

Chương III: CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI MẠCH ĐIỆN

3.1 : Phương pháp dòng điện nhánh

3.2 : Phương pháp dòng điện vòng

3.3 : Phương pháp điện áp 2 nút

3.4 : Phương pháp biến đổi tương đương

3.5 : Phương pháp xếp chồng

3.6 : Mạch điện có nguồn chu kỳ không sin

3.1 : Phương pháp dòng điện nhánh (phức)

Ẩn số: dòng nhánh phức

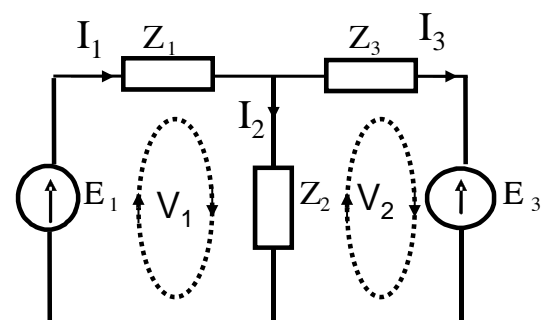
Mạch điện có m nhánh, n nút

→ có m ẩn → Cần tìm m phương trình

ĐL Kiết Khớp 1: $(n - 1)$ phương trình

ĐL Kiết Khớp 2: $(m - (n-1))$ phương trình

Ví dụ



$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ v1: Z_1 \dot{I}_1 + Z_2 \dot{I}_2 = \dot{E}_1 \\ v2: -Z_2 \dot{I}_2 + Z_3 \dot{I}_3 = -\dot{E}_3 \end{array} \right.$$

Biết Z_k, \dot{E}_k

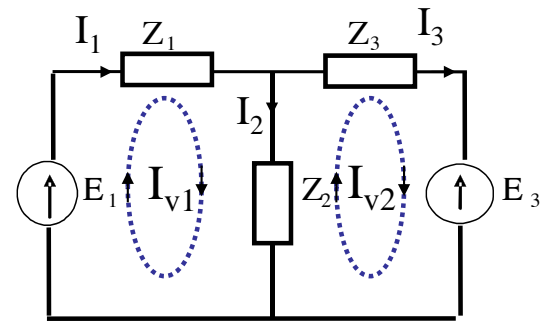
Giải hệ phương trình

→ tìm $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3$

3.2 Phương pháp dòng điện vòng

- Mất lưới: vòng độc lập
- Ấn số: dòng điện i trong các vòng độc lập
- Viết hệ phương trình theo ĐL Kiết Khốp
- Giải tìm nghiệm i vòng
- i nhánh = tổng đại số các dòng điện vòng i khép qua nhánh

Ví dụ



$$\left. \begin{aligned} (Z_1 + Z_2) \dot{I}_{v1} - Z_2 \dot{I}_{v2} &= \dot{E}_1 \\ -Z_2 \dot{I}_{v1} + (Z_2 + Z_3) \dot{I}_{v2} &= -\dot{E}_3 \end{aligned} \right\} \text{Biết } Z_k, \dot{E}_k$$

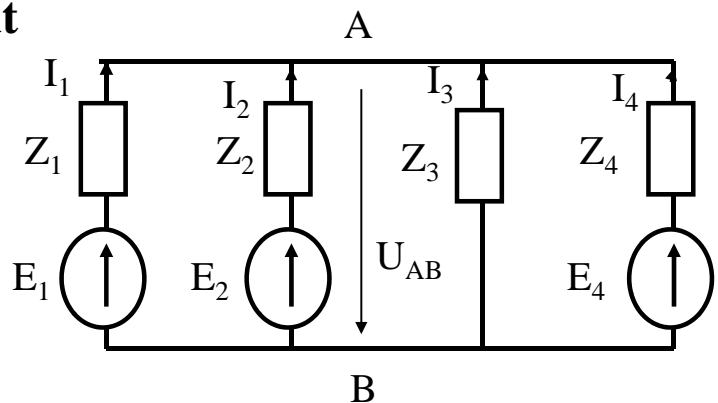
→ Tìm được : $\dot{I}_{v1}, \dot{I}_{v2}$

