

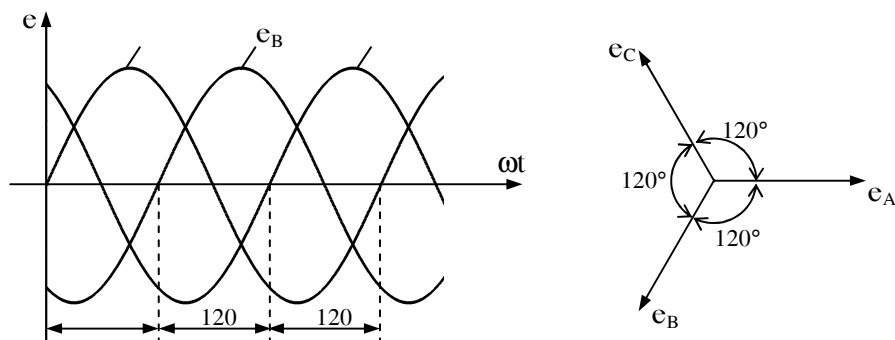
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÔN ĐỨC THẮNG
PHÒNG TRUNG CẤP CHUYÊN NGHIỆP VÀ DẠY NGHỀ



BÀI GIẢNG MÔN HỌC
LÝ THUYẾT MẠCH

DÙNG CHO NGÀNH ĐIỆN CÔNG NGHIỆP & DÂN DỤNG

Biên soạn : ThS. HỒ ĐĂNG SANG



Lưu hành nội bộ
Tháng 09/2010

GIỚI THIỆU MÔN HỌC : LÝ THUYẾT MẠCH

1. Tên môn học : Điện kỹ thuật
2. Mã số môn học : CD02
3. Số đơn vị học trình : 4(4,0)
4. Môn học tiên quyết :
5. Môn học song hành : Vật lý đại cương
6. Tài liệu tham khảo :

- Giáo trình Kỹ thuật điện – Vụ THCN&DN
- Giáo trình Điện kỹ thuật – TS. Phan Ngọc Bích, NXB KHKT
- Kỹ Thuật Điện – Nguyễn Kim Đính – NXB KHKT
- Bài tập Kỹ thuật điện - Nguyễn Kim Đính – NXB KHKT

7. Nội dung tóm tắt :

Cung cấp cho học viên các kiến thức cơ bản về mạch điện, các đại lượng đặc trưng trong năng lượng điện. Tính toán được các mạch điện một chiều, mạch điện hình xoay chiều một pha và ba pha.

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1 : MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU	4
1.1. Khái niệm và cấu trúc hình học của mạch điện	4
1.2. Các đại lượng cơ bản của mạch điện.....	5
1.3. Các loại phần tử của mạch điện	6
1.4. Hai định luật Kirrchoff.....	9
1.5. Các phép biến đổi tương đương	12
1.6. Nguyên lý xếp chồng.....	15
1.7. Các phương pháp giải mạch điện phức tạp	16
Bài tập chương 1	24
CHƯƠNG 2 : DÒNG ĐIỆN SIN	29
2.1. Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện sin.....	29
2.2. Trị hiệu dụng của dòng điện và điện áp sin	30
2.3. Biểu diễn dòng điện sin bằng vectơ	31
2.4. Quan hệ giữa dòng điện, điện áp trong một nhánh	31
2.5. Công suất của dòng điện hình sin	36
2.6. Nâng cao hệ số công suất	38
2.7. Số phức	40
2.8. Biểu diễn mạch hình sin bằng số phức	41
2.9. Phương pháp giải mạch điện xoay chiều hình sin	43
Bài tập chương 2	47
CHƯƠNG 3 : MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA	51
3.1. Khái niệm chung.....	51
3.2. Nguồn 3 pha	51
3.3. Tải ba pha	53
3.4. Công suất mạch điện 3 pha.....	56
3.5. Cách giải mạch điện ba pha đối xứng	57
3.6. Cách giải mạch điện ba pha không đối xứng	62
Bài tập chương 3	66

CHƯƠNG 1 : MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU

1.1. KHÁI NIỆM VÀ CẤU TRÚC HÌNH HỌC CỦA MẠCH ĐIỆN

1. Khái niệm

Mạch điện gồm nhiều phần tử được nối lại tạo thành những vòng khép kín sao cho dòng điện có thể chạy qua.

Mạch điện thường gồm các loại phần tử : nguồn điện, tải và dây dẫn.

a) Nguồn điện : là thiết bị tạo ra điện năng. Cụ thể đó là thiết bị biến đổi các dạng năng lượng khác như : cơ năng, hóa năng, quang năng v.v... thành điện năng.

Ví dụ :

- Pin, ắc quy : biến đổi hóa năng thành điện năng.
- Máy phát điện : biến đổi cơ năng thành điện năng.
- Pin mặt trời : biến đổi quang năng thành điện năng.

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

Ví dụ :

- Động cơ : biến đổi điện năng thành cơ năng.
- Bóng đèn : biến đổi điện năng thành quang năng.
- Bếp điện : biến đổi điện năng thành nhiệt năng.

2. Cấu trúc hình học của mạch

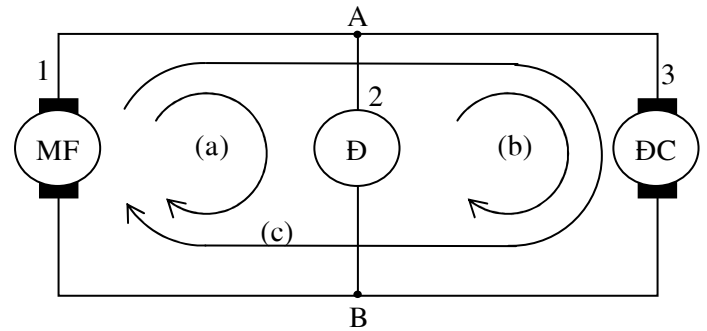
a) Nhánh : là một đường duy nhất gồm một hay nhiều phần tử ghép nối tiếp; trong đó có **cùng một dòng điện chạy qua**.

b) Nút (hay đỉnh): là điểm nối giữa ba nhánh trở lên

c) Vòng : là tập hợp nhiều nhánh tạo thành một vòng kín.

d) Vòng mắt lưới : là vòng mà bên trong không còn chứa một vòng nào khác.

Theo hình 1.1, máy phát (MF) cung cấp điện cho đèn (Đ) và động cơ điện (ĐC) gồm có 3 nhánh (1,2,3), 2 nút (A, B) và 3 vòng (a,b,c), trong đó vòng a và b là các vòng mắt lưới.



Hình 1.1 – Nút và vòng của mạch điện

1.2. CÁC ĐẠI LƯỢNG CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN

1. Dòng điện

Dòng điện là lượng điện tích di chuyển qua tiết diện của phần tử trong một đơn vị thời gian. Đơn vị của dòng điện là Ampere – A

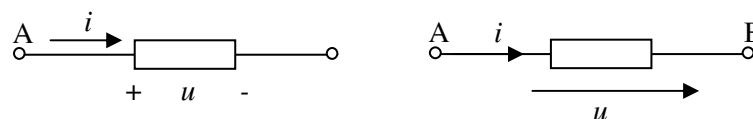
$$i = \frac{dq}{dt} \quad (\text{A}) \quad (1-1)$$

Chiều qui ước của dòng điện là chiều chuyển động của các điện tích dương.

2. Điện áp

Điện áp qua phần tử là công để mang điện tích +1C đi qua phần tử từ đầu này sang đầu kia. Đơn vị của điện áp là Volt – V

Tại mỗi điểm trong mạch đều có một điện thế hay còn gọi là điện áp giữa điểm đó với nút chuẩn của mạch (nút chuẩn là nút có điện thế bằng 0).



Hình 1.2 – Ký hiệu dòng điện và điện áp

Theo hình 1.2 thì điện áp giữa A và B là :

$u = u_{AB} = u_A - u_B$ trong đó u_A, u_B là điện thế của nút A và B so với nút chuẩn nào đó trong mạch.

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

3. Chiều dương của dòng điện và điện áp

Đối với các mạch điện đơn giản, theo qui ước trên ta có thể dễ dàng xác định được chiều qui ước của dòng điện.

Tuy nhiên khi tính toán, phân tích mạch điện phức tạp, ta không thể biết được chiều của dòng điện và điện áp của các nhánh ngay từ đầu. Do đó, ban đầu ta có thể tùy ý chọn chiều dòng điện (hoặc điện áp) của nhánh, từ đó suy ra chiều của điện áp (hoặc dòng điện) tương ứng với các phần tử. Trên cơ sở chiều đã chọn, ta áp dụng các phương pháp thiết lập hệ phương trình giải mạch điện. Nếu kết quả tính toán cho giá trị dương thì chiều đã vẽ trùng với chiều thực tế, còn ngược lại thì chiều đã vẽ ngược chiều với chiều thực tế.

4. Công suất

Để xác định một phần tử trong mạch đang tiêu thụ hoặc phát ra năng lượng, ta chọn chiều dòng điện và điện áp trên phần tử đó trùng nhau, công suất của phần tử được tính bằng :

$$p = u \cdot i \quad (1-2)$$

Nếu :

- $p > 0$ hay chiều thực tế của u và i trùng nhau : phần tử tiêu thụ công suất (tải)
- $p < 0$ hay chiều thực tế của u và i ngược nhau : phần tử phát ra công suất (nguồn phát)

1.3. CÁC LOẠI PHẦN TỬ CỦA MẠCH ĐIỆN

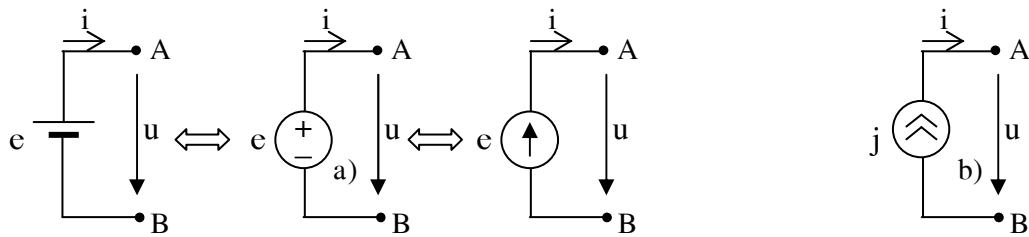
1. Nguồn áp lý tưởng

Nguồn áp lý tưởng là nguồn có khả năng tạo nên và duy trì một điện áp u không đổi giữa hai đầu, và không phụ thuộc vào dòng điện qua nguồn. Nó được biểu diễn bằng một sức điện động e : có chiều ngược chiều với u . Theo hình 1.3, ta có :

$$e = u = u_A - u_B \text{ và không phụ thuộc } i$$

2. Nguồn dòng lý tưởng

Nguồn dòng lý tưởng là nguồn có khả năng tạo nên và duy trì một dòng điện không đổi chạy qua nhánh của nguồn dòng và không phụ thuộc vào điện áp ở hai đầu nguồn dòng đó. Theo hình 1.3, ta có : $j = i$ và không phụ thuộc vào u



Hình 1.3 – Nguồn lý tưởng : a) Nguồn áp ; b) Nguồn dòng

3. Điện trở – Định luật Ohm

Điện áp và dòng điện trên điện trở thỏa quan hệ (định luật Ohm)

$$u = R.i \quad \text{hoặc} \quad i = \frac{u}{R} \quad (1-3)$$

với đơn vị của R là Ω (Ohm); đơn vị của i là ampe (A) và đơn vị của u là vôn (V).

Nghịch đảo của điện trở gọi là điện dẫn, ký hiệu là G :

$$G = \frac{1}{R} = \frac{i}{u} \quad \text{hay} \quad i = G.u \quad (1-4)$$

đơn vị của điện dẫn là Ω^{-1} hoặc S (Siemens)

Công suất tiêu thụ bởi điện trở là :

$$p = u.i = R.i^2 = \frac{u^2}{R} = G.u^2 = \frac{i^2}{G} \quad (1-5)$$

với đơn vị u[V], i[A], R[Ω] thì p có đơn vị là W (Watt)

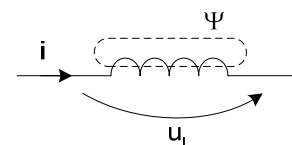
4. Cuộn cảm

Khi có dòng điện i chạy qua cuộn dây có W vòng sẽ sinh ra từ thông Ψ móc vòng qua cuộn dây. Điện cảm của cuộn dây được định nghĩa :

$$L = \frac{\Psi}{i} \quad \text{đơn vị của L là Henry (H)} \quad (1-6)$$

Nếu dòng điện i biến thiên (mạch xoay chiều) thì từ thông cũng biến thiên, sức điện động cảm ứng xuất hiện ở hai đầu cuộn dây là :

$$e_L = -\frac{d\Psi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (1-7)$$



Hình 1.4 – Dòng và áp trên cuộn dây

Điện áp ở hai đầu cuộn dây :

$$u_L = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1-9)$$

Suy ra nếu $i = \text{const}$ (mạch một chiều) thì khi xác lập $u_L = 0$ hay cuộn dây bị nối tắt, khi đó cuộn dây chỉ có tác dụng như dây dẫn.

Công suất trên cuộn dây :

$$p_L = u_L \cdot i_L = L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} \quad (1-10)$$

Năng lượng từ trường tích lũy trong cuộn dây :

$$W_L = \int_0^t p_L \cdot dt = \int_0^t L \cdot i \cdot di = \frac{1}{2} L i^2 \quad (1-11)$$

Như vậy : L đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng từ trường trong cuộn dây.

5. Tụ điện

Khi đặt điện áp u_C lên tụ điện có điện dung C thì tụ điện sẽ được nạp một lượng điện tích q :

$$q = C \cdot u_C \quad (1-12)$$

Nếu điện áp u_C biến thiên, sẽ có dòng điện chạy qua tụ điện :

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt} \quad (1-13)$$

Suy ra nếu $u_C = \text{const}$ (mạch một chiều) thì khi xác lập $i = 0$ nghĩa là không còn dòng qua tụ.

Tóm tắt : chiều qui ước của dòng và áp trên các phần tử như sau :

- Nguồn áp lý tưởng : chiều điện áp ngược chiều với chiều của sức điện động
- Nguồn dòng lý tưởng : chiều dòng điện cùng chiều với chiều của nguồn dòng
- Các phần tử thụ động : điện trở, cuộn cảm, tụ điện thì áp và dòng cùng chiều

1.4. HAI ĐỊNH LUẬT KIRRCHOFF (KIÊCSHÔP)

1. Định luật Kirrchoff 1 (ĐK1) : phát biểu cho một nút

Tại một nút bất kỳ, tổng đại số các dòng điện bằng không.

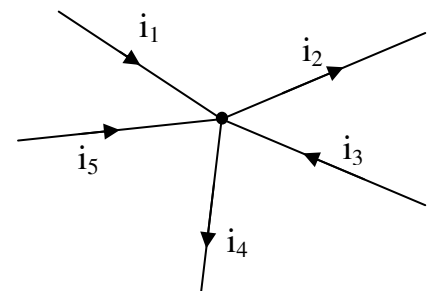
$$\sum_{\text{nút}} i = 0 \quad (1-14)$$

trong đó : - Dòng đến nút thì cộng

- Dòng rời nút thì trừ

Trên hình 1.5, chiều các mũi tên là chiều giả thiết của các dòng; giá trị của i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 có thể dương hoặc âm. Theo ĐK1 :

$$\sum_A i = i_1 - i_2 + i_3 - i_4 + i_5 = 0$$



Hình 1.5 – Ví dụ minh họa ĐK1

Nếu viết lại thành : $i_1 + i_5 + i_3 = i_2 + i_4$ thì ta có cách phát biểu thứ hai của ĐK1 :

Tại một nút bất kỳ, tổng các dòng đến nút bằng tổng các dòng rời nút

$$\sum_{\text{đến nút}} i = \sum_{\text{rời nút}} i \quad (1-15)$$

2. Định luật Kirrchoff 2 (ĐK2) : phát biểu cho một vòng

Đi dọc theo 1 vòng kín bất kỳ và theo một chiều nào đó, tổng đại số các điện áp bằng không.

$$\sum_{\text{vòng}} u = 0 \quad (1-16)$$

trong đó : - Điện áp nào cùng chiều thì cộng

- Điện áp nào ngược chiều thì trừ

Trên hình 1.5, cho chiều dòng điện và điện áp trên các phần tử. Nếu đi dọc theo vòng theo chiều kim đồng hồ (ABCD); thì theo định luật ĐK2, ta được :

$$\sum_{(a)} u = u_{R1} + u_2 - u_{R2} - u_1 = 0$$

Thay $u_1 = E_1$; $u_2 = E_2$; $u_{R1} = i_{R1} \cdot R_1$ và $u_{R2} = i_{R2} \cdot R_2$ vào phương trình trên và để nguồn một bên và điện trở một bên, ta được :

$$E_1 - E_2 = i_{R1} \cdot R_1 - i_{R2} \cdot R_2$$

Từ đó ta có cách phát biểu thứ hai của ĐK2 như sau :

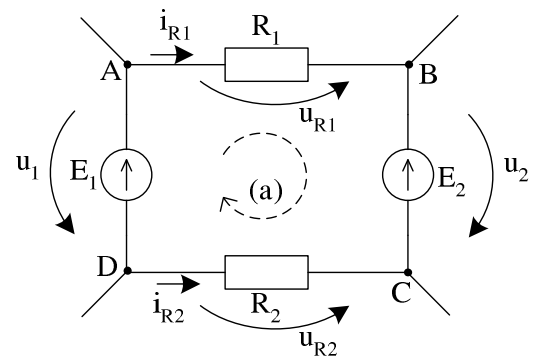
Đi dọc theo 1 vòng kín bất kỳ theo một chiều nào đó, tổng đại số các sức điện động bằng tổng đại số các điện áp trên các điện trở.

$$\sum_{\text{vòng}} E = \sum_{\text{vòng}} i \cdot R \quad (1-17)$$

trong đó :

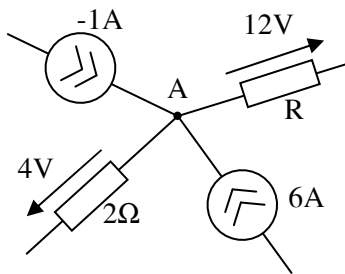
- E nào cùng chiều thì cộng, E nào ngược chiều thì trừ

- i nào cùng chiều thì cộng, i nào ngược chiều thì trừ

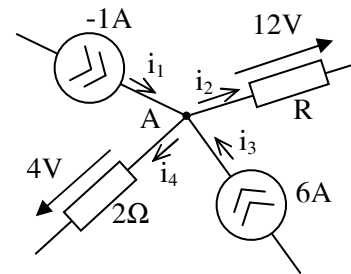


Hình 1.5 – Ví dụ minh họa ĐK2

VÍ DỤ 1: Tìm giá trị điện trở R trên hình 1.6.a



Hình 1.6.a



Hình 1.6.b

Giải

Đặt tên các dòng điện trong nhánh và chọn chiều theo các nguyên tắc đã biết, ta được hình 1.6.b

Với: $i_1 = -1A$; $i_3 = 6 A$; và theo định luật Ohm, dòng qua điện trở 2Ω là $i_4 = 4/2 = 2A$ và dòng qua điện trở R là $i_2 = 12 / R$

Áp dụng ĐK1 cho nút A, ta có :

$$i_1 - i_2 + i_3 - i_4 = 0 \quad \Leftrightarrow \quad -1 - \frac{12}{R} + 6 - 2 = 0$$

Suy ra : $R = 4 \Omega$

VÍ DỤ 2 : Tính dòng điện I_3 và các sức điện động E_1, E_2 trong mạch điện hình 1.7. Cho biết $I_2 = 10\text{A}; I_1 = 4\text{A}; R_1 = 1\ \Omega; R_2 = 2\ \Omega; R_3 = 5\ \Omega$.

Giải

Áp dụng ĐK1 cho nút A :

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

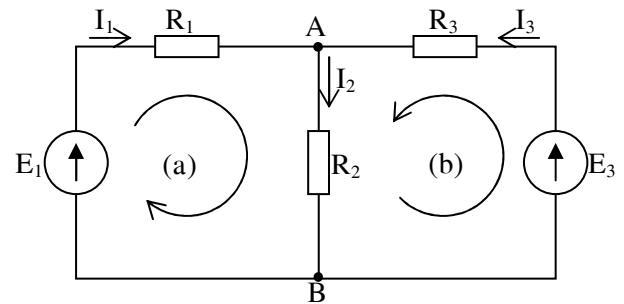
$$\Rightarrow I_3 = I_2 - I_1 = 10 - 4 = 6\text{A}$$

Áp dụng ĐK2 cho vòng (a) :

$$\begin{aligned} E_1 &= I_1 R_1 + I_2 R_2 = 4 \cdot 1 + 10 \cdot 2 \\ &= 24\text{V} \end{aligned}$$

Áp dụng ĐK2 cho vòng (b) :

$$\begin{aligned} E_2 &= I_3 R_3 + I_2 R_2 = 6 \cdot 5 + 10 \cdot 2 \\ &= 50\text{V} \end{aligned}$$



Hình 1.7 – Mạch điện cho ví dụ 2

3. Áp dụng định luật Kirrchoff 2 để tìm điện áp tại 2 điểm bất kỳ trong mạch điện

Khi cần tìm điện áp tại 2 điểm bất kỳ (ví dụ như U_{AB}) nào đó trong mạch điện, ta có thể ứng dụng ĐK2 như sau :

Chọn đường đi từ điểm này (A) đến điểm kia (B) ngang qua các phần tử mà đã biết trước điện áp. Trên đường đi điện áp nào cùng chiều thì ta cộng, điện áp nào ngược chiều thì ta trừ.

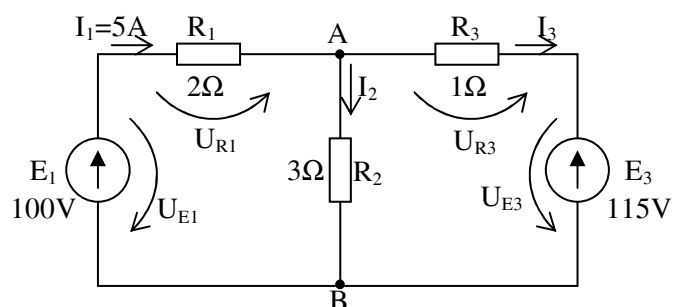
$$U_{AB} = U_{\text{cùng chiều}} - U_{\text{ngược chiều}} \quad (1-18)$$

VÍ DỤ 3 : Cho mạch điện hình 1.8. Tính U_{AB}, I_2 và I_3

Giải

Ta biết : $U_{AB} = I_2 \cdot R_2$, nhưng do I_2 chưa biết nên ta chỉ có thể tìm U_{AB} bằng cách ứng dụng ĐK2 như trên.

Chọn đường từ A đến B theo nhánh có R_1 và E_1 với các điện áp U_{R1} và U_{E1} tương ứng có giá trị và chiều được xác định theo nguyên tắc của từng phần tử mạch điện đã biết. Ta thấy U_{R1} ngược chiều và U_{E1} cùng chiều. Do đó :



Hình 1.8 – Mạch điện cho ví dụ 3

$$U_{AB} = -U_{R1} + U_{E1} = -I_1 \cdot R_1 + E_1 = -5.2 + 100 = 90V$$

$$\text{Dòng } I_2 : I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{90}{3} = 30A$$

Tương tự, ta cũng có

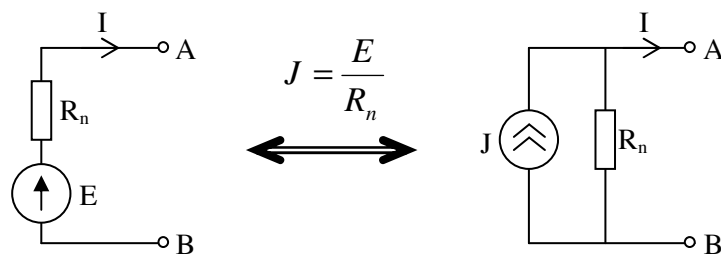
$$U_{AB} = U_{R3} + U_{E3} = I_3 \cdot R_3 + E_3 \Rightarrow I_3 = \frac{U_{AB} - E_3}{R_3} = \frac{90 - 115}{1} = -25A$$

Dòng I_3 có giá trị âm cũng có nghĩa chiều thực tế ngược chiều với chiều đã chọn trên hình 1.8.

