

ỦY BAN NHÂN DÂN QUẬN 5
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ HÙNG VƯƠNG



GIÁO TRÌNH
Mạch điện

Nghề: Điện công nghiệp
TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP

MỤC LỤC

ĐỀ MỤC	TRANG
GIỚI THIỆU VỀ MÔN HỌC	2
CHƯƠNG 1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN	3
1.1. Mạch điện và mô hình	
1.2. Các khái niệm cơ bản trong mạch điện.	
1.3. Các phép biến đổi tương đương.	
CHƯƠNG 2: MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU	11
2.1. Các định luật và biểu thức cơ bản trong mạch một chiều.	
2.2. Các phương pháp giải mạch một chiều.	
CHƯƠNG 3: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU	32
3.1. Khái niệm về dòng điện xoay chiều.	
3.2. Giải mạch xoay chiều không phân nhánh.	
3.3. Giải mạch xoay chiều phân nhánh.	
CHƯƠNG 4: MẠCH ĐIỆN BA PHA	51
4.1. Khái niệm chung.	
4.2. Sơ đồ đầu dây trong mạng ba pha cân bằng.	
4.3. Công suất mạng ba pha cân bằng.	
4.4. Phương pháp giải mạng ba pha cân bằng.	

GIỚI THIỆU VỀ MÔN HỌC

I. VỊ TRÍ TÍNH CHẤT CỦA MÔN HỌC:

- Vị trí: Môn học mạch điện được bố trí học sau các môn học chung và học trước các môn học, mô đun chuyên môn nghề.

- Tính chất: Là môn học kỹ thuật cơ sở, thuộc các môn học đào tạo nghề bắt buộc.

II. MỤC TIÊU MÔN HỌC:

- Phát biểu được các khái niệm, định luật, định lý cơ bản trong mạch điện một chiều, xoay chiều, mạch ba pha.

- Tính toán được các thông số kỹ thuật trong mạch điện một chiều, xoay chiều, mạch ba pha ở trạng thái xác lập.

- Vận dụng các phương pháp phân tích, biến đổi mạch để giải các bài toán về mạch điện hợp lý.

- Giải thích được một số ứng dụng đặc trưng theo quan điểm của kỹ thuật điện.

- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác, ham học hỏi.

III. PHƯƠNG PHÁP VÀ NỘI DUNG ĐÁNH GIÁ:

Có thể áp dụng hình thức kiểm tra viết hoặc kiểm tra trắc nghiệm. Các nội dung trọng tâm cần kiểm tra tập trung ở chương 2, chương 3 và chương 4 là:

Chương 2: + Các Định luật, biểu thức cơ bản.

+ Giải mạch một chiều có nhiều nguồn tác động.

Chương 3: + Giải mạch xoay chiều phân nhánh, mạch không phân nhánh dạng bài toán ngược.

+ Cộng hưởng và phương pháp nâng cao hệ số công suất.

Chương 4: + Sơ đồ đầu dây mạng 3 pha, mối quan hệ giữa đại dây và đại lượng pha, công suất trong mạng 3 pha cân bằng.

+ Giải bài toán mạng 3 pha cân bằng 1 tải, nhiều tải (ghép nối tiếp, song song)

IV. HƯỚNG DẪN CHƯƠNG TRÌNH :

1. Phạm vi áp dụng chương trình:

- Chương trình môn học này được sử dụng để giảng dạy cho trình độ Trung cấp nghề.

2. Hướng dẫn một số điểm chính về phương pháp giảng dạy môn học:

- Trước khi giảng dạy, giáo viên cần căn cứ vào nội dung của từng bài học để chuẩn bị đầy đủ các điều kiện cần thiết nhằm đảm bảo chất lượng giảng dạy.

- Nên áp dụng phương pháp đàm thoại để học sinh ghi nhớ kỹ hơn.

- Nên bố trí thời gian giải bài tập hợp lý mang tính minh họa để học sinh hiểu bài sâu hơn.

- Nên tập trung phân tích nhiều dạng bài tập ở phần “Các phương pháp ứng dụng Định luật Kirchhoff” ở chương 1.

- Chú ý bổ sung phần số phức trước khi dạy phần “phương pháp biên độ phức” ở chương 2.

- Nêu mối liên hệ về phương pháp giải mạch AC 1 pha và 3 pha cân bằng.

3. Những trọng tâm cần chú ý:

- Phương pháp giải mạch, tính toán các thông số trong mạch DC nhiều nguồn.

- Phương pháp giải mạch, tính toán các thông số trong mạch AC phân nhánh.

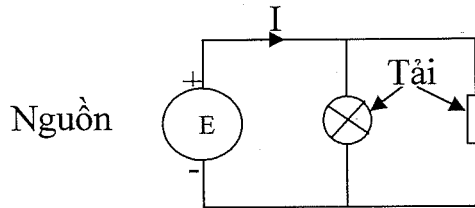
- Phương pháp giải mạch, tính toán các thông số trong mạch AC 3 pha cân bằng 1 tải, nhiều tải (ghép nối tiếp, song song).

CHƯƠNG 1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

1. Mạch điện và mô hình mạch điện

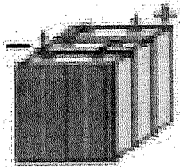
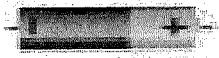
1.1. Định nghĩa mạch điện: gồm tập hợp các thiết bị điện, điện tử trong đó có sự biến đổi năng lượng điện sang các dạng năng lượng khác.

Cấu tạo mạch điện gồm nguồn điện, phụ tải, dây dẫn ngoài ra còn có các phần tử phụ trợ khác

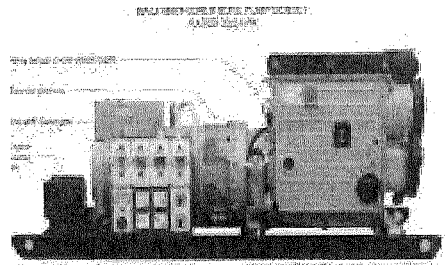


Hình 1.1

- **Nguồn điện:** dùng để cung cấp năng lượng điện hoặc tín hiệu điện cho mạch. Nguồn được biến đổi từ các dạng năng lượng khác sang điện năng, ví dụ máy phát điện (biến đổi cơ năng thành điện năng), ắc quy (biến đổi hóa năng sang điện năng).



Ắc quy



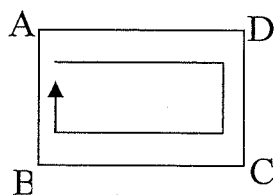
Máy phát điện

- **Phụ tải:** là thiết bị nhận năng lượng điện hay tín hiệu điện. Phụ tải biến đổi năng lượng điện sang các dạng năng lượng khác, ví dụ như động cơ điện (biến đổi điện năng thành cơ năng), đèn điện (biến đổi điện năng sang quang năng), bàn là, bếp điện (biến đổi điện năng sang nhiệt năng) v.v.

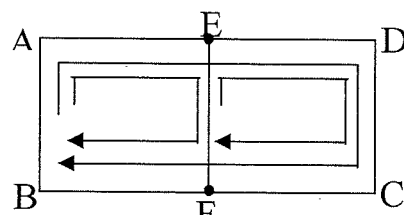
- **Dây dẫn:** làm nhiệm vụ truyền tải năng lượng điện từ nguồn đến nơi tiêu thụ.
- **Ngoài ra còn có các phần tử khác như:** phần tử làm thay đổi áp và dòng trong các phần khác của mạch (như máy biến áp, máy biến dòng), phần tử làm giảm hoặc tăng cường các thành phần nào đó của tín hiệu (các bộ lọc, bộ khuếch đại), v.v..

1.2. Cấu trúc của mạch điện:

- **Nhánh:** gồm nhiều phần tử ghép nối tiếp trong đó có cùng một dòng điện.
- **Nút:** là điểm nối của ba nhánh trở lên.
- **Vòng:** là tập hợp nhiều nhánh tạo thành vòng kín, nó có tính chất là nếu bỏ đi một nhánh thì không tạo thành vòng kín nữa.
- **Mắc lưới :** là vòng mà bên trong nó không còn vòng nào khác.



Hình 1.2



Hình 1.3

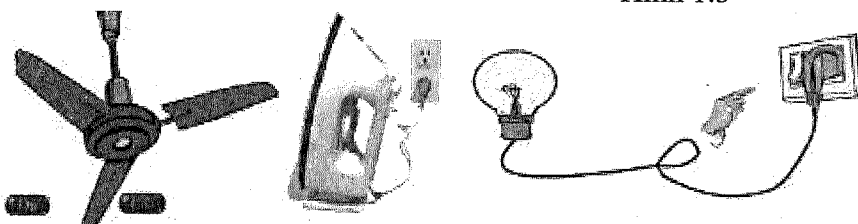
1.3. Các

tượng

Gồm

tượng là

tượng



hiện
điện từ
hai hiện
hiện
biến đổi

năng lượng và hiện tượng tích phóng năng lượng điện từ.

Hiện tượng biến đổi năng lượng gồm hiện tượng nguồn và hiện tượng tiêu tán.

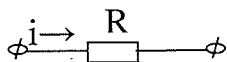
- **Hiện tượng nguồn:** là hiện tượng biến đổi từ các dạng năng lượng khác như cơ năng, hóa năng, nhiệt năng ... thành năng lượng điện từ.
- **Hiện tượng tiêu tán:** là hiện tượng biến đổi năng lượng điện từ thành các dạng năng lượng khác như nhiệt, cơ, quang, hóa năng ... tiêu tán đi không hoàn trở lại trong mạch nữa.

Hiện tượng tích phóng năng lượng gồm hiện tượng tích phóng năng lượng trong trường điện và trong trường từ.

1.4. Mô hình mạch điện

Được dùng trong lý thuyết mạch được xây dựng từ các phần tử lý tưởng sau đây:

- **Phần tử điện trở:** là phần tử đặc trưng cho hiện tượng tiêu tán năng lượng điện từ, quan hệ giữa dòng và áp trên hai cực của phần tử điện trở là: $u = R \cdot i$. (hình 1.4)



hình 1.4

- **Phần tử điện cảm:** là phần tử đặc trưng cho hiện tượng tích phóng năng lượng trường từ, quan hệ giữa dòng và áp trên hai cực phần tử điện cảm: $u = L \cdot \frac{di}{dt}$ (hình 1.5)



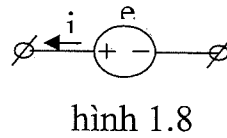
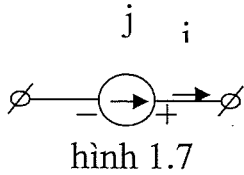
hình 1.5

- **Phần tử điện dung:** là phần tử đặc trưng cho hiện tượng tích phóng năng lượng trường điện, quan hệ giữa dòng và áp trên hai cực tụ điện: $i = C \cdot \frac{du}{dt}$ thông số cơ bản của mạch điện, đặc trưng cho quá trình tích phóng năng lượng trường điện. (hình 1.6)



hình 1.6

- **Phần tử nguồn:** là phần tử đặc trưng cho hiện tượng nguồn. phần tử nguồn gồm phần tử nguồn áp và phần tử nguồn dòng. (hình 4) và (hình 5)



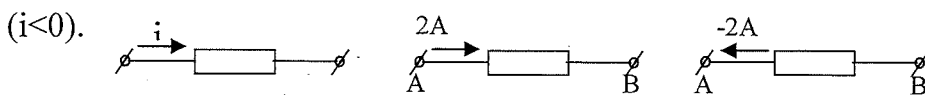
- **Phần tử thực:** phần tử thực của mạch điện có thể được mô hình gần đúng bởi một hay nhiều phần tử lý tưởng được ghép với nhau theo một cách nào đó để mô tả gần đúng hoạt động của phần tử thực tế.

1.2. Các khái niệm cơ bản trong mạch điện.

1.2.1. Dòng điện và quy ước chiều dòng điện:

Dòng điện là dòng chuyển dời hướng của các điện tích. Cường độ dòng điện (gọi tắt là dòng điện) là lượng điện tích chuyển qua một bề mặt nào đó(tiết diện ngang của dây dẫn, nếu là dòng điện chảy trong dây dẫn) trong một đơn vị thời gian.

- Dòng điện ký hiệu là: **I** (Ampe)
- Quy ước chiều dòng điện từ cực dương sang cực âm của nguồn ($i > 0$), ngược lại



Hình 1.9

1.2.2. Điện áp

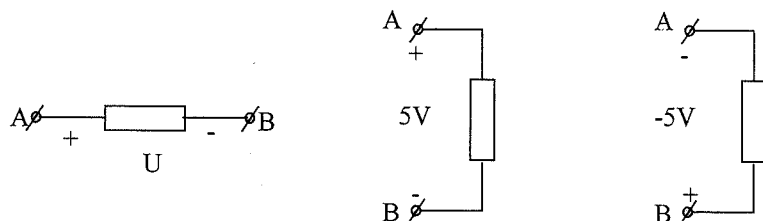
Điện áp giữa hai điểm A và B là công cần thiết để làm dịch chuyển một đơn vị điện tích (1 culong) từ A đến B.

- Điện áp ký hiệu là: **U** (vôn)

Ví dụ: U_{AB} : điện áp giữa A và B

U_{BA} : điện áp giữa B và A

ta có : $U_{AB} = -U_{BA}$



Hình 1.10

1.2.3. Công suất

Xét mạch điện chịu tác động ở 2 đầu một điện áp u , qua nó sẽ có dòng điện i . Công suất

tức thời được đưa vào mạch điện (được hấp thụ bởi mạch điện) là:

$$p(t) = u \cdot i$$

- Đơn vị công suất là watt (w)
- $p(t)$ là một đại lượng đại số nên có thể âm hoặc dương tại thời điểm t nào đó. Nếu $p > 0$ thì tại thời điểm t đó phần tử thực sự hấp thụ năng lượng với công suất là p , còn nếu $p < 0$ thì tại thời điểm t đó phần tử thực sự phát ra năng lượng (tức năng lượng được đưa từ phần tử mạch ra ngoài) với công suất là $|p|$.

1.3. Các phép biến đổi tương đương.

Trong thực tế đôi khi cần làm đơn giản một phần mạch thành một mạch tương đương đơn giản hơn. Việc biến đổi mạch tương đương thường được làm để cho mạch có ít phần tử, ít số nút, ít số vòng và nhánh hơn mạch trước đó làm giảm đi số phương trình phải giải.

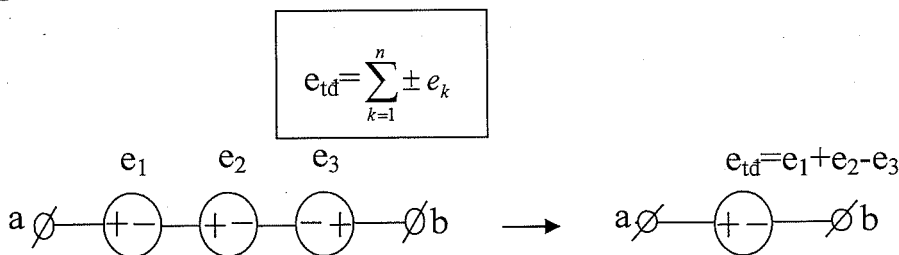
Mạch tương đương được định nghĩa như sau:

- Hai mạch được gọi là tương đương nếu quan hệ giữa dòng điện và điện áp trên các cực của hai phần tử là như nhau.
- Một phép biến đổi tương đương sẽ không làm thay đổi dòng điện và điện áp trên các nhánh ở các phần của sơ đồ không tham gia vào phép biến đổi.

Sau đây là một số phép biến đổi tương đương thông dụng :

1.3.1. Nguồn sức điện động ghép nối tiếp

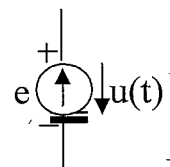
Sẽ tương đương với một nguồn sức điện động duy nhất có trị số bằng tổng trị số các sức điện động đó.



Hình 1.11

Ví dụ : $e_1 = 3(\text{v}), e_2 = 5(\text{v}), e_3 = 2(\text{v}) \rightarrow e_{td} = 3 + 5 - 2 = 6(\text{v})$.

Nguồn điện áp đặc trưng cho khả năng tạo nên và duy trì một điện áp trên hai cực của nguồn. ký hiệu: $U(t)$

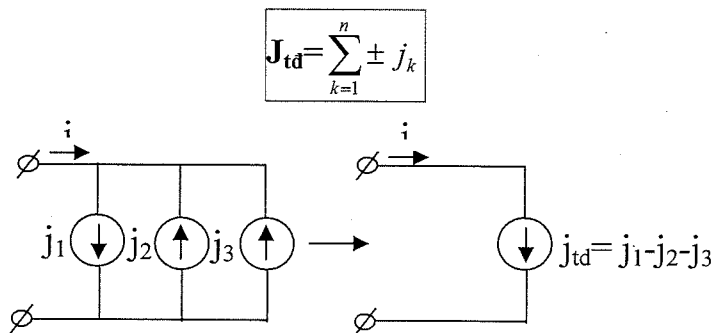


Nguồn áp còn biểu diễn bằng sđđ $e(t)$.

- $e(t)$: chiều đi từ điểm có điện thế thấp đến điểm có điện thế cao.
- $u(t)$: chiều đi từ điểm có điện thế cao đến điểm có điện thế thấp. Hình 1.12

1.3.2. Nguồn dòng điện ghép song song

Nguồn dòng điện mắc song song sẽ tương với một nguồn dòng duy nhất có giá trị bằng tổng đại số các nguồn dòng đó.



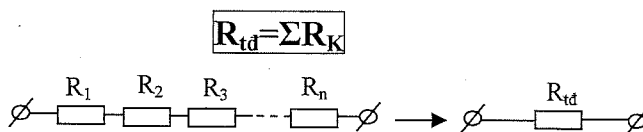
Hình 1.13

Ví dụ : $j_1=2$ (A), $j_2=3$ (A), $j_3=1$ (A) $\rightarrow j = 2-3-1 = -2$ (A)

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

1.3.3. Điện trở ghép nối tiếp và song song

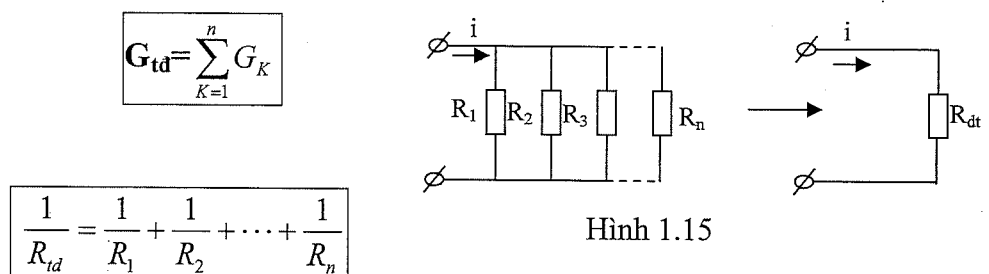
Điện trở ghép nối tiếp sẽ tương đương với một phần tử điện trở duy nhất có trị số bằng tổng các điện trở các phần tử đó.



Hình 1.14

Ví dụ : $R_1=3$ (Ω), $R_2=2$ (Ω), $R_3=5$ (Ω) $\rightarrow R_{td} = 3+2+5 = 10$ (Ω)

Điện trở ghép song song sẽ tương đương với một phần tử điện trở duy nhất có điện dẫn bằng tổng điện dẫn các phần tử đó. (với $g = \frac{1}{R}$: gọi là điện dẫn)



Hình 1.15

Ví dụ : $R_1=2 (\Omega), R_2=2 (\Omega), R_3=5 (\Omega) \rightarrow \frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} = \frac{31}{30} (\Omega$

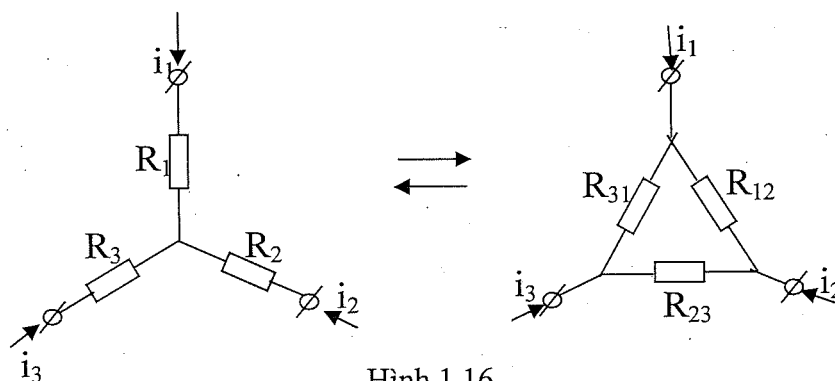
)

1.3.4. Biến đổi Δ -Y, Y- Δ

1.3.4.1. Biến đổi Y- Δ :

➤ $R_{12}=R_1+R_2+\frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$ (1)

➤ $R_{23}=R_2+R_3+\frac{R_2 \cdot R_3}{R_1}$ (2)



Hình 1.16

➤ $R_{31}=R_3+R_1+\frac{R_3 \cdot R_1}{R_2}$ (3)

1.3.4.2. Biến đổi Δ -Y:

➤ $R_1 = \frac{R_{31} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ (1)

➤ $R_2 = \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ (2)

➤ $R_3 = \frac{R_{23} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ (3)

Các quan hệ trên được chứng minh như sau: vì hai mạch tương đương nên các quan hệ sau đây thì bằng nhau đối với hai mạch.

$$R_{td12} = \frac{u_{12}}{i_1} \Big|_{i_3=0}; R_{td23} = \frac{u_{23}}{i_2} \Big|_{i_1=0}; R_{td31} = \frac{u_{31}}{i_3} \Big|_{i_2=0}$$

➤ **Đối với mạch (Y) ta có:**

$$R_{td12}=R_1+R_2; R_{td23}=R_2+R_3; R_{td31}=R_1+R_3$$

➤ **Đối với mạch (Δ) ta có:**

$$R_{td12} = R_{12} // (R_{23} + R_{31}); R_{td23} = R_{23} // (R_{31} + R_{12}); R_{td31} = R_{31} // (R_{23} + R_{12})$$

Do đó ta có các phương trình sau:

$$\triangleright R_1 + R_2 = \frac{R_{12}(R_{23} + R_{31})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (1)$$

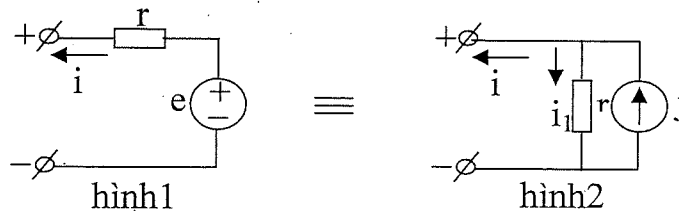
$$\triangleright R_2 + R_3 = \frac{R_{23}(R_{31} + R_{12})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (2)$$

$$\triangleright R_3 + R_1 = \frac{R_{12}(R_{12} + R_{23})}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \quad (3)$$

Giải hệ phương trình (1), (2), (3) ta tìm được các phép biến đổi trên.

1.3.5. Biến đổi tương đương giữa nguồn áp và nguồn dòng.

Nguồn áp mắc nối tiếp với một điện trở sẽ tương đương với một nguồn dòng mắc song song với điện trở đó và ngược lại.



