j500) \dot{I}_1 + j700 \dot{I}_2 = 10 \\ j700 \dot{I}_1 + (500 - j300) \dot{I}_2 = 0 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình ta được:

$$\dot{I}_1 = 0,005 - j0,006 = 8.10^{-3} \angle -50,194^\circ$$

$$\dot{I}_2 = -0,003 - j0,009 = -9.10^{-3} \angle 71,565^\circ$$

Vậy: $I_1 = 8mA$; $I_2 = 9mA$.

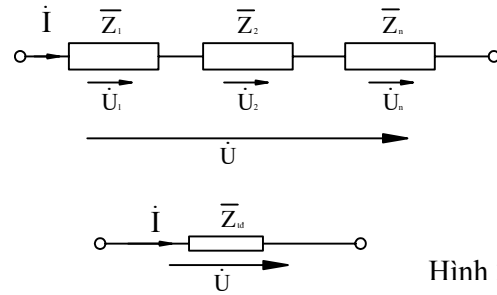


Hình 2.11

2.11. Các phương pháp biến đổi mạch.

2.11.1. Trở kháng ghép nối tiếp.

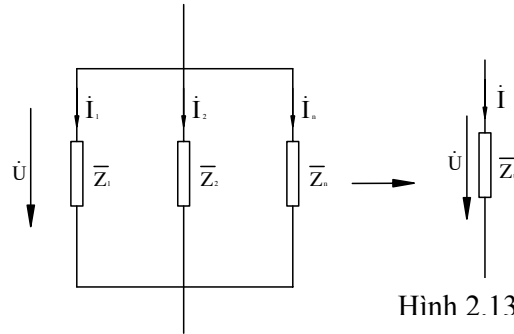
Những phần tử có tổng trở $Z_1, Z_2, \dots, Z_k, \dots$ mắc nối tiếp giữa hai cực tương đương với một phần tử có tổng trở: $Z_{td} = \sum Z_k$.



Hình 2.12

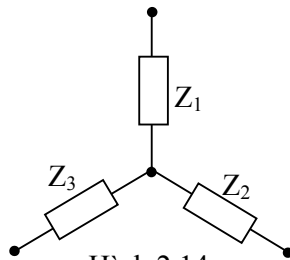
2.11.2. Trở kháng ghép song song.

Những phần tử có tổng dẫn $Y_1, Y_2, \dots, Y_k, \dots$ mắc song song giữa hai cực tương đương với một phần tử có tổng dẫn: $Y_{td} = \sum Y_k$.

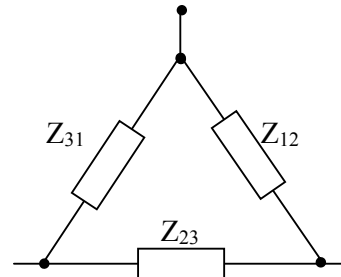


Hình 2.13

2.11.3. Biến đổi sao-tam giác và ngược lại.



Hình 2.14a



Hình 2.14b

Tổng trở một cạnh hình sao bằng tích tổng trở hai cạnh tương ứng của tam giác chia cho tổng các tổng trở ba cạnh:

$$Z_1 = \frac{Z_{12}Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}; \quad Z_2 = \frac{Z_{23}Z_{12}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}}; \quad Z_3 = \frac{Z_{23}Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \quad (2.44)$$

Ngược lại tổng trở một cạnh tam giác bằng tổng của các tổng trở hai cạnh sao tương ứng với thương giữa tích của chúng với tổng trở cạnh sao còn lại:

$$Z_{12} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_3}; \quad Z_{23} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_1}; \quad Z_{31} = Z_1 + Z_3 + \frac{Z_1 Z_3}{Z_2} \quad (2.45)$$

2.11.4. Nguồn áp ghép nối tiếp.

Những sức điện động $E_1, E_2, \dots, E_k, \dots$ nối tiếp trên một nhánh tương đương với một sức điện động: $E_{td} = \sum a_k E_k$. Trong đó $a_k = 1$ nếu E_k cùng chiều với E_{td} , ngược lại $a_k = -1$.

2.11.5. Nguồn áp ghép song song.

Những nguồn dòng $i_1, i_2, \dots, i_k, \dots$ bơm vào một nút tương đương với một nguồn dòng: $i_{td} = \sum a_k i_k$. Trong đó $a_k = 1$ nếu i_k cùng chiều với i_{td} , ngược lại $a_k = -1$.

2.12. Mạng một cửa

2.12.1. Khái niệm chung về mạng một cửa

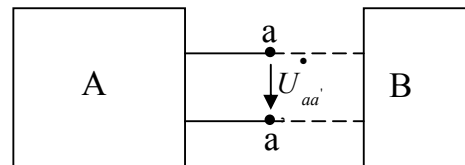
2.12.2. Sơ đồ tương đương và các định lý về mạng một cửa tuyến tính có nguồn.

1. Định lý Thevenin, Norton, và sơ đồ thay thế

Định lý: Một phần mạch có chứa nguồn và được nối với phần còn lại của mạch ở hai điểm, đồng thời giữa hai phần không có ghép hồ cảm với nhau, có thể được thay thế bằng một nguồn sức điện động tương đương có giá trị bằng điện áp hở mạch mắc nối tiếp với trở kháng bằng trở kháng đầu vào của phần mạch khi cho các nguồn tác động bên trong bằng không hoặc có thể thay thế bằng nguồn dòng điện tương đương có giá trị bằng dòng điện ngắn mạch khi mắc song song với trở kháng bằng trở kháng đầu vào của phần mạch khi cho các nguồn tác động bên trong bằng không.

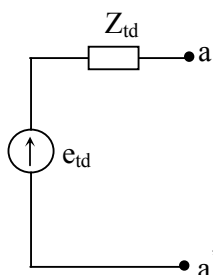
Giả sử xét phần mạch A có chứa nguồn và nối với phần còn lại ở hai điểm aa' (hình 2.15).

Xét A một cách riêng rẽ (tách phần mạch A ra khỏi mạch): Dưới tác động của nguồn chứa trong A, ở hai đầu của nó sẽ có một điện áp $\dot{U}_{hm} = \dot{U}_{aa'}$ (điện áp hở mạch trên A). Như vậy, có

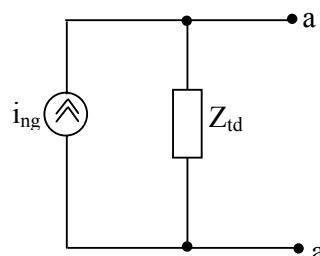


Hình 2.15

thể coi A tương đương với một nguồn và được biểu diễn theo hai cách: nguồn sức điện động và nguồn dòng điện như ở hình 2.15a và 2.15b.



Hình 2.15a



Hình 2.15b

Ta thấy định lý Thevenin và Norton cho phép giải các bài toán chỉ yêu cầu tìm dòng điện hay điện áp trên một nhánh một cách đơn giản.

***Các bước tính dòng điện một nhánh theo phương pháp Thevenin và Norton:**

- Tính các nguồn áp $\dot{U}_{ho}$ hoặc nguồn dòng $\dot{I}_{ng}$ của một cửa được tách khỏi nhánh cần tìm dòng áp.
- Tính tổng trở vào $\bar{Z}$ hoặc tổng dẫn vào $\bar{Y}$ của một cửa đó.
- Dùng các công thức sau tìm dòng, áp trên nhánh cần xét:

+ Đối với sơ đồ Thevenin: $\dot{I} = \frac{\dot{U}_{ho}}{Z + Z_t}$; $\dot{U} = Z_t \cdot \dot{I}$ (Z_t : tải) (2.46)

+ Đối với sơ đồ Norton: $\dot{I} = \dot{I}_{ng} \frac{Z}{Z + Z_t}$; $\dot{U} = Z_t \cdot \dot{I}$ (Z_t : tải) (2.47)

Ví dụ 2.8: Cho mạch điện có sơ đồ như hình 2.16. Tìm dòng điện trong nhánh Z_3 ?

Giải

Tách riêng nhánh Z_3 ra khỏi mạch và thay phần còn lại của mạch bằng nguồn tương đương.

Xét phần còn lại của mạch giữa hai điểm AC và BC:

Phần AC được thay bằng nguồn sức điện động tương đương (hình 2.16a):

$$\dot{E}_{CA} = \dot{U}_{AChm} = \dot{I} \cdot Z_2$$

Trong đó: $\dot{I} = \frac{\dot{E}_1}{Z_1 + Z_2}$ Vậy: $\dot{E}_{CA} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \dot{E}_1$

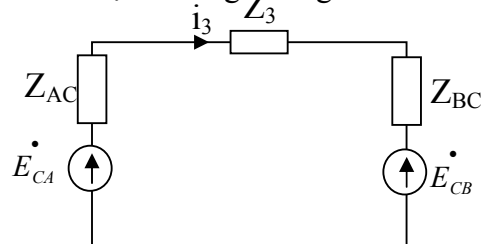
Trở kháng trong: $Z_{AC} = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$

Tương tự, phần BC được thay thế bằng nguồn sức điện động tương đương (hình 2.16b):

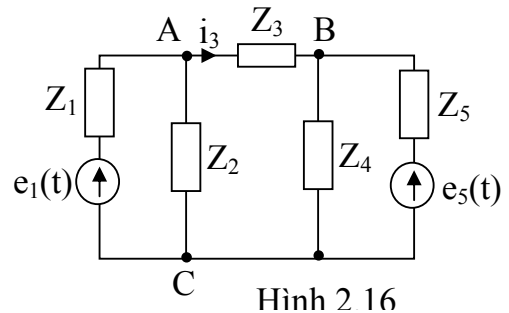
$$\dot{E}_{CB} = \dot{U}_{BChm} = \frac{Z_4}{Z_4 + Z_5} \dot{E}_5$$

Với trở kháng trong: $Z_{BC} = \frac{Z_4 \cdot Z_5}{Z_4 + Z_5}$

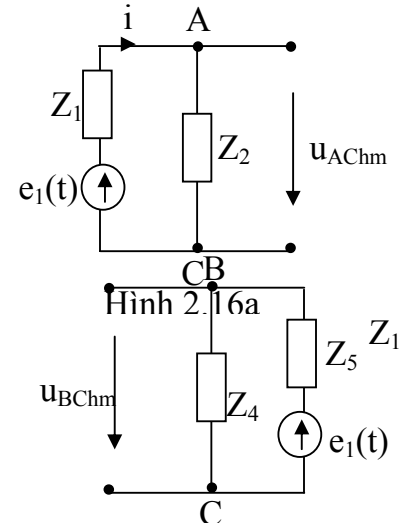
Sơ đồ mạch tương đương như ở hình 2.16c:



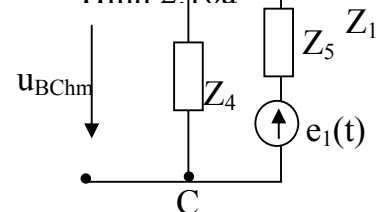
Hình 2.16c



Hình 2.16



Hình 2.16a



Hình 2.16b

Vậy: $\dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_{CA} - \dot{E}_{CB}}{Z_{AC} + Z_3 + Z_{BC}}$

2.13. Nguyên lý xếp chồng.

Phương pháp:

- Đánh số các nguồn tác động trong mạch và các giá trị ban đầu về dòng điện và điện áp trong các thông số quán tính.

- Cho lần lượt các nguồn tác động làm việc riêng rẽ. Các nguồn khác không làm việc phải tuân theo nguyên tắc sau đây: Nguồn sức điện động thay bằng ngắn mạch ($Z = 0$) còn nguồn dòng điện thay bằng hở mạch ($Z = \infty$).

- Tổng cộng các đáp ứng của mạch do tất cả các nguồn tác động riêng rẽ gây ra.

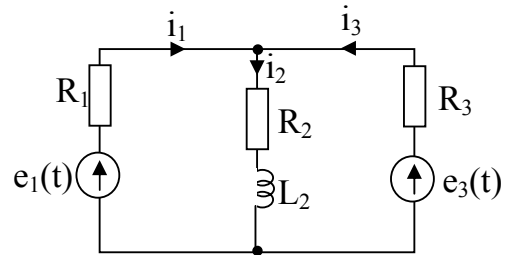
Ví dụ 2.9: Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ 2.17.

Biết: $R_1 = R_2 = R_3 = 2\Omega$; $L_2 = 0,1H$; $e_1 = e_3 = 100\sqrt{2} \sin 314t$

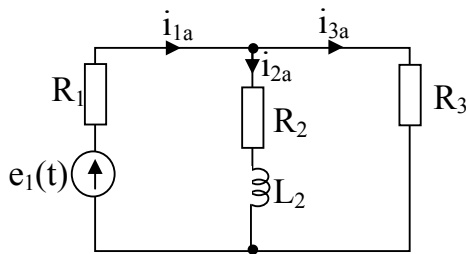
Tính dòng điện trong các nhánh?

Giải

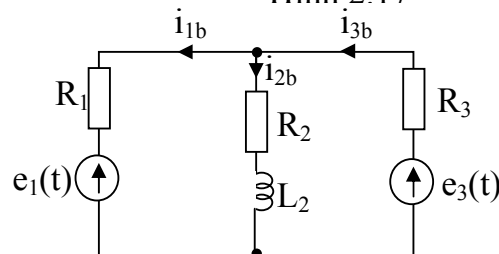
Tách mạch điện thành hai mạch như ở hình 2.17a và 2.17b (Cho lần lượt nguồn e_1 và e_3 làm việc).



Hình 2.17



Đặt: $Z_2 = R_2 + j\omega L_2 = 2 + j31,4\Omega$



Hình 2.17b

Mạch hình 3.14a: $Z_{td} = R_1 + \frac{Z_2 \cdot R_3}{Z_2 + R_3} = 3,984 + j0,125$

$$\dot{I}_{1a} = \frac{\dot{E}_1}{Z_{td}} = 25,076 - j0,787$$

$$\dot{I}_{2a} = \frac{R_3 \cdot \dot{I}_{1a}}{Z_2 + R_3} = 0,151 - j1,578$$

$$\dot{I}_{3a} = \dot{I}_{1a} - \dot{I}_{2a} = 24,925 + j0,791$$

Mạch hình 2.14b hoàn toàn giống mạch hình 2.14a, ta có:

$$\dot{I}_{3b} = \dot{I}_{1a}; \dot{I}_{2b} = \dot{I}_{2a}; \dot{I}_{1b} = \dot{I}_{3a}.$$

Xếp chồng hai mạch ta có:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{1a} - \dot{I}_{1b} = 0,151 - j1,578$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_{2a} + \dot{I}_{2b} = 0,301 - j3,156$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_{3b} - \dot{I}_{3a} = 0,151 - j1,178$$

2.14. Bài tập

BÀI TẬP

2.1. Cho mạch điện có sơ đồ như hình vẽ 2.18.

Biết: $\dot{E}_1 = 1V$; $\dot{E}_6 = jV$; $Z_1 = 1\Omega$; $Z_2 = -j\Omega$; $Z_3 = j\Omega$; $Z_4 = 1\Omega$; $Z_5 = j\Omega$; $Z_6 = 1\Omega$;

Tìm dòng điện trong các nhánh theo phương pháp dòng điện vòng và điện áp nút.

Đáp số:

$$\dot{I}_1 = 0,3 - j0,1; \dot{I}_2 = 0,5 + j0,5; \dot{I}_3 = 0,2 + j0,6;$$

$$\dot{I}_4 = 0,2 + j0,6; \dot{I}_5 = 0,3 - j0,1; \dot{I}_6 = 0,1 - j0,7;$$

2.2. Hai cuộn dây có liên hệ hồ cảm với nhau như hình 2.19.

Biết: $R_1 = 4\Omega$; $X_1 = 3\Omega$; $\dot{U} = 100V$; $R_2 = 6\Omega$; $X_2 = 8\Omega$; $\omega M = 2\Omega$;

Tìm dòng điện I ?

Đáp số: $\dot{I} = 3,077 - j4,615$

2.3. Cho mạch điện có hồ cảm như hình 2.20.

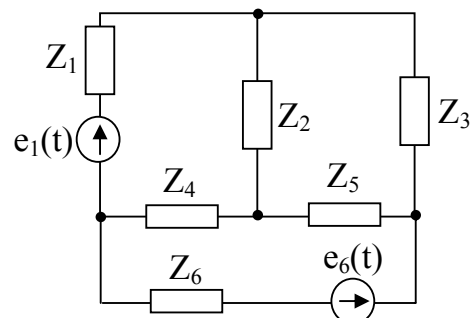
Biết: $r = r_1 = 100\Omega$; $r_2 = 50\Omega$; $\dot{U} = 220V$; $f = 50\text{Hz}$;

$L_1 = 0,2\text{H}$; $L_2 = 0,3\text{H}$; $M = 0,15\text{H}$. Tìm dòng điện trong các nhánh?

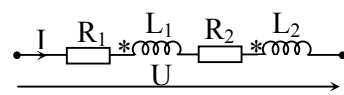
Đáp số: $\dot{I}_1 = 0,603 - j0,062$; $\dot{I}_2 = 0,683 - j0,577$

2.4. Mạch vào của một bộ khuếch đại transistor gồm mạch vòng R-L-C có liên hệ hồ cảm với dòng điện trong anten I_a (hình 2.21). Biết mạch ở trạng thái cộng hưởng, tìm điện áp bazơ - emitter của transistor. Cho $I_a = 10^{-3}\text{mA}$, $R = 100\Omega$, $\omega M = 2k\Omega$; $\frac{1}{\omega C} = 1k\Omega$.

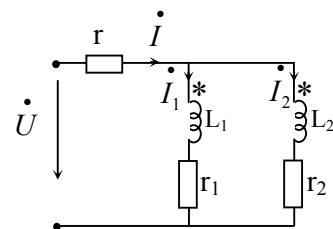
Đáp số: $\dot{U}_{BE} = 20mV$



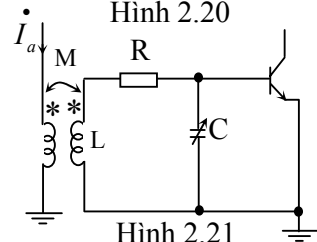
Hình 2.18



Hình 2.19



Hình 2.20



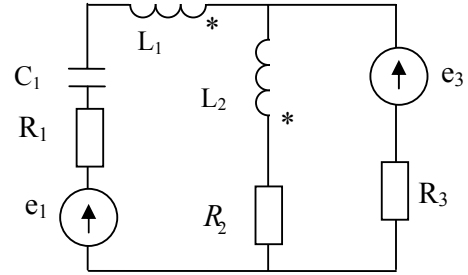
Hình 2.21

2.5. Cuộn dây phi tuyến có sơ đồ như bài tập 5 với các đặc trưng: $R=\text{const}$, $\Psi(t)=ai-bi^3$ cung cấp bởi một nguồn áp $u(t)$. Hãy viết phương trình trạng thái với biến là dòng nhánh và tìm hệ số điện cảm

(Gợi ý: $u_L=d\Psi/dt$; $L = \partial\Psi / \partial i$)

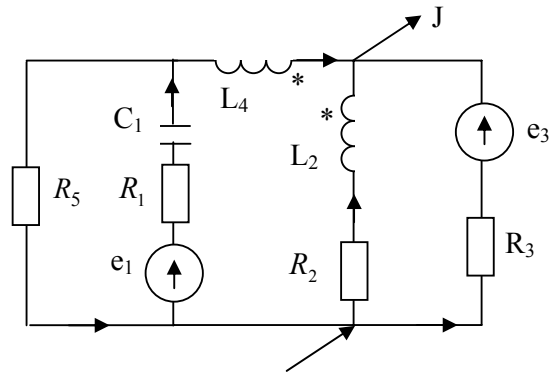
2.6. Cho sơ đồ mạch như hình 2.22. Hãy viết các phương trình theo luật Kirhof cho:

- Các dòng nhánh
- Các điện áp trên những phần tử nhánh cơ bản



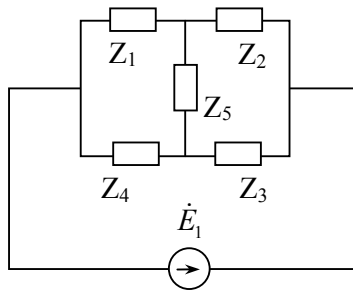
Hình 2.22

2.7. Cho mạch điện như hình 2.23. Viết các phương trình Kirhop 1

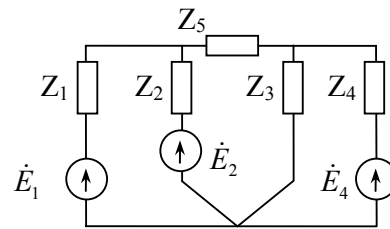


Hình 2.23

2.8. Phân tích mạch điện trên bằng các phương pháp nhánh, nút, vòng, xếp chồng.



Hình 2.24

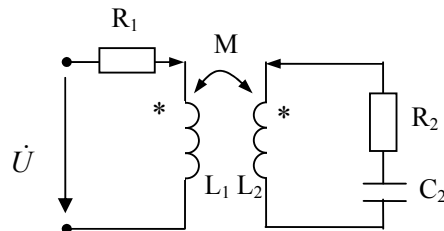


2.9. Cho sơ đồ của một máy biến áp không lõi thép, có tải R_2 , C_2

Hãy tính các dòng điện sơ cấp và thứ cấp biết

$U=10V$, $R_1=0,2$, $R_2=100\Omega$, $\omega L_1=500\Omega$,

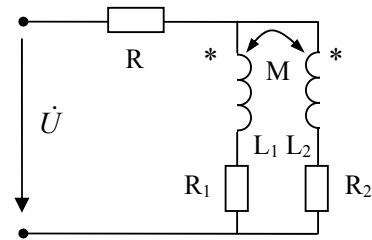
$\omega L_2=1000\Omega$, $\omega M=500\Omega$, $1/\omega C_2=1500\Omega$



Hình 2.25

2.10. Cho mạch điện có hồ cảm. Hãy tính các dòng điện trong các

$f=50\text{Hz}$, $R_1=100\Omega$, $R_2=200\Omega$, $\omega L_2=100\Omega$, $\omega M=50\Omega$,
 $\omega L_1=200\Omega$, $R=50\Omega$.