→ Dòng trong các nhánh :

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= \dot{I}_{v1} & \dot{I}_2 &= \dot{I}_{v1} - \dot{I}_{v2} \\ \dot{I}_3 &= \dot{I}_{v2} \end{aligned}$$

3.3 Phương pháp điện áp 2 nút

- Chọn đ/a giữa 2 nút làm ấn.
- Áp dụng ĐL Kiết Khốp lập các p/t để tìm đ/a giữa 2 nút.
- Tìm lại dòng trong các nhánh dựa vào đ/a giữa 2 nút



- Tại A, theo ĐL Kiết Khốp 1 có : $\sum_{k=1}^{n(4)} \dot{I}_k = 0 \quad (1)$

$$\begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= -Z_1 \dot{I}_1 + \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 &= \frac{\dot{E}_1 - \dot{U}_{AB}}{Z_1} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2 - \dot{U}_{AB}}{Z_2}$$

TQ $\dot{I}_k = \frac{\dot{E}_k - \dot{U}_{AB}}{Z_k} \quad (2)$

$$\sum_1^n \frac{\dot{E}_k - \dot{U}_{AB}}{Z_k} = 0$$

Đặt $\frac{1}{Z_k} = Y_k$

$$\sum_{k=1}^{n(4)} Y_k (\dot{E}_k - \dot{U}_{AB}) = 0$$

$$\sum_{k=1}^{n(4)} (Y_k \dot{E}_k) = \sum_{k=1}^{n(4)} (Y_k \dot{U}_{AB})$$

$$\dot{U}_{AB} \sum_{k=1}^{n(4)} Y_k = \sum_{k=1}^{n(4)} (Y_k \dot{E}_k)$$

$$\dot{U}_{AB} = \frac{\sum_{k=1}^{n(4)} (Y_k \dot{E}_k)}{\sum_{k=1}^{n(4)} Y_k} \quad (3) \quad \Rightarrow \quad \dot{I}_k = \frac{\dot{E}_k - \dot{U}_{AB}}{Z_k} \quad (4)$$

BT về nhà :

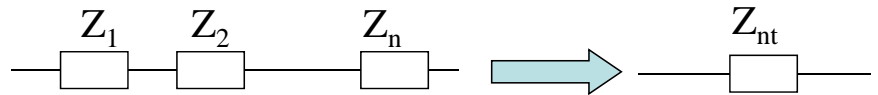
Giải bài toán 3 nhánh biết : $Z_1 = 3 + j 4 \Omega = Z_2 = Z_3$

$$\dot{E}_1 = 200e^{j90^\circ} V, \dot{E}_3 = 200e^{j0^\circ} V$$

Tìm dòng \dot{I}_k và công suất P, Q, S toàn mạch theo 3 phương pháp dòng nhánh, dòng vòng và điện áp 2 nút

3.4 Phương pháp biến đổi tương đương

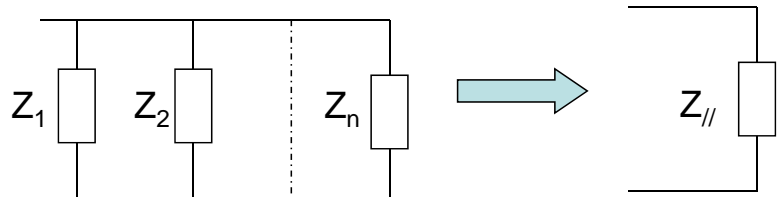
1. Nhánh nối tiếp :



Với :
$$Z_{nt} = \sum_{k=1}^{k=n} Z_k = \sum_{k=1}^{k=n} R_k + j \sum_{k=1}^{k=n} X_k = R_{nt} + jX_{nt}$$