Hình 1.17

- Ở mạch (hình 1) ta có quan hệ giữa u và i như sau:
 - $u = e - r \cdot i$ (1)
- Ở mạch (hình 2) ta có: $j = i + i_1$ (với $i_1 = u/r$)
 - $\rightarrow u = r \cdot j - r \cdot i$ (2)
- So sánh (1) và (2) ta thấy hai mạch sẽ tương đương nếu:
 - $e = r \cdot j$ hoặc $j = e/r$

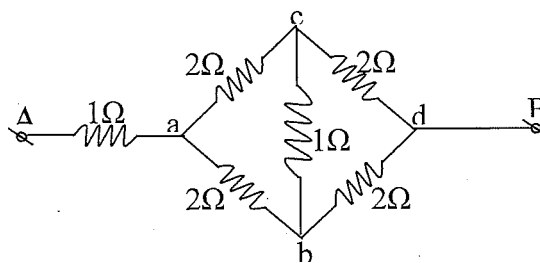
Câu hỏi :

1. Mạch điện gồm những phần nào? Nêu công dụng của chúng.
2. Định nghĩa nút? vòng? mắc lưới? Điều kiện nào trong mạch điện có nút?
3. Đặc trưng của phần tử điện trở là gì? Phần tử điện dung? Phần tử điện cảm?
4. Định nghĩa dòng điện? Định nghĩa điện áp?
5. Tính hiệu điện thế (điện áp) U_{AB} trong các trường hợp sau :

- a. Điện thế tại điểm A ($U_A=5$ (V)), điện thế tại điểm B ($U_B= 3$ (V)).
- b. Điện thế tại điểm A ($U_A=2$ (V)), điện thế tại điểm B ($U_B= -3$ (V)).
- c. Điện thế tại điểm A ($U_A= -1$ (V)), điện thế tại điểm B ($U_B= -4$ (V)).
6. Công suất $p(t)$ đặc trưng những hiện tượng nào của thiết bị.
7. Tại sao phải thực hiện phép biến đổi tương đương ? Phép biến đổi tương đương có làm thay đổi dòng và áp trong mạch điện không.
8. Vẽ lại mạch điện và tính điện trở tương đương trong các trường hợp sau:
- a. $(R_1 \text{ nt } R_2) // R_3$. Biết $R_1 = 2$ (Ω), $R_2 = 1$ (Ω), $R_3 = 4$ (Ω)
- b. $(R_1 \text{ nt } R_2) // (R_3 \text{ nt } R_4) \text{ nt } R_5$. Biết $R_1 = 2$ (Ω), $R_2 = 2$ (Ω), $R_3 = 1$ (Ω), $R_4 = 1$, $R_5 = 3$ (Ω).
- c. $(R_1 \text{ nt } R_2) // (R_3 \text{ nt } R_4 \text{ nt } R_5) // R_6$. Biết $R_1 = 2$ (Ω), $R_2 = 4$ (Ω), $R_3 = R_4 = R_5 = 2$ (Ω), $R_6 = 6$ (Ω).
- d. $(R_1 // R_2) \text{ nt } (R_3 // R_4 // R_5) \text{ nt } R_6$. Biết $R_1 = 2$ (Ω), $R_2 = 4$ (Ω), $R_3 = R_4 = R_5 = 2$ (Ω), $R_6 = 6$ (Ω).

9. Cho mạch điện như hình vẽ:

Tính điện trở R_{AB}



Tài Liệu Tham Khảo :

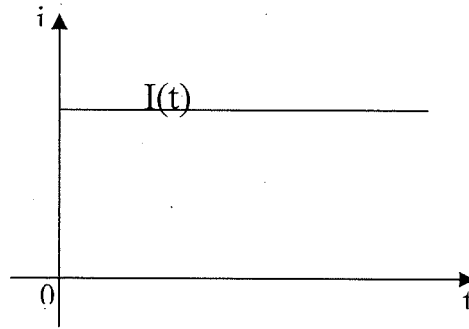
- Giáo trình mạch điện tác giả : Phạm Thị Cư “ NXBGD-1996”
- Giáo trình điện kỹ thuật tác giả : Lê Văn Đào “ NXBKHKKT-1997”
- Giáo trình mạch điện tác giả : Lê Văn Bảng “ NXBGD-2008”

CHƯƠNG 2: MẠCH ĐIỆN MỘT CHIỀU

2.1. Các định luật và biểu thức cơ bản trong mạch điện một chiều

2.1.1. Định nghĩa dòng điện một chiều:

Dòng điện một chiều là dòng điện có chiều và độ lớn không đổi theo thời gian.

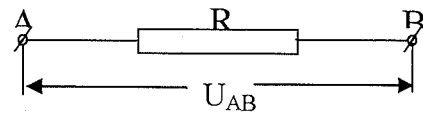


Hình 2.1

Định luật ohm:

Cường độ dòng điện trong một đoạn mạch tỷ lệ thuận với hiệu điện thế ở hai đầu đoạn mạch tỷ lệ nghịch với điện trở của đoạn mạch.

$$\mathbf{I = \frac{U}{R}} \quad (\text{A})$$



Hình 2.2

2.1.2 Công suất và điện năng trong mạch 1 chiều:

2.1.3 Định luật Joule- Lenxơ:

Nhiệt lượng tỏa ra trong một vật dẫn tỷ lệ thuận với điện trở của vật dẫn với bình phương cường độ dòng điện và với thời gian dòng điện đi qua.

$$\mathbf{Q = R \cdot I^2 \cdot t} \quad (\text{J})$$

2.1.4 Định luật Faraday:

Khối lượng m của chất được giải phóng ra ở điện cực tỷ lệ với đương lượng hóa học A/n của chất đó và với điện lượng q đi qua dung dịch điện phân.

$$\mathbf{m = K \cdot \frac{A}{n} \cdot q = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot I \cdot t}$$

- A : nguyên tử lượng
- n : hóa trị
- $1/k = F = 9,65 \cdot 10^7 \text{C/kg}$ (số Faraday)
- I : cường độ dòng điện qua bình điện phân
- t : thời gian dòng điện chạy qua

2.2 Các phương pháp giải mạch 1 chiều

2.2.1. Định luật Kirchhoff:

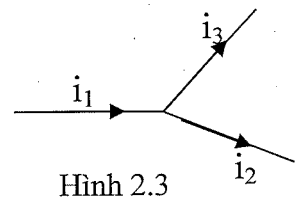
Định luật Kirchhoff 1 và 2 là hai định luật cơ bản để nguyên cứu và tính toán mạch điện.

a. Định luật Kirchhoff 1: nói lên mối quan hệ giữa các dòng điện tại một nút.

- Tổng đại số các dòng điện tại một nút thì bằng không.

$$\sum_{k=1}^n \pm i_k = 0$$

- Với mạch hình bên: $i_1 - i_2 - i_3 = 0$
hoặc $-i_1 + i_2 + i_3 = 0$



Hình 2.3

Trong đó nếu ta quy ước các dòng điện đi tới nút mang dấu dương thì các dòng điện rời khỏi nút mang dấu âm và ngược lại.

b. Định luật Kirchhoff 2: chỉ rõ các mối liên hệ giữa điện áp trong một vòng kín.

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

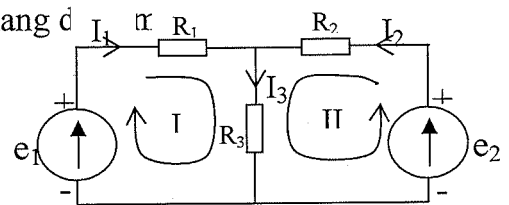
$$\sum_{k=1}^n \pm U_k = 0$$

Định luật Kirchhoff 2 phát biểu lại như sau:

Đi theo một vòng kín với chiều tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi trên các nhánh bằng tổng đại số các sđđ có trong vòng, trong đó các sđđ và dòng điện nào có chiều trùng với chiều đi của vòng sẽ mang dấu dương ngược lại mang d

vòng 1: $I_1.R_1 + I_3.R_3 = e_1$ (1)

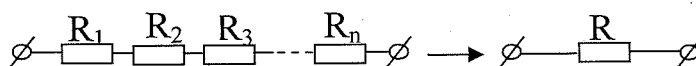
vòng 2: $I_2.R_2 + I_3.R_3 = e_2$ (2)



Hình 2.4

2.2.2. Phương pháp biến đổi điện trở: (phương pháp này chủ yếu dựa trên định luật Ohm)

- ❖ **Các điện trở mắc nối tiếp:** trong đoạn mạch mắc nối tiếp dòng điện qua các phần tử là như nhau. ($I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$)



Hình 2.5

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n} = \frac{U}{R_{tđ}}$$

Trong đó: $R_{td} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

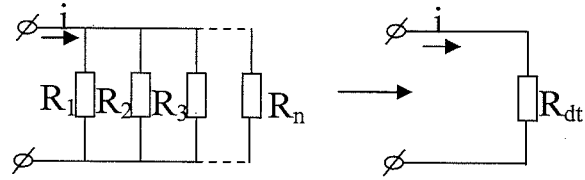
Ví dụ: $R_1 = 1 (\Omega)$, $R_2 = 3 (\Omega)$, $R_3 = 4 (\Omega)$, $U_{AB} = 10 (V)$.

Tính R_{AB} , I_{AB}

❖ **Các điện trở mắc song song:** trong đoạn mạch mắc song song điện áp ở hai đầu mỗi mạch nhánh bằng nhau và bằng điện áp hai đầu đoạn mạch.

$$U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$$

$$I = \frac{U}{R_{td}} \quad \frac{1}{R_{td}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



Hình 2.6

Ví dụ: $R_1 = 1 (\Omega)$, $R_2 = 3 (\Omega)$, $R_3 = 4 (\Omega)$, $U_{AB} = 10 (V)$.

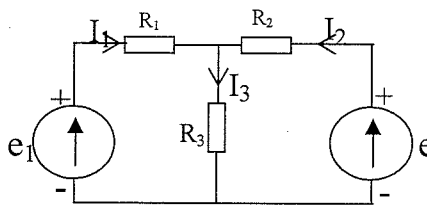
Tính R_{AB} , I_{AB}

2.2.3. Phương pháp xếp chồng dòng điện

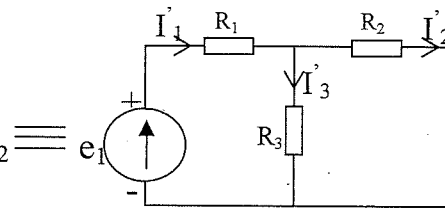
Phương pháp:

Bước 1:

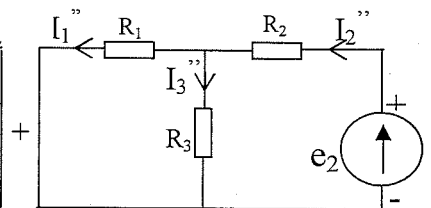
Căn cứ mạch điện ban đầu có bao nhiêu nguồn (nguồn điện áp và nguồn dòng điện) ta phân tích thành bấy nhiêu hình và áp dụng quy tắc sau:



Hình 2.7



Hình 2.8



Hình 2.9

- Nếu là nguồn áp: loại bỏ nguồn áp và nối tắt nguồn áp
- Nếu là nguồn dòng: loại bỏ nguồn dòng và nối tắt lại

Bước 2:

- Dựa vào định luật ôm xác định dòng điện trên các mạch vừa phân tích.

Bước 3:

Tính dòng điện trên các nhánh như sau:

- Dòng điện qua nhánh ban đầu bằng tổng đại số các dòng điện cùng đi qua nhánh ấy trên các mạch điện mới và áp dụng quy tắc sau, nếu dòng điện nào cùng chiều với dòng điện trên mạch chính sẽ mang dấu dương (+), ngược lại mang dấu âm (-).

➤ Với mạch điện hình trên ta có:

$$\begin{cases} I_1 = I_1' - I_1'' \\ I_2 = I_2' - I_2'' \\ I_3 = I_3' + I_3'' \end{cases}$$

Ví dụ: $E_1 = 10(\text{V}), E_2 = 4(\text{V}), R_1 = 4(\Omega), R_2 = 2(\Omega), R_3 = 4(\Omega)$. Tính I_1, I_2, I_3 bằng phương pháp xếp chồng của mạch điện trên.

Giải

Hình 1 ta có:

$$R_1 \text{ nt } (R_2 // R_3) \rightarrow R_{123} = R_1 + R_{23} = R_1 + \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = 4 + \frac{4}{3} = \frac{16}{3} (\Omega)$$

$$I_1' = \frac{e_1}{R_{123}} = \frac{10}{\frac{16}{3}} = \frac{30}{16} = \frac{15}{8} (\text{A})$$

$$I_2' = I_1' \times \frac{R_3}{R_2 + R_3} = \frac{15}{8} \times \frac{4}{2+4} = \frac{5}{4} (\text{A})$$

$$I_3' = I_1' \times \frac{R_2}{R_2 + R_3} = \frac{15}{8} \times \frac{2}{2+4} = \frac{5}{8} (\text{A})$$

Hình 2 ta có:

$$R_2 \text{ nt } (R_1 // R_3) \rightarrow R_{213} = R_2 + R_{13} = R_2 + \frac{R_1 \times R_3}{R_1 + R_3} = 2 + \frac{16}{8} = 4 (\Omega)$$

$$I_2'' = \frac{e_2}{R_{213}} = \frac{4}{4} = 1 (\text{A})$$

$$I_1'' = I_2'' \times \frac{R_3}{R_1 + R_3} = 1 \times \frac{4}{4+4} = \frac{1}{2} (\text{A})$$

$$I_3'' = I_2'' \times \frac{R_1}{R_1 + R_3} = 1 \times \frac{4}{4+4} = \frac{1}{2} (\text{A})$$

Vậy:

$$\begin{cases} I_1 = I_1' - I_1'' = \frac{15}{8} - \frac{1}{2} = \frac{11}{8} (\text{A}) \\ I_2 = -I_2' + I_2'' = -\frac{5}{4} + 1 = -\frac{1}{4} (\text{A}) \\ I_3 = I_3' + I_3'' = \frac{5}{8} + \frac{1}{2} = \frac{9}{8} (\text{A}) \end{cases}$$

2.2.4. Phương pháp dòng điện nhánh

$$\text{Vòng 2: } I_2.R_2 - I_3.R_3 = -E_2 + E_3 \quad (3)$$

Giải hệ phương trình (1), (2), (3)

$$\begin{cases} I_1 - I_2 - I_3 = 0 & (1) \\ I_1.R_1 + I_3.R_3 = E_1 - E_3 & (2) \\ I_2.R_2 - I_3.R_3 = -E_2 + E_3 & (3) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_1 - I_2 - I_3 = 0 & (1) \\ 2I_1 + 4I_3 = -2 & (2) \\ 3I_2 - 4I_3 = 3 & (3) \end{cases}$$

Từ phương trình (1) $\Rightarrow I_1 = I_2 + I_3$ (4).

Thế phương trình (4) vào pt (2) $\Rightarrow 2(I_2 + I_3) + 4I_3 = -2 \Rightarrow 2I_2 + 6I_3 = -2$ (5)

Giải hệ phương trình (3) và (5) ta có:

$$\begin{cases} 3I_2 - 4I_3 = 3 & (3) \\ 2I_2 + 6I_3 = -2 & (5) \end{cases}$$

Áp dụng phương pháp giải hệ phương trình bậc nhất hai ẩn số để giải hệ pt (3) và (5) như sau:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 3 & -4 \\ 2 & 6 \end{vmatrix} = 3.6 - (-4).2 = 18 + 8 = 26$$

$$\Delta_x = \begin{vmatrix} 3 & -4 \\ -2 & 6 \end{vmatrix} = 3.6 - (-4).(-2) = 18 - 8 = 10$$

$$\Delta_y = \begin{vmatrix} 3 & 3 \\ 2 & -2 \end{vmatrix} = 3.(-2) - 3.2 = -12$$

$$I_2 = \frac{\Delta_x}{\Delta} = \frac{10}{26} \text{ (A)}, \quad I_3 = \frac{\Delta_y}{\Delta} = \frac{-12}{26} \text{ (A)}$$

Thế $I_3 = \frac{-12}{26}$ (A) vào phương trình (2) $\Rightarrow 2I_1 + 4. \frac{-12}{26} = -2 \Rightarrow I_1 = \frac{-2 + \frac{48}{26}}{2} = -\frac{2}{26}$ (A)

Thử lại:

Thế các giá trị I_1, I_2, I_3 vào phương trình (1) $\Rightarrow I_1 - I_2 - I_3 = \frac{-2}{26} - \frac{10}{26} + \frac{12}{26} = 0$

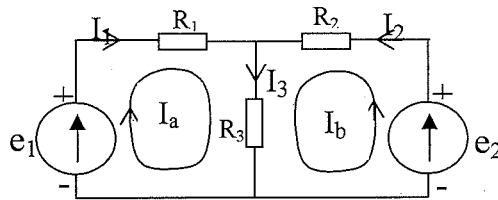
Vậy chiều I_1, I_3 đi trong mạch ngược với chiều đã chọn.

2.2.5. Phương pháp dòng điện vòng.

Phương pháp: Ẩn số của hệ phương trình là dòng điện vòng

Gọi m là số nhánh n là số nút số vòng độc lập cần phải chọn là m-n+1. Mỗi vòng sẽ có một dòng điện vòng chạy khép kín trong vòng ấy

- Dòng điện chạy khép kín trong vòng a gọi là dòng I_a .
- Dòng điện chạy khép kín trong vòng b gọi là dòng I_b .
- Các dòng điện I_a, I_b là ẩn số của hệ phương trình



Hình 2.13

Bước 1: chọn chiều các dòng điện vòng I_a, I_b .

Bước 2: viết hệ phương trình k2 cho $(m-n+1)$ vòng.

(tổng đại số điện áp rơi trên các nhánh của vòng do các dòng điện vòng gây ra bằng tổng đại số các sức điện động có trong vòng, trong đó các sđđ, các dòng điện vòng có chiều trùng với chiều đi của vòng sẽ mang dấu dương ngược lại mang dấu âm).

- **Vòng a:** $I_a \cdot R_1 + I_a \cdot R_3 + I_b \cdot R_3 = E_1$ (1)
- **Vòng b:** $I_b \cdot R_3 + I_b \cdot R_2 + I_a \cdot R_3 = E_2$ (2)

Bước 3: Giải hệ phương trình tìm I_a, I_b .

Bước 4: Tính dòng điện nhánh như sau:

- Dòng điện trên một nhánh bằng tổng đại số các dòng điện vòng đi qua nhánh ấy, trong đó dòng điện vòng nào có chiều trùng với chiều dòng điện nhánh sẽ mang dấu dương ngược lại mang dấu âm.
- $I_1 = I_a, I_2 = I_b, I_3 = I_a + I_b$

Ví dụ 1 : Cho $E_1 = 8(V), E_2 = 6(V), R_1 = 2(\Omega), R_2 = 3(\Omega), R_3 = 4(\Omega)$.

Tính dòng điện qua các nhánh bằng phương pháp dòng điện vòng của mạch điện trên.

Giải

Chọn chiều đi của dòng điện vòng như hình vẽ

Vòng a: $I_a \cdot R_1 + I_a \cdot R_3 + I_b \cdot R_3 = E_1$ (1)

Vòng b: $I_b \cdot R_2 + I_b \cdot R_3 + I_a \cdot R_3 = E_2$ (2)

Giải hệ phương trình (3), (4)

$$\begin{cases} 2 \cdot I_a + 4 \cdot I_a + 4 \cdot I_b = 8 & (1) \\ 3 \cdot I_b + 4 \cdot I_b + 4 \cdot I_a = 6 & (2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6I_a + 4I_b = 8 & (3) \\ 4I_a + 7I_b = 6 & (4) \end{cases}$$

$$\begin{vmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 7 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = \quad = 6.7 - 4.4 = 42 - 16 = 26$$

$$\Delta_x = \begin{vmatrix} 8 & 4 \\ 6 & 7 \end{vmatrix} = 8.7 - 6.4 = 56 - 24 = 32$$

$$\Delta_y = \begin{vmatrix} 6 & 8 \\ 4 & 6 \end{vmatrix} = 6.6 - 4.8 = 36 - 32 = 4$$

$$I_a = \frac{\Delta_x}{\Delta} = \frac{32}{26} = \frac{16}{13} \text{ (A)}, \quad I_b = \frac{\Delta_y}{\Delta} = \frac{4}{26} = \frac{2}{13} \text{ (A)}$$

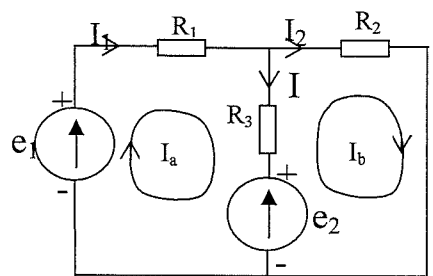
$$\Rightarrow I_1 = I_a = \frac{16}{13} \text{ (A)}, \quad I_2 = I_b = \frac{2}{13} \text{ (A)}, \quad I_3 = \frac{18}{13} \text{ (A)}$$

Ví dụ 2 : Cho mạch điện như hình vẽ

$$E_1 = 7 \text{ (V)}, \quad E_2 = 4 \text{ (V)}, \quad R_1 = 2 \text{ (\Omega)}, \quad R_2 = 5 \text{ (\Omega)}, \quad R_3 = 4 \text{ (\Omega)}$$

Tính I_1, I_2, I_3 bằng phương pháp dòng điện vòng

và P_{R1}, P_{R2}, P_{R3} .



Hình 2.14

Giải

Chọn chiều đi của dòng điện vòng như hình vẽ

$$\text{Vòng a: } I_a \cdot R_1 + I_a \cdot R_3 - I_b \cdot R_3 = E_1 - E_2 \quad (1)$$

$$\text{Vòng b: } I_b \cdot R_2 + I_b \cdot R_3 - I_a \cdot R_3 = E_2 \quad (2)$$

Giải hệ phương trình (3), (4)

$$\begin{cases} 2I_a + 4I_a - 4I_b = 7 & (1) \\ 5I_b + 4I_b + 4I_a = 6 & (2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6I_a + 4I_b = 8 & (3) \\ 4I_a + 7I_b = 6 & (4) \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 7 \end{vmatrix} = 6.7 - 4.4 = 42 - 16 = 26$$

$$\Delta_x = \begin{vmatrix} 8 & 4 \\ 6 & 7 \end{vmatrix} = 8.7 - 6.4 = 56 - 24 = 32$$

$$\Delta_y = \begin{vmatrix} 6 & 8 \\ 4 & 6 \end{vmatrix} = 6.6 - 4.8 = 36 - 32 = 4$$

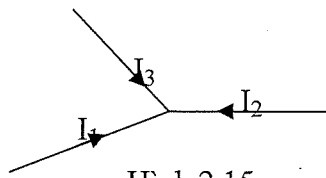
$$I_a = \frac{\Delta_x}{\Delta} = \frac{32}{26} = \frac{16}{13} \text{ (A)}, \quad I_b = \frac{\Delta_y}{\Delta} = \frac{4}{26} = \frac{2}{13} \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow I_1=I_a=\frac{16}{13} \text{ (A)}, I_2=I_b=\frac{2}{13} \text{ (A)}, I_3=\frac{18}{13} \text{ (A)}.$$

2.2.6. Phương pháp nút.

Phương pháp: (áp dụng định luật k1)

Tổng đại số các dòng điện chảy vào một nút thì bằng 0.