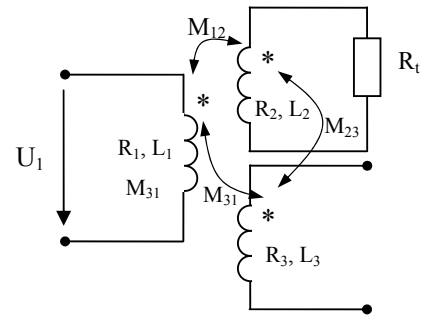


Hình 2.26

2.11. Cho mạch điện một máy biến áp ba dây quấn. Cho $R_1=200\Omega$; $\omega L_1=1000\Omega$; $\omega L_2=4000\Omega$; $R_2=400\Omega$; $\omega M_{12}=2000\Omega$; $R_3=300\Omega$
 $\omega M_{23}=600\Omega$; $\omega M_{31}=300\Omega$; $U_1=220\text{V}$

Tính điện áp trên hai cực của cuộn dây thứ 3 khi:

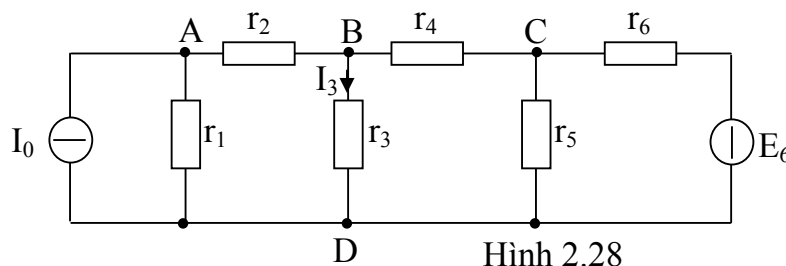
- Cuộn dây thứ 2 có tải $R_t=3600\Omega$
- Cuộn dây thứ hai hở mạch



Hình 2.27

2.12. Cho mạch điện một chiều có sơ đồ như hình 2.20.

Biết: $I_0 = 4\text{A}$; $E = 6\text{V}$; $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_5 = r_6 = 2\Omega$. Xác định dòng điện qua r_3 bằng các phương pháp: Xếp chồng và nguồn tương đương.

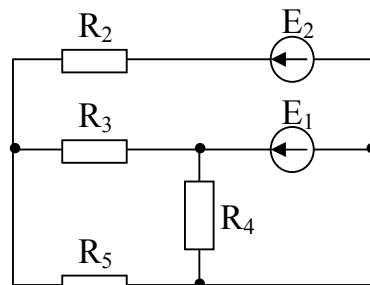


Hình 2.28

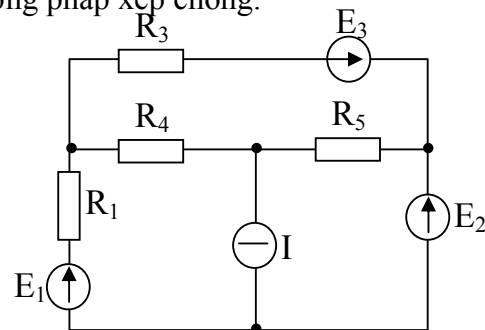
Đáp số: $I_3 = 1,38\text{A}$.

2.13. Cho mạch điện có sơ đồ hình 2.29.

Biết: $E_1 = 20\text{V}$; $E_2 = 15\text{V}$; $R_2 = 25\Omega$; $R_3 = 50\Omega$; $R_4 = 120\Omega$; $R_5 = 20\Omega$. Tìm dòng điện trong tất cả các nhánh bằng phương pháp xếp chồng.



Hình 2.29



Hình 2.30

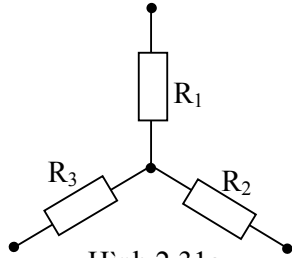
Đáp số: $I_1 = 0,384A$; $I_2 = 0,236A$; $I_3 = 0,218A$; $I_4 = 0,166A$; $I_5 = 0,454A$.

2.7. Cho mạch điện có sơ đồ hình 2.30.

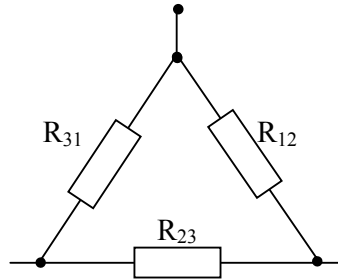
Biết: $E_1 = 120V$; $E_2 = 50V$; $E_3 = 24V$; $I = 20mA$; $R_1 = 120\Omega$; $R_3 = 50\Omega$; $R_4 = 100\Omega$; $R_5 = 270\Omega$. Tìm dòng điện trong tất cả các nhánh bằng phương pháp xếp chồng.

Đáp số: $I_1 = 542mA$; $I_2 = -562mA$; $I_3 = 546mA$; $I_4 = -4mA$; $I_5 = 16mA$.

2.14. Tìm mối liên hệ giữa các điện trở của các mạch điện trên hình 3.31a và 3.31b để cho hai mạch điện đó là tương đương nhau?



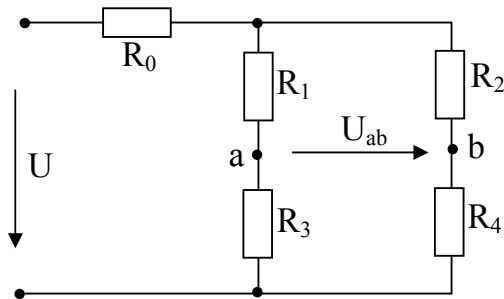
Hình 2.31a



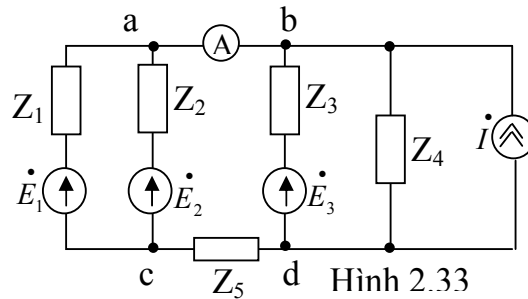
Hình 2.31b

Đáp số: $R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$; $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$; $R_{31} = R_1 + R_3 + \frac{R_1 R_3}{R_2}$;

2.15. Cho mạch điện có sơ đồ như hình 2.32. Biết: $R_0 = 40\Omega$; $R_1 = 20\Omega$; $R_2 = 80\Omega$; $R_3 = 100\Omega$; $R_4 = 50\Omega$; điện áp giữa hai điểm ab: $U_{ab} = 100V$. Xác định dòng điện trong các nhánh và điện áp đặt vào mạch U.



Hình 2.32.



Hình 2.33

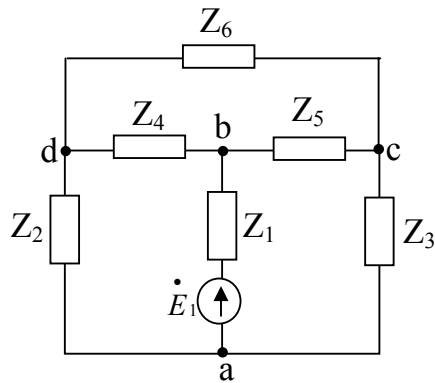
2.16. Xác định Ampemet trong mạch điện hình 2.33 chỉ bao nhiêu.

Biết: $Z_1 = Z_5 = j10\Omega$; $Z_2 = Z_4 = 20\Omega$; $Z_3 = -j10\Omega$; $\dot{E}_1 = \dot{E}_2 = \dot{E}_3 = 120V$; $\dot{I} = 10A$.

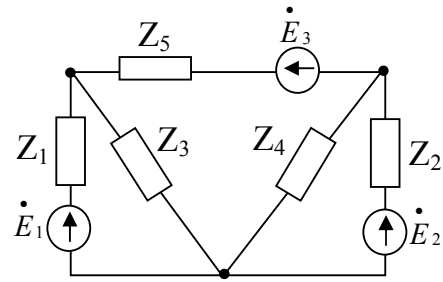
Đáp số: $I_A = 19,1A$.

2.17. Tính dòng trong các nhánh của mạch cho ở hình 2.34.

Biết: $Z_1 = (20 - j5)\Omega$; $Z_2 = j10\Omega$; $Z_3 = j20\Omega$; $Z_4 = 35\Omega$; $Z_5 = 17,5\Omega$; $Z_6 = 70\Omega$; $\dot{E}_1 = 100V$.



Hình 2.34



Hình 2.35

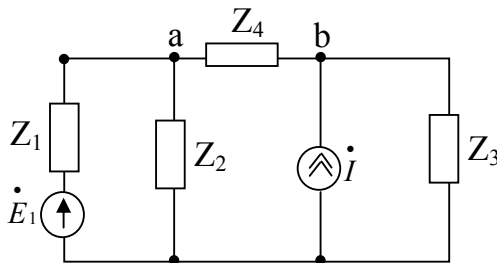
Đáp số: $\dot{I}_1 = 2,5A$; $\dot{I}_2 = 1,77 \angle 45^\circ A$; $\dot{I}_3 = 1,77 \angle -45^\circ A$;
 $\dot{I}_4 = 1,24 \angle -35^\circ A$; $\dot{I}_5 = 1,6 \angle -26,6^\circ A$; $\dot{I}_6 = 0,563 \angle 70,5^\circ A$.

2.18. Cho mạch điện như hình 2.35. Biết: $Z_1=Z_2=(1+j)\Omega$; $Z_3=(1-j)\Omega$; $Z_4=-j\Omega$;
 $Z_5=(2+j)\Omega$; $\dot{E}_1 = j10V$; $\dot{E}_2 = (5 + j6)V$; $\dot{E}_3 = (3 + j10)V$. Tìm dòng điện qua tổng trở Z_5 ?

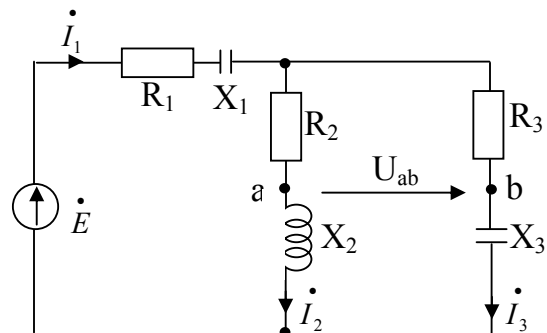
Đáp số: $\dot{I}_5 = 1A$

2.19. Cho mạch điện như hình 2.36. Biết: $Z_1=(1+j)\Omega$; $Z_2=(1-j)\Omega$; $Z_3=j\Omega$; $Z_4=(2-j)\Omega$;
 $\dot{E} = j2V$; $\dot{I} = 1A$. Xác định điện áp $\dot{U}_{ab}$?

Đáp số: $\dot{U}_{ab} = \frac{2-j}{3}V$



Hình 2.36



Hình 2.37.

2.20. Cho mạch điện như hình 3.37. Biết: $R_1=2\Omega$; $X_1=8\Omega$; $X_1=5\Omega$; $R_5=5\Omega$; $R_3=10\Omega$;
 $X_3=10\Omega$; $U_{ab}=20V$.

Hãy xác định các giá trị dòng điện I_1 , I_2 , I_3 sức điện động E và công suất tiêu hao của mạch?

Đáp số: $I_1=3,16A$; $I_2=2,82A$; $I_3=1,41A$; $E=32V$; $P=79,7W$.

CHƯƠNG 3: MẠCH ĐIỆN BA PHA

3.1. Khái niệm chung.

3.1.1. Nguồn ba pha, tải ba pha.

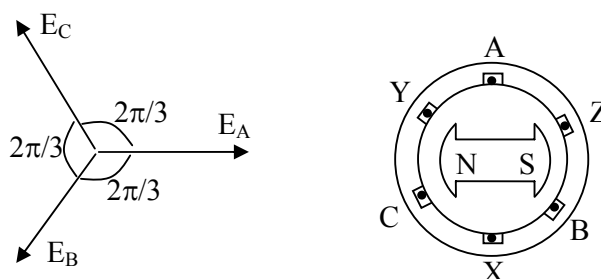
Mạch điện ba pha bao gồm nguồn điện ba pha, đường dây truyền tải và các tải ba pha. Để tạo ra nguồn ba pha ta dùng máy phát điện đồng bộ ba pha.

Cấu tạo:

- + Phần tĩnh (stato): lõi thép xẻ rãnh, trong rãnh đặt dây quấn ba pha (ba dây quấn).
- + Phần quay (roto): là nam châm điện N-S

Giả sử:

$$\begin{aligned} e_A &= \sqrt{2}E \sin \omega t \\ e_B &= \sqrt{2}E \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \\ e_C &= \sqrt{2}E \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}) \end{aligned} \quad (3.1)$$



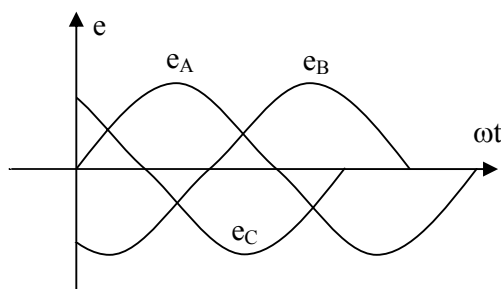
Hình 3.1

- Nguồn điện gồm ba sức điện động hình sin cùng biên độ, tần số lệch pha nhau góc $2\pi/3$ gọi là nguồn đối xứng:

$$e_A + e_B + e_C = 0$$

- Nếu tải có (tổng trở phức của tải):

$\bar{Z}_A = \bar{Z}_B = \bar{Z}_C$ thì tải đối xứng. Mạch điện ba pha gồm nguồn, tải và đường dây đối xứng gọi là mạch điện ba pha đối xứng. Nếu không thỏa mãn một trong các điều kiện trên thì không đối xứng.



Hình 3.2

3.1.2. Các đại lượng dây và pha.

Trong mạch điện ba pha ta phân biệt hai loại đại lượng là các đại lượng dây và pha:

+ Các dòng điện chảy trên dây dẫn từ nguồn đến tải và điện áp giữa các dây ấy gọi là các dòng và áp dây: I_d, U_d .

+ Các dòng và áp trên các pha của tải hoặc nguồn gọi là các dòng và áp pha: I_p, U_p .

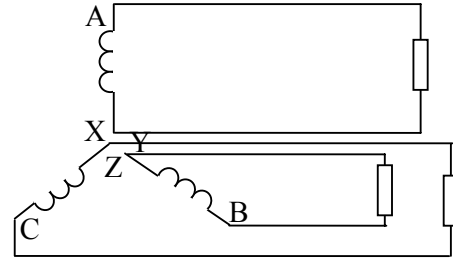
Mạch điện ba pha được coi là một hệ thống nhất, các đại lượng dây đặc trưng cho quá trình năng lượng toàn hệ.

3.1.3. Ghép nối mạch ba pha.

1. Cách nối hình sao

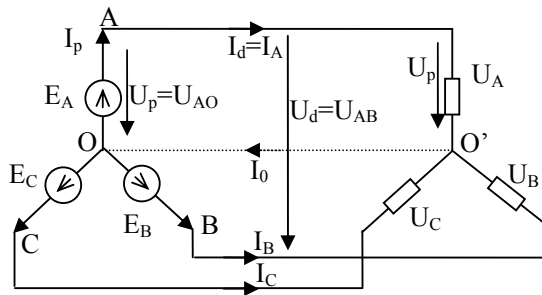
a. Cách nối

Ba điểm cuối của pha nối với nhau tạo thành điểm trung tính.

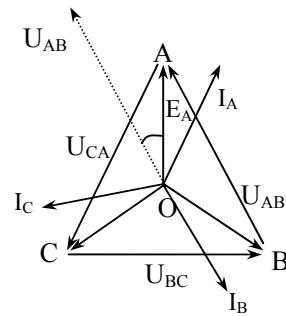


Hình 3.3

b. Quan hệ giữa các đại lượng dây pha:



Hình 3.4



Hình 3.5

Nhìn mạch hình bên ta thấy: $I_d = I_p$ (3.2)

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= \dot{U}_A - \dot{U}_B \\ \dot{U}_{BC} &= \dot{U}_B - \dot{U}_C \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{CA} &= \dot{U}_C - \dot{U}_A \\ U_{OO} &= \frac{E_A \cdot Y + E_B \cdot Y + E_C \cdot Y}{3Y} = 0 \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\rightarrow O \equiv O' \text{ hay: } \dot{E}_A = \dot{U}_A; \dot{E}_B = \dot{U}_B; \dot{E}_C = \dot{U}_C$$

Theo tam giác sđđ ta có: $U_d = \sqrt{3}U_p$

Thật vậy: Xét tam giác OAB

$$AB = 2OA \cdot \cos 30^\circ = 2 \cdot OA \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \cdot OA$$

$$\text{hay } U_d = \sqrt{3}U_p \quad (3.5)$$

-Về pha thì nhìn hình vẽ ta thấy U_d vượt trước U_p một góc 30°

(Ví dụ: U_{AB} vượt trước U_A một góc 30°)

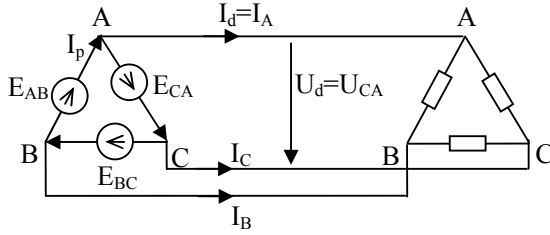
2. Cách nối hình tam giác Δ

a. Cách nối:

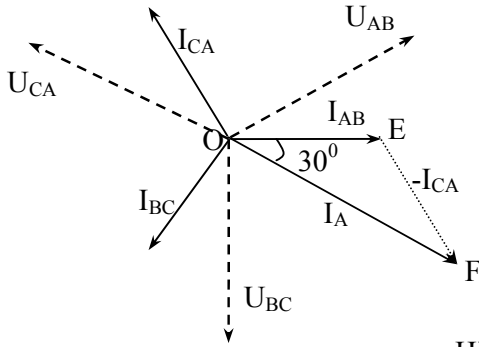
Cuối của pha này nối với đầu của pha kia.

b. Quan hệ giữa các đại lượng dây pha:

Dòng điện tại các nút A,B,C (theo K₁)



Hình 3.6



Hình 3.7

$$\begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} \\ \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} \\ \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} \end{cases} \quad \text{hay} \quad \begin{cases} \dot{I}_A = \sqrt{3} \cdot \dot{I}_{AB} \cdot e^{-j30^\circ} \\ \dot{I}_B = \sqrt{3} \cdot \dot{I}_{BC} \cdot e^{-j30^\circ} \\ \dot{I}_C = \sqrt{3} \cdot \dot{I}_{CA} \cdot e^{-j30^\circ} \end{cases} \quad (3.6)$$

Trị số điện áp: $U_d = U_p$ (3.7)

Trị số dòng điện $I_d = \sqrt{3}I_p$ (3.8)

Thật vậy: xét tam giác OEF:

$$EF = 2 \cdot OE \cdot \cos 30^\circ = 2 \cdot OE \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = OE\sqrt{3} \rightarrow I_d = \sqrt{3}I_f$$

Về pha thì $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ lệch nhau góc $\frac{2\pi}{3}$ và chậm sau dòng điện pha tương ứng một góc 30° . (Ví dụ: $\dot{I}_A$ chậm sau $\dot{I}_{AB}$ một góc 30°).

3.1.4. Công suất mạch điện 3 pha.

1. Công suất tác dụng.

Công suất tác dụng P của mạch 3 pha bằng tổng công suất tác dụng của các pha. Gọi P_A, P_B, P_C tương ứng là công suất tác dụng của pha A, B, C.

Ta có:

$$P = P_A + P_B + P_C = U_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C \quad (3.9)$$

Khi mạch 3 pha đối xứng ta có:

$$\begin{aligned} U_A &= U_B = U_C = U_p \\ I_A &= I_B = I_C = I_p \\ \cos \varphi_A &= \cos \varphi_B = \cos \varphi_C = \cos \varphi \end{aligned} \quad (3.10)$$

Vậy: $P = 3 \cdot U_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi$ hoặc $P = 3 \cdot R_p \cdot I_p^2$ (R_p : điện trở pha)

Mặt khác :

Nối sao: $I_p = I_d$; $U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$

Nối tam giác: $U_d = U_p$; $I_d = I_p \cdot \sqrt{3}$ ($I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$)

Ta có: P viết cho cả hai trường hợp nối sao và tam giác:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cdot \cos \varphi \quad (3.11)$$

Trong đó φ : là góc lệch pha giữa điện áp pha và dòng điện pha tương ứng.

