Chương IV: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU 3 PHA

4.1 Khái niệm chung về mạch điện xoay chiều 3 pha

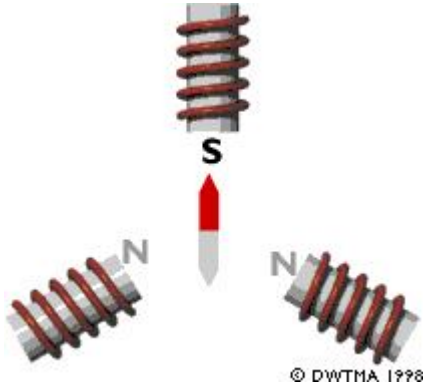
4. 2 Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha trong mạch 3 pha đối xứng

4.3 Công suất mạch xoay chiều 3 pha

4.4. Cách giải mạch 3 pha

Chương IV: MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU 3 PHA

4.1 Khái niệm chung về mạch xoay chiều 3 pha



1. Phương pháp tạo nguồn 3 pha : Máy phát điện

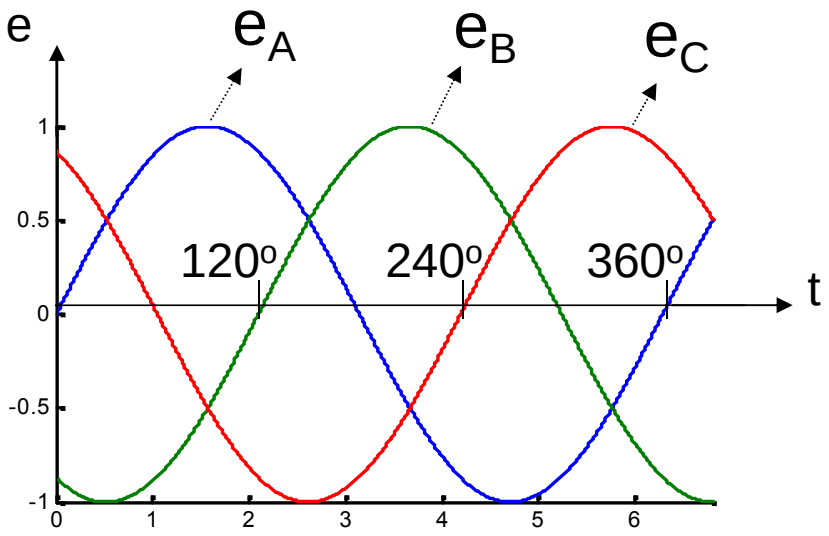
2. Biểu diễn nguồn 3 pha:

a. Dạng tức thời :

$$e_A = \sqrt{2}E\sin\omega t$$

$$e_B = \sqrt{2}E\sin(\omega t - 120^o)$$

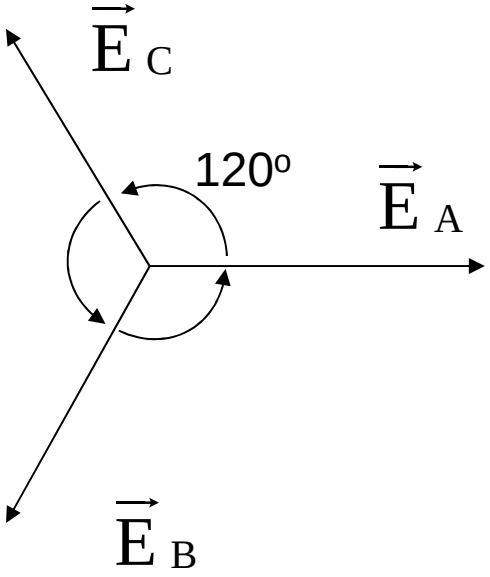
$$e_C = \sqrt{2}E\sin(\omega t - 240^o)$$



b. Dạng số phức :

$$\dot{E}_A = E e^{j0^\circ}$$
$$\dot{E}_B = E e^{-j120^\circ}$$
$$\dot{E}_C = E e^{-j240^\circ} \quad \text{hoặc} \quad \dot{E}_C = E e^{+j120^\circ}$$

c. Dạng véc tơ :



<u>Với nguồn 3 pha đối xứng :</u>

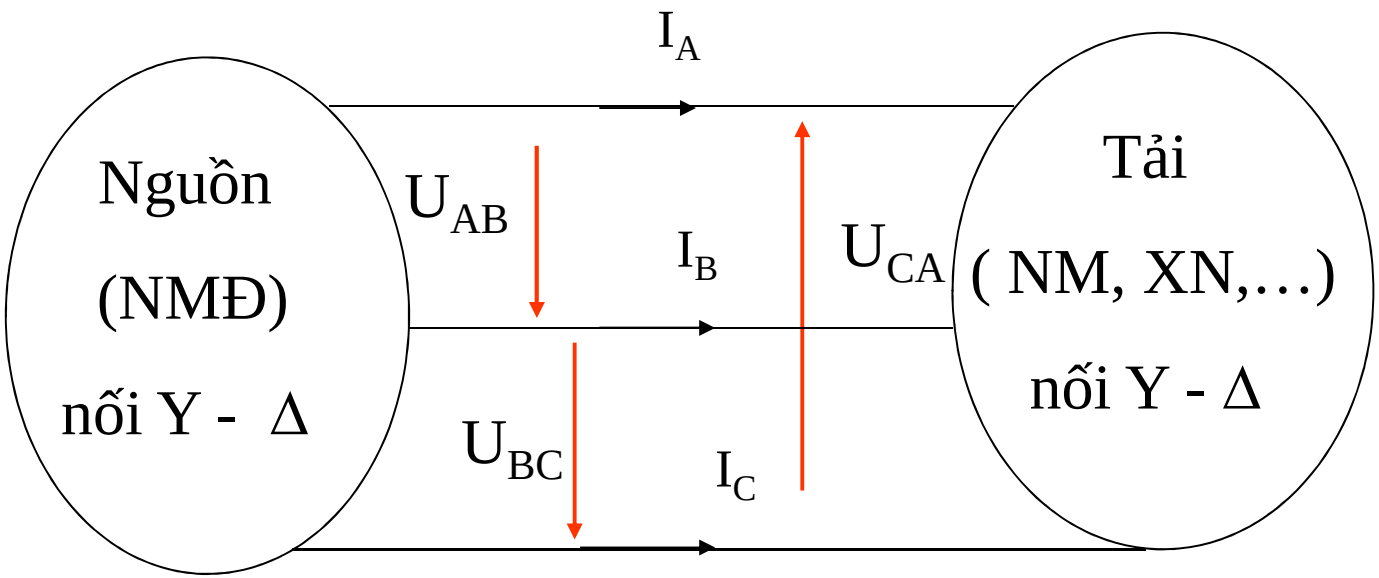
$$\left.\begin{aligned} e_A + e_B + e_C &= \\ \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C &= \\ \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C &= \end{aligned}\right\} 0$$

3. Cách nối: Sao (Y) và tam giác (Δ - D)

4. Mạch 3 pha đối xứng { Nguồn đ/x; Tải đ/x; *Đường dây đ/x*

nguồn	tải
Y	Y
Y	Δ
Δ	Δ
Δ	Y

5. Các đại lượng dây và pha

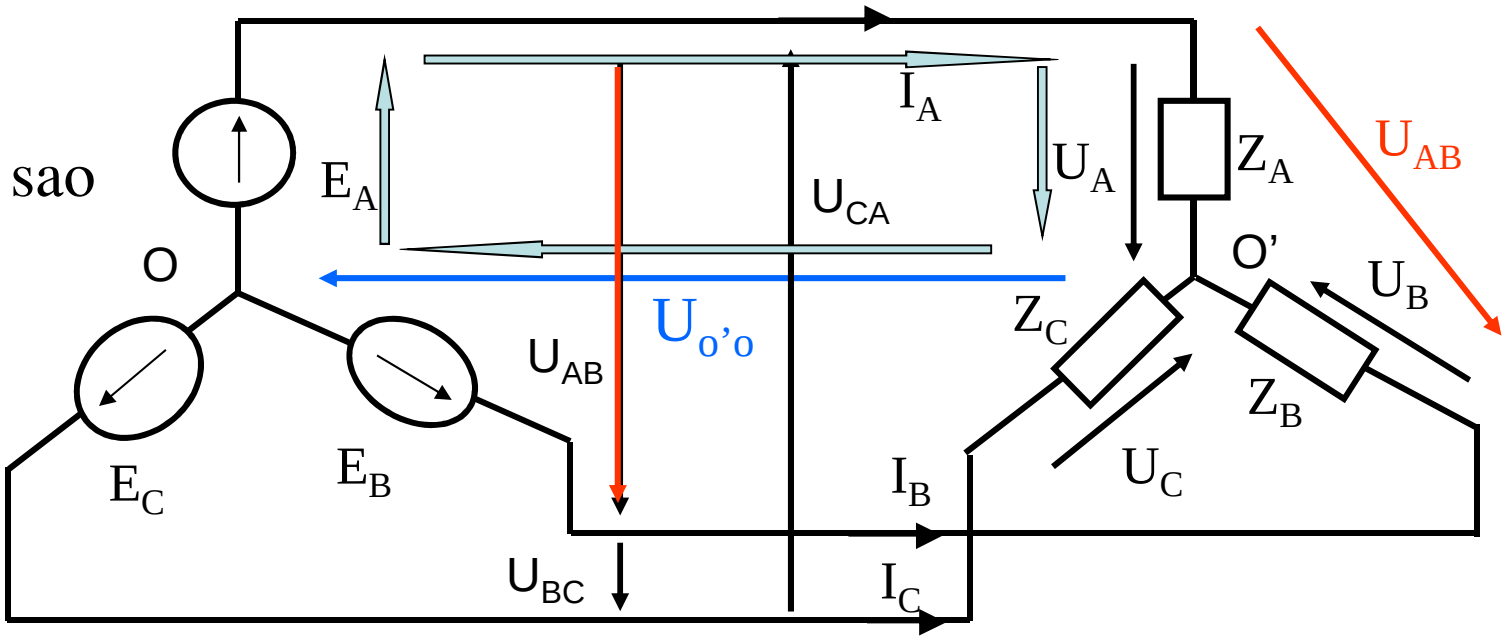


- Dòng điện dây **I_d (I_A, I_B, I_C)**
- Điện áp dây **U_d (U_{AB}, U_{BC}, U_{CA})**
- Dòng điện pha **I_f , I_p**
- Điện áp pha **U_f , U_p**