2. Nhánh song song :

Với :



$$Z_{//} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{k=n} \frac{1}{Z_k}} = R_{//} + jX_{//}$$

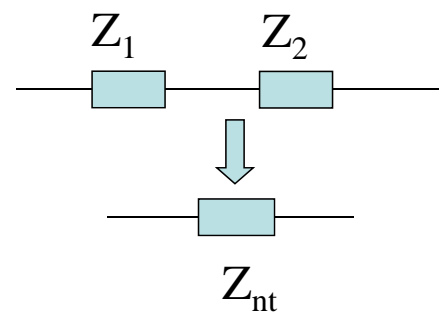
Khi có 2 tổng trở nối song song:
$$Z_{//} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Ví dụ 1: $Z_1 = 3 + j4$; $Z_2 = 8 - j6$

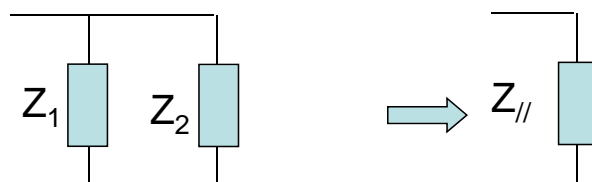
- Z_1 nối tiếp Z_2

$$Z_{nt} = 11 - j2 =$$

$$= \sqrt{11^2 + 2^2} e^{j \arctg \frac{-2}{11}} = 11,18 e^{-j10^\circ 18'}$$



- $Z_1 // Z_2$:



$$Z_{//} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$= \frac{(3 + j4)(8 - j6)}{11,18 e^{-j10^\circ 18'}} = \frac{5 e^{j53^\circ 8'} 10 e^{-j36^\circ 52'}}{11,18 e^{-j10^\circ 18'}} = 4,47 e^{j26^\circ 34'}$$

Ví dụ 2 : Cho mạch điện như hình bên.

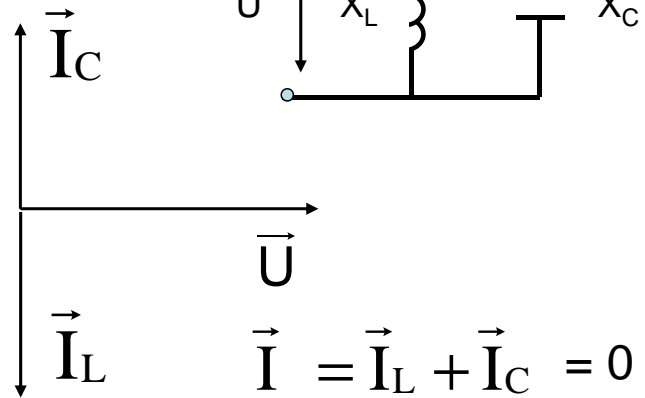
Biết $U = 100 \text{ V}$; $X_L = X_C = 10 \Omega$

