

CHƯƠNG I

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

I. KHÁI NIỆM CHUNG

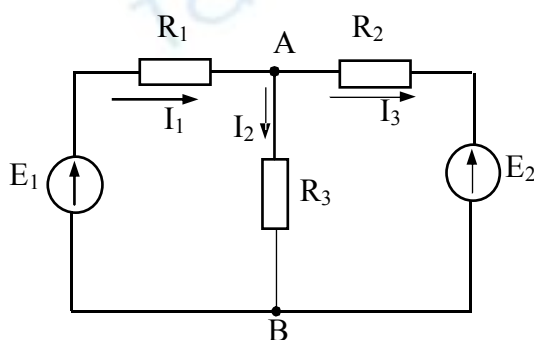
1. Định Nghĩa Về Mạch Điện

- Mạch điện: là một hệ thống gồm các thiết bị điện, điện tử ghép lại. Trong đó xảy ra các quá trình truyền đạt, biến đổi năng lượng hay tín hiệu điện từ do bởi các đại lượng dòng điện, điện áp.

2. Kết Cấu Hình Học Của Mạch Điện:

- Nhánh: là 1 đoạn mạch gồm những phần tử ghép nối tiếp nhau, trong đó có cùng 1 dòng điện chạy thông từ đầu nọ đến đầu kia.
- Nút: là giao điểm gặp nhau của 3 nhánh trở lên.
- Vòng (mạch vòng): là một lối đi khép kín qua các nhánh.

Ví dụ 1.1: Cho mạch điện như hình vẽ (1-1). Hãy cho biết mạch điện trên có



Hình 1-1

Giải

Mạch điện trên gồm:

❖ 3 nhánh:

Nhánh 1: gồm phần tử R_1 mắc nối tiếp với nguồn E_1

Nhánh 2: gồm phần tử R_2 mắc nối tiếp nguồn E_2

Nhánh 3: gồm phần tử R_3 .

❖ 2 nút: A và B

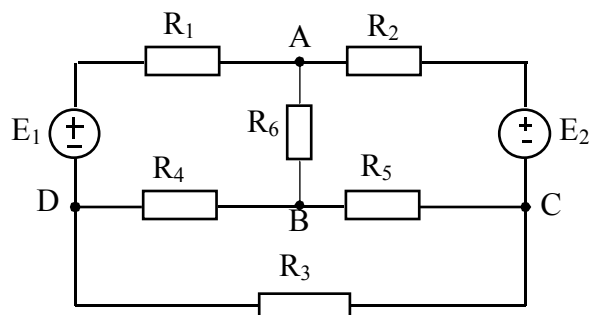
❖ 3 vòng:

Vòng 1: qua các nhánh (1, 3, 1)

Vòng 2: qua các nhánh (2, 3, 2)

Vòng 3: qua các nhánh (1, 2, 1)

Ví dụ 1.2: Cho mạch điện như hình (1-2). Hãy cho biết mạch điện trên có bao nhiêu nhánh, bao nhiêu nút và bao nhiêu vòng?



Hình 1-2

Giải

Mạch điện trên gồm:

❖ 6 nhánh:

Nhánh 1: gồm phần tử R_1 mắc nối tiếp với nguồn E_1

Nhánh 2: gồm phần tử R_2 mắc nối tiếp nguồn E_2

Nhánh 3: gồm phần tử R_3

Nhánh 4: gồm phần tử R_4

Nhánh 5: gồm phần tử R_5

Nhánh 6: gồm phần tử R_6

❖ 4 nút (4 đỉnh): A, B, C, D

❖ 7 vòng:

Vòng 1: qua các nhánh (1, 6, 4, 1)

Vòng 2: qua các nhánh (2, 5, 6, 2)

Vòng 3: qua các nhánh (1, 2, 3)

Vòng 4: qua các nhánh (1, 2, 4, 5)

Vòng 5: qua các nhánh (4, 5, 3)

Vòng 6: qua các nhánh (1, 6, 5, 3, 1)

Vòng 7: qua các nhánh (2, 6, 4, 3, 2)

Mạch điện có 2 phần tử chính đó là nguồn điện và phụ tải.

- Nguồn điện: là các thiết bị điện dùng để biến đổi các dạng năng lượng khác sang điện năng, ví dụ như pin, ắc quy (năng lượng hóa học), máy phát điện (năng lượng cơ học)...
- Phụ tải: là thiết bị điện biến điện năng thành các dạng năng lượng khác. Trên sơ đồ chúng thường được biểu thị bằng một điện trở R .
- Dây dẫn: là dây kim loại dùng để nối từ nguồn đến phụ tải.

II. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CHO QUÁ TRÌNH NĂNG LƯỢNG TRONG MẠCH ĐIỆN

1. Dòng Điện

Dòng điện là dòng các điện tích chuyển dời có hướng dưới tác dụng của điện trường.

Qui ước: Chiều dòng điện hướng từ cực dương về cực âm của nguồn hoặc từ nơi có điện thế cao đến nơi có điện thế thấp.

Cường độ dòng điện I là đại lượng đặc trưng cho độ lớn của dòng điện. Cường độ dòng điện được tính bằng lượng điện tích chạy qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong một đơn vị thời gian.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

Đơn vị của dòng điện là ampe (A).

Bản chất dòng điện trong các môi trường:

- Trong kim loại: lớp ngoài cùng của nguyên tử kim loại có rất ít electron, chúng liên kết rất yếu với các hạt nhân và dễ bật ra thành các electron tự do. Dưới tác dụng của điện trường các electron tự do này sẽ chuyển động có hướng tạo thành dòng điện.
- Trong dung dịch: các chất hoà tan trong nước sẽ phân ly thành các ion dương tự do và các ion âm tự do. Dưới tác dụng của điện trường các ion tự do này sẽ chuyển động có hướng tạo nên dòng điện.

- Trong chất khí: khi có tác nhân bên ngoài (bức xạ lửa, nhiệt...) tác động, các phân tử chất khí bị ion hoá tạo thành các ion tự do. Dưới tác dụng của điện trường chúng sẽ chuyển động tạo thành dòng điện.

2. Điện Áp

Điện áp là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích lũy năng lượng của dòng điện. Trong mạch điện, tại các điểm đều có một điện thế φ nhất định. Hiệu điện thế giữa hai điểm gọi là điện áp U .

Ta có: $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ (1-2)

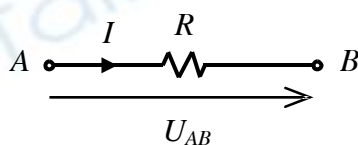
Trong đó: φ_A : điện thế tại điểm A

φ_B : điện thế tại điểm B

U_{AB} : hiệu điện thế giữa A và B

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

Đơn vị điện áp là vôn (V). Ký hiệu: $U, u(t)$.



