

## 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

### 4.1 Khái niệm chung về mạch xoay chiều 3 pha

1. Phương pháp tạo nguồn 3 pha : Máy phát đồng bộ

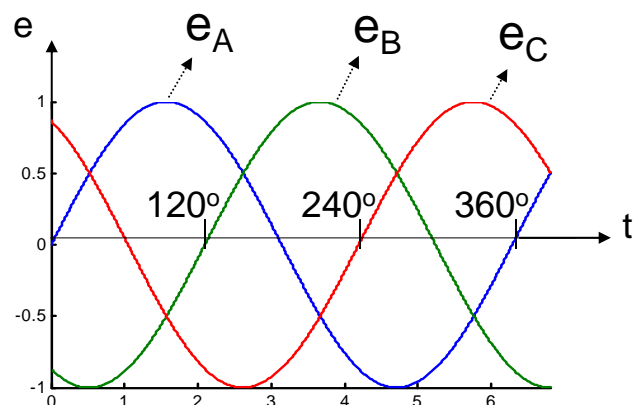
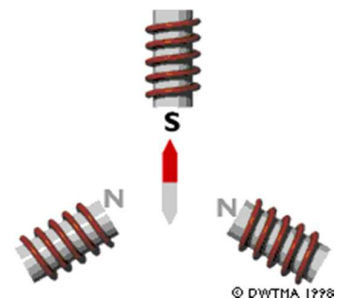
2. Biểu diễn nguồn 3 pha:

a. Dạng tức thời :

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

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

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



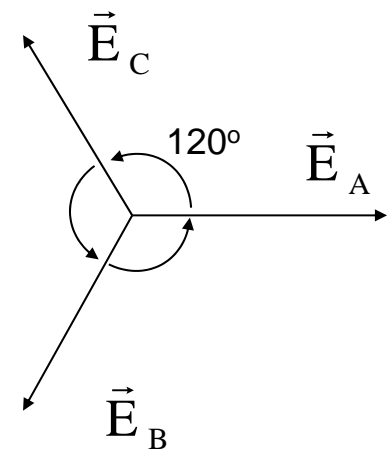
b. Dạng số phức :

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

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

$$\dot{\vec{E}}_C = E e^{-j240^\circ} \text{ hoặc } \dot{\vec{E}}_C = E e^{+j120^\circ}$$

c. Dạng véc tơ :



Với nguồn 3 pha đối xứng :