1.5. CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI TƯƠNG ĐƯƠNG

1. Biến đổi nguồn điện tương đương

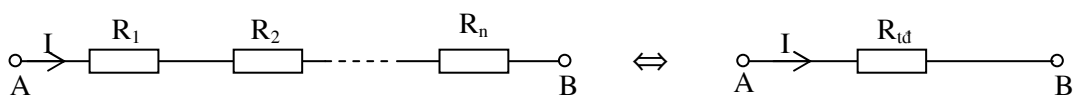
Nguồn điện thực tế bao gồm sức điện động E nối tiếp với điện trở R_n . Khi giải mạch điện đôi khi chúng ta cần biến đổi thành nguồn dòng J mắc song song với điện trở R_n , với $J = E / R_n$ hoặc biến đổi ngược lại tương tự.



Hình 1.9 – Biến đổi nguồn áp thành nguồn dòng và ngược lại

2. Biến đổi điện trở tương đương

a) Các điện trở mắc nối tiếp



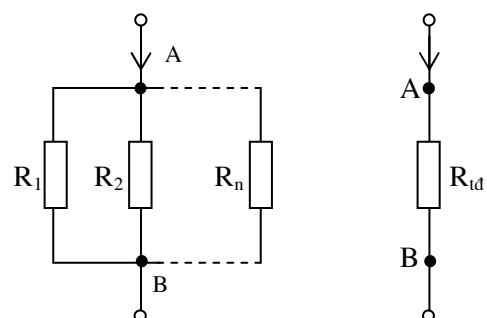
Hình 1.10 – Điện trở tương đương của mạch nối tiếp

$$R_{td} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \tag{1-19}$$

b) Các điện trở mắc song song

$$\frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \tag{1-20}$$

* Khi chỉ có 2 điện trở R_1 và R_2 mắc song song, điện trở tương đương của chúng là:



Hình 1.11 – Điện trở tương đương của mạch song song

$$R_{td} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

c) Biến đổi sao (Y) thành tam giác (Δ) và ngược lại

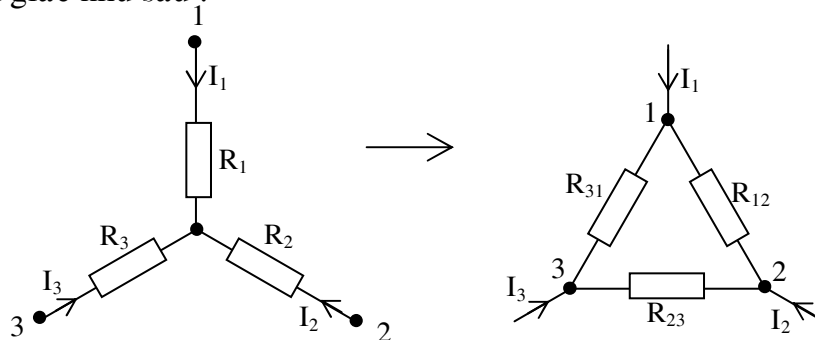
• Biến đổi từ sao thành tam giác Y → Δ

Giả sử có 3 điện trở R_1, R_2, R_3 nối hình sao nằm giữa 3 nút 1, 2, 3. Biến đổi hình sao thành các điện trở đầu tam giác như sau :

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 \cdot R_1}{R_2}$$



Hình 1.12 – Biến đổi Y → Δ

Khi hình sao đối xứng :

thì ta có : $R_1 = R_2 = R_3 = R$

$$R_{12} = R_{23} = R_{31} = 3R$$

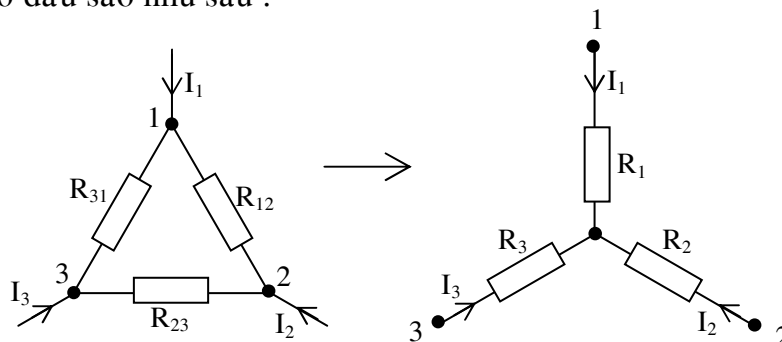
• Biến đổi từ tam giác thành sao Δ → Y

Giả sử có 3 điện trở R_{12}, R_{23}, R_{31} nối hình tam giác nằm giữa 3 nút 1, 2, 3. Biến đổi hình tam giác thành các điện trở đầu sao như sau :

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_3 = \frac{R_{31} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$



Hình 1.13 – Biến đổi Δ → Y

Khi hình tam giác đối xứng :

$R_{12} = R_{23} = R_{31} = R$ thì ta có :

$$R_1 = R_2 = R_3 = \frac{R}{3}$$

VÍ DỤ 4 : Tính dòng điện I chạy qua nguồn của mạch cầu hình 1.14. Biết $R_n = 2\Omega$; $R_1=12 \Omega$; $R_2 = R_3 = 6\Omega$; $R_4 = 21\Omega$; $R_0 = 18\Omega$; $E = 240V$.

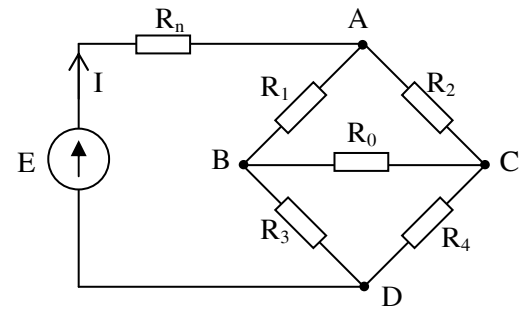
Giải

Biến đổi tam giác ABC (R_1, R_2, R_0) thành hình sao R_A, R_B, R_C (hình 1.15)

$$R_A = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6 + 18} = 2 \Omega$$

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_0}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{12 \cdot 18}{12 + 6 + 18} = 6 \Omega$$

$$R_C = \frac{R_0 \cdot R_2}{R_1 + R_2 + R_0} = \frac{18 \cdot 6}{12 + 6 + 18} = 3 \Omega$$



Hình 1.14

Điện trở tương đương R_{OD} của 2 nhánh song song :

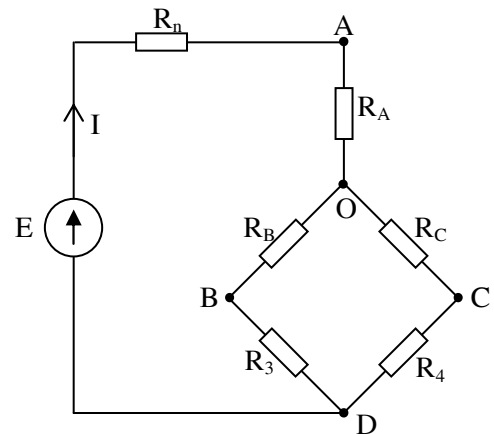
$$\begin{aligned} R_{OD} &= \frac{(R_B + R_3) \cdot (R_C + R_4)}{R_B + R_3 + R_C + R_4} \\ &= \frac{(6 + 6) \cdot (3 + 21)}{6 + 6 + 3 + 21} = 8 \Omega \end{aligned}$$

Điện trở tương đương toàn mạch :

$$R_{td} = R_n + R_A + R_{OD} = 2 + 2 + 8 = 12 \Omega$$

Dòng điện chạy qua nguồn :

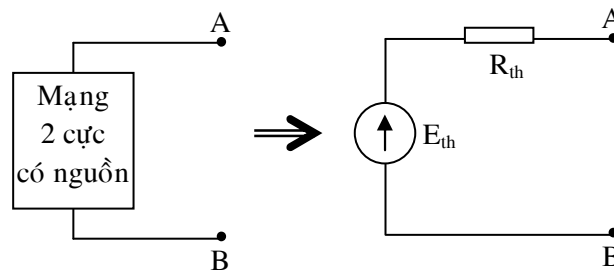
$$I = \frac{E}{R_{td}} = \frac{240}{12} = 20 A$$



Hình 1.15

3. Định lý Thevenin

Một mạng điện 2 cực phức tạp có nguồn có thể được thay thế bằng một mạch điện đơn giản gồm sức điện động E_{th} nối tiếp với điện trở R_{th} (hình 1.16).



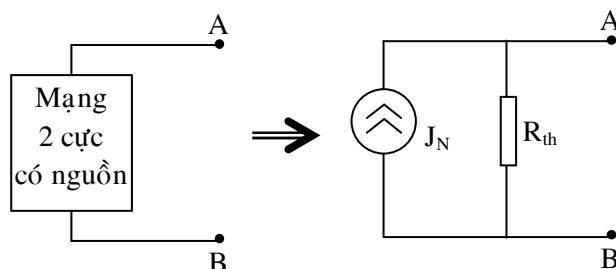
Hình 1.16 – Mạch điện tương đương của mạng 2 cực có nguồn

Trong đó :

- E_{th} : điện áp U_{AB} giữa 2 cực A và B khi hở mạch ngoài
- R_{th} : điện trở tương đương ở 2 cực A và B khi triệt tiêu các nguồn bên trong mạch (nguồn áp thì nối tắt, còn nguồn dòng thì hở mạch)

4. Định lý Norton

Một mạng điện 2 cực phức tạp có nguồn có thể được thay thế bằng một mạch điện đơn giản gồm nguồn dòng J_N song song với điện trở R_{th} (hình 1.17).



Hình 1.17 – Mạch điện tương đương của mạng 2 cực có nguồn

Trong đó :

- J_N bằng dòng điện ngắn mạch giữa 2 cực A và B.
- R_{th} : điện trở tương đương ở 2 cực A và B khi triệt tiêu các nguồn bên trong mạch (như đã xét ở định lý Thevenin).

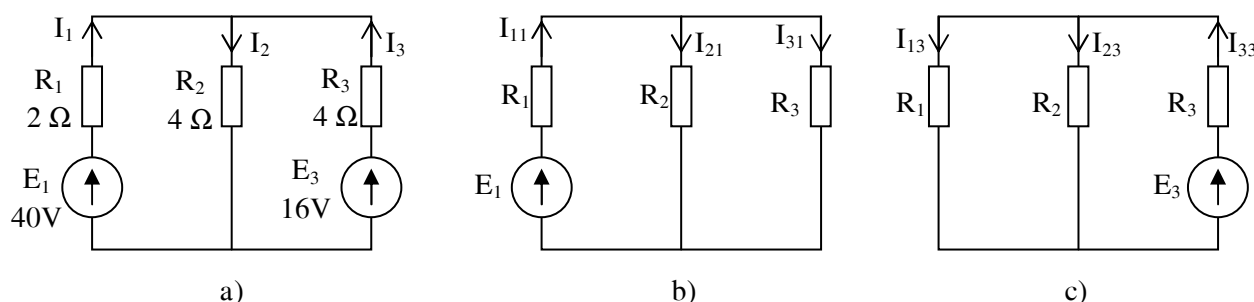
1.6. NGUYÊN LÝ XẾP CHỒNG

Trong mạch điện tuyến tính nhiều nguồn, dòng điện qua mỗi nhánh bằng tổng đại số các dòng điện qua nhánh do tác dụng riêng rẽ của từng nguồn (lúc đó các nguồn khác coi như bằng không). Nguyên lý xếp chồng dùng để nghiên cứu mạch điện có nhiều nguồn tác động.

Trình tự thực hiện phương pháp xếp chồng :

- Bước 1 : Thiết lập sơ đồ mạch điện chỉ có một nguồn nào đó tác động (các nguồn khác thì triệt tiêu : nối tắt nguồn áp, hở mạch nguồn dòng)
- Bước 2 : Tính dòng điện trong mạch với nguồn tác động trên.
- Bước 3 : Thiết lập sơ đồ mạch điện cho nguồn tiếp theo, lặp lại các bước 1 và 2 cho mỗi nguồn tác động.
- Bước 4 : Xếp chồng (cộng đại số) các kết quả tính dòng điện cho mỗi nhánh do các nguồn tác động riêng rẽ.

VÍ DỤ 5 : Tính dòng điện I_2 trong mạch điện hình 1.18a



Hình 1.18 – Mạch điện cho ví dụ 5

Giải

- **Bước 1** : Lập sơ đồ chỉ có một sức điện động E_1 tác động (hình 1.18b), triệt tiêu E_3 (vì là nguồn áp nên ta nối tắt).

- **Bước 2** : Giải sơ đồ hình 1.18b

$$R_{td} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 2 + \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = 4 \Omega$$

$$\text{Dòng điện nhánh 1 do nguồn } E_1 \text{ tác động : } I_{11} = \frac{E_1}{R_{td}} = \frac{40}{4} = 10A$$

$$\text{Dòng điện nhánh 2 do nguồn } E_1 \text{ tác động : } I_{21} = \frac{I_{11} \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10 \cdot 4}{4 + 4} = 5A$$

- **Bước 3** : Lập sơ đồ chỉ có một sức điện động E_3 tác động (hình 1.18c), triệt tiêu E_1 (vì là nguồn áp nên ta nối tắt). Giải sơ đồ hình 1.18c ta có :

$$R_{td} = R_3 + \frac{R_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1} = 4 + \frac{4 \cdot 2}{4 + 2} = \frac{16}{3} \Omega$$

$$\text{Dòng điện nhánh 3 do nguồn } E_3 \text{ tác động : } I_{33} = \frac{E_3}{R_{td}} = \frac{16}{16/3} = 3A$$

$$\text{Dòng điện nhánh 2 do nguồn } E_3 \text{ tác động : } I_{23} = \frac{I_{33} \cdot R_1}{R_1 + R_2} = \frac{3 \cdot 2}{2 + 4} = 1A$$

- **Bước 4** : Xếp chồng kết quả

$$\text{Dòng điện nhánh 2 do cả 2 nguồn tác động : } I_2 = I_{21} + I_{23} = 5 + 1 = 6A$$

1.7. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN PHỨC TẠP

Giải mạch điện là tính dòng điện, điện áp, công suất của các nhánh, các phần tử trong mạch. Có thể tùy ý chọn chiều dòng điện trong các nhánh chưa biết, tuy nhiên chiều điện áp tương ứng phải đúng theo quan hệ dòng – áp của mỗi phần tử (đã khảo sát ở phần III).

1. Phương pháp dòng điện nhánh

Phương pháp này ứng dụng trực tiếp 2 định luật Kirrchoff. Trình tự thực hiện như sau:

- **Bước 1** : Xác định số nút n , số nhánh m . Suy ra số hệ phương trình bằng số nhánh m
- **Bước 2** : Tùy ý vẽ chiều dòng điện cho các nhánh chưa biết.
- **Bước 3** : Viết phương trình ĐK1 cho $(n-1)$ nút đã chọn.
- **Bước 4** : Viết phương trình ĐK2 cho $(m-n+1)$ mạch vòng độc lập
- **Bước 5** : Giải hệ thống m phương trình đã thiết lập, ta được dòng điện trong các nhánh.

VÍ DỤ 6 : Áp dụng phương pháp dòng điện nhánh, tính dòng điện trong các nhánh của mạch điện hình 1.19

Giải

- Bước 1 : Mạch điện có $n = 2$ nút (A và B), $m =$ nhánh (1, 2, 3)

- Bước 2 : Vẽ chiều dòng điện các nhánh I_1, I_2, I_3 như hình 1.19.

- Bước 3 : Số nút cần viết phương trình ĐK1 là : $n - 1 = 1$. Chọn nút A :

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0 \quad (1)$$

- Bước 4 : Số mạch vòng cần viết phương trình ĐK2 là : $m - n + 1 = 3 - 2 + 1 = 2$. Ta chọn 2 mạch vòng (a) và (b) như hình vẽ.

Phương trình ĐK2 cho vòng (a) :

$$E_1 = R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_2 \Leftrightarrow 10 = 47 \cdot I_1 + 22 \cdot I_2 \quad (2)$$

Phương trình ĐK2 cho vòng (b) :

$$E_3 = R_3 \cdot I_3 + R_2 \cdot I_2 \Leftrightarrow 5 = 68 \cdot I_3 + 22 \cdot I_2 \quad (3)$$

- Bước 5 : Giải hệ 3 phương trình (1), (2), (3) ta được các dòng điện nhánh :

$$I_1 = 138 \text{ mA}$$

$$I_2 = 160 \text{ mA}$$

$$I_3 = 22 \text{ mA}$$

2. Phương pháp dòng mắt lưới (dòng mạch vòng)

Ở phương pháp này, ẩn số trong hệ phương trình không phải là dòng điện các nhánh, mà là dòng mắt lưới chỉ mang ý nghĩa toán học, không có thực. Tìm được giá trị các dòng mắt lưới, từ đó dễ dàng tính được dòng điện các nhánh

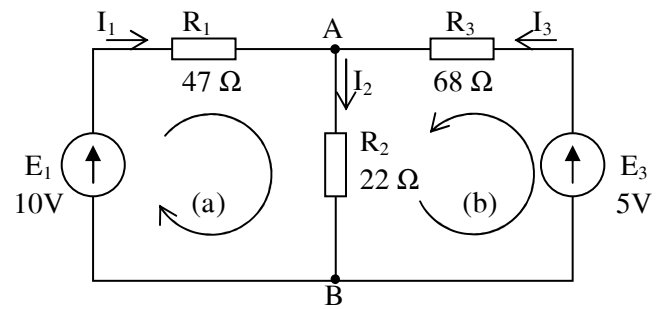
Trình tự thực hiện như sau :

Bước 1 : Tùy ý chọn chiều dòng điện chạy trong các nhánh.

Bước 2 : Xác định số vòng mắt lưới của mạch m

Bước 3 : Chọn chiều của tất cả các dòng mắt lưới theo cùng một chiều duy nhất.

Bước 4 : Lập m hệ phương trình theo nguyên tắc sau :



Hình 1.19 – Mạch điện cho ví dụ 6

Mạch điện có 3 vòng mắt lưới, tương ứng với 3 dòng mắt lưới I_{v1} , I_{v2} , I_{v3} được chọn cùng chiều kim đồng hồ như hình 1.19. Từ đó ta có hệ 3 phương trình :

$$\begin{cases} R_{11} \cdot I_{v1} - R_{12} \cdot I_{v2} - R_{13} \cdot I_{v3} = E_1 \\ -R_{21} \cdot I_{v1} + R_{22} \cdot I_{v2} - R_{23} \cdot I_{v3} = -E_4 \\ -R_{31} \cdot I_{v1} - R_{32} \cdot I_{v2} + R_{33} \cdot I_{v3} = E_4 \end{cases}$$

Trong đó :

$$R_{11} = R_1 + R_2 = 6 + 6 = 12$$

$$R_{22} = R_2 + R_3 + R_4 = 6 + 3 + 12 = 21$$

$$R_{33} = R_4 + R_5 = 12 + 12 = 24$$

$$R_{12} = R_{21} = R_2 = 6$$

$$R_{13} = R_{31} = 0 \text{ (vòng 1 và 3 không dính nhau)}$$

$$R_{23} = R_{32} = R_4 = 12$$

Thay vào hệ phương trình ta được :

$$\begin{cases} 12 \cdot I_{v1} - 6 \cdot I_{v2} = 4 \\ -6 \cdot I_{v1} + 21 \cdot I_{v2} - 12 \cdot I_{v3} = -6 \\ -12 \cdot I_{v2} + 24 \cdot I_{v3} = 6 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên, ta được :

$$\begin{cases} I_{v1} = 0,3 \text{ A} \\ I_{v2} = -0,08 \text{ A} \\ I_{v3} = 0,2 \text{ A} \end{cases}$$

Suy ra dòng nhánh :

$$I_1 = I_{v1} = 0,3 \text{ A}$$

$$I_2 = I_{v1} - I_{v2} = 0,3 - (-0,08) = 0,38 \text{ A}$$

$$I_3 = -I_{v2} = -(-0,08) = 0,08 \text{ A}$$

$$I_4 = -I_{v2} + I_{v3} = -(-0,08) + 0,2 = 0,28 \text{ A}$$

$$I_5 = I_{v3} = 0,2 \text{ A}$$

3. Phương pháp điện thế nút

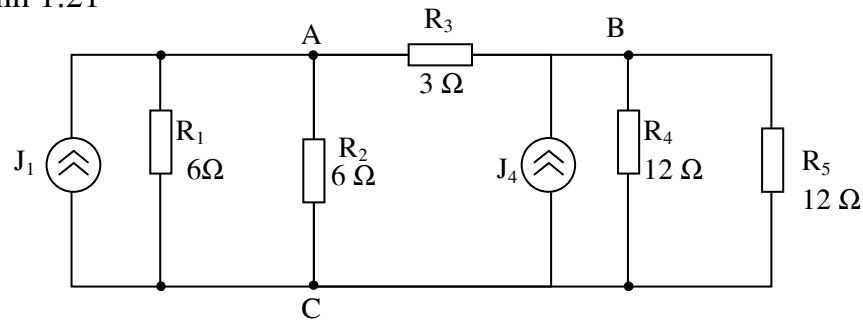
Phương pháp này sử dụng ẩn số trung gian điện thế các nút để thiết lập hệ phương trình. Biết được điện thế các nút, ta dễ dàng tính được dòng điện các nhánh.

Trình tự thực hiện như sau :

Bước 1 : Tuỳ ý chọn chiều dòng điện chạy trong các nhánh.

Giải

Biến đổi các sức điện động nối tiếp với điện trở thành nguồn dòng song song với điện trở ta được hình 1.21



Hình 1.21 – Mạch điện cho ví dụ 8

Chọn nút C làm chuẩn có điện thế $\varphi_C = 0$ V. Tìm điện thế 2 nút còn lại là φ_A và φ_B . Ta có hệ phương trình :

$$\begin{cases} G_{AA} \cdot \varphi_A - G_{AB} \cdot \varphi_B = \sum_A J \\ -G_{BA} \cdot \varphi_A + G_{BB} \cdot \varphi_B = \sum_B J \end{cases}$$

Trong đó :

$$G_{AA} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

$$G_{BB} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{3} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

$$G_{AB} = G_{BA} = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{3}$$

$$\sum_A J = J_1 = \frac{E_1}{R_1} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

$$\sum_B J = J_4 = \frac{E_4}{R_4} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$$

Thay vào hệ phương trình, ta được :

$$\begin{cases} \frac{2}{3} \cdot \varphi_A - \frac{1}{3} \cdot \varphi_B = \frac{2}{3} \\ -\frac{1}{3} \cdot \varphi_A + \frac{1}{2} \cdot \varphi_B = \frac{1}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 2 \cdot \varphi_A - \varphi_B = 2 \\ -2 \cdot \varphi_A + 3 \cdot \varphi_B = 3 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \varphi_A = 2,25 \text{ V} \\ \varphi_B = 2,5 \text{ V} \end{cases}$$

Trở lại hình 1.20, ta thấy :

- Theo nhánh 1 : $U_{AC} = \varphi_A - \varphi_C = -I_1 \cdot R_1 + E_1$

$$\text{suy ra : } I_1 = \frac{E_1 - \varphi_A}{R_1} = \frac{4 - 2,25}{6} = 0,29 A$$

$$\text{- Theo nhánh 2 : } I_2 = \frac{U_{AC}}{R_2} = \frac{\varphi_A - \varphi_C}{R_2} = \frac{2,25}{6} = 0,375 A$$

$$\text{- Theo nhánh 3 : } I_3 = \frac{U_{BA}}{R_3} = \frac{\varphi_B - \varphi_A}{R_3} = \frac{2,5 - 2,25}{3} = 0,083 A$$

$$\text{- Theo nhánh 4 : } U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = -I_4 \cdot R_4 + E_4$$

$$\text{suy ra : } I_4 = \frac{E_4 - \varphi_B}{R_4} = \frac{6 - 2,5}{12} = 0,29 A$$

$$\text{- Theo nhánh 5 : } I_3 = \frac{U_{BC}}{R_5} = \frac{\varphi_B - \varphi_C}{R_3} = \frac{2,5}{12} = 0,2 A$$

Phương pháp điện thế nút được sử dụng khi mạch điện có nhiều nhánh nhưng ít nút. Đặc biệt khi mạch chỉ có 2 nút, ta dễ dàng tính được điện thế của nút.

VÍ DỤ 9 : Giải mạch điện hình 1.22.

Chọn $\varphi_B = 0$, vậy chỉ còn điện thế φ_A là ẩn số.