Hình 1-3. Điện áp và dòng điện trên điện trở

3. Công suất

Công suất P là đại lượng đặc trưng cho khả năng thu và phát năng lượng điện trường của dòng điện. Công suất được định nghĩa là tích số của dòng điện và điện áp:

- Nếu dòng điện và điện áp cùng chiều thì dòng điện sinh công dương $P > 0$ (phần tử đó hấp thụ năng lượng)
- Nếu dòng điện và điện áp ngược chiều thì dòng điện sinh công âm $P < 0$ (phần tử đó phát năng lượng)

Đơn vị công suất là watt (W). Đối với mạch điện xoay chiều, công thức tính công suất tác dụng như sau

$$P = U.I.\cos\varphi \quad (1-3)$$

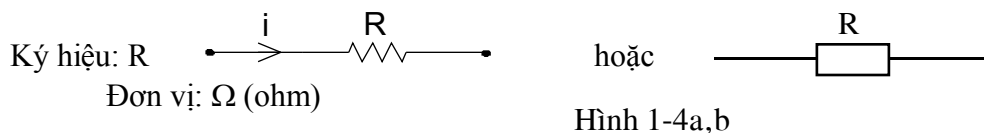
Trong đó: U : là điện áp hiệu dụng .

I : là dòng điện hiệu dụng.

$\cos\varphi$ là hệ số công suất, với $\varphi = \Psi_u - \Psi_i$ (với Ψ_u là góc pha đầu của điện áp và Ψ_i là góc pha đầu của dòng điện).

III. CÁC PHẦN TỬ CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN:

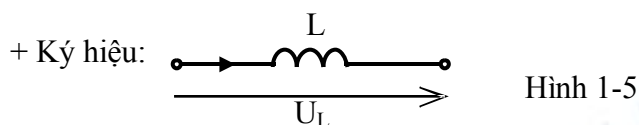
1. Điện trở R: đặc trưng cho hiện tượng tiêu tán năng lượng



2. Điện dẫn: Y hoặc G

$$G = Y = \frac{1}{R} \text{ mho (v)}$$

3. Cuộn Dây



L: Điện cảm của cuộn dây

Đơn vị: Henry (H) $1\text{mH}=10^{-3}\text{H}$

Điện cảm L: đặc trưng cho khả năng tạo nên từ trường của phần tử mạch điện

-Tính chất: gọi I là dòng điện đi qua cuộn dây

u: là điện áp đặt giữa 2 đầu cuộn dây

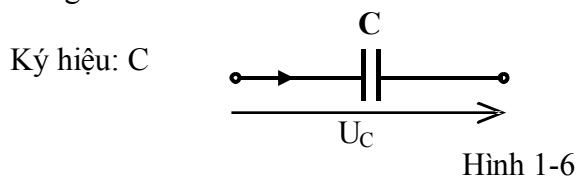
$$\text{ta có: } u = L \cdot \frac{di}{dt} \quad (1-4)$$

di/dt : chỉ sự biến thiên của dòng điện theo thời gian

- Tính chất: từ công thức (1-4) $\Rightarrow$ Điện áp giữa 2 đầu cuộn dây tỉ lệ với sự biến thiên của dòng điện theo thời gian.
- **Lưu ý:** Trong mạch điện 1 chiều thì điện áp giữa 2 đầu mạch điện bằng 0. Trong mạch điện 1 chiều nếu đặt cuộn dây thì coi như mạch bị nối tắt

4. Điện Dung:

+Tụ điện: đặc trưng cho hiện tượng tích phóng năng lượng điện trường.



C: điện dung của tụ điện

Đơn vị: Farad (F)

$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$$

$$1\text{nF} = 10^{-9}\text{F}$$

$$1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$$

Gọi u là điện áp đặt giữa 2 đầu của tụ điện

Ta có: $q = C \cdot u$ trong đó: q: điện tích trên tụ

$$\Rightarrow \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-5)$$

$$\begin{aligned} \text{mà } \frac{dq}{dt} &= i \\ \Rightarrow i &= c. \frac{du}{dt} \end{aligned} \quad (1-6)$$

Tính chất dòng điện đi qua tụ tỉ lệ với sự biến thiên của điện áp trên tụ.

5. Nguồn Độc Lập:

Ý nghĩa của “độc lập”: là giá trị của nguồn không phụ thuộc bất kỳ vào phần tử nào trong mạch.

a) Nguồn áp một chiều:

Ký hiệu:



Hình 1-7a, b.

E: là giá trị của nguồn áp

Đơn vị: Volt (V)

b) Nguồn áp xoay chiều:

Ký hiệu:



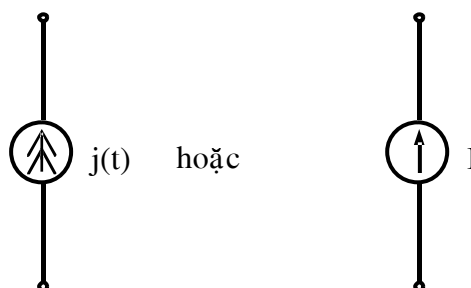
Hình 1-8a, b

Mang dấu “+” và “-” là vì tại thời điểm gốc thì $t = 0$ chiều điện áp có dạng như hình vẽ

Chiều sức điện động $e(t)$ đi từ điểm có điện thế thấp đến điểm có điện thế cao (ngược chiều với điện áp)

c) Nguồn dòng:

Ký hiệu:



Hình 1-9a, b

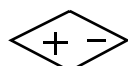
I: là giá trị của nguồn dòng, đơn vị Ampe (A)

↑ : Chỉ chiều của dòng điện

6. Nguồn phụ thuộc

❖ Nguồn áp phụ thuộc:

Ký hiệu:



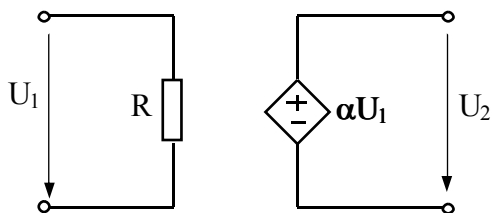
❖ Nguồn dòng phụ thuộc:

Ký hiệu:



+ Nguồn áp điều khiển nguồn áp: (Nguồn áp phụ thuộc áp)

Ký hiệu: VCVS (Voltage control voltage source)



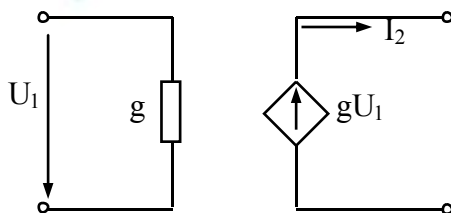
Hình 1-10

Phần tử này phát ra điện áp U_2 phụ thuộc vào điện áp U_1 (Khi U_1 thay đổi thì điện áp U_2 thay đổi theo) theo biểu thức :

$$U_2 = \alpha U_1 \quad \alpha: \text{không có thứ nguyên}$$

+ Nguồn áp điều khiển nguồn dòng: (Nguồn dòng phụ thuộc áp)

Ký hiệu: VCCS (Voltage controlled current source)



Hình 1-11

Phần tử này phát ra dòng I_2 phụ thuộc vào điện áp U_1 (Khi U_1 thay đổi thì dòng điện I_2 thay đổi theo) theo hệ thức:

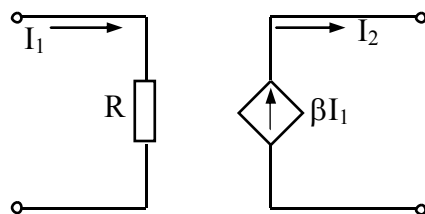
$$I_2 = gU_1. \text{ Đơn vị đo của } g \text{ là Siemen (S) hoặc mho (}\Omega\text{)}$$

+ Nguồn dòng điều khiển nguồn dòng: (Nguồn dòng phụ thuộc dòng)

Ký hiệu: CCCS (Current - controlled current source)

Phần tử này phát ra dòng I_2 phụ thuộc vào dòng I_1 (Khi I_1 thay đổi thì dòng điện I_2 thay đổi theo) theo biểu thức:

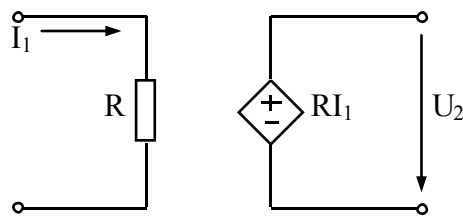
$$I_2 = \beta I_1 \quad \beta: \text{không có thứ nguyên}$$



Hình 1-12

+ Nguồn dòng điều khiển nguồn áp: (Nguồn áp phụ thuộc dòng)

Ký hiệu: CCVS (Current - controlled voltage source)



Hình 1-13

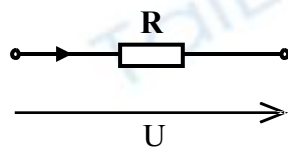
Phần tử này phát ra điện áp U_2 phụ thuộc vào dòng điện I_1 (Khi I_1 thay đổi thì điện áp U_2 thay đổi theo) theo biểu thức:

$$U_2 = R I_1 \text{ .Đơn vị đo } R \text{ là ohm } (\Omega)$$

IV. CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA MẠCH ĐIỆN

1. Định luật ohm:

Khi cho dòng điện đi qua điện trở R , U là điện áp đặt giữa 2 đầu R theo định luật ohm ta có:



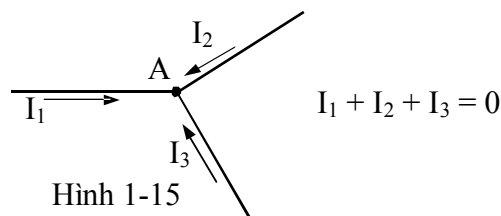
Hình 1-14

$$U = I \cdot R \quad (1-7)$$

2. Định Luật Kirchhoff 1: (Định Luật Nút)

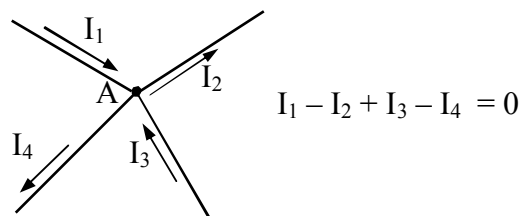
$$\text{Tổng đại số dòng điện tại 1 nút bằng 0: } \sum \pm i = 0 \quad (1-8)$$

Ví dụ 1-3: Cho mạch điện hình (1-15) xét tại nút A: theo định luật Kirchhoff 1 ta có:



Hình 1-15

Ví dụ 1-4: Cho mạch điện hình (1-16) xét tại nút A: theo định luật Kirchhoff 1 ta có:



Hình 1-16

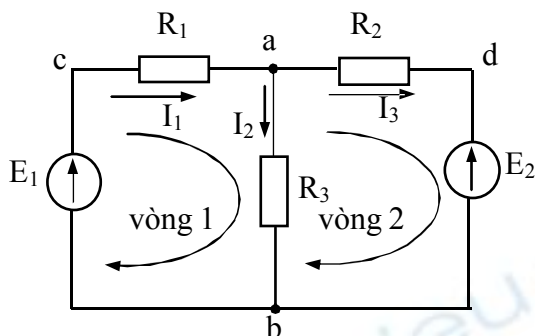
+ Nếu ta qui ước dòng điện đi vào nút A mang dấu cộng (+), thì dòng điện đi ra nút A mang dấu trừ (-) hoặc ngược lại.

3. Định luật Kirchhoff 2:

Tổng đại số điện áp của các phần tử trong 1 vòng kín bất kỳ thì bằng 0

$$\sum \pm u = 0 \quad (1-9)$$

Ví Dụ 1-5: Cho mạch điện như hình (H.1-17)



Hình 1-17

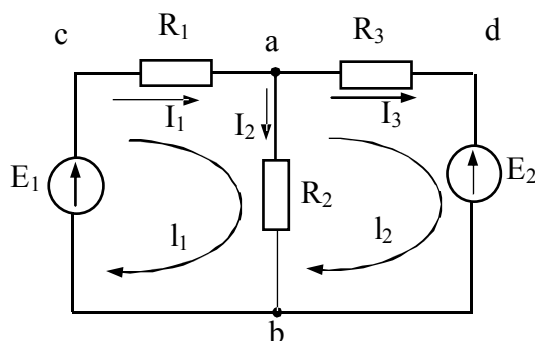
Xét vòng 1 (a,b,c,a) theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$U_{ab} + U_{bc} + U_{ca} = 0$$

Xét vòng 2 (a,d,b,a) theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$U_{ad} + U_{db} + U_{ba} = 0$$

Ví Dụ 1-6: Cho mạch điện như hình vẽ (H.1-18)



Hình 1-18

Dùng các định luật cơ bản tìm dòng điện qua các nhánh I_1 , I_2 và I_3

Giải

Tại nút a: theo định luật Kirchhoff 1 ta có:

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

Giả sử ta xét vòng kín l_1 (a, b, c, a) theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$U_{ca} + U_{ab} + U_{bc} = 0 \quad (2)$$

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + (-E_1) = 0 \quad (2)$$

Khảo sát vòng kín l_2 (a, d, b, a) theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

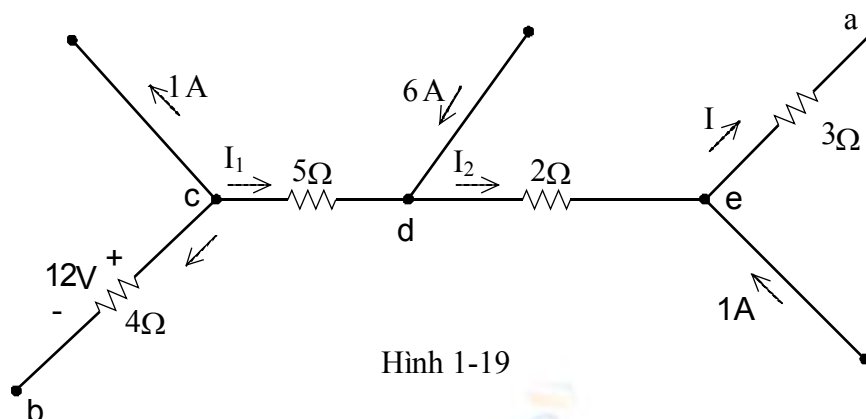
$$U_{ad} + U_{db} + U_{ba} = 0 \quad (3)$$

$$I_3 R_3 + E_2 + (-I_2 R_2) = 0 \quad (3)$$

Giải hệ 3 phương trình (1), (2), (3) ta tìm được dòng điện qua các nhánh I_1 , I_2 và I_3 .