} phụ thuộc cách nối

4. 2 Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha trong mạch 3 pha đối xứng

1. Mạch nối sao



$$\dot{U}_{O'O} = ? \frac{\dot{E}_A Y_A + \dot{E}_B Y_B + \dot{E}_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C} = \frac{Y(\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C)}{3Y} = 0$$

Vì $Z_A = Z_B = Z_C = Z$

$$Y_A = Y_B = Y_C = Y = \frac{1}{Z}$$

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

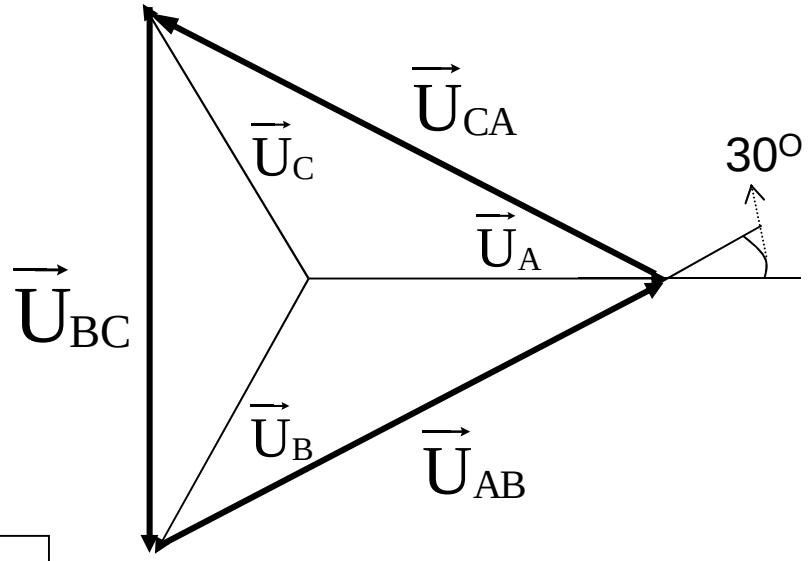
$$\dot{U}_B = \dot{E}_B$$

$$\dot{U}_C = \dot{E}_C$$

$$\vec{U}_{AB} = ?$$

$$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B$$

$$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B$$
$$\vec{U}_{BC} = \vec{U}_B - \vec{U}_C$$
$$\vec{U}_{CA} = \vec{U}_C - \vec{U}_A$$



Trong mạch nối Y:

+ Trị hiệu dụng :

$$U_d = \sqrt{3} U_f$$
$$I_d = I_f$$

+ Góc pha :

$\vec{U}_{AB}$ vượt trước $\vec{U}_A$ góc 30°

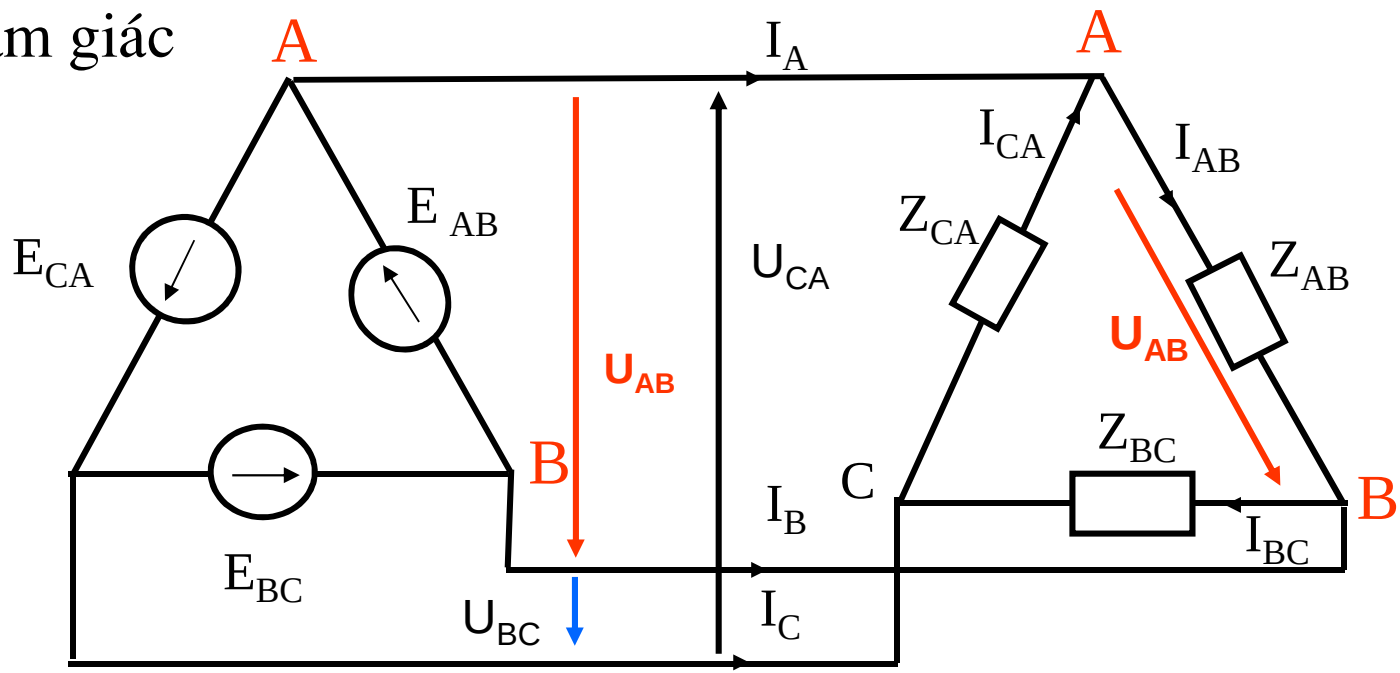
$\vec{U}_{BC}$ vượt trước $\vec{U}_B$ góc 30°

$\vec{U}_{CA}$ vượt trước $\vec{U}_C$ góc 30°

Ví dụ: $\dot{U}_B = U e^{j0^\circ}$

$$\dot{U}_A = U\, e^{j120^\circ}$$
$$\dot{U}_C = U\, e^{-j120^\circ}$$
$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3}\, U\, e^{j150^\circ}$$
$$\dot{U}_{BC} = \sqrt{3}\, U\, e^{j30^\circ}$$
$$\dot{U}_{CA} = \sqrt{3}\, U\, e^{-j90^\circ}$$

2. Mạch nối tam giác



Vòng AABB

$$\left.\begin{aligned}\vec{U}_{AB} &= \vec{E}_{AB}\\ \vec{U}_{BC} &= \vec{E}_{BC}\\ \vec{U}_{CA} &= \vec{E}_{CA}\end{aligned}\right\}$$

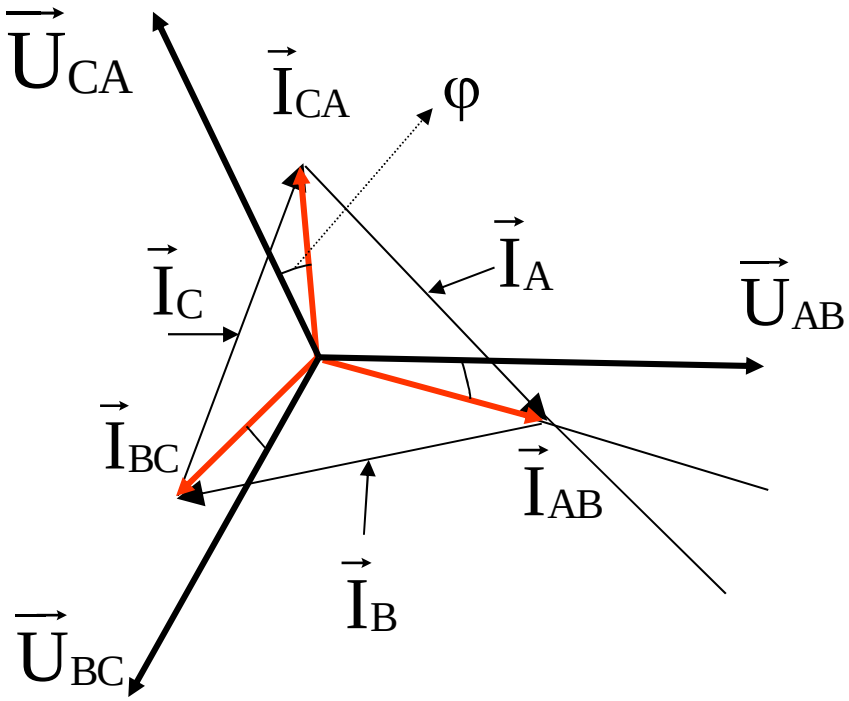
Tại A, B, C :

$$\left\{\begin{aligned}\vec{I}_A &= \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA}\\ \vec{I}_B &= \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB}\\ \vec{I}_C &= \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC}\end{aligned}\right.$$

$$\begin{cases} \vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA} \\ \vec{I}_B = \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB} \\ \vec{I}_C = \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC} \end{cases}$$