Ta có phương trình :

$$G_{AA} \cdot \varphi_A = \sum_A J = J_1 - J_3$$

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \cdot \varphi_A = \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_3}{R_3}$$

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{10} \right) \cdot \varphi_A = \frac{10}{2} - \frac{4}{10}$$

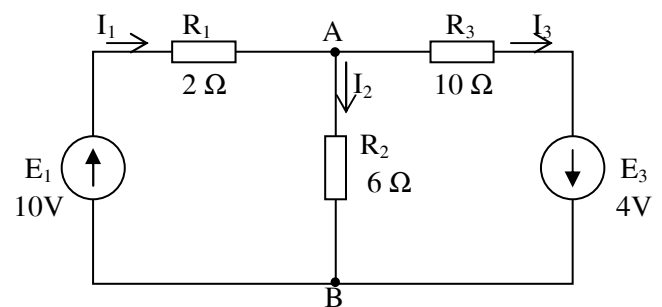
$$\frac{23}{30} \cdot \varphi_A = 4,6 \Rightarrow \varphi_A = 6 V$$

Dòng các nhánh :

$$I_1 = \frac{E_1 - \varphi_A}{R_1} = \frac{10 - 6}{2} = 2 A$$

$$I_2 = \frac{\varphi_A}{R_2} = \frac{6}{6} = 1 A$$

$$I_3 = \frac{\varphi_A + E_3}{R_3} = \frac{6 + 4}{10} = 1 A \quad \text{hoặc} \quad I_3 = I_1 - I_2 = 2 - 1 = 1 A$$



Hình 1.22 – Mạch điện cho ví dụ 9

4. Phương pháp tỉ lệ

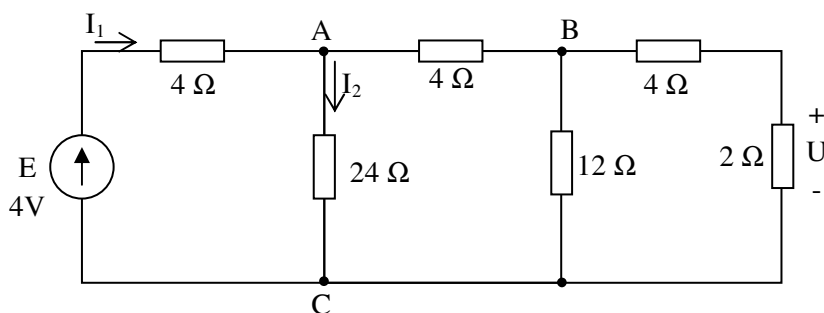
Đối với những mạch chỉ có một nguồn tác động, nhưng có nhiều nút hoặc nhiều nhánh, nếu áp dụng các phương pháp trên thì số lượng phương trình sẽ lớn, gây khó khăn trong việc tính toán. Còn nếu dùng phương pháp biến đổi điện trở tương đương thì sau mỗi lần biến đổi phải vẽ lại mạch để cuối cùng còn lại điện trở tương đương toàn mạch nối với nguồn, sau đó tính dòng và áp đi về lại các nhánh, phương pháp này cũng mất nhiều thời gian tính toán và vẽ lại mạch.

Trong trường hợp này, ta có thể sử dụng phương pháp tỉ lệ để giải mà không cần phải vẽ lại mạch. Phương pháp này dựa theo nguyên tắc : khi sức điện động E của nguồn áp (hoặc J của nguồn dòng) thay đổi bao nhiêu lần thì dòng và áp tại nhánh và nút của mạch đều thay đổi với tỉ lệ tương ứng.

*Trình tự thực hiện :

- Ban đầu coi như chưa biết giá trị E (hoặc J) của nguồn.
- Chọn một nhánh nào đó trong mạch (thường chọn nhánh xa nguồn nhất) và tùy ý chọn trước giá trị của dòng (hay áp) của nhánh đó. Thường ta chọn giá trị đơn giản $I=1A$ hoặc $U=1V$.
- Lần lượt tính các điện áp và dòng điện ngược dần về phía nguồn, từ đó tìm được giá trị E (hoặc J) giả định của nguồn.
- So sánh với giá trị thực của nguồn : nếu E (hoặc J) giả định chênh lệch bao nhiêu lần so với E (hoặc J) thực tế thì tất cả các giá trị dòng và áp (vừa tính được ở trên) cũng chênh lệch bấy nhiêu lần. Từ đó suy ra giá trị thực của dòng và áp cần tìm.

VÍ DỤ 10 : Tìm i_1, i_2 và U trên hình 1.23

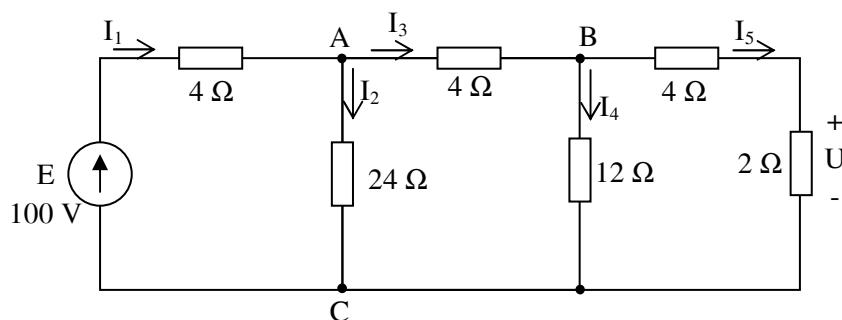


Hình 1.23 – Mạch điện cho ví dụ 10

Giải

Vẽ chiều dòng điện cho các nhánh còn lại ta được hình 1.24.

Giả sử ban đầu ta chọn $U = 2V$, nguồn E xem như chưa biết, cần phải tìm.



Hình 1.24 – Mạch điện cho ví dụ 10

$$\text{Suy ra : } I_5 = \frac{U}{2\Omega} = \frac{2}{2} = 1 A$$

$$\text{Điện áp } U_{BC} \text{ dọc theo nhánh 5 : } U_{BC} = 4.I_5 + U = 4.1 + 2 = 6 V$$

$$\text{Theo nhánh 4, ta có : } I_4 = \frac{U_{BC}}{12\Omega} = \frac{6}{12} = 0,5 A$$

$$\text{Áp dụng ĐK1 tại nút B, ta có : } I_3 = I_4 + I_5 = 0,5 + 1 = 1,5 A$$

Điện áp U_{AC} đi dọc theo nhánh 3 và 4 :

$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 4.I_3 + 6 = 4.1,5 + 6 = 12 V$$

$$\text{Theo nhánh 2, ta có : } I_2 = \frac{U_{AC}}{24\Omega} = \frac{12}{24} = 0,5 A$$

$$\text{Áp dụng ĐK1 tại nút A, ta có : } I_1 = I_2 + I_3 = 0,5 + 1,5 = 2 A$$

Mặt khác, điện áp U_{AC} dọc theo nhánh 1 :

$$U_{AC} = -4.I_1 + E = -4.2 + E = 12 V$$

Ta tìm được : $E = 20 V$

Theo đề bài : thực tế $E = 100 V$, nghĩa là cao gấp 5 lần giá trị E giả định. Suy ra các giá trị thực của dòng và áp trong mạch cũng cao gấp 5 lần giá trị giả định tìm được ở trên. Vậy ta được kết quả :

$$\text{Giả định: } E = 20 V \quad \text{thì : } I_1 = 2 A ; I_2 = 0,5 A ; \quad U = 2 V$$

$$\text{Thực tế : } E = 100 V \quad \text{thì : } I_1 = 10 A ; I_2 = 2,5 A ; \quad U = 10 V$$

BÀI TẬP CHƯƠNG 1

1.1. Một tải có điện trở $R = 19 \Omega$ đấu vào nguồn điện một chiều có $E = 100 V$, điện trở trong của nguồn $R_n = 1 \Omega$. Tính dòng điện I , điện áp U và công suất P của tải

$$\text{ĐS : } I = 5A, U = 95V, P = 475W$$

1.2. Cho một nguồn điện một chiều có sức điện động $E = 50V$, điện trở trong $R_n = 0,1\Omega$. Nguồn cung cấp cho tải có điện trở R . Biết công suất tổn hao trong nguồn là $10W$. Tính dòng điện I , điện áp U , giữa 2 cực của nguồn điện, điện trở R và công suất P tải tiêu thụ.

$$\text{ĐS : } I = 10A; U = 49V; R = 4,9\Omega; P = 490W$$

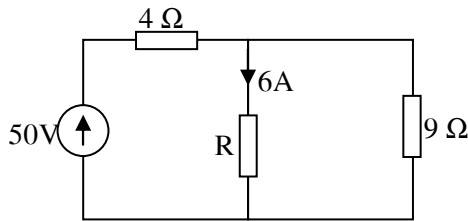
1.3. Tính giá trị điện trở R trên hình B1-3.

$$\text{ĐS : } 3\Omega$$

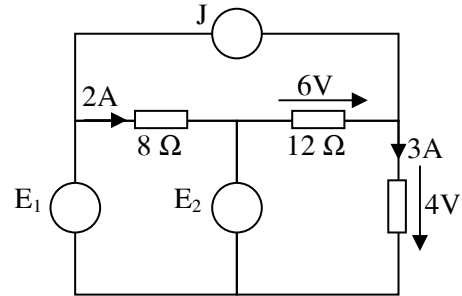
1.4. Cho mạch điện hình B1-4, trong đó 2 nguồn áp và 1 nguồn dòng chưa biết giá trị và chiều.

1) Tính công suất tiêu thụ trong từng điện trở.

- 2) Tính dòng điện trong từng nhánh.
- 3) Tính điện áp ở hai đầu từng nhánh.
- 4) Xác định chiều của các nguồn và tính công suất do từng nguồn phát ra hoặc tiêu thụ. Kiểm tra định luật bảo toàn công suất trong mạch.

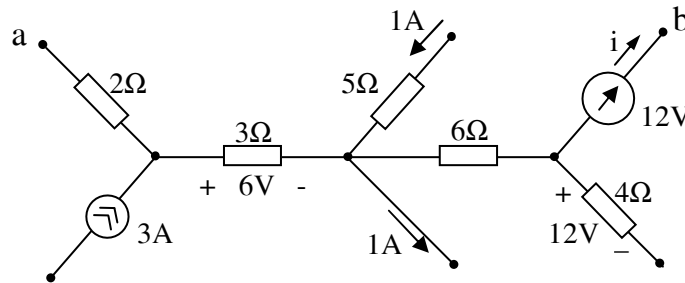


Hình B1-3



Hình B1-4

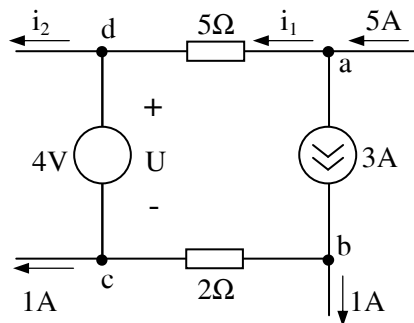
1.5. Tìm i và u_{ab} trên hình B1-5



Hình B1-5

ĐS : $-1A, 4V$

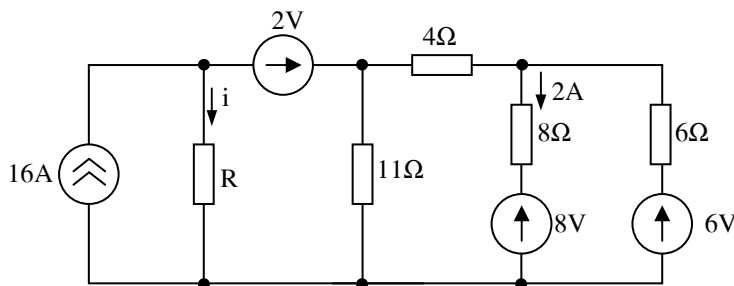
1.6. Tìm i_1, i_2 và u_{ab} trên hình B1-6



Hình B1-6

ĐS : $2A; 3A; 10V$

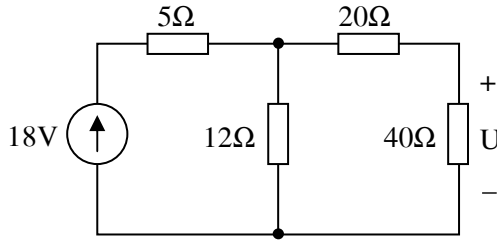
1.7. Tìm i và R trên hình B1-7



Hình B1-7

ĐS : $7A; 6\Omega$

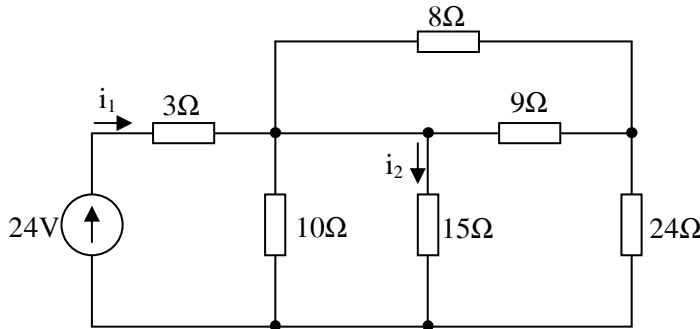
1.8. Tìm U trên hình B1-8



Hình B1-8

ĐS : 8V

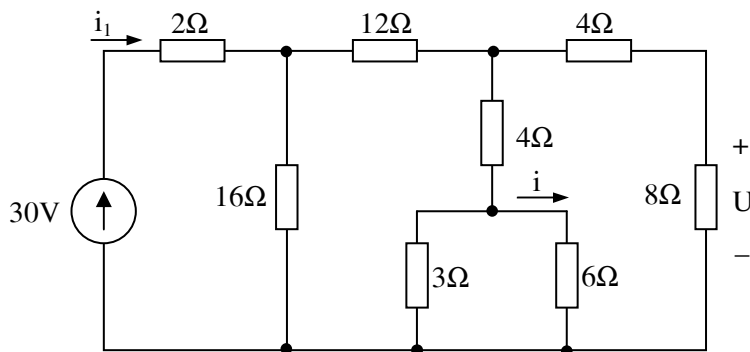
1.9. Tìm i_1 và i_2 trên hình B1-9



Hình B1-9

ĐS : 3A; 1A

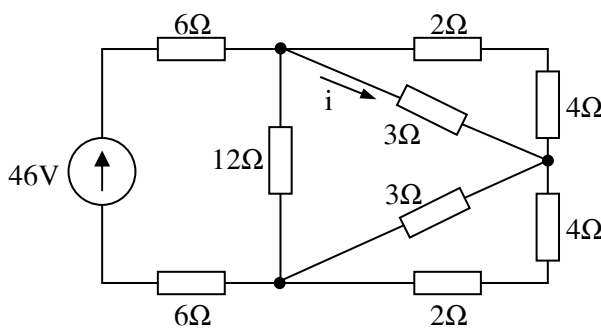
1.10. Tìm i, i_1 và U trên hình B1-10



Hình B1-10

ĐS : 1/3 A; 3A; 4V

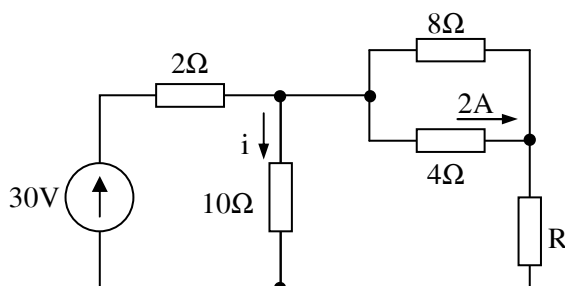
1.11. Tìm i trên hình B1-11



Hình B1-11

ĐS : 1,5A

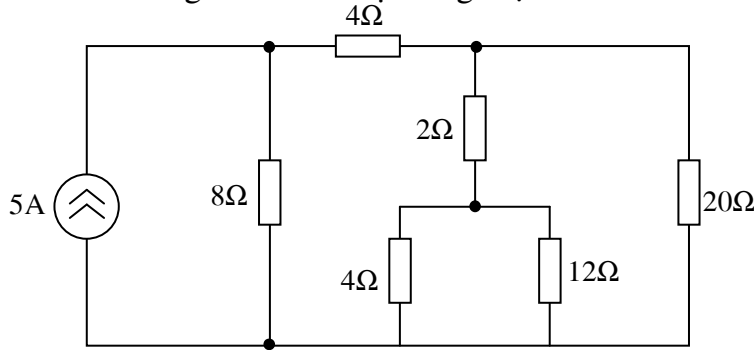
1.12. Tìm i và R trên hình B1-12



Hình B1-12

ĐS : 2A, 4Ω

1.13. Tính công suất tiêu thụ trong điện trở 12Ω hình B1-13



Hình B1-13

ĐS : 3W

1.14. Để chế tạo một bếp điện công suất 600W, điện áp 220V, người ta dùng dây điện trở. Tính :

a) Dòng điện bếp tiêu thụ

b) Điện trở của bếp

c) Nếu dùng điện trở chiều dài 5m, điện trở suất ở nhiệt độ làm việc bằng $1,3 \cdot 10^{-6} \Omega m$ thì đường kính của dây bằng bao nhiêu?

ĐS : a) 2,73A; b) 80,6Ω; c) 0,32mm

1.15. Tính dòng điện trong các nhánh hình B1-15 bằng phương pháp dòng mắt lưới

Biết :

$E_1 = 4V; E_2 = 2V$

$R_1 = R_2 = 0,5\Omega$

$R_3 = 2\Omega$

$R_4 = R_5 = R_6 = 6\Omega$

ĐS : $i_1 = 1,29A$

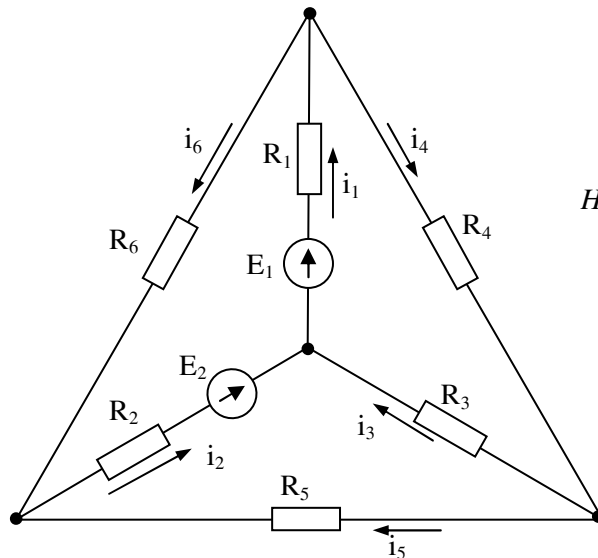
$i_2 = 1,1A$

$i_3 = 0,19A$

$i_4 = 0,495A$

$i_5 = 0,305A$

$i_6 = 0,795A$



Hình B1-13

Hình B1-15

1.16. Tính dòng điện trong các nhánh hình B1-16 bằng phương pháp dòng mắt lưới

Biết :

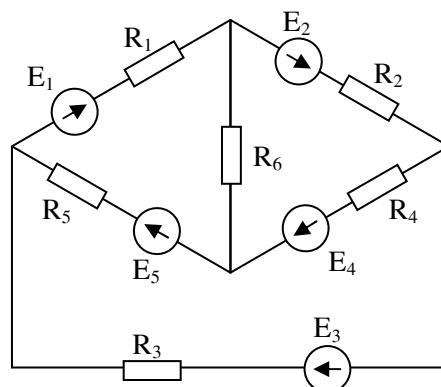
$E_1 = 18V; E_2 = E_3 = 5V;$

$E_4 = 15V; E_5 = 3V$

$R_1 = 1\Omega; R_2 = 2\Omega;$

$R_3 = R_6 = 5\Omega;$

$R_4 = R_5 = 1\Omega.$



Hình B1-16

1.17. Tính dòng điện trong các nhánh hình B1-17 bằng phương pháp dòng mắt lưới

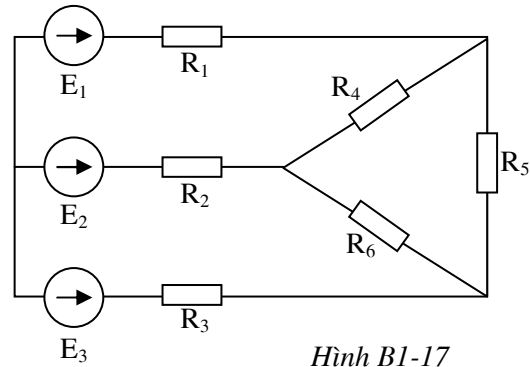
Biết :

$$E_1 = 140V; E_2 = 80V; E_3 = 160V$$

$$R_1 = R_3 = 0,5\Omega;$$

$$R_2 = 1\Omega;$$

$$R_4 = R_5 = R_6 = 3\Omega.$$



Hình B1-17

1.18. Giải mạch điện hình B1-18 bằng các phương pháp :

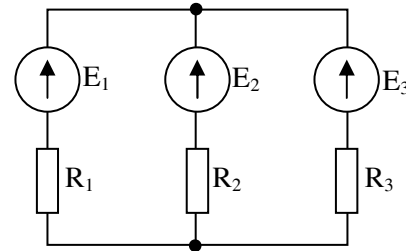
- Dòng mắt lưới

- Điện thế nút

Biết :

$$E_1 = E_3 = 60V; E_2 = 80V;$$

$$R_1 = 200\Omega; R_2 = 200\Omega; R_3 = 10\Omega$$



Hình B1-18

$$ĐS : i_1 = 0,038A; i_2 = 0,12A; i_3 = 0,079A$$

1.19. Giải mạch điện hình B1-19 bằng các phương pháp :

- Dòng mắt lưới

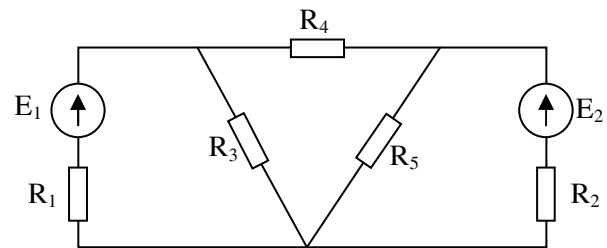
- Điện thế nút

Biết :

$$E_1 = 3,6V; E_2 = 4,8V;$$

$$R_1 = R_2 = 0,5\Omega; R_3 = 2\Omega;$$

$$R_4 = 1,6\Omega; R_5 = 2\Omega;$$



Hình B1-19

$$ĐS : i_1 = 1,16A; i_2 = 2,27A; i_3 = 1,52A; i_4 = -0,4A; i_5 = 1,84A$$

CHƯƠNG 2 : DÒNG ĐIỆN SIN

2.1. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CHO DÒNG ĐIỆN SIN

Dòng điện sin là dòng điện xoay chiều biến đổi theo qui luật hình sin với thời gian.

Trị số của dòng điện, điện áp hình sin ở một thời điểm t gọi là *trị tức thời* và được biểu diễn bằng:

$$i = I_{max} \sin(\omega t + \psi_i) \quad (\text{A}) \quad (2-1)$$

$$u = U_{max} \sin(\omega t + \psi_u) \quad (\text{V}) \quad (2-2)$$

Trong đó : i, u – trị tức thời của dòng điện, điện áp.

I_{max}, U_{max} – trị cực đại (biên độ) của dòng điện, điện áp.

ψ_i, ψ_u – góc pha ban đầu của dòng điện, điện áp. Pha ban đầu là pha ở thời điểm $t=0$, phụ thuộc vào việc chọn tọa độ thời gian, pha ban đầu có thể bằng 0, âm hoặc dương.

ω - tần số góc, đơn vị của ω là rad/s

Chu kỳ T là khoảng thời gian ngắn nhất mà dòng điện sin lặp lại trị số và chiều biến thiên.

Tần số f là số chu kỳ của dòng điện trong một giây :

$$f = \frac{1}{T}, \text{ đơn vị của tần số } f \text{ là héc,}$$

ký hiệu là Hz.

Quan hệ giữa tần số f và tần số góc ω là:

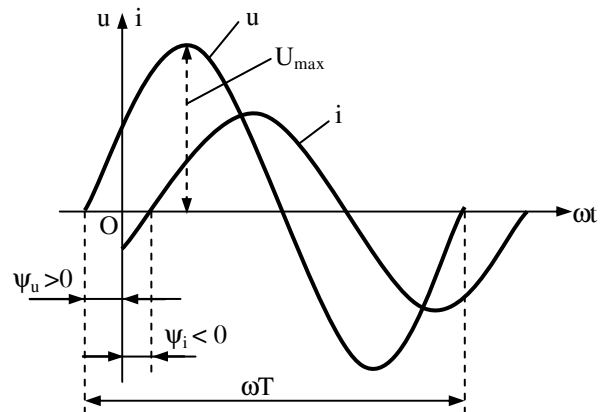
$$\omega = 2\pi f$$

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện ký hiệu là φ và được định nghĩa như sau :

$$\varphi = \psi_u - \psi_i \quad (2-3)$$

Góc φ phụ thuộc vào thông số của mạch điện, khi :

- $\varphi > 0$: điện áp vượt trước dòng điện
- $\varphi < 0$: điện áp chậm sau dòng điện
- $\varphi = 0$: điện áp trùng pha dòng điện



Hình 2.1 – Điện áp và dòng điện sin

2.2. trị hiệu dụng của dòng điện và điện áp sin

Trị hiệu dụng của dòng $i(t)$ có chu kỳ T được tính bằng dòng một chiều I sao cho khi chạy qua cùng một điện trở R thì sẽ tạo ra cùng một công suất trung bình.