V. BÀI TẬP VÍ DỤ CHƯƠNG I

Bài 1.1: Cho mạch điện như hình (H1-19)



Hình 1-19

Dùng định luật Kirchhoff 1 và 2 tìm i và U_{ab} .

Giải

Tại nút c: theo định luật Kirchhoff 1 ta có:

$$I_1 + 1 + \frac{12}{4} = 0 \rightarrow I_1 = -1 - 3 = -4 \text{ (A)}$$

Tại nút d: $I_2 = I_1 + 6 = -4 + 6 = 2 \text{ (A)}$

Tại nút e: $I_2 + 1 = I \Rightarrow I = 2 + 1 = 3 \text{ (A)}$

Vậy $I = 3 \text{ (A)}$

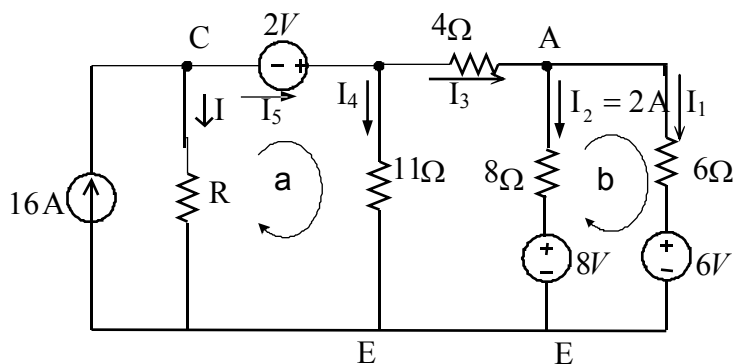
Theo định luật Kirchhoff 2 ta có:

$$\begin{aligned} U_{ab} &= U_{ae} + U_{ed} + U_{dc} + U_{cb} \\ &= (-I) \cdot 3 + (-I_2) \cdot 2 + (-I_1) \cdot 5 + 12 \\ &= -9 - 4 - 20 + 12 = 19 \text{ (V)} \end{aligned}$$

Vậy $U_{ab} = 19 \text{ (V)}$

Bài 1.2: Cho mạch điện như hình (H1-20)

Dùng định luật Kirchhoff 1 và Kirchhoff 2 tìm I và R .



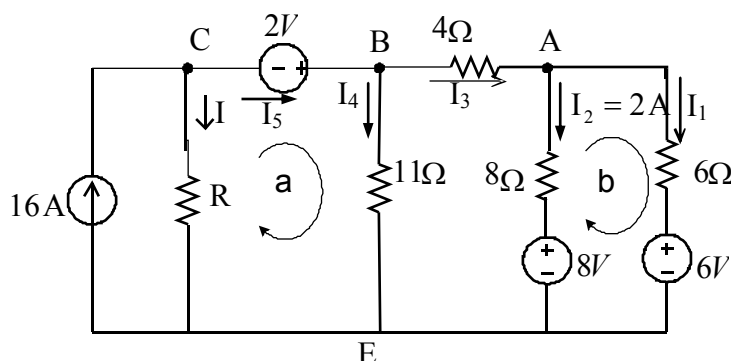
Hình 1-20

Giải

Áp dụng định luật K₂ vòng (A,E,A) ta có:

$$2.8 + 8 - 6 - I_1 \cdot 6 = 0$$

$$I_1 = \frac{18}{6} = 3 \text{ A}$$



Áp dụng định luật K₁ tại A ta có: $I_3 = I_1 + I_2 = 3 + 2 = 5A$

Áp dụng định luật K₂ tại vòng (B,E,A,B)

ta có: $I_4 \cdot 11 - I_2 \cdot 8 - I_3 \cdot 4 = 8V$

$$I_4 \cdot 11 - 2 \cdot 8 - 5 \cdot 4 = 8V$$

$$I_4 = \frac{44}{11} = 4A$$

Áp dụng định luật K₁ tại B: $I_5 = I_4 + I_3 = 4 + 5 = 9A$

Áp dụng định luật K₁ tại C: $I = 16 - I_5 = 16 - 9 = 7A$

Áp dụng định luật K₂ theo vòng (C,B,E,C):

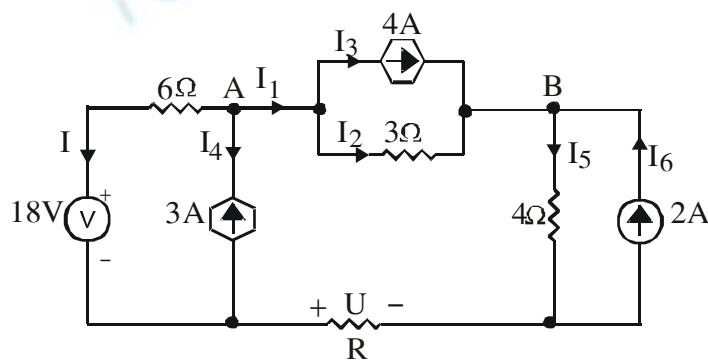
$$I_4 \cdot 11 - I \cdot R = 2$$

$$4 \cdot 11 - 7 \cdot R = 2$$

$$R = \frac{44 - 2}{7} = 6\Omega$$

Đáp số: $I = 7A$
 $R = 6\Omega$

Bài 1.3: Cho mạch điện như hình (H1-21)



Hình 1-21

Tìm cường độ dòng điện chạy trong các nhánh và điện áp U đặt trên điện trở R. Biết rằng $I = 1A$.

Giải

Tại nút A theo định luật Kirchhoff 1:

$$I_1 + I + I_4 = 0 \quad (1)$$

Biết rằng:

$$I = 1A$$

$$I_4 = -3A$$

Thay vào (1) ta được:

$$I_1 + 1 - 3 = 0$$

$$\Rightarrow I_1 = 3 - 1 = 2A$$

Ta có:

$$I_1 = I_3 + I_2 = I_2 + 4$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 - 4 = 2 - 4 = -2A$$

Tại nút B theo định luật Kirchhoff 1 ta có:

$$I_1 - I_5 + I_6 = 0$$

Mà:

$$I_6 = 2A$$

$$I_5 = I_1 + I_6 = 2 + 2 = 4A$$

Áp dụng định luật Kirchhoff 2 tại vòng kín ta có:

$$6I + 18 + U - U_B - U_{AB} = 0 \quad (2)$$

Trong đó:

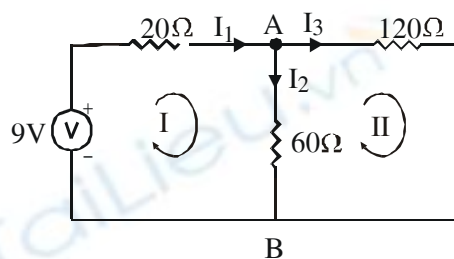
$$U_{AB} = 3 \times 4 = 12V$$

Và: $U_B = 2 \times 4 = 8V$

Thay vào phương trình (2) tìm được điện áp đặt trên điện trở R.

$$\Rightarrow U = 12 + 8 - 6 \cdot 1 - 18 = -4V$$

Bài 1.4: Cho mạch điện như hình (H1-22)



Hình 1-22

Tìm dòng điện chạy trong các nhánh I_1 , I_2 , I_3 .