Hình 2.15

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Khảo sát mạch điện (hình 2.16).

Bước1: chọn một nút làm chuẩn (chọn 0 làm chuẩn)

$$V_0 = 0$$

$$V_A = V_{AO}$$

$$V_B = V_{BO}$$

Bước2: khảo sát các nút

➤ **khảo sát nút A:** $I_a + I_b + I_c = 0$

$$I_a = \frac{V_0 - V_A}{R_1}, I_b = \frac{V_B - V_A}{R_2}, I_c = I_1$$

$$\Rightarrow -\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_B - V_A}{R_2} + I_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow V_A \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - V_B \frac{1}{R_2} = I_1 \quad (1)$$

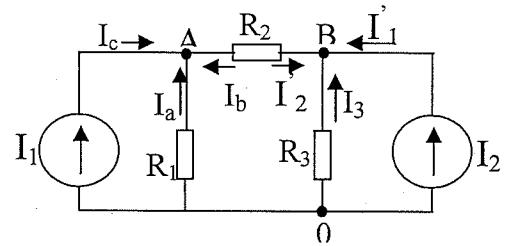
➤ **khảo sát nút B:** $I_1' + I_2' + I_3' = 0$ ($I_1' = I_2$)

$$I_2' = \frac{V_A - V_B}{R_2}, I_3' = \frac{V_0 - V_B}{R_3}$$

$$\Rightarrow \frac{V_A - V_B}{R_2} + \frac{-V_B}{R_3} + I_1' = 0$$

$$\Leftrightarrow V_B \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \frac{V_A}{R_2} = I_2 \quad (2)$$

➤ **Hệ phương trình nút:**

$$\begin{cases} V_A \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - V_B \frac{1}{R_2} = I_1 \quad (1) \\ V_B \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \frac{V_A}{R_2} = I_2 \quad (2) \end{cases}$$


Hình 2.16

Bước 3: Giải hệ phương trình tìm được $V_A, V_B \Rightarrow$ dòng điện qua các nhánh.

Nhân xét:

- $\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$: Tổng điện dẫn nối tại nút A
- $\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$: Tổng điện dẫn nối tại nút B
- $\frac{1}{R_2}$: Điện dẫn chung giữa nút A và B
- I_1 : là giá trị nguồn dòng nối tại nút A, mang dấu (+) nếu nguồn dòng chảy vào nút A và mang dấu (-) nếu nguồn dòng chảy ra từ nút A.
- I_2 : là giá trị nguồn dòng nối tại nút B, mang dấu (+) nếu nguồn dòng chảy vào nút B và mang dấu (-) nếu nguồn dòng chảy ra từ nút B.

Ví dụ 1: Cho $I_1=2(\text{A}), I_2=3(\text{A}), R_1=3(\text{V}), R_2=4(\text{V}), R_3=5(\text{V})$.

Tính điện thế tại các nút ở mạch điện (**hình 2.16**)

Giải

Chọn một nút làm chuẩn (chọn 0 làm chuẩn)

$$V_0=0$$

$$V_A=V_{AO}$$

$$V_B=V_{BO}$$

Khảo sát các nút

khảo sát nút A: $I_a + I_b + I_c = 0$

$$I_a = \frac{V_0 - V_A}{R_1}, I_b = \frac{V_B - V_A}{R_2}, I_c = I_1 = 2 (\text{A})$$

$$\Rightarrow -\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_B - V_A}{R_2} + I_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow V_A \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - V_B \frac{1}{R_2} = I_1 \quad (1)$$

khảo sát nút B: $I_1' + I_2' + I_3' = 0$ ($I_1' = I_2 = 3 (\text{A})$)

$$I_2' = \frac{V_A - V_B}{R_2}, I_3' = \frac{V_0 - V_B}{R_3}$$

$$\Rightarrow \frac{V_A - V_B}{R_2} + \frac{-V_B}{R_3} + I_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow V_B \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \frac{V_A}{R_2} = I_2 \quad (2)$$

Hệ phương trình nút:

$$\begin{cases} V_A \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - V_B \frac{1}{R_2} = I_1 & (1) \\ V_B \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \frac{V_A}{R_2} = I_2 & (2) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} V_A \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4} \right) - V_B \frac{1}{4} = 2 & (3) \\ V_B \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{5} \right) - \frac{V_A}{4} = 3 & (4) \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} \frac{7}{12} & -\frac{1}{4} \\ -\frac{1}{4} & \frac{9}{20} \end{vmatrix} = \frac{7}{12} \cdot \frac{9}{20} - \left(-\frac{1}{4}\right) \cdot \left(-\frac{1}{4}\right) = \frac{63}{240} - \frac{1}{16} = \frac{63-15}{240} = \frac{48}{240} = \frac{1}{5}$$

$$\Delta_x = \begin{vmatrix} 2 & -\frac{1}{4} \\ 3 & \frac{9}{20} \end{vmatrix} = 2 \cdot \frac{9}{20} - 3 \cdot \left(-\frac{1}{4}\right) = \frac{18}{20} + \frac{3}{4} = \frac{18+15}{20} = \frac{33}{20}$$

$$\Delta_y = \begin{vmatrix} \frac{7}{12} & 2 \\ \frac{9}{20} & 3 \end{vmatrix} = \frac{7}{12} \cdot 3 - 2 \cdot \frac{9}{20} = \frac{21}{12} - \frac{18}{20} = \frac{210-108}{120} = \frac{102}{120} = \frac{17}{20}$$

$$V_A = \frac{\Delta_x}{\Delta} = \frac{\frac{33}{20}}{\frac{1}{5}} = \frac{33}{20} \cdot 5 = \frac{33}{4} \text{ (V)}, \quad V_B = \frac{\Delta_y}{\Delta} = \frac{\frac{17}{20}}{\frac{1}{5}} = \frac{17}{4} \text{ (V)}$$

Ví dụ 2: Cho mạch điện như hình 2.17

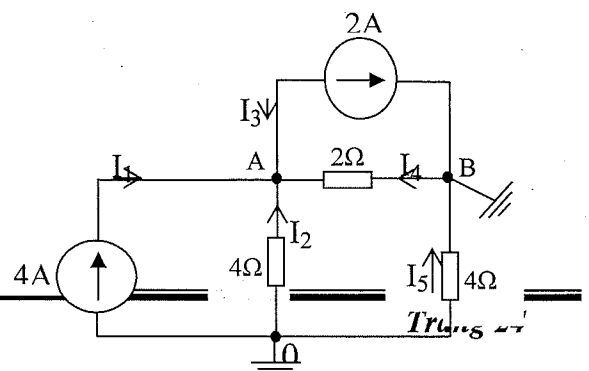
Tính điện thế tại các nút ở mạch điện trên. Bằng phương pháp nút

Giải

Chọn một nút làm chuẩn (chọn 0 làm chuẩn)

$$V_0 = 0$$

$$V_A = V_{A0}$$



$$V_B = V_{BO}$$

Khảo sát các nút

khảo sát nút A: $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$

Hình 2.17

$$I_2 = \frac{V_0 - V_A}{R_1}, I_4 = \frac{V_B - V_A}{R_2}, I_1 = 4 \text{ (A)}, I_3 = -2 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow -\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_B - V_A}{R_2} + 4 - 2 = 0$$

$$\Leftrightarrow V_A \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - V_B \frac{1}{R_2} = 4 - 2 \quad (\text{A})$$

$$\Leftrightarrow V_A \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{2} \right) - V_B \frac{1}{2} = 2 \quad (1)$$

khảo sát nút B: $I_3' + I_4' + I_5 = 0$ ($I_3' = 2 \text{ (A)}$)

$$I_4' = \frac{V_A - V_B}{R_2}, I_5 = \frac{V_0 - V_B}{R_3}$$

$$\Rightarrow \frac{V_A - V_B}{R_2} + \frac{-V_B}{R_3} + I_3' = 0$$

$$\Leftrightarrow V_B \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \frac{V_A}{R_2} = 2$$

$$\Leftrightarrow V_B \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) - \frac{V_A}{2} = 2 \quad (2)$$

Giải hệ phương trình (1) và (2).

$$\begin{cases} V_A \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{2} \right) - V_B \frac{1}{2} = 2 \quad (1) \\ V_B \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) - \frac{V_A}{2} = 2 \quad (2) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 3V_A - 2V_B = 8 \quad (3) \\ -2V_A + 3V_B = 8 \quad (4) \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 3 \end{vmatrix} = 3 \cdot 3 - (-2) \cdot (-2) = 9 - 4 = 5$$

$$\Delta_x = \begin{vmatrix} 8 & -2 \\ 8 & 3 \end{vmatrix} = 8 \cdot 3 - (-2) \cdot 8 = 24 + 16 = 40$$

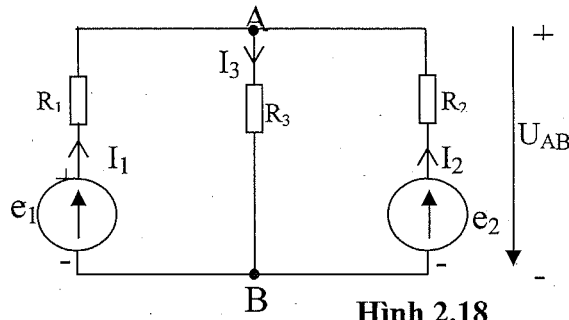
$$\Delta_y = \begin{vmatrix} 3 & 8 \\ -2 & 8 \end{vmatrix} = 3 \cdot 8 - 8 \cdot (-2) = 24 + 16 = 40$$

$$V_A = \frac{\Delta_x}{\Delta} = \frac{40}{5} = 8 \text{ (V)}, V_B = \frac{\Delta_y}{\Delta} = \frac{40}{5} = 8 \text{ (V)}$$

2.2.7. Phương pháp điện áp hai nút.

Phương pháp: (áp dụng cho những mạch có nhiều nhánh song song nhưng chỉ có hai nút).

Bước 1: Chọn chiều dương của điện áp và dòng điện trong các nhánh.



Hình 2.18

Bước 2: Xác định điện áp hai nút theo công thức :

$$U_{AB} = \frac{\sum_{K=1}^n E_K \cdot G_K}{\sum_{K=1}^n G_K}$$

Trong đó: E_K, G_K là sức điện động và dòng điện trên nhánh thứ k ($g_k = \frac{1}{R}$)

- Nếu E_K có chiều trùng với chiều dương giả thiết của điện áp thì tích $E_K \cdot G_K$ mang dấu âm ngược lại mang dấu dương.
- Mạch nào không có nguồn sức điện động ($E_K=0$) thì $E_K \cdot G_K=0$

Bước 3: Áp dụng định luật omh tìm dòng điện trong các nhánh.

Ví dụ 1: Cho $E_1=120(V), E_2=119(V), R_1=5\Omega, R_2=3\Omega, R_3=22\Omega$.

Tính dòng điện qua các nhánh bằng phương pháp điện áp hai nút ở mạch điện (hình 2.18)

Giải

Chọn chiều dương điện áp và chiều dòng điện đi trên các nhánh như hình vẽ

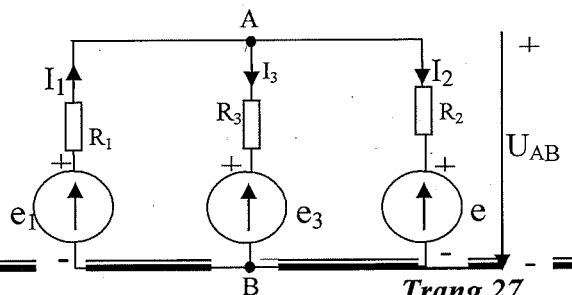
$$U_{AB} = \frac{\sum_{K=1}^n E_K \cdot G_K}{\sum_{K=1}^n G_K} = \frac{E_1 \cdot g_1 + E_2 \cdot g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{120 \cdot \frac{1}{5} + 119 \cdot \frac{1}{3}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{3} + \frac{1}{22}} = \frac{\frac{360}{15} + \frac{595}{15}}{\frac{66}{330} + \frac{110}{330} + \frac{15}{330}} = \frac{955}{15} \times \frac{330}{191} =$$

110(V)

Áp dụng định luật omh cho các nhánh

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} = \frac{120 - 110}{5} = 2 \text{ (A)}$$

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} = \frac{119 - 110}{3} = 3 \text{ (A)}$$



$$I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} = \frac{110}{22} = 5 \text{ (A)}$$

Thử lại: $I_1 + I_2 + I_3 = 0 \Leftrightarrow 2 + 3 - 5 = 0$

Ví dụ : Cho mạch điện như hình 2.19

Hình 2.19

$E_1 = 5 \text{ (V)}, E_2 = 4 \text{ (V)}, E_3 = 7 \text{ (V)}, R_1 = 2 \text{ (}\Omega\text{)}, R_2 = 3 \text{ (}\Omega\text{)}, R_3 = 4 \text{ (}\Omega\text{)}.$

Tính dòng điện qua các nhánh bằng phương pháp điện áp hai nút ở mạch điện trên.

Chọn chiều dương điện áp và chiều dòng điện đi trong các nhánh như hình vẽ

$$U_{AB} = \frac{\sum_{K=1}^n E_K \cdot G_K}{\sum_{K=1}^n G_K} = \frac{E_1 \cdot g_1 + E_2 \cdot g_2 + E_3 \cdot g_3}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{5 \cdot \frac{1}{2} + 4 \cdot \frac{1}{3} + 7 \cdot \frac{1}{4}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}} = \frac{\frac{30+16+21}{12}}{\frac{6+4+3}{12}} = \frac{67}{12} \times \frac{12}{13} = \frac{67}{13} \text{ (V)}$$

Áp dụng định luật omh cho các nhánh

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} = \frac{5 - \frac{67}{13}}{2} = \frac{65 - 67}{2 \cdot 13} = -\frac{1}{13} \text{ (A)}$$

$$I_2 = \frac{-E_2 + U_{AB}}{R_2} = \frac{-4 + \frac{67}{13}}{3} = \frac{-52 + 67}{3 \cdot 13} = \frac{15}{3 \cdot 13} = \frac{5}{13} \text{ (A)}$$

$$I_3 = \frac{U_{AB} - E_3}{R_3} = \frac{\frac{67}{13} - 7}{4} = \frac{-91 + 67}{4 \cdot 13} = \frac{-24}{4 \cdot 13} = -\frac{6}{13} \text{ (A)}$$

Thử lại: $I_1 - I_2 - I_3 = 0 \Leftrightarrow -\frac{1}{13} - \frac{5}{13} + \frac{6}{13} = 0$

Vậy dòng I_1, I_2, I_3 đi trong mạch ngược với chiều đã chọn

2.3. Công và công suất của dòng điện một chiều

Trong một mạch kín bao giờ cũng có hai sự chuyển hóa năng lượng là bên trong nguồn điện và bên ngoài nguồn điện.

- **Trong nguồn điện:** có một dạng năng lượng nào đó (hóa năng, cơ năng, nội năng...) chuyển hóa thành điện năng.
- **Bên ngoài nguồn điện:** điện năng được chuyển hóa thành những dạng năng lượng khác (nội năng, hóa năng, cơ năng).

Số đo năng lượng ấy biểu thị công của dòng điện.

2.3.1. Công của dòng điện.

Công của dòng điện sinh ra trong một đoạn mạch bằng tích của hất giữa hai đầu đoạn mạch với cường độ dòng điện và thời gian dòng điện đi qua.

$$A = q.U = U.I.t \quad (\text{jun})$$

2.3.2. Công suất của dòng điện.

Công suất của dòng điện là đại lượng đặc trưng cho tốc độ sinh công của dòng điện. Nó có độ lớn bằng công của dòng điện sinh ra trong một giây.

$$P = \frac{A}{t} = U.I \quad (\text{W})$$

$$P = RI^2 \quad (\text{W})$$

Công suất của dòng điện trong một đoạn mạch bằng tích hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch với cường độ dòng điện trong đoạn mạch.

2.3.3. Đo công và công suất.

Muốn đo công và công suất trên một đoạn mạch ta dùng ampe kế đo cường độ dòng điện qua đoạn mạch và vôn kế đo hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch $\rightarrow P=U.I$

Để đo công của dòng điện tức điện năng tiêu thụ trên đoạn mạch ta dùng công tơ điện.

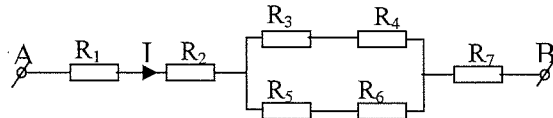
$$A = P.t = Kw.h$$

Câu hỏi:

1. Định nghĩa dòng điện một chiều ? Trình bày định luật omh, định luật k1 và định luật k2.

2. Cho mạch điện như hình vẽ

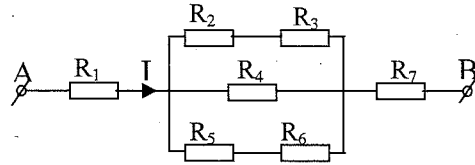
a. $R_1=R_2=R_3=R_4=2(\Omega)$, $R_5=R_7=1(\Omega)$,
 $R_6=3(\Omega)$, $U_{AB}=10(V)$.



Hình 2.20

Tính: R_{AB} , I , I_{R3} , U_{R6} . (hình 2.20)

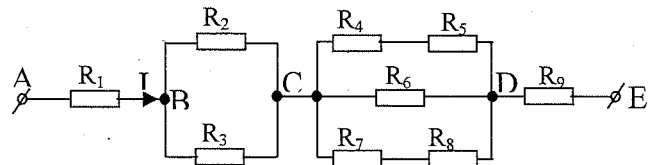
b. $R_1=R_7=2(\Omega)$, $R_2=R_3=R_6=1(\Omega)$,
 $R_4=R_5=3(\Omega)$, $U_{AB}=12(V)$.



Hình 2.21

Tính: R_{AB} , I , I_{R4} , U_{R3} , P . (hình 2.21)

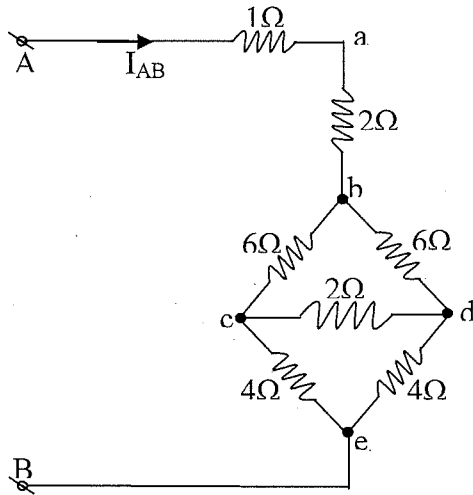
c. $R_1=R_2=R_3=1(\Omega)$, $R_4=R_5=1(\Omega)$,
 $R_7=R_8=4$, $R_6=R_9=3(\Omega)$, $U_{AE}=5(V)$.



Hình 2.22

Tính: R_A , I_{AB} , U_{BC} , U_{CD} , I_{R6} , I_{R8} ,
 P_{R8} , P . (hình 2.22)

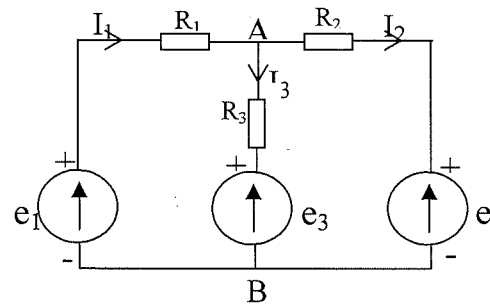
d. $U_{AB}=10(V)$. Tính R_{AB} , I_{AB} . (Hình 2.23)



Hình 2.23

3. Cho mạch điện như hình 2.24. Với $R_1=1(\Omega)$, $R_2=3(\Omega)$, $R_3=6(\Omega)$, $E_1=10(V)$, $E_2=4(\Omega)$,
 $E_3=6(\Omega)$.

Tính: I_1 , I_2 , I_3 , P_{R1} , P_{R2} , P_{R3} , bằng phương pháp xếp chồng.

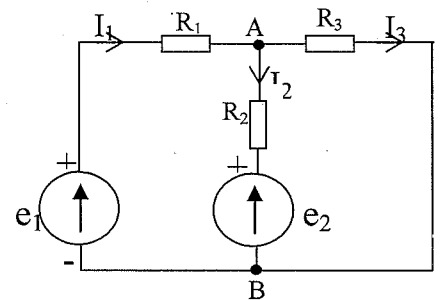


Hình 2.24

4. Cho mạch điện như hình 2.25 $R_1=3(\Omega)$, $R_2=4(\Omega)$,

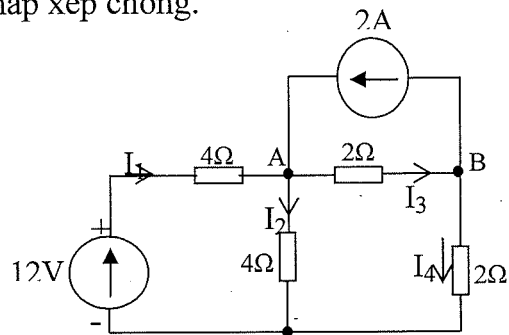
$R_3=8(\Omega)$, $E_1=6(V)$, $E_2=8(V)$.

Tính: I_1 , I_2 , I_3 bằng phương pháp xếp chồng.