2. Công suất phản kháng:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = U_A \cdot I_A \cdot \sin \varphi_A + U_B \cdot I_B \cdot \sin \varphi_B + U_C \cdot I_C \cdot \sin \varphi_C \quad (3.12)$$

Khi đối xứng ta có:

$$Q = 3 \cdot U_p \cdot I_p \cdot \sin \varphi \quad \text{hoặc} \quad Q = 3 \cdot X_p \cdot I_p^2 \quad \text{hoặc} \quad Q = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cdot \sin \varphi$$

3. Công suất biểu kiến S :

Để đặc trưng cho khả năng của tải $\rightarrow$ đưa ra công suất biểu kiến S (VA, KVA, MVA)

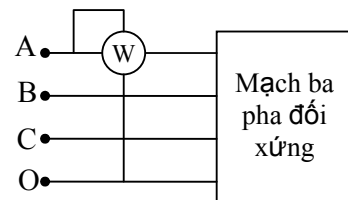
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3 \cdot U_p \cdot I_p = \sqrt{3} U_d \cdot I_d \quad (3.13)$$

4. Đo công suất mạch 3 pha

*Mạch 3 pha đối xứng: Dùng một Oát mét một pha.

$$P = 3 \cdot P_p = 3 \cdot W$$

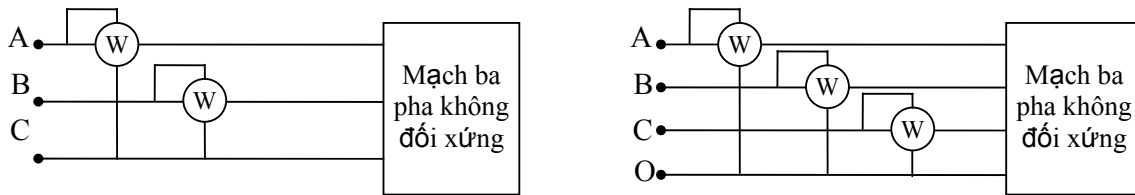
W: số chỉ oát kế một pha



Hình 3.8

*Mạch 3 pha không đối xứng: dùng ba Oát mét hoặc hai Oát mét

$$P = P_A + P_B + P_C \quad (3.14)$$



Hình 3.9

Trường hợp dùng hai Oát mét như hình vẽ trên ta có:

$$\begin{aligned}
 P &= \bar{U}_{AC} \cdot \bar{I}_A + \bar{U}_{BC} \cdot \bar{I}_B = (\bar{U}_A - \bar{U}_C) \cdot \bar{I}_A + (\bar{U}_B - \bar{U}_C) \cdot \bar{I}_B = \bar{U}_A \cdot \bar{I}_A + \bar{U}_B \cdot \bar{I}_B - \bar{U}_C (\bar{I}_A + \bar{I}_B) = \\
 &= \bar{U}_A \cdot \bar{I}_A + \bar{U}_B \cdot \bar{I}_B - \bar{U}_C \cdot (-\bar{I}_C) = \bar{U}_A \cdot \bar{I}_A + \bar{U}_B \cdot \bar{I}_B + \bar{U}_C \cdot \bar{I}_C = P_A + P_B + P_C
 \end{aligned} \quad (3.15)$$

3.2. Giải mạch ba pha đối xứng

Đối với mạch 3 pha đối xứng: dòng (áp) các pha có giá trị bằng nhau, lệch pha $2\pi/3$.

Vì vậy khi giải mạch đối xứng, ta tách ra một pha để tính.

3.2.1. Nguồn nối sao đối xứng: (thường gặp)

+ Theo hình vẽ hình (3.2) ta có O là trung tính của nguồn

O' là trung tính của tải (nếu tải nối sao)

+ Các dây AA' BB' CC' là các dây pha; OO' là dây trung tính.

+ Mạch có dây trung tính là mạch 3 pha 4 dây, mạch không trung tính là mạch 3 pha 3 dây.

+ Mạch đối xứng thì : $\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \rightarrow$ có thể bỏ dây trung tính.

- Nếu gọi sức điện động pha của nguồn là E_p thì U_d và U_p của mạch:

Điện áp pha phía đầu nguồn: $U_p = E_p$

Điện áp dây phía đầu nguồn: $U_d = \sqrt{3}E_p$

3.2.2. Nguồn nối tam giác đối xứng:

+ Điện áp pha phía đầu nguồn: $U_p = E_p$

+ Điện áp dây phía đầu nguồn: $U_d = U_p = E_p$

- Nguồn thường chỉ nối hình sao vì khi đó $U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} \rightarrow$ cách điện của các pha sẽ dễ

dàng hơn. Nối sao còn tạo ra hai loại điện áp khác nhau.

Từ giá trị U_d (U_p) của mạch điện 3 pha ta xác định điện áp pha của tải.

Ta đi xét cụ thể:

3.23. Giải mạch 3 pha đối xứng tải nối sao.

* Điện áp đặt lên mỗi pha (bỏ qua Z_d)

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$$

Tổng trở pha tải: $Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$

R_p, X_p : là điện trở, điện kháng mỗi pha tải.

U_d : điện áp dây của mạch 3 pha

Dòng điện pha của tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_p^2 + X_p^2}} \quad (3.16)$$

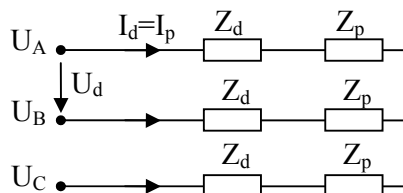
Góc lệch pha giữa điện áp pha và dòng điện pha là: $\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$

Dòng điện: $I_d = I_p$.

Biểu diễn phức quan hệ này:

$$\begin{cases} \dot{U}_d = \sqrt{3} \cdot U_p \angle 30^\circ \\ \dot{I}_d = \dot{I}_p \\ \dot{I}_p = \dot{U}_p / \bar{Z}_p \end{cases} \quad (3.17)$$

* Khi xét đến tổng trở đường dây Z_d :



Hình 3.11

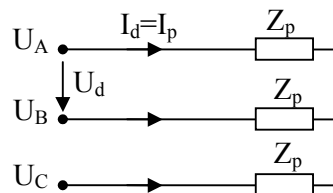
Cách tính tương tự:

$$I_d = I_p = \frac{U_d}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_d + R_p)^2 + (X_d + X_p)^2}} \quad (3.18)$$

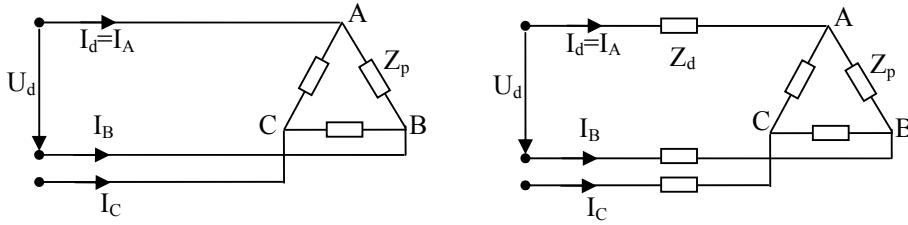
R: điện trở mạch

X: điện kháng mạch

3.2.4. Giải mạch điện 3 pha đối xứng tải nối tam giác:



Hình 3.10



Hình 3.12

* Khi không xét tổng trở đường dây

$$U_p = U_d$$

$$\text{Dòng điện pha tải là: } I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}} \quad (3.19)$$

$$\text{Góc lệch pha giữa áp và dòng: } \varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$$

$$\text{Dòng điện dây: } I_d = \sqrt{3} I_p$$

$$\text{Biểu diễn phức quan hệ này: } \begin{cases} \dot{U}_d = \sqrt{3} U_p \angle 30^\circ \\ \dot{I}_d = \dot{I}_p \\ \dot{I}_p = \dot{U}_p / \bar{Z}_p \end{cases}$$

* Khi có xét tổng trở đường dây:

$$\text{Tổng trở mỗi pha lúc nối tam giác: } \bar{Z}_\Delta = R_p + jX_p$$

$$\text{Biến đổi sang sao: } \bar{Z}_Y = \frac{\bar{Z}_\Delta}{3} = \frac{R_p}{3} + j \frac{X_p}{3} \quad (3.20)$$

Sau đó giải như ở 3.5.2

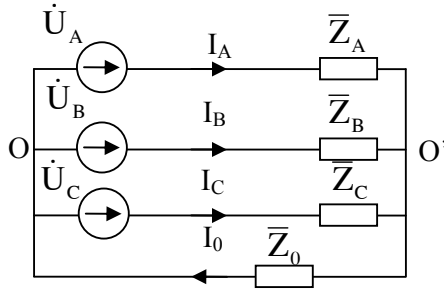
Dòng điện dây và pha:

$$I_d = \frac{U_d}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_d + \frac{R_p}{3})^2 + (X_d + \frac{X_p}{3})^2}}; \quad I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}} \quad (3.21)$$

3.3. Mạch ba pha không đối xứng

Khi tải không đối xứng $\bar{Z}_A \neq \bar{Z}_B \neq \bar{Z}_C$ thì dòng điện và điện áp trên các pha không đối xứng. Ta xét một số trường hợp sau:

3.3.1. Tải nối hình Y, có dây trung tính tổng trở Z_0 , không có tổng trở đường dây



Hình 3.13

Để giải mạch điện này ta thường dùng phương pháp điện áp 2 nút. Ta có điện áp 2 nút giữa hai điểm trung tính OO'

$$\dot{U}_{O'O} = \frac{\dot{U}_A \cdot \bar{Y}_A + \dot{U}_B \cdot \bar{Y}_B + \dot{U}_C \cdot \bar{Y}_C}{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B + \bar{Y}_C} \quad (3.22)$$

$$\text{Trong đó: } \bar{Y}_A = \frac{1}{\bar{Z}_A}; \bar{Y}_B = \frac{1}{\bar{Z}_B}; \bar{Y}_C = \frac{1}{\bar{Z}_C}; \bar{Y}_0 = \frac{1}{\bar{Z}_0} \quad (3.23)$$

là tổng dẫn phức các pha của tải và dây trung tính.
Trường hợp nguồn đối xứng thì ta có:

$$\dot{U}_A = U_p$$

$$\dot{U}_B = U_p \cdot e^{-j \cdot 120^\circ}$$

$$\dot{U}_C = U_p \cdot e^{-j \cdot 240^\circ}$$

$$\text{Vậy ta có: } \dot{U}_{O'O} = U_p \cdot \frac{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B \cdot e^{-j \cdot 120^\circ} + \bar{Y}_C \cdot e^{-j \cdot 240^\circ}}{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B + \bar{Y}_C + \bar{Y}_0} \quad (3.24)$$

Sau khi tính được $\dot{U}_{O'O}$ ta tính được điện áp trên các pha của tải:

$$\text{Tải pha A: } \dot{U}'_A = \dot{U}_A - \dot{U}_{O'O} \quad (3.25)$$

$$\text{Tải pha B: } \dot{U}'_B = \dot{U}_B - \dot{U}_{O'O} \quad (3.26)$$

$$\text{Tải pha C: } \dot{U}'_C = \dot{U}_C - \dot{U}_{O'O} \quad (3.27)$$

Dòng điện trên các pha:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}'_A}{\bar{Z}_A} = \dot{U}'_A \cdot \bar{Y}_A; \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}'_B}{\bar{Z}_B} = \dot{U}'_B \cdot \bar{Y}_B; \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}'_C}{\bar{Z}_C} = \dot{U}'_C \cdot \bar{Y}_C; \quad (3.28)$$

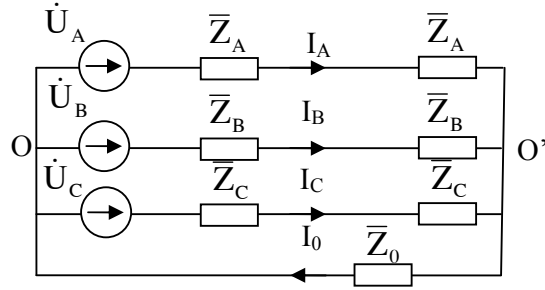
$$\dot{I}_0 = \frac{\dot{U}_{O'O}}{\bar{Z}_0} = \dot{U}_{O'O} \cdot \bar{Y}_0 \text{ hoặc } \dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$$

3.3.2. Tải nối hình Y, có dây trung tính tổng trở Z_0 , có tổng trở đường dây Z_d :

Phương pháp tính toán vẫn như vậy nhưng lúc đó tổng trở các pha phải gồm cả tổng trở dây dẫn $\bar{Z}_d$. Vì vậy:

$$\bar{Y}_A = \frac{1}{\bar{Z}_A + \bar{Z}_d}; \quad \bar{Y}_B = \frac{1}{\bar{Z}_B + \bar{Z}_d};$$

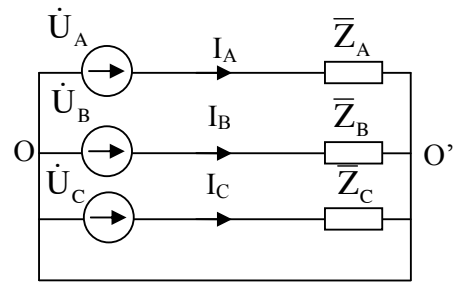
$$\bar{Y}_C = \frac{1}{\bar{Z}_C + \bar{Z}_d}; \quad \bar{Y}_0 = \frac{1}{\bar{Z}_0 + \bar{Z}_d}$$



Hình 3.14

3.3.3. Tải nối hình Y, dây trung tính tổng trở $Z_0=0$:

Khi đó điểm trung tính của tải O' trùng với điểm trung tính của nguồn O và điện áp trên các pha của tải bằng điện áp pha tương ứng của nguồn. Rõ ràng là nhờ có dây trung tính nên điện áp pha trên tải trở thành đối xứng. Cho nên việc tính dòng điện trên từng pha ta chỉ việc áp dụng định luật Ôm cho từng pha riêng rẽ.



Hình 3.15

$$I_A = \frac{\dot{U}_A}{\bar{Z}_A} = \dot{U}_A \cdot \bar{Y}_A; \quad I_B = \frac{\dot{U}_B}{\bar{Z}_B} = \dot{U}_B \cdot \bar{Y}_B; \quad I_C = \frac{\dot{U}_C}{\bar{Z}_C} = \dot{U}_C \cdot \bar{Y}_C; \quad (3.29)$$

3.3.4. Tải nối hình Y, dây trung tính bị đứt hoặc không có dây trung tính:

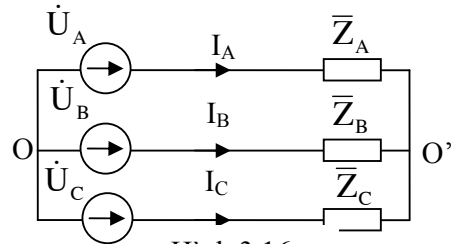
Vì $\bar{Z}_0 = \infty$ hay $\bar{Y}_0 = 0$ nên điện áp $\dot{U}_{O'O}$ có thể rất lớn, nên điện áp trên các pha của tải khác điện áp pha nguồn rất nhiều, có thể gây nên quá điện áp trên một pha nào đó.

Cách giải mạch vẫn tương tự, ta giải mạch bằng phương pháp điện thế nút:

$$\dot{U}_{O'O} = U_p \cdot \frac{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B \cdot e^{-j.120^\circ} + \bar{Y}_C \cdot e^{-j.240^\circ}}{\bar{Y}_A + \bar{Y}_B + \bar{Y}_C}$$

trong đó: $\dot{U}_A = U_p$; $\dot{U}_B = U_p \cdot e^{-j.120^\circ}$; $\dot{U}_C = U_p \cdot e^{-j.240^\circ}$

Điện áp trên các pha là khác nhau nên ta có thể dùng mạch điện này làm các chỉ thử tự pha (sinh viên có thể tự chứng minh).



Hình 3.16

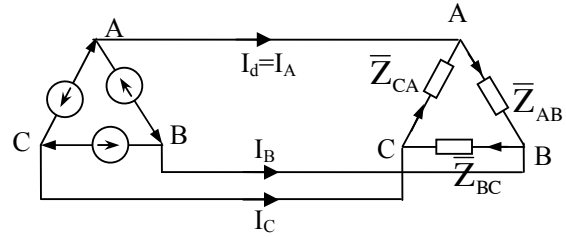
3.3.5. Giải mạch ba pha tải nối tam giác không đối xứng, không có tổng trở đường dây:

Trường hợp tải không đối xứng
nối tam giác, ta chọn nguồn là đối
xứng lấy theo điện áp dây:

$$\dot{U}_{AB} = U_d \cdot e^{j.0^\circ}$$

$$\dot{U}_{BC} = U_d \cdot e^{j.120^\circ}$$

$$\dot{U}_{CA} = U_d \cdot e^{j.240^\circ}$$



Hình 3.17

Nếu không xét tổng trở các dây dẫn pha, điện áp đặt lên các pha của tải là các điện áp dây của nguồn, do đó ta tính ngay được dòng điện trong các pha tải:

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\bar{Z}_{AB}}; \quad \dot{I}_{BC} = \frac{\dot{U}_{BC}}{\bar{Z}_{BC}}; \quad \dot{I}_{CA} = \frac{\dot{U}_{CA}}{\bar{Z}_{CA}} \quad (3.30)$$

áp dụng định luật Kirchoff tại các nút A, B, C ta suy ra được dòng điện dây:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} \quad (3.31)$$

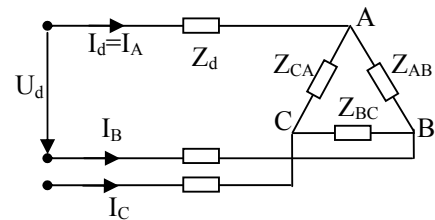
3.3.6. Giải mạch ba pha tải nối tam giác không đối xứng, có tổng trở đường dây Z_d :

Trường hợp này ta chọn nguồn là đối xứng lấy theo điện áp pha:

$$\dot{U}_{AB} = U_d \cdot e^{j.0^\circ}; \quad \dot{U}_{BC} = U_d \cdot e^{j.120^\circ}; \quad \dot{U}_{CA} = U_d \cdot e^{j.240^\circ} \text{ hoặc:}$$

$$\dot{U}_A = U_p \cdot e^{j.0^\circ}; \quad \dot{U}_B = U_p \cdot e^{-j.120^\circ}; \quad \dot{U}_C = U_p \cdot e^{-j.240^\circ}$$

Tải phải được chuyển từ hình tam giác sang hình sao, khi đó bài toán trở thành giải mạch hình sao có tổng trở đường dây và không có dây trung tính, có thể dùng phương pháp điện thế nút để giải mạch.



Hình 3.18

3.4. Bài tập

Bài 3.1: Mạch 3 pha đối xứng: $U_d=380V$, cung cấp cho 2 tải.

Tải 1: nối sao ($R_1=20\Omega$; $X_1=10\Omega$)

Tải 2: động cơ có $P_{2dm}=5kW$; $\cos\varphi$
 $= 0,8$ nối tam giác, hiệu suất

$\eta = 0,9$

Tính:

+ Dòng điện trong các pha tải (I_{p1} ;

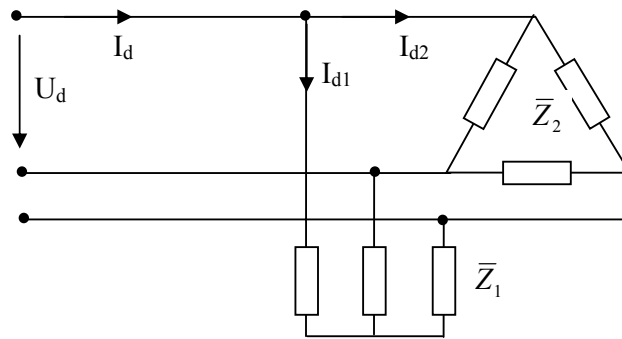
I_{p2})

+ Dòng điện trên đường dây (I_{d1} ;

I_{d2})

+ Dòng điện tổng I_d

+ Công suất: P , Q , S toàn mạch



Hình 3.19

Bài3. 2:

Mạch 3 pha đối xứng: $U_d=380V$,
 cung cấp cho 2 tải.

Tải 1 (sao: $R_1=20\Omega$; $X_1=20\Omega$)

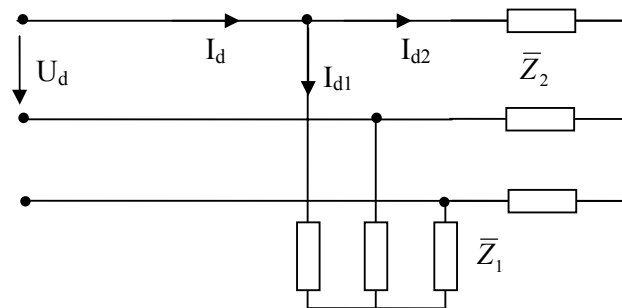
Tải 2 (sao: $R_2=30\Omega$; $X_2=40\Omega$)

Tính:

+ I_{d1} , I_{d2} , I_d

+ Công suất P , Q , S từng

tải



Hình 3.20

Bài3. 3:

Cho động cơ ba pha công suất $P = 10 KW$ đấu Y điện áp lưới $380 V$ hệ số công suất $\cos\varphi = 0,8$; $\eta = 0,8$. Tính I_d , I_p , vẽ đồ thị U_p , I_p

Bài3. 4:

Cho động cơ ba pha công suất $P = 10 KW$ đấu Δ điện áp lưới $380 V$ hệ số công suất $\cos\varphi = 0,8$; $\eta = 0,8$. Tính I_d , I_p , vẽ đồ thị U_p , I_p

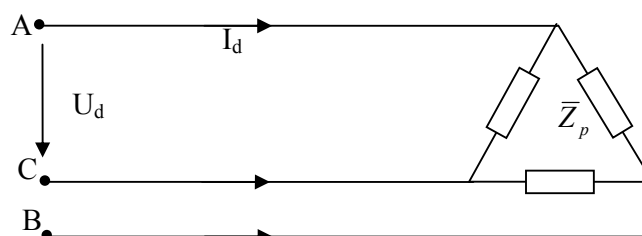
Bài 3.5:

$Z_d = 2 + j2 (\Omega)$

$Z_p = 4 + j4 (\Omega)$

$U_d = 220 V$

Tính I_p ; I_d ; U_p ; P ; Q



Hình 3.21

Bài 3. 6:

Nguồn điện 3 pha đối xứng: $U_d=380V$, $f=50\text{ Hz}$, cung cấp cho tải ba pha đối xứng nối Y : $\bar{Z} = 4 + j.5(\Omega)$. Xác định dòng điện, điện áp, công suất trong các trường hợp sau:

- Chế độ làm việc bình thường
- Đứt dây pha C
- Ngắn mạch tải pha C

Bài 3.7:

Nguồn điện 3 pha đối xứng: $U_d=380V$, $f=50\text{ Hz}$, cung cấp cho tải ba pha đối xứng nối Δ : $\bar{Z} = 6 + j.6(\Omega)$. Xác định dòng điện, điện áp, công suất trong các trường hợp sau:

- Chế độ làm việc bình thường
- Đứt dây C từ nguồn tới tải
- Đứt dây pha tải BC

Bài 3.8:

Nguồn điện 3 pha đối xứng: $U_d=220V$, $f=50\text{ Hz}$, cung cấp cho tải ba pha không đối xứng nối tam giác: $\bar{Z}_{AB} = 4 + j.6(\Omega)$; $\bar{Z}_{BC} = 2 + j.3(\Omega)$; $\bar{Z}_{CA} = 6 + j.9(\Omega)$.