Tìm I_L, I_C, I

$$I_L = \frac{U}{X_L} = 10 \text{ A}$$

$$I_C = \frac{U}{X_C} = 10 \text{ A}$$

Đồ thị véc tơ

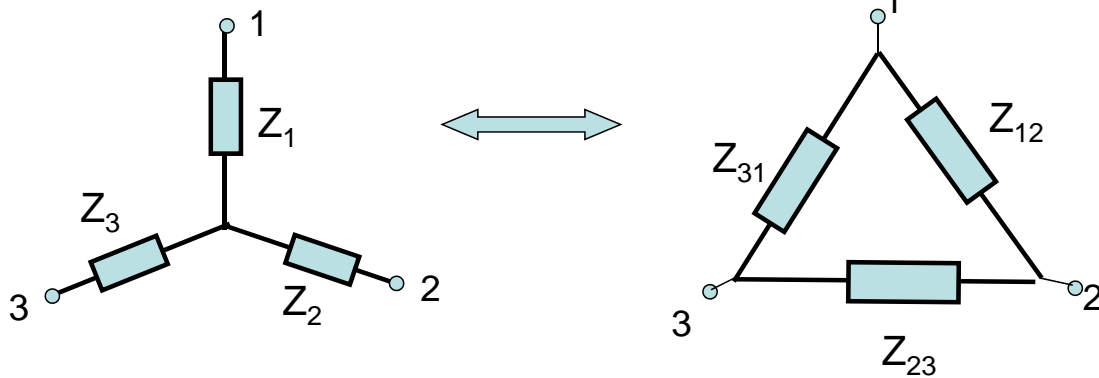


*** Biến đổi tương đương**

$$Z_{//} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad \left| \begin{array}{l} Z = R + j(X_L - X_C) \\ Z_L = j X_L \\ Z_C = -j X_C \end{array} \right.$$

$$Z_{//} = \frac{j10 * (-j10)}{j10 - j10} = \infty \quad \Rightarrow \quad I = 0 \quad \text{Cộng hưởng dòng điện}$$

3. Biến đổi sao (Y) – tam giác (Δ)



1. Biết Z_1, Z_2, Z_3 nối sao :

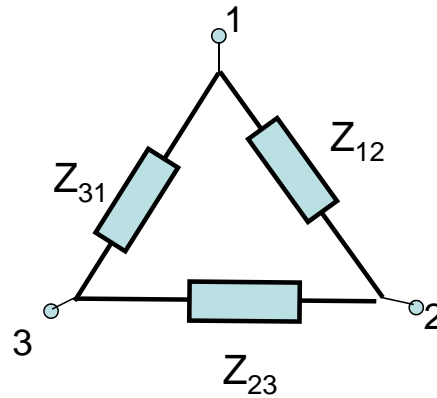
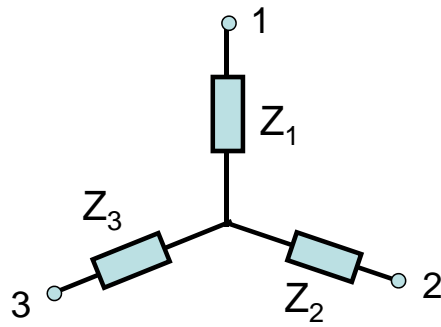
$$\Rightarrow \begin{cases} Z_{12} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 Z_2}{Z_3} \\ Z_{23} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 Z_3}{Z_1} \\ Z_{31} = Z_3 + Z_1 + \frac{Z_3 Z_1}{Z_2} \end{cases}$$

Khi có $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_Y$

\Rightarrow Sao đối xứng

$$Z_{12} = Z_{23} = Z_{31} = Z_{\Delta} = 3 Z_Y$$

2. Biết Z_{12}, Z_{23}, Z_{31} nối tam giác :



$$\Rightarrow \begin{cases} Z_1 = \frac{Z_{12} Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \\ Z_2 = \frac{Z_{12} Z_{23}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \\ Z_3 = \frac{Z_{23} Z_{31}}{Z_{12} + Z_{23} + Z_{31}} \end{cases}$$

Khi có $Z_{12} = Z_{23} = Z_{31} = Z_{\Delta}$

\Rightarrow Tam giác đối xứng

$$\Rightarrow Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_Y = \frac{Z_{\Delta}}{3}$$

Ví dụ 1 : Cho mạch điện như hình bên.

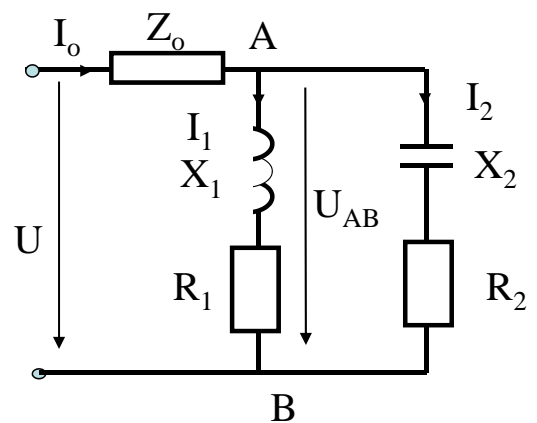
Biết:

$$Z_0 = 5 + j 5 \, \Omega; \quad Z_1 = 3 + j 4 \, \Omega;$$

$$Z_2 = 8 - j 6 \, \Omega; \quad U_{AB} = 100 \, \text{V}$$

Tìm : I_1, I_2, I_0, U

$P, Q, S, \cos \varphi$ toàn mạch



Giải

1. Tìm : I_1, I_2, I_0, U

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{Z_1} = \frac{100}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 20 \, (\text{A})$$

Tương tự :

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{U_{AB}}{Z_2} \\ &= \frac{100}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 10 \, (\text{A}) \end{aligned}$$

Để tìm I_0

có thể dùng

- Véc tơ
- Số phức
- Cân bằng công suất

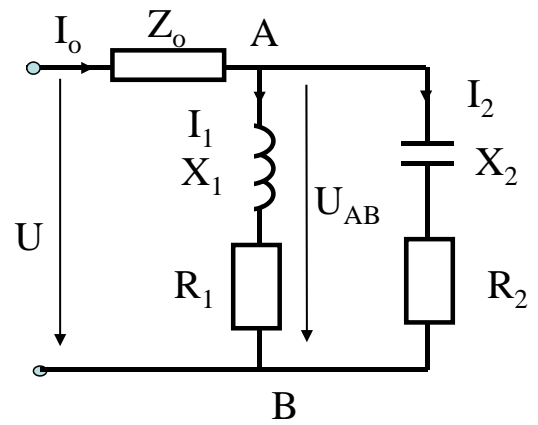
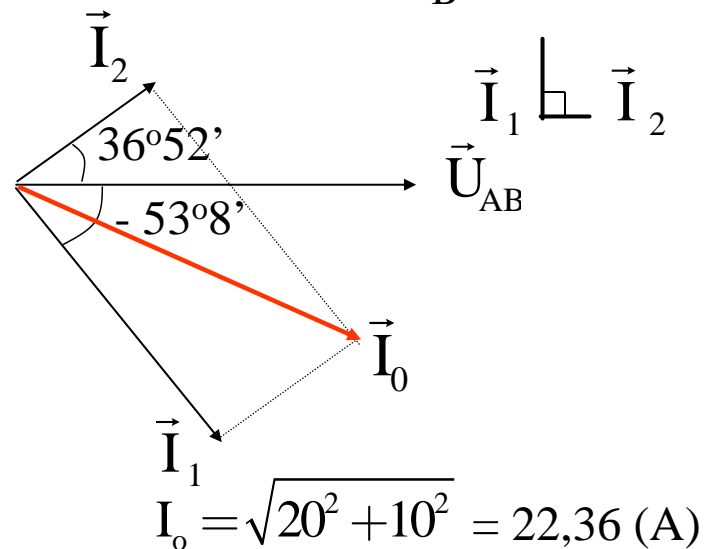
I. Véc tơ

\vec{I}_1 chậm sau \vec{U}_{AB} $\psi_{i_1} = -\varphi_1$

$$\varphi_1 = \arctg \frac{4}{3} = 53^\circ 8'$$

\vec{I}_2 vượt trước \vec{U}_{AB} $\psi_{i_2} = -\varphi_2$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{-6}{8} = -36^\circ 52'$$



II. Số phức

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_1} = \frac{100e^{j0^\circ}}{3 + j4} = \frac{100e^{j0^\circ}}{5e^{j53^\circ 8'}}$$