Trị hiệu dụng được tính như sau :

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad (2-4)$$

Thay thế $i = I_{max} \sin \omega t$ vào biểu thức trên, ta được :

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_{max}^2 \sin^2 \omega t dt} = \sqrt{\frac{I_{max}^2}{2}} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

Vậy trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin là :

$$I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \approx 0,707 I_{max} \quad (2-5)$$

Tương tự, ta được trị hiệu dụng của điện áp và sức điện động hình sin :

$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \approx 0,707 U_{max} \quad (2-6)$$

$$E = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \approx 0,707 E_{max} \quad (2-7)$$

Thay thế trị số I_{max} và U_{max} theo (2-5) và (2-6) vào biểu thức (2-1) và (2-2), ta được biểu thức tức thời viết theo trị hiệu dụng như sau :

$$i = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_i) \quad (2-8)$$

$$u = U\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_u) \quad (2-9)$$

***Chú ý :** Để phân biệt cần chú ý các ký hiệu :

- i, u – trị tức thời, ký hiệu chữ thường
- I, U – trị hiệu dụng, ký hiệu chữ in hoa
- I_{max}, U_{max} – trị cực đại (biên độ)

Trị hiệu dụng là đại lượng quan trọng của mạch điện xoay chiều. Trong thực tế, khi nói trị số dòng điện 10A, hay điện áp 220V ta hiểu đó là trị số hiệu dụng của chúng. Các số ghi trên các dụng cụ và thiết bị thường là trị hiệu dụng. Giá trị đo được của ampe kế và vôn kế xoay chiều cũng là trị hiệu dụng. Trị hiệu dụng thường được dùng trong các công thức tính toán và đồ thị vector.

2.3. BIỂU DIỄN DÒNG ĐIỆN SIN BẰNG VECTƠ

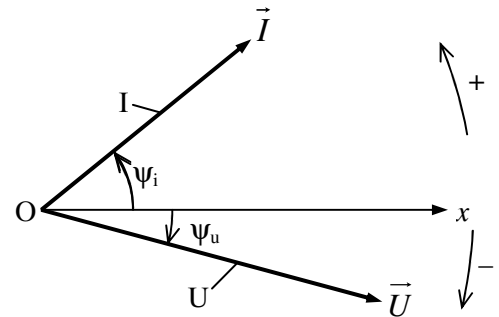
Từ biểu thức trị số tức thời của dòng điện :

$$i = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_i)$$

Ta thấy, khi tần số đã cho, nếu biết trị hiệu dụng I và pha ban đầu ψ_i , thì dòng điện i hoàn toàn được xác định. Từ đó, ta có thể dùng vectơ \vec{I} để biểu diễn dòng điện hình sin i như sau (hình 2.2):

- Độ dài vectơ \vec{I} bằng trị hiệu dụng I

- Góc của vectơ \vec{I} với trục Ox bằng góc pha ban đầu ψ_i



Hình 2.2

Việc biểu diễn bằng vectơ thuận tiện cho việc so sánh hoặc thực hiện các phép tính cộng, trừ dòng điện, điện áp.

Định luật Kirrchoff 1 biểu diễn bằng vectơ :

$$\sum_{\text{nút}} \vec{I} = 0$$

Định luật Kirrchoff 2 biểu diễn bằng vectơ :

$$\sum_{\text{vòng}} \vec{U} = 0$$

Dựa vào cách biểu diễn các đại lượng và định luật Kirrchoff bằng vectơ, ta có thể giải mạch điện xoay chiều hình sin bằng đồ thị vectơ.

2.4. QUAN HỆ GIỮA DÒNG ĐIỆN, ĐIỆN ÁP TRONG MỘT NHÁNH

1. Nhánh thuần điện trở R :

Khi dòng điện qua điện trở là :

$$i_R = I_R \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{iR})$$

Điện áp trên điện trở sẽ là :

$$u_R = R.i_R = R.I_R \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{iR})$$

So sánh với biểu thức tổng quát của điện áp trên điện trở :

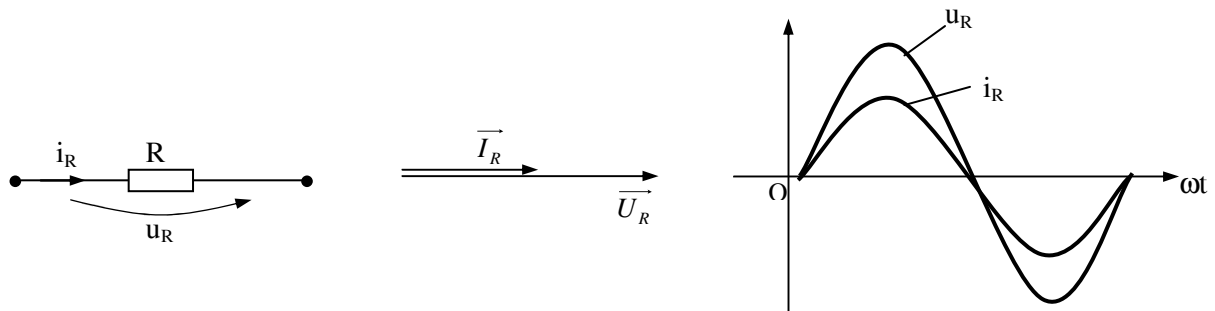
$$u_R = U_R \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{uR})$$

Ta rút ra quan hệ giữa dòng và áp trên điện trở :

- Trị hiệu dụng : $U_R = R.I_R$ hoặc $I_R = \frac{U_R}{R}$ (2-10)

- Góc pha ban đầu : $\psi_{uR} = \psi_{iR} \Rightarrow$ dòng và áp trùng pha (2-11)

- Góc lệch pha giữa áp và dòng : $\varphi_R = \psi_{u_R} - \psi_{i_R} = 0$ (2-12)



Hình 2.3 – Mạch thuần trở

2. Nhánh thuần điện cảm L :

Khi dòng điện qua điện cảm L là :

$$i_L = I_L \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{i_L})$$

Điện áp trên điện cảm sẽ là :

$$u_L = L \cdot \frac{di_L}{dt} = L \cdot \frac{d[I_L \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{i_L})]}{dt} = \omega L \cdot I_L \sqrt{2} \sin\left(\omega t + \psi_{i_L} + \frac{\pi}{2}\right)$$

So sánh với biểu thức tổng quát của điện áp trên điện cảm :

$$u_L = U_L \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{u_L})$$

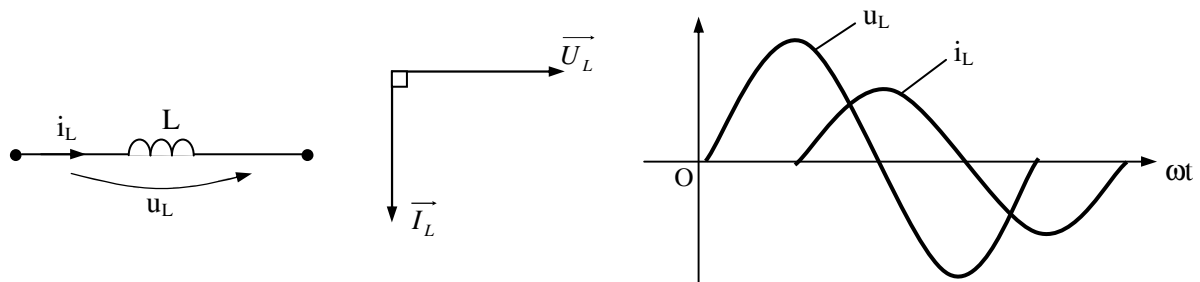
Ta thấy : $U_L = \omega L \cdot I_L$ và $\psi_{u_L} = \psi_{i_L} + \frac{\pi}{2}$

Gọi $X_L = \omega L$ là cảm kháng của cuộn dây, có đơn vị là Ω

(L – đơn vị là H, $\omega = 2\pi f$ – đơn vị là rad/s)

Từ đó, ta rút ra quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên điện cảm :

- Trị hiệu dụng : $U_L = X_L \cdot I_L$ hoặc $I_L = \frac{U_L}{X_L}$ (2-13)
- Góc pha : $\psi_{u_L} = \psi_{i_L} + \frac{\pi}{2} \Rightarrow$ điện áp nhanh pha hơn dòng điện 1 góc $\frac{\pi}{2}$ (2-14)
- Góc lệch pha giữa áp và dòng : $\varphi_L = \psi_{u_L} - \psi_{i_L} = \frac{\pi}{2}$ (2-15)



Hình 2.4 – Mạch thuần cảm

3. Nhánh thuần điện dung C :

Khi điện áp trên tụ điện C là :

$$u_C = U_C \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{u_C})$$

Dòng điện qua tụ sẽ là :

$$i_C = C \frac{du_C}{dt} = C \frac{d[U_C \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{u_C})]}{dt} = C \omega U_C \sqrt{2} \sin\left(\omega t + \psi_{u_C} + \frac{\pi}{2}\right)$$

So sánh với biểu thức tổng quát của dòng điện qua tụ :

$$i_C = I_C \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{i_C})$$

Ta thấy : $I_C = C \omega U_C$ và $\psi_{i_C} = \psi_{u_C} + \frac{\pi}{2}$

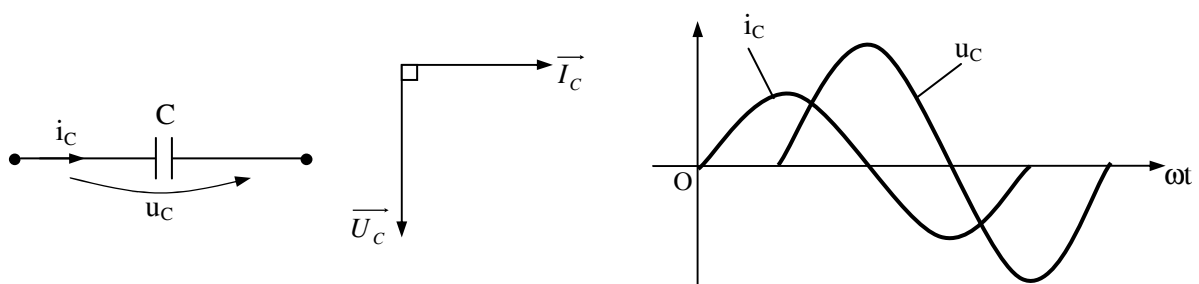
Gọi $X_C = \frac{1}{\omega C}$ là dung kháng của tụ điện, đơn vị là Ω (C – đơn vị là F)

Từ đó, ta rút ra quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên tụ điện :

- *Trị hiệu dụng* : $I_C = \frac{U_C}{X_C}$ hoặc $U_C = X_C \cdot I_C$ (2-16)

- *Góc pha* : $\psi_{u_C} = \psi_{i_C} - \frac{\pi}{2} \Rightarrow$ điện áp chậm pha hơn dòng điện 1 góc $\pi/2$ (2-17)

- *Góc lệch pha giữa áp và dòng* : $\varphi_C = \psi_{u_C} - \psi_{i_C} = -\frac{\pi}{2}$ (2-18)



Hình 2.5 – Mạch thuần dung

4. Nhánh R-L-C nối tiếp

Khi dòng điện qua nhánh R-L-C nối tiếp là :

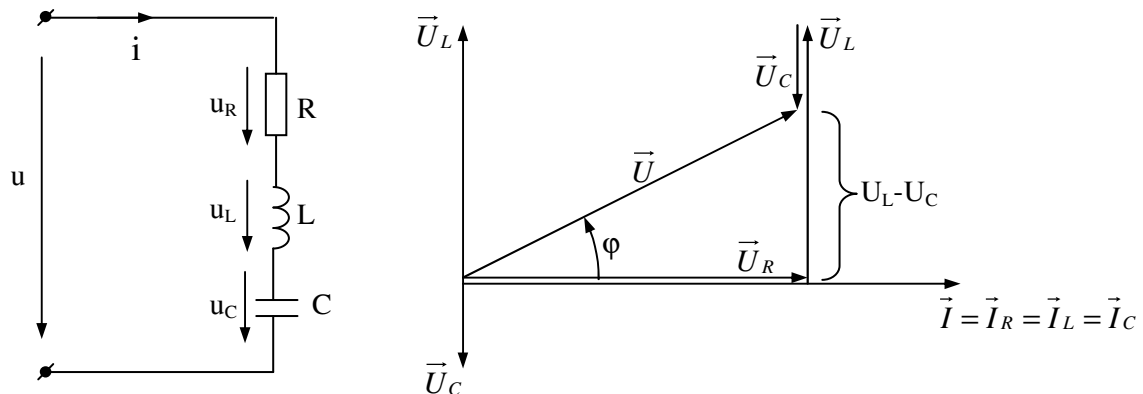
$$i = I \sqrt{2} \sin \omega t$$

Sẽ gây ra các điện áp u_R , u_L , u_C . Điện áp ở hai đầu của nhánh là :

$$u = u_R + u_L + u_C$$

Biểu diễn bằng vectơ, ta có : $\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$

Chọn vectơ \vec{I} làm gốc (vì mạch nối tiếp nên dòng qua các phần tử giống nhau), dựa vào quan hệ giữa dòng và áp trên từng phần tử, ta vẽ được các vectơ điện áp của mỗi phần tử.



Hình 2.6 – Mạch R-L-C nối tiếp

Từ đồ thị vectơ, ta tính được trị số hiệu dụng của điện áp nguồn u :

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{(IR)^2 + (I.X_L - I.X_C)^2} = I\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Gọi : $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ là tổng trở của mạch R-L-C nối tiếp, đơn vị là Ω

Ta được : $U = I.Z$

Góc lệch pha giữa điện áp \vec{U} và dòng điện \vec{I} là :

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

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right)$$

Ta có kết luận như sau :

- Quan hệ giữa trị hiệu dụng của điện áp và dòng điện trong nhánh R-L-C nối tiếp :

$$U = I.Z \quad \text{hoặc} \quad I = \frac{U}{Z} \quad (2-19)$$

$$\text{Trong đó :} \quad Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (2-20)$$

$$X = X_L - X_C = \omega L - \frac{1}{\omega C} \text{ gọi là điện kháng của mạch}$$

- Góc lệch pha giữa giữa điện áp và dòng điện :

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) \quad (2-21)$$

- Khi $X_L > X_C$: nhánh có tính cảm, $\varphi > 0$, điện áp nhanh pha hơn dòng điện.

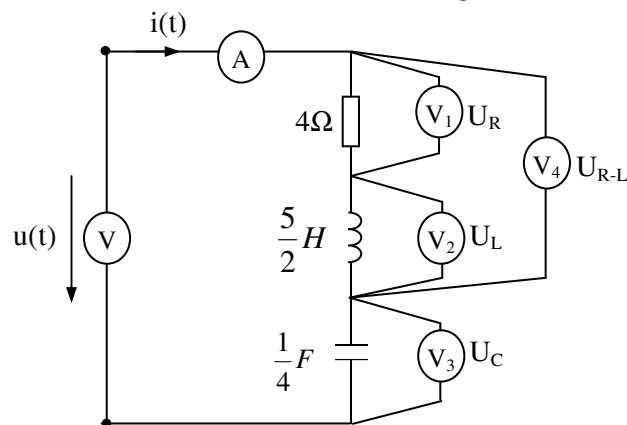
- Khi $X_L < X_C$: nhánh có tính dung, $\varphi < 0$, điện áp chậm pha hơn dòng điện.
- Khi $X_L = X_C$, $X = X_L - X_C = 0$, $\varphi = 0$, điện áp trùng pha với dòng điện, nhánh R-L-C lúc này có hiện tượng cộng hưởng nối tiếp, dòng điện trong mạch có trị số lớn nhất là $I = \frac{U}{R}$ và trùng pha với điện áp.

Điều kiện để có cộng hưởng nối tiếp là : $\omega L = \frac{1}{\omega C}$

Tần số cộng hưởng là : $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

VÍ DỤ 11 : Cho mạch điện hình 2.7 với $u(t) = 200\sqrt{2} \sin 2t$ (V)

- 1) Tìm số chỉ của các dụng cụ đo
- 2) Viết biểu thức tức thời của tất cả các đại lượng có độ chỉ trên các dụng cụ đo.



Hình 2.7 – Ví dụ 1

GIẢI

- 1) Các dụng cụ đo chỉ trị hiệu dụng

* Độ chỉ của V : $U = 200V$

* Độ chỉ của A : ta phải tìm I

$$R = 4\Omega; \omega = 2 \text{ rad/s}; X_L = L.\omega = 5\Omega; X_C = \frac{1}{C.\omega} = 2\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{4^2 + (5 - 2)^2} = 5\Omega$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{200}{5} = 40A$$

* Độ chỉ của V_1 : $U_R = R.I = 160V$

* Độ chỉ của V_2 : $U_L = X_L.I = 200V$

* Độ chỉ của V_3 : $U_C = X_C \cdot I = 80 \text{ V}$

* Độ chỉ của V_4 : $UR - L = \sqrt{U_R^2 + U_L^2} = 256 \text{ V}$

2) Góc lệch pha của $u(t)$ và $i(t)$:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{3}{4} \quad \Rightarrow \quad \varphi = 36,9^\circ = \psi_u - \psi_i = 0^\circ - \psi_i \\ \Rightarrow \psi_i &= -36,9^\circ \end{aligned}$$

Vậy :

* $i(t) = 40\sqrt{2} \sin(2t - 36,9^\circ)$

* $u_R(t) = 160\sqrt{2} \sin(2t - 36,9^\circ)$ (cùng pha với i)

* $u_L(t) = 200\sqrt{2} \sin(2t + 53,1^\circ)$ (nhang 90° so với i)

* $u_C(t) = 80\sqrt{2} \sin(2t - 126,9^\circ)$ (chậm 90° so với i)

Riêng $u_{R-L}(t) = u_R(t) + u_L(t)$ được biểu diễn bằng vectơ \vec{U}_{R-L} và sớm pha hơn $i(t)$ một góc φ_1 .

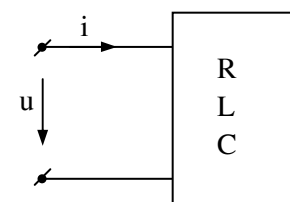
$$\text{Ta có : } \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{X_L}{R} = \frac{5}{4} \text{ vậy } \varphi_1 = 51,3^\circ$$

Suy ra : $u_{R-L}(t) = 256\sqrt{2} \sin(2t - 36,9^\circ + 51,3^\circ) = 256\sqrt{2} \sin(2t + 14,4^\circ)$

2.5. CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN HÌNH SIN

Xét trường hợp tổng quát, mạch điện có thể chứa một hay nhiều phần tử, có một hoặc nhiều nhánh ký hiệu ở hình 2.8

Khi biết dòng điện i , dòng điện u , góc lệch pha φ giữa điện áp và dòng điện ở đầu vào, ta có thể xác định được các loại công suất P , Q , S của mạch điện.



Hình 2.8 – Mạch điện tổng quát

1. Công suất tác dụng P

Công suất tác dụng P đặc trưng cho quá trình biến đổi điện năng sang dạng năng lượng khác như nhiệt năng, quang năng, cơ năng v.v...

$$\text{Ta có : } P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2-22)$$

Công suất tác dụng P có thể được tính bằng tổng công suất tác dụng trên các điện trở của các nhánh mạch điện :

$$P = \sum R_n \cdot I_n^2 \quad (2-23)$$

Trong đó : R_n , I_n các điện trở và dòng điện đi qua điện trở tương ứng.

2. Công suất phản kháng Q

Công suất phản kháng Q đặc trưng cho quá trình trao đổi, tích lũy năng lượng điện từ trường.

$$\text{Ta có : } Q = U.I.\sin\varphi \quad (2-24)$$

Công suất phản kháng Q có thể được tính bằng tổng công suất phản kháng của điện cảm và điện dung của mạch điện :

$$Q = \sum Q_L + \sum Q_C = \sum X_{L_n} \cdot I_n^2 - \sum X_{C_n} \cdot I_n^2 \quad (2-25)$$

Trong đó : X_{L_n} , X_{C_n} , I_n lần lượt là cảm kháng, dung kháng và dòng điện tương ứng của mỗi nhánh.

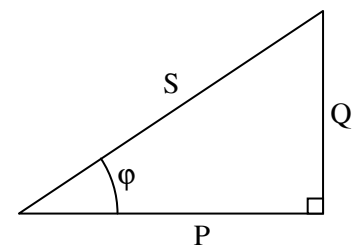
3. Công suất biểu kiến S

Để đặc trưng cho khả năng của thiết bị và nguồn thực hiện 2 quá trình năng lượng xét ở trên, người ta đưa ra khái niệm công suất biểu kiến S được định nghĩa như sau :

$$S = U.I = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2-26)$$

Công suất biểu kiến S còn được gọi là *công suất toàn phần*. Trên nhãn của máy phát điện, máy biến áp, người ta ghi công suất biểu kiến S định mức.

Quan hệ giữa P, Q, S được mô tả bằng một tam giác vuông (hình 2.9) còn gọi là tam giác công suất.



Hình 2.9 – Tam giác công suất

Đơn vị của P : W, kW, MW

Đơn vị của Q : Var, kVar, Mvar

Đơn vị của S : VA, kVA, MVA

Xét các trường hợp riêng lẻ

1) Mạch thuần trở R

$$\varphi_R = 0; \quad P_R = U_R \cdot I_R = R \cdot I_R^2 = U_R^2 / R; \quad Q_R = 0 \quad (2-27)$$

Vậy R tiêu thụ P, không tiêu thụ Q

2) Mạch thuần cảm L :

$$\varphi_L = 90^0; \quad P_L = 0; \quad Q_L = U_L \cdot I_L = X_L \cdot I_L^2 = U_L^2 / X_L \quad (2-28)$$

Vậy L không tiêu thụ P, tiêu thụ Q

3) Mạch thuần dung C :

$$\varphi_C = -90^0; \quad P_C = 0; \quad Q_C = -U_C \cdot I_C = -X_C \cdot I_C^2 = U_C^2 / X_C \quad (2-29)$$

Vậy C không tiêu thụ P, phát ra Q

4. Đo công suất tác dụng P

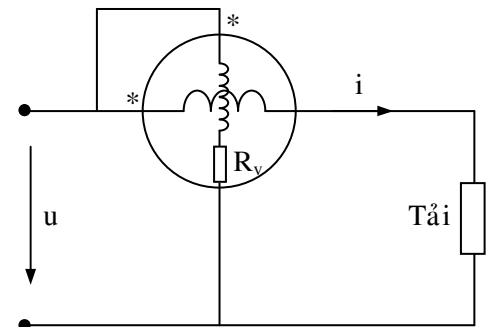
Để đo công suất tác dụng P, người ta thường dùng Watt kế kiểu điện động (Hình 2.10) gồm 2 cuộn dây :

- Cuộn dòng điện : là phần tĩnh có tiết diện dây quấn lớn, số vòng ít, mắc nối tiếp với tải.

- Cuộn điện áp : là phần động có tiết diện dây quấn nhỏ, số vòng nhiều, mắc song song với điện áp tải. Dòng điện chạy qua cuộn điện áp là : $i_v = \frac{u}{R_v}$

Lực điện từ tác động vào phần động tỉ lệ với $p = u \cdot i$, do đó momen quay trung bình của dụng cụ tỉ lệ với công suất tác dụng P.

Khi sử dụng Watt kế cần chú ý nối đúng cực tính của các cuộn dây (đầu đánh dấu *)



Hình 2.10 – Đo công suất P

2.6. NÂNG CAO HỆ SỐ CÔNG SUẤT COSφ

Trong biểu thức công suất tác dụng $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$, trong đó $\cos \varphi$ được gọi là hệ số công suất.

Hệ số công suất phụ thuộc vào thông số của mạch điện. Xét mạch R-L-C nối tiếp, ta có :

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Hoặc :
$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Hệ số công suất có ý nghĩa rất lớn về mặt kinh tế :

- Nâng cao hệ số công suất sẽ tăng được khả năng sử dụng công suất nguồn (máy phát, máy biến áp,...) cung cấp cho tải.