- Tính dòng điện pha, dòng điện dây, công suất P, Q của mạch điện và số chỉ của các Oát kế mắc AB và CB khi mạch làm việc bình thường.
- Tính dòng điện pha, dòng điện dây, công suất P, Q của mạch điện khi đứt dây C từ nguồn tới tải.
- Tính dòng điện pha, dòng điện dây, công suất P, Q của mạch điện khi đứt dây pha tải BC

CHƯƠNG 4: MẠNG HAI CỬA

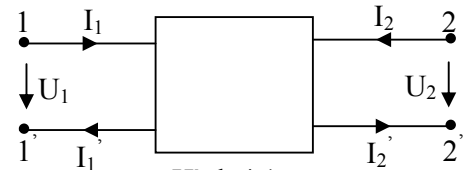
4.1. Khái niệm chung.

Mạch hai cửa hay còn gọi là mạng bốn cực là phần mạch có bốn đầu dây dẫn ra $1,1',2,2'$. Trạng thái của nó được xác định bởi các điện áp U_1, U_2 ở từng cặp đầu dây dẫn (mỗi cặp đầu dây làm thành một cửa) và các dòng điện I_1, I_2 ở các cửa (hình 4.1).

Điều kiện về dòng điện: $I_1 = I_1'$; $I_2 = I_2'$ (1)

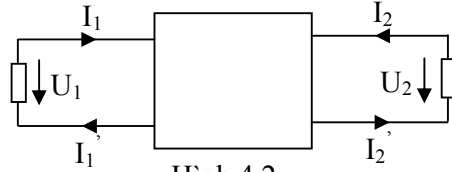
Các điều kiện về dòng điện được thỏa mãn trong hai trường hợp:

- Trường hợp 1: Cả hai cửa đều mắc tải, trên các tải này điều kiện (1) được thỏa mãn (hình 4.2).

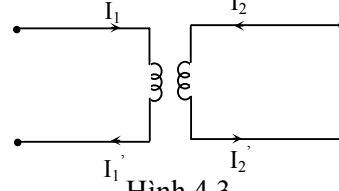


Hình 4.1.

- Trường hợp 2: Cấu tạo bên trong của bốn cực đảm bảo thỏa mãn điều kiện (1) (hình 3.3).



Hình 4.2.

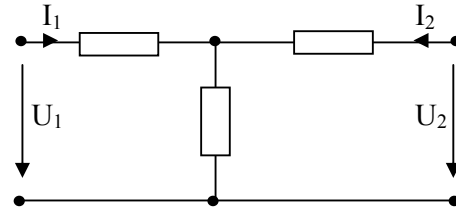


Hình 4.3

Các chiều dòng điện và điện áp như trên hình vẽ là các chiều quy ước dương.

Để tính toán thuận tiện, người ta thường tưởng tượng cấu tạo bên trong của bốn cực sao cho các đầu 1', 2' được nối chung (hình 4.4).

Với bốn cực chúng ta thường ký hiệu cặp đầu 1, 1' là cửa vào (hay cửa sơ cấp) ở đó thường mắc nguồn tác động, còn cặp đầu 2, 2' là cửa ra (hay cửa thứ cấp) ở đó thường mắc tải.



Hình 4.4

Các ký hiệu U, I là các ký hiệu tổng quát, chúng có thể là các đại lượng điện áp hoặc dòng điện 1 chiều, có thể là các giá trị hiệu dụng trong mạch xoay chiều hoặc có thể là ảnh Laplace trong trường hợp tổng quát tín hiệu là hàm thời gian bất kỳ.

4.2. Các bộ thông số đặc trưng.

Phương trình đặc tính của bốn cực tuyến tính thụ động phải là phương trình tuyến tính thuần nhất.

Dạng tổng quát của phương trình đặc tính:

$$\begin{cases} a_{11}U_1 + a_{12}U_2 + b_{11}I_1 + b_{12}I_2 = 0. \\ a_{21}U_1 + a_{22}U_2 + b_{21}I_1 + b_{22}I_2 = 0. \end{cases}$$

Từ hệ phương trình trên ta thấy có thể rút ra hai đại lượng bất kỳ theo hai đại lượng còn lại. Như vậy, ta có 6 tổ hợp hai đại lượng bất kỳ từ bốn đại lượng trên, từ 6 tổ hợp đó ta sẽ có 6 hệ phương trình đặc tính khác nhau.

Chúng ta sẽ xét lần lượt các hệ phương trình đặc tính đó cùng với ý nghĩa của các hệ số trong các phương trình đó (được gọi là các thông số của bốn cực) và cách xác định chúng. Sở dĩ chúng ta phải đưa ra các phương trình đặc tính khác nhau vì trong thực tế ứng với từng dạng của bốn cực ta có thể phân tích chúng dễ dàng hơn dựa vào một loại hệ phương trình đặc tính nhất định.

4.2.1. Bộ thông số dạng Z.

Giả thiết các dòng điện đã biết và tính điện áp theo dòng điện:

$$\begin{cases} U_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2 \\ U_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2 \end{cases} \quad (4.1)$$

Hệ phương trình trên được gọi là hệ phương trình đặc tính trở kháng vì các thông số z_{ij} có đơn vị là Ω ; z_{ij} còn được gọi là các thông số trở kháng.

Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = Z \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Trong đó: $Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix}$ được gọi là ma trận trở kháng.

* Ý nghĩa vật lý của các thông số trở kháng:

- Nếu mắc nguồn ở cửa 1 và hở mạch cửa 2, ta có: $z_{11} = \frac{U_1}{I_1} \Big|_{I_2=0}$ và $z_{21} = \frac{U_2}{I_1} \Big|_{I_2=0}$

Ta thấy:

z_{11} là trở kháng vào của cửa 1 khi hở mạch ở cửa 2 nên z_{11} được gọi là trở kháng vào hở mạch của cửa 1.

z_{21} là tỉ số giữa điện áp ở cửa 2 và dòng ở cửa 1 khi cửa 2 hở mạch nên z_{21} được gọi là trở kháng truyền đặt hở mạch của cửa 1.

- Nếu mắc nguồn ở cửa 2 và hở mạch cửa 1, ta có: $z_{12} = \frac{U_1}{I_2} \Big|_{I_1=0}$ và $z_{22} = \frac{U_2}{I_2} \Big|_{I_1=0}$.

z_{12} được gọi là trở kháng truyền đặt hở mạch của cửa 2.

z_{22} được gọi là trở kháng vào hở mạch của cửa 2.

Tóm lại, các thông số z_{ij} được gọi là các thông số trở kháng hở mạch, do đó hệ phương trình (3.1) còn được gọi là hệ phương trình đặc tính trở kháng hở mạch.

Với bốn cực tuyến tính tương hỗ: $z_2 = z_1$

4.2.2. Bộ thông số dạng Y.

Giả thiết các điện áp đã biết ta tìm dòng điện theo điện áp, như vậy ta nhận được hệ phương trình đặc tính dẫn nạp với các thông số dẫn nạp y_{ij} :

$$\begin{cases} I_1 = y_{11}U_1 + y_{12}U_2 \\ I_2 = y_{21}U_1 + y_{22}U_2 \end{cases} \quad (4.2)$$

Hệ phương trình trên được gọi là hệ phương trình đặc tính dẫn nạp vì các thông số y_{ij} có đơn vị là S; y_{ij} còn được gọi là các thông số dẫn nạp.

Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = Y \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

Trong đó: $Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} = Z^{-1} = \frac{1}{\Delta Z} \begin{bmatrix} Z_{22} & -Z_{12} \\ -Z_{21} & Z_{11} \end{bmatrix}$ được gọi là ma trận dẫn

nạp.

* Ý nghĩa vật lý của các thông số dẫn nạp:

- Nếu mắc nguồn ở cửa 1 và ngắn mạch cửa 2, ta có: $y_{11} = \frac{I_1}{U_1} \Big|_{U_2=0}$ và

$$y_{21} = \frac{I_2}{U_1} \Big|_{U_2=0}$$

y_{11} là dẫn nạp vào ngắn mạch của cửa 1.

y_{21} là dẫn nạp truyền đạt ngắn mạch của cửa 1.

- Nếu mắc nguồn ở cửa 2 và ngắn mạch cửa 1, ta có: $y_{12} = \frac{I_1}{U_2} \Big|_{U_1=0}$ và

$$y_{22} = \frac{I_2}{U_2} \Big|_{U_1=0}$$

y_{12} được gọi là dẫn nạp truyền đạt ngắn mạch của cửa 2.

y_{22} được gọi là dẫn nạp vào ngắn mạch của cửa 2.

Tóm lại, các thông số y_{ij} được gọi là các thông số dẫn nạp ngắn mạch, do đó hệ phương trình (4.2) còn được gọi là hệ phương trình đặc tính dẫn nạp ngắn mạch.

Với bốn cực tuyến tính tương hỗ: $y_{12} = y_{21}$.

4.2.3. Bộ thông số dạng H.

Coi dòng điện ở cửa này và điện áp ở cửa kia đã biết, tìm dòng điện và điện áp còn lại ta sẽ nhận được các hệ phương trình đặc tính hỗn hợp.

a. Hệ phương trình đặc tính hỗn hợp thuận

$$\begin{cases} U_1 = h_{11}I_1 + h_{12}U_2 \\ I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}U_2 \end{cases} \quad (4.3)$$

Hệ phương trình trên được gọi là hệ phương trình đặc tính hỗn hợp vì: h_{11} có đơn vị là Ω , h_{22} có đơn vị là S, h_{12} và h_{21} là các đại lượng không thứ nguyên.

Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} I_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$$

Trong đó: $H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}$ được gọi là ma trận hỗn hợp thuận.

* Ý nghĩa vật lý của các thông số hỗn hợp:

- Nếu mắc nguồn ở cửa 1 và ngắn mạch cửa 2, ta có: $h_{11} = \frac{U_1}{I_1} \Big|_{U_2=0}$ và $h_{21} = \frac{I_2}{I_1} \Big|_{U_2=0}$

h_{11} là trở kháng vào ngắn mạch của cửa 1.

h_{21} là hệ số truyền đạt dòng điện ngắn mạch từ cửa 1 đến cửa 2.

- Nếu mắc nguồn ở cửa 2 và hở mạch cửa 1, ta có: $h_{12} = \frac{U_1}{U_2} \Big|_{I_1=0}$ và $h_{22} = \frac{I_2}{U_2} \Big|_{I_1=0}$

h_{12} được gọi là hệ số truyền đặt điện áp hở mạch từ cửa 2 đến cửa 1.

h_{22} được gọi là dẫn nạp vào hở mạch của cửa 2.

4.2.4. Bộ thông số dạng G.

$$\begin{cases} I_1 = g_{11}U_1 + g_{12}I_2 \\ U_2 = g_{21}U_1 + g_{22}I_2 \end{cases} \quad (4.4)$$

g_{11} có đơn vị là S, g_{22} có đơn vị là Ω , h_{12} và h_{21} là các đại lượng không thứ nguyên.

Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = G \begin{bmatrix} U_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Trong đó: $G = \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{bmatrix} = H^{-1}$ được gọi là ma trận hỗn hợp ngược.

* Ý nghĩa vật lý của các thông số hỗn hợp ngược:

- Nếu mắc nguồn ở cửa 1 và hở mạch cửa 2, ta có: $g_{11} = \frac{I_1}{U_1} \Big|_{I_2=0}$ và $g_{21} = \frac{U_2}{U_1} \Big|_{I_2=0}$

g_{11} là dẫn nạp vào hở mạch của cửa 1.

g_{21} là hệ số truyền đặt điện áp hở mạch từ cửa 1 đến cửa 2.

- Nếu mắc nguồn ở cửa 2 và ngắn mạch cửa 1, ta có: $g_{12} = \frac{I_1}{I_2} \Big|_{U_1=0}$ và $g_{22} = \frac{U_2}{I_2} \Big|_{U_1=0}$

g_{12} được gọi là hệ số truyền đặt dòng điện ngắn mạch từ cửa 2 đến cửa 1.

g_{22} được gọi là trở kháng vào ngắn mạch của cửa 2.

4.2.5. Bộ thông số dạng A.

$$\begin{cases} U_1 = a_{11}U_2 + a_{12}I_2 \\ I_1 = a_{21}U_2 + a_{22}I_2 \end{cases} \quad (4.5)$$

a_{21} có đơn vị là S, a_{12} có đơn vị là Ω , a_{11} và a_{22} là các đại lượng không thứ nguyên.

Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Trong đó: $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$ được gọi là ma trận truyền đặt thuận.

* Cách tính các thông số truyền đặt thuận a_{ij} :

- Nếu mắc nguồn ở cửa 1 và hở mạch cửa 2, ta có: $a_{11} = \frac{U_1}{U_2} \Big|_{I_2=0}$ và $a_{21} = \frac{I_1}{U_2} \Big|_{I_2=0}$

- Nếu mắc nguồn ở cửa 1 và ngắn mạch cửa 2, ta có: $a_{12} = \frac{U_1}{I_2} \Big|_{U_2=0}$ và $a_{22} = \frac{I_1}{I_2} \Big|_{U_2=0}$

4.2.6. Bộ thông số dạng B.

$$\begin{cases} U_2 = b_{11}U_1 + b_{12}I_1 \\ I_2 = b_{21}U_1 + b_{22}I_1 \end{cases} \quad (4.6)$$

b_{21} có đơn vị là S, b_{12} có đơn vị là Ω , b_{11} và b_{22} là các đại lượng không thứ nguyên.

Hệ phương trình trên được viết dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = B \begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix}$$

Trong đó: $B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = A^{-1}$ được gọi là ma trận truyền đạt ngược.

* Cách tính các thông số truyền đạt ngược b_{ij} :

- Nếu mắc nguồn ở cửa 2 và hở mạch cửa 1, ta có: $b_{11} = \frac{U_2}{U_1} \Big|_{I_1=0}$ và $b_{21} = \frac{I_2}{U_1} \Big|_{I_1=0}$

- Nếu mắc nguồn ở cửa 2 và ngắn mạch cửa 1, ta có: $b_{12} = \frac{U_2}{I_1} \Big|_{U_1=0}$ và $b_{22} = \frac{I_2}{I_1} \Big|_{U_1=0}$

4.2.7. Quan hệ giữa các thông số của bốn cực

Bảng mối quan hệ giữa các thông số

Trở kháng hở mạch Z_{ij}	1	z_{11}	z_{12}	z_{21}	z_{22}	Δz
Hỗn hợp ngược	g_{11}	1	$-g_{12}$	g_{21}	Δg	g_{22}
Truyền đạt ngược	b_{21}	$-b_{22}$	1	Δb	b_{11}	$-b_{12}$
Truyền đạt	a_{21}	a_{11}	Δa	1	$-a_{22}$	$-a_{12}$
Hỗn hợp	h_{22}	Δh	h_{12}	$-h_{21}$	1	h_{11}
Dẫn nạp ngắn mạch	Δy	y_{22}	$-y_{12}$	$-y_{21}$	y_{11}	1

Từ một loại thông số bất kỳ ta có thể suy ra các thông số khác.

Quy tắc lập mối quan hệ giữa các thông số:

1. Các hàng tỷ lệ với nhau, nếu biết được thông số của một hàng có thể tìm được thông số của các hàng còn lại.

Ví dụ các thông số z_{ij} đã biết, tìm các thông số a_{ij} theo z_{ij} :

$$a_{21} = \frac{1}{z_{21}}; a_{11} = \frac{z_{11}}{z_{21}}; -\Delta a = \frac{z_{12}}{z_{21}}; -a_{22} = \frac{z_{22}}{z_{21}}; -a_{12} = \frac{\Delta z}{z_{21}} \quad (4.7)$$

2. Các cột tỷ lệ với nhau, nếu biết được thông số của một cột có thể tìm được thông số của các cột còn lại.

Ví dụ các thông số trên cột 1 đã biết, tìm các thông số trên cột 3:

$$z_{12} = \frac{1}{b_{21}}; -g_{12} = \frac{g_{11}}{b_{21}}; -\Delta a = \frac{a_{21}}{b_{21}}; h_{12} = \frac{h_{22}}{b_{21}}; -y_{12} = \frac{\Delta y}{b_{21}} \quad (4.8)$$

3. Trong một hình chữ nhật bất kỳ, tích số các thông số trên đường chéo bằng nhau.

$$\text{Ví dụ: } -g_{12} = g_{11} \cdot z_{12}; \quad b_{21} \cdot (-a_{22}) = a_{21} \cdot b_{11}. \quad (4.9)$$

* Điều kiện tương hỗ của bốn cực đối với từng loại thông số:

$$z_{12} = z_{21}; y_{12} = y_{21}; h_{12} = -h_{21}; -g_{12} = g_{21}; \Delta a = -1; \Delta b = -1. \quad (4.10)$$

4.3. Các cách ghép nối nhiều bốn cực

Khi gặp các hệ thống phức tạp, một trong những phương pháp phân tích có hiệu lực là coi nó như được hợp thành bởi nhiều hệ thống đơn giản hơn nối ghép với nhau theo những cách khác nhau. Đối với mỗi hình thức ghép nối sẽ có một hệ phương trình và một hệ thông số thích hợp nhất.

4.3.1. Ghép nối nối tiếp – nối tiếp (N-N)

Hình 4.5 vẽ hai bốn cực mắc N-N với nhau.

$$\text{Ta có: } I_1 = I'_1 = I''_1; I_2 = I'_2 = I''_2; \quad (4.11) \\ U_1 = U'_1 + U''_1; U_2 = U'_2 + U''_2.$$

Hệ phương trình đặc tính trở kháng của hai bốn cực được viết dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} U'_1 \\ U'_2 \end{bmatrix} = Z_1 \begin{bmatrix} I'_1 \\ I'_2 \end{bmatrix} \quad \text{và} \quad \begin{bmatrix} U''_1 \\ U''_2 \end{bmatrix} = Z_2 \begin{bmatrix} I''_1 \\ I''_2 \end{bmatrix}$$

$$\text{Đặt } \begin{bmatrix} I'_1 \\ I'_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I''_1 \\ I''_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad \text{và cộng hai hệ phương}$$

trình theo từng vế ta có:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U'_1 + U''_1 \\ U'_2 + U''_2 \end{bmatrix} = [Z_1 + Z_2] \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = Z \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

$$\text{Như vậy: } Z = Z_1 + Z_2$$

Tổng quát: Với n bốn cực mắc N – N với nhau ta có $Z = \sum_{k=1}^n Z_k$.

Phát biểu: Ma trận trở kháng của hệ thống nhiều bốn cực nối N – N với nhau bằng tổng các ma trận trở kháng của các bốn cực thành phần.

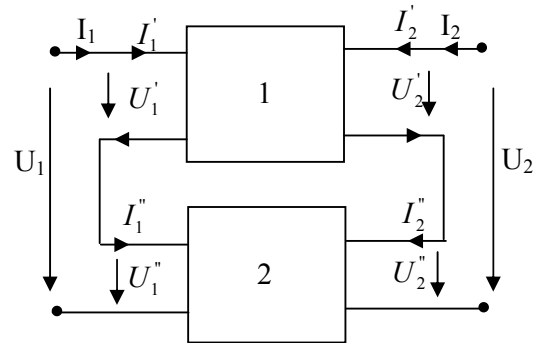
4.3.2. Ghép nối song song-song song (S-S)

Hình 4.6 vẽ hai bốn cực mắc S-S với nhau.

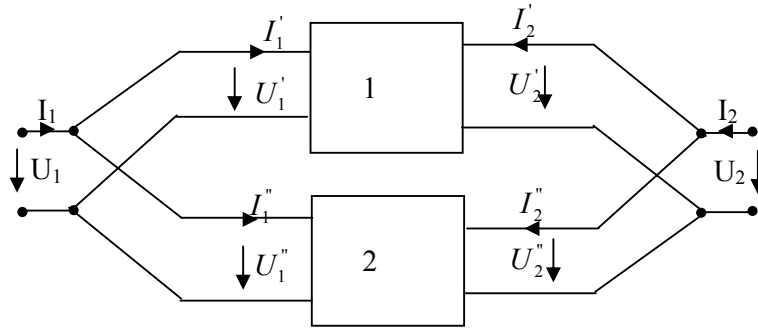
$$\text{Ta có: } U_1 = U'_1 = U''_1; U_2 = U'_2 = U''_2; I_1 = I'_1 + I''_1; I_2 = I'_2 + I''_2.$$

Hệ phương trình đặc tính dẫn nạp của hai bốn cực được viết dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} I'_1 \\ I'_2 \end{bmatrix} = Y_1 \begin{bmatrix} U'_1 \\ U'_2 \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} I''_1 \\ I''_2 \end{bmatrix} = Y_2 \begin{bmatrix} U''_1 \\ U''_2 \end{bmatrix} \quad (4.13)$$



Hình 4.5.