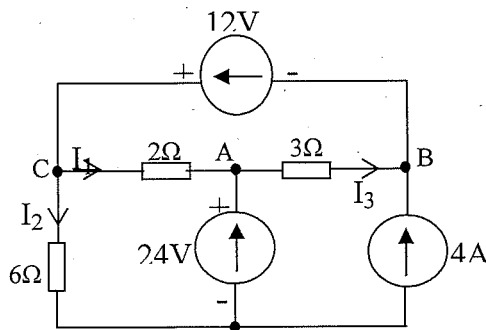
Hình 2.25

5. Tính: I_1, I_2, I_3, I_4 bằng phương pháp xếp chồng.



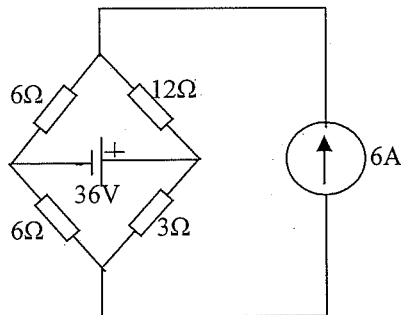
Hình 2.26

6. Tính: I_1, I_2, I_3 bằng phương pháp xếp chồng.



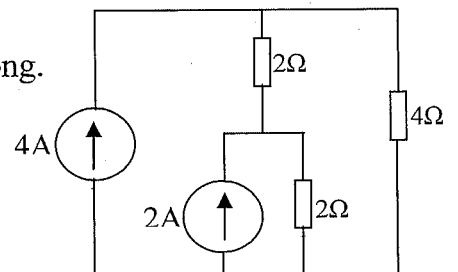
Hình 2.27

7. Tính dòng điện qua các nhánh bằng phương pháp xếp chồng.



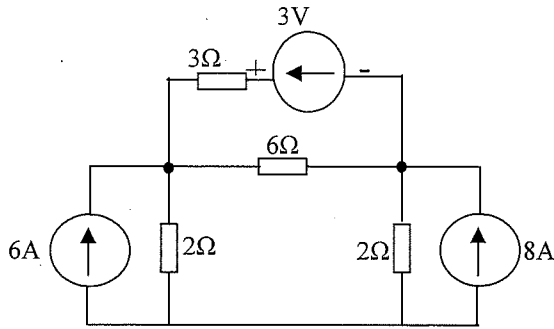
Hình 2.28

8. Tính dòng điện qua các nhánh bằng phương pháp xếp chồng.



Hình 2.29

9. Tính dòng điện qua các nhánh bằng phương pháp xếp chồng.



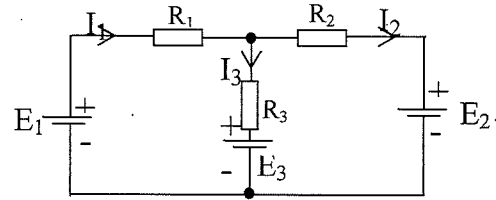
Hình 2.30

10. Cho mạch điện như hình 2.31

$$E_1 = 10(\text{V}), E_2 = 6(\text{V}), E_3 = 2(\text{V}).$$

$$R_1 = 4(\Omega), R_2 = 4(\Omega), R_3 = 4(\Omega).$$

Tính I_1, I_2, I_3 bằng phương pháp dòng điện vòng



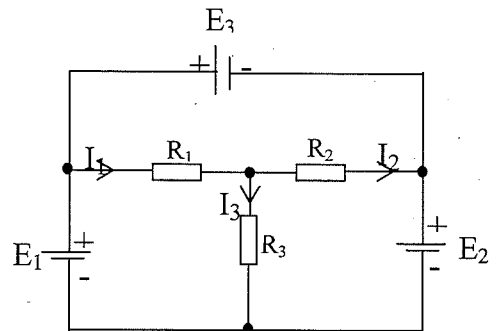
Hình 2.31

11. Cho mạch điện như hình 2.32

$$E_1 = 10(\text{V}), E_2 = 4(\text{V}), R_1 = 4(\Omega).$$

$$R_2 = 4(\Omega), R_3 = 4(\Omega).$$

Tính I_1, I_2, I_3 bằng phương pháp dòng điện vòng



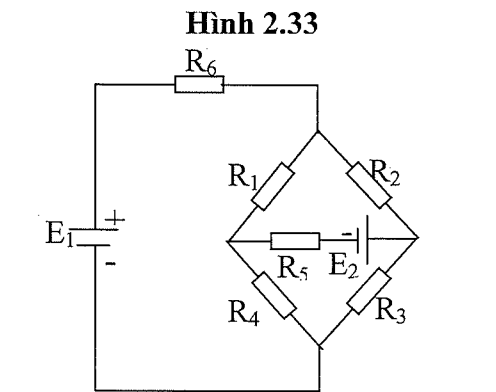
Hình 2.32

12. Cho $E_1 = 6(\text{V}), E_2 = 8(\text{V}), E_3 = 10(\text{V}).$

$$R_1 = 2(\Omega), R_2 = 4(\Omega), R_3 = 6(\Omega).$$

Tính I_1, I_2, I_3 bằng phương pháp dòng điện vòng.

(hình 2.33).

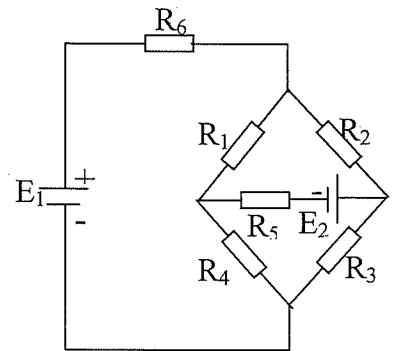


Hình 2.33

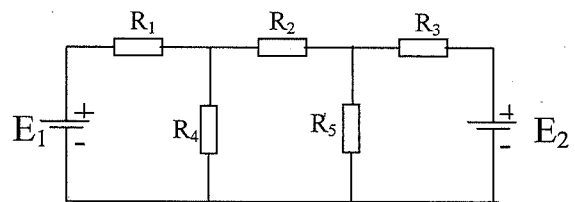
13. Cho $E_1 = 10(\text{V}), E_2 = 4(\text{V}), R_1 = 2(\Omega), R_2 = 4(\Omega).$

$$R_3 = 2, R_4 = 4(\Omega), R_5 = 2, R_6 = 2(\Omega)$$

Tính dòng điện qua các nhánh bằng phương pháp dòng điện vòng.



Hình 2.34

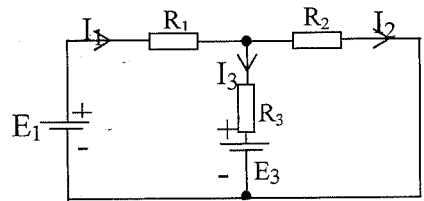


Hình 2.35

14. Cho $E_1 = 8(V)$, $E_2 = 4(V)$, $R_1 = 1(\Omega)$, $R_2 = 2(\Omega)$.

$R_3 = 4$, $R_4 = 4(\Omega)$, $R_5 = 2(\Omega)$.

Tính dòng điện qua các nhánh bằng phương pháp dòng điện vòng.

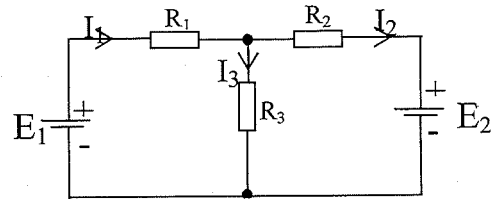


Hình 2.36

15. Cho $E_1 = 8(V)$, $E_3 = 4(V)$, $R_1 = 2(\Omega)$, $R_2 = 4(\Omega)$.

$R_3 = 1(\Omega)$.

Tính dòng điện I_1 , I_2 , I_3 bằng phương pháp dòng điện nhánh.

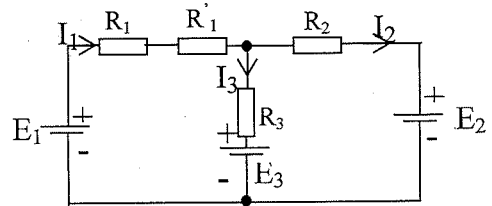


Hình 2.37

16. Cho $E_1 = 10(V)$, $E_2 = 6(V)$, $R_1 = 2(\Omega)$, $R_2 = 6(\Omega)$.

$R_3 = 4(\Omega)$.

Tính dòng điện I_1 , I_2 , I_3 bằng phương pháp dòng điện nhánh.



Hình 2.38

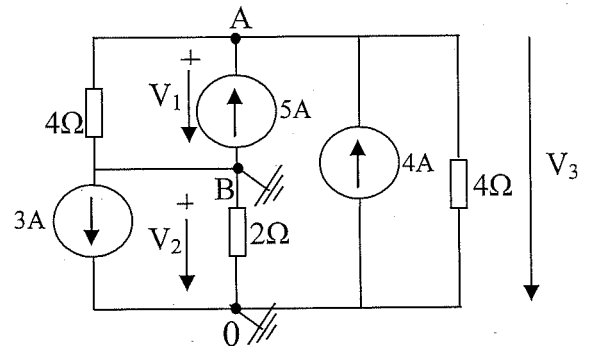
17. Cho $E_1 = 10(V)$, $E_2 = 6(V)$, $E_3 = 5(V)$

$R_1 = 2(\Omega)$, $R_2 = 6(\Omega)$, $R_3 = 4(\Omega)$, $R_4 = 1(\Omega)$.

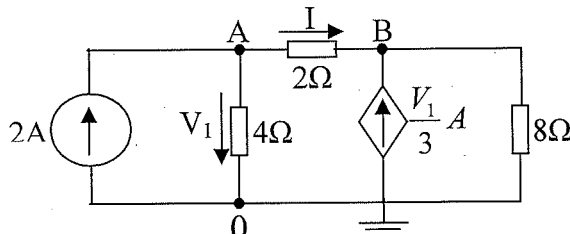
Tính dòng điện I_1 , I_2 , I_3 bằng phương pháp dòng điện nhánh.

18. Áp dụng phương pháp nút tính V_1 , V_2 , V_3

19. Áp dụng phương pháp nút tính I

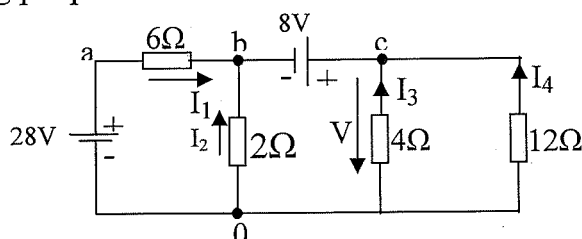


Hình 2.39



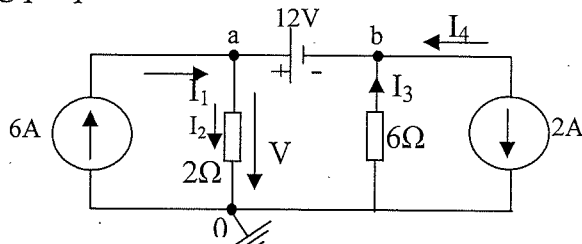
Hình 2.40

20. Áp dụng phương pháp nút tính V .



Hình 2.41

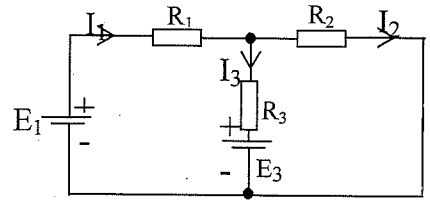
21. Áp dụng phương pháp nút tính V.



Hình 2.42

22. Cho $E_1 = 6(V)$, $E_2 = 2(V)$, $R_1 = 3(\Omega)$, $R_2 = 4(\Omega)$, $R_3 = 2(\Omega)$.

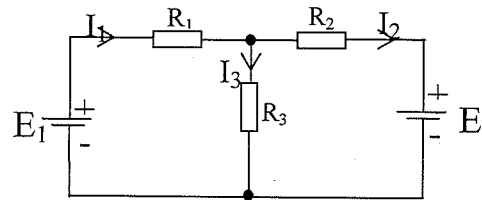
Tính dòng điện I_1, I_2, I_3 bằng phương pháp điện áp hai nút.



Hình 2.43

23. Cho $E_1 = 10(V)$, $E_2 = 6(V)$, $R_1 = 2(\Omega)$, $R_2 = 6(\Omega)$, $R_3 = 4(\Omega)$.

Tính dòng điện I_1, I_2, I_3 bằng phương pháp điện áp hai nút.

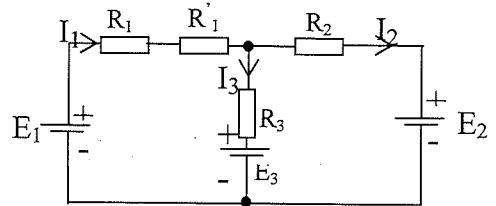


Hình 2.44

24. Cho $E_1 = 6(V)$, $E_2 = 5(V)$, $E_3 = 4(V)$, $R_1 = 2(\Omega)$,

$R_2 = 6(\Omega)$, $R_3 = 4(\Omega)$, $R'_1 = 1(\Omega)$.

Tính dòng điện I_1, I_2, I_3 bằng phương pháp điện áp hai nút.



Hình 2.45

25. Hai bóng đèn công suất định mức của mỗi bóng lần lượt là 25W và 100W đều làm việc bình thường ở hđt 110V hỏi.

a. Cường độ dòng điện qua bóng nào sáng hơn ?

b. Điện trở của bóng nào lớn hơn.

c. Có thể mắc nt hai bóng đèn này vào mạng điện có hiệu điện thế 220V được không ? tại sao?

26. Một bóng đèn có ghi $U_{dm} = 220V$, $P_{dm} = 100W$ nếu mắc bóng đèn vào hđt 110V thì công suất tăng hay giảm.

27. Để bóng đèn loại 120V-60W sáng bình thường ở mạng điện có hiệu điện thế là 220V người ta mắc nối tiếp với nó một điện trở phụ R. Tìm điện trở phụ đó.

Tài Liệu Tham Khảo :

- Giáo trình mạch điện tác giả : Phạm Thị Cư “ NXBGD-1996”

- Giáo trình điện kỹ thuật tác giả : Lê Văn Đào “ NXBKHKHKT-1997”
- Giáo trình mạch điện tác giả : Lê Văn Bảng “ NXBGD-2008”
- Giáo trình mạch điện “Trường ĐHSPKT-TPHCM” lưu hành nội bộ.

CHƯƠNG 3: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

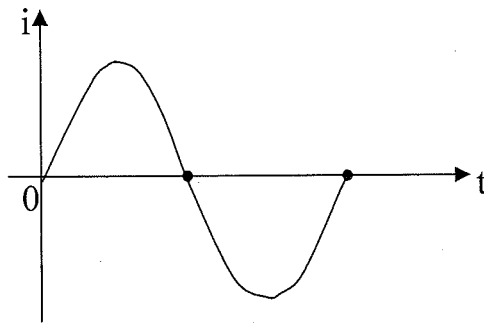
Trong đời sống và trong kỹ thuật dòng điện xoay chiều được sử dụng rộng rãi vì nó có các ưu điểm sau đây:

- Dễ truyền tải đi xa.
- Dễ dàng thay đổi cấp điện áp nhờ máy biến áp.
- MF điện, động cơ điện xoay chiều làm việc tin cậy, vận hành đơn giản.
- chỉ số kinh tế và kỹ thuật cao.
- Trường hợp cần thiết dòng điện xoay chiều được biến đổi sang dòng điện một chiều nhờ thiết bị nắn dòng (chỉnh lưu).

3.1. Khái niệm về dòng điện xoay chiều.

3.1.1. Dòng điện xoay chiều

Là dòng điện thay đổi chiều và độ lớn theo thời gian.



Hình 3.1

Dòng điện hoặc sức điện động có trị số biến đổi tuần hoàn theo quy luật của một hàm hình sin → gọi là sức điện động hay dòng điện hình sin.

$$f(t) = F_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$f(t)$ có thể là dòng điện $i(t)$, điện áp $u(t)$, sức điện động $e(t)$ hoặc trị số của dòng điện $j(t)$.

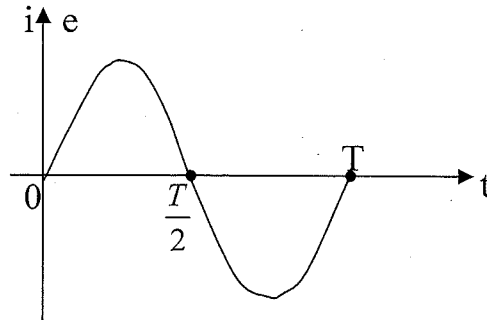
- $F_m > 0$: biên độ
- $\omega > 0$: tần số góc, đơn vị đo là rad/s (radian/giây)
- $\omega t + \varphi$: góc pha tại thời điểm t , đơn vị đo là radian hoặc độ.
- φ : góc pha ban đầu, đơn vị đo là radian hoặc độ ($0 \leq \varphi \leq 360^\circ$)

3.1.2. Chu kỳ, tần số

+ **Chu kỳ:** là khoảng thời gian ngắn nhất để sức điện động (e) hoặc là dòng điện (i) trở về giá trị cũ.

Ký hiệu :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ (giây)}$$



Hình 3.2

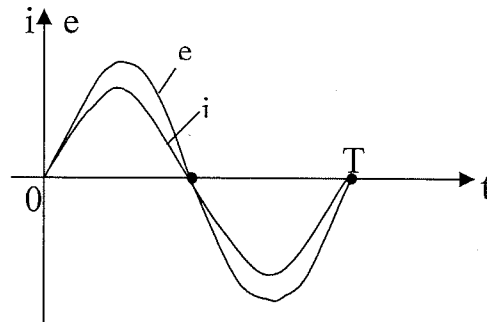
+ **Tần số:** là số chu kỳ trong một đơn vị thời gian (1 giây).

ký hiệu: f, đơn vị đo là héc (hz)

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \text{ (hz)}$$

3.1.3. Pha và sự lệch pha.

+ **Pha:** là trạng thái biến đổi của sức điện động (hay dòng điện) theo thời gian (tăng lên hay giảm xuống qua trị số không và cực đại) gọi là pha của sức điện động hoặc dòng điện.



Hình 3.3

+ **Sự lệch pha:** nếu hai dòng điện hoặc hai sức điện động hình sin có trị số biến đổi đồng thời

(cùng tăng lên cùng giảm xuống qua trị số 0 và cùng cực đại, cùng đổi chiều) thì gọi là hai dòng điện (hoặc sđđ) cùng pha. Trái lại là sự lệch pha.

3.1.4. Trị hiệu dụng.

Để đo và đánh giá được các giá trị của dòng điện xoay chiều như cường độ dòng điện, hiệu điện thế, sức điện động. Người ta dựa vào giá trị hiệu dụng của dòng điện xoay chiều.

Trị hiệu dụng I của một dòng điện $i(t)$ biến thiên tuần hoàn trong một chu kỳ T bằng với dòng điện không đổi gây ra cùng một công suất tiêu tán trung bình trên một điện trở R.

$$\frac{1}{T} \int_0^T R \cdot i^2 \cdot dt = RI^2 \Rightarrow I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

➤ Với $i(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$, $\omega = \frac{2\pi}{T}$

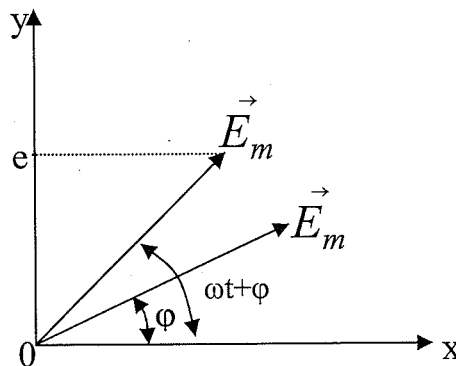
Tương tự ta tính được: $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$, $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$, $J = \frac{J_m}{\sqrt{2}}$

3.1.5. Biểu diễn lượng hình sin bằng đồ thị vectơ.

Một lượng hình sin, có thể biểu thị bằng một biểu thức hoặc bằng một vectơ.

* phương pháp:

- Độ dài của vectơ bằng trị số cực đại của lượng hình sin.
- Góc pha đầu là góc hợp bởi vectơ đó với trục hoành ở thời điểm ban đầu.
- Tốc độ góc quay của vectơ đó bằng tốc độ góc của lượng hình sin.
- Chiều quay của vectơ đó ngược với chiều kim đồng hồ.
- Hình chiếu của vectơ đó trên trục tung là trị số tức thời của lượng hình sin.



Hình 3.4

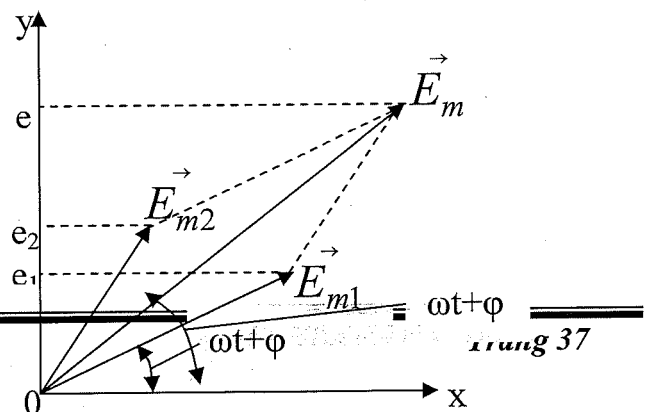
Ví dụ: $e = E_m \cdot \sin(\omega t + 30^\circ)$

1.6. Cộng và trừ bằng đồ thị vectơ

$$e_1 = E_{m1} \cdot \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$e_2 = E_{m2} \cdot \sin(\omega t + \varphi_2)$$

$$\vec{E}_m = \vec{E}_{m1} + \vec{E}_{m2}$$



Độ lớn:

$$\triangleright E_m^2 = E_{m1}^2 + E_{m2}^2 - 2E_{m1} \cdot E_{m2} \cdot \cos \varphi$$

Góc pha:

$$\triangleright \operatorname{Tg} \varphi = \frac{E_{m1} \cdot \sin \varphi_1 + E_{m2} \cdot \sin \varphi_2}{E_{m1} \cdot \cos \varphi_1 + E_{m2} \cdot \cos \varphi_2}$$

Hình 3.5

Khi cộng các vectơ cùng pha với nhau thì trị số cực đại của vectơ tổng hợp bằng tổng các trị số cực đại của các vectơ thành phần.

$$E_m = E_{m1} + E_{m2}$$

Phép trừ cũng như phép cộng chỉ việc đếm cộng lượng bị trừ bằng trị số lượng âm, nghĩa là:

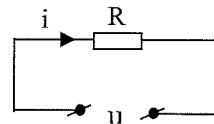
$$\vec{E}_m = \vec{E}_{m1} - \vec{E}_{m2} = \vec{E}_{m1} + (-\vec{E}_{m2})$$

3.2. Giải mạch điện xoay chiều

3.2.1. Mạch xoay chiều thuần trở

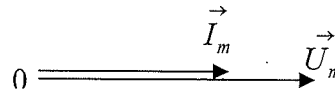
Xét đoạn mạch: $U_{AB} = U_m \cdot \sin \omega t$ (V). Trong khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ coi dòng điện là không đổi:

$$\triangleright i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \cdot \sin \omega t \text{ (A)}$$



Hình 3.6

Vì U_m, R là không đổi, đặt $I_m = \frac{U_m}{R} \rightarrow i = I_m \cdot \sin \omega t \rightarrow$ mạch AC thuần trở điện áp và dòng điện cùng pha nhau.



Hình 3.7

Ví dụ : Đặt ở hai đầu điện trở $R=50(\Omega)$ hiệu điện thế xoay chiều $U=220(V)$, $f=50(\text{hz})$.

Tính dòng điện hiệu dụng I , viết biểu thức cường độ dòng điện đi qua mạch.

Giải

Giả sử biểu thức hiệu điện thế tức thời ở hai đầu điện trở có dạng

$$u = U_m \cdot \sin \omega t \text{ (V)} = 220 \sqrt{2} \cdot \sin 100\pi t \text{ (V)}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ (A)}$$

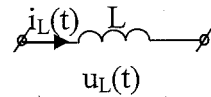
Biểu thức cường độ dòng điện qua mạch

$$i = I_m \cdot \sin \omega t = 4,4 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin 100\pi t \text{ (A)}$$

3.2.2. Mạch điện xoay chiều thuần cảm

Nếu qua phần tử điện cảm có dòng điện

$$i_L(t) = I_{Lm} \cdot \sin \omega t$$

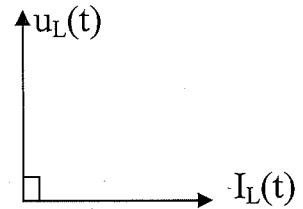


Hình 3.8

➤ Trên nó sẽ xuất hiện điện áp: $u_L(t) = L \cdot \frac{di_L(t)}{dt} = L \cdot i_L'(t)$

$$\rightarrow u_L(t) = L \cdot I_{Lm} \cdot \omega \cdot \cos \omega t = U_{Lm} \cdot \cos \omega t = U_{Lm} \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

➤ Đặt $U_{Lm} = L \cdot I_{Lm} \cdot \omega = I_m \cdot Z_L (Z_L = \omega \cdot L)$



Hình 3.9

Trong mạch điện xoay chiều thuần cảm điện áp $u_L(t)$ nhanh pha hơn $i_L(t)$ góc $\frac{\pi}{2}$

Ví dụ 1 : Một cuộn dây có hệ số từ cảm $L = 0,1(H)$, cho dòng điện xoay chiều $I = 0,5(A)$ đi qua mạch. Tính hiệu điện thế hiệu dụng ở hai đầu đoạn mạch, viết biểu thức hiệu điện thế tức thời.