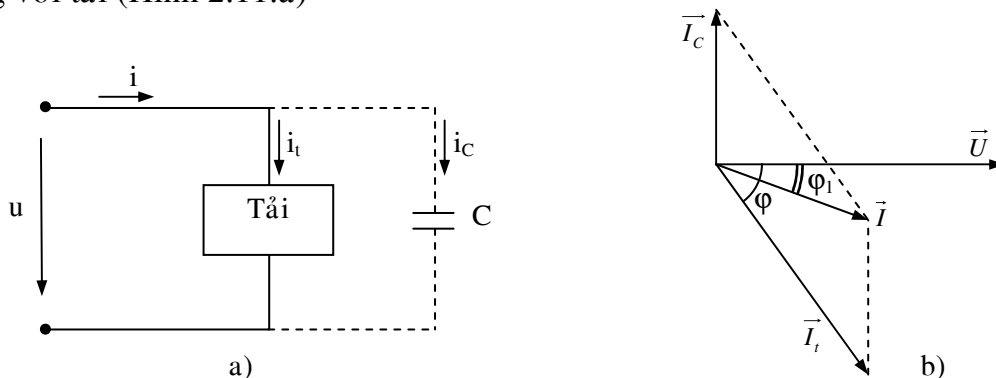
VÍ DỤ 12: Một máy phát điện có công suất định mức $S_{\text{đm}} = 10000$ KVA, nếu HSCS của tải $\cos \varphi = 0,5$; công suất tác dụng của máy phát cho tải $P = S_{\text{đm}} \cdot \cos \varphi = 5000$ KW. Nếu $\cos \varphi = 0,9$ thì $P = 10000 \cdot 0,9 = 9000$ KW. Rõ ràng là khi $\cos \varphi$ cao, máy phát ra nhiều công suất tác dụng hơn.

- Khi cần truyền tải một công suất P nhất định trên đường dây, thì dòng điện chạy trên đường dây là :

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

Nếu $\cos\varphi$ cao thì dòng điện I sẽ giảm, dẫn đến giảm tổn hao điện năng, giảm điện áp rơi trên đường dây và có thể chọn dây dẫn có tiết diện nhỏ hơn.

Các tải trong sinh hoạt và công nghiệp thường có tính điện cảm (cuộn dây động cơ điện, máy biến áp, chấn lưu...) nên $\cos\varphi$ thấp. Để nâng cao $\cos\varphi$ ta dùng tụ điện mắc song song với tải (Hình 2.11.a)



Hình 2.11 – Nâng cao hệ số $\cos\varphi$

Khi chưa có tụ bù, dòng điện trên đường dây : $\vec{I} = \vec{I}_t$, HSCS của mạch (của tải) là $\cos\varphi$.

Khi có nhánh tụ bù, dòng trên đường dây là : $\vec{I} = \vec{I}_t + \vec{I}_c$. Từ đồ thị vectơ hình 2.11.b ta thấy : $I < I_t$; $\varphi_1 < \varphi$ và $\cos\varphi_1 > \cos\varphi$

Như vậy hệ số công suất $\cos\varphi$ của mạch đã được nâng cao lên thành $\cos\varphi_1$.

Vì công suất P_t của tải không đổi, nên công suất phản kháng của mạch :

- Lúc chưa có tụ bù : HSCS của mạch là $\cos\varphi$, công suất phản kháng của mạch là :

$$Q = Q_t = P_t \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

- Lúc có tụ bù : HSCS của mạch là $\cos\varphi_1$, công suất phản kháng của mạch là :

$$Q = Q_t + Q_c = P_t \cdot \operatorname{tg}\varphi + Q_c = P_t \cdot \operatorname{tg}\varphi_1$$

Từ đó rút ra công suất Q_c của tụ điện :

$$Q_c = -P_t(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_1)$$

Mặt khác, ta có : $Q_c = -U_c \cdot I_c = -U^2 \cdot \omega \cdot C$

Từ đó ta tính được giá trị điện dung C cần thiết để nâng HSCS của mạch điện từ $\cos\varphi$ lên $\cos\varphi_1$ là :

$$C = \frac{P_t}{\omega \cdot U^2} (\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi_1) \quad (2-30)$$

2.7. SỐ PHỨC

1. Định nghĩa và biểu diễn hình học

Đơn vị ảo là j được định nghĩa :

$$j^2 = -1$$

Trong mặt phẳng tọa độ phức (hình 2.12), số phức được biểu diễn dưới 2 dạng :

a) Dạng đại số

$$A = a + jb \quad (2-31)$$

a, b là các số thực và được gọi là phần thực và phần ảo của số phức A

b) Dạng mũ – Dạng cực

$$A = r.e^{j\theta} = r\angle\theta \quad (2-32)$$

Trong đó :

$r = |OA|$: môđun hay độ dài (bán kính) của vectơ \overline{OA}

θ : góc giữa \overline{OA} và trục thực còn gọi là argumen của số phức A

Số phức $A^* = a - jb = r\angle-\theta$ được gọi là số phức liên hiệp của A . Như vậy A^* sẽ đối xứng với A qua trục thực.

c) Đổi từ dạng đại số sang dạng cực (dạng mũ)

Biết : $A = a + jb = r\angle\theta$

Ta tính được : $r = |OA| = \sqrt{a^2 + b^2}$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{b}{a} \Rightarrow \theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (2-33)$$

Lưu ý : vì hàm $\theta = \operatorname{arctg}(b/a)$ là một hàm đa trị, do đó sẽ cho vô số góc, sai kém nhau $k.180^\circ$. Vì vậy phải xem xét dấu của a và b để chọn góc θ phù hợp.

d) Đổi từ dạng cực sang đại số

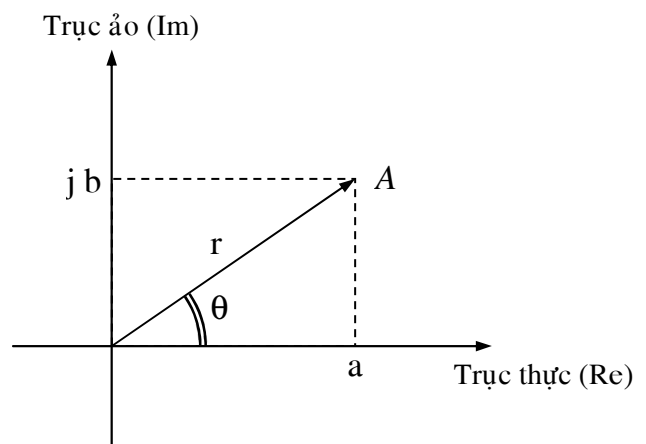
Biết : $A = r\angle\theta = a + jb \quad (2-34)$

Suy ra : $a = r \cdot \cos\theta$; $b = r \cdot \sin\theta$

2. Một số phép tính với số phức :

a) **Cộng, trừ** : Phép cộng, trừ chỉ thực hiện được với dạng đại số

Cho 2 số phức : $A = a + jb$ và $B = c + jd$



Hình 2.12 – Biểu diễn số phức trong mặt phẳng phức

$$A + B = a + jb + c + jd = (a + c) + j(b + d)$$

$$A - B = a + jb - (c + jd) = (a - c) + j(b - d)$$

VÍ DỤ 13 : cho $A = 2 + j3$; $B = 4 - j2$

$$A + B = 2 + j3 + 4 - j2 = 6 + j$$

$$A - B = 2 + j3 - (4 - j2) = -2 + j5$$

b) Nhân, chia :

- Dạng cực :

$$\text{Cho } A = r_A \angle \theta_A ; B = r_B \angle \theta_B$$

$$A \cdot B = r_A \angle \theta_A \cdot r_B \angle \theta_B = (r_A \cdot r_B) \angle (\theta_A + \theta_B) \quad (2-35)$$

$$\frac{A}{B} = \frac{r_A \angle \theta_A}{r_B \angle \theta_B} = \left(\frac{r_A}{r_B} \right) \angle (\theta_A - \theta_B) \quad (2-36)$$

- Dạng đại số :

$$\text{Cho : } A = a + jb \text{ và } B = c + jd$$

$$A \cdot B = (a + jb) \cdot (c + jd) = a \cdot c + j a \cdot d + j b \cdot c + j^2 b \cdot d = (ac - bd) + j(ad + bc)$$

$$\frac{A}{B} = \frac{A \cdot B^*}{B \cdot B^*} = \frac{(a + jb)(c - jd)}{(c + jd)(c - jd)} = \frac{(ac + bd) + j(bc - ad)}{c^2 + d^2}$$

2.8. BIỂU DIỄN MẠCH HÌNH SIN BẰNG SỐ PHỨC

1. Điện áp phức và dòng điện phức :

$$\text{Từ điện áp sin : } u(t) = U\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_u)$$

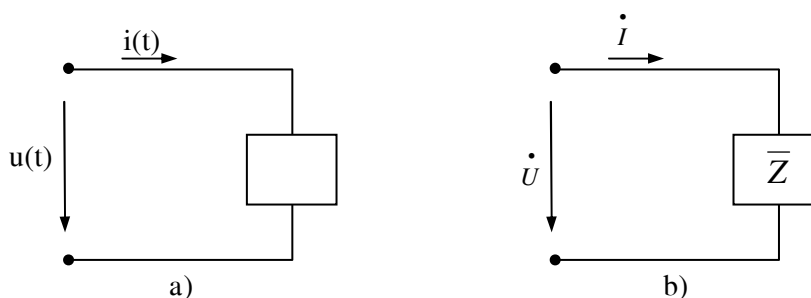
$$\text{Suy ra điện áp phức : } \dot{U} = U \angle \psi_u \quad (2-37)$$

$$\text{Tương tự, dòng điện sin : } i(t) = I\sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_i)$$

$$\text{Suy ra dòng điện phức : } \dot{I} = I \angle \psi_i \quad (2-38)$$

2. Tổng trở phức :

Xét một mạch điện hình 2.13a có điện áp 2 đầu mạch và dòng điện vào mạch là $u(t)$ và $i(t)$



Hình 2.13

Tổng trở phức của mạch điện là :

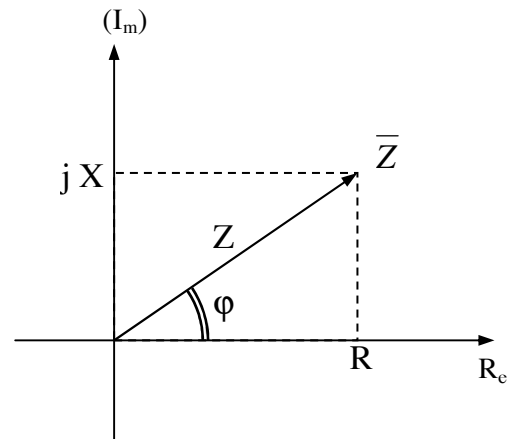
$$\bar{Z} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U \angle \psi_u}{I \angle \psi_i} = \frac{U}{I} \angle \psi_u - \psi_i = Z \angle \varphi$$

$$\text{Suy ra : } Z = \frac{U}{I}; \quad \varphi = \psi_u - \psi_i \quad (2-39)$$

Nếu viết \bar{Z} dưới dạng vuông góc :

$$\bar{Z} = R + jX \quad (2-40)$$

R là phần thực của \bar{Z} và X là phần ảo của \bar{Z}



Hình 2.14 – Tổng trở phức trong mặt phẳng phức

Theo tam giác tổng trở (hình 2.14), ta có :

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}; \quad \varphi = \arctg(X/R) \quad (2-41)$$

$$R = Z \cdot \cos \varphi; \quad X = Z \cdot \sin \varphi \quad (2-42)$$

Thay mạch điện hình 2.13a lần lượt bằng R, L, C và dùng quan hệ giữa áp và dòng trên từng phần tử, ta suy ra tổng trở phức của các phần tử R, L, C như sau :

$$\bar{Z}_R = R \angle 0^\circ = R$$

$$\bar{Z}_L = X_L \angle 90^\circ = jX_L \quad (2-43)$$

$$\bar{Z}_C = X_C \angle -90^\circ = -jX_C$$

3. Công suất phức

Công suất phức \dot{S} là công suất do mạch điện tiêu thụ mà trong đó chứa cả P, Q, S và được định nghĩa :

$$\begin{aligned} \dot{S} &= \dot{U} \cdot \dot{I}^* = U \angle \psi_u \cdot I \angle -\psi_i = U \cdot I \angle \varphi = S \angle \varphi \\ &= U \cdot I \cdot \cos \varphi + jU \cdot I \cdot \sin \varphi = P + jQ \end{aligned} \quad (2-44)$$

Suy ra : P là phần thực của \dot{S} ; Q là phần ảo của \dot{S} và S là môđun của \dot{S}

4. Biểu diễn các định luật dưới dạng phức

a) Định luật Ohm :
$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\bar{Z}}$$

b) Định luật Kirrchoff 1 :
$$\sum_{\text{nút}} \dot{I} = 0$$

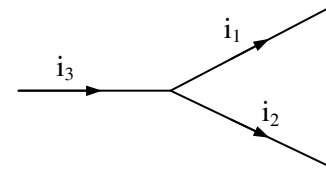
c) Định luật Kirrchoff 2 :
$$\sum_{\text{vòng}} \dot{E} = \sum_{\text{vòng}} \bar{Z} \cdot \dot{I}$$

Các qui ước về dấu tương tự như ở mạch điện một chiều. Như vậy bằng cách chuyển sang số phức các đại lượng xoay chiều, ta có thể xem xét và ứng dụng các phương pháp giải mạch một chiều để giải mạch xoay chiều phức tạp ở chế độ xác lập, điều chú ý ở đây là các đại lượng được viết dưới dạng số phức và các phép tính toán trên số phức.

VÍ DỤ 14 : Tính dòng điện i_3 trên hình 2.15. Cho biết :

$$i_1 = 5\sqrt{2} \sin(\omega t + 40^\circ) \quad (A)$$

$$i_2 = 10\sqrt{2} \sin(\omega t - 30^\circ) \quad (A)$$



Hình 2.15

Giải

Biểu diễn các dòng điện bằng số phức :

$$\dot{I}_1 = 5 \angle 40^\circ = 5 \cdot \cos 40^\circ + j5 \cdot \sin 40^\circ = 3,83 + j3,21$$

$$\dot{I}_2 = 10 \angle -30^\circ = 10 \cdot \cos(-30^\circ) + j5 \cdot \sin(-30^\circ) = 8,66 - j5$$

Áp dụng ĐK1 tại nút :

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 3,83 + j3,21 + 8,66 - j5 = 12,49 - j1,79 = 12,61 \angle -8,15^\circ$$

Trị tức thời của dòng i_3 là :

$$i_3 = 12,61\sqrt{2} \sin(\omega t - 8,15^\circ) \quad (A)$$

2.9. PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

1. Phương pháp dùng đồ thị vectơ

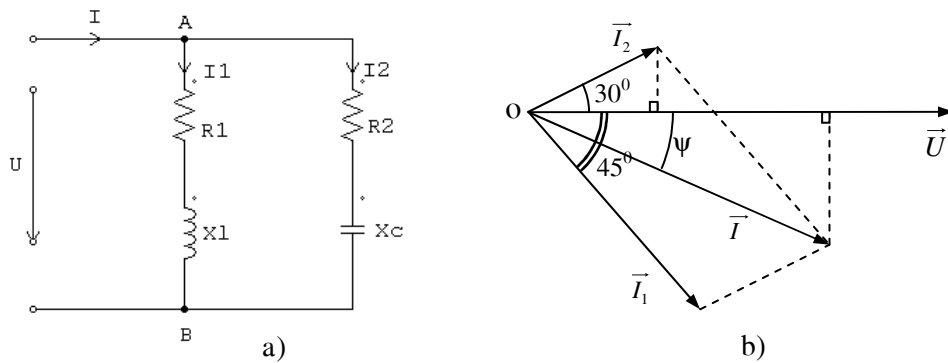
Đối với các mạch điện đơn giản, khi biết điện áp trên các nhánh, sử dụng định luật Ohm để tính dòng điện các nhánh (tính trị hiệu dụng và góc lệch pha theo các công thức ở phần 2.4). Biểu diễn dòng điện, điện áp lên đồ thị vectơ. Dựa vào các định luật Kirrchoff, định luật Ohm, tính toán bằng đồ thị các đại lượng cần tìm.

2. Phương pháp số phức

Biểu diễn dòng điện, điện áp, sức điện động, tổng trở bằng số phức, viết các định luật dưới dạng số phức. Đối với mạch điện phức tạp, sử dụng các phương pháp đã học ở chương mạch điện một chiều để giải như : phương pháp biến đổi tương đương, phương pháp dòng nhánh, phương pháp dòng mắt lưới, phương pháp điện thế nút, v.v... Cần chú ý rằng, khi sử dụng các phương pháp này phải biểu diễn các đại lượng bằng số phức.

Đối với các mạch điện đơn giản, ta có thể sử dụng trực tiếp định luật Ohm và phương pháp công suất để giải mạch.

VÍ DỤ 15 : Tính dòng điện I_1 , I_2 , I và công suất P , Q , S của toàn mạch điện Hình 2.16a. Biết : $U = 100V$; $R_1 = 5\Omega$; $X_L = 5\Omega$; $R_2 = 5\sqrt{3}\Omega$; $X_C = 5\Omega$



Hình 2.16 – Giải mạch điện bằng đồ thị vectơ

GIẢI

Để hệ thống lại kiến thức, ta giải mạch điện bằng các phương pháp khác nhau :

a) Phương pháp đồ thị vectơ :

Dòng điện nhánh 1 :
$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_L^2}} = 10\sqrt{2} \text{ A}$$

Góc lệch pha giữa I_1 và U :
$$\varphi_1 = \arctg \frac{X_L}{R} = 45^\circ : \text{dòng chậm pha hơn áp}$$

Dòng điện nhánh 2 :
$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{U}{\sqrt{R_2^2 + X_C^2}} = 10 \text{ A}$$

Góc lệch pha giữa I_2 và U :
$$\varphi_2 = \arctg \frac{-X_C}{R} = -30^\circ : \text{dòng nhanh pha hơn áp}$$

Vẽ đồ thị vectơ, với \vec{U} làm chuẩn (góc pha ban đầu bằng 0) ta được Hình 2.16.b

Theo định luật Kirrrchoff 1 ta được : $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$

Để tính I , ta chiếu vectơ lên 2 trục Ox, Oy :

Hình chiếu của vectơ \vec{I} lên trục Ox là :

$$I_x = I_1 \cdot \cos(-45^\circ) + I_2 \cos 30^\circ = 10 + 5\sqrt{3}$$

Hình chiếu của vectơ \vec{I} lên trục Oy là :

$$I_y = I_1 \cdot \sin(-45^\circ) + I_2 \sin 30^\circ = -10 + 5 = -5$$

Trị hiệu dụng của dòng điện :

$$I = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} = 19,32 \text{ A}$$

Góc pha :
$$\psi = \arctg \frac{I_y}{I_x} = -15^\circ$$

Góc lệch pha giữa U và I : $\varphi = 0 - (-15^\circ) = 15^\circ$

Công suất của toàn mạch :

$$P = U.I \cos(15^\circ) = 100.19,32.\cos(15^\circ) = 1866 \text{ W}$$

$$Q = U.I \sin(15^\circ) = 100.19,32.\sin(15^\circ) = 500 \text{ Var}$$

$$S = U.I = 1932 \text{ VA}$$

b) Phương pháp công suất :

Sau khi tìm được I_1, I_2 , ta có thể không sử dụng đồ thị vectơ mà sử dụng phương pháp công suất để tìm P, Q, S và I như sau :

Áp dụng công thức (2-23) :

$$P = \sum R_n \cdot I_n^2 = R_1 \cdot I_1^2 + R_2 \cdot I_2^2 = 5 \cdot (10\sqrt{2})^2 + 5\sqrt{3} \cdot 10^2 = 1866 \text{ W}$$

Áp dụng công thức (2-25) :

$$Q = \sum Q_L + \sum Q_C = \sum X_{Ln} \cdot I_n^2 - \sum X_{Cn} \cdot I_n^2 = X_L \cdot I_1^2 - X_C \cdot I_2^2 = 500 \text{ Var}$$

Công suất biểu kiến : $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 1932 \text{ VA}$

Mặt khác, ta có : $S = U.I \Rightarrow I = \frac{S}{U} = \frac{1932}{100} = 19,32 \text{ A}$

c) Phương pháp số phức :

Tổng trở phức nhánh 1 : $\bar{Z}_1 = R_1 + jX_L = 5 + j5$

Tổng trở phức nhánh 2 : $\bar{Z}_2 = R_2 - jX_C = 5\sqrt{3} - j5 =$

Dòng điện phức nhánh 1 : $\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{Z_1} = \frac{100}{5 + j5} = 10 - j10 = 10\sqrt{2} \angle 45^\circ (\text{A})$

Dòng điện phức nhánh 2 : $\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{Z_2} = \frac{100}{5\sqrt{3} - j5} = 5\sqrt{3} + j5 = 10 \angle -30^\circ (\text{A})$

Dòng điện phức :

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 10 - j10 + 5\sqrt{3} + j5 = 10 + 5\sqrt{3} - j5 = 19,32 \angle -15^\circ (\text{A})$$

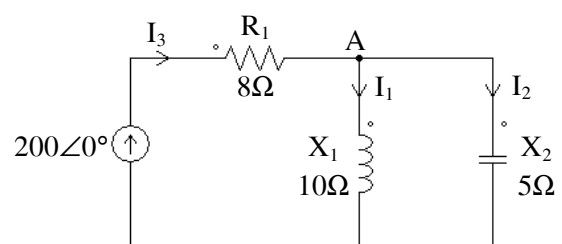
VÍ DỤ 16 : Tính dòng điện trong mạch điện hình 2.17

GIẢI

a) Phương pháp biến đổi tương đương

Biểu diễn tổng trở các nhánh dưới dạng số phức :

$$\bar{Z}_1 = jX_1 = j10 = 10 \angle 90^\circ;$$



Hình 2.17

$$\bar{Z}_2 = jX_2 = -j5 = 5\angle -90^\circ;$$

$$\bar{Z}_3 = R_3 = 8$$

$$\bar{Z}_{12} = (\bar{Z}_1 // \bar{Z}_2) = \frac{\bar{Z}_1 \cdot \bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} = \frac{j10 \cdot (-j5)}{j10 - j5} = -j10$$

Tổng trở tương đương toàn mạch :

$$\bar{Z}_{td} = (\bar{Z}_3 nt \bar{Z}_{12}) = \bar{Z}_3 + \bar{Z}_{12} = 8 - j10 = 12,8\angle -51,34^\circ$$

Áp dụng định luật Ohm :

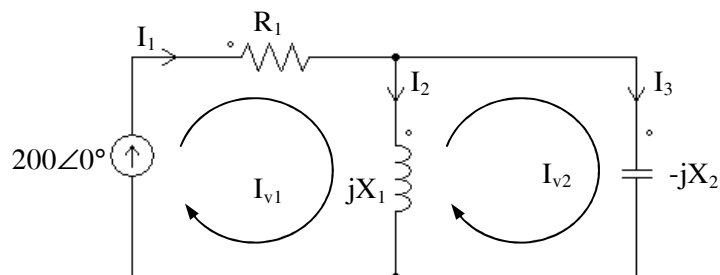
$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{U}}{\bar{Z}_{td}} = \frac{200\angle 0^\circ}{12,8\angle -51,34^\circ} = 15,63\angle 51,34^\circ (A)$$

$$\dot{U}_{AB} = \dot{I}_3 \cdot \bar{Z}_{12} = 15,63\angle 51,34^\circ \cdot 10\angle -90^\circ = 156,25\angle -38,66^\circ (V)$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{AB}}{\bar{Z}_1} = \frac{156,25\angle -38,66^\circ}{10\angle 90^\circ} = 15,63\angle -128,66^\circ (A)$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{AB}}{\bar{Z}_2} = \frac{156,25\angle -38,66^\circ}{5\angle -90^\circ} = 31,25\angle 51,34^\circ (A)$$

b) Phương pháp dòng mắt lưới :



Áp dụng phương pháp dòng mắt lưới tương tự như đối với mạch điện một chiều :

$$\begin{cases} (\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2) \cdot \dot{I}_{v1} - \bar{Z}_2 \cdot \dot{I}_{v2} = 200\angle 0^\circ \\ -\bar{Z}_2 \cdot \dot{I}_{v1} + (\bar{Z}_2 + \bar{Z}_3) \cdot \dot{I}_{v2} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (R_1 + jX_1) \cdot \dot{I}_{v1} - jX_1 \cdot \dot{I}_{v2} = 200\angle 0^\circ \\ -jX_1 \cdot \dot{I}_{v1} + (jX_1 - jX_2) \cdot \dot{I}_{v2} = 0 \end{cases}$$

Giải hệ phương trình ta được :

$$\dot{I}_{v1} = 15,63\angle -128,66^\circ = \dot{I}_1$$

$$\dot{I}_{v2} = 15,63\angle 51,34^\circ = \dot{I}_3$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 - \dot{I}_3 = 31,25\angle 51,34^\circ$$

BÀI TẬP CHƯƠNG 2

2.1. Biểu thức tức thời của dòng điện và điện áp một tải là :

$$i(t) = 10\sqrt{2} \sin(\omega t - 15^\circ) \quad (A)$$

$$u(t) = 200\sqrt{2} \sin(\omega t + 25^\circ) \quad (V)$$

Hãy xác định I_{\max} , U_{\max} , I , U , ψ_i , ψ_u , ϕ . Đây là tải có tính chất gì ?