Hình 4.6.

Đặt $\begin{bmatrix} U_1' \\ U_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1'' \\ U_2'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$ và cộng hai hệ phương trình theo từng vế ta có:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1' + I_1'' \\ I_2' + I_2'' \end{bmatrix} = [Y_1 + Y_2] \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = Y \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

Như vậy: $Y = Y_1 + Y_2$

Tổng quát: Với n bốn cực mắc N – N với nhau ta có $Y = \sum_{k=1}^n Y_k$.

Phát biểu: Ma trận dẫn nạp của hệ thống nhiều bốn cực nối S – S với nhau bằng tổng các ma trận dẫn nạp của các bốn cực thành phần.

4.3.3. Ghép nối nối tiếp – song song (N - S)

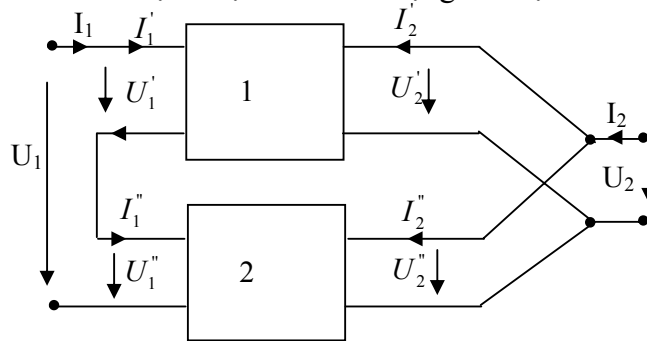
Hình 4.7 vẽ hai bốn cực mắc N-S với nhau.

Ta có: $I_1 = I_1' = I_1''; U_2 = U_2' = U_2''; U_1 = U_1' + U_1''; I_2 = I_2' + I_2''$.

Hệ phương trình đặc tính hỗn hợp của hai bốn cực được viết dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} U_1' \\ I_2' \end{bmatrix} = H_1 \begin{bmatrix} I_1' \\ U_2' \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} U_1'' \\ I_2'' \end{bmatrix} = H_2 \begin{bmatrix} I_1'' \\ U_2'' \end{bmatrix}$$



Hình 4.7.

Đặt $\begin{bmatrix} I_1' \\ U_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1'' \\ U_2'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 \\ U_2 \end{bmatrix}$ và cộng hai hệ phương trình theo từng vế ta có:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1' + U_1'' \\ I_2' + I_2'' \end{bmatrix} = [H_1 + H_2] \begin{bmatrix} I_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} I_1 \\ U_2 \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

Như vậy: $H = H_1 + H_2$

Tổng quát: Với n bốn cực mắc N – S với nhau ta có $H = \sum_{k=1}^n H_k$.

Phát biểu: Ma trận hỗn hợp của hệ thống nhiều bốn cực nối N – S với nhau bằng tổng các ma trận hỗn hợp của các bốn cực thành phần.

4.3.4. Ghép nối song song – nối tiếp (S - N)

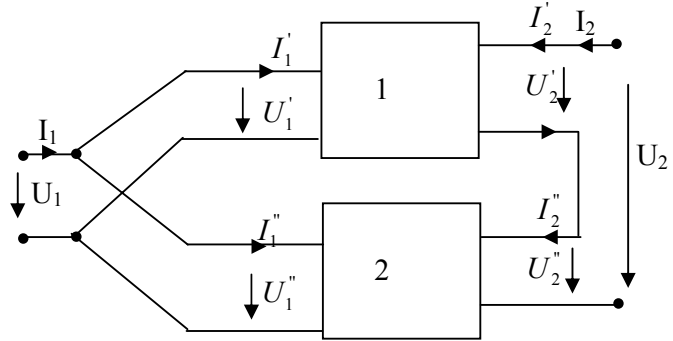
Hình 4.8 vẽ hai bốn cực mắc S-N với nhau.

Ta có: $U_1 = U_1' = U_1''; U_2 = U_2' + U_2''; I_1 = I_1' + I_1''; I_2 = I_2' = I_2''$.

Hệ phương trình đặc tính hỗn hợp ngược của hai bốn cực được viết dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} I_1' \\ U_2' \end{bmatrix} = G_1 \begin{bmatrix} U_1' \\ I_2' \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_1'' \\ U_2'' \end{bmatrix} = G_2 \begin{bmatrix} U_1'' \\ I_2'' \end{bmatrix}$$



Hình 4.8.

Đặt $\begin{bmatrix} U_1' \\ I_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1'' \\ I_2'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$ và cộng hai hệ phương trình theo từng vế ta có:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1' + I_1'' \\ U_2' + U_2'' \end{bmatrix} = [G_1 + G_2] \begin{bmatrix} U_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = G \begin{bmatrix} U_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

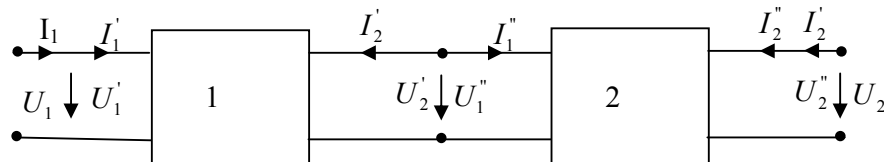
Như vậy: $G = G_1 + G_2$

Tổng quát: Với n bốn cực mắc S – N với nhau ta có $G = \sum_{k=1}^n G_k$.

Phát biểu: Ma trận hỗn hợp ngược của hệ thống nhiều bốn cực mắc S – N với nhau bằng tổng các ma trận hỗn hợp ngược của các bốn cực thành phần.

4.3.5. Ghép nối dây chuyền

Hình 4.9 vẽ hai bốn cực ghép nối dây chuyền với nhau.



Hình 4.9

Ta có: $U_1 = U_1'; U_2' = U_1''; U_2'' = U_2; I_1 = I_1'; I_2' = -I_1''; I_2 = I_2''$.

Hệ phương trình truyền đạt thuận của các bốn cực thành phần được viết dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} U_1' \\ I_1' \end{bmatrix} = A_1 \begin{bmatrix} U_2' \\ I_2' \end{bmatrix} \quad (*)$$

và

$$\begin{bmatrix} U_1'' \\ I_1'' \end{bmatrix} = A_2 \begin{bmatrix} U_2'' \\ I_2'' \end{bmatrix} \quad (**)$$

Nếu đổi dấu ở cột thứ hai của A_1 ta có ma trận A_1^* , lúc đó hệ phương trình (*) có thể viết dưới dạng:

$$\begin{bmatrix} U_1' \\ I_1' \end{bmatrix} = A_1^* \begin{bmatrix} U_2' \\ -I_2' \end{bmatrix} = A_1^* \begin{bmatrix} U_1'' \\ I_1'' \end{bmatrix} = [A_1^* \cdot A_2] \begin{bmatrix} U_2'' \\ I_2'' \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = [A_1^* \cdot A_2] \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

Vậy: $A = A_1^* \cdot A_2$

Tổng quát: $A = \prod_{k=1}^{n-1} A_k^* \cdot A_n$

Khi tính toán cần chú ý đến thứ tự ghép nối vì phép nhân ma trận không giao hoán được.

4.4. Các bốn cực đối xứng, định lý Bartlett – Brune

4.4.1. Các bốn cực đối xứng

a. *Khái niệm đối xứng về mặt điện của bốn cực*

- Một bốn cực được gọi là đối xứng về mặt điện khi cửa 1 và cửa 2 có thể đổi lẫn cho nhau mà các thông số của bốn cực hoàn toàn không đổi.

$$\text{Phương trình trở kháng của bốn cực: } \begin{cases} U_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2 \\ U_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2 \end{cases} \quad (4.18)$$

$$\text{Nếu bốn cực đối xứng về mặt điện: } \begin{cases} U_2 = z_{11}I_2 + z_{12}I_1 \\ U_1 = z_{21}I_2 + z_{22}I_1 \end{cases} \quad (4.19)$$

Như vậy rõ ràng: $z_2 = z_{21}$ và $z_{11} = z_{22}$.

Điều kiện đối xứng về mặt điện là $z_{11} = z_{22}$, một bốn cực tuyến tính tương hỗ đối xứng về mặt điện chỉ cần quan tâm đến hai thông số z_{11} (hoặc z_{22}) và z_{12} (hoặc z_{21}).

- Đối với các thông số khác thì tương tự, do vậy bốn cực đối xứng là bốn cực thỏa mãn:

$$\begin{cases} Z_{12} = Z_{21} \\ Z_{11} = Z_{22} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} Y_{12} = Y_{21} \\ Y_{11} = Y_{22} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} H_{12} = -H_{21} \\ \Delta H = 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} G_{12} = -G_{21} \\ \Delta G = 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \Delta A = -1 \\ A_{11} = -A_{22} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \Delta B = -1 \\ B_{11} = -B_{22} \end{cases}$$

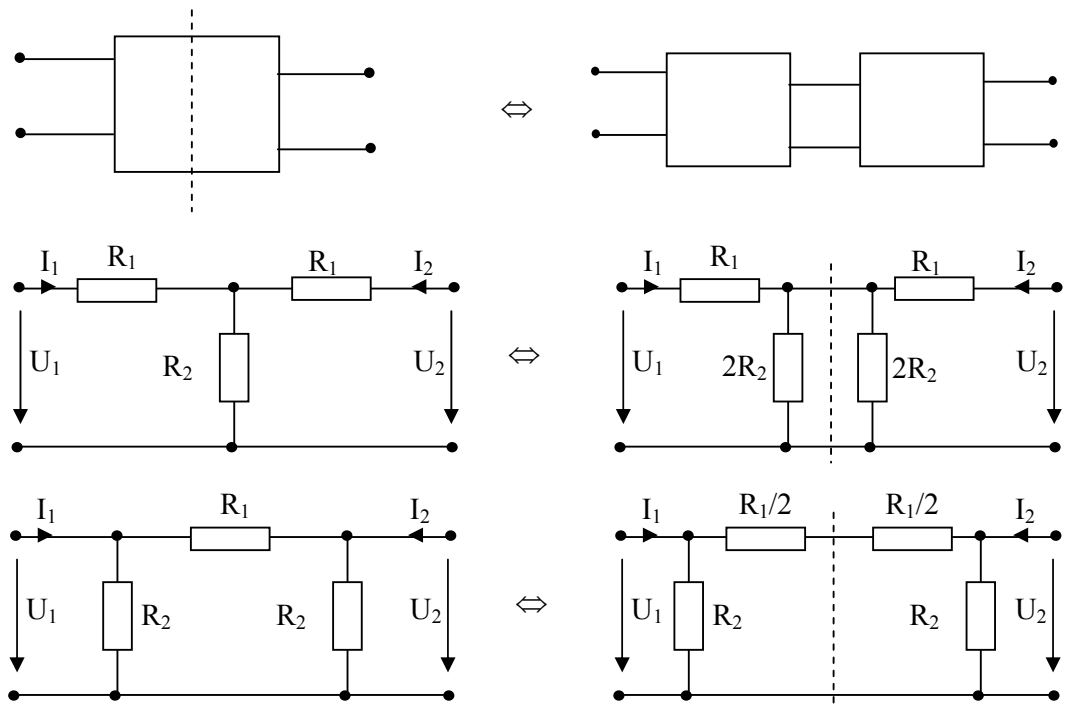
- Riêng đối với trường hợp chọn dòng I_2 có chiều đi ra khỏi cửa 2 thì công thức trên có một chút thay đổi:

$$\begin{cases} Z_{12} = Z_{21} \\ Z_{11} = Z_{22} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} Y_{12} = Y_{21} \\ Y_{11} = Y_{22} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} H_{12} = -H_{21} \\ \Delta H = 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} G_{12} = -G_{21} \\ \Delta G = 1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \Delta A = 1 \\ A_{11} = -A_{22} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \Delta B = 1 \\ B_{11} = -B_{22} \end{cases}$$

b. *Khái niệm đối xứng về mặt hình học của bốn cực*

Sự đối xứng về mặt hình học của một mạch điện thường được biểu diễn là sự đối xứng qua trục đứng chia bốn cực thành hai phần giống hệt nhau.

Một bốn cực đối xứng có thể biểu diễn như hình 4.10:



Hình 4.10

Nhận xét:

Các bốn cực đối xứng về mặt hình học thì cũng đối xứng về mặt điện nhưng các bốn cực đối xứng về mặt điện thì có thể không đối xứng về mặt hình học.

Ví dụ 4.1:

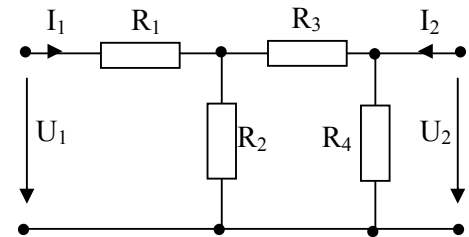
Cho bốn cực đối xứng về mặt điện như hình 4.11.

Trong trường hợp nào thì bốn cực đối xứng về mặt hình học?

Giải:

$$z_{11} = \frac{U_1}{I_1} \Big|_{I_2=0} = \frac{(R_3 + R_4) \cdot R_2}{R_2 + R_3 + R_4} + R_1$$

$$z_{22} = \frac{U_2}{I_2} \Big|_{I_1=0} = \frac{(R_3 + R_2) \cdot R_4}{R_2 + R_3 + R_4}$$



Hình 4.11

Do bốn cực là đối xứng về mặt điện nên $z_{11} = z_{22}$

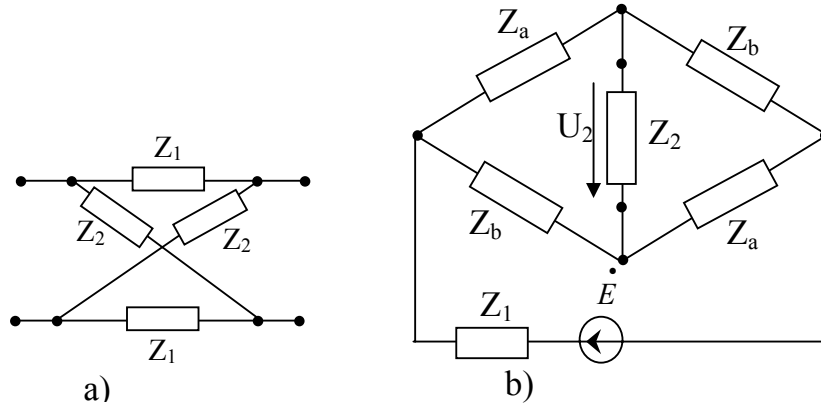
Ta có: $R_1 = R_3 \cdot \frac{R_4 - R_2}{R_2 + R_3 + R_4}$

Nếu $R_4 = R_2$ thì $R_1 = 0$ khi đó bốn cực sẽ đối xứng cả về mặt hình học.

Nếu $R_4 \rightarrow \infty$ thì $R_1 = R_3$ khi đó bốn cực cũng sẽ đối xứng cả về mặt hình học.

Các bốn cực đối xứng về mặt điện được đặc trưng bởi hai thông số z_{11} và z_{12} , sự khảo sát chúng được đưa về sự khảo sát mạch cầu (hình 4.12a). Mạch hình 4.12a được gọi là mạch cầu vì khi mắc nguồn vào cửa 1 và tải 2 thì mạch đó được biến đổi thành dạng mạch hình 4.12b. Hình 4.12b là một mạch cầu đặc biệt có từng cặp trở kháng

bằng nhau. Điều kiện cân bằng cầu là tích các trở kháng nằm đối diện nhau bằng nhau, trong trường hợp $Z_a = Z_b$, lúc đó trên trở kháng Z_2 sẽ không có điện áp, sự truyền đạt của bốn cực bằng 0.



Hình 4.12.

Tính các thông số trở kháng hở mạch của mạch cầu:

$$z_{11} = \frac{U_1}{I_1} \Big|_{I_2=0} = \frac{Z_a + Z_b}{2}$$

Khi hở mạch ở cửa 2, theo định luật Kiếckhốp II, ta có:

$$Z_a \frac{I_1}{2} + U_2 - Z_b \frac{I_1}{2} = 0 \Rightarrow U_2 = (Z_b - Z_a) \frac{I_1}{2}$$

$$\text{Do đó: } z_{12} = \frac{U_2}{I_1} \Big|_{I_2=0} = \frac{Z_b - Z_a}{2}$$

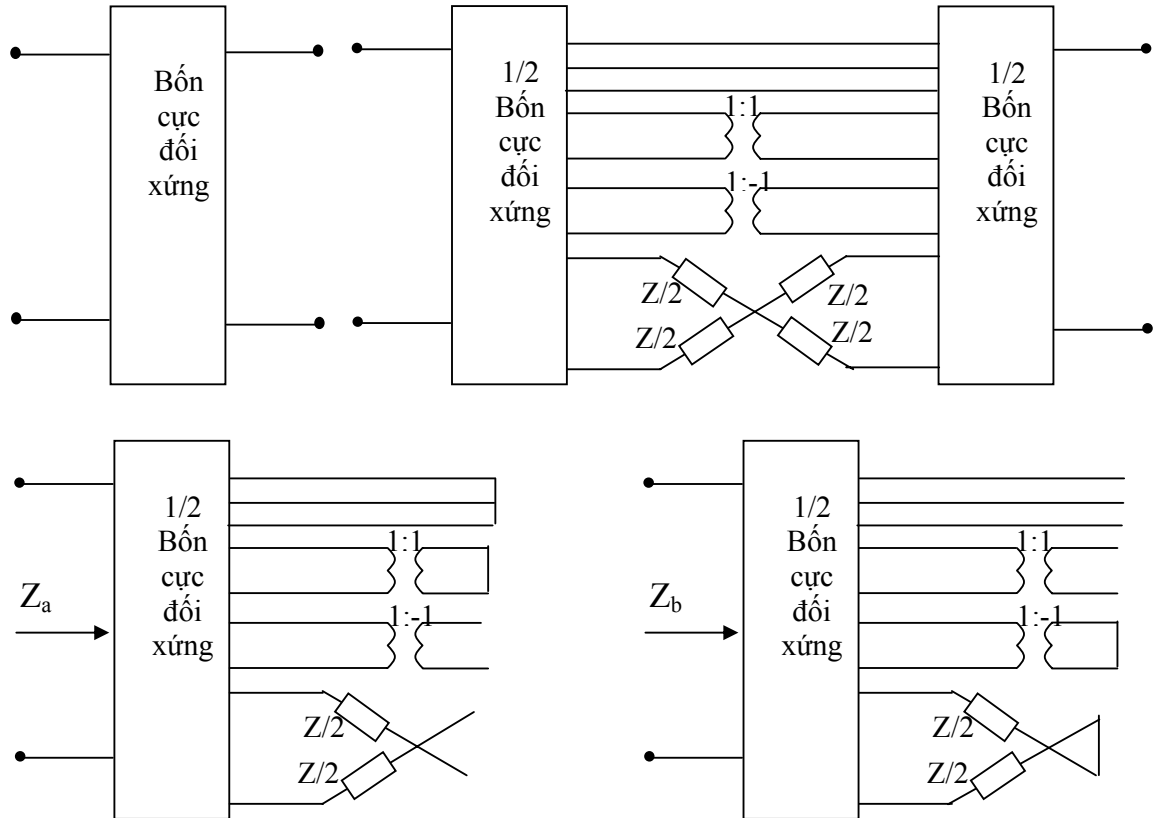
Một bốn cực đối xứng bao giờ cũng có sơ đồ tương đương là hình cầu. Sự xác định trở kháng cầu trong sơ đồ tương đương được thực hiện dễ dàng theo định lý Bartlett-Brune.

4.4.2. Định lý Bartlett-Brune dùng cho bốn cực đối xứng

Định lý Bartlett-Brune được phát biểu như sau:

Bốn cực đối xứng có thể chứa biến áp lý tưởng 1:1, hoặc 1:-1, hoặc các dây dẫn chéo nhau trên trục đối xứng, có thể được thay thế bởi sơ đồ cầu tương đương có trở kháng Z_a bằng trở kháng vào của nửa bốn cực đối xứng khi ngắn mạch các dây dẫn nối hai nửa bốn cực và cuộn dây thứ cấp của biến áp 1:1, còn đối với biến áp 1:-1 hoặc hai dây dẫn chéo nhau thì phải hở mạch; có trở kháng cầu Z_b bằng trở kháng vào của nửa bốn cực đối xứng khi hở mạch các dây nối hai nửa bốn cực và cuộn thứ cấp của biến áp 1:1, ngắn mạch cuộn thứ cấp biến áp 1:-1 hoặc hai dây dẫn chéo nhau.

Nội dung định lý Bartlett-Brune được minh hoạ trên hình 4.13:



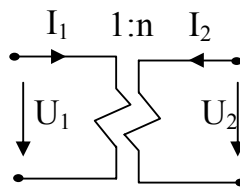
Hình 4.13

Để hiểu rõ định lý trên, chúng ta xét các biến áp. Biến áp lý tưởng là một bốn cực, được coi là một trong các phần tử bốn cực cơ bản của mạch điện.