Giải

Giả sử biểu thức cường độ dòng điện tức thời qua mạch có dạng

$$i = I_m \cdot \sin \omega t \quad (V) = 0,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin 100\pi t \quad (A)$$

$$Z_L = \omega \cdot L = 100\pi \cdot 0,1 = 31,4(\Omega)$$

$$U = I \cdot Z_L = 0,5 \cdot 31,4 = 15,7(V)$$

Biểu thức hiệu điện thế ở hai đầu đoạn mạch

$$u = U_m \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = 15,7 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t + \frac{\pi}{2})(V)$$

Ví dụ 2: Một cuộn dây có hệ số tự cảm $L = \frac{1}{\pi}(H)$. Tính dòng điện qua mạch trong các

trường hợp sau:

a. Đặt ở hai đầu cuộn dây một hiệu điện thế một chiều $U = 110(V)$.

b. Đặt hai đầu cuộn dây một hiệu điện thế xoay chiều $U = 100(V)$, $f = 50(hz)$.

Giải

a. Vì $f = 0 \Rightarrow Z_L = 0 \Rightarrow I = \frac{U}{Z} = \frac{110}{0} = \infty$

b. Vì $f = 50(hz) \Rightarrow Z_L = \omega \cdot L = 100\pi \cdot \frac{1}{\pi} = 100(\Omega) \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{100}{100} = 1(A)$

3.2.3. Mạch xoay chiều thuần dung

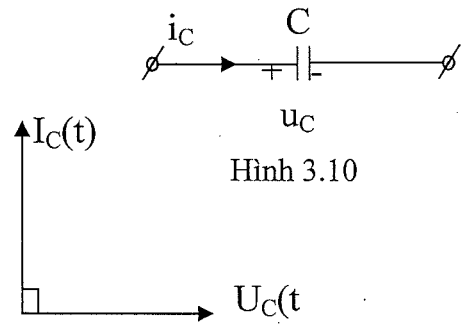
Đặt điện áp $u_c(t) = U_{Cm} \cdot \sin \omega t$ ở hai đầu tụ điện C, sẽ có dòng điện

$$i_c(t) = C \cdot \frac{du_c(t)}{dt} = C \cdot \omega \cdot U_{Cm} \cdot \cos \omega t$$

$$\Rightarrow i_c(t) = I_{Cm} \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \text{ (A)}$$

$$I_{Cm} = C \cdot \omega \cdot U_{Cm} \rightarrow U_{Cm} = \frac{I_{Cm}}{C \cdot \omega}$$

$$\text{Đặt } Z_C = \frac{1}{C \cdot \omega} \rightarrow U_{cm} = I_{cm} \cdot Z_C$$



Hình 3.10

Hình 3.11

Trong mạch điện xoay chiều thuần cảm điện áp $u_L(t)$ chậm pha hơn $i_L(t)$ góc $\frac{\pi}{2}$

Ví dụ 1 : Một tụ điện có điện dung $C = 25(\mu\text{F})$, đặt ở hai đầu tụ điện hiệu điện thế xoay chiều $U = 220(\text{V})$, $f = 50(\text{Hz})$. Tính dòng điện hiệu dụng qua mạch, biểu thức tức thời của dòng điện.

Giải

$$Z_C = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{\frac{250}{\pi} \cdot 10^{-6} \cdot 100\pi} = 40(\Omega)$$

$$I = \frac{U}{Z_C} = \frac{220}{40} = 5,5(\text{A})$$

$$I = I_m \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = 5,5 \cdot \sqrt{2} (\sin 100\pi t + \frac{\pi}{2}) \text{ (A)}$$

Ví dụ 2: Một tụ điện có điện dung $C = \frac{10}{\pi} (\mu\text{F})$. Tính hiệu điện thế ở hai đầu tụ điện trong các trường hợp sau:

- Cho dòng điện một chiều $I = 0,5(\text{A})$ qua mạch.
- Cho dòng điện xoay chiều $I = 0,2(\text{A})$ qua mạch, $f = 50(\text{Hz})$.

Giải

a. Vì $f = 0 \Rightarrow Z_C = \infty \Rightarrow U = I \cdot Z_C = \infty$

b. Vì $f=50(\text{hz}) \Rightarrow Z_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{\frac{10}{\pi} \cdot 10^{-6} \cdot 100\pi} = 1000(\Omega) \Rightarrow U = I \cdot Z_C = 0,2 \cdot 1000 = 200 \text{ (V)}$.

3.2.4. Mạch xoay chiều R-L-C mắc nối tiếp

Đặt hai đầu mạch R-L-C hiệu điện thế xoay chiều. giả sử cường độ dòng điện qua mạch AB tại thời điểm t là:

➤ $i(t) = I_m \cdot \sin \omega t \text{ (A)}$

➤ $u_R(t) = I_{Rm} \cdot \sin \omega t$

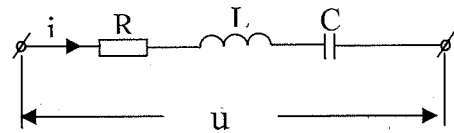
➤ $u_L(t) = I_{Lm} \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \text{ (V)}$

➤ $u_C(t) = I_{cm} \cdot \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \text{ (V)}$

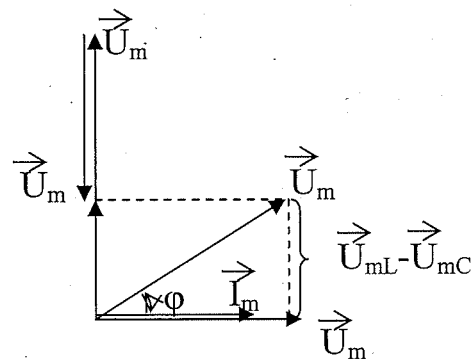
$u(t) = u_R(t) + u_L(t) + u_C(t) = U_m \cdot \sin(\omega t \pm \varphi)$

◆ $U_{Rm} = I_m \cdot R, U_{Lm} = I_m \cdot Z_L, U_{Cm} = I_m \cdot Z_C$

◆ $U_m = \sqrt{U_{Rm}^2 + (U_{Lm} - U_{Cm})^2} = I_m \cdot \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$



Hình 3.12



Hình 3.13

Đặt $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}$: tổng trở mạch R,L,C mắc nối tiếp. $U_m = I_m \cdot Z \rightarrow U = I \cdot Z$

$\text{tg } \varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} \rightarrow$ hđt ở hai đầu đoạn mạch R-L-C lệch pha so với I góc φ .

➤ Nếu: $Z_L > Z_C \rightarrow$ hđt nhanh pha hơn cường độ góc φ .

➤ Nếu: $Z_L < Z_C \rightarrow$ hđt chậm pha hơn cường độ góc φ .

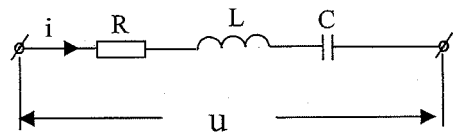
➤ Nếu: $Z_L = Z_C \rightarrow$ hđt đồng pha so với cường độ.

$\rightarrow Z_L = Z_C \Leftrightarrow L \cdot \omega = \frac{1}{C\omega} \Leftrightarrow \omega^2 = \frac{1}{C \cdot L} \Leftrightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$

Ví dụ 1: Cho mạch điện như hình vẽ

$R = 30(\Omega), C = 10(\mu\text{F}), L = 0,2(\text{H}), U = 220(\text{V})$

$f = 50(\text{hz})$. Tính tổng trở Z, I, viết biểu thức cường độ dòng điện.



Hình 3.14

Giải

$Z_C = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{10 \cdot 10^{-6} \cdot 100\pi} = 318(\Omega)$

$Z_L = \omega \cdot L = 0,2 \cdot 100\pi = 62,8(\Omega)$

$$Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{30^2 + (62,8 - 318)^2} = 256(\Omega)$$

$$\text{Tg}\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{62,8 - 318}{30} = -8,5 \Rightarrow \varphi = -83^\circ$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{256} = 0,86(\text{A})$$

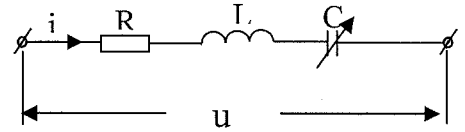
$$\Rightarrow i = 0,86 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t + 83^\circ)$$

Ví dụ 2 : Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ

$$R = 10(\Omega), L = \frac{1}{\pi}(\text{H}), u = 5 \cdot \sin 4\pi t(\text{V}).$$

a. $C = \frac{1}{2}(\text{F})$, tính Z, I , viết biểu thức dòng điện.

b. Tính điện dung của tụ điện để dòng điện qua mạch đạt cực đại.



Hình 3.15

Giải

$$Z_L = \omega \cdot L = 4\pi \cdot \frac{1}{\pi} = 4(\Omega)$$

$$Z_C = \frac{1}{C \cdot \omega} = \frac{1}{\frac{1}{8} \cdot 4\pi} = 4 \cdot \pi = 4 \cdot 3,14 = 12,56(\Omega)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{10^2 + (4 - 12,56)^2} = 13(\Omega)$$

$$\text{Tg}\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \frac{4 - 12,56}{10} = -0,85 \Rightarrow \varphi = -40^\circ$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{13} = 16,9(\text{A})$$

$$\Rightarrow i = 16,9 \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(100\pi t + 40^\circ)(\text{A})$$

3.3. Mạch R-L-C phân nhánh

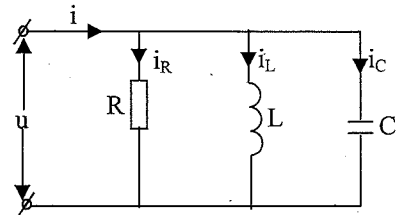
Đặt hai đầu đoạn mạch hiệu điện thế xoay chiều.

$$u = U_m \cdot \sin \omega t (\text{V})$$

Dòng điện qua các phần tử R-L-C

$$\triangleright i_R = I_{Rm} \cdot \sin \omega t (\text{A})$$

$$\triangleright i_L = I_{Lm} \cdot \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) (\text{A})$$



Hình 3.16

$$\triangleright i_R = I_{mC} \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \text{ (A)}$$

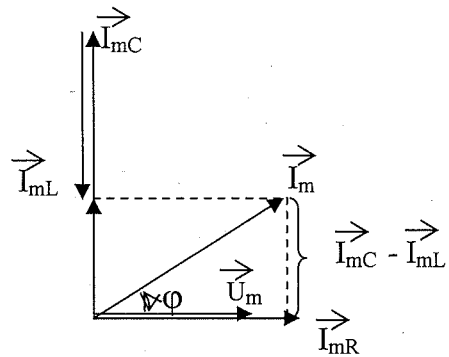
$$\triangleright i = i_R + i_L + i_C = I_m \cdot \sin(\omega t \pm \varphi)$$

$$I_m = \sqrt{I_{mR}^2 + (I_{mC} - I_{mL})^2}$$

$$I_{mR} = \frac{U_m}{R}, \quad I_{mC} = \frac{U_m}{Z_C}, \quad I_{mL} = \frac{U_m}{Z_L}$$

$$\Rightarrow I_m = U_m \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{Z_C} - \frac{1}{Z_L}\right)^2}$$

$$\Rightarrow \text{Tg} \varphi = \frac{I_{mC} - I_{mL}}{I_{mR}} = R \left(\frac{1}{Z_C} - \frac{1}{Z_L} \right)$$



Hình 3.17

Ví dụ : Cho $R = 20(\Omega)$, $C = \frac{1}{4\pi}(F)$, $L = \frac{1}{\pi}(H)$. Tính dòng điện qua các nhánh và dòng điện qua mạch ở mạch điện trên, biết $u = 50 \cdot \sin 2\pi t$ (V).

Giải

Dòng điện qua các nhánh lần lượt là

$$Z_C = \frac{1}{c \cdot \omega} = \frac{1}{\frac{1}{4\pi} \cdot 2\pi} = 2(\Omega)$$

$$Z_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot \frac{2}{\pi} = 4(\Omega)$$

$$i_R = \frac{u}{R} = \frac{50 \cdot \sin 2\pi t}{20} = 2,5 \cdot \sin 2\pi t \text{ (A)}$$

$$i_L = \frac{U_m}{Z_L} \cdot \sin(2\pi t - \frac{\pi}{2}) = \frac{50 \cdot \sqrt{2}}{4} \cdot \sin(2\pi t - \frac{\pi}{2}) \text{ (A)}$$

$$i_C = \frac{U_m}{Z_C} \cdot \sin(2\pi t + \frac{\pi}{2}) = \frac{50 \cdot \sqrt{2}}{2} \cdot \sin(2\pi t + \frac{\pi}{2}) \text{ (A)}$$

$$i = i_R + i_L + i_C \Rightarrow I_m = \sqrt{I_{mR}^2 + (I_{mC} - I_{mL})^2} = \sqrt{2,5^2 + \left(\frac{50 \cdot \sqrt{2}}{2} - \frac{50 \cdot \sqrt{2}}{4}\right)^2} =$$

$$6,45 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{6,45}{1,414} = 4,56 \text{ (A)}$$

$$\Rightarrow Tg\varphi = \frac{I_{mC} - I_{mI}}{I_{mR}} = \frac{50.\sqrt{2} - 50.\sqrt{2}}{2,5} = 10\sqrt{2} = 14,14 \Rightarrow \varphi = 85^{\circ}$$

$$i = 6,45.\sin(2\pi t + 85^{\circ}) \text{ (A)}$$

3.4. Giải mạch điện xoay chiều bằng số phức

3.4.1. Khái niệm về số phức:

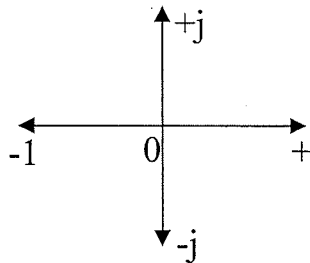
Số phức ký hiệu $\dot{C} = \pm a \pm ib$ (vì i là ký hiệu trị số dòng điện tức thời nên ta thay i bằng

j). Vậy ta có số phức $\dot{C} = \pm a \pm jb$ trong đó:

- $\pm a$: thành phần thực
- $\pm b$: thành phần ảo

Trong đó a và b là các số thực ($j = \sqrt{-1}$ hay $j^2 = -1$ là đơn vị ảo).

MP phức là mặt phẳng có hai trục trục giao nhau, trong đó trục thực ± 1 là trục hoành, trục ảo $\pm j$ là trục tung.



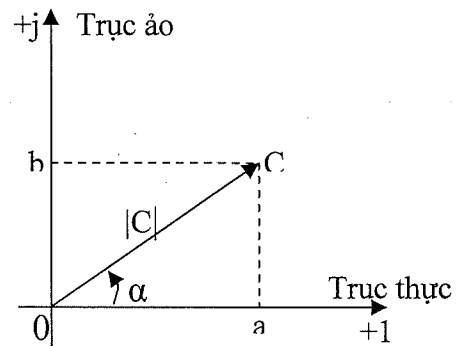
Hình 3.18

Một số phức có thể viết ở một trong hai dạng sau:

- Dạng đại số: $\dot{C} = \pm a \pm jb$
- Dạng mũ (dạng cực): $\dot{C} = C.e^{j\alpha} = C\angle\alpha$
- C là môđun số phức ($|C| = \sqrt{a^2 + b^2}$)
- α là argumen của số phức ($\alpha = \arctg \frac{b}{a}$)

$$(0 \leq \alpha < 360^{\circ})$$

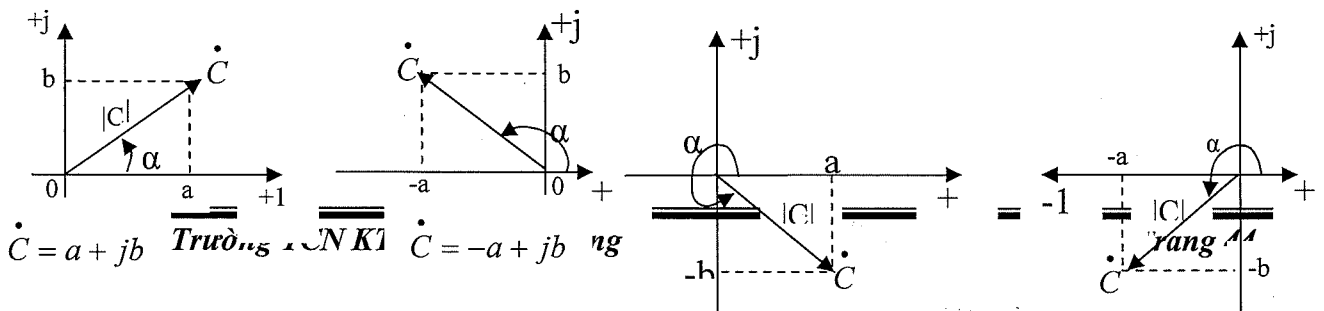
Ta có thể biểu thị số phức C trên mặt phẳng phức.



Hình 3.19

- $|C| = \sqrt{a^2 + b^2}, a = |C|. \cos \alpha, b = |C|. \sin \alpha$

Một số phức bất kỳ có thể nằm một trong bốn mặt phẳng phức.



Hình 3.20

Nói chung một số phức bất kỳ được ký hiệu bằng chữ in hoa có dấu chấm trên đầu.

Ví dụ: Đổi số phức sau từ dạng đại số sang dạng số mũ.

$$\dot{C}_1 = 4 + j3, \dot{C}_2 = 1 + j2.$$

Chuyển một số phức từ dạng số mũ sang dạng đại số ta sử dụng công thức euler.

$$e^{j\alpha} = \cos \alpha + j \sin \alpha$$

$$\triangleright \dot{C}_1 = 4 + j3 = \sqrt{4^2 + 3^2} \cdot e^{j \arctg \frac{3}{4}} = 5 \cdot e^{j37^\circ}$$

$$\triangleright \dot{C}_2 = 1 + j2 = \sqrt{1^2 + 2^2} \cdot e^{j \arctg \frac{2}{1}} = \sqrt{5} \cdot e^{j63^\circ}$$

Một đại lượng hình sin có thể biểu diễn dưới dạng phức và ngược lại. Khi biểu diễn môđun số phức tương ứng trị hiệu dụng và argumen tương ứng pha ban đầu của lượng hình sin.

Ví dụ : Chuyển các biểu thức sau sang dạng số phức

$$i = \sqrt{2} \cdot \sin 100\pi t \text{ (A)}, u = 220 \cdot \sin(100\pi t + 30^\circ) \text{ (V)}, e = 110 \cdot \sin(100\pi t - 60^\circ) \text{ (V)}$$

Giải

$$\dot{I} = I \cdot e^{j\alpha} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \cdot e^{j0^\circ} = 1 \cdot e^{j0^\circ} \text{ (A)}$$

$$\dot{U} = U \cdot e^{j\alpha} = \frac{220}{\sqrt{2}} \cdot e^{j30^\circ} = 110 \cdot \sqrt{2} \cdot e^{j30^\circ} \text{ (V)}$$

$$\dot{E} = E \cdot e^{j\alpha} = \frac{110}{\sqrt{2}} \cdot e^{j-60^\circ} = 55 \cdot \sqrt{2} \cdot e^{j-60^\circ} \text{ (V)}$$

3.4.2. Cặp số phức liên hợp

Số phức C_2 gọi là liên hợp với số phức C_1 nếu chúng có phần thực bằng nhau, phần ảo bằng nhau nhưng trái dấu.

Ví dụ: $\dot{C}_1 = 3 + j4, \dot{C}_2 = 3 - j4$

3.4.3. Phép cộng- phép trừ

Gặp trường hợp phải cộng (trừ) các số phức, trước tiên ta biến đổi về dạng đại số rồi cộng (trừ) phần thực với phần thực phần ảo với phần ảo.

Ví dụ: $\dot{C}_1 = 1 + j2, \dot{C}_2 = 2 + j3$

$$\dot{C}_1 = 2.e^{j45^\circ}, \dot{C}_2 = 1.e^{j90^\circ}$$

Tính $\dot{C}_1 + \dot{C}_2$.

$$\text{➤ } \dot{C} = \dot{C}_1 + \dot{C}_2 = 1 + j2 + 2 + j3 = 3 + j5$$

$$\text{➤ } \dot{C}_1 = 2.e^{j45^\circ} = 2.(\cos 45^\circ + j\sin 45^\circ) = 2.\left(\frac{\sqrt{2}}{2} + j\frac{\sqrt{2}}{2}\right) = \sqrt{2} + j\sqrt{2}$$

$$\text{➤ } \dot{C}_2 = 1.e^{j90^\circ} = 1.(\cos 90^\circ + j\sin 90^\circ) = 1.(0 + j1) = j1$$

$$\text{➤ } \dot{C} = \dot{C}_1 + \dot{C}_2 = \sqrt{2} + j\sqrt{2} + j1 = \sqrt{2} + j(\sqrt{2} + 1)$$

Tính $\dot{C}_1 - \dot{C}_2$

$$\text{➤ } \dot{C} = \dot{C}_1 - \dot{C}_2 = (1 + j2) - (2 + j3) = -1 - j$$

$$\text{➤ } \dot{C} = \dot{C}_1 - \dot{C}_2 = (\sqrt{2} + j\sqrt{2}) - j1 = \sqrt{2} - j(\sqrt{2} - 1)$$

4.4. Phép nhân- phép chia:

Khi nhân (chia) hai số phức với nhau đầu tiên ta đưa về dạng số mũ sau đó nhân (chia) môđun với môđun còn argumen cộng hoặc trừ cho nhau.