2.2. Hãy biểu diễn vectơ, số phức của dòng điện và điện áp ở bài 1.1. Xác định Z , R , X , \bar{Z} của tải.

$$DS : \dot{I} = 10\angle 15^\circ; \dot{U} = 200\angle 25^\circ;$$

$$Z = 20\Omega; R = 15,32\Omega; X = 12,85\Omega; \bar{Z} = 15,32 + j12,85 = 20\angle 40^\circ$$

2.3. Nguồn điện $U=230V$ đấu vào mạch có $R = 57\Omega$; $X_L = 100\Omega$ mắc nối tiếp. Tính I , U_R , U_L , $\cos\phi$, P , Q của mạch.

$$DS : I=2A; U_R=114V; U_L=200V; \cos\phi=0,495; P=228W; Q=400Var$$

2.4. Một nguồn điện tần số $f = 10kHz$ cung cấp điện cho tải có $R = 10k\Omega$; $L = 100mH$ nối tiếp. Người ta muốn có $I = 0,2mA$. Xác định điện áp nguồn U

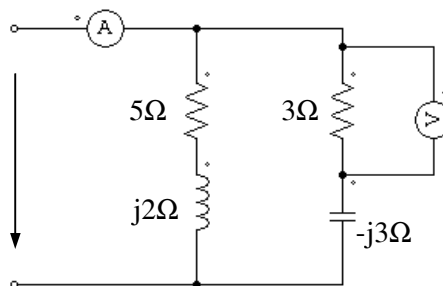
$$DS : U = 2,36V$$

2.5. Một nguồn điện có điện áp U , cung cấp cho tải có $R = 15\Omega$; $X_C = 20\Omega$ mắc nối tiếp. Biết công suất tác dụng của mạch điện $P = 240W$. Tính I , U_R , U_C , U , $\cos\phi$, Q của mạch.

$$DS : I = 4A; U_R = 60V; U_C = 80V; U = 100V; \cos\phi = 0,6; Q_C = -320Var$$

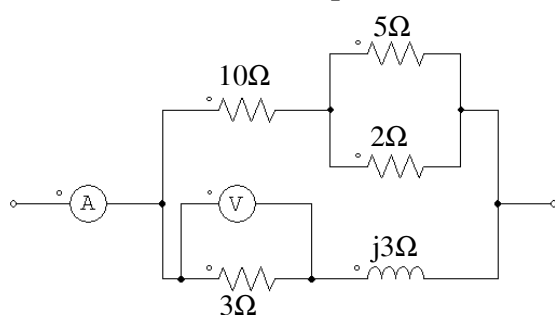
2.6. Cho mạch điện hình B2.6. Biết Vôn kế chỉ 45V. Tìm dòng qua ampe kế.

$$DS : I = 22,4A$$

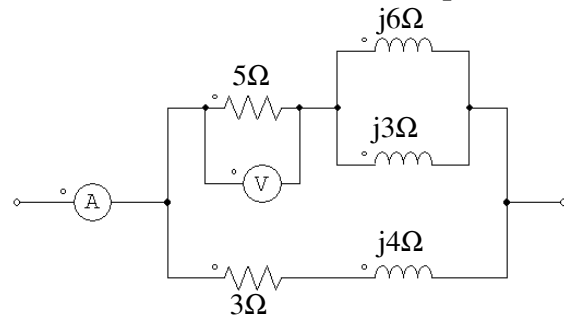


Hình B2.6

2.7. Tìm chỉ số của Ampe kế hình B2.7a và B2.7b. Biết Vôn kế chỉ điện áp $U = 45V$



Hình B2.7a



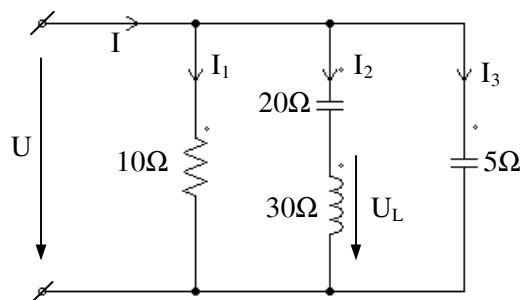
Hình B2.7b

ĐS : Hình B2.7a : $I = 19,4A$

Hình B2.7b : $I = 18A$

2.8. Cho mạch điện như hình B2.8. Biết $U_L=150V$. Tính $I_1, I_2, I_3, I, P, Q, U, \cos\varphi$ của mạch.

ĐS : $I_1 = 5A; I_2 = 5A; I_3 = 10A; I = 5\sqrt{2} = 7,07A; P=250W; Q = -250Var; U = 50V; \cos\varphi = 0,707$



Hình B2.8

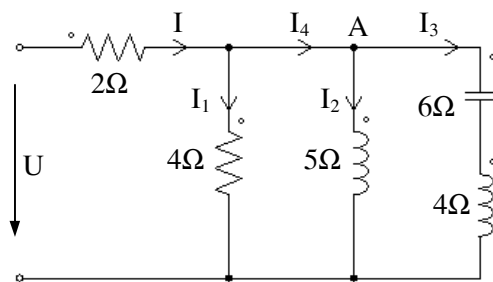
2.9. Cho mạch điện hình B2.9. Cho biết dòng điện $I_3=50A$.

a) Tính $U_{AB}, I_1, I_2, I_4, I, P, Q, S, \cos\varphi, U$ của mạch điện

b) Xác định phần tử nào (R, X_L hoặc X_C) đấu nối tiếp vào nhánh 2 để cho dòng điện $I_4=0$. Tính trị số phần tử ấy và dòng điện I trong trường hợp này.

ĐS : a) $U_{AB} = 100V; I_2=20A; I_1=25A; I_4=30A; I=39,05A; P=5549,8W; Q=-3000Var; S=6308,74VA; U=161,55V; \cos\varphi=0,897$

b) Cần đấu $X_C=3\Omega$ vào nhánh 2; $I = I_1 = 26,925A$



Hình B2.9

2.10. Điện năng được truyền từ máy phát đến tải qua đường dây có thông số $R_d = 1\Omega, X_d=2,5\Omega$. Thông số của tải : $U_2 = 220V, I = 25A, \cos\varphi = 0,8$ (Hình B2.10).

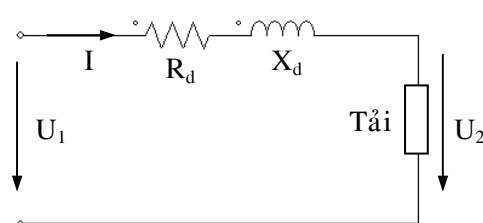
Tính điện áp, công suất, hệ số công suất $\cos\varphi$, hiệu suất η ở đầu đường dây trong hai trường hợp :

a) Tải có tính chất điện cảm.

b) Tải có tính chất điện dung.

ĐS : a) $U_1=280V; \cos\varphi_1=0,718; \eta=0,876; P_1=5025W; Q_1=4863Var; S_1=7000VA$

b) $U_1=213V; \cos\varphi_1=0,94; \eta=0,876; P_1=5025W; Q_1=1738Var; S_1=5325VA$



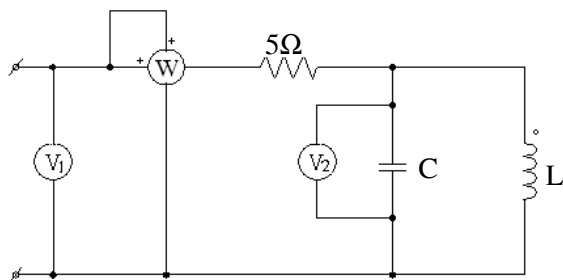
Hình B2.10

2.11. Vẽ tam giác công suất của ba tải. Tải $S_1=250VA, \cos\varphi_1=0,5$ (điện cảm). Tải 2 có $P_2=180W, \cos\varphi_2=0,8$ (điện dung). Tải 3 có $S_3=300VA, Q_3=100Var$ (điện cảm). Tính công suất tác dụng P , công suất phản kháng Q , công suất biểu kiến S của cả 3 tải và hệ số công suất $\cos\varphi$ của toàn mạch.

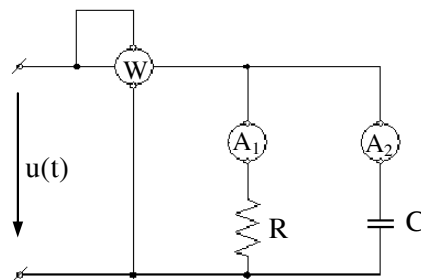
ĐS : $P = 558W; Q = 181Var$ (điện cảm); $S = 616VA, \cos\varphi = 0,955$ (điện cảm)

2.12. Trên hình B2.12, số chỉ của các vôn kế V_1 và V_2 là $10V$ và $6V$. Tính số chỉ của wat kế W (nguồn hình sin).

2.13. Trên hình B2.13, số chỉ của các ampe kế A_1 , A_2 và wat kế lần lượt là 5A, 2A và 100W. Tính C, biết nguồn $u(t) = U\sqrt{2}\sin 500t$.



Hình B2.12



Hình B2.13

2.14. Tính hệ số công suất của một tải gồm 2 nhánh song song : nhánh 1 có $P_1=5kW$; $\cos\phi_1=0,85$ sớm, nhánh 2 có $P_2=10kW$; $\cos\phi_2=0,9$ trễ.

2.15. Một nhà máy tiêu thụ 100kW từ một đường dây xoay chiều 220V; điện trở 0,1Ω; tần số 50Hz.

1) Tính dòng điện vào nhà máy, công suất biểu kiến cung cấp cho nhà máy, tổn hao trên đường dây và công suất tác dụng do nguồn phát ra khi HSCS của nhà máy = 0,85 trễ.

2) Làm lại câu (1) nếu HSCS = 0,95 trễ. Hỏi dòng điện và công suất tác dụng do nguồn phát ra giảm được mấy phần trăm ?

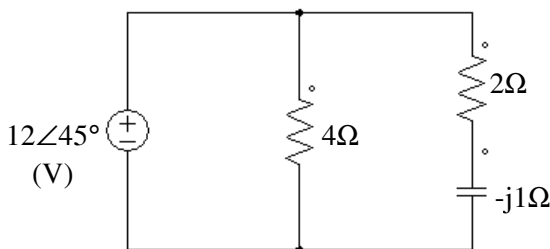
3) Tính giá trị tụ bù C để nâng HSCS từ 0,85 trễ lên ,95 trễ.

2.16. Một tải có HSCS = 0,8 trễ. Công suất cung cấp cho tải là 40kW từ một đường dây 220V, 50Hz.

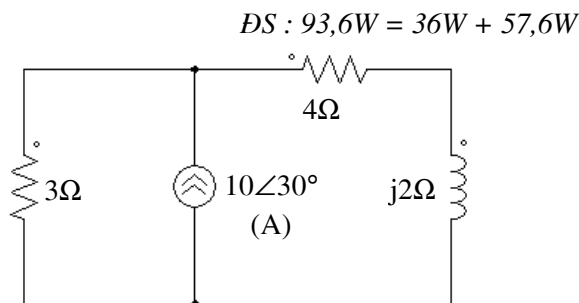
1) Nếu điện trở đường dây bằng 0,085Ω, hãy tính công suất do nguồn cung cấp.

2) Tìm giá trị tụ điện C ghép song song với tải để nâng HSCS lên thành 0,95 trễ.

2.17. Chứng tỏ rằng công suất do nguồn phát ra bằng tổng các công suất do các điện trở tiêu thụ (Hình B2.17)



Hình B2.17



Hình B2.18

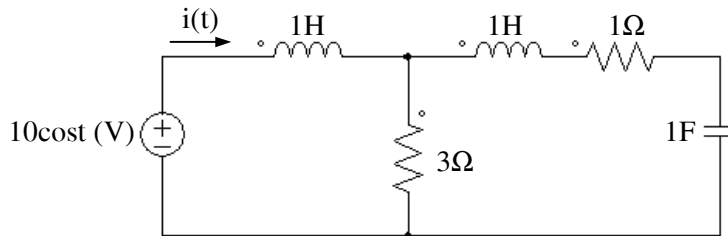
2.18. Tìm công suất do nguồn phát ra và công suất do từng phần tử mạch tiêu thụ (Hình B2.18)

ĐS : 90,5W; 56,55W; 33,95W; 0W

2.19. Hai tải đấu song song dưới điện áp nguồn $U = 50\angle 15^\circ$ V. Tải 1 tiêu thụ 210W với HSCS=0,6 sớm; tải 2 tiêu thụ 40W với HSCS=0,8 trễ. Tìm dòng phức do nguồn phát ra.

ĐS : $5\sqrt{5}\angle 60^\circ$ A

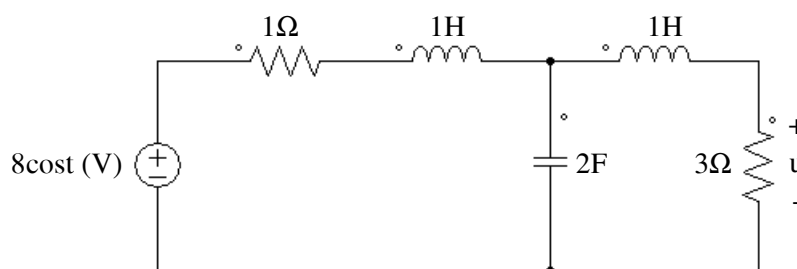
2.20. Tìm $i(t)$ trên Hình B2.20.



ĐS : $8\cos(t - 15^\circ)$ (A)

Hình B2.20

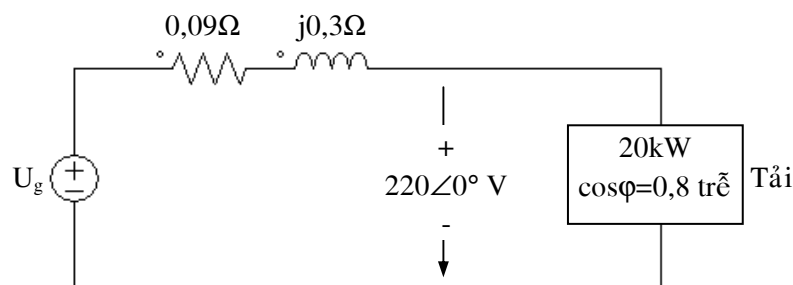
2.21. Tìm $u(t)$ trên Hình B2.21.



Hình B2.21

2.22. Tải tiêu thụ 20kW với HSCS = 0,8 trễ (Hình B2.22). Điện áp tải là $220\angle 0^\circ$, tần số 60Hz. Tổng trở đường dây là $Z_d = 0,09 + j0,3 \Omega$. Tìm trị hiệu dụng của điện áp nguồn và HSCS nhìn từ nguồn.

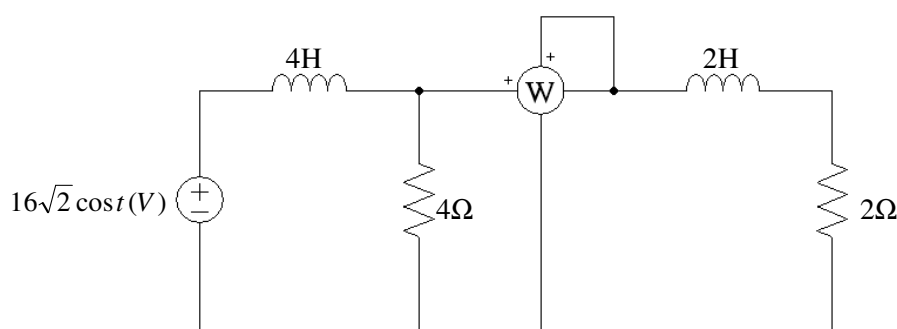
ĐS : 249,53V; 0,75 trễ.



Hình B2.22

2.23. Tìm số chỉ của watt kế (Hình B2.24)

ĐS : 8W



Hình B2.24

CHƯƠNG 3 : MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

3.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Dòng điện xoay chiều 3 pha được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp vì :

- Động cơ điện 3 pha có cấu tạo đơn giản và đặc tính tốt hơn động cơ điện một pha.
- Truyền tải điện năng bằng mạch điện 3 pha tiết kiệm được dây dẫn, giảm bớt tổn thất điện năng và tổn thất điện áp so với truyền tải bằng dòng một pha.

Mạch điện 3 pha bao gồm : nguồn điện 3 pha, đường dây truyền tải và các tải 3 pha.

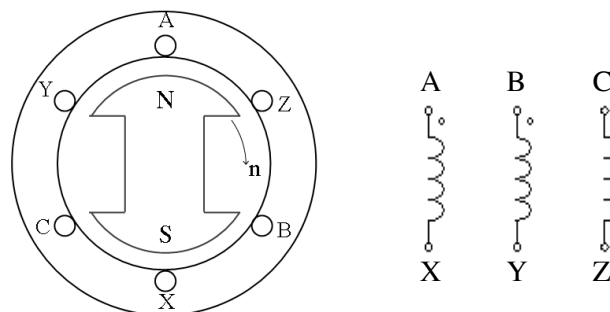
3.2. NGUỒN 3 PHA

1/ Cách tạo ra nguồn điện 3 pha :

Để tạo ra nguồn điện 3 pha, người ta dùng máy phát điện đồng bộ 3 pha (Hình 3.1), có cấu tạo gồm :

- Phần tĩnh (stator) : gồm lõi thép có xẻ rãnh, trong các rãnh đặt ba bộ dây quấn AX (pha A), BY (pha B) và CZ (pha C); có cùng số vòng dây và lệch nhau 1 góc 120° trong không gian.

- Phần quay (rotor) : là nam châm điện N – S.



Hình 3.1 – Máy phát điện đồng bộ ba pha

Khi quay rotor, từ trường rotor sẽ lần lượt quét qua các dây quấn stator, làm xuất hiện các sức điện động cảm ứng trong mỗi pha dây quấn : e_A , e_B , e_C . Các sức điện động này có dạng hình sin, cùng biên độ, cùng tần số, và lệch nhau một góc 120° . Nguồn 3 pha này được gọi là nguồn 3 pha đối xứng (hay cân bằng).

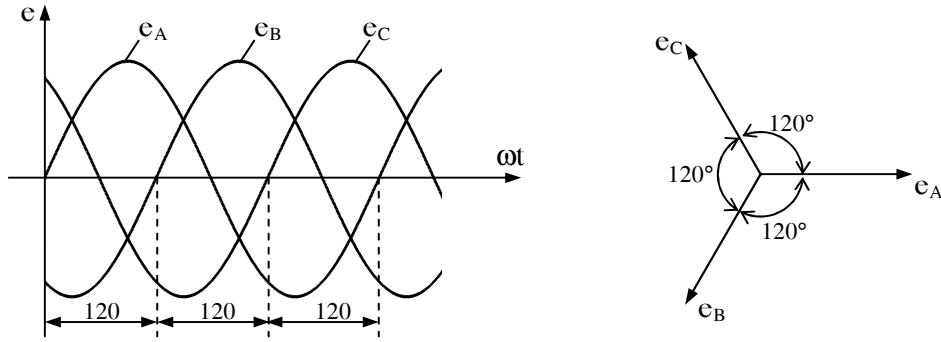
Nếu chọn sức điện động e_A của pha A có góc pha ban đầu bằng 0, ta có :

$$e_A = E_p \sqrt{2} \sin \omega t \quad (3-1)$$

$$e_B = E_p \sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ) \quad (3-2)$$

$$e_C = E_p \sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ) \quad (3-3)$$

Trong đó : E_p – trị hiệu dụng của sức điện động pha.



Hình 3.2 – Đồ thị tức thời và sức điện động ba pha

2/ Nguồn 3 pha nối hình sao (Y) – Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha khi mạch đối xứng

Ba điểm cuối X, Y, Z nối với nhau thành điểm trung tính N (hay O) của nguồn, ba điểm đầu gọi là 3 đầu pha, ta được nguồn 3 pha 4 dây (Hình 3.4).

Ta có :

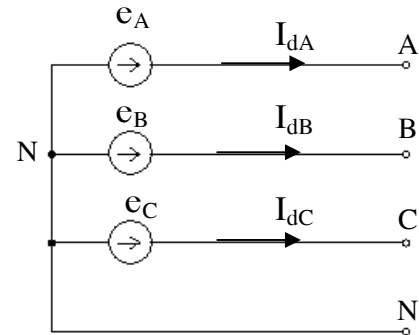
U_{AN}, U_{BN}, U_{CN} : các điện áp pha nguồn.

U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} : các điện áp dây nguồn.

Vì nguồn 3 pha đối xứng nên :

$$U_{AN} = U_{BN} = U_{CN} = U_{pn} = E_p \tag{3-4}$$

$$U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_d \tag{3-5}$$



Hình 3.4

Với :

$$\dot{U}_{AN} = \dot{E}_A = U_{pn} \angle 0^\circ$$

$$\dot{U}_{BN} = \dot{E}_B = U_{pn} \angle -120^\circ \tag{3-6}$$

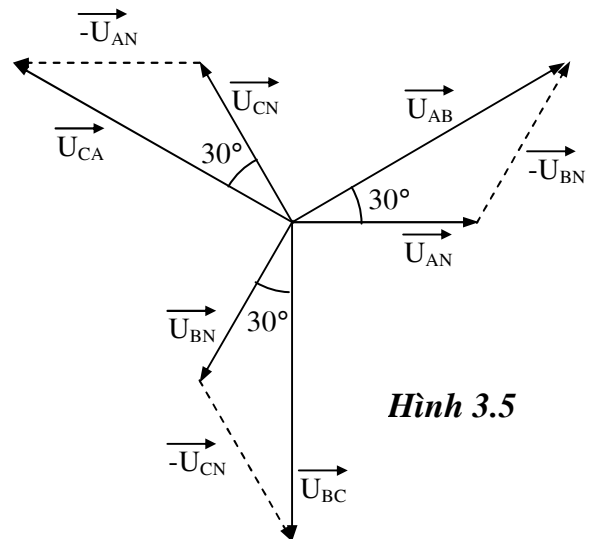
$$\dot{U}_{CN} = \dot{E}_C = U_{pn} \angle +120^\circ$$

Theo định nghĩa điện áp dây ta có :

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_{AN} + \dot{U}_{NB} = \dot{U}_{AN} - \dot{U}_{BN}$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_{BN} + \dot{U}_{NC} = \dot{U}_{BN} - \dot{U}_{CN} \tag{3-7}$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_{CN} + \dot{U}_{NA} = \dot{U}_{CN} - \dot{U}_{AN}$$



Hình 3.5

Dựa vào đồ thị vectơ Hình 3.5 và mạch điện Hình 3.4, ta có :

- $U_d = \sqrt{3} U_{pn} \tag{3-8}$

- Điện áp dây nhanh pha hơn điện áp pha tương ứng 1 góc $30^\circ \tag{3-9}$

- Dòng trên các đường dây $I_d =$ dòng trong mỗi pha nguồn $I_{pn} \tag{3-10}$

3/ Nguồn 3 pha nối hình tam giác (Δ) – Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha khi mạch đối xứng

Muốn nối hình tam giác, ta lấy đầu pha này nối với cuối pha kia. Ví dụ : A nối với Z, B nối với X, C nối với Y. Cách nối này không có dây trung tính.

Nguồn 3 pha nối tam giác ít được sử dụng trong thực tế vì chỉ cho một cấp điện áp là điện áp dây, không có điện áp pha.