Về trị hiệu dụng :

$$\boxed{\begin{aligned} U_d &= U_f \\ I_d &= \sqrt{3} I_f \end{aligned}}$$



Về góc pha :

$\vec{I}_A$ chậm sau $\vec{I}_{AB}$ góc 30^o

$\vec{I}_B$ chậm sau $\vec{I}_{BC}$ góc 30^o

$\vec{I}_C$ chậm sau $\vec{I}_{CA}$ góc 30^o

Ví dụ: $\dot{I}_C = 17,3e^{j0^\circ}$ $\dot{I}_{AB} = 10\ e^{-j90^\circ}$

$\Rightarrow$ $\dot{I}_A = 17,3\ e^{-j120^\circ}$ $\dot{I}_{BC} = 10e^{j150^\circ}$

$\dot{I}_B = 17,3e^{j120^\circ}$ $\dot{I}_{CA} = 10e^{j30^\circ}$

4.3 Công suất trong mạch điện xoay chiều 3 pha

1. Công suất tác dụng :

$P_A, P_B, P_C \Rightarrow P_{3f} = P_A + P_B + P_C$

Khi tải đối xứng : $P = 3P_f = 3U_f I_f \cos\varphi_f = 3RI_f^2$

Tải nối Y : $U_f = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$ $I_f = I_d \Rightarrow P = \sqrt{3}U_d I_d \cos\varphi_p$

Khi tải nối Δ : $U_f = U_d$, $I_f = \frac{I_d}{\sqrt{3}}$

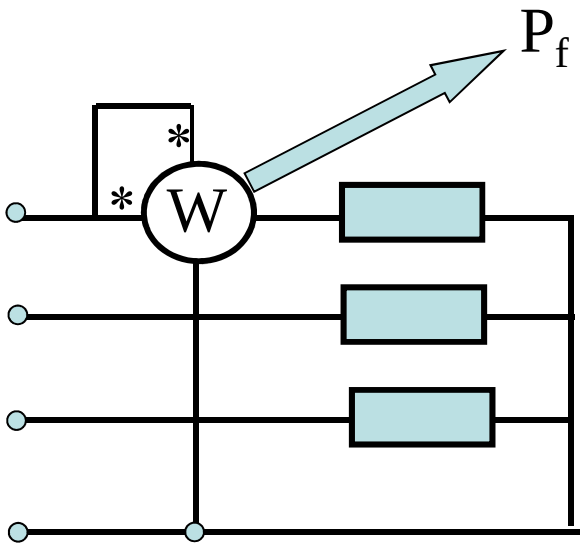
$$P = \sqrt{3}U_d I_d \cos\varphi_f$$

Đo công suất mạch 3 pha :

a. 1 Oát kế :

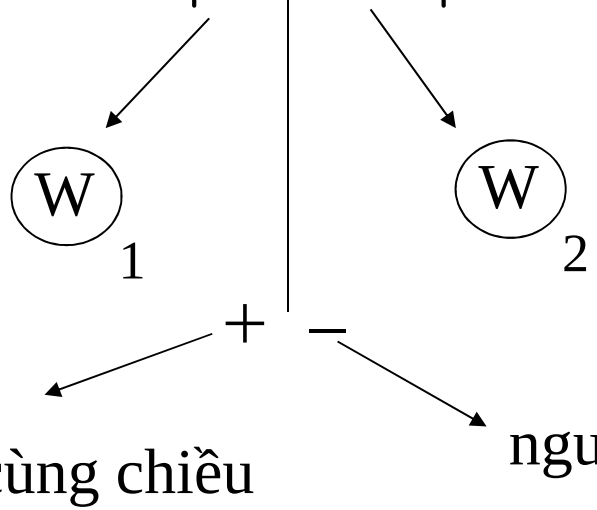
ĐX: $P_{3f} = 3\,P_f$

KĐX: $P_{3f} = P_A + P_B + P_C$



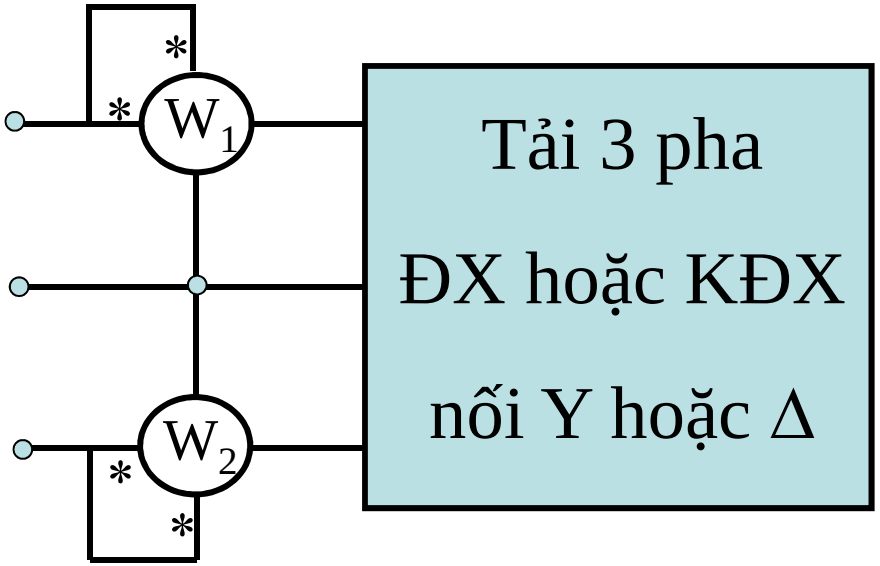
b. 2 Oát kế :

$$P = |P_1 \pm P_2|$$



cùng chiều

ngược chiều



2. Công suất phản kháng:

Q_A , Q_B, Q_C $\Rightarrow$ $Q_{3f} = Q_A + Q_B + Q_C$

Khi tải đối xứng : $Q = 3Q_f = 3U_f I_f \sin\varphi_f = 3XI_f^2$

Tải nối Y hay Δ:

$$Q = \sqrt{3} U_d I_d \sin\varphi_p$$

3. Công suất biểu kiến (toàn phần):

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

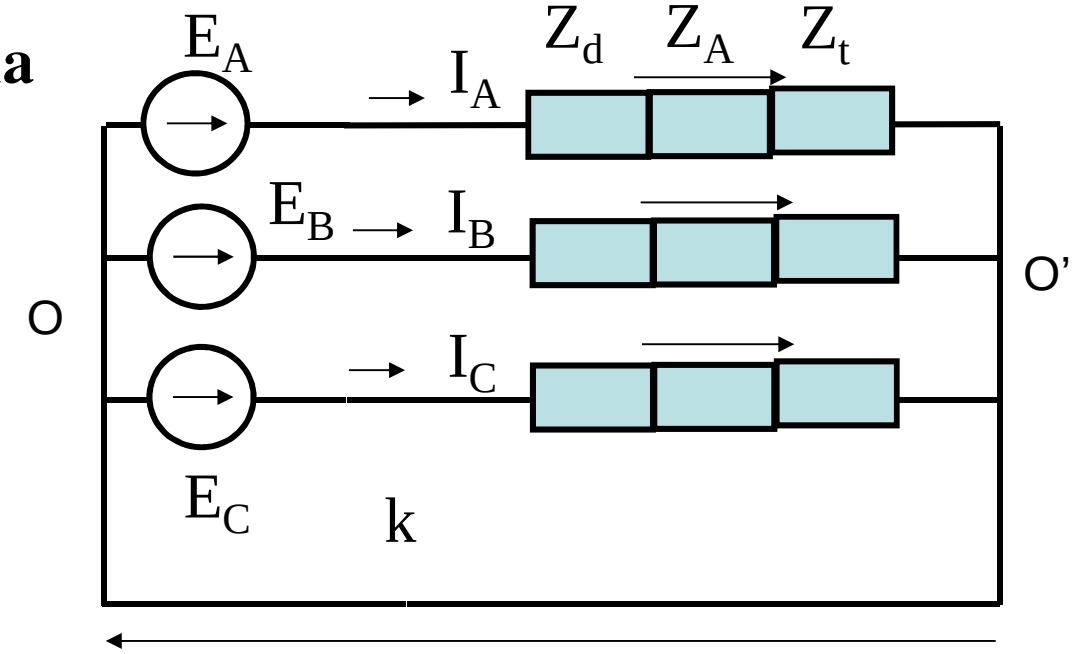
4.4. Cách giải mạch 3 pha

1. Tải nối Y

a. Đối xứng:

Nguồn ĐX :

$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$$



Tải ĐX:

$$Z_A = Z_B = Z_C = Z_t$$

Đường dây ĐX : $Z_{dA} = Z_{dB} = Z_{dC} = Z_d$

Thay Z_d n/t Z_t $\Longrightarrow$ Z_A, Z_B, Z_C

$U_{O'O} = 0$ $\Longrightarrow$ $\dot{I}_A = \dfrac{\dot{U}_A}{Z_A} = \dfrac{Ue^{j0^\circ}}{Ze^{j\varphi}} = Ie^{-j\varphi}$ $\Longrightarrow$

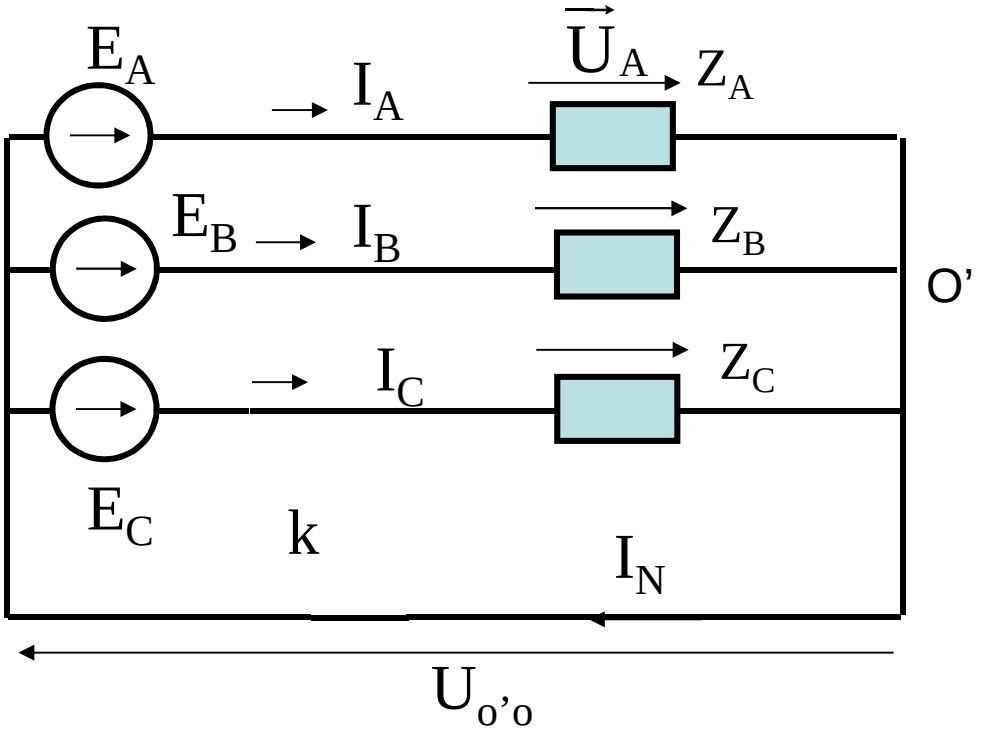
$$\begin{cases} \dot{I}_B = Ie^{-j(\varphi+120^\circ)} \\ \dot{I}_C = Ie^{-j(\varphi-120^\circ)} \end{cases}$$

b. Không đối xứng:

Nguồn ĐX : $\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$

Tải không ĐX : $Z_A \div Z_B \div Z_C$ O

* Khi k đóng : $U_{O'O} = 0$



Tính I trong từng pha riêng biệt

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A} = \frac{U e^{j0^\circ}}{\mathcal{Z}_A e^{j\varphi_A}} = I_A e^{-j\varphi_A}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B} = \frac{U e^{-j120^\circ}}{\mathcal{Z}_B e^{j\varphi_B}} = I_B e^{-j(\varphi_B + 120^\circ)}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C} = \frac{U e^{j120^\circ}}{\mathcal{Z}_C e^{j\varphi_C}} = I_C e^{-j(\varphi_C - 120^\circ)}$$

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

$$\dot{I}_N = I_N e^{j\psi_N}$$

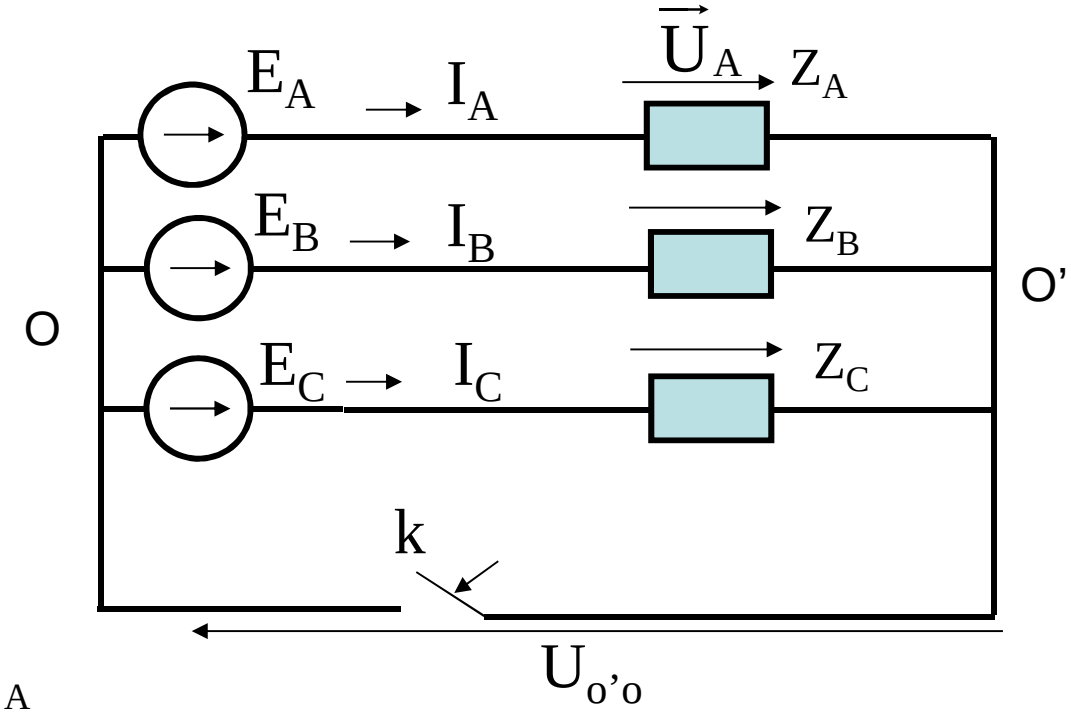
* Khi k mở :

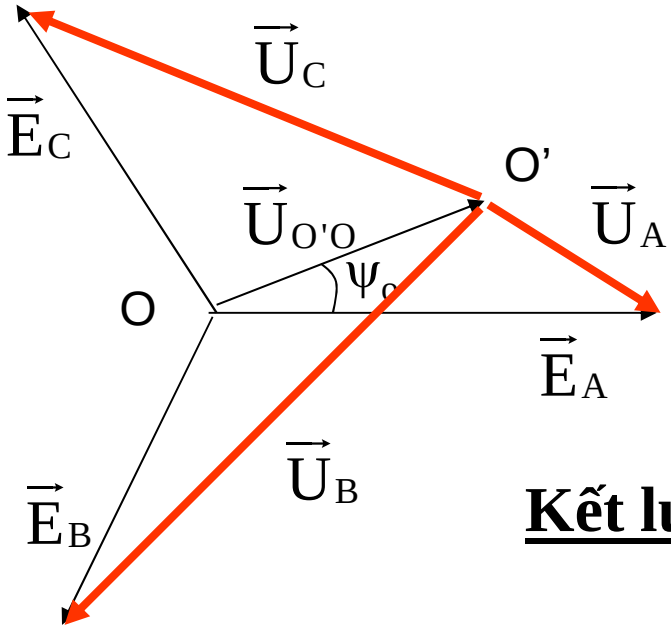
$$\dot{U}_{o'o} = U_o e^{J\cdot o}$$

$$\dot{U}_{O'O} = \frac{\dot{E}_A Y_A + \dot{E}_B Y_B + \dot{E}_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C} \neq 0$$

$$\left.\begin{aligned} \dot{U}_A &= \dot{E}_A - \dot{U}_{O'O} \\ \dot{U}_B &= \dot{E}_B - \dot{U}_{O'O} \\ \dot{U}_C &= \dot{E}_C - \dot{U}_{O'O} \end{aligned}\right\}$$