Ví dụ: $\dot{C}_1 = 2.e^{j45^\circ}, \dot{C}_2 = 1.e^{j90^\circ}$

$$\dot{C}_1 = 1 + j2, \dot{C}_2 = 2 + j3$$

Tính: $\dot{C}_1 \cdot \dot{C}_2, \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2}$

$$\text{➤ } \dot{C} = \dot{C}_1 \cdot \dot{C}_2 = 2.e^{j45^\circ} \cdot 1.e^{j90^\circ} = 2.e^{j(45^\circ + 90^\circ)} = 2.e^{j135^\circ}$$

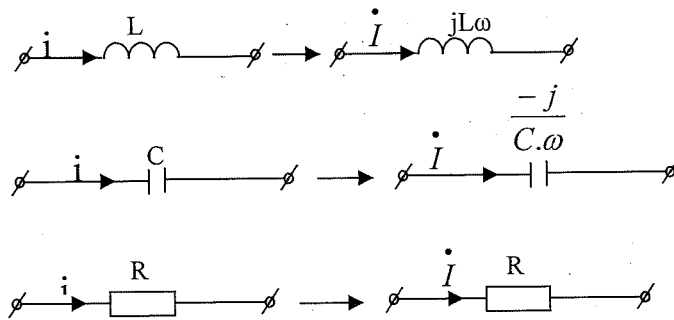
$$\text{➤ } \dot{C} = \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} = \frac{2.e^{j45^\circ}}{1.e^{j90^\circ}} = 2.e^{j(45^\circ - 90^\circ)} = 2.e^{j-45^\circ}$$

- $\dot{C}_1 = 1 + j2 = \sqrt{1^2 + 2^2} \cdot e^{j \arctg \frac{2}{1}} = \sqrt{5} \cdot e^{j63^\circ}$
- $\dot{C}_2 = 2 + j3 = \sqrt{2^2 + 3^2} \cdot e^{j \arctg \frac{3}{2}} = \sqrt{13} \cdot e^{j56^\circ}$
- $\dot{C} = \dot{C}_1 \cdot \dot{C}_2 = \sqrt{5} \cdot e^{j63^\circ} \cdot \sqrt{13} \cdot e^{j56^\circ} = \sqrt{65} \cdot e^{j(63^\circ + 56^\circ)} = \sqrt{65} \cdot e^{j119^\circ}$
- $\dot{C} = \frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2} = \frac{\sqrt{5} \cdot e^{j63^\circ}}{\sqrt{13} \cdot e^{j56^\circ}} = \frac{\sqrt{65}}{13} \cdot e^{j(63^\circ - 56^\circ)} = \frac{\sqrt{65}}{13} \cdot e^{j7^\circ}$

3.4.5. Giải mạch điện hình sin bằng số phức

Quy tắc:

- Nếu: $u = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow \dot{U} = U \cdot e^{j\varphi} = U \angle \varphi$
- Nếu: $e = E_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow \dot{E} = E \cdot e^{j\varphi} = E \angle \varphi$



Hình 3.21

Tổng trở phức được xác định:

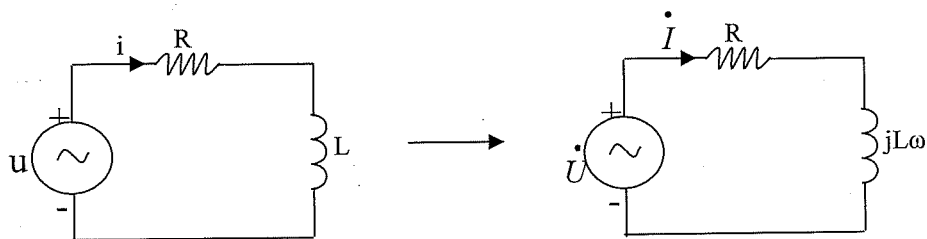
$$\dot{Z} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U}{I} e^{j(\varphi_u - \varphi_i)} = Z \cdot e^{j\varphi}$$

$$\dot{Z} = Z \cdot e^{j\varphi} = Z(\cos \varphi + j \sin \varphi) = R + jX$$

- Phần thực là điện trở R
- Phần ảo là điện kháng X

Ví dụ 1: Cho mạch điện xoay chiều. Biết $R = 3(\Omega)$, $L = 40(\text{mH})$, $u = 10 \cdot \cos(100t + 20^\circ)(\text{V})$.

Tính \dot{I} , viết biểu thức i .



Hình 3.22

Hình 3.23

Giải

$$u = 10 \cdot \cos(100t + 20^\circ) = \frac{10}{\sqrt{2}} \cdot e^{j20^\circ}$$

$$\dot{Z}_L = j \cdot L \cdot \omega = j \cdot 100 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 4(\Omega)$$

$$\dot{Z} = R + \dot{Z}_L = 3 + j4 (\Omega) = \sqrt{3^2 + 4^2} \cdot e^{j \arctan \frac{4}{3}} = 5 \cdot e^{j53^\circ} (\Omega)$$

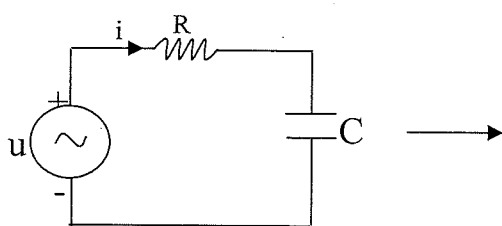
$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} = \frac{\frac{10}{\sqrt{2}} \cdot e^{j20^\circ}}{5 \cdot e^{j53^\circ}} = \sqrt{2} \cdot e^{j(20^\circ - 53^\circ)} = \sqrt{2} \cdot e^{j-33^\circ} (A)$$

$$\Rightarrow i = 2 \cdot \sin(100t - 33^\circ) (A)$$

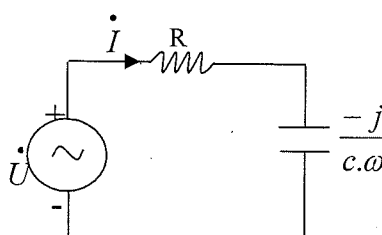
Ví dụ 2: Cho mạch điện xoay chiều. Biết $R = 4(\Omega)$, $C = \frac{1}{8} F$, $u = 8 \cdot \sin 2t(V)$.

Tính \dot{I} , viết b

iểu thức i.



Hình 3.24



Hình 3.25

Giải

$$u = 8 \cdot \sin 2t = \frac{8}{\sqrt{2}} \cdot e^{j0^\circ} (V)$$

$$\dot{Z}_C = \frac{-j}{C \cdot \omega} = \frac{-j}{\frac{1}{8} \cdot 2} = -j4(\Omega)$$

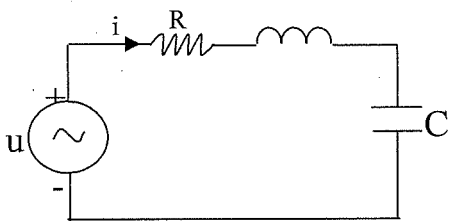
$$\dot{Z} = R + \dot{Z}_C = 4 - j4 = \sqrt{4^2 + 4^2} \cdot e^{j \arctan -1} = 4 \cdot \sqrt{2} \cdot e^{j-45^\circ} (\Omega)$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} = \frac{\frac{8}{\sqrt{2}} \cdot e^{j0^\circ}}{4 \sqrt{2} \cdot e^{j-45^\circ}} = 1 \cdot e^{j(0^\circ + 45^\circ)} = 1 \cdot e^{j45^\circ} (A)$$

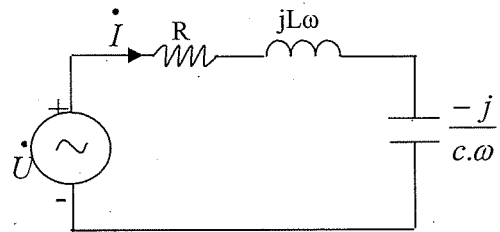
$$\Rightarrow i = \sqrt{2} \cdot \sin(2t + 45^\circ) (A)$$

Ví dụ 2: Cho mạch điện xoay chiều. Biết $R = 4(\Omega)$, $C = \frac{1}{2}F$, $L = 2(H)$, $u = 8.\cos 2t(V)$.

Tính \dot{I} , \dot{V}_C , viết biểu thức i .



Hình 3.26



Hình 3.27

Giải

$$u = 8.\cos 2t = \frac{8}{\sqrt{2}}.e^{j0} \text{ (V)}$$

$$\dot{Z}_C = \frac{-j}{C.\omega} = \frac{-j}{\frac{1}{2}.2} = -j(\Omega)$$

$$\dot{Z}_L = j.L.\omega = j2.2 = j4(\Omega)$$

$$\dot{Z} = R + \dot{Z}_L + \dot{Z}_C = 4 + j4 - j = 4 - j3(\Omega) = 5.\angle 37^\circ (\Omega)$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\dot{Z}} = \frac{\frac{8}{\sqrt{2}}.e^{j0}}{5.e^{j37^\circ}} = \frac{8.\sqrt{2}}{10}.e^{j(0^\circ - 37^\circ)} = \frac{8.\sqrt{2}}{10}.e^{j-37^\circ} \text{ (A)}$$

$$\dot{V}_C = \dot{I}.\dot{Z}_C = \frac{8.\sqrt{2}}{10}.e^{j-37^\circ} . 1.e^{j-90^\circ} = \frac{8.\sqrt{2}}{10}.e^{j-127^\circ} \text{ (V)}$$

$$\Rightarrow i = \frac{16}{10}.\cos(2t - 37^\circ)$$

3.5. Công suất, hệ số công suất ($\cos \varphi$) và biện pháp nâng cao $\cos \varphi$.

3.5.1. Công suất tác dụng

Công suất tác dụng tức thời được xác định như sau:

$$P(t) = u(t).i(t)$$

Công suất trung bình trong một chu kỳ:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t).dt = UI.\cos \varphi = \sum_1^n R_n . I_n^2 \text{ (W)}$$

- U, I hđt và dòng điện hiệu dụng.
- $\cos \varphi$: hệ số công suất
- R_n, I_n : điện trở và dòng điện trên các nhánh.
- P: đặc trưng cho hiện tượng biến đổi điện năng sang cơ năng và nhiệt năng.

3.5.2. Công suất phản kháng:

$$Q = U.I.\sin \varphi = I_n^2(Z_{Ln} - Z_{Cn}) \text{ (VAR)}$$

- Q đặc trưng cho cường độ trong quá trình trao đổi năng lượng điện từ trường
- Trong đó: Z_{Ln}, Z_{Cn}, I_n lần lượt là điện kháng, điện dung, dòng điện của mỗi nhánh.

3.5.3. Công suất biểu kiến:

$$S = U.I = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (VA)}$$

3.5.4. Công suất phức:

- Để thuận lợi cho việc tính toán công suất, người ta định nghĩa khái niệm công suất phức như sau:

$$\hat{S} = P + jQ$$

3.5.5. Phương pháp nâng cao $\cos \varphi$:

a. Ý nghĩa của $\cos \varphi$:

Hệ số $\cos \varphi$ là chỉ tiêu kỹ thuật rất quan trọng nó có ý nghĩa rất lớn về mặt kinh tế:

- Mỗi một máy điện được chế tạo với một công suất biểu kiến nhất định $S_{đm}$, từ đó nó có thể cung cấp một công suất tác dụng $P = S_{đm}.\cos \varphi$

- Nếu $\cos \varphi = 1 \rightarrow P = S_{đm}$ là công suất lớn nhất mà máy có thể cung cấp.
- Nếu $\cos \varphi$ giảm, khả năng phát công suất P giảm. Do vậy muốn tận dụng khả năng

làm việc của thiết bị thì $\cos \varphi$ phải lớn, vì P là hằng số $\rightarrow I = \frac{P}{U.\cos \varphi}$, $\cos \varphi \downarrow, \rightarrow$

$I \uparrow, \rightarrow$ dẫn đến tác hại

- Dòng điện lớn phải dùng dây dẫn lớn, làm tăng kim loại màu và vốn đầu tư xây dựng đường dây.
- Tổn hao năng lượng trên dây dẫn tỷ lệ với bình phương dòng điện

$$\Delta A = RI^2t \rightarrow I \uparrow \rightarrow \Delta A \uparrow \uparrow.$$

b. Biện pháp nâng cao $\cos \varphi$:

Ta có: $\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \rightarrow$ muốn nâng cao $\cos \varphi$ phải tìm cách giảm $Q = I^2(Z_L + Z_C)$

➤ Z_L : tải điện cảm (trong sinh hoạt và công nghiệp Z_L là chủ yếu)

➤ Z_C : tải điện dung

Muốn $Q \downarrow, \rightarrow Z_L \downarrow$ và $Z_C \uparrow$:

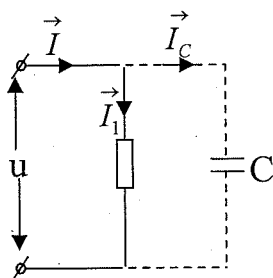
➤ Muốn $Z_L \downarrow$, không sử dụng các thiết bị có tính chất cảm kháng làm việc ở chế độ không tải hoặc non tải.

➤ Muốn $Z_C \uparrow$ dùng tụ điện mắc ss tải (biện pháp bù)

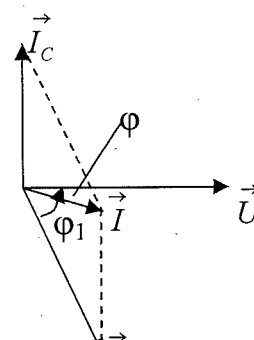
Ví dụ:

Khi chưa mắc tụ điện dòng điện trên đường dây $I =$ dòng điện qua tải $I_1 \rightarrow$ hệ số công suất của mạch là $\cos \varphi_1$. Khi có tụ bù (mắc tụ // mạch) dòng điện trên đường dây sẽ

là: $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_C$, ta thấy $I \downarrow, \cos \varphi \uparrow$.



Hình 3.28



Hình 3.29

$I < I_1, \varphi < \varphi_1 \Rightarrow \cos \varphi > \cos \varphi_1$. Vì P không đổi nên công suất phản kháng của mạch lúc chưa bù $Q_1 = P.tg \varphi_1$, lúc bù hệ số công suất của mạch là $\cos \varphi \rightarrow Q = P.tg \varphi$.

Công suất phản kháng của mạch lúc này gồm Q_1 và Q_C

$$\Rightarrow Q_1 + Q_C = P.tg \varphi \Leftrightarrow P.tg \varphi_1 + Q_C = P.tg \varphi$$

$$\Rightarrow Q_C = -P(tg \varphi_1 - tg \varphi) \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } Q_C = -U_C.I_C = -U \cdot \frac{U}{\frac{1}{C\omega}} = -U^2.\omega.C \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2)} \Rightarrow C = \frac{P}{\omega.U^2}(tg \varphi_1 - tg \varphi) \quad (\mu F)$$

Một động cơ điện có công suất $P_{dm} = 10(Kw)$, $U_{dm} = 220(v)$, $f = 50(Hz)$, $\cos \varphi_1 = 0,8$. Tính giá trị của tụ điện để bù $\cos \varphi = 0,95$.

Giải

$$\cos \varphi_1 = 0,8 \Rightarrow \varphi = 36,8^\circ \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,72$$

$$\cos \varphi = 0,95 \Rightarrow \varphi = 18^\circ \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = 0,32$$

$$\text{Áp dụng công thức: } C = \frac{P}{\omega U^2} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi) = \frac{10 \cdot 10^3}{100\pi \cdot 220^2} (0,72 - 0,32) = 2,6 \cdot 10^{-4} = 260 (\mu\text{F}).$$

Câu hỏi:

1. Định nghĩa tần số? chu kỳ? Pha và sự lệch pha.
2. Cho biết sự lệch pha giữa dòng điện và điện áp trong mạch điện xoay chiều thuần trở? Thuần cảm? Thuần điện dung.
3. Định nghĩa số phức? Tại sao số phức được ứng dụng để giải các mạch điện xoay chiều hình sin.
4. Cho các số phức:

a. $\dot{C}_1 = 1 + j4$, $\dot{C}_2 = 2 + j3$. Tính $\dot{C}_1 + \dot{C}_2$, $\dot{C}_1 - \dot{C}_2$, $\dot{C}_1 \cdot \dot{C}_2$, $\frac{\dot{C}_1}{\dot{C}_2}$.

b. $\dot{Z}_1 = 2 + j3$, $\dot{Z}_2 = 3 + j5$. Chuyển các số phức về dạng số mũ và tính $\dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2$, $\frac{\dot{Z}_1}{\dot{Z}_2}$.

c. $\dot{Z}_1 = 2 \cdot e^{j30^\circ}$, $\dot{Z}_2 = 3 \cdot e^{j-60^\circ}$. Chuyển các số phức về dạng đại số và tính $\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2$, $\dot{Z}_1 - \dot{Z}_2$.

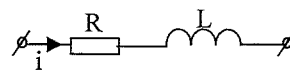
5. Chuyển các biểu thức sau đây về dạng số phức

$$i = 4 \cdot \sin(2t + 10^\circ) \text{ (A)}$$

$$u = 10 \cdot \cos(5t + 15^\circ) \text{ (V)}$$

$$e = 5 \cdot \sin(10t - 20^\circ) \text{ (V)}$$

6. Giải các mạch điện xoay chiều sau đây:

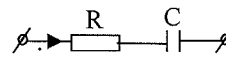


Hình 3.30

a. $R = 3(\Omega)$, $L = \frac{1}{10\pi}$ (H), $i = 2 \cdot \sin 20\pi t$ (A).

Tính Z , U , viết biểu thức u , Viết biểu thức điện áp ở hai đầu cuộn dây u_L , công suất P .

b. $R = 3(\Omega)$, $C = \frac{1}{16\pi}$ (F), $u = 10 \cdot \sin 4\pi t$ (V).



Hình 3.31

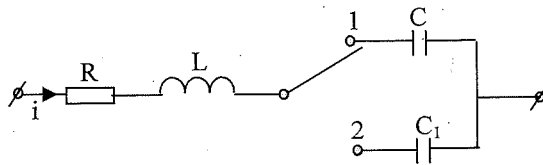
Tính Z , I , viết biểu thức i , Viết biểu thức điện áp ở hai đầu tụ điện u_C , công suất P .

7. Một bóng đèn loại $110^V - 60w$ mắc nối tiếp với 1 cuộn dây có hệ số $L = \frac{1}{\pi}$ (H), cuộn dây có điện trở $R_L = 10(\Omega)$. Đặt ở hai đầu cuộn dây một hiệu điện thế xoay chiều $U = 220(V)$,

$f=50(\text{hz})$. Tính dòng điện qua mạch, Viết biểu thức hiệu điện thế tức thời ở hai đầu cuộn dây.

8. Cho mạch điện như hình vẽ

Đặt hai đầu đoạn mạch một hiệu điện thế xoay chiều $u = 12.\sin 4t(\text{V})$, $R=5(\Omega)$, $L=1(\text{H})$.



Hình 3.32

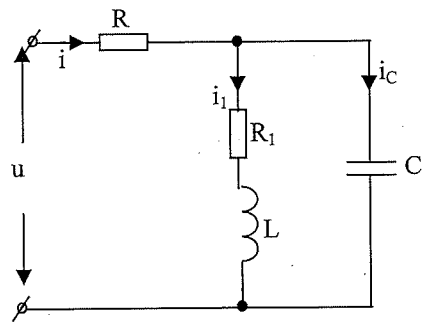
a. Khi công tắc ở vị trí 1, biết $C=\frac{1}{8}(\text{F})$. Tính Z , I , U_{LC} , viết biểu thức u_{LC} .

b. Khi công tắc ở vị trí 2. Tính giá trị điện dung C_1 để dòng điện qua mạch đạt cực đại và tính công suất của mạch điện trong trường hợp này.

9. Cho mạch điện như hình vẽ

$u = 5.\cos 3t$, $R = 1(\Omega)$, $R_1= 3(\Omega)$, $L=1(\text{H})$

$C=\frac{1}{9}(\text{F})$. Tính i , i_C , P .

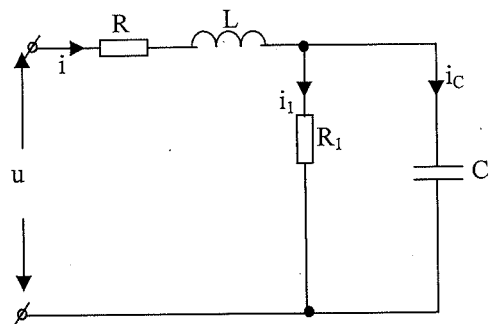


Hình 3.33

10. Cho mạch điện như hình vẽ

$u = 18.\cos 8t(\text{V})$, $R= 6(\Omega)$, $R_1= 4(\Omega)$, $C = \frac{1}{32}(\text{F})$

$L = \frac{1}{4}(\text{H})$. Tính \dot{I} , \dot{V}_C .

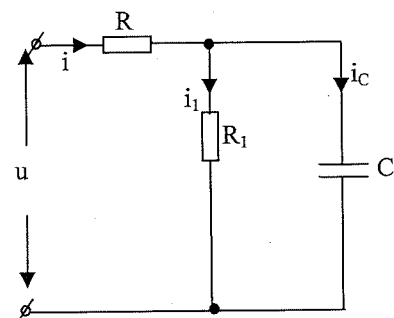


Hình 3.34

11. Cho mạch điện như hình vẽ

$u = 10.\cos 8t(\text{V})$, $R = 20(\Omega)$, $R_1=10(\Omega)$, $C = \frac{1}{40}(\text{F})$

Tính \dot{I} , \dot{V}_C , P .

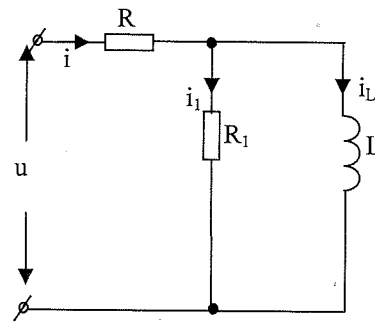


Hình 3.35

12. Cho mạch điện như hình vẽ

$u = 10.\cos(t+10^0)(V), R = 1(\Omega), R_1=1(\Omega), L = 1(H)$

Tính $\dot{I}, \dot{V}_L, P.$

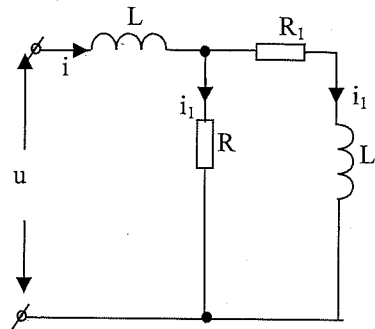


Hình 3.36

13. Cho mạch điện như hình vẽ

$u = 16.\sin(2t + 20^0)(V), L = 2(H), L_1=1(H)$

$R = 4(\Omega), R_1 = 2(\Omega).$ Tính $\dot{I}, \dot{V}_{L_1}, P.$

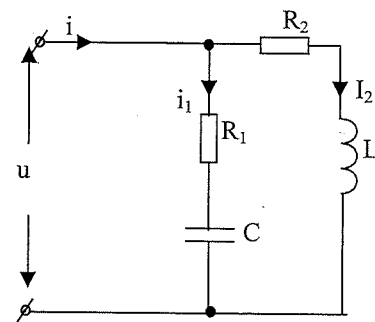


Hình 3.37

14. Cho mạch điện như hình vẽ

$R_1=10(\Omega), R_2= 5(\Omega), L = 100(mH), C = 50(\mu F)$

$u = \frac{100}{\sqrt{2}}.\sin 100t(V).$ Tính i_1, i_2



Hình 3.38

Tài Liệu Tham Khảo :

- Giáo trình mạch điện tác giả : Phạm Thị Cư “ NXBGD-1996”
- Giáo trình điện kỹ thuật tác giả : Lê Văn Đào “ NXBKHKHT-1997”
- Giáo trình mạch điện tác giả : Lê Văn Bảng “ NXBGD-2008”
- Giáo trình mạch điện “Trường ĐHSPKT-TPHCM” lưu hành nội bộ.

CHƯƠNG 4: MẠCH ĐIỆN BA PHA

4.1. Nguyên lý phát sinh hệ thống dòng điện xoay chiều 3 pha.

4.1.1. Định nghĩa mạch điện 3 pha:

- Mạch điện xoay chiều 3 pha gồm nguồn điện 3 pha, đường dây truyền tải và phụ tải 3 pha

4.1.2. Nguyên lý tạo ra nguồn 3 pha.

- Để tạo ra nguồn ba pha người ta dùng máy phát điện đồng bộ ba pha.

a. Cấu tạo: gồm hai phần chính là stato và roto.

Stato: bao gồm lõi thép và dây quấn

- Lõi thép ghép bằng các lá thép kỹ thuật điện có dạng hình trụ rỗng bên trong có dập rãnh đặt dây quấn.