Giải

Tại nút A theo định luật Kirchhoff 1 ta có:

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

Viết phương trình theo định luật Kirchhoff 2 cho vòng I

$$20I_1 + 60I_2 = 9 \quad (2)$$

Viết phương trình theo định luật Kirchhoff 2 cho vòng II

$$120I_3 - 60I_2 = 0 \quad (3)$$

Giải hệ phương trình (1), (2), (3):

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

$$20I_1 + 60I_2 = 9 \quad (2)$$

$$120I_3 - 60I_2 = 0 \quad (3)$$

Từ phương trình (2) ta suy ra:

$$I_2 = \frac{9 - 20I_1}{60} \quad (4)$$

Lấy phương trình (2) + phương trình (3) ta được:

$$20I_1 + 120I_3 = 9 \quad (5)$$

Thay phương trình (4) vào phương trình (1) ta được:

$$I_1 - \frac{9 - 20I_1}{60} - I_3 = 0$$

$$\Rightarrow 80I_1 - 60I_3 = 9 \quad (6)$$

Giải hệ phương trình (5), (6) ta được:

Nhân phương trình (6) với hệ số 2 rồi cộng với phương trình (5) ta được:

$$I_1 = \frac{18 + 9}{160 + 20} = 0.15A$$

Thay giá trị $I_1 = 0.15A$ vào phương trình (5) ta được:

$$I_3 = \frac{9 - 20I_1}{120} = \frac{9 - 20 \times 0.15}{120} = 0.05A$$

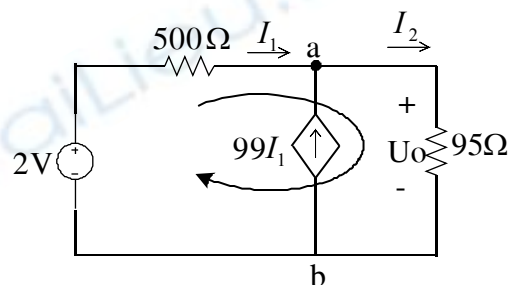
Thay giá trị $I_1 = 0.15A$ và $I_3 = 0.05A$ vào phương trình (4) ta được:

$$I_2 = \frac{9 - 20I_1}{60} = \frac{9 - 20 \times 0.15}{60} = 0.10A$$

$$I_2 = 0.10A$$

VI. BÀI TẬP CHƯƠNG 1

Bài 1-5: Cho mạch điện như hình (H1-23)

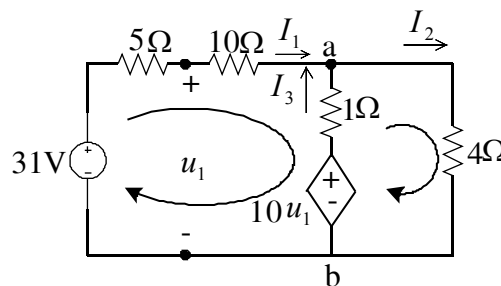


Hình 1-23

Dùng định luật K₁, K₂ tính U₀ và I₂

Đáp số: U₀ = 95 và I₂ = 1,9V

Bài 1-6: Cho mạch điện như hình (H1-24)



Hình 1-24

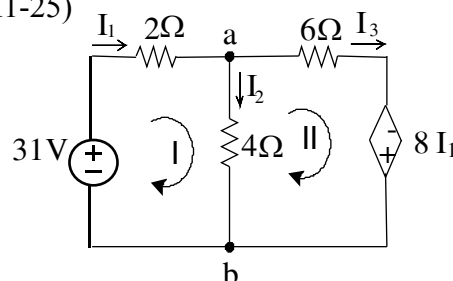
Dùng định luật K₁, K₂ tính I₁, I₂ và I₃

Đáp số: I₁ = 5A

$$I_2 = -11A$$

$$I_3 = I_2 - I_1 = -16A$$

Bài 1-7: Cho mạch điện như hình (H1-25)



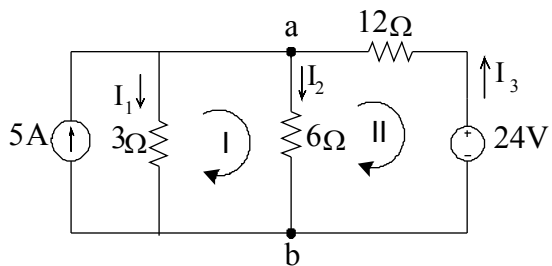
Hình 1-25

Dùng định luật K₁, K₂ Tìm I₁, I₂, I₃

$$\text{Đáp số: } I_1 = \frac{10 \cdot 2}{2} = 10\text{A} \quad ; \quad I_3 = I_1 - I_2 = 10 - (-2) = 12\text{A}$$

$$I_2 = -2\text{A}$$

Bài 1-8: Cho mạch điện như hình (H1-26)



Hình 1-26

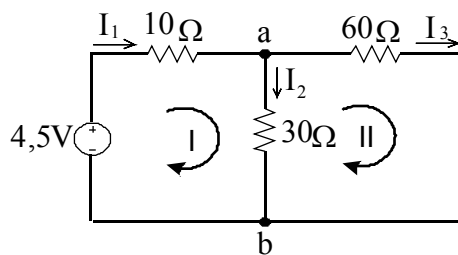
Dùng định luật K₁, K₂ Tìm dòng điện qua các nhánh I₁, I₂, I₃

$$\text{Đáp số: } I_2 = 2\text{A}$$

$$I_1 = 2I_2 = 4\text{A}$$

$$I_3 = 4 + 2 - 5 = 1\text{A}$$

Bài 1-9: Cho mạch điện như hình (H1-27)



Hình 1-27

Dùng định luật K₁, K₂ Tìm dòng điện trong các nhánh I₁, I₂ và I₃

$$\text{Đáp số: } I_2 = 0,1\text{A}$$

$$I_1 = \frac{15 \cdot 0,1}{10} = 0,15\text{A}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 0,15 - 0,1 = 0,05\text{A}$$

CHƯƠNG II

MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN MỘT PHA

Dòng điện sin là dòng điện xoay chiều biến đổi theo quy luật hàm sin biến thiên theo thời gian. Trong kỹ thuật và đời sống dòng điện xoay chiều hình sin được dùng rất rộng rãi vì nó có nhiều ưu điểm so với dòng điện một chiều. Dòng điện xoay chiều dễ dàng chuyển tải đi xa, dễ dàng thay đổi cấp điện áp nhờ máy biến áp. Máy phát điện và động cơ điện xoay chiều làm việc tin cậy, vận hành đơn giản, chỉ số kinh tế - kỹ thuật cao. Ngoài ra trong trường hợp cần thiết, ta có thể dễ dàng biến đổi dòng điện xoay chiều thành một chiều nhờ các thiết bị chỉnh lưu.