Không ĐX





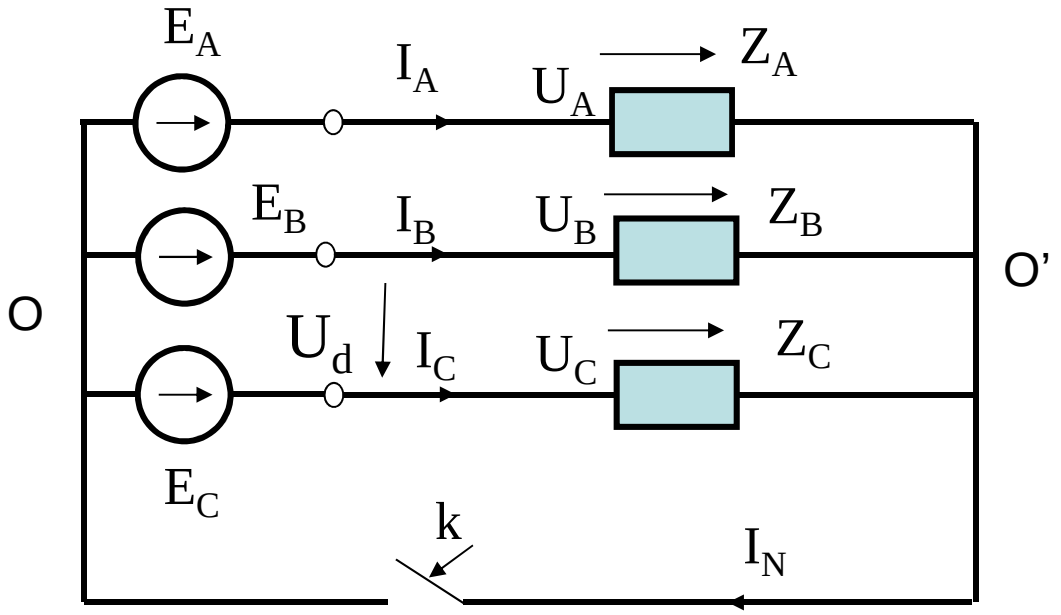
<u>Kết luận:</u> Điện áp pha ***không đối xứng***

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A} = \frac{U_A e^{j\psi_{uA}}}{\mathcal{Z}_A e^{j\varphi_A}} = I_A e^{j\psi_A}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B} = \frac{U_B e^{-j\psi_{uB}}}{\mathcal{Z}_B e^{j\varphi_B}} = I_B e^{j\psi_B}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C} = \frac{U_C e^{j\psi_{uC}}}{\mathcal{Z}_C e^{j\varphi_C}} = I_C e^{j\psi_C}$$

<u>Ví dụ</u> : Cho mạch hình bên



Nguồn ĐX : $U_d = 220$ V

Tải KĐX có : $Z_A = 20\,\Omega$; $Z_B = j\,20\,\Omega$; $Z_C = -j\,20\,\Omega$

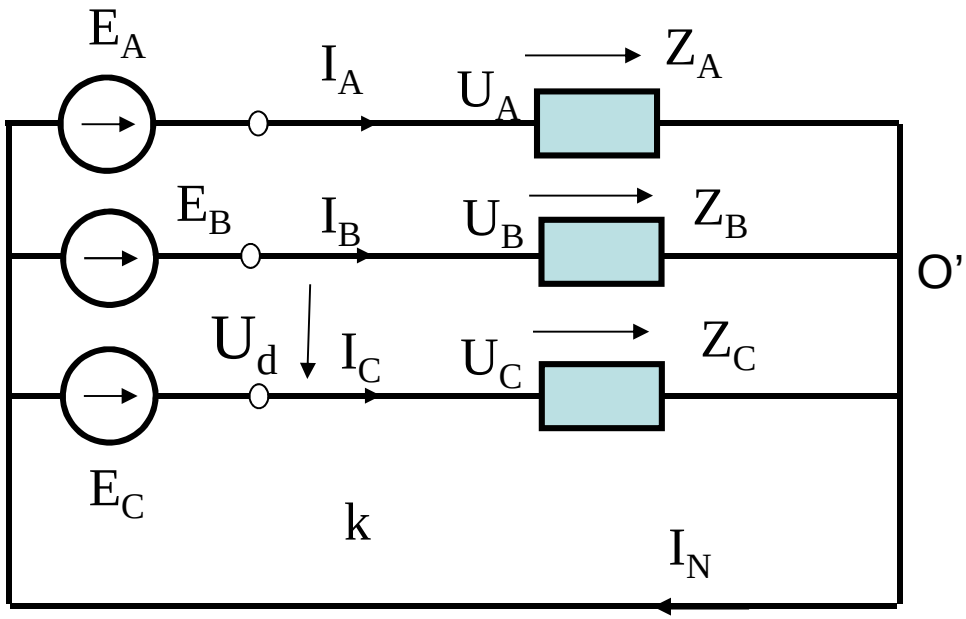
Tìm dòng điện I_A, I_B, I_C, I_N khi k đóng và mở

Khi k đóng : $U_{O'O} = 0$

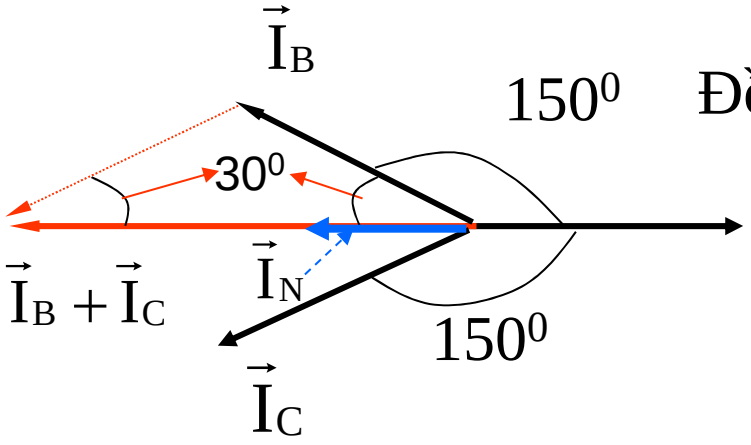
$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A} = \frac{127e^{j0^\circ}}{20e^{j0^\circ}} = 6,35e^{j0^\circ}\ A$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B} = \frac{127e^{-j120^\circ}}{j20} = 6,35e^{-j210^\circ}\ A$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C} = \frac{127e^{j120^\circ}}{-j20} = 6,35e^{j210^\circ}\ A$$



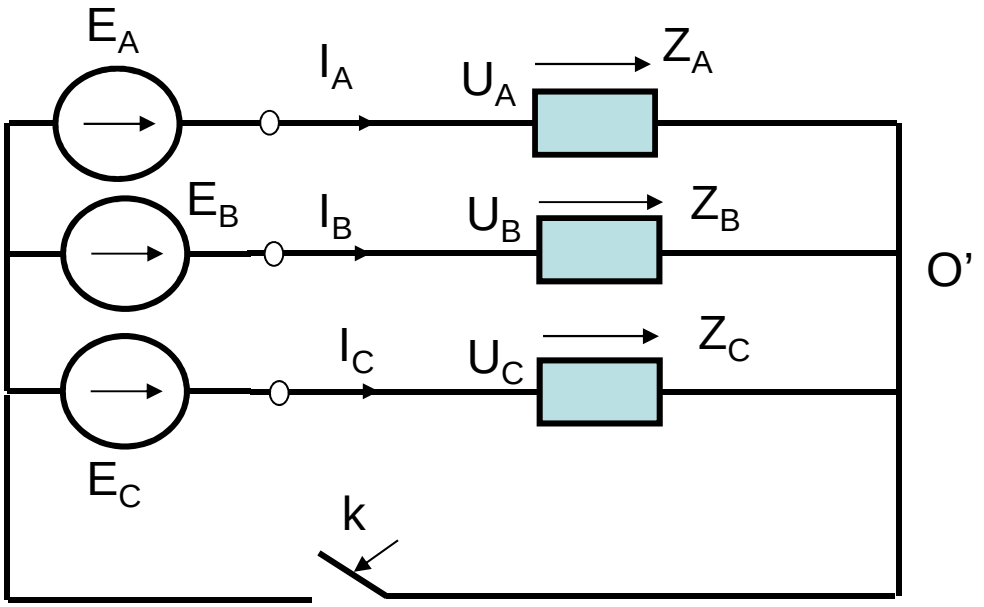
$$\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = ?$$