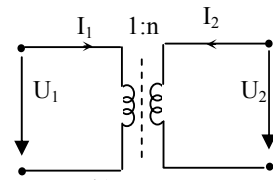
Biến áp lý tưởng theo định nghĩa là một bốn cực được cách điện 1 chiều giữa các cửa vào và ra, có hệ phương trình đặc trưng sau:

$$U_2 = nU_1$$

$$I_2 = -\frac{1}{n}I_1$$



a)



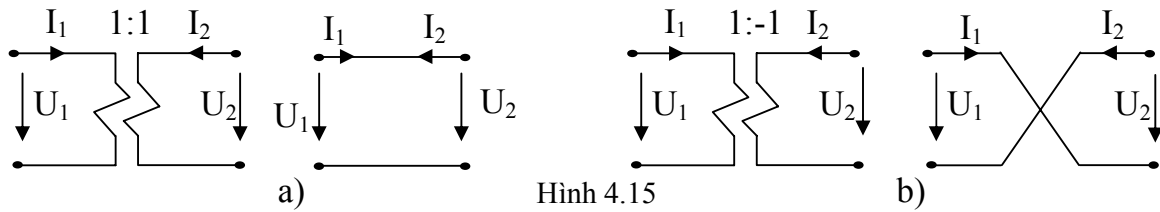
b)

Ký hiệu biến áp lý tưởng như trên hình 4.14a. Hình 4.14

Bộ phận chủ yếu của biến áp thực gồm hai cuộn dây ghép hồ cảm với nhau. Nếu bỏ qua các điện trở của các cuộn dây thì biến áp được vẽ như trên hình 4.14b (n là tỷ số giữa các vòng dây của cuộn sơ cấp ở cửa 1 và cuộn thứ cấp ở cửa 2).

Đối với biến áp lý tưởng nếu $n = 1$ thì: $U_2 = U_1$, $I_2 = -I_1$.

Vậy biến áp 1:1 tương đương với bốn cực có hai dây dẫn song song nối từ cửa 1 đến cửa 2 (hình 4.15a)

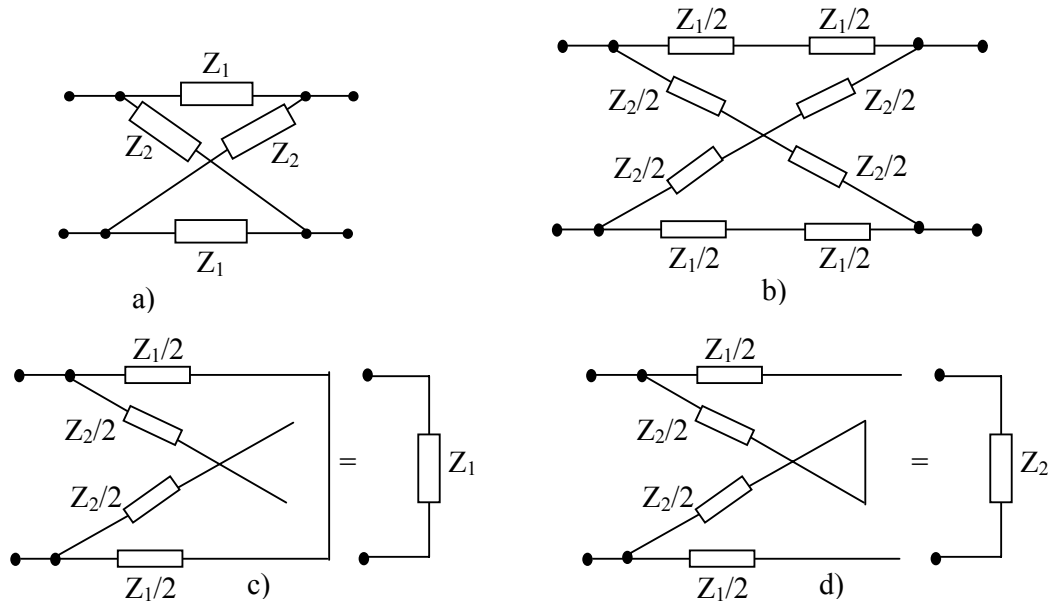


Hình 4.15

Nếu $n = -1$ thì biến áp lý tưởng 1:-1 có : $U_2 = -U_1$, $I_2 = I_1$.

Vậy biến áp 1:-1 tương đương với bốn cực có hai dây chéo nhau (hình 4.15b).

Ví dụ 4.2: Ứng dụng định lý Bartlett-Brune trên mạch cầu hình 4.16a.



Hình 4.16

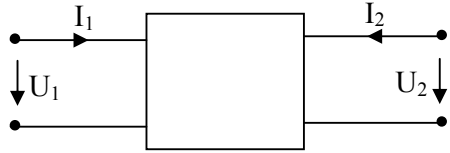
Cách giải:

Theo định lý Bartlett-Brune ta chia mạch cầu ra hai nửa giống hệt nhau như hình 4.16b. Ta nhận được Z_1 nếu ngắn mạch các dây dẫn thẳng, hở mạch các dây dẫn chéo (hình 4.16c). Còn Z_2 sẽ nhận được khi hở mạch các dây dẫn thẳng và ngắn mạch các dây dẫn chéo (hình 4.16d).

4.3. Sơ đồ thay thế hình T và hình II của mạng hai cửa

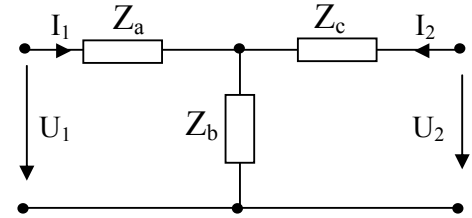
Mạch bốn cực tuyến tính tương hỗ hoàn toàn được xác định nhờ ba thông số: z_{11} , z_{12} (z_{21}) và z_{22} , quan hệ giữa các dòng điện và điện áp ở hai cửa của bốn cực bất kỳ sẽ tương đương với quan hệ của các đại lượng này. Ta có thể thay đổi kết cấu của mạch nhưng các thông số không thay đổi, có hai loại sơ đồ tương đương là sơ đồ hình T và II.

4.3.1. Sơ đồ tương đương hình chữ T



Hình 4.17

$\Leftrightarrow$



Hình 4.18

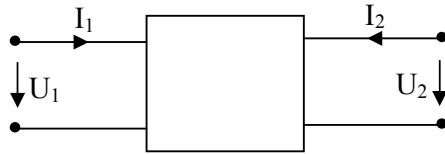
Ta gọi các trở kháng của bốn cực hình T là Z_a , Z_b , Z_c (hình 4.18). Xác định Z_a , Z_b , Z_c theo z_{ij} .

$$\text{Ta đã có: } \begin{cases} U_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2 \\ U_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2 \end{cases} \quad (4.20)$$

Từ sơ đồ hình 4.18 ta được: $z_{11} = Z_a + Z_b$; $z_{12} = z_{21} = Z_b$; $z_{22} = Z_b + Z_c$.

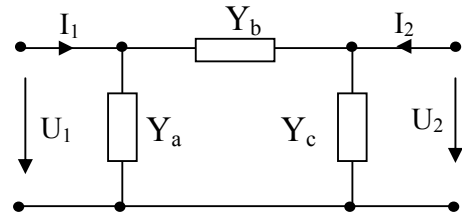
$$\text{Vậy: } \begin{cases} Z_a = z_{11} - z_{12} \\ Z_b = z_{12} = z_{21} \\ Z_c = z_{22} - z_{12} \end{cases} \quad *(4.21)$$

4.3.2. Sơ đồ tương đương hình Π



Hình 4.19.

$\Leftrightarrow$



Hình 4.20.

Ta gọi dẫn nạp ở các nhánh của sơ đồ hình Π là Y_a , Y_b , Y_c . Xác định Y_a , Y_b , Y_c theo y_{ij} .

$$\text{Ta đã có: } \begin{cases} I_1 = y_{11}U_1 + y_{12}U_2 \\ I_2 = y_{21}U_1 + y_{22}U_2 \end{cases} \quad (4.22)$$

Từ sơ đồ hình 4.6 ta được: $y_{11} = Y_a + Y_b$; $y_{12} = y_{21} = -Y_b$; $y_{22} = Y_b + Y_c$.

$$\text{Vậy: } \begin{cases} Y_a = y_{11} + y_{12} \\ Y_b = -y_{12} \\ Y_c = y_{22} + y_{12} \end{cases} \quad (4.23)$$

Nếu bốn cực cần thay thế là bốn cực đối xứng thì chỉ cần biết hai thông số. Sơ đồ tương đương hình T và hình Π lúc đó cũng gồm ba phần tử nhưng chỉ biểu thị hai thông số và cấu trúc của chúng là đối xứng, lúc đó trong sơ đồ hình T và hình Π ta có $Z_a = Z_c$. Đối với bốn cực đối xứng ta còn có sơ đồ tương đương là mạch cầu (hình X), quan hệ giữa các thông số trở kháng hở mạch và các trở kháng cầu như sau:

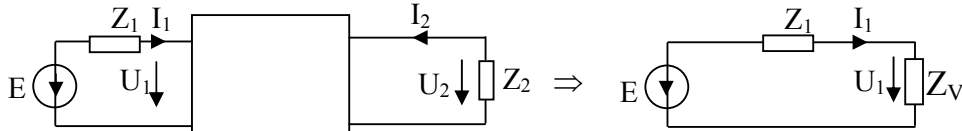
$$z_{11} = \frac{Z_a + Z_b}{2} = z_{22}; \quad z_{12} = \frac{Z_b - Z_a}{2} = z_{21}$$

$$\text{Như vậy: } Z_a = z_{11} + z_{12}; \quad Z_b = z_{11} - z_{12}.$$

4.4. Trở kháng vào và hàm truyền đạt.

4.3.1. Trở kháng vào.

Trong thực tế, các bốn cực thường là phần tử được nối giữa nguồn và tải. Thông thường người ta coi cửa nối với nguồn là cửa sơ cấp, cửa nối với tải là cửa thứ cấp.



Hình 4.21.

Theo sơ đồ hình 4.21, trên tải Z_2 sẽ có quan hệ giữa dòng và áp như sau: $U_2 = -I_2 \cdot Z_2$

Mặt khác, ta có hệ phương trình đặc tính trở kháng:

$$\begin{cases} U_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2 \\ U_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2 \end{cases}$$

Từ đó ta có trở kháng vào của cửa sơ cấp:

$$Z_{v1} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{z_{11} \cdot Z_2 + \Delta z}{Z_2 + z_{22}}, \text{ trong đó } \Delta z = z_{11} \cdot z_{22} - z_{12} \cdot z_{21}. \quad (4.22)$$

Trong trường hợp bốn cực không có tải (cửa thứ cấp hở mạch, $Z_2 = \infty$), ta có: $Z_{v1} = z_{11}$ (đúng với định nghĩa của z_{11}).

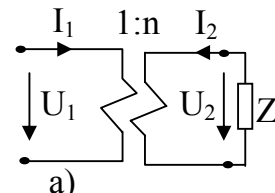
Trong trường hợp $Z_2 = 0$ (ngắn mạch cửa 2), ta có:

$$Z_{v1} = \frac{\Delta z}{z_{22}} = \frac{1}{y_{11}} \text{ (đúng với định nghĩa của } y_{11} \text{)}.$$

Nếu ở cửa 2 ta đặt nguồn tác động, tải Z_1 đặt ở cửa 1, thì hoàn toàn tương tự như vậy ta tính được trở kháng của cửa 2: $Z_{v2} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{z_{22} \cdot Z_1 + \Delta z}{Z_1 + z_{11}}$

Ta có thể tính trở kháng vào với các thông số khác:

$$Z_{v1} = \frac{y_{22} \cdot Z_2 + 1}{\Delta y \cdot Z_2 + y_{11}} = \frac{\Delta h \cdot Z_2 + h_{11}}{1 + h_{22} \cdot Z_2} = \frac{a_{11} \cdot Z_2 - a_{12}}{a_{21} \cdot Z_2 - a_{22}} = \dots$$



Hình 4.22

Ví dụ 4.3: Hãy xác định trở kháng vào của một biến áp lý tưởng có tải Z_2 cho ở hình 4.22.

Giải:

Theo hệ phương trình đặc trưng của biến áp lý tưởng:

$$\begin{aligned} U_2 &= nU_1 \\ I_2 &= -\frac{1}{n}I_1 \end{aligned} \Leftrightarrow \begin{aligned} U_1 &= \frac{1}{n}U_2 \\ I_1 &= -nI_2 \end{aligned}$$

Ta rút ra được ma trận A của biến áp lý tưởng: $A = \begin{bmatrix} \frac{1}{n} & 0 \\ 0 & -n \end{bmatrix}$

$$\text{Trở kháng vào: } Z_{v1} = \frac{a_{11} \cdot Z_2 - a_{12}}{a_{21} \cdot Z_2 - a_{22}} = \frac{\frac{1}{n} Z_2}{-n} = -\frac{Z_2}{n^2} \quad (4.23)$$

4.3.2. Hàm truyền đạt áp, dòng và công suất.

Trong những hệ truyền tin, đo lường, điều khiển ... ta chỉ quan tâm đến tín hiệu truyền đi thường là một trong hai biến trạng thái dòng, áp trên mỗi cửa và quá trình truyền đạt chúng qua mạng hai cửa. Khi đó ta không cần xét tất cả các hệ phương trình trạng thái mà chỉ cần rút về một hệ phương trình với một hàm truyền đạt áp hoặc dòng.

Khi cần xét truyền đạt áp hai cửa ta có: $k_u = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$

Khi cần xét truyền đạt dòng hai cửa ta có: $k_i = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1}$

Với mạch Kirhof ta còn có quan hệ công suất hai cửa: $k_s = \frac{\tilde{S}_2}{\tilde{S}_1}$

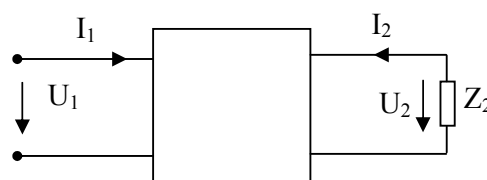
Ta gọi k_u , k_i , k_s là những hàm truyền đạt áp, dòng, công suất. Với tải khác nhau thì hàm truyền đạt khác nhau. Thật vậy:

$$k_i = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = \frac{\dot{I}_2}{a_{21} \cdot \dot{U}_2 + a_{22} \cdot \dot{I}_2} = \frac{1}{-a_{21} \cdot Z_2 + a_{22}}$$

$$k_u = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1} = \frac{\dot{U}_2}{a_{11} \cdot \dot{U}_2 + a_{12} \cdot \dot{I}_2} = \frac{-Z_2}{-a_{11} \cdot Z_2 + a_{12}}$$

$$k_s = \frac{\tilde{S}_2}{\tilde{S}_1} = \frac{\dot{U}_2 \cdot \dot{I}_2^*}{\dot{U}_1 \cdot \dot{I}_1^*} = k_u \cdot k_i^*$$

trong đó: $\dot{U}_2 = -\dot{I}_2 \cdot Z_2$



Hình 4.26

4.5. Mạng hai cửa tuyến tính không tương hỗ.

4.5.1. Các hệ phương trình đặc tính

Ta đã biết rằng nếu bốn cực tuyến tính, tương hỗ (không có nguồn tác động nào) thì các đại lượng dòng điện và điện áp trên các cửa của chúng U_1, U_2, I_1, I_2 được liên hệ bởi hệ phương trình tuyến tính, thuần nhất:

$$\begin{cases} a_{11}U_1 + a_{12}U_2 + b_{11}I_1 + b_{12}I_2 = 0. \\ a_{21}U_1 + a_{22}U_2 + b_{21}I_1 + b_{22}I_2 = 0. \end{cases} \quad (4.24)$$

Từ hệ phương trình tuyến tính này ta có thể tính được hai đại lượng bất kỳ từ hai đại lượng kia, như vậy có 6 phương trình cho mạch tuyến tính tương hỗ. Trong mạch tương hỗ, điều kiện tương hỗ được thỏa mãn đó là: $z_{12} = z_{21}, y_{12} = y_{21}, \dots$

Trong chương này chúng ta sẽ xét mạch điện không tương hỗ, nói cách khác là mạng bốn cực không tương hỗ. Đối với mạng bốn cực không tương hỗ thì điều kiện tương hỗ không được thỏa mãn.

Như vậy, các hệ phương trình đặc tính của bốn cực không tương hỗ sẽ tương tự như các hệ phương trình đặc tính của bốn cực tương hỗ và những quan hệ nào không dùng đến điều kiện tương hỗ thì được dùng đối với bốn cực không tương hỗ, những quan hệ đó là:

- Cách tính các thông số của các hệ phương trình
- Quan hệ giữa các thông số
- Cách tính các hệ số của bốn cực được ghép nối.

Mạch tương hỗ chỉ cần ba thông số (z_{11}, z_{12}, z_{22}) thì với mạch không tương hỗ cần bốn thông số (do $z_{12} \neq z_{21}$), do đó mạch tương đương của chúng cũng gồm bốn phần tử.

4.5.2. Các loại nguồn điều khiển

Để thành lập mô hình mạch bốn cực tuyến tính, không tương hỗ, chúng ta cần định nghĩa các phần tử mạch bốn cực không tương hỗ. Với các mạch bốn cực tuyến tính không tương hỗ thì các nguồn điều khiển đóng vai trò quan trọng và bản thân nguồn điều khiển cũng là các bốn cực.

Một bốn cực tuyến tính không tương hỗ bất kỳ đều có thể được thành lập từ các phần tử tuyến tính, tương hỗ r, L, C và các nguồn điều khiển.

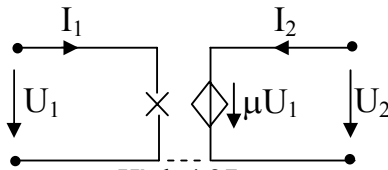
Nguồn điều khiển là mạch có điện áp hoặc dòng điện phụ thuộc vào điện áp hoặc dòng điện ở nhánh khác.

Nguồn điều khiển tuyến tính là nguồn điện áp hay dòng điện mà áp hay dòng của nó tỷ lệ thuận với dòng hay áp ở nhánh khác.

Nguồn điều khiển được ký hiệu khác với nguồn độc lập (hình tròn được thay bằng hình thoi).

Các nguồn điều khiển mà ta sẽ nói đến là các nguồn lý tưởng, có nghĩa là $R = 0$ đối với nguồn áp và $R = \infty$ đối với nguồn dòng. Ở ký hiệu của nguồn điều khiển, đường nét đứt để chỉ phần sơ cấp (phần điều khiển) được nối với phần thứ cấp (bị điều khiển) của nguồn điều khiển.

a) Nguồn áp được điều khiển bằng áp ($A'A'$): Sơ đồ hình 4.27 a.



Hình 4.27 a

“X”: kí hiệu hở mạch.

$$U_2 = \mu U_1.$$

$$I_1 = 0.$$

$A'A'$: kí hiệu nguồn điện áp được điều khiển bằng nguồn điện áp (chữ đứng trước là

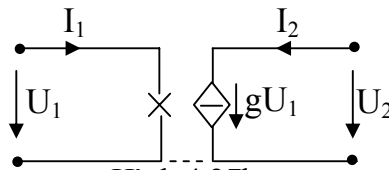
khởi

đại lượng bị điều khiển). Đặc trưng của nguồn $A'A'$ là hệ số khuếch đại điện áp.

Ta có hệ phương trình đặc tính và ma trận hệ số có ý nghĩa như sau:

$$\begin{cases} I_1 = 0 \\ U_2 = \mu U_1 \end{cases} \Rightarrow G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \mu & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow A = \begin{bmatrix} \frac{1}{\mu} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

b) Nguồn dòng được điều khiển bằng áp (DA'): Sơ đồ hình 4.27b.



Hình 4.27b

$$I_1 = 0$$

$$I_2 = gU_1$$

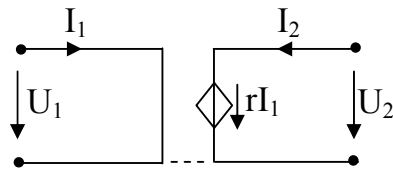
Đặc trưng cho DA' là điện dẫn g .

Ta có hệ phương trình đặc

tính và ma trận hệ số có ý nghĩa như sau:

$$\begin{cases} I_1 = 0 \\ I_2 = gU_1 \end{cases} \Rightarrow Y = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ g & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow A = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{g} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

c) Nguồn áp được điều khiển bằng dòng ($A'D$): Sơ đồ hình 4.27c.



Hình 4.27c

$$U_1 = 0$$

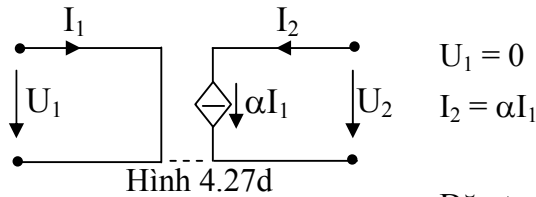
$$U_2 = rI_1$$

Đặc trưng cho $A'D$ là điện trở r .

Ta có hệ phương trình đặc tính và ma trận hệ số có ý nghĩa như sau:

$$\begin{cases} U_1 = 0 \\ U_2 = rI_1 \end{cases} \Rightarrow Z = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ r & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{1}{r} & 0 \end{bmatrix}$$

d) Nguồn dòng được điều khiển bằng dòng (DD): Sơ đồ hình 4.27d.



Đặc trưng cho DD là hệ số khuếch đại dòng

điện α .

Ta có hệ phương trình đặc tính và ma trận hệ số có ý nghĩa như sau:

$$\begin{cases} U_1 = 0 \\ I_2 = \alpha I_1 \end{cases} \Rightarrow H = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \alpha & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow A = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\alpha} \end{bmatrix}$$

Các thông số μ , g , r , α có thể là số thực hoặc số phức.