Dây quấn gồm ba bộ dây giống như nhau đặt lệch nhau

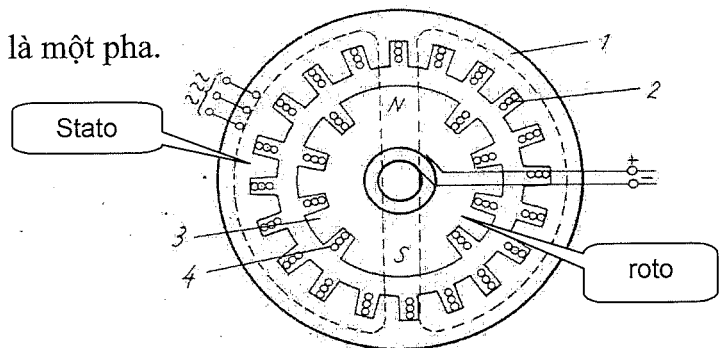
góc $\frac{2\pi}{3}$ trong không gian, mỗi bộ dây là một pha.

- Dây quấn pha A: (A,X)
- Dây quấn pha B: (B,Y)
- Dây quấn pha C: (C,Z)

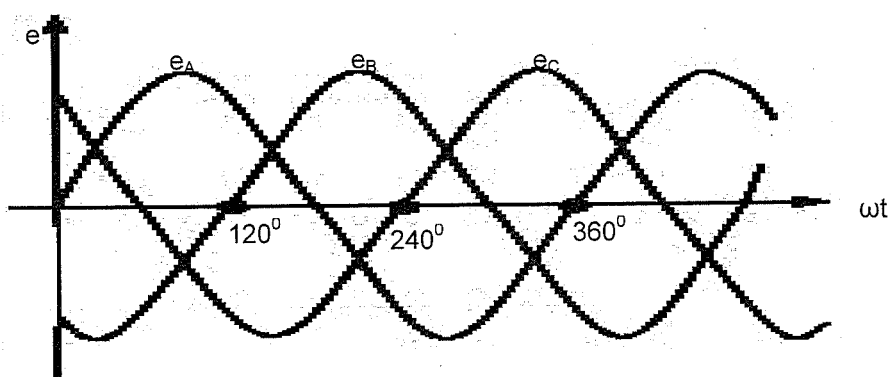
Roto: là một nam châm điện.

b. nguyên lý hoạt động

- Khi quay roto, từ trường lần lượt quét qua các dây quấn trên stato và cảm ứng vào dây quấn các sức điện động hình sin cùng biên độ, cùng tần số và lệch pha nhau góc $\frac{2\pi}{3}$.



Hình 4.1



Hình 4.2

Nếu chọn pha đầu của sức điện động e_A của dây quấn AX bằng không thì biểu thức số phức thời của pha là:

$$\triangleright e_A = E\sqrt{2} \cdot \sin \omega t \quad (\text{V})$$

$$\triangleright e_B = E\sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (\text{V})$$

$$\triangleright e_C = E\sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \quad (\text{V})$$

Biểu diễn bằng số phức:

$$\dot{E}_A = E \cdot e^{j0^\circ}$$

$$\triangleright \dot{E}_B = E \cdot e^{-j120^\circ}$$

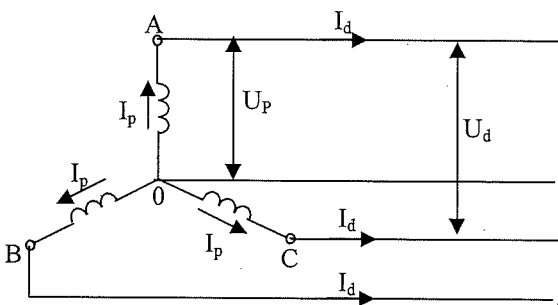
$$\dot{E}_C = E \cdot e^{j120^\circ}$$

\triangleright Nguồn điện gồm 3 số hình sin cùng biên độ, cùng tần số, lệch nhau về pha góc $\frac{2\pi}{3}$ gọi là nguồn điện ba pha đối xứng: $\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$.

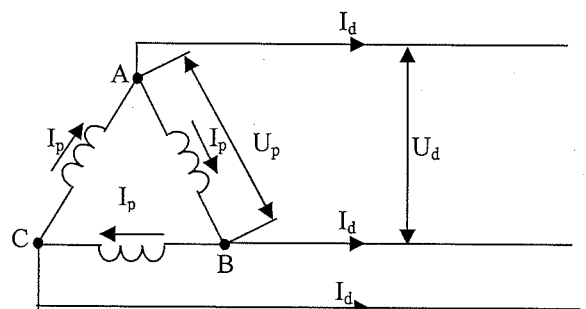
\triangleright Sức điện động, điện áp, dòng điện mỗi pha của nguồn (tải) gọi là số pha (E_p), điện áp pha (U_p), dòng điện pha (I_p).

\triangleright Dòng điện chạy trên đường dây pha từ nguồn đến tải gọi là dòng điện dây (I_d), điện áp giữa hai dây pha gọi là điện áp dây (U_d).

\triangleright Thông thường trước khi đấu với tải nguồn ba pha được đấu lại, có hai cách đấu là đấu sao và đấu tam giác.



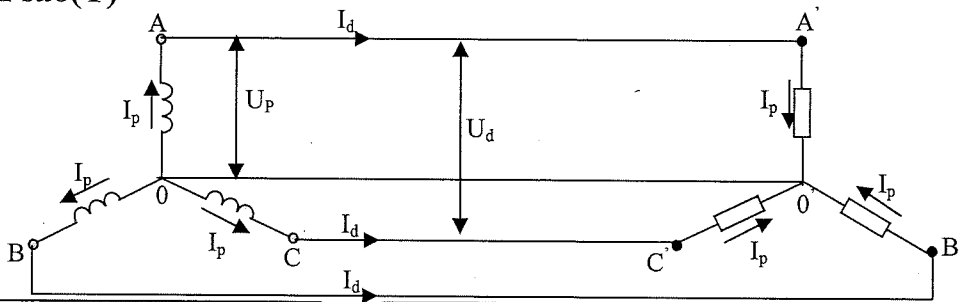
Hình 4.3



Hình 4.4

4.2. Sơ đồ đấu dây trong mạng ba pha.

4.2.1. Nối hình sao(Y)



Hình 4.5

- Nối 3 điểm cuối của ba pha với nhau tạo thành điểm chung gọi là điểm trung tính.

- **Nguồn:** nối 3 điểm cuối X, Y, Z → điểm trung tính O
- **Tải:** nối 3 điểm cuối X', Y', Z' → điểm trung tính tải O'
- → OO' gọi là dây trung tính

a. quan hệ giữa dòng điện dây và dòng điện pha.

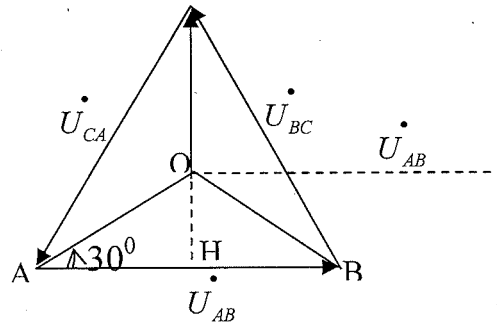
$$I_p = I_d$$

b. quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha.

- $\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$ (điện áp giữa pha A và pha B)
- $\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C$ (điện áp giữa pha B và pha C)
- $\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A$ (điện áp giữa pha C và pha A)

Xét tam giác OAB:

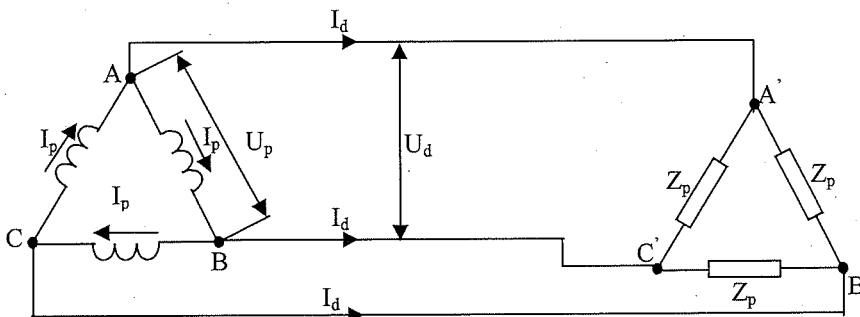
- $AB = 2 \cdot OA \cdot \cos 30^\circ = 2 \cdot OA \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \cdot OA$
- $AB = U_{AB} = U_d, OA = U_p \rightarrow U_d = \sqrt{3} \cdot U_p$



Hình 4.6

4.2.2. Nối tam giác (Δ)

- Muốn nối tam giác ta nối đầu pha này với cuối pha kia.



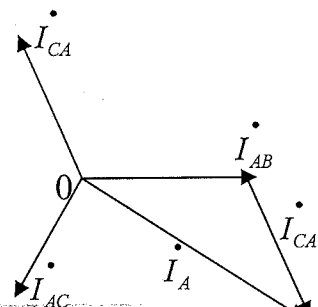
Hình 4.7

Ví dụ: nối A với Z, B nối với X, C nối với Y.

a. Quan hệ giữa I_d và I_f

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại các nút.

- Tại nút A: $\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$
- Tại nút B: $\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$



➤ Tại nút C: $\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$

Xét tam giác OAB: $OB = 2.OA.\cos 30^\circ = 2.OA.\frac{\sqrt{3}}{2}$

Hình 4.8

➤ $OB = I_d, OA = I_p$

➤ $I_d = \sqrt{3}.I_p$

b. Quan hệ giữa U_d và U_p

$$U_p = U_d$$

Vậy về pha dòng điện I_d chậm sau I_p góc 30°

4.3. Công suất mạch điện ba pha.

4.3.1. Công suất tác dụng:

- Gọi P_A, P_B, P_C tương ứng là công suất tác dụng của pha A, B, C.

$$P = P_A + P_B + P_C$$

$$= U_A.I_A.\cos \varphi_A + U_B.I_B.\cos \varphi_B + U_C.I_C.\cos \varphi_C$$

+ Khi mạch điện ba pha đối xứng:

$$U_A = U_B = U_C$$

$$I_A = I_B = I_C$$

$$\cos \varphi_A = \cos \varphi_B = \cos \varphi_C = \cos \varphi$$

$$\Rightarrow P = 3.U_p.I_p.\cos \varphi = 3.R_p.I_p^2 = \sqrt{3}.I_d.U_d.\cos \varphi$$

4.3.2. Công suất phản kháng

- Công suất phản kháng Q của ba pha:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C$$

$$Q = U_A.I_A.\sin \varphi_A + U_B.I_B.\sin \varphi_B + U_C.I_C.\sin \varphi_C$$

- Khi tải đối xứng:

$$Q = 3.U_p.I_p.\sin \varphi = 3.X_p.I_p^2 = \sqrt{3}.I_d.U_d.\sin \varphi$$

4.3.3. Công suất biểu kiến

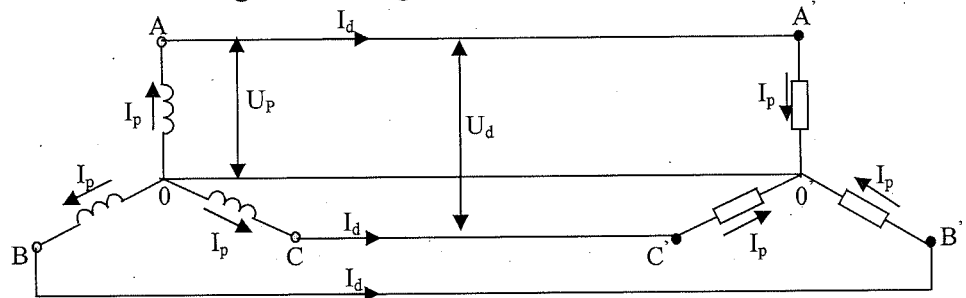
$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 3.U_p.I_p = \sqrt{3}U_d.I_d$$

4.4. Giải mạch điện ba pha đối xứng.

- Đối với mạch điện ba pha đối, dòng điện, điện áp trên các pha có trị số bằng nhau và lệch pha nhau một góc $\frac{2\pi}{3}$ vì vậy khi giải mạch điện ba pha ta chỉ cần tách một pha ra để giải.

4.4.1. Nguồn nối sao đối xứng.

- Theo hình vẽ ta có O là điểm trung tính của nguồn, nếu tải nối sao, O' là điểm trung tính



Hình 4.9

của tải. Các dây từ nguồn đến tải AA', BB', CC' gọi là dây pha. Dây OO' gọi là dây trung tính. Mạch điện có dây trung tính gọi là mạch điện ba pha bốn dây, mạch điện không có dây trung tính gọi là mạch điện ba pha ba dây. Đối với mạch đối xứng ta luôn luôn có quan hệ:

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

vì thế dây trung tính không có tác dụng, có thể bỏ qua dây trung tính. Điện thế điểm trung tính của tải đối xứng luôn luôn trùng với điện thế của trung tính nguồn.

Nếu gọi sức điện động nguồn là E_p thì:

- Điện áp dây U_d và điện áp pha U_p của mạch điện ba pha là:
- Điện áp pha phía đầu nguồn là: $U_p = E_p$
- Điện áp dây phía đầu nguồn là: $U_d = \sqrt{3} E_p$

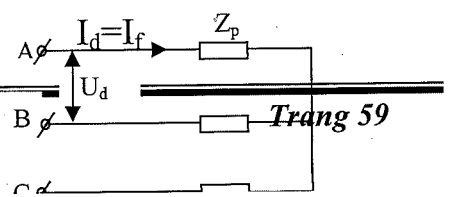
4.4.2. Nguồn nối tam giác đối xứng

- Điện áp pha phía đầu nguồn là: $U_p = E_p$
- Điện áp dây phía đầu nguồn là: $U_d = U_p = E_p$
- Từ giá trị điện áp dây (hoặc điện áp pha) của mạch điện ba pha, ta xác định điện áp pha của tải.

4.4.3. Giải mạch điện ba pha tải nối sao đối xứng

4.4.3.1. Khi không xét tổng trở đường dây pha.

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} \text{ (điện áp đặt lên mỗi pha của tải)}$$



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

Trong đó R_p, X_p điện trở, điện kháng mỗi pha tải

Dòng điện pha của tải:

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

Hình 4.10

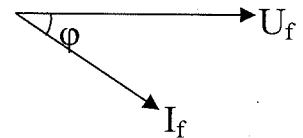
Góc lệch pha giữa điện áp pha và dòng điện pha.

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

Vì tải nối sao nên dòng điện dây bằng dòng điện pha

$$I_d = I_f$$

Đồ thị vectơ như hình vẽ

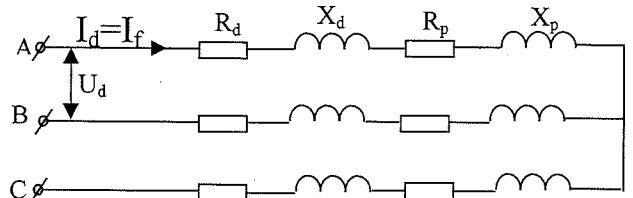


Hình 4.11

4.4.3.2. Khi xét tổng trở đường dây pha.

Khi xét đến tổng trở đường dây:

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



Hình 4.12

R_d, X_d điện trở điện kháng đường dây.

Ví dụ: Có ba cuộn dây giống nhau điện trở và điện kháng của mỗi cuộn lần lượt là

$R=3(\Omega), X=4(\Omega)$, điện áp định mức của mỗi cuộn dây là $U_p=220(V)$. Hỏi ba cuộn dây

phải mắc thế nào để sử dụng được ở nguồn điện xoay chiều 3 pha có $U_d=380(V)$. Tính I_p ,

$I_d, P_{3pha}, Q_{3pha}, S_{3pha}$.

Giải

Ba cuộn dây trên phải đấu hình sao vì: $U_d = \sqrt{3} U_p = 220 \cdot \sqrt{3} = 380(V)$

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5(\Omega)$$

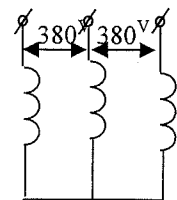
$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{220}{5} = 44(A)$$

$$\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p} = \arctg \frac{4}{3} = 53^\circ \text{ (dòng điện chậm pha so với điện áp)}$$

$$P_{3pha} = 3 \cdot R \cdot I_p^2 = 3 \cdot 3 \cdot 44^2 = 17424(W)$$

$$Q_{3pha} = 3 \cdot X_p \cdot I_p^2 = 3 \cdot 4 \cdot 44^2 = 23232(VAR)$$

$$S_{3p} = 3 \cdot U_p \cdot I_p = 3 \cdot 220 \cdot 44 = 29040(VA)$$



Hình 4.13

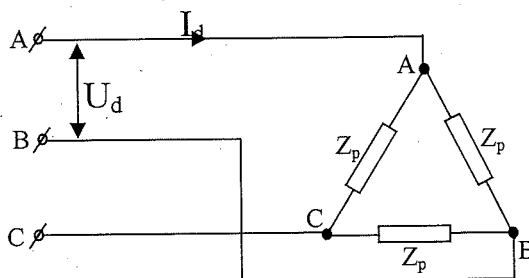
4.4.4. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác đối xứng

4.4.4.1. Khi không xét tổng trở đường dây pha.

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

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

$$I_d = \sqrt{3} \cdot I_p$$



Hình 4.14

Ví dụ: Có ba cuộn dây giống nhau điện trở và điện kháng của mỗi cuộn lần lượt là $R=6(\Omega)$, $X=8(\Omega)$, điện áp định mức của mỗi cuộn dây là $U_p=220(V)$. Hỏi ba cuộn dây phải mắc thế nào để sử dụng được ở nguồn điện xoay chiều 3 pha có $U_d=220(V)$. Tính I_p , I_d , P_{3pha} , Q_{3pha} , S_{3pha} .

Giải

Ba cuộn dây trên phải đấu hình tam giác: $U_p=U_d=220(V)$

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10(\Omega)$$

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{220}{10} = 22(A)$$

$$\Rightarrow I_d = \sqrt{3} I_p = \sqrt{3} \cdot 22 = 38,1(A)$$

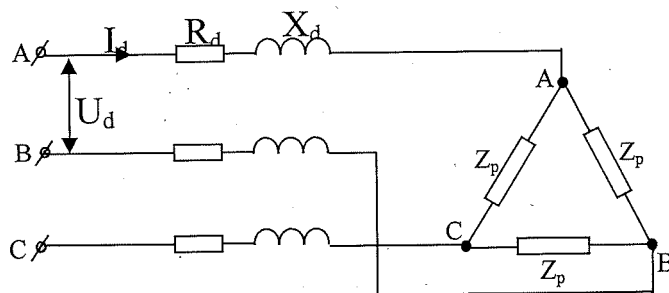
$$\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p} = \arctg \frac{8}{6} = 53^\circ \text{ (dòng điện chậm pha so với điện áp)}$$

$$P_{3pha} = 3 \cdot R \cdot I_p^2 = 3 \cdot 6 \cdot 22^2 = 8712(W)$$

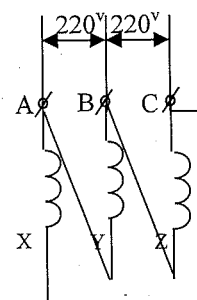
$$Q_{3pha} = 3 \cdot X_p \cdot I_p^2 = 3 \cdot 8 \cdot 22^2 = 11616(VAR)$$

$$S_{3p} = 3 \cdot U_p \cdot I_p = 3 \cdot 220 \cdot 22 = 14520(VA)$$

4.4.4.2. Khi xét tổng trở đường dây pha.



Hình 4.16



Hình 4.15

$$= 172,25 + j7,3 = 172,4 \angle 2^{\circ},42 \text{ (V)}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_B &= \dot{E}_B - \dot{U}_{O'O} = -100 - j173 - 27,75 + j7,3 \\ &= -127,75 - j165,7 = 209,22 \angle -127^{\circ},63 \text{ (V)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_C &= \dot{E}_C - \dot{U}_{O'O} = -100 + j173 - 27,75 + j7,3 \\ &= -127,75 + j180,3 = 221 \angle 125^{\circ},32 \text{ (V)} \end{aligned}$$

Dòng điện trong các cuộn dây sẽ là

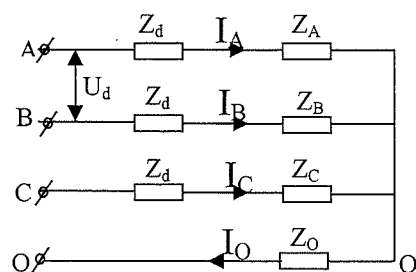
$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{\dot{Z}_A} = \frac{172,4 \angle 2^{\circ},42}{10 \angle 30^{\circ}} = 17,24 \angle -27^{\circ},58 \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{\dot{Z}_B} = \frac{209,22 \angle -127^{\circ},63}{13,3 \angle 45^{\circ}} = 15,73 \angle -172^{\circ},63 \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{\dot{Z}_C} = \frac{221 \angle 125^{\circ},32}{20 \angle 37^{\circ}} = 11,05 \angle 88^{\circ},32 \text{ (A)}$$

4.5.1.2. Khi xét đến tổng trở đường dây.

$$\bar{Y}_A = \frac{1}{\bar{Z}_A + \bar{Z}_d}, \bar{Y}_B = \frac{1}{\bar{Z}_B + \bar{Z}_d}, \bar{Y}_C = \frac{1}{\bar{Z}_C + \bar{Z}_d}$$



Hình 4.19

4.5.2. Khi tổng dẫn dây trung tính $\bar{Z}_0 = 0$

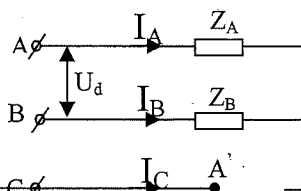
- Điểm trung tính $0'$ trùng với 0 và điện áp trên các pha tải bằng điện áp pha tương ứng của nguồn. Rõ ràng nhờ có dây trung tính điện áp pha trên tải vẫn đối xứng.

- Tính dòng điện trong các pha, ta áp dụng định luật ôm cho từng pha riêng rẽ:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{\dot{Z}_A} \Rightarrow I_A = \frac{U_A}{Z_A}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{\dot{Z}_B} \Rightarrow I_B = \frac{U_B}{Z_B}$$

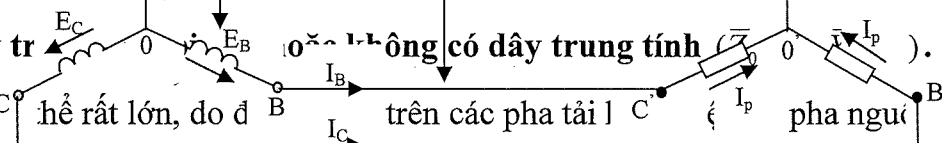
$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{\dot{Z}_C} \Rightarrow I_C = \frac{U_C}{Z_C}$$



Hình 4.20

4.5.3. Khi dây trung tính có dây trung tính (hệ rất lớn, do đó $\bar{Z}_0 \approx 0$).

- Điện áp $U_{0'}$ trên các pha tải I_C nhiều có thể gây nên quá điện áp ở mọi pha nào đó.