Dựa vào mạch điện hình 3.6, ta thấy các điện áp dây bằng các điện áp pha nguồn :

$$U_d = U_{pn} \tag{3-11}$$

Áp dụng định luật Kirrchoff 1 cho các nút A, B, C ta có :

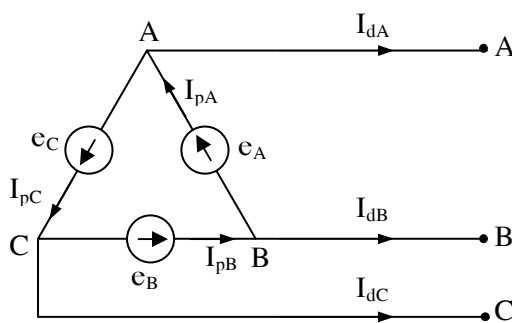
$$\begin{aligned} \dot{I}_{dA} &= \dot{I}_{pA} - \dot{I}_{pC} \\ \dot{I}_{dB} &= \dot{I}_{pB} - \dot{I}_{pA} \\ \dot{I}_{dC} &= \dot{I}_{pC} - \dot{I}_{pB} \end{aligned} \tag{3-12}$$

Đồ thị vectơ hình 3.7 được vẽ trong trường hợp các dòng dây đối xứng ; ta thấy :

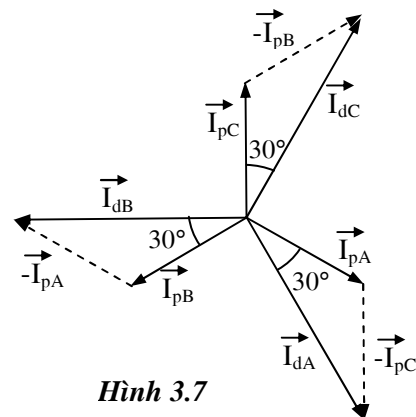
- Khi dòng điện dây đối xứng thì dòng điện pha đối xứng
- Về trị hiệu dụng :

$$I_d = \sqrt{3} I_p \tag{3-13}$$

- Về góc pha : dòng điện dây chậm sau dòng điện pha tương ứng 1 góc 30° .



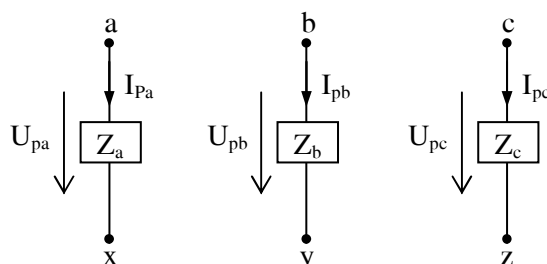
Hình 3.6



Hình 3.7

3.3. TẢI BA PHA

Một tải ba pha thực chất bao gồm 3 tải một pha : $\bar{Z}_a, \bar{Z}_b, \bar{Z}_c$ (Hình 3.8)



Hình 3.8 – Tải 3 pha tổng quát

Khi : $\bar{Z}_A = \bar{Z}_B = \bar{Z}_C = \bar{Z}_p = R_p + jX_p$, ta có tải 3 pha cân bằng (hay đối xứng)

Điện áp đặt lên mỗi pha tải gọi là điện áp pha tải (U_{pa}, U_{pb}, U_{pc}).

Dòng điện chạy qua mỗi pha tải gọi là dòng điện pha (I_{pa}, I_{pb}, I_{pc}).

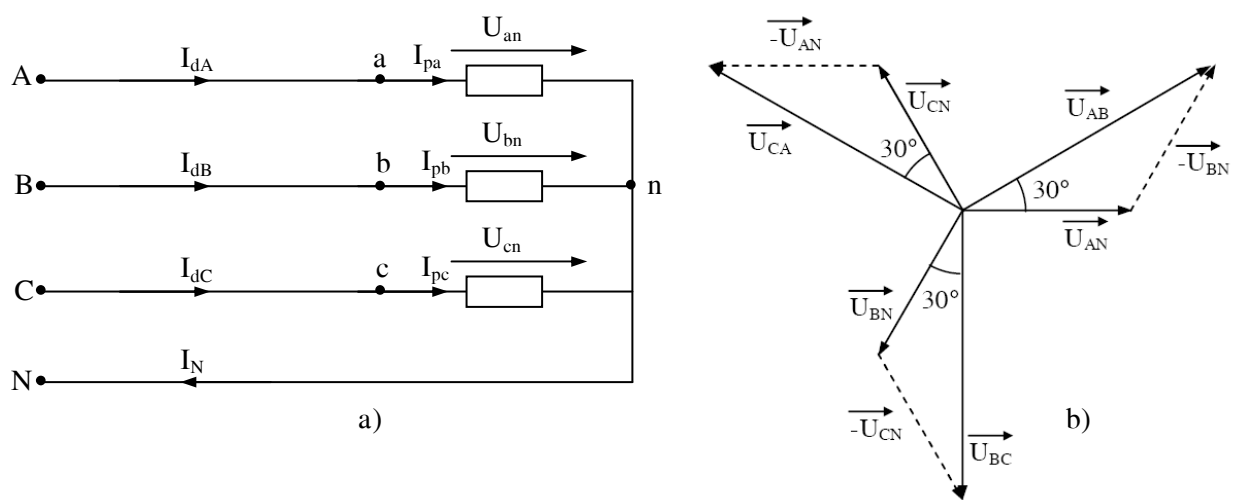
1/ Tải ba pha nối hình Y

a) Cách nối

Ba điểm cuối x, y, z nối với nhau tạo thành điểm trung tính tải n và được nối với điểm trung tính của nguồn N.

Ba đầu a, b, c được nối vào 3 đầu pha của nguồn A, B, C.

b) Các quan hệ giữa đại lượng dây và pha trong cách nối Y đối xứng



Hình 3.9 – Nối hình sao : a) Mạch điện; b) Đồ thị vectơ

- $U_{an} = U_{bn} = U_{cn} = U_{pt}$: các điện áp pha tải
- $U_{ab} = U_{bc} = U_{ca} = U_{dt}$: các điện áp dây tải
- $I_{pa} = I_{pb} = I_{pc} = I_{pt}$: các dòng pha tải
- $I_{dA} = I_{dB} = I_{dC} = I_d$: các dòng dây
- I_N : dòng dây trung tính

- Quan hệ giữa dòng điện dây và pha :

$$I_d = I_{pt} \quad (3-14)$$

- Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha :

$$\begin{aligned} \dot{U}_{ab} &= \dot{U}_{an} - \dot{U}_{bn} \\ \dot{U}_{bc} &= \dot{U}_{bn} - \dot{U}_{cn} \\ \dot{U}_{ca} &= \dot{U}_{cn} - \dot{U}_{an} \end{aligned} \quad (3-15)$$

Từ đồ thị vectơ điện áp (Hình 3.9 b), ta thấy :

$$+ \text{ Về trị hiệu dụng : } U_{dt} = \sqrt{3}U_{pt} \quad (3-16)$$

+ Về góc pha : các điện áp dây lệch pha nhau 1 góc 120° và vượt trước điện áp pha tương ứng 1 góc 30° (Ví dụ : U_{ab} vượt trước U_{an} 1 góc 30° v.v...)

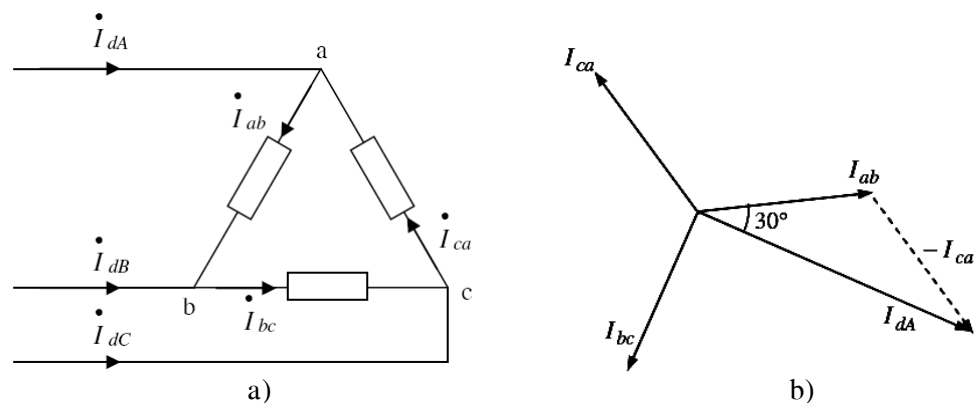
$$\begin{aligned} \dot{U}_{ab} &= \sqrt{3} \dot{U}_{an} \angle 30^\circ \\ \dot{U}_{bc} &= \sqrt{3} \dot{U}_{cn} \angle 30^\circ \\ \dot{U}_{ca} &= \sqrt{3} \dot{U}_{cn} \angle 30^\circ \end{aligned} \quad (3-17)$$

1/ Tải ba pha nối hình Δ

a) Cách nối

Nối tuần tự đầu đầu của pha này với đầu cuối của pha kia : a nối y; b nối z; c nối x (hoặc a nối z; c nối y; b nối x). Cách nối này không có điểm trung tính tải.

b) Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha khi đối xứng :



Hình 3.10 – Cách nối tam giác : a) Mạch điện; b) Đồ thị vectơ dòng điện

- $U_{ab} = U_{bc} = U_{ca} = U_{pt}$: các điện áp pha tải cũng là điện áp dây của tải
- $I_{ab} = I_{bc} = I_{ca} = I_{pt}$: các dòng pha tải
- $I_{dA} = I_{dB} = I_{dC} = I_d$: các dòng dây

Căn cứ vào mạch điện ta thấy :

$$- \text{ Điện áp pha bằng điện áp dây : } U_{dt} = U_{pt} \quad (3-18)$$

- Áp dụng định luật Kirrchoff 1 tại các nút a, b, c ta có quan hệ giữa dòng dây và pha :

$$\dot{I}_{dA} = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}$$

$$\dot{I}_{dB} = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}$$

$$\dot{I}_{dC} = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}$$

Từ đồ thị vectơ (Hình 3.10 b) ta thấy :

- Về trị hiệu dụng : $I_{dt} = \sqrt{3}I_{pt}$ (3-19)

- Về góc pha : các dòng dây lệch nhau một góc 120° và chậm pha hơn các dòng pha tương ứng một góc 30° (Ví dụ : I_{dA} chậm pha hơn I_{ab} một góc 30° v.v...)

$$\dot{I}_{dA} = \sqrt{3} \dot{I}_{ab} \angle -30^\circ$$

$$\dot{I}_{dB} = \sqrt{3} \dot{I}_{bc} \angle -30^\circ$$

$$\dot{I}_{dC} = \sqrt{3} \dot{I}_{ca} \angle -30^\circ$$

(3-20)

3.4. 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 :

$$P = P_a + P_b + P_c = U_{pa}I_{pb}\cos\varphi_a + U_{pb}I_{pb}\cos\varphi_b + U_{pc}I_{pc}\cos\varphi_c \quad (3-21)$$

Khi mạch 3 pha đối xứng :

- Điện áp pha : $U_{pa} = U_{pb} = U_{pc} = U_p$

- Dòng điện pha : $I_{pa} = I_{pb} = I_{pc} = I_p$

- Góc pha : $\cos\varphi_a = \cos\varphi_b = \cos\varphi_c = \cos\varphi$

Ta có : $P = 3U_pI_p\cos\varphi$ (3-22)

Hoặc : $P = 3R_pI_p^2$ (R_p : điện trở pha) (3-23)

Thay đại lượng pha bằng đại lượng dây :

- Đối với cách nối hình Y : $I_p = I_d; \quad U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$

- Đối với cách nối Δ : $I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}}; \quad U_p = U_d$

Ta có công suất tác dụng 3 pha viết theo đại lượng dây áp dụng cho cả trường hợp sao và tam giác đối xứng :

$$P = \sqrt{3}U_dI_d\cos\varphi \quad (3-24)$$

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

2/ Công suất phản kháng :

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c = U_{pa}I_{pb}\sin\varphi_a + U_{pb}I_{pb}\sin\varphi_b + U_{pc}I_{pc}\sin\varphi_c \quad (3-25)$$

Khi đối xứng, ta có :

$$Q = 3U_p I_p \sin\varphi \quad (3-26)$$

$$\text{Hoặc : } Q = 3 X_p I_p^2 \quad (X_p : \text{điện kháng pha}) \quad (3-27)$$

$$\text{Hoặc : } Q = \sqrt{3} U_d I_d \sin\varphi \quad (3-28)$$

3/ Công suất biểu kiến :

Công suất biểu kiến của mạch 3 pha đối xứng :

$$S = 3U_p I_p = \sqrt{3} U_d I_d \quad (3-29)$$

3.5. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

Đối với mạch 3 pha đối xứng, dòng điện và điện áp của các pha có trị hiệu dụng bằng nhau và lệch nhau một góc 120° . Vì vậy, ta chỉ cần tính cho một pha tiêu biểu và suy ra các pha còn lại.

1/ Giải mạch điện 3 pha tải nối hình sao đối xứng :

Dựa vào mạch điện hình 3.9a, vì các dòng dây (bằng dòng pha) bằng nhau về trị hiệu dụng và lệch nhau 1 góc 120° , do đó dù đường dây có hay không có tổng trở thì dòng trên đường dây trung tính cũng bằng 0

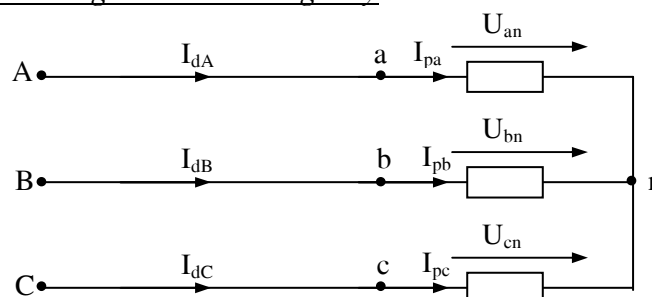
$$\dot{I}_N = \dot{I}_{dA} + \dot{I}_{dB} + \dot{I}_{dC} = 0 \quad (3-30)$$

Hay điện áp giữa trung tính tải n và trung tính nguồn N bằng 0 :

$$\dot{U}_{nN} = 0 \quad (3-31)$$

Điều này tương đương với n trùng với N hay trung tính tải cũng là trung tính nguồn. Vì vậy khi tải ba pha đối xứng nối hình Y, người ta thường không cần nối dây trung tính.

a) Khi không xét tổng trở của đường dây :



Hình 3.11 – Tải nối Y đối xứng khi đường dây không có tổng trở

Các điện áp pha tải bằng điện áp pha nguồn :

$$U_{pt} = U_{pn} = \frac{U_{dn}}{\sqrt{3}}$$

Tổng trở pha của tải :

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$$

Dòng điện pha của tải :

$$I_{pt} = \frac{U_{pt}}{Z_p} = \frac{U_{pt}}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

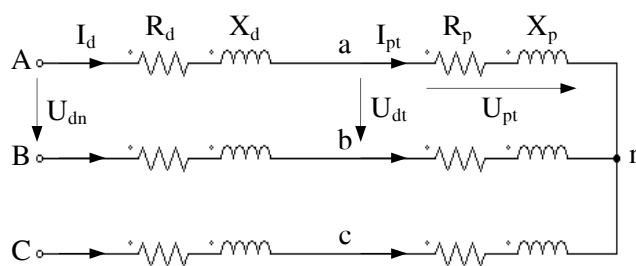
Dòng điện dây bằng dòng pha :

$$I_d = I_{pt}$$

Góc lệch pha giữa dòng pha và áp pha tải :

$$\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$$

b) Khi có xét tổng trở đường dây :



Hình 3.12 – Tải nối Y đối xứng khi có xét tổng trở đường dây

Cách tính toán tương tự, nhưng phải gộp tổng trở đường dây với tổng trở pha để tính dòng điện pha và dây :

$$I_d = I_{pt} = \frac{U_{pn}}{\sqrt{(R_d + R_p)^2 + (X_d + X_p)^2}} = \frac{U_{dn}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_d + R_p)^2 + (X_d + X_p)^2}}$$

Điện áp pha của tải :

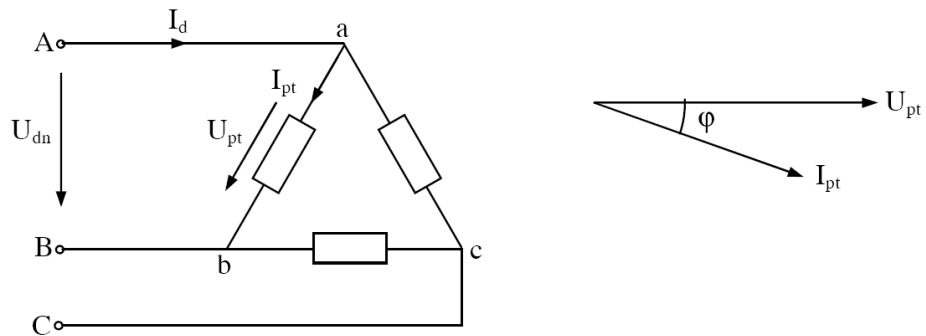
$$U_{pt} = I_{pt} Z_p = I_p \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$$

Điện áp dây của tải :

$$U_{dt} = \sqrt{3} U_{pt}$$

2/ Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác đối xứng :

a) Khi không xét tổng trở của đường dây :



Hình 3.12 – Tải nối tam giác đối xứng khi đường dây không có tổng trở

Điện áp pha tải bằng điện áp dây nguồn :

$$U_{pt} = U_{dn}$$

Dòng điện pha của tải :

$$I_{pt} = \frac{U_{pt}}{Z_p} = \frac{U_{dn}}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

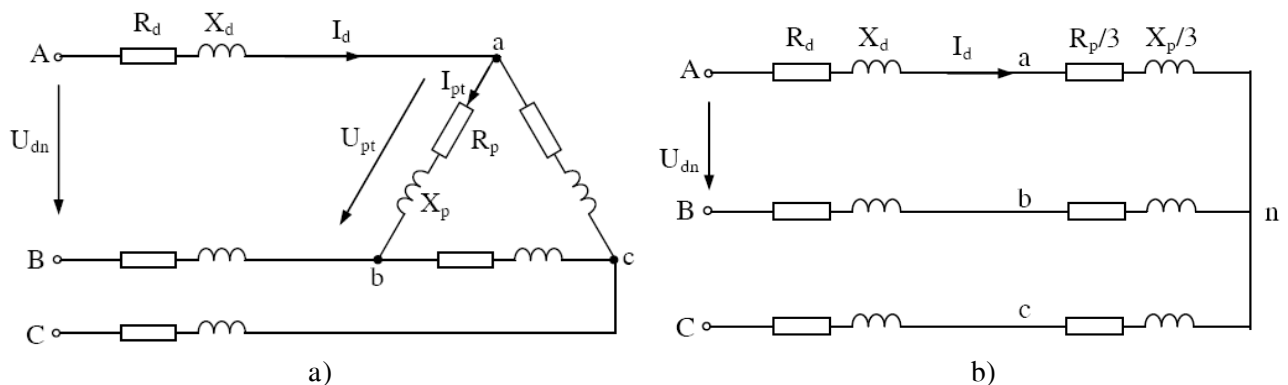
Góc lệch pha giữa điện áp pha và dòng pha tải :

$$\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$$

Dòng điện dây :

$$I_d = \sqrt{3} I_{pt}$$

b) Khi có xét tổng trở đường dây :



Hình 3.13 – Tải ba pha nối tam giác có xét tổng trở đường dây: a) Mạch ban đầu; b) Biến đổi về hình sao

Từ hình 3.13.a, ta biến đổi tương đương tam giác abc thành hình sao abcn, mạch điện sẽ có dạng tương đương hình 3.13.b. Trong đó :

- Tổng trở mỗi pha lúc nối tam giác :

$$\bar{Z}_p = R_p + jX_p$$

- Biến đổi sang hình sao :

$$\bar{Z}_Y = \frac{\bar{Z}_p}{3} = \frac{R_p}{3} + j\frac{X_p}{3}$$

Dòng điện trên đường dây là :

$$I_d = \frac{U_{dn}}{\sqrt{3} \sqrt{\left(R_d + \frac{R_p}{3}\right)^2 + \left(X_d + \frac{X_p}{3}\right)^2}}$$

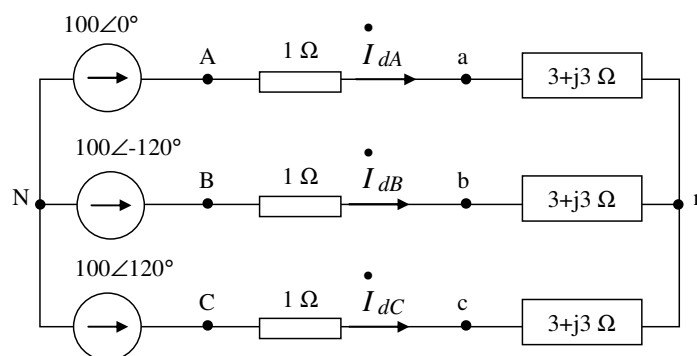
Dòng điện pha tải khi nối tam giác :

$$I_{pt} = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$$

Điện áp pha tải khi nối tam giác :

$$U_{pt} = U_{dt} = I_{pt} Z_p$$

VÍ DỤ 1: Cho mạch điện hình 3.14.



Hình 3.14

Tính :

- Trị hiệu dụng và góc pha của các dòng dây
- Điện áp pha tải suy ra điện áp dây tải
- Công suất tiêu thụ của tải
- Tổn hao trên đường dây
- Công suất do nguồn phát ra

GIẢI

Vì hệ thống ba pha cân bằng nên dù không có dây trung tính nhưng trung tính tải n vẫn trùng với trung tính nguồn N. Ta tính tiêu biểu cho pha a, suy ra các pha còn lại.

- Dòng dây :

$$\dot{I}_{dA} = \frac{\dot{U}_{An}}{1+3+j3} = \frac{\dot{U}_{AN}}{1+3+j3} = \frac{100\angle 0^\circ}{4+j3} = 20\angle -36,9^\circ \text{ A}$$

Suy ra các dòng dây còn lại :

$$\dot{I}_{dB} = 20\angle -156,9^\circ \text{ A}; \quad \dot{I}_{dC} = 20\angle 83,1^\circ \text{ A}$$

- Điện áp pha tải :

$$\dot{U}_{an} = \dot{I}_{dA} \cdot (3+j3) = 84,8\angle 8,1^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}_{bn} = 84,8\angle -111,9^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}_{cn} = 84,8\angle 128,1^\circ \text{ V}$$

- Điện áp dây tải :

$$\dot{U}_{ab} = \sqrt{3}\dot{U}_{an} \angle 30^\circ = \sqrt{3} \cdot 84,8\angle (8,1^\circ + 30^\circ) = \sqrt{3} \cdot 84,8\angle 38,1^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}_{bc} = \sqrt{3} \cdot 84,8\angle -81,9^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}_{ca} = \sqrt{3} \cdot 84,8\angle 158,1^\circ \text{ V}$$

- Công suất tiêu thụ của tải :

$$P_t = 3I_{pt}^2 R_p = 3 \cdot 20^2 \cdot 3 = 3600 \text{ W}$$

$$\text{Hoặc : } P_t = 3U_{pt} \cdot I_{pt} \cdot \cos \varphi_t = 3 \cdot 84,8 \cdot 20 \cdot \cos \left(\arctg \frac{3}{3} \right) \approx 3600 \text{ W}$$

- Tổn hao trên đường dây :

$$P_d = 3I_d^2 R_d = 3 \cdot 20^2 \cdot 1 = 1200 \text{ W}$$

- Công suất do nguồn phát ra :

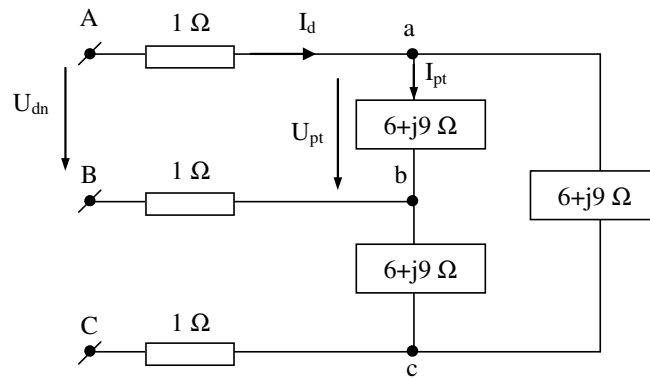
$$P_n = P_t + P_d = 3600 + 1200 = 4800 \text{ W}$$

VÍ DỤ 2 : Cho mạch điện hình 3.15. Biết nguồn có điện áp dây là $U_{dn} = 120\sqrt{3} \text{ (V)}$.