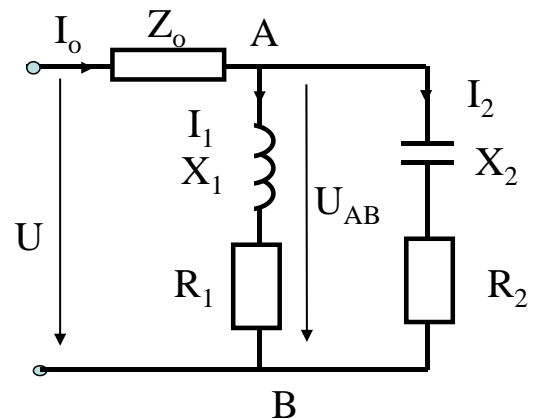
$$\dot{I}_1 = 20e^{-j53^\circ 8'}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_2} = \frac{100e^{j0^\circ}}{8 - j6} = \frac{100e^{j0^\circ}}{10e^{-j36^\circ 52'}}$$

$$\dot{I}_2 = 10e^{j36^\circ 52'}$$

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 20e^{-j53^\circ 8'} + 10e^{j36^\circ 52'} = 12 - j16 + 8 + j6 = 20 - j10$$

$$\dot{I}_0 = 22,36e^{-j26^\circ 34'}$$



III. Cân bằng công suất

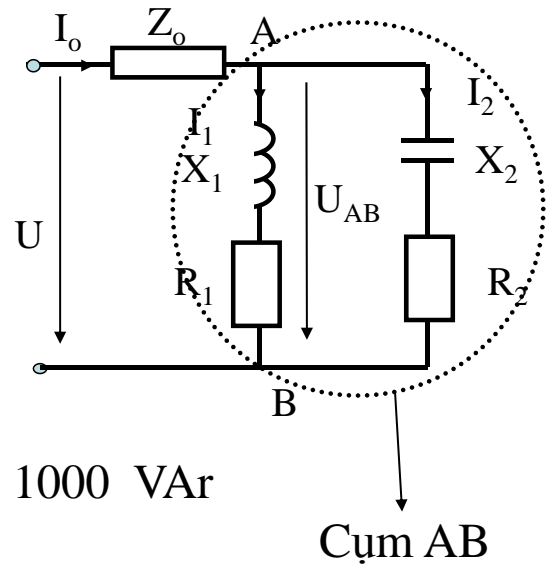
$$P_{AB} = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2$$

$$P_{AB} = 3 \cdot 20^2 + 8 \cdot 10^2 = 2000 \text{ W}$$

$$Q_{AB} = X_1 I_1^2 - X_2 I_2^2 = 4 \cdot 20^2 - 6 \cdot 10^2 = 1000 \text{ VAr}$$

$$S_{AB} = \sqrt{P_{AB}^2 + Q_{AB}^2} = \sqrt{2000^2 + 1000^2} = 2236 \text{ VA}$$

$$S_{AB} = U_{AB} I_o \quad \Rightarrow \quad I_o = \frac{S_{AB}}{U_{AB}} = \frac{2236}{100} = 22,36 \text{ A}$$



2. Tìm P, Q, S, $\cos\varphi$ toàn mạch

$$P = R_o I_o^2 + P_{AB}$$

$$P = 5 \cdot 22,36^2 + 2000 = 4500 \text{ W}$$

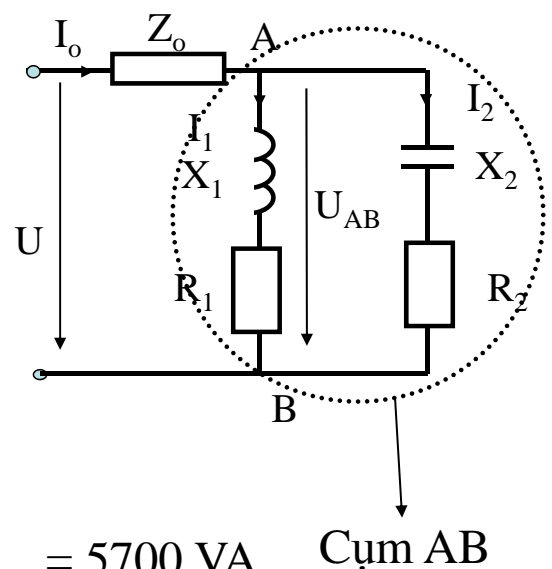
$$Q = X_o I_o^2 + Q_{AB}$$

$$Q = 5 \cdot 22,36^2 + 1000 = 3500 \text{ VAr}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{4500^2 + 3500^2} = 5700 \text{ VA}$$

$$S = U I_o \quad \Rightarrow \quad U = \frac{S}{I_o} = \frac{5700}{22,36} = 255 \text{ V}$$