Như vậy ta thấy với mỗi nguồn điều khiển có ma trận truyền đạt thuận và một ma trận nữa có ý nghĩa.

Các nguồn điều khiển là bốn cực không tương hỗ ($\Delta A = 0$).

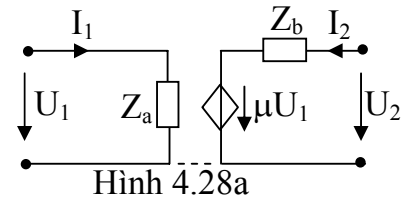
Các nguồn điều khiển là các mạch bốn cực tích cực, vì $I_1 = 0$ hoặc $U_1 = 0$ nên $P_1 = 0$ còn $P_2 \neq 0$.

Trong trường hợp các nguồn điều khiển không lý tưởng, khi đó từ hệ phương trình truyền đạt ngược, các hệ phương trình khác đều có ý nghĩa.

a) A, A' : hình 4.28a.

$$\begin{cases} U_1 = Z_a I_1 \\ U_2 = \mu U_1 + Z_b I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = Y_a U_1 \\ U_2 = \mu U_1 + Z_b I_2 \end{cases}$$

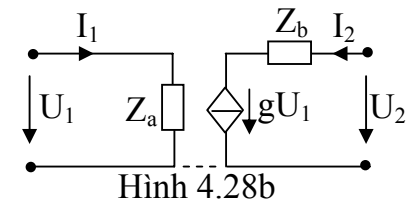
$$\Rightarrow G = \begin{bmatrix} Y_a & 0 \\ \mu & Z_b \end{bmatrix} \Rightarrow Z, Y, A, H$$



b) DA' : hình 4.28b.

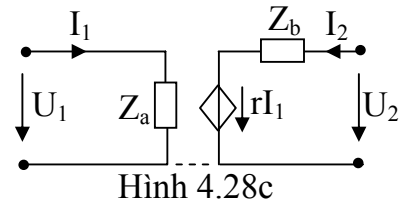
$$\begin{cases} U_1 = Z_a I_1 \\ I_2 = g U_1 + Y_b U_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_1 = Z_a I_1 \\ I_2 = g Z_a I_1 + Y_b U_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow H = \begin{bmatrix} Z_a & 0 \\ g Z_a & Y_b \end{bmatrix} \Rightarrow Z, Y, G, A$$



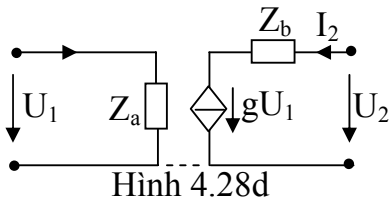
c) DA : hình 4.28 c.

$$\begin{cases} U_1 = Z_a I_1 \\ U_2 = r I_1 + Z_b I_2 \end{cases} \Rightarrow Z = \begin{bmatrix} Z_a & 0 \\ r & Z_b \end{bmatrix} \Rightarrow Y, H, G, A$$



d) DD : hình 4.28d.

$$\begin{cases} U_1 = Z_a I_1 \\ I_2 = \alpha I_1 + Y_b U_2 \end{cases} \Rightarrow H = \begin{bmatrix} Z_a & 0 \\ \alpha & Y_b \end{bmatrix} \Rightarrow Z, Y, G, A$$



Với mọi nguồn ta có nhận xét: $z_{12} = 0$, $y_{12} = 0$, $h_{12} = 0$, $g_{12} = 0$, $\Delta A = 0$. Điều này có nghĩa là phía thứ cấp không tác động trở lại phía sơ cấp (U_1 và I_1 không hề phụ thuộc vào U_2 và I_2), vì vậy các nguồn điều khiển là các bốn cực không tương hỗ.

Nếu $Z_a = \frac{1}{Y_a}$, $Z_b = \frac{1}{Y_b}$ không lấy các giá trị cực trị thì bốn nguồn điều khiển có thể thay thế lẫn nhau, chỉ có điều cần chú ý là U_1 hay I_1 là đại lượng điều khiển vì $U_1 = Z_a I_1$. Cũng như vậy nguồn điện áp được điều khiển với trở kháng trong Z_b có thể được thay thế bằng nguồn dòng được điều khiển với trở kháng trong là Z_b . Còn nếu $Z_a = 0$ thì chỉ có thể I_1 là đại lượng điều khiển, nếu $Z_b = 0$ thì chỉ có thể nguồn điện áp được điều khiển.

Khi biến đổi tương đương các nguồn điều khiển thì cũng cần tính tương đương các thông số μ , g , r , α theo Z_a và Z_b :

Ví dụ:

với A'A': $a_{11} = \frac{1}{\mu}$; với A'D: $a_{11} = \frac{Z_a}{r}$; với DA': $a_{11} = -\frac{Y_b}{g}$; với DD: $a_{11} = -\frac{Z_a Y_b}{\alpha}$.

Để các nguồn điều khiển có thể thay thế lẫn nhau thì: $\frac{1}{\mu} = -\frac{Y_b}{g} = \frac{Z_a}{r} = -\frac{Z_a Y_b}{\alpha}$.

4.5.3. Các sơ đồ tương đương của bốn cực không tương hỗ

Bốn cực không tương hỗ cần bốn thông số đặc trưng cho nó nên sơ đồ tương đương cần chứa bốn phần tử trong đó có ít nhất một phần tử không tương hỗ. Chúng ta chỉ mới làm quen với một loại phần tử không tương hỗ là các nguồn điều khiển, do đó chúng ta sẽ tìm các sơ đồ tương đương có chứa nguồn điều khiển.

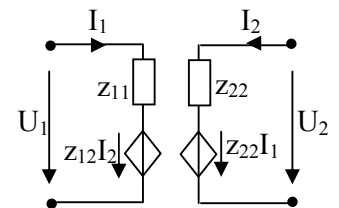
Có hai loại sơ đồ tương đương, loại sơ đồ tương đương tự nhiên gồm hai trở kháng và hai nguồn điều khiển và loại sơ đồ tương đương hình T và Π tích cực gồm 1 nguồn điều khiển và 3 trở kháng.

Mỗi sơ đồ tương đương tự nhiên gắn liền với một hệ phương trình đặc tính. Xét hệ phương trình đặc tính trở kháng:

$$\begin{cases} U_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2 \end{cases} \quad (4.25)$$

$$\begin{cases} U_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2 \end{cases} \quad (4.26)$$

Theo phương trình (4.25), điện áp ở cửa 1 (U_1) bằng tổng điện áp sụt trên trở kháng z_{11} do dòng I_1 gây ra và nguồn áp được điều khiển bằng dòng $z_{12}I_2$. Cũng tương tự như vậy có thể suy luận các phần tử ở cửa hai heo phương trình thứ hai, từ đó ta có sơ đồ tương đương hình 4.29.



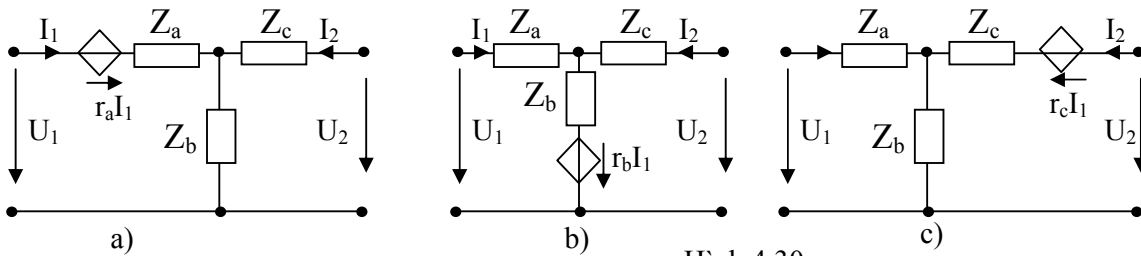
Hình 4.29.

Theo cách trên ta có thể vẽ sơ đồ tương đương theo các hệ phương trình dẫn nạp, hỗn hợp thuận và hỗn hợp ngược.

Các sơ đồ tương đương ở trên là loại sơ đồ gồm hai trở kháng và hai nguồn điều khiển. Bây giờ ta sẽ thành lập loại sơ đồ tương đương gồm ba phần tử trở kháng và một nguồn điều khiển. Các sơ đồ này có thể được thành lập từ các sơ đồ chuẩn hình T và Π bằng cách mắc nối tiếp nguồn điện áp điều khiển vào một trong ba nhánh của các sơ đồ hình T hoặc hình Π chuẩn. Đại lượng điều khiển có thể là một trong 4 đại lượng ở các cửa (U_1, I_1, U_2, I_2), vậy ta có 12 sơ đồ tương đương hình T và 12 sơ đồ tương đương hình Π , nhưng trong đó có 4 cặp sơ đồ không thể dùng được (nó thỏa mãn điều kiện tương hỗ). Trong thực tế chỉ dùng vài sơ đồ tương đương.

Xét một số sơ đồ làm ví dụ:

* Sơ đồ hình T với nguồn điện áp điều khiển bằng dòng điện ở cửa 1 (I_1), sơ đồ hình 4.30 a,b,c:



Hình 4.30

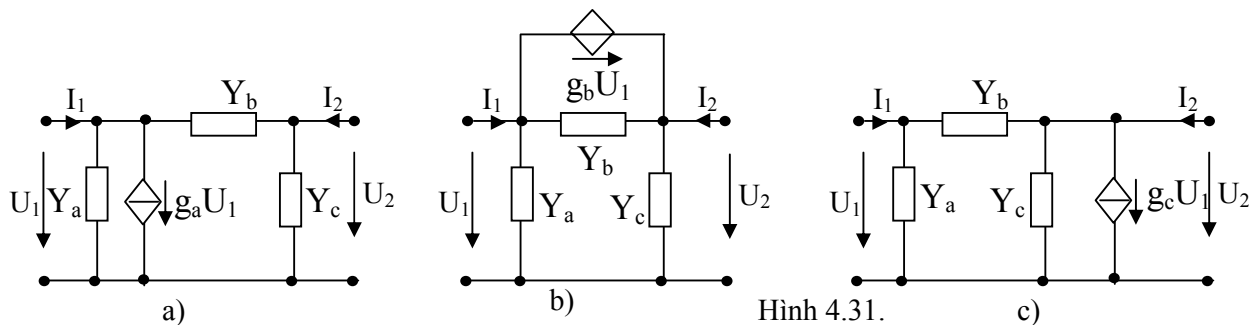
Hệ phương trình trở kháng của các mạch ở sơ đồ:

Hình a:
$$\begin{cases} U_1 = (r_a + Z_a + Z_b)I_1 + Z_b I_2 \\ U_2 = Z_b I_1 + (Z_b + Z_c)I_2 \end{cases}$$
 Sơ đồ này không dùng được ($z_{12} = z_{21}$).

Hình b:
$$\begin{cases} U_1 = (r_b + Z_a + Z_b)I_1 + Z_b I_2 \\ U_2 = (r_b + Z_b)I_1 + (Z_b + Z_c)I_2 \end{cases}$$
 Sơ đồ này dùng được ($z_{12} \neq z_{21}$).

Hình c:
$$\begin{cases} U_1 = (Z_a + Z_b)I_1 + Z_b I_2 \\ U_2 = (r_c + Z_b)I_1 + (Z_b + Z_c)I_2 \end{cases}$$
 Sơ đồ này dùng được ($z_{12} \neq z_{21}$).

* Sơ đồ hình Π với nguồn dòng được điều khiển bằng điện áp ở cửa 1 (U_1), sơ đồ hình 4.31a,b,c:



Hình 4.31.

Hệ phương trình dẫn nạp của các mạch ở các sơ đồ:

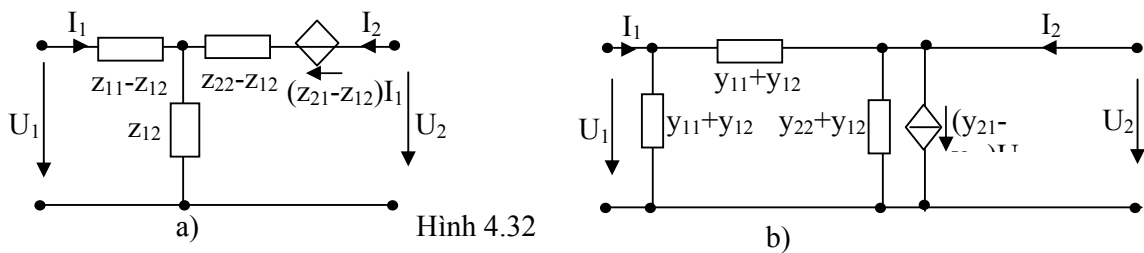
Hình a: $\begin{cases} I_1 = (g_a + Y_a + Y_b)U_1 - Y_b U_2 \\ I_2 = -Y_b U_1 + (Y_b + Y_c)U_2 \end{cases}$ Sơ đồ này không dùng được ($z_{12} = z_{21}$).

Trong sơ đồ này nguồn dòng được điều khiển bằng áp có thể thay bằng dẫn nạp g_a mắc song song với Y_a .

Hình b: $\begin{cases} I_1 = (g_b + Y_a + Y_b)U_1 - Y_b U_2 \\ I_2 = -(g_b + Y_b)U_1 + (Y_b + Y_c)U_2 \end{cases}$ Sơ đồ này dùng được ($z_{12} \neq z_{21}$).

Hình c: $\begin{cases} I_1 = (Y_a + Y_b)U_1 - Y_b U_2 \\ I_2 = -(Y_b - g_c)U_1 + (Y_b + Y_c)U_2 \end{cases}$ Sơ đồ này dùng được ($z_{12} \neq z_{21}$).

Các sơ đồ tương đương có ba trở kháng và một nguồn điều khiển thường gặp nhất là các sơ đồ 4.32a,b:

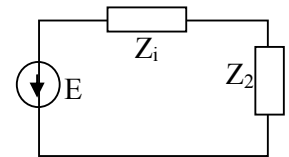


4.6. Ứng dụng của mạng hai cửa

4.6.1. Mạng hai cửa dùng làm hòa hợp giữa nguồn với tải

1. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng hai cửa

Nếu có nguồn tác động điện áp E với trở kháng trong Z_i được mắc tải có trở kháng Z_2 (hình 4.33) thì công suất tác dụng trên tải chính bằng công suất tác dụng cực đại lấy được từ nguồn khi $Z_2 = Z_i^*$ (Z_i^* là trở kháng phức liên hợp của trở kháng Z_i).



Hình 4.33

Tức là: $P_2 = P_0 = \frac{E^2}{4R_i}$ (R_i là thành phần điện trở của trở kháng Z_i).

Chứng minh: khi $Z_2 = Z_i^*$ thì $P = I^2 \cdot R_i = \left(\frac{E}{2R_i} \right)^2 R_i$

Lúc đó người ta nói rằng có sự phối hợp trở kháng giữa nguồn và tải để có công suất cực đại.

2. Mạng hai cửa làm hòa hợp nguồn với tải:

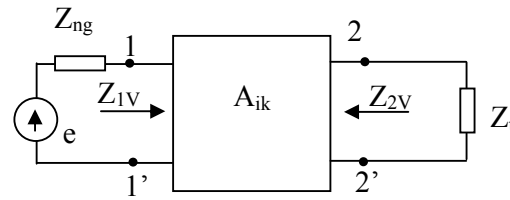
Ta đã biết muốn một nguồn có tổng trở Z_{ng} đã cho đưa ra công suất lớn nhất cấp cho tải là một mạng một cửa thụ động nối trực tiếp vào cửa, tổng trở vào Z_t của tải phải thỏa mãn điều kiện hòa hợp: $Z_t = Z_{ng}^*$ hoặc $Z_{ng} = Z_t^*$.

Trong thực tế nhiều khi Z_{ng} và Z_t không thỏa mãn sẵn điều kiện hòa hợp đó. Vì vậy muốn làm thỏa mãn điều kiện đó người ta đặt vào giữa các cửa nguồn và tải một mạng hai cửa thuần kháng A như hình 4.34 để làm một phép biến đổi tổng trở vào nhằm đảm bảo điều kiện trên.

Vấn đề là cần chọn sơ đồ và thông số A sao cho:

a./ Tổng trở vào Z_{1V} cửa 1 vừa bằng liên hợp của tổng trở nguồn:

$$Z_{1V} = \frac{a_{11}Z_t + a_{12}}{a_{21}Z_t + a_{22}} = Z_{ng}^*$$



Hình 4.34

Thỏa mãn điều kiện này nguồn sẽ đưa ra công suất lớn nhất: $P_t = E^2/4.R_{ng}$ và hiệu suất truyền tải năng lượng từ nguồn tương đương đến tải bằng $\eta = P_t/P_{ng} = 0,5$

b./ Mạng hai cửa A là thuần kháng để toàn bộ công suất P_1 sẽ truyền đến tải $P_2 = P_1$

4.6.2. Mạng hai cửa truyền tin

4.6.3. Mạng hai cửa dùng làm bộ lọc.

1. Khái niệm

Đó là những mạch mà sự truyền đạt điện áp hoặc dòng điện có tính lựa chọn tần số theo một luật đặc biệt: cho truyền đạt qua một cách dễ dàng phổ tín hiệu dòng hoặc áp thuộc dải tần nào đó gọi là dải thông và làm tắt phổ tín hiệu thuộc những dải tần khác gọi là dải chắn.

Theo đặc tính tần số truyền đạt có thể phân làm các loại chính:

1. Lọc thông thấp: cho truyền đạt thông những tín hiệu thuộc dải tần ω thấp hơn một giá trị ω_0 nào đó ($0 \leq \omega \leq \omega_0$) và chắn những tín hiệu thuộc dải tần số cao hơn ($\omega > \omega_0$).

2. Lọc thông cao: ngược lại lọc thông thấp, cho thông những tín hiệu có tần số cao ($\omega > \omega_0$) và chắn những tín hiệu có tần số thấp ($0 \leq \omega \leq \omega_0$).

3. Lọc thông một dải: Cho thông những tín hiệu thuộc một dải tần $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$ và chắn những dải tần thấp $\omega < \omega_1$ cũng như dải tần cao $\omega_2 < \omega$.

4. Lọc chắn một dải: Ngược lại lọc thông một dải, chắn các tín hiệu thuộc một dải tần nào đó $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$ và cho thông những tín hiệu thuộc dải tần thấp $0 \leq \omega \leq \omega_1$ cũng như thuộc dải tần cao $\omega_2 \leq \omega \leq \infty$.

Mạng bốn cực có được những tính chất đặc biệt trên vì chúng ghép bởi những phần tử điện cảm và điện dung có tính lựa chọn với tần số. Điện cảm cho thông dễ dàng dòng điện tần số thấp, ngược lại điện dung cho thông dễ dàng dòng có tần số cao.

Một nhánh nối tiếp L –C cho thông dễ dàng những dòng có tần số thuộc dải tần quanh tần số cộng hưởng, ngược lại một cặp nhánh L-C mắc song song chắn các dòng có tần số thuộc dải tần quanh tần số cộng hưởng.

2. Dải thông, dải chắn và tần số cắt của lọc hình T và Π

Dải thông: dải tần cho tín hiệu thông đến tải.

Dải chắn: Dải tần mà tín hiệu khi qua đó bị suy giảm.

Tần số cắt: Tần số phân chia giữa dải thông và dải chắn.

Điều kiện thông của mạch lọc đối xứng:

- Mạng bốn cực là thuần kháng
- Tải $Z_C(\omega)$ là thuần trở

Do mạng bốn cực là thuần kháng nên có thể thay $Z_1 = jX_1$ và $Z_2 = jX_2$. Như vậy, tổng trở đặc tính có biểu thức như sau:

$$Z_{CT} = \sqrt{-X_1 X_2 \left(1 + \frac{X_1}{4X_2}\right)}; \quad Z_{C\Pi} = \sqrt{\frac{-X_1 X_2}{1 + \frac{X_1}{4X_2}}} \quad (4.27)$$

Từ biểu thức Z_C ta thấy:

1. Điều kiện tồn tại dải thông:

Nếu ở mọi dải tần $X_1(\omega)$, $X_2(\omega)$ luôn cùng dấu, tức nhánh dọc và nhánh ngang có kết cấu giống nhau với thông số tỷ lệ nhau thì luôn có $X_1(\omega) \cdot X_2(\omega) \geq 0$ và $\frac{X_1(\omega)}{X_2(\omega)} \geq 0$. Do đó tổng trở đặc tính $Z_C(\omega)$ luôn có giá trị ảo và không tồn tại dải thông.

Có nghĩa là mạch lọc phải được ghép bởi những nhánh dọc và ngang không tỷ lệ nhau, sao cho tồn tại những dải tần ω với $X_1(\omega) \cdot X_2(\omega) < 0$ và $\frac{X_1(\omega)}{X_2(\omega)} < 0$.

2. Bất phương trình dải thông và dải chắn

Điều kiện để $Z_C(\omega)$ có giá trị thực là: $X_1(\omega)$ và $X_2(\omega)$ khác dấu, đồng thời $1 + \frac{X_1}{4X_2} \geq 0$, tức:

$$\frac{X_1(\omega)}{X_2(\omega)} \leq 0 \quad \text{và} \quad \frac{X_1(\omega)}{X_2(\omega)} \geq -4$$

Ta có bất phương trình dải thông: $-4 \leq \frac{X_1(\omega)}{X_2(\omega)} \leq 0$

Bất phương trình dải chắn: $\frac{X_1(\omega)}{X_2(\omega)} > 0; \quad \frac{X_1(\omega)}{X_2(\omega)} < -4$

3. Phương trình tần số cắt

$$\frac{X_1(\omega)}{X_2(\omega)} = 0 \quad \text{và} \quad X_1(\omega) = -4X_2(\omega)$$

$$\frac{X_1(\omega)}{X_2(\omega)} = 0 \quad \text{có nghiệm } \omega_c \text{ trong hai trường hợp: } X_1(\omega_c) = 0 \text{ và } X_2(\omega_c) = \infty$$

với $X_1(\omega_c)$ hữu hạn.