Tính :

- Trị hiệu dụng dòng dây và dòng pha tải
- Điện áp pha tải
- Công suất tiêu thụ của tải
- Tổn hao trên đường dây

- Công suất do nguồn phát ra



Hình 3.15

GIẢI

Biến đổi tải Δ thành Y tương tự hình 3.13b, ta có tổng trở mỗi pha tải khi nối Y là :

$$\bar{Z}_Y = \frac{\bar{Z}_p}{3} = \frac{R_p}{3} + j\frac{X_p}{3} = \frac{6}{3} + j\frac{9}{3} = 2 + j3$$

Dòng điện trên đường dây là :

$$I_d = \frac{U_{dn}}{\sqrt{3} \sqrt{\left(R_d + \frac{R_p}{3}\right)^2 + \left(X_d + \frac{X_p}{3}\right)^2}} = \frac{120}{\sqrt{(1+2)^2 + (3)^2}} = \frac{40}{\sqrt{2}} \text{ A}$$

Dòng điện pha tải khi nối tam giác :

$$I_{pt} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{40}{\sqrt{2}}}{\sqrt{3}} = \frac{40}{\sqrt{6}} \text{ A}$$

Điện áp pha tải khi nối tam giác :

$$U_{pt} = U_{dt} = I_{pt} Z_p = \frac{40}{\sqrt{6}} \sqrt{6^2 + 9^2} = 176,6 \text{ V}$$

Công suất tải tiêu thụ :

$$P_t = 3I_{pt}^2 R_p = 3 \cdot \left(\frac{40}{\sqrt{6}}\right)^2 \cdot 6 = 4800 \text{ W}$$

3.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

Khi tải ba pha không đối xứng : $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$, thì dòng điện và điện áp trên các pha tải sẽ không đối xứng. Khi đó, ta coi mạch ba pha không đối xứng là mạch phức tạp gồm nhiều nguồn sức điện động và giải theo các phương pháp đã trình bày ở phần 2.9. Trong phần này ta vẫn xem nguồn 3 pha của mạch là đối xứng.

1/ Tải nối hình sao

Xét trường hợp tổng quát nhất trên hình 3.16, trong đó :

- Điện áp nguồn 3 pha cân bằng :

$$\dot{U}_{AN} = \dot{E}_A = U_{pn} \angle 0^\circ$$

$$\dot{U}_{BN} = \dot{E}_B = U_{pn} \angle -120^\circ$$

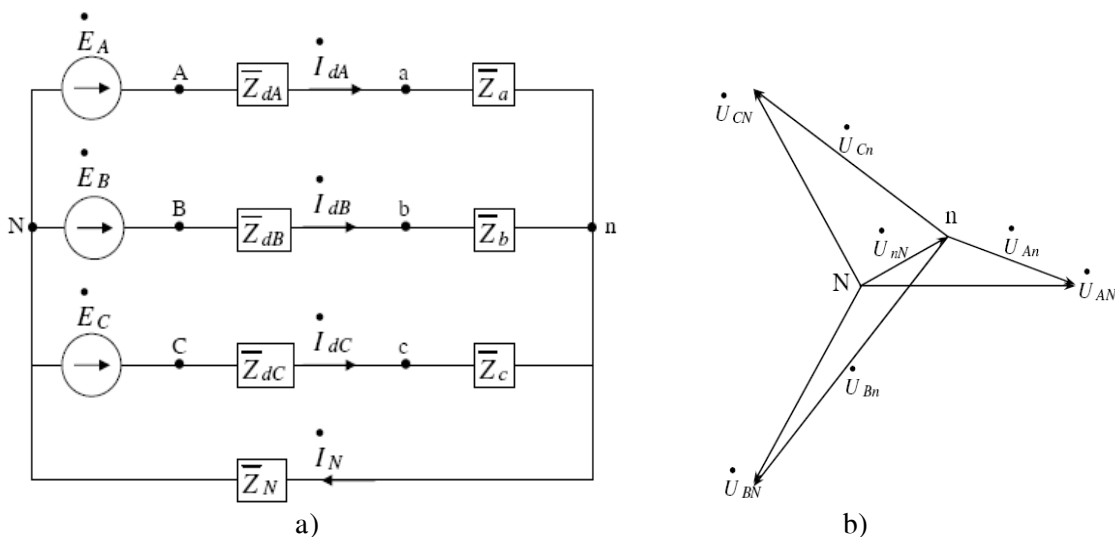
$$\dot{U}_{CN} = \dot{E}_C = U_{pn} \angle +120^\circ$$

- $\dot{U}_{an}, \dot{U}_{bn}, \dot{U}_{cn}$: điện áp các pha của tải khác nhau

- $\bar{Z}_a, \bar{Z}_b, \bar{Z}_c$: các tổng trở tải khác nhau.

- $\bar{Z}_{dA}, \bar{Z}_{dB}, \bar{Z}_{dC}$: các tổng trở đường dây cũng có thể khác nhau.

- \bar{Z}_N : tổng trở dây trung tính.



Hình 3.16 – Hệ thống Y-Y không cân bằng tổng quát : a) Mạch điện; b) Đồ thị vectơ

Đặt : $\bar{Z}_{An} = \bar{Z}_{dA} + \bar{Z}_a$; $\bar{Z}_{Bn} = \bar{Z}_{dB} + \bar{Z}_b$; $\bar{Z}_{Cn} = \bar{Z}_{dC} + \bar{Z}_c$

$$\bar{Y}_{An} = \frac{1}{\bar{Z}_{An}} ; \bar{Y}_{Bn} = \frac{1}{\bar{Z}_{Bn}} ; \bar{Y}_{Cn} = \frac{1}{\bar{Z}_{Cn}} \text{ và } \bar{Y}_N = \frac{1}{\bar{Z}_N}$$

Dùng phương pháp điện thế nút để tính điện thế giữa 2 nút n và N: chọn $\varphi_N = 0$. Ta có :

$$\left(\frac{1}{\bar{Z}_{An}} + \frac{1}{\bar{Z}_{Bn}} + \frac{1}{\bar{Z}_{Cn}} + \frac{1}{\bar{Z}_N} \right) \dot{\varphi}_n = \frac{\dot{E}_A}{\bar{Z}_{An}} + \frac{\dot{E}_B}{\bar{Z}_{Bn}} + \frac{\dot{E}_C}{\bar{Z}_{Cn}}$$

Hay : $\left(\bar{Y}_{An} + \bar{Y}_{Bn} + \bar{Y}_{Cn} + \bar{Y}_N \right) \dot{\varphi}_n = \bar{Y}_{An} \dot{U}_{AN} + \bar{Y}_{Bn} \dot{U}_{BN} + \bar{Y}_{Cn} \dot{U}_{CN}$

$$\dot{U}_{nN} = \frac{\bar{Y}_{An} \dot{U}_{AN} + \bar{Y}_{Bn} \dot{U}_{BN} + \bar{Y}_{Cn} \dot{U}_{CN}}{\bar{Y}_{An} + \bar{Y}_{Bn} + \bar{Y}_{Cn} + \bar{Y}_N}$$

Suy ra các dòng pha tải cũng bằng các dòng dòng dây như sau :

$$\dot{I}_{dA} = \frac{\dot{U}_{An}}{\bar{Z}_{An}} = \frac{\dot{U}_{AN} - \dot{U}_{nN}}{\bar{Z}_{dA} + \bar{Z}_a}; \quad \dot{I}_{dB} = \frac{\dot{U}_{Bn}}{\bar{Z}_{Bn}} = \frac{\dot{U}_{BN} - \dot{U}_{nN}}{\bar{Z}_{dB} + \bar{Z}_b}; \quad \dot{I}_{dC} = \frac{\dot{U}_{Cn}}{\bar{Z}_{Cn}} = \frac{\dot{U}_{CN} - \dot{U}_{nN}}{\bar{Z}_{dC} + \bar{Z}_c}$$

Dòng từ trung tính tải về nguồn :

$$\dot{I}_N = \frac{\dot{U}_{nN}}{\bar{Z}_N} \quad \text{hoặc} \quad \dot{I}_N = \dot{I}_{dA} + \dot{I}_{dB} + \dot{I}_{dC}$$

Điện áp tại các pha tải :

$$\dot{U}_{an} = \dot{I}_{dA} \bar{Z}_a; \quad \dot{U}_{bn} = \dot{I}_{dB} \bar{Z}_b; \quad \dot{U}_{cn} = \dot{I}_{dC} \bar{Z}_c$$

Ta thường có $\dot{U}_{nN} \neq 0$: đây là hiện tượng dời điểm trung tính. Hậu quả là điện áp pha của tải không cân bằng, mặc dù điện áp nguồn cân bằng (Hình 3.16 b)

* **Xét các trường hợp đặc biệt sau :**

a) Nếu các đường dây không có tổng trở : $\bar{Z}_{dA} = \bar{Z}_{dB} = \bar{Z}_{dC} = \bar{Z}_N = 0$ (thực tế các tổng trở này rất nhỏ)

Điểm trung tính tải n trùng với điểm trung tính nguồn và điện áp trên các pha của tải bằng điện áp pha tương ứng của nguồn. Rõ ràng là nhờ có dây trung tính điện áp ba pha trên tải đối xứng. Để tính dòng điện pha, ta áp dụng định luật Ohm cho từng pha riêng lẻ :

$$\dot{I}_{dA} = \frac{\dot{U}_{AN}}{\bar{Z}_a}; \quad \dot{I}_{dB} = \frac{\dot{U}_{BN}}{\bar{Z}_b}; \quad \dot{I}_{dC} = \frac{\dot{U}_{CN}}{\bar{Z}_c}$$

b) Nếu dây trung tính bị đứt hoặc không có dây trung tính : $\bar{Z}_N = \infty; \bar{Y}_N = 0$

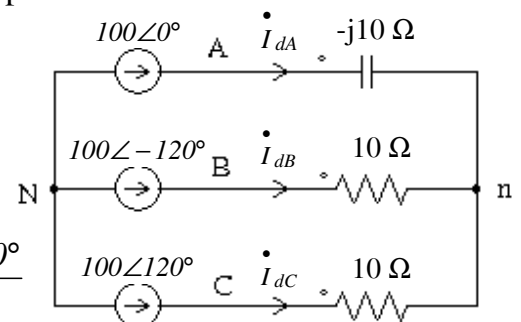
Điện áp \dot{U}_{nN} sẽ lớn nhất, do đó điện áp trên các pha tải sẽ khác điện áp pha nguồn rất nhiều, có thể gây quá điện áp ở một pha nào đó.

VÍ DỤ 3 : Cho mạch điện hình 3.17. Tính điện áp tại các pha tải.

chọn $\varphi_N = 0$. Ta có :

$$\left(\frac{1}{\bar{Z}_{An}} + \frac{1}{\bar{Z}_{Bn}} + \frac{1}{\bar{Z}_{Cn}} \right) \dot{\varphi}_n = \frac{\dot{U}_{AN}}{\bar{Z}_{An}} + \frac{\dot{U}_{BN}}{\bar{Z}_{Bn}} + \frac{\dot{U}_{CN}}{\bar{Z}_{Cn}}$$

$$\left(\frac{1}{-j10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} \right) \dot{\varphi}_n = \frac{100 \angle 0^\circ}{-j10} + \frac{100 \angle -120^\circ}{10} + \frac{100 \angle 120^\circ}{10}$$



Hình 3.17

$$(0,2 + j0,1)\dot{\varphi}_n = -10 + j10$$

$$\dot{\varphi}_n = \dot{U}_{nN} = -20 + j60 \text{ V}$$

Điện áp tại các pha tải :

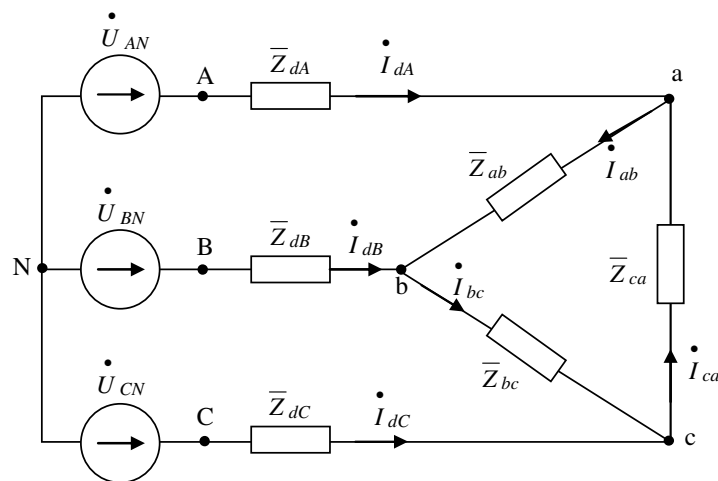
$$\dot{U}_{An} = \dot{U}_{AN} - \dot{U}_{nN} = 100 - (-20 + j60) = 120 - j60 = 134,16 \angle -26,56^\circ \text{ (V)}$$

$$\dot{U}_{Bn} = \dot{U}_{BN} - \dot{U}_{nN} = 100 \angle -120^\circ - (-20 + j60) = 149,64 \angle -101,57^\circ \text{ (V)}$$

$$\dot{U}_{Cn} = \dot{U}_{CN} - \dot{U}_{nN} = 100 \angle 120^\circ - (-20 + j60) = 40,1 \angle 138,43^\circ \text{ (V)}$$

Ta nhận thấy, dù cho tổng trở nhánh B và C như nhau nhưng điện áp đặt lên pha B lớn hơn pha C. Nếu thay 2 điện trở này thành 2 bóng đèn thì đèn ở pha B sẽ sáng hơn đèn ở pha C. Vì vậy, bộ tải này còn gọi là *bộ chỉ thị thứ tự pha* được dùng trong thực tế nhằm để xác định thứ tự pha của nguồn 3 pha : chọn pha nối với tụ là pha A, pha nối với bóng sáng tỏ sẽ là pha B và pha nối với bóng sáng mờ sẽ là pha C.

2/ Tải nối tam giác



Hình 3.18 – Tải ba pha nối tam giác không đối xứng

a) Nếu các đường dây không có tổng trở :

Điện áp đặt lên các pha tải là điện áp dây nguồn, do đó ta tính ngay được các dòng pha tải :

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\dot{Z}_{ab}}; \quad \dot{I}_{bc} = \frac{\dot{U}_{BC}}{\dot{Z}_{bc}}; \quad \dot{I}_{ca} = \frac{\dot{U}_{CA}}{\dot{Z}_{ca}}$$

Áp dụng định luật Kirrchoff 1 tại các nút a, b, c ta có dòng điện dây :

$$\dot{I}_{dA} = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \quad \dot{I}_{dB} = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \quad \dot{I}_{dC} = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}$$

b) Nếu các đường dây có tổng trở :

Ta biến đổi tải nối tam giác thành hình sao, sau đó giải mạch tìm dòng dây và điện áp dây tại tải, từ đó tìm được các dòng pha tải ở trường hợp tam giác ban đầu.

BÀI TẬP CHƯƠNG 3

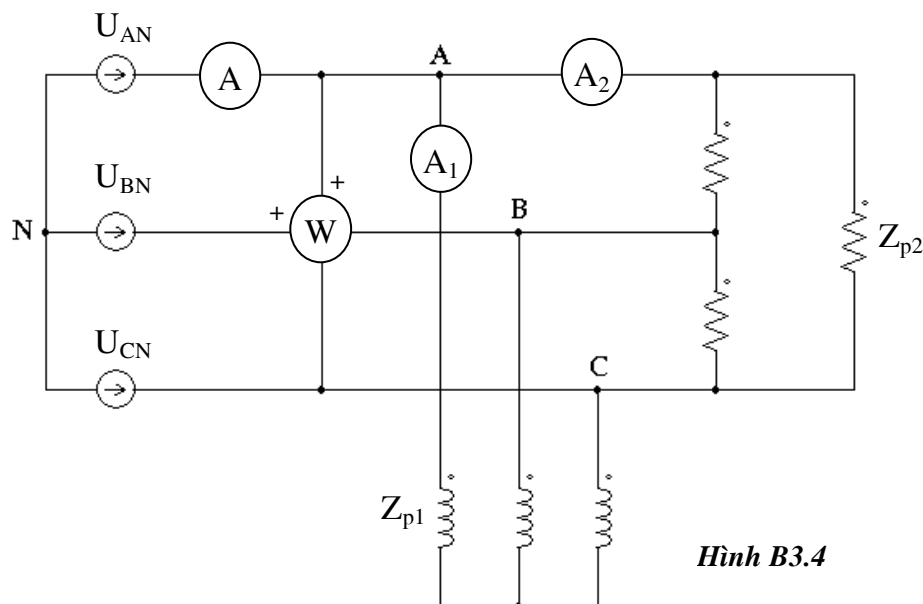
3.1. Mạch 3 pha đối xứng tải nối hình sao có $\bar{Z}_p = 15\angle 60^\circ \Omega$ được cung cấp từ nguồn 3 pha đối xứng có $U_d = 240V$ qua đường dây có tổng trở $Z_d = 2 + j1 \Omega$. Tính điện áp dây tại tải.

$$\text{ĐS : } U_{dt} = 194V$$

3.2 Tải ba pha đối xứng nối tam giác. Nguồn đối xứng có $\dot{U}_{ab} = 200\angle 0^\circ A$. Giả sử $\dot{I}_{dA} = 10\angle 60^\circ A$. Tìm \bar{Z}_p và công suất tải ba pha.

3.3. Một hệ thống ba pha Y-Y cân bằng có $\dot{U}_{an} = 200\angle 0^\circ (V)$ và $\bar{Z}_p = 3 + j4 \Omega$. Điện trở mỗi pha đường dây là 1Ω . Tìm dòng dây I_d , công suất phát cho tải và tổn hao trên đường dây.

3.4. Cho mạch ba pha cân bằng hình B3-4, có $U_{an} = 220\angle 0^\circ V$, $Z_{p1} = j44 \Omega$, $Z_{p2} = 76 \Omega$. Đường dây có tổng trở không đáng kể. Tìm số chỉ của các ampe kế và watt kế.



3.5. Một hệ thống 3 pha Y-Y cân bằng có 2 tải đấu song song. Tải 1 tiêu thụ 3000VA với HSCS = 0,7 trễ; tải 2 tiêu thụ 2000VA với HSCS = 0,75 sớm. Điện áp dây = 208V. Tính dòng dây tổng I_d .

3.6. Một hệ thống 3 pha cân bằng Y- Δ có điện áp dây 208V. Công suất tiêu thụ bởi tải 3 pha là 120W. góc HSCS của tải = 20° trễ. Tính dòng dây hiệu dụng và giá trị tổng trở pha trong tải Δ .

$$ĐS : I_d = 3,5A; Z_p = 95,61 + j34,81$$

3.7. Một hệ thống 3 pha Y-Δ cân bằng có điện áp dây 208V và dòng dây 9A. Nếu mỗi pha tải tiêu thụ 300Var. Tính công suất tác dụng tổng tiêu thụ bởi tải.

3.8. Một hệ thống 3 pha Y-Y cân bằng có điện áp dây 208V, dòng dây 6A và công suất tổng trong tải là 1800W. Tính giá trị phức của Z_p .

3.9. Nguồn 3 pha có điện áp dây 208V cấp cho tải đấu Δ có $Z_p = 9 + j6 \Omega$. Đường dây có tổng trở $Z_d = 0,1 + j0,2 \Omega$. Tính dòng I_d và công suất do nguồn phát ra.

3.10. Trong một hệ thống 3 pha cân bằng đấu Y, có 2 tải song song đấu Y với tổng trở pha $Z_{1p} = 4 + j3 \Omega$ và $Z_{2p} = 12 + j8 \Omega$. Tính công suất tổng tiêu thụ bởi 2 tải.

3.11. Nguồn 3 pha có điện áp dây 208 V cấp cho 2 tải qua đường dây không có tổng trở. Tải 1 đấu hình Y có $Z_{p1} = 5\angle 45^\circ \Omega$. Tải 2 đấu Δ có $Z_{p2} = 12\angle 30^\circ \Omega$. Tính trị hiệu dụng dòng điện trên đường dây tổng và công suất tiêu thụ trong toàn mạch.

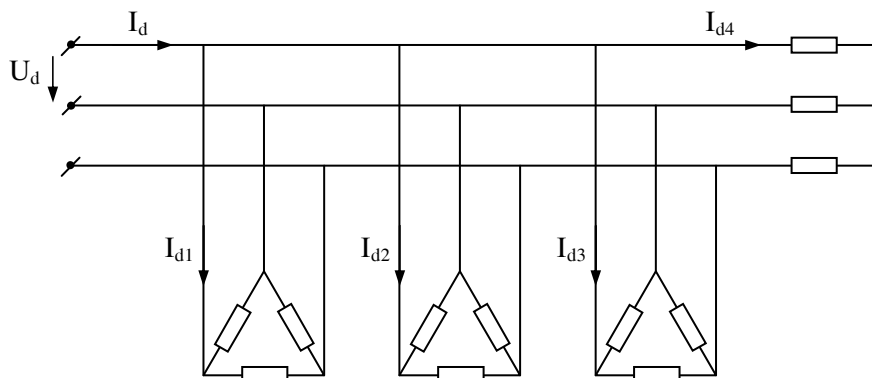
$$ĐS : I = 53,6 A; P = 15500 W$$

3.12. Hai động cơ điện 3 pha được cấp từ nguồn 3 pha cân bằng có điện áp dây $U_d=220V$. Động cơ thứ nhất tiêu thụ $P_1 = 3,3KW$ với $\cos\varphi_1=0,86$ trễ. Động cơ thứ hai tiêu thụ $P_2=2,15KW$ với $\cos\varphi_2=0,707$ trễ. Tính dòng điện trên đường dây tổng.

$$ĐS : I_d = 17,8A$$

3.13. Nguồn 3 pha có điện áp dây 1000V cung cấp cho 4 tải đối xứng (Hình B3-12)

- Tải 1 có : $I_{d1} = 50A$; $\cos\varphi_1 = 0,8$ trễ.
- Tải 2 có : $P_2 = 70KW$; $\cos\varphi_2 = 0,866$ trễ.
- Tải 3 có : $Z_3 = 9 \Omega$; $X_3 = 7 \Omega$.
- Tải 4 có : $Z_4 = 6 \Omega$; $R_4 = 1 \Omega$.



Hình B3-13

Tính dòng điện dây trên các tải, dòng điện dây trên đường dây chính, công suất P, Q, S của toàn mạch.

$$ĐS : P_1=69,2KW; P_2=70KW; P_3=209KW; P_4=27,8KW; P=376KW;$$

$$Q_1=52KVar; Q_2=40,4KVar; Q_3=259KVar; Q_4=165KVar; Q=516,4KVar;$$

$$S=638,8KVA; I_d = 396 A$$

3.14. Cho điện áp dây của một nguồn ba pha như sau :

$$\dot{U}_{AB} = 220 \angle 90^\circ V ; \quad \dot{U}_{BC} = 220 \angle -30^\circ V ; \quad \dot{U}_{CA} = 220 \angle -150^\circ V$$

Tải ghép Δ có tổng trở pha : $\bar{Z}_{ab} = 8 + j4 \Omega$; $\bar{Z}_{bc} = 8 - j4 \Omega$; $\bar{Z}_{ca} = 5 \Omega$. Đường dây có tổng trở không đáng kể.

a) Tính các dòng pha ($\dot{I}_{ab}, \dot{I}_{bc}, \dot{I}_{ca}$) và các dòng dây ($\dot{I}_{dA}, \dot{I}_{dB}, \dot{I}_{dC}$)

b) Tính công suất tác dụng, phản kháng và biểu kiến trong từng pha và trong toàn mạch.

3.15. Tải 3 pha đối xứng nối Y có $R=3\Omega$ và $X=4\Omega$ nối vào lưới điện 3 pha 3 dây có $U_d=220V$. Xác định dòng điện, điện áp và công suất P, Q trong các trường hợp sau :

a) Bình thường

b) Đứt dây pha A

c) Ngắn mạch pha A

$$\text{ĐS : a) } I_d = I_p = 25,4A ; P = 5806W ; Q = 7742Var$$

$$\text{b) } I_{dA} = 0 ; I_{dB} = I_{dC} = 22A ; P = 2904W ; Q = 3872Var$$

$$\text{c) } I_{dB} = I_{dC} = 44A ; I_{dA} = 76A ; P = 11616W ; Q = 15488Var$$

3.16. Nguồn 3 pha đối xứng cấp cho tải 3 pha đối xứng đấu Y có dây trung tính. Biết lúc đó dòng điện trong các pha của tải $I_A = I_B = I_C = 1A$. Xác định trị hiệu dụng các dòng pha và dòng trên đường dây trung tính I_N khi :

a) Đứt dây pha A

b) Đứt dây pha A và B

c) Đứt dây pha A khi không có dây trung tính

d) Ngắn mạch pha A khi không có dây trung tính

$$\text{ĐS: a) } I_A = 0 ; I_B = I_C = I_N = 1A$$

$$\text{b) } I_A = I_B = 0 ; I_C = 1A$$

$$\text{c) } I_A = 0 ; I_B = I_C = 0,876A$$

$$\text{d) } I_A = 3A ; I_B = I_C = 1,73A$$