Ví dụ:

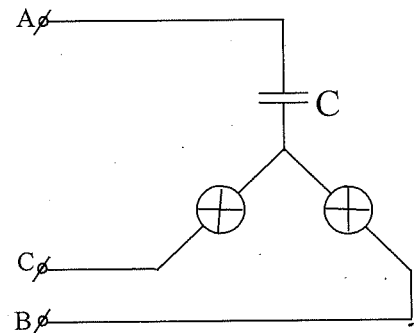
- Tải 3 pha không đối xứng. Pha A là một tụ điện thuần dung, hai pha B và C là hai bóng đèn.

Tổng dẫn phức của pha A là:

$$\overline{Y}_A = \frac{1}{-jC\omega} = jb$$

Hai pha B và C là hai bóng đèn có tổng dẫn: $\overline{Y}_B = \overline{Y}_C = \frac{1}{R} = g$

- Nguồn 3 pha đối xứng, có điện áp là U_p . Tính điện áp đặt lên mỗi bóng đèn.



Hình 4.21

Giải

Áp dụng phương pháp điện áp hai nút

$$\dot{U}_{00} = U_p \frac{jb + g.e^{-j120^\circ} + g.e^{j120^\circ}}{jb + g + g}$$

$$e^{-j120^\circ} = \cos(-120^\circ) + j\sin(-120^\circ) = -0,5 - j0,866$$

$$e^{j120^\circ} = \cos 120^\circ + j\sin 120^\circ = -0,5 + j0,866$$

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

$$\dot{U}_B = U_p \cdot e^{-j120^\circ} = U_p(-0,5 - j0,866)$$

$$\dot{U}_C = U_p \cdot e^{j120^\circ} = U_p(-0,5 + j0,866)$$

Thay vào công thức trên ta có:

$$\dot{U}_{00} = U_p \cdot \frac{jb + g(-0,5 - j0,866) - U_p(-0,5 + j0,866)}{jb + g + g}$$

$$\text{Cho } g = b \Rightarrow \dot{U}_{00} = U_p(-0,3 - j0,6)$$

- Ta suy ra điện áp đặt lên bóng đèn pha B:

$$\begin{aligned} \dot{U}_B' &= \dot{U}_B - \dot{U}_{00} = U_p(-0,5 - j0,866) - U_p(-0,2 + j0,6) \\ &= U_p(-0,3 - j1,466) \end{aligned}$$

$$\text{Về trị số thì: } U_B' = U_p \sqrt{0,3^2 + 1,466^2} = 1,5U_p$$

- Tương tự điện áp đặt lên bóng đèn pha C:

$$\begin{aligned}\dot{U}'_C &= \dot{U}_C - \dot{U}_{00} = U_p(-0,5 + j0,866) - U_p(-0,2 + j0,6) \\ &= U_p(-0,3 + j0,266)\end{aligned}$$

Về trị số thì: $U'_C = U_p \sqrt{0,3^2 + 0,266^2} = 0,4U_p$

- Ta nhận thấy điện áp đặt lên bóng đèn pha B lớn hơn điện áp đặt lên bóng đèn pha C. Ta có thể dùng thiết bị đó làm cái chỉ thứ tự pha. Muốn biết thứ tự pha của một hệ thống nào đó, đem cái chỉ thứ tự pha nối vào hệ thống điện áp đó. Nếu gọi pha nối vào nhánh điện dung là pha A thì pha nối vào bóng đèn sáng rõ là pha B và pha nối vào bóng đèn tối sẽ là pha C.

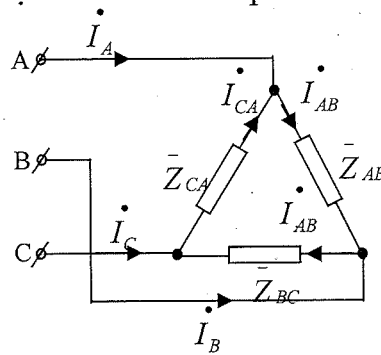
4.5.3. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác không đối xứng.

- Nếu không xét đến tổng trở các dây dẫn pha, điện áp áp lên các pha của tải là điện áp nguồn.

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\dot{Z}_{AB}} \Rightarrow I_{AB} = \frac{U_{AB}}{Z_{AB}}$$

$$\dot{I}_{BC} = \frac{\dot{U}_{BC}}{\dot{Z}_{BC}} \Rightarrow I_{BC} = \frac{U_{BC}}{Z_{BC}}$$

$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{U}_{CA}}{\dot{Z}_{CA}} \Rightarrow I_{CA} = \frac{U_{CA}}{Z_{CA}}$$



Hình 4.22

- Áp dụng định luật K1 tìm các dòng điện như sau:

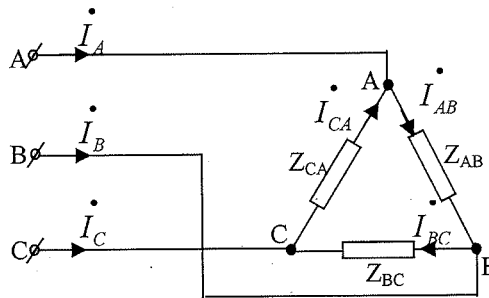
$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$$

Ví dụ:

Ba cuộn dây A, B, C nối tam giác như hình vẽ được cấp điện từ một đường dây 3 pha ba dây



Hình 4.23

với điện áp dây $U_d=200V$ và tần số $f=50Hz$. Biết điện trở của các cuộn dây A, B, C lần lượt là $\dot{Z}_A = 10\angle 30^\circ (\Omega)$, $\dot{Z}_B = 13,3\angle 45^\circ (\Omega)$, $\dot{Z}_C = 20\angle 37^\circ (\Omega)$.

- Tính dòng điện trong mỗi dây pha từ nguồn đến các cuộn dây.

Giải

Nguồn ba pha đối xứng:

$$\dot{U}_A = U_p \cdot e^{j0} = 200 \cdot e^{j0}, \quad \dot{U}_B = U_p \cdot e^{j-120^\circ} = 200 \cdot e^{j-120^\circ}, \quad \dot{U}_C = U_p \cdot e^{j120^\circ} = 200 \cdot e^{j120^\circ}$$

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_A}{Z_{AB}} = \frac{200 \cdot e^{j0^\circ}}{10 \cdot e^{j30^\circ}} = 20 \cdot e^{j-30^\circ} \text{ (A)} =$$

$$\dot{I}_{BC} = \frac{\dot{U}_B}{Z_{BC}} = \frac{200 \cdot e^{j-120^\circ}}{13,3 \cdot e^{j45^\circ}} = 14,04 \cdot e^{j-75^\circ} \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{U}_{CA}}{Z_{CA}} = \frac{200 \cdot e^{j120^\circ}}{20 \cdot e^{j37^\circ}} = 10 \cdot e^{j83^\circ} \text{ (A)}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} = 20 \cdot e^{j-30^\circ} - 10 \cdot e^{j83^\circ} = 20(\cos(-30^\circ) + j\sin(-30^\circ)) - 10(\cos(83^\circ) + j\sin(83^\circ)) \\ &= 20\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - j\frac{1}{2}\right) - 10(0,12 + j0,99) \\ &= 20(0,866 - j0,5) - 1,2 - j9,9 \\ &= 17,32 - j10 - 1,2 - j9,9 = 16,12 - j19,9 = \end{aligned}$$

$$25,61 \cdot e^{j-51^\circ} \text{ (A)}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_B &= \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} = 14,04 \cdot e^{j-75^\circ} - 20 \cdot e^{j-30^\circ} = 14,04(\cos(-75^\circ) + j\sin(-75^\circ)) - 17,32 - j10 \\ &= 14,04(0,26 - j0,96) - 17,32 - j10 \\ &= 3,64 - j13,46 - 17,32 - j10 \\ &= -13,68 - j23,46 = 27,15 \cdot e^{j60^\circ} \text{ (A)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_C &= \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} = 10 \cdot e^{j83^\circ} - 14,04 \cdot e^{j-75^\circ} = 10(\cos(83^\circ) + j\sin(83^\circ)) - 14,04(\cos(-75^\circ) + j\sin(-75^\circ)) \\ &= 10(0,12 + j0,99) - 14,04(0,26 - j0,96) \\ &= 1,2 + j9,9 - 3,64 + j13,46 = -2,44 + j23,3 \\ &= 23,48 \cdot e^{j84^\circ} \text{ (A)} \end{aligned}$$

- Nếu có tổng trở đường dây Z_d ta nên biến đổi tương đương tải nối tam giác thành hình sao.

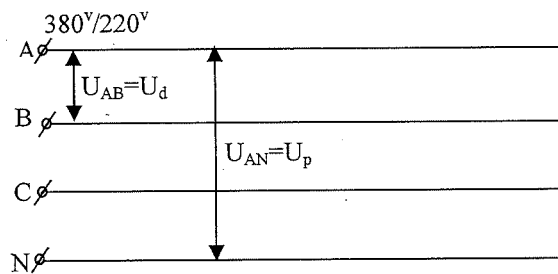
4.6. Cách nối nguồn và tải trong mạch ba pha

- Nguồn và tải đều có thể nối sao hoặc nối tam giác, tùy theo điều kiện cụ thể như điện áp quy định của thiết bị, điện áp của mạng điện và một số yêu cầu kỹ thuật khác.

4.6.1. Cách nối nguồn điện

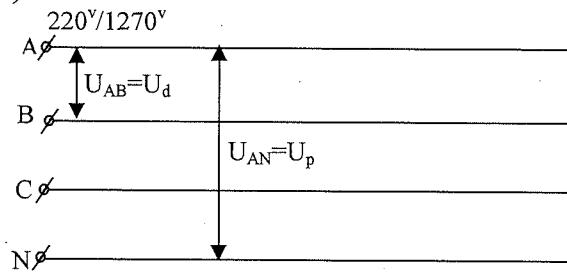
- Các nguồn điện trong sinh hoạt thường nối sao có dây trung tính. Nối như vậy có ưu điểm là có thể cung cấp hai cấp điện áp khác nhau là điện áp pha và điện áp dây.

+ Mạng điện $380^v/220^v$ ($U_d=380v, U_f=220v$)



Hình 4.24

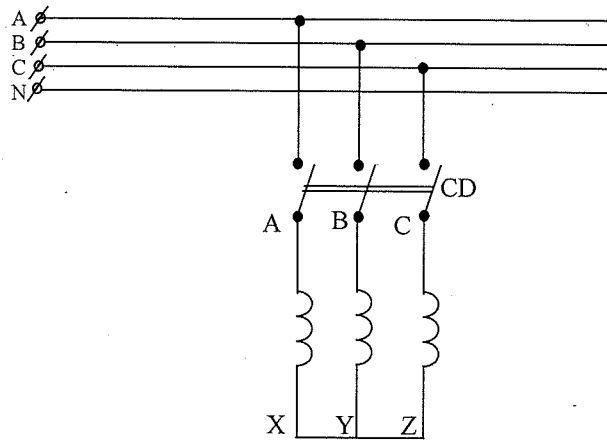
+ Mạng điện 220^v/127^v ($U_d=220v, U_f=127v$)



Hình 4.25

4.6.2. Cách nối tải ba pha.

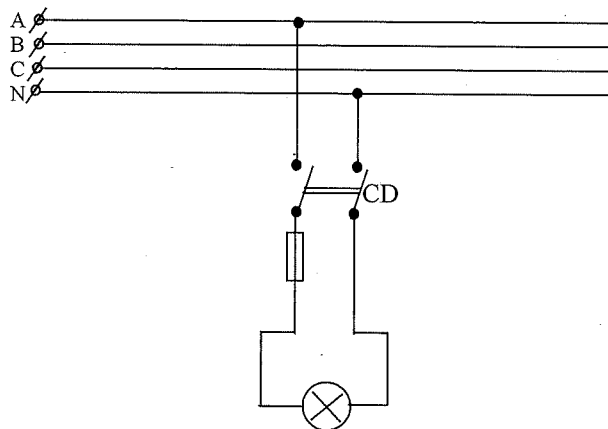
- Tải ba pha thường là các động cơ điện ba pha, gồm ba bộ dây giống nhau. Khi thiết kế người ta quy định điện áp cho mỗi dây quấn, lúc làm việc yêu cầu điện áp phải đúng với quy định.



Hình 4.26

4.6.3. Cách nối tải một pha.

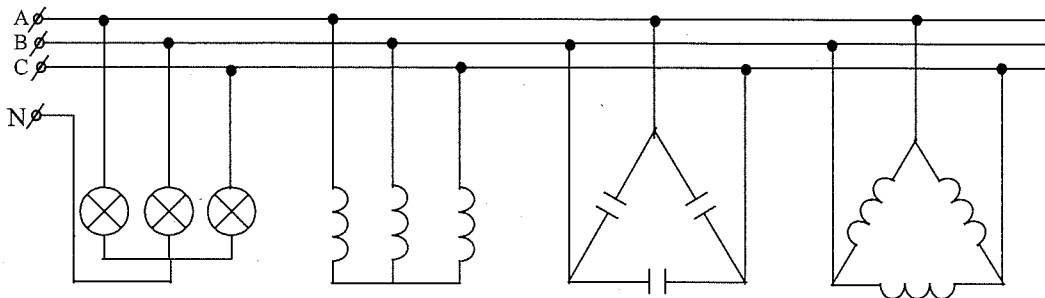
- Khi chọn các thiết bị trong sinh hoạt (thiết bị một pha), ta cần chọn điện áp thiết bị bằng điện áp pha, như vậy ta đã sử dụng một dây pha và dây trung tính, điện áp đặt lên các thiết bị là điện áp pha. Nhờ có dây trung tính điện áp đặt lên các thiết bị không vượt quá điện áp pha.



Hình 4.27

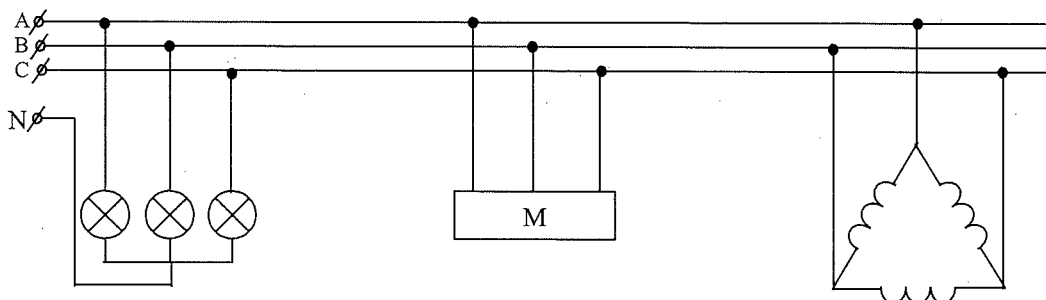
Câu hỏi:

1. Định nghĩa mạch điện 3 pha ? Nguyên lý tạo ra nguồn điện xoay chiều 3 pha.
2. Chứng minh trong mạch điện xoay chiều 3 pha nối (Y), điện áp dây $U_d = \sqrt{3} U_p$.
3. Chứng minh trong mạch điện xoay chiều 3 pha nối (Δ), điện áp dây $I_d = \sqrt{3} I_p$.
4. Có sáu bóng đèn loại 110V- 60w, người ta nối vào nguồn điện xoay chiều 3 pha 3 dây có điện áp dây $U_d = 220V$ có được không ? Vẽ hình.
5. Một phân xưởng được cấp điện từ một đường dây 3 pha với điện áp dây $U_d = 120V$ và tần số $f = 50Hz$. Phân xưởng bao gồm các loại tải như sau:



Hình 4.28

- a. 150 bóng đèn loại 100w nối giữa các pha và dây trung tính, mỗi pha gồm 50 bóng đèn.
 - b. Một động cơ ba pha 14,9kw với hiệu suất $\eta = 0,9$ và $\cos\varphi = 0,85$.
 - c. Một bộ tụ điện gồm 3 nhóm nối tam giác, mỗi nhóm gồm ba tụ điện nối song song, điện dung mỗi tụ là $C = 20\mu F$.
 - d. Ba cuộn dây nối tam giác, mỗi cuộn dây có điện trở $R = 5\Omega$ và điện cảm $L = 0,01H$.
 - Xác định dòng điện trong dây pha từ nguồn đến phân xưởng và hệ số công suất $\cos\varphi$ của phân xưởng.
6. Một đường dây 3 pha điện áp dây 200V tần số 50hz cấp điện cho một phân xưởng như hình vẽ.



Hình 4.29

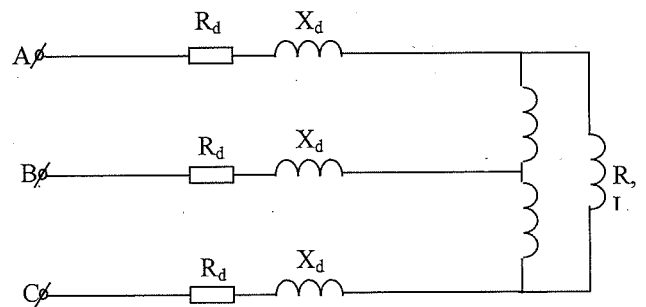
Phân xưởng bao gồm các tải điện như sau:

- a. Một động cơ M công suất 3kw, hiệu suất $\eta = 0,8$ và $\cos\varphi = 0,82$.

- b. Ba đèn công suất mỗi đèn 500w được nối giữa mỗi dây pha và dây trung tính.
 c. Ba cuộn dây mắc tam giác, mỗi cuộn dây có điện trở $R = 10\Omega$ và điện cảm $L = 0,02H$.
 Xác định dòng điện đi trong mỗi dây pha từ nguồn đến phân xưởng và $\cos\phi$ của phân xưởng.

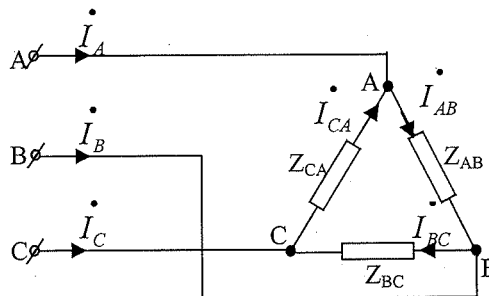
7. Một đường dây ba pha với điện áp dây 200v và tần số 50hz cấp điện cho ba cuộn dây như nhau được nối tam giác như hình vẽ. Mỗi cuộn dây có điện trở $R = 1,6\Omega$ và điện cảm $L = 0,00328H$. Mỗi dây pha của đường dây có điện trở $R_d = 0,02\Omega$ và điện kháng $X_d = 0,04\Omega$. Hãy xác định :

- a. Dòng điện trong mỗi dây pha.
 b. Điện áp giữa các dây pha ở đầu đường dây.
 c. Hệ số công suất $\cos\phi$ ở đầu đường dây.



Hình 4.30

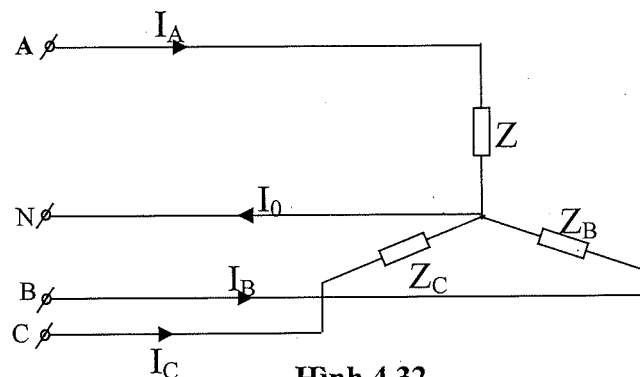
8. Một đường dây 3 pha 3 dây với điện áp dây 240V cấp điện cho một tải ba pha nối tam giác như hình vẽ. Biết tổng trở các pha của tải là $\bar{Z}_{AB} = 10\angle 0^\circ (\Omega)$, $\bar{Z}_{BC} = 30\angle 30^\circ (\Omega)$, $\bar{Z}_{CA} = 15\angle -30^\circ (\Omega)$.



Hình 4.31

- Xác định các dòng điện qua các pha của tải và trong các dây pha cung cấp cho tải.

9. Một đường dây 3 pha 4 dây với điện áp dây 220V cung cấp điện cho một tải 3 pha nối sao như hình vẽ.



Hình 4.32

Biết tổng trở các pha của tải là $\bar{Z}_A = 6 \angle 0^\circ \Omega$, $\bar{Z}_B = 6 \angle 30^\circ \Omega$, $\bar{Z}_C = 5 \angle 45^\circ \Omega$. Xác định dòng điện đi trong dây pha và dây trung tính của đường dây cấp điện cho tải trong hai trường hợp.

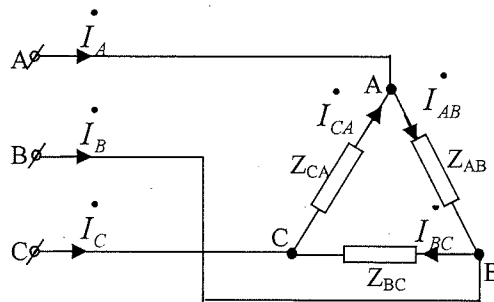
a. Bỏ qua điện trở dây trung tính.

b. Đứt dây trung tính.

10. Một đường dây 3 pha 3 dây với điện áp dây 500V cấp điện cho một tải ba pha nối tam giác như hình vẽ.

- Biết tổng trở các pha là $\bar{Z}_{AB} = 10 \angle 30^\circ (\Omega)$, $\bar{Z}_{BC} = 25 \angle 0^\circ (\Omega)$, $\bar{Z}_{CA} = 20 \angle -30^\circ (\Omega)$.

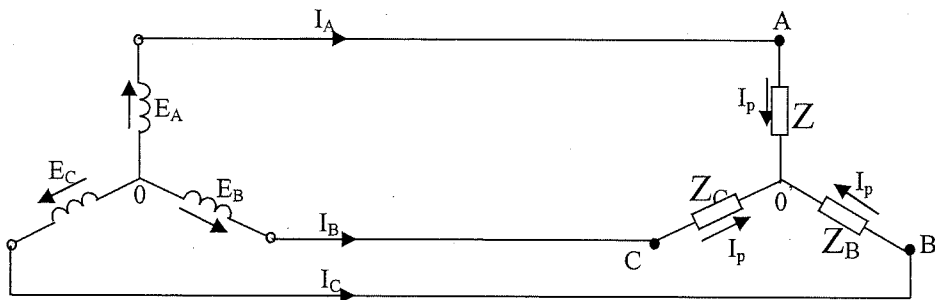
Xác định dòng điện đi trên các dây pha của đường dây cung cấp và công suất tiêu thụ tải.



Hình 4.33

11. Một tải ba pha nối sao với tổng trở các pha $\bar{Z}_A = 10 \angle 0^\circ (\Omega)$, $\bar{Z}_B = 10 \angle 60^\circ (\Omega)$,

$\bar{Z}_C = 10 \angle -60^\circ (\Omega)$ được cấp điện từ một đường dây 3 pha 3 dây với điện áp dây 200V.



Hình 4.34

- Xác định các điện áp pha ở phụ tải U_{AO} , U_{BO} , U_{CO} .

Tài Liệu Tham Khảo :

- Giáo trình mạch điện tác giả : Phạm Thị Cư “ NXBGD-1996”
- Giáo trình điện kỹ thuật tác giả : Lê Văn Đào “ NXBKHKT-1997”
- Giáo trình mạch điện tác giả : Lê Văn Bảng “ NXBGD-2008”
- Giáo trình kỹ thuật điện tác giả : Trương trí Ngộ “ NXBXD-2004”
- Giáo trình mạch điện “Trường ĐHSPKT-TPHCM” lưu hành nội bộ.