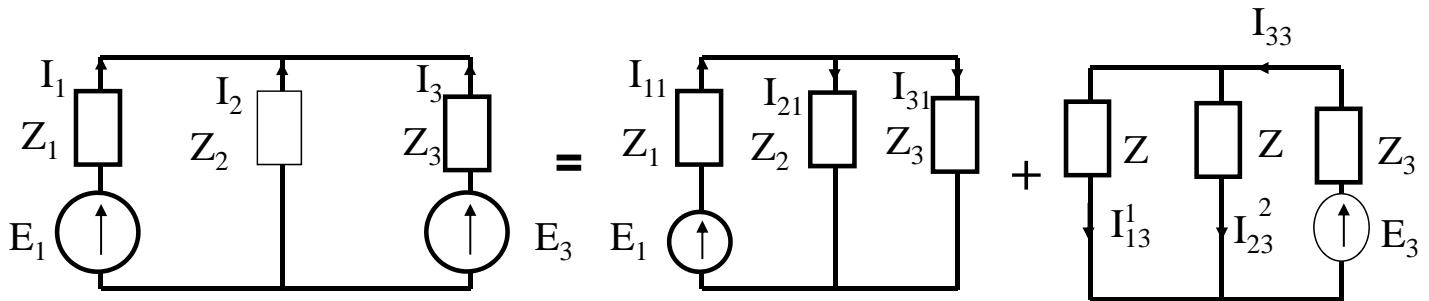
$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{4500}{5700} = 0,79$$



3.5 Phương pháp xếp chồng

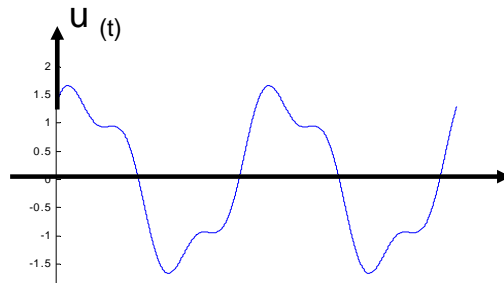
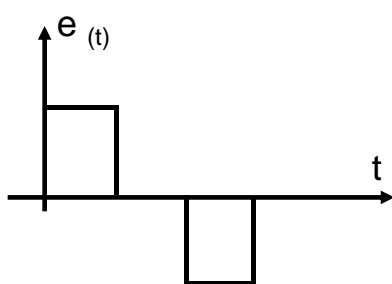
Mạch có nhiều nguồn kích thích

Dòng, áp trên mỗi nhánh bằng tổng đại số của các dòng, áp thành phần ứng với từng nguồn kích thích riêng rẽ



$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{11} - \dot{I}_{13} \quad \dot{I}_2 = -\dot{I}_{21} - \dot{I}_{23} \quad \dot{I}_3 = -\dot{I}_{31} + \dot{I}_{33}$$

3.6 Mạch điện có nguồn chu kỳ không sin



VD : $u(t) = U_0 + \sqrt{2}U_1 \sin(\omega t + \psi_1) + \sqrt{2}U_3 \sin(3\omega t + \psi_3)$

* **Cách giải** - Coi bài toán được cấp bởi nhiều nguồn

- Lần lượt cho từng nguồn thành phần tác dụng
- Áp dụng các phương pháp đã học để giải tìm \dot{I}_k, \dot{U}_k
- Đổi \dot{I}_k, \dot{U}_k về dạng tức thời
- Dòng, áp trên nhánh : $i_{(t)} = \sum_{k=0}^{k=n} \dot{i}_{k(t)} \quad u_{(t)} = \sum_{k=0}^{k=n} \dot{u}_{k(t)}$