150^0 Đồ thị véc tơ → $I_N = 0,73.6,35 = 4,64\ A$

Số phức : $\dot{I}_N = 4,64e^{j180^\circ} = -4,64\ A$

b. Khi k mở : $U_{OO'} \neq 0$



$$\dot{I}_N = 4,64e^{j180^\circ} = -4,64\,A$$

$$\dot{U}_{O'O} = \frac{\dot{E}_A Y_A + \dot{E}_B Y_B + \dot{E}_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C}$$

$$Y_A = \frac{1}{Z_A} = \frac{1}{20} = 0,05\,S$$

$$Y_B = \frac{1}{Z_B} = \frac{1}{j20} = -j0,05\,S$$

$$Y_C = \frac{1}{Z_C} = \frac{1}{-j20} = j0,05\,S$$

$$Y = Y_A + Y_B + Y_C = 0,05\ S$$

$$\dot{U}_{O'O} = \frac{-4,64}{0,05} = -92,8\,V$$

$$\dot{U}_{O'O} = -92,8\,V$$

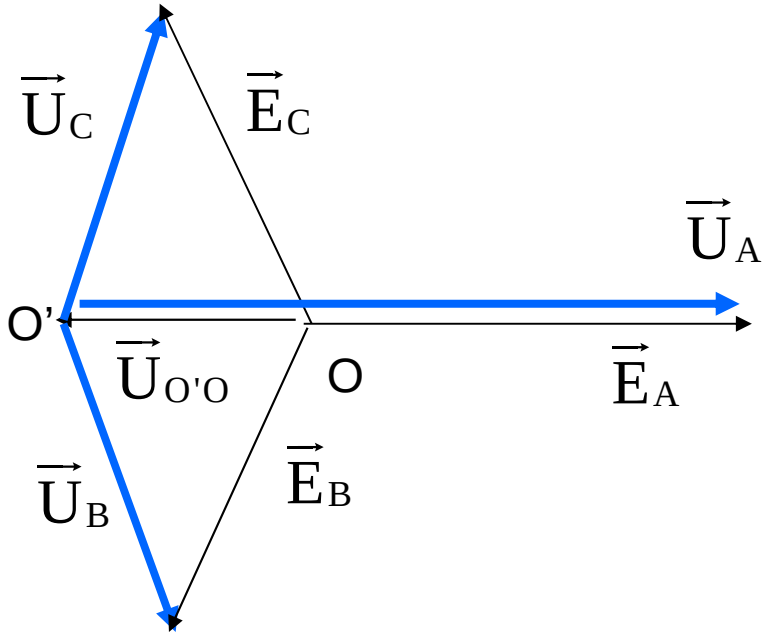
$$\dot{U}_A = \dot{E}_A - \dot{U}_{O'O} = 127 + 92,8 \approx 220\,V \qquad \boxed{\dot{U}_A \approx 220e^{j0^\circ}\,V}$$

$$\dot{U}_B = \dot{E}_B - \dot{U}_{O'O} = 127e^{-j120^\circ} + 92,8 = -63,5 - j110 + 92,8$$

$$= 29,3 - j110\ V \qquad \boxed{\dot{U}_B = 113,8e^{-j75^\circ 5'}V}$$

$$\dot{U}_C = \dot{E}_C - \dot{U}_{O'O} = 127e^{j120^\circ} + 92,8 = -63,5 + j110 + 92,8$$

$$= 29,3 + j110\ V \qquad \boxed{\dot{U}_C = 113,8e^{j75^\circ 5'}V}$$

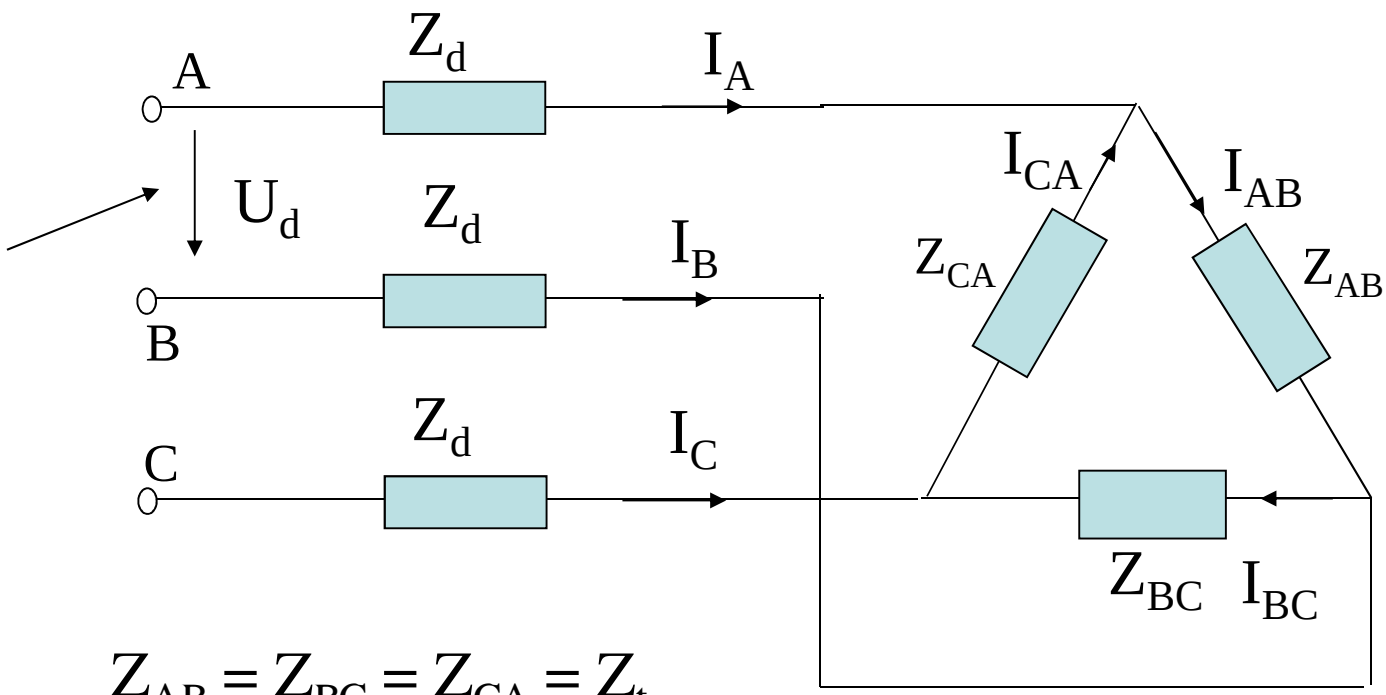


→ dòng điện trong các nhánh

2. Tải nối Δ

a. Đối xứng:

Nguồn đ/x:



Tải đ/x: $Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA} = Z_t$

Đường dây đ/x : $Z_{dA} = Z_{dB} = Z_{dC} = Z_d$

* Không kể Z_d → $Z_d = 0$

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_t} = \frac{U_d\, e^{j0^\circ}}{Z_t e^{j\varphi}} = I_f\, e^{-j\varphi}$$

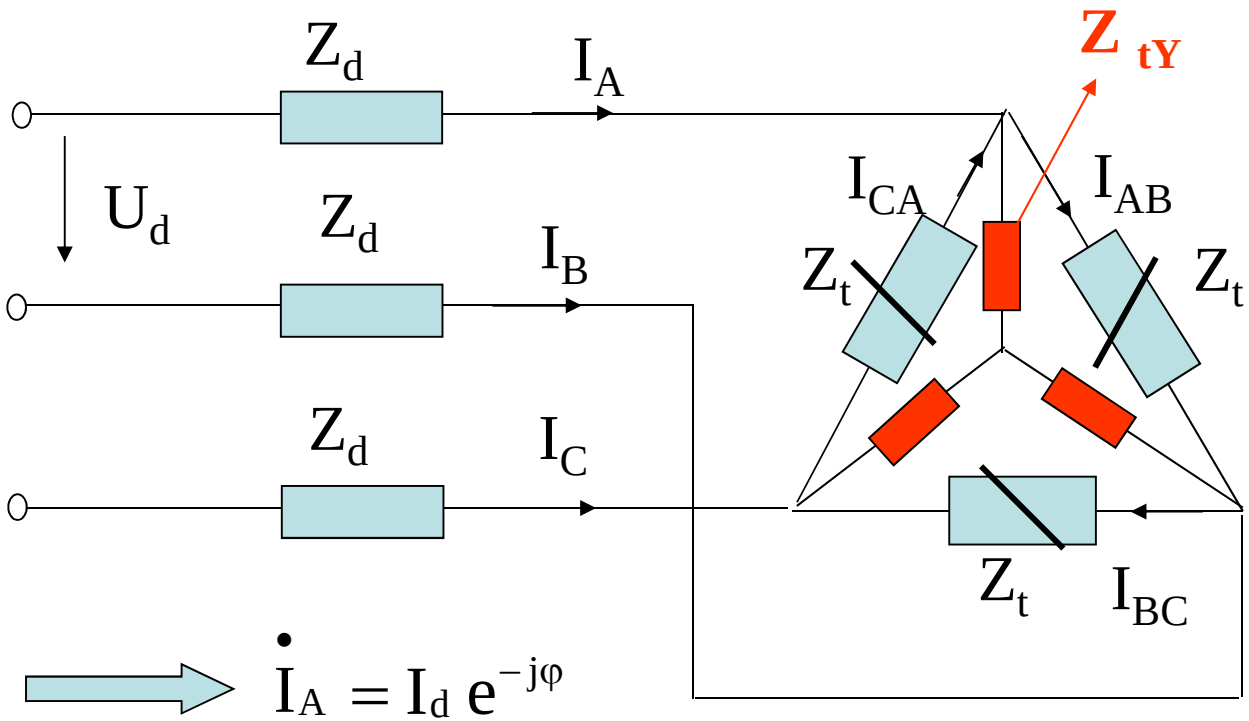
$$\dot{I}_{BC} = I_f\, e^{-j(\varphi+120^\circ)} \qquad \dot{I}_A = \sqrt{3} I_f\, e^{-j(\varphi+30^\circ)}$$

$$\dot{I}_{CA} = I_f\, e^{-j(\varphi-120^\circ)} \qquad \dot{I}_B = \sqrt{3} I_f\, e^{-j(\varphi+150^\circ)}$$

$$\dot{I}_C = \sqrt{3} I_f\, e^{-j(\varphi-90^\circ)}$$

* Khi kể Z_d

$Z_d \neq 0$



thay $Z_d + Z_{tY} = Z \Rightarrow \dot{I}_A = I_d\, e^{-j\varphi}$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_B = I_d e^{-j(\varphi+120^\circ)} \\ \dot{I}_C = I_d e^{-j(\varphi-120^\circ)} \end{cases}$$

$$\dot{I}_{AB} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} e^{-j(\varphi-30^\circ)}$$