I. CÁC ĐỊNH NGHĨA VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN

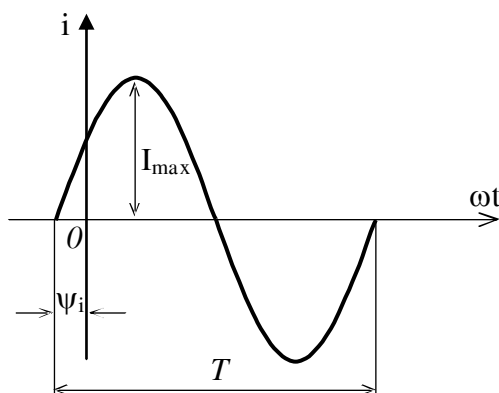
- Dòng điện xoay chiều là dòng điện có chiều và trị số thay đổi theo thời gian.
- Dòng điện xoay chiều biến thiên theo quy luật hình sin theo thời gian được gọi là dòng điện xoay chiều hình sin, được biểu diễn bằng đồ thị hình sin trên hình (2-1).

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

trong đó: i : là trị số tức thời của dòng điện.

$I_{\max}$: là giá trị cực đại của dòng điện (hay là biên độ của dòng điện) ω : là tần số góc

Ψ : là góc pha ban đầu của dòng điện



Hình 2-1. Dòng điện xoay chiều hình sin

1. Chu kỳ, tần số, tần số góc

❖ **Chu kỳ:** Là khoảng thời gian ngắn nhất để dòng điện lặp lại trị số và chiều biến thiên cũ. Chu kỳ có ký hiệu là T , đơn vị: giây (s).

❖ **Tần số:** Là số chu kỳ mà dòng điện thực hiện được trong một đơn vị thời gian (trong 1 giây). Tần số có ký hiệu là f .

$$\text{Ta có: } f = \frac{1}{T} \text{ (Hz)} \quad (2-2)$$

Đơn vị là hertz, ký hiệu Hz.

❖ **Tần số góc:** Là tốc độ biến thiên của dòng điện hình sin.

Tần số góc có ký hiệu là ω , đơn vị là rad/s .

Quan hệ giữa tần số góc và tần số:

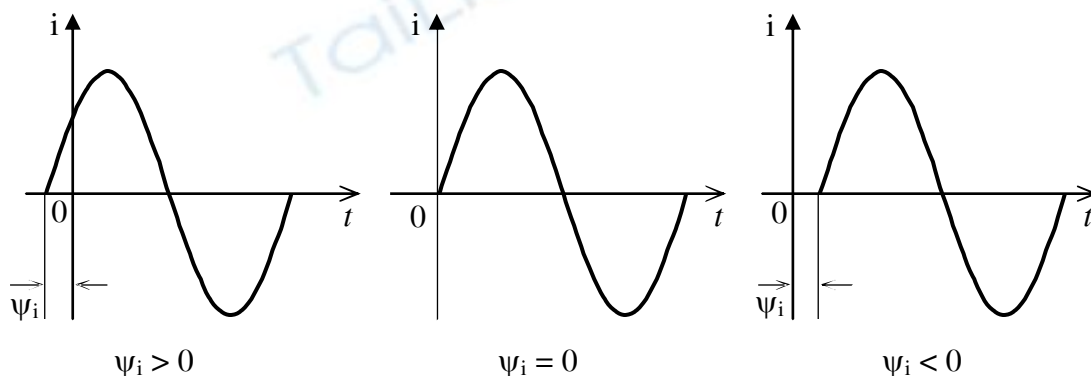
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (2-3)$$

2. Trị số tức thời của dòng điện

Trị số tức thời là trị số ứng với thời điểm t , ký hiệu là i . Trong biểu thức (2-1) trị số tức thời phụ thuộc vào biên độ $I_{\max}$ và góc pha $(\omega t + \Psi_i)$.

- Biên độ $I_{\max}$ là trị số cực đại của dòng điện i , cho biết độ lớn của dòng điện.
- Góc pha $(\omega t + \Psi_i)$ nói lên trạng thái của dòng điện ngay tại thời điểm t . Ở thời điểm $t = 0$ thì góc pha của dòng điện là Ψ_i . Ψ_i gọi là góc pha ban đầu của dòng điện. Góc pha ban đầu Ψ phụ thuộc vào thời điểm chọn làm gốc thời gian.

Hình 2-2 chỉ ra góc pha ban đầu Ψ_i khi chọn các mốc thời gian khác nhau.



Hình 2-2. Góc pha của dòng điện ứng với các mốc thời gian khác nhau

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

Giả sử cho dòng điện $i = I_{\max} \sin(\omega t + \Psi_i)$ và $u = U_{\max} \sin(\omega t + \Psi_u)$.

Trong đó: $U_{\max}$, Ψ_u là biên độ và góc pha của điện áp.

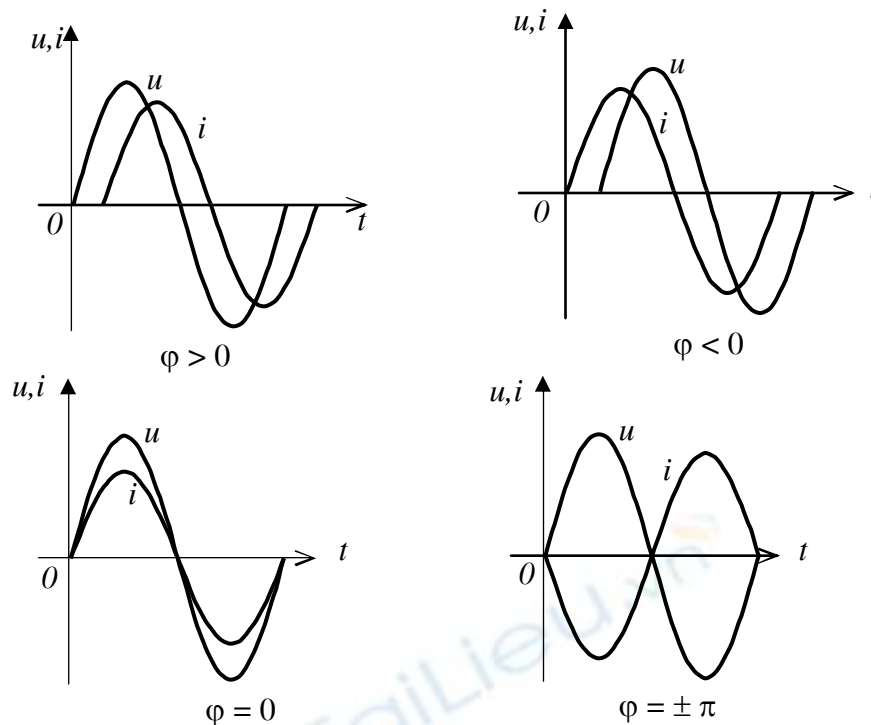
Hãy biểu diễn góc lệch pha giữa u và i .