3. Mạch lọc loại K

Mạch lọc loại K là loại lọc mà trong cả dải tần $(0, \infty)$ tích $Z_1(\omega).Z_2(\omega)$ luôn là một hằng số thực, dương K_2 nào đó: $Z_1(\omega).Z_2(\omega) = -X_1(\omega).X_2(\omega) = K^2 > 0$.

$X_1(\omega)$ và $X_2(\omega)$ phải ngược dấu nhau, từ đó suy ra: nếu nhánh dọc là điện cảm thì nhánh ngang là điện dung và ngược lại, còn nếu nhánh dọc là L - C mắc nối tiếp thì nhánh ngang là L, C mắc song song và ngược lại.

Ví dụ 1: Tìm các dải thông và dải chắn của lọc điện cho ở hình 4.35. Xét xem có phải là lọc loại K không?

Cho $L_1 = 10\text{mH}$; $C_1 = 1\mu\text{F}$; $C_2 = 0,5\mu\text{F}$.

Giải

Điện kháng nhánh dọc và nhánh ngang:

$$X_1 = \omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1}; \quad X_2 = -\frac{1}{\omega C_2}$$

Xác định các tần số cắt bởi các phương trình sau:

- $X_1(\omega_1) = 0 \Leftrightarrow \omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} = 0 \Rightarrow \omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}$
- $X_1(\omega_2) = -4X_2(\omega_2) \Leftrightarrow \omega_2 L_1 - \frac{1}{\omega_2 C_1} = \frac{4}{\omega_2 C_2} \Rightarrow \omega_2 = \sqrt{\frac{1}{L_1} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{4}{C_2} \right)}$

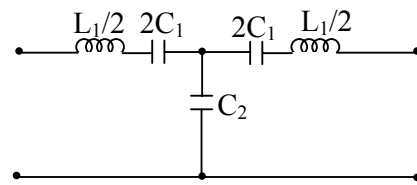
Thay số: $\omega_1 = 10^4 \text{rad/s}$; $\omega_2 = 3.10^4 \text{rad/s}$.

Dải thông: $[10^4, 3.10^4]$

Dải chắn: $[0, 10^4]$ và $[3.10^4, \infty]$

Lọc này không phải lọc loại K do $-X_1(\omega).X_2(\omega) \neq \text{const}$.

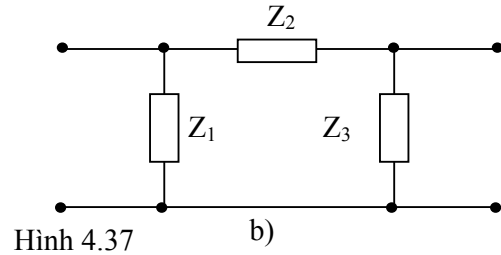
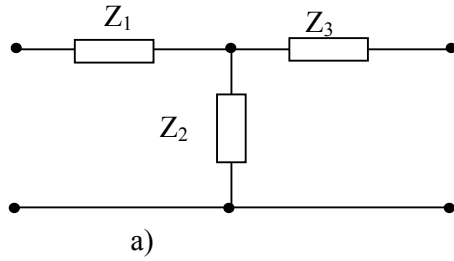
Hoặc nhìn vào sơ đồ ta thấy các phần tử nhánh dọc và nhánh ngang không tương nghịch nhau.



Hình 2.35

4.7. Bài tập

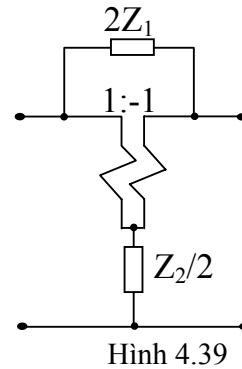
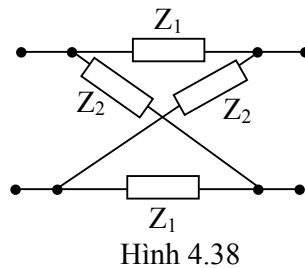
1. Xác định các ma trận Z , Y , A của các mạng bốn cực cho ở hình 4.37 theo các cách khác nhau.



Hình 4.37

2. Trong sơ đồ hình 4.37 cho $Z_1 = Z_3$, thay thế các sơ đồ đó bằng sơ đồ cầu tương đương.

3. Xác định ma trận truyền đạt A của mạng 4 cực cho ở hình 4.38.



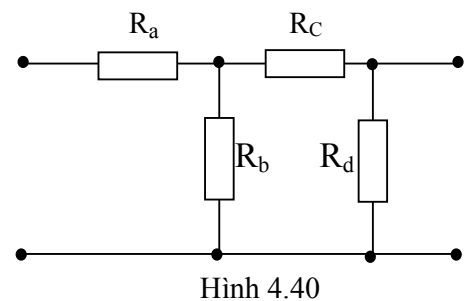
4. Hãy chứng minh mạch điện ở hình 4.39 là sơ đồ tương đương của mạch cầu có trở kháng cầu Z_1 , Z_2 .

5. Cho bốn cực có sơ đồ như hình 4.40.

Biết: $R_a = 10\Omega$; $R_b = 15\Omega$; $R_c = 20\Omega$.

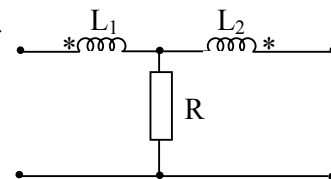
a./ Cho $R_d = 5\Omega$, tính các thông số trở kháng hở mạch của bốn cực.

b./ Tìm giá trị R_d để bốn cực đối xứng về mặt điện.



6. Xác định các thông số hỗn hợp h_{ij} của mạch điện cho ở hình 4.41.

Biết: $L_1 = 1H$; $L_2 = 4H$; $M = 1H$; $R = 1k\Omega$; $f = 50Hz$.

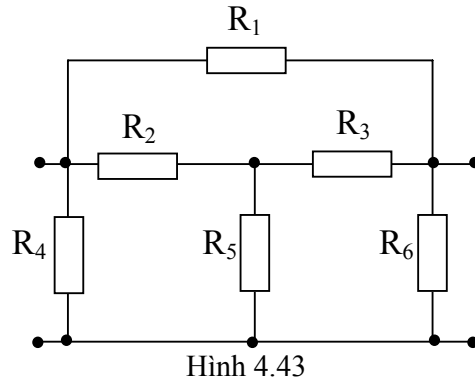
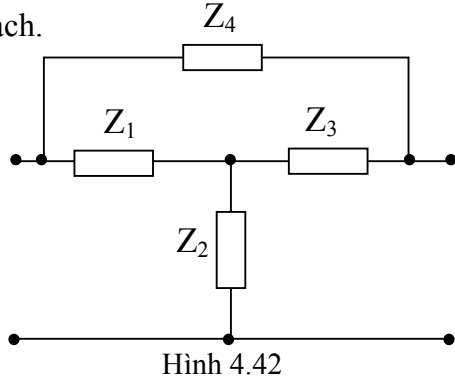


7. Cho mạng bốn cực có sơ đồ như hình 4.42.

a./ Cho $Z_1 = 1\Omega$; $Z_2 = -j\Omega$; $Z_3 = 2\Omega$; $Z_4 = j\Omega$, xác định các thông số trở kháng hở mạch z_{ij} và các thông số dẫn nạp ngắn mạch y_{ij} của mạch.

b./ Cho $Z_1 = 1\Omega$; $Z_2 = -j\Omega$; $Z_3 = 1\Omega$; $Z_4 = j\Omega$, hãy vẽ sơ đồ tương đương hình cầu X của mạch.

c./ Với các thông số cho ở câu a hãy vẽ sơ đồ tương đương hình T và Π của mạch.



8. Cho mạng bốn cực có sơ đồ như hình 4.43.

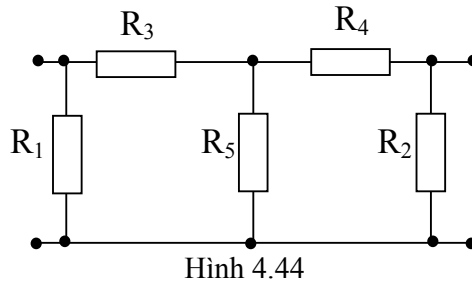
Biết: $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 2\Omega$; $R_3 = 3\Omega$; $R_4 = 5\Omega$; $R_5 = 5\Omega$; $R_6 = 10\Omega$.

Hãy xác định các thông số dẫn nạp ngắn mạch y_{ij} và các thông số truyền đạt a_{ij} của mạch điện.

9. Cho mạng bốn cực có sơ đồ như hình 4.44

Biết: $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 20\Omega$; $R_3 = 10\Omega$; $R_4 = 15\Omega$; $R_5 = 20\Omega$.

Hãy xác định các thông số truyền đạt a_{ij} của mạch điện.



10. Ma trận tham số riêng A của một mạng bốn cực có kết cấu:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 + j\omega & -(1 - \omega^2 + j\omega) \\ j\omega & -(1 - \omega^2) \end{bmatrix}$$

Hãy xác định:

- Tổng trở toàn phần của các phần tử của mạng bốn cực hình T tương đương?
- Giá trị điện trở, điện cảm, điện dung của mạng bốn cực hình T tương đương?
- Vẽ mạng bốn cực hình T tương đương đó?

11. Ma trận tham số riêng Y của một mạng bốn cực có kết cấu:

$$[Y] = \begin{bmatrix} 1 + \frac{1}{j\omega} & -\frac{1}{j\omega} \\ -\frac{1}{j\omega} & j(\omega - \frac{1}{\omega}) \end{bmatrix}$$

Hãy xác định:

- Tổng trở toàn phần của các phần tử của mạng bốn cực hình Π tương đương?
- Giá trị điện trở, điện cảm, điện dung của mạng bốn cực hình Π tương đương?
- Vẽ mạng bốn cực hình Π tương đương đó?

12. Ma trận tham số riêng A của một mạng bốn cực ở một tần số nào đó có kết cấu:

$$[A] = \begin{bmatrix} -(1+j) & -(1+2j) \\ j & j \end{bmatrix}$$

Xác định trở kháng vào của mạng bốn cực khi đầu ra mạng bốn cực được mắc phụ tải

$$Z_t = -j2\Omega.$$

13. Cho mạng bốn cực có sơ đồ như hình 4.45.

Biết: $Z_1 = 5\Omega$; $Z_2 = -j5\Omega$; $Z_3 = 5\Omega$; $Z_4 = -j5\Omega$; $Z_t = 5\Omega$; $\dot{U}_1 = 20V$.

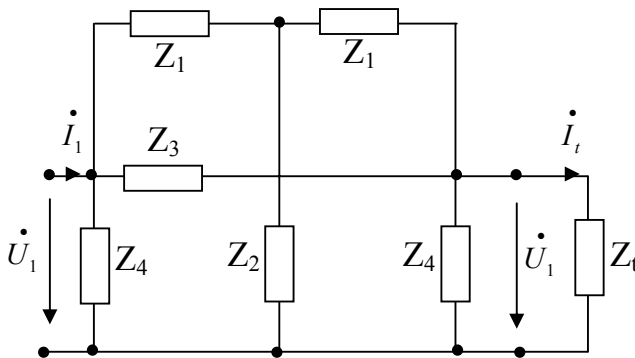
Bằng phương pháp lý thuyết mạch mạng bốn cực, hãy xác định:

- Các giá trị dòng điện I_1 , I_t ?
- Điện áp trên đầu ra U_2 .

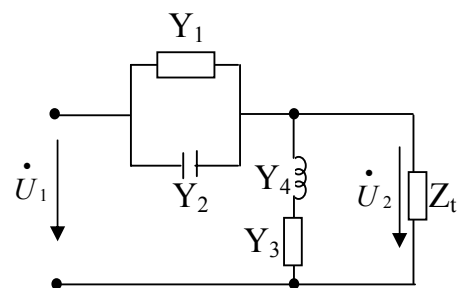
14. Cho mạng bốn cực có sơ đồ như hình 4.46.

Biết: $Y_1 = 1S$; $Y_2 = j\omega S$; $Y_3 = 1S$; $Y_4 = \frac{1}{j\omega} S$.

- Xác định ma trận tham số riêng Y của mạng bốn cực.
- Xác định hàm truyền đạt điện áp $\dot{K}_u = \dot{U}_2 / \dot{U}_1$ nếu đầu ra của mạng bốn cực được mắc tải $Z_t = 1\Omega$.

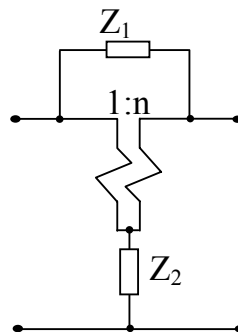


Hình 4.45.



Hình 4.46

14. Hãy xác định ma trận Z của mạng bốn cực cho ở hình 4.47.



Hình 4.47

15. Để làm hòa hợp nguồn với tải người ta mắc mạch điện như hình 4.48.

Tìm Z_{ng} biết:

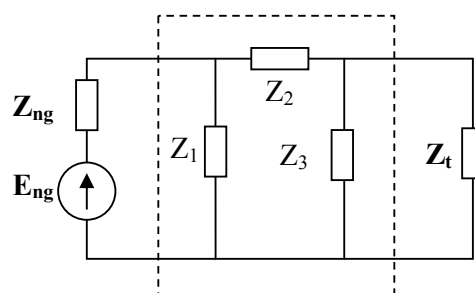
$$\bar{Z}_t = 10 - j10(\Omega); \quad \bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = 1 + j2(\Omega);$$

$$\bar{Z}_3 = 2\bar{Z}_1.$$

Tính công suất truyền từ nguồn đến tải và hiệu suất truyền tải biết:

$$\dot{E}_{ng} = 10\angle 45^\circ (V)$$

(Chú ý: Tìm Z_{ng} thì nhìn từ cửa 1 để tính Z_{V1} , tìm Z_t thì nhìn từ cửa 2 để tính Z_{V2} khi ngắn mạch nguồn.)



Hình 4.48

MỤC LỤC

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN.....	2
1.1. Cấu trúc hình học của mạch điện.....	2
1.1.1. Mạch điện	2
1.1.2. Kết cấu hình học của mạch điện.....	2
1.2. Các đại lượng cơ bản	2
1.2.1. Điện áp.....	2
1.2.2. Cường độ dòng điện.	3
1.2.3. Chiều dương dòng điện và điện áp.	3
1.2.4. Công suất	3
1.2.4. Năng lượng.	4
1.3. Định luật Kirchoff	4
1.3.1. Định luật Kirchoff 1.	4
1.3.2. Định luật Kirchoff 2.	4
1.3.3. Định luật cân bằng công suất.....	5
1.4. Các phần tử 2 cực.	5
1.4.1. Điện trở.....	5
1.4.2. Điện cảm.....	5
1.4.3. Điện dung.....	7
1.4.4. Nguồn áp.	7
1.4.5. Nguồn dòng $j(t)$	7
1.5. Các phần tử bốn cực.....	8
1.5.1. Nguồn phụ thuộc.	8
1.5.2. Cuộn dây ghép hồ cảm.	8
1.5.3. Biên áp lý tưởng.....	8
CHƯƠNG 2:.....	8
MẠCH TUYẾN TÍNH Ở CHẾ ĐỘ XÁC LẬP ĐIỀU HOÀ.....	8
2.1. Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện, điện áp xoay chiều hình sin.	8
2.1.1. Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện hình sin	8
2.1.2. Trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều.....	9
2.2. Dòng điện hình sin trong nhánh R-L-C.....	10
2.2.1. Dòng điện hình sin trong nhánh thuần trở.....	10
2.2.2. Dòng điện hình sin trong nhánh thuần điện cảm.....	10
2.2.3. Dòng điện hình sin trong nhánh thuần dung.....	11
2.2.4. Dòng điện sin trong nhánh RLC nối tiếp.....	12
2.3. Số phức, biểu diễn đại lượng điều hòa dùng ảnh phức.....	13
2.3.1 Số phức.....	13
2.3.2 Biểu diễn đại lượng điều hòa dùng ảnh phức.....	15
2.3.3 Các định luật cơ bản của mạch điện dạng phức.....	15
2.3.4. Ứng dụng: phân tích mạch ở chế độ xác lập điều hòa.....	16
2.4. Trở kháng và dẫn nạp.....	16
2.5. Công suất.....	17
2.5.1. Công suất tác dụng.....	17
2.5.2. Công suất phản kháng.....	17
2.5.3. Công suất phức.....	17
2.5.4. Công suất biểu kiến.....	17
2.5.5. Định luật cân bằng công suất phức.....	17
2.6 Cộng hưởng.....	17
2.7. Mạch điện có hồ cảm, nguồn dòng.....	17
2.8. Phân tích mạch bằng phương pháp dòng nhánh.....	17
2.9. Phân tích mạch bằng phương pháp dòng vòng.....	18
2.10. Phân tích mạch bằng phương pháp điện thế nút.....	21

2.11. Các phương pháp biến đổi mạch.....	25
2.11.1. Trở kháng ghép nối tiếp.....	25
2.11.2. Trở kháng ghép song song.....	25
2.11.3. Biến đổi sao-tam giác và ngược lại.....	25
2.11.4. Nguồn áp ghép nối tiếp.....	26
2.11.5. Nguồn áp ghép song song.....	26
2.12. Mạng một cửa.....	26
2.12.1. Khái niệm chung về mạng một cửa.....	26
2.12.2. Sơ đồ tương đương và các định lý về mạng một cửa tuyến tính có nguồn.....	26
2.14. Bài tập.....	29
CHƯƠNG 3:.....	34
MẠCH ĐIỆN BA PHA.....	34
3.1. Khái niệm chung.....	34
3.1.1. Nguồn ba pha, tải ba pha.....	34
3.1.2. Các đại lượng dây và pha.....	34
3.1.3. Ghép nối mạch ba pha.....	35
3.1.4. Công suất mạch điện 3 pha.....	36
3.2. Giải mạch ba pha đối xứng.....	38
3.2.1. Nguồn nối sao đối xứng: (thường gặp).....	38
3.2.2. Nguồn nối tam giác đối xứng:.....	38
3.2.3. Giải mạch 3 pha đối xứng tải nối sao.....	39
3.2.4. Giải mạch điện 3 pha đối xứng tải nối tam giác:.....	39
3.3. Mạch ba pha không đối xứng.....	40
3.3.1. Tải nối hình Y, có dây trung tính tổng trở Z_0 , không có tổng trở đường dây.....	40
3.3.2. Tải nối hình Y, có dây trung tính tổng trở Z_0 , có tổng trở đường dây Z_d :.....	42
3.3.3. Tải nối hình Y, dây trung tính tổng trở $Z_0=0$:.....	42
3.3.4. Tải nối hình Y, dây trung tính bị đứt hoặc không có dây trung tính:.....	42
3.3.5. Giải mạch ba pha tải nối tam giác không đối xứng, không có tổng trở đường dây:.....	43
3.3.6. Giải mạch ba pha tải nối tam giác không đối xứng, có tổng trở đường dây Z_d :.....	43
3.4. Bài tập.....	44
CHƯƠNG 4:.....	45
MẠNG HAI CỬA.....	45
4.1. Khái niệm chung.....	45
4.2. Các bộ thông số đặc trưng.....	46
4.2.1. Bộ thông số dạng Z.....	46
4.2.2. Bộ thông số dạng Y.....	47
4.2.3. Bộ thông số dạng H.....	48
4.2.4. Bộ thông số dạng G.....	49
4.2.5. Bộ thông số dạng A.....	49
4.2.6. Bộ thông số dạng B.....	50
4.2.7. Quan hệ giữa các thông số của bốn cực.....	50
4.3. Các cách ghép nối nhiều bốn cực.....	51
4.3.1. Ghép nối nối tiếp – nối tiếp (N - N).....	51
4.3.2. Ghép nối song song-song song (S-S).....	51
4.3.3. Ghép nối nối tiếp – song song (N - S).....	52
4.3.4. Ghép nối song song – nối tiếp (S - N).....	53
4.3.5. Ghép nối dây chuyền.....	53
4.4. Các bốn cực đối xứng, định lý Bartlett – Brune.....	54
4.4.1. Các bốn cực đối xứng.....	54
4.4.2. Định lý Bartlett-Brune dùng cho bốn cực đối xứng.....	56
4.3. Sơ đồ thay thế hình T và hình Π của mạng hai cửa.....	58

4.3.1. Sơ đồ tương đương hình chữ T.....	59
4.3.2. Sơ đồ tương đương hình Π	59
4.4. Trở kháng vào và hàm truyền đạt.....	60
4.3.1. Trở kháng vào.....	60
4.3.2. Hàm truyền đạt áp, dòng và công suất.....	61
4.5. Mạng hai cửa tuyến tính không tương hỗ.....	62
4.5.1. Các hệ phương trình đặc tính.....	62
4.5.2. Các loại nguồn điều khiển.....	62
4.5.3. Các sơ đồ tương đương của bốn cực không tương hỗ.....	65
4.6. Ứng dụng của mạng hai cửa.....	67
4.6.1. Mạng hai cửa dùng làm hòa hợp giữa nguồn với tải.....	67
4.6.2. Mạng hai cửa truyền tin.....	68
4.6.3. Mạng hai cửa dùng làm bộ lọc.....	68
4.7. Bài tập.....	71