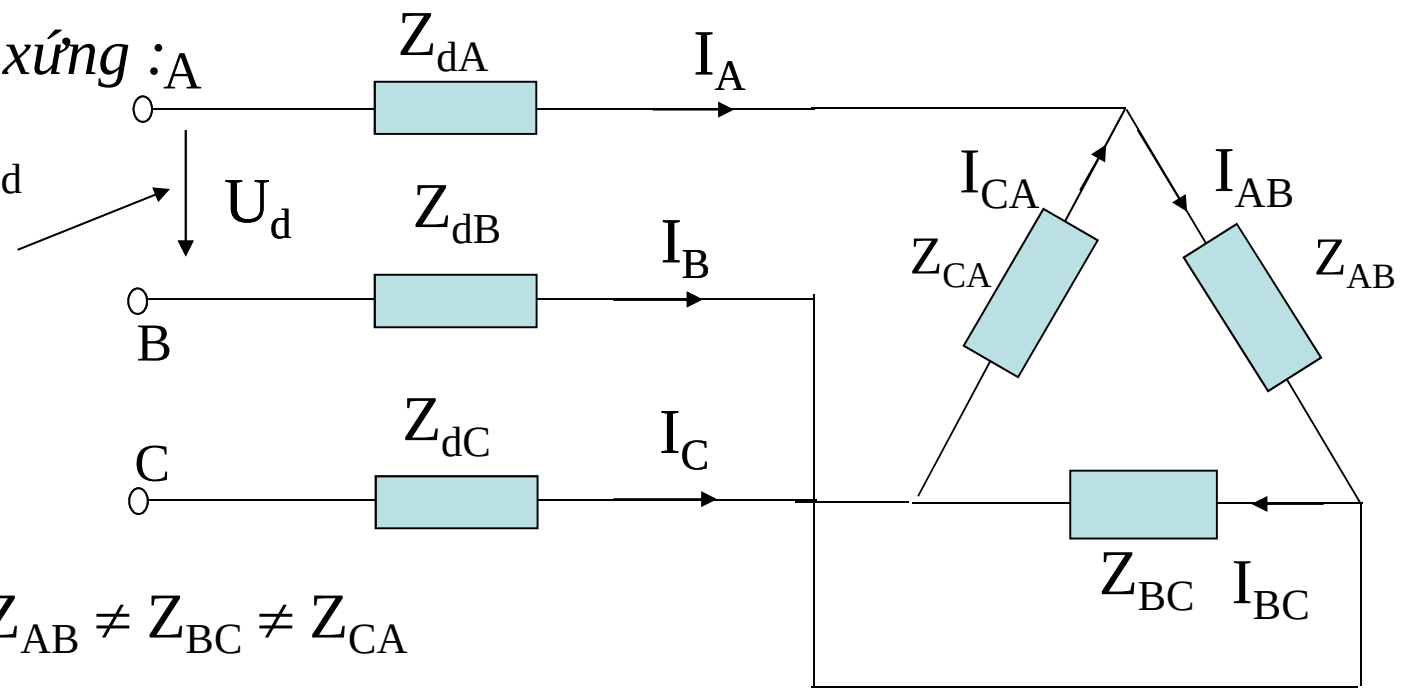
$$\dot{I}_{BC} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} e^{-j(\varphi+90^\circ)}$$

$$\dot{I}_{CA} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} e^{-j(\varphi-150^\circ)}$$

b. Không đối xứng :

* Không kể Z_d

Nguồn ĐX:



Tải KĐX: $Z_{AB} \neq Z_{BC} \neq Z_{CA}$

$$\left.\begin{aligned}
\dot{I}_{AB} &= \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_{AB}} = I_{AB}e^{-j\varphi_{AB}} \\
\dot{I}_{BC} &= \frac{\dot{U}_{BC}}{Z_{BC}} = I_{BC}e^{-j(\varphi_{BC}+120^\circ)} \\
\dot{I}_{CA} &= \frac{\dot{U}_{CA}}{Z_{CA}} = I_{CA}e^{-j(\varphi_{CA}-120^\circ)}
\end{aligned}\right\} \textbf{KĐX}$$

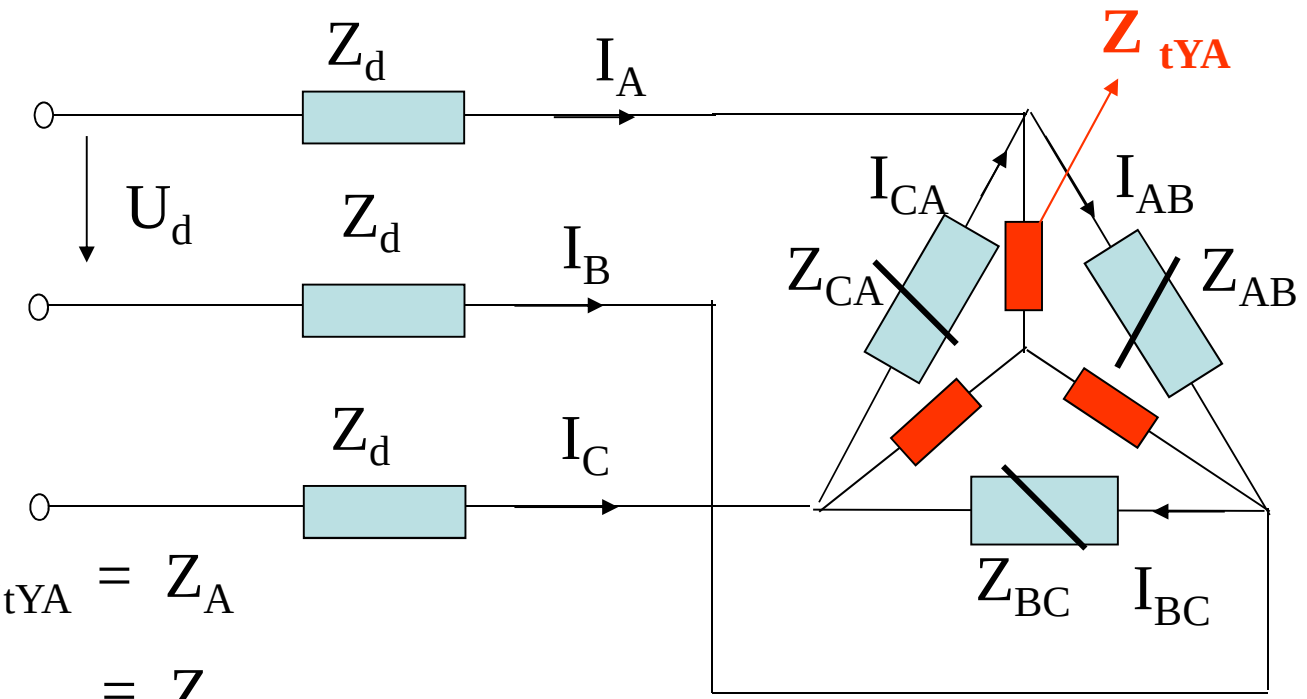
$$\left.\begin{aligned}
\dot{I}_A &= \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} \\
\dot{I}_B &= \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} \\
\dot{I}_C &= \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}
\end{aligned}\right\} \textbf{KĐX}$$