- Để biểu diễn góc lệch pha giữa 2 đại lượng điều hòa chúng phải có cùng tần số góc, cùng hàm sin hoặc hàm cos.
- Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện ký hiệu là φ

$$\varphi = (\omega t + \Psi_i) - (\omega t + \Psi_u) = \Psi_1 - \Psi_2 \quad (2-4)$$

Góc φ phụ thuộc vào các thông số của mạch.

Khi: $\varphi > 0$ điện áp vượt trước dòng điện
 $\varphi < 0$ điện áp chậm sau dòng điện
 $\varphi = 0$ điện áp trùng pha dòng điện
 $\varphi = \pm \pi$ điện áp ngược pha với dòng điện



Hình 2-3. Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện

- ❖ **Ví dụ 2-1:** Cho hai đại lượng điều hòa có cùng tần số góc
 $u = 100 \sin(2t + 60^\circ)$
 $i = 20 \sin(2t + 30^\circ)$
 Hãy biểu diễn góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện.

Giải:

Ta có: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 60^\circ - 30^\circ = 30^\circ$

Vậy: u nhanh pha hơn i một góc 30° .

- ❖ **Ví dụ 2-2:** Cho hai đại lượng điều hòa có cùng tần số góc
 $u = 100 \sin(2t + 60^\circ)$
 $i = 20 \cos 2t$
 Hãy biểu diễn góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện.

Giải:

Do u và i không cùng dạng sin và cos nên ta phải chuyển sang dạng cos hoặc sin. Ta đổi: $i = 20 \cos 2t = 20 \sin(2t + 90^\circ)$

$\Rightarrow \varphi = \varphi_u - \varphi_i = 60^\circ - 90^\circ = -30^\circ$

Vậy: u chậm pha hơn i một góc 30°

+ **Chú ý:** để so sánh góc lệch pha giữa 2 đại lượng điều hòa thì chúng phải có cùng tần số góc; cùng dạng sin hoặc dạng cos.

4. Trị số hiệu dụng của dòng điện

Trị số hiệu dụng của dòng điện xoay chiều là giá trị tương đương của dòng điện một chiều khi chúng đi qua cùng một điện trở trong thời gian một chu kỳ thì toả ra cùng một năng lượng dưới dạng nhiệt như nhau. Kí hiệu bằng chữ in hoa: $I, U, E \dots$

- Trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin:

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

- Tương tự ta có trị số hiệu dụng của điện áp và sức điện động xoay chiều hình sin là:

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

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

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

- i, u : Trị số tức thời, kí hiệu chữ thường.
- I, U : Trị số hiệu dụng, kí hiệu chữ in hoa
- $I_{\max}, U_{\max}$: Trị số cực đại (biên độ).

II. BIỂU DIỄN DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU HÌNH SIN BẰNG VECTOR

Từ biểu thức trị số tức thời của dòng điện.

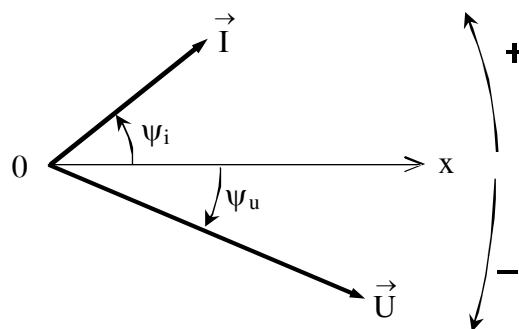
$$i = I_{\max} \sin (\omega t + \Psi_i) = I \sqrt{2} \sin (\omega t + \Psi_i)$$

Ta thấy khi tần số đã cho, nếu biết trị số hiệu dụng I , và pha đầu Ψ_i , thì i hoàn toàn xác định. Vector được đặc trưng bởi độ dài (độ lớn, mô đun) và góc (argument), từ đó ta có thể dùng véctơ để biểu diễn dòng điện hình sin (hình 2-4).

Độ dài của vector được biểu diễn bằng trị số hiệu dụng, góc của vector với trục Ox biểu diễn góc pha ban đầu. Ký hiệu như sau:

Vector dòng điện: $\vec{I} = I \angle \Psi_i$

Vector điện áp: $\vec{U} = U \angle \Psi_u$



Hình 2-4. Biểu diễn vector của điện áp và dòng điện

Ví dụ 2-3: Hãy biểu diễn dòng điện, điện áp bằng vector và chỉ ra góc lệch pha, cho biết:

$$i = 20 \sqrt{2} \sin (\omega t - 10^\circ) \quad (\text{A})$$

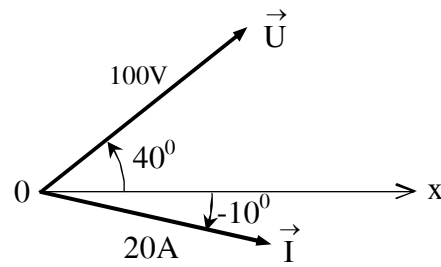
$$u = 100 \sqrt{2} \sin (\omega t + 40^\circ) \quad (\text{V})$$

Giải:

Vector dòng điện: $\vec{I} = 20 \angle -10^\circ$

Vector điện áp: $\vec{U} = 100 \angle 40^\circ$

Biểu diễn chúng bằng vector trên hình 2-5.



Hình 2-5. Vector của điện áp và dòng điện theo ví dụ 2-3

Góc lệch pha φ giữa điện áp và dòng điện là góc giữa hai vector $\vec{U}$ và $\vec{I}$

Phương pháp biểu diễn vector giúp ta dễ dàng cộng hoặc trừ các đại lượng dòng điện, điện áp xoay chiều hình sin (thực hiện cho các đại lượng hình sin có cùng tần số góc).

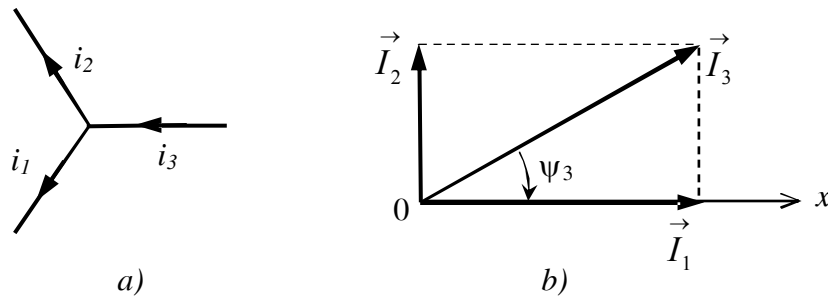
Ví dụ 2-4: Tính dòng điện i_3 trên hình 2-6a. Cho biết trị số tức thời

$$i_1 = 16\sqrt{2} \sin \omega t; \quad i_2 = 12\sqrt{2} \sin (\omega t + 90^\circ).$$

Giải:

Áp dụng định luật Kirchhoff 1 tại nút ta có:

$$i_3 = i_1 + i_2$$



Hình 2-6. Vector dòng điện $i_3 = i_1 + i_2$

Ta không thể cộng trực tiếp trị số tức thời đã cho, mà phải biểu diễn chúng thành vector như hình 2-6b.

$$\vec{I}_1 = 16 \angle 0^\circ$$

$$\vec{I}_2 = 12 \angle 90^\circ$$

Rồi tiến hành cộng vector

$$\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2$$

Trị số hiệu dụng của dòng điện I_3 là:

$$I_3 = \sqrt{12^2 + 16^2} = 20\text{A}$$

Góc pha của dòng điện i_3 là:

$$\operatorname{tg} \Psi_3 = \frac{12}{16} = 0,75$$

$$\Rightarrow \Psi_3 = 36,87^\circ$$

Biết trị số hiệu dụng I và góc pha đầu Ψ_1 ta xác định dễ dàng trị số tức thời. Vậy trị số tức thời của dòng điện i_3 là:

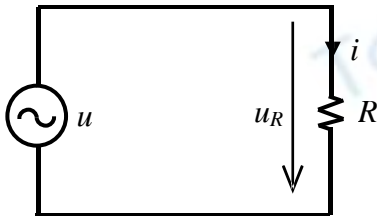
$$i_3 = 20 \sqrt{2} \sin(\omega t + 36,87^\circ). \quad (\text{A})$$

Việc ứng dụng vector để biểu diễn các đại lượng điều hòa, và các quan hệ trong mạch điện cũng như để giải mạch điện sẽ được đề cập trong các mục tiếp theo.

III. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU QUA R, L, C và R-L-C mắc nối tiếp

1. Dòng điện xoay chiều qua điện trở thuần R

Mạch điện xoay chiều thuần điện trở là mạch điện xoay chiều có hệ số tự cảm rất nhỏ có thể bỏ qua, không có thành phần điện dung, trong mạch chỉ còn một thành phần điện trở như bóng đèn, bếp điện...



Hình 2-7. Mạch thuần trở

Giả sử cho dòng điện xoay chiều $i = I_{\max} \sin \omega t$ đi qua điện trở R (2-8)

u : là điện áp đặt giữa 2 đầu điện trở.

Theo định luật Ohm ta có: $u_R = R \cdot i$

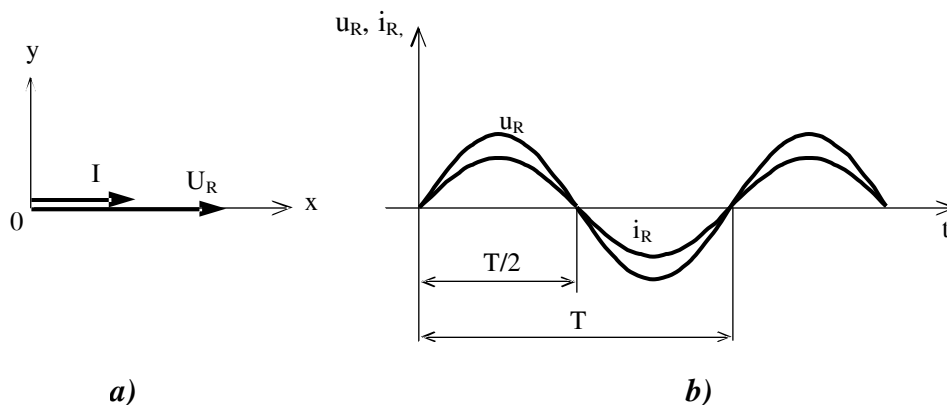
$$u_R = R \cdot I_{\max} \sin \omega t$$

$$\text{Mà } U_{\max} = I_{\max} \cdot R \quad (2-9)$$

$$\Rightarrow u_R = U_{\max} \sin \omega t \quad (2-10)$$

So sánh biểu thức dòng điện i và điện áp u_R , ta thấy: góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện: $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 0$ (Hình 2-8)

❖ Kết luận: u cùng pha với i



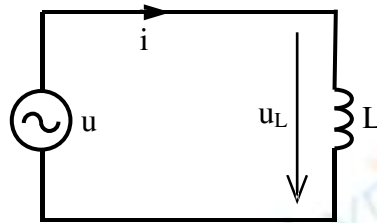
Hình 2-8. Đồ thị của mạch xoay chiều thuần trở

2. Dòng điện xoay chiều qua cuộn dây thuần cảm

Mạch thuần cảm là mạch điện có cuộn dây có hệ số tự cảm L khá lớn, điện trở R khá nhỏ có thể bỏ qua.

Giả sử cho dòng điện xoay chiều đi qua cuộn dây (hình 2-9), dòng điện i có dạng:

$$i = I_{\max} \sin \omega t \quad (2-11)$$



Hình 2-9. Mạch điện xoay chiều thuần cảm

u : là điện áp đặt giữa 2 đầu cuộn dây

Dòng điện biến thiên đi qua cuộn dây L làm xuất hiện sức điện động tự cảm e_L và giữa hai đầu cuộn dây sẽ có điện áp cảm ứng u_L

$$u_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{d(I_m \cdot \sin \omega t)}{dt} = L \cdot I_m \cdot \omega \cdot \cos \omega t. \quad (2-12)$$

$$\Rightarrow u_L = U_{Lm} \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (2-13)$$

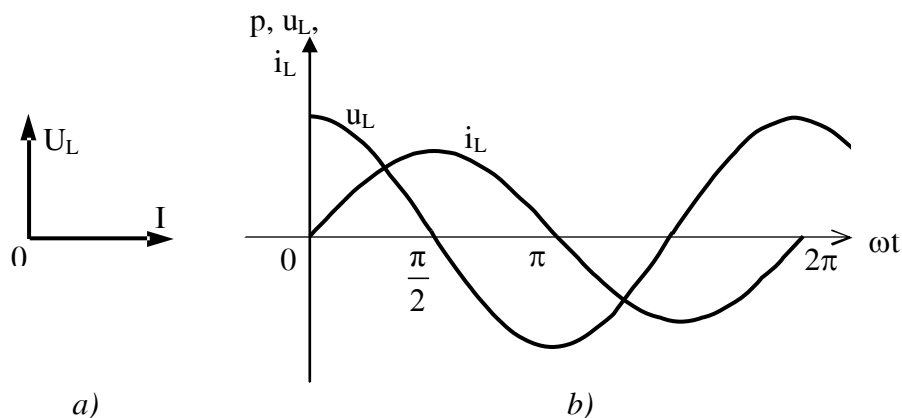
$$\text{Với } U_{Lm} = I_m \cdot L \cdot \omega \quad (2-14)$$

Trong đó:

$$X_L = \omega L \quad (2-15)$$

X_L : là cảm kháng của cuộn dây có đơn vị là Ohm(Ω)

So sánh biểu thức dòng điện i (2-11) và điện áp u_L (2-13), ta thấy: u nhanh pha hơn I một góc $\frac{\pi}{2}$. Đồ thị hình 2-10



Hình 2-10