* **Chú ý :**

- Với thành phần $k \omega$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{L(k \omega)} = k X_{L(\omega)} \\ X_{C(k \omega)} = \frac{X_{C(\omega)}}{k} \end{array} \right.$$

- Chỉ xếp chồng đáp ứng u, i dưới dạng tức thời.

$$i_{(t)} = \sum_{k=0}^{k=n} i_{k(t)} \quad u_{(t)} = \sum_{k=0}^{k=n} u_{k(t)}$$

Tại sao?



Các thành phần có tần số khác nhau

* **Trị hiệu dụng của dòng chu kỳ không sin**

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} \quad \left\{ \begin{array}{l} i^2_{(t)} = (\sum i_k)^2 \\ = \sum i_k^2 + 2 \sum_{j \neq l} i_j i_l \end{array} \right.$$

hàm điều hòa

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \sum i_k^2 dt} = \sqrt{\sum \left(\frac{1}{T} \int_0^T i_k^2 dt \right)} \rightarrow I_k^2$$

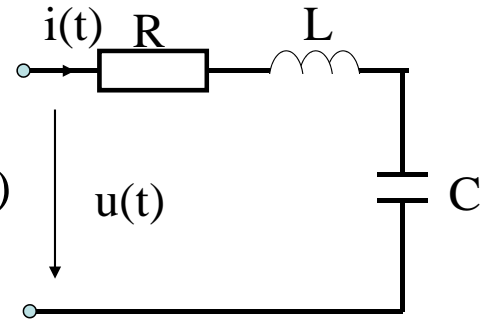
$$I = \sqrt{\sum_0^n I_k^2} \quad U = \sqrt{\sum_0^n U_k^2} \quad E = \sqrt{\sum_0^n E_k^2}$$

VD 2 : Cho mạch điện như hình vẽ

Biết $R = 8\Omega$; $X_{L(\omega)} = 3\Omega$; $X_{C(\omega)} = 9\Omega$;

$$u(t) = \underline{100} + \underline{\sqrt{2}.200\sin(\omega t)} + \underline{\sqrt{2}.50\sin(3\omega t)}$$

Tìm $i(t)$, I ?



Giải

Coi $u(t) = \underline{U_o} + \underline{u_1} + \underline{u_3}$

1. Cho $U_o = 100$ tác động $\Rightarrow I_o = \underline{0}$

2. Cho u_1 tác động : $\dot{U}_1 = 200e^{j0^\circ}$

$$Z_1 = 8 + j(3 - 9) = 10e^{-j36^\circ 52'} \Rightarrow \dot{I}_1 = \frac{200e^{j0^\circ}}{10e^{-j36^\circ 52'}} = 20e^{j36^\circ 52'}$$

$$\Rightarrow i_{1(t)} = \sqrt{2}.20\sin(\omega t + 36^\circ 52')$$

3. Cho u_3 tác dụng: $X_{L3} = 3X_L = 9$; $X_{C3} = X_C / 3 = 3$

$$Z_3 = 8 + j(9 - 3) = 10e^{j36^\circ 52'} \Rightarrow \dot{I}_3 = \frac{50e^{j0^\circ}}{10e^{j36^\circ 52'}} = 5e^{-j36^\circ 52'}$$

$$\Rightarrow i_{3(t)} = \sqrt{2}.5\sin(3\omega t - 36^\circ 52')$$

$$i(t) = \sqrt{2}.20\sin(\omega t + 36^\circ 52') + \sqrt{2}.5\sin(3\omega t - 36^\circ 52')$$

* Trị hiệu dụng :

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_3^2} = \sqrt{20^2 + 5^2} = 20,6 \text{ A}$$