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

$$\dot{I}_{AB} + \dot{I}_{BC} + \dot{I}_{CA} \div \mathbf{0}$$

* Khi kể Z_d

$Z_d \neq 0$



thay : $Z_d + Z_{tYA} = Z_A$

$Z_d + Z_{tYB} = Z_B$

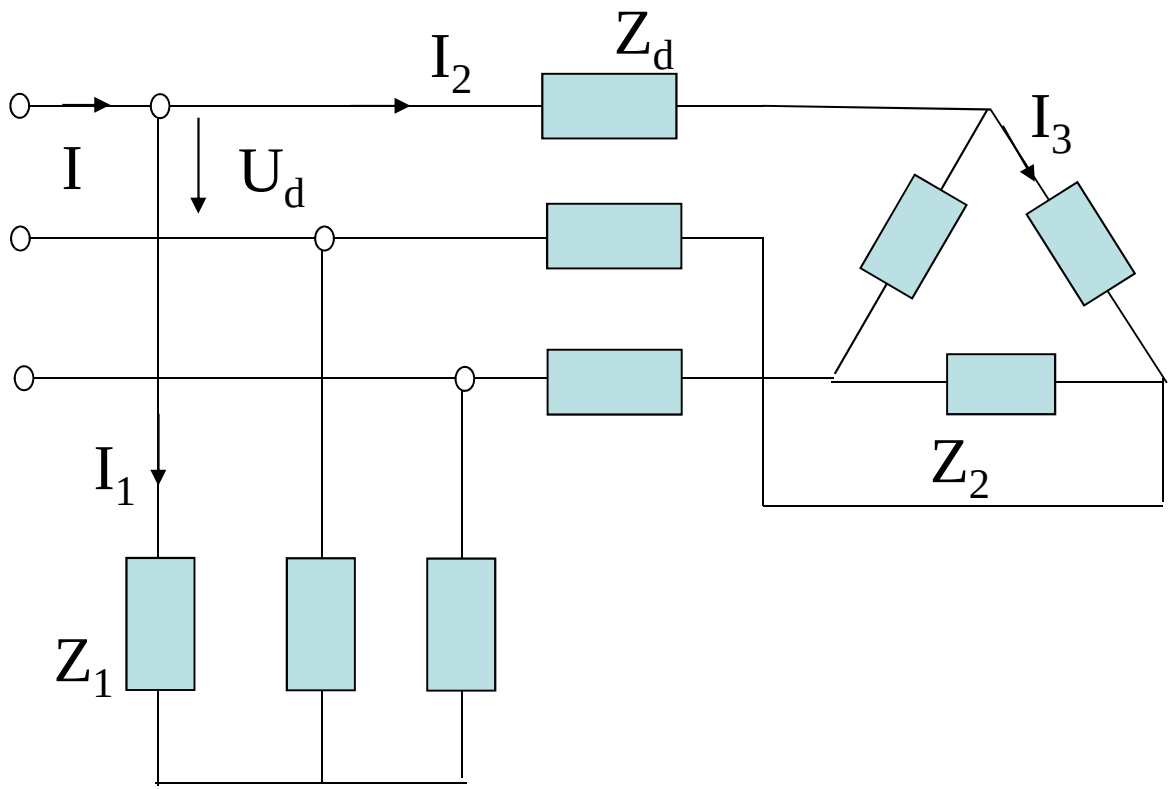
$Z_d + Z_{tYC} = Z_C$

$\dot{I}_A \quad \dot{I}_B \quad \dot{I}_C$

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

Ví dụ 2:

Cho mạch 3 pha đ/x như hình bên



Biết:

$Z_1 = 12 + j16$

$Z_2 = 18 - j24$ } Ω

$Z_d = 2 + j2$

$U_d = 380$ V

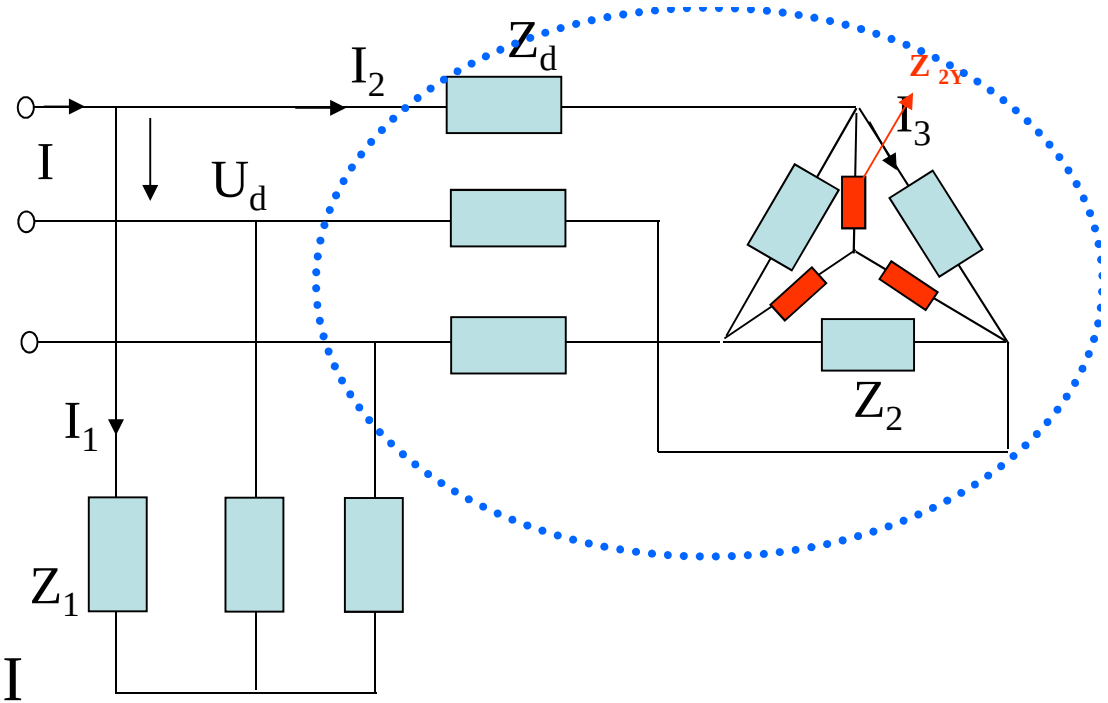
Tìm: - Dòng điện : I_1, I_2 , I_3, I

- P, Q, S và cosφ toàn mạch

- Vẽ đồ thị véc tơ của $\vec{I}_A$, $\vec{I}_B$, $\vec{I}_C$ từ $\vec{U}_A$, $\vec{U}_B$, $\vec{U}_C$

$$\left.\begin{aligned} Z_1 &= 12 + j16 \\ Z_2 &= 18 - j24 \\ Z_d &= 2 + j2 \end{aligned}\right\} \ \Omega$$

$U_d = 380$ V



Giải

1.Tìm dòng điện : I_1, I_2 , I_3, I

$$I_1 = \frac{U_f}{\mathcal{Z}_1} = \frac{220}{\sqrt{12^2+16^2}} = 11 \text{ A}$$

Tải 2:

Chuyển Z_2 về Y : $Z_{2Y} = 6 - j8$

Thay : $Z_{d2Y} = Z_d + Z_{2Y} = 8 - j6$

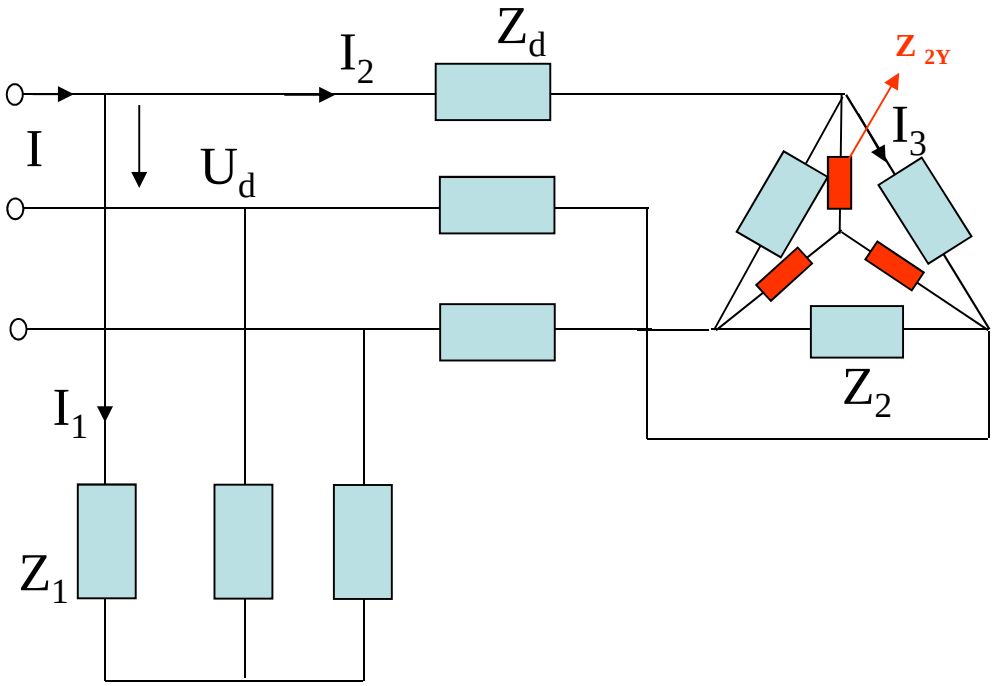
$$I_2 = \frac{U_f}{\mathcal{Z}_{d2Y}} = \frac{220}{\sqrt{8^2+6^2}}$$

$I_2 = 22$ A

$$I_3 = \frac{I_2}{\sqrt{3}} = 12{,}7 \text{ A}$$

$$\left.\begin{aligned} Z_1 &= 12 + j16 \\ Z_2 &= 18 - j24 \\ Z_d &= 2 + j2 \end{aligned}\right\} \ \Omega$$

$U_d = 380$ V



$I_1 = 11$ A; $I_2 = 22$ A

33

2. Tìm P, Q, S và cosφ toàn mạch

$$P = 3(R_1.I_1^2 + R_{d2Y}.I_2^2) = 3(12.11^2 + 8.22^2) = 15972 \text{ W}$$

$$Q = 3(X_1.I_1^2 - X_{d2Y}.I_2^2) = 3(16.11^2 - 6.22^2) = -2904 \text{ VAr}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{15972^2 + 2904^2} = 16233 \text{ VA}$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{15972}{16233} = 0{,}98 \qquad I = \frac{S}{\sqrt{3}U_d} = \frac{16233}{\sqrt{3}.380} = 24{,}66 \text{ A}$$

3. Vẽ đồ thị véc tơ của $\vec{I}_A, \vec{I}_B, \vec{I}_C$ dựa vào $\vec{U}_A, \vec{U}_B, \vec{U}_C$

VÌ Q = - 2904 VAr < 0

⇓

mang t/c điện dung

⇓

dòng vượt trước áp 1 góc ?

cosφ = 0,98

⇓

φ = -11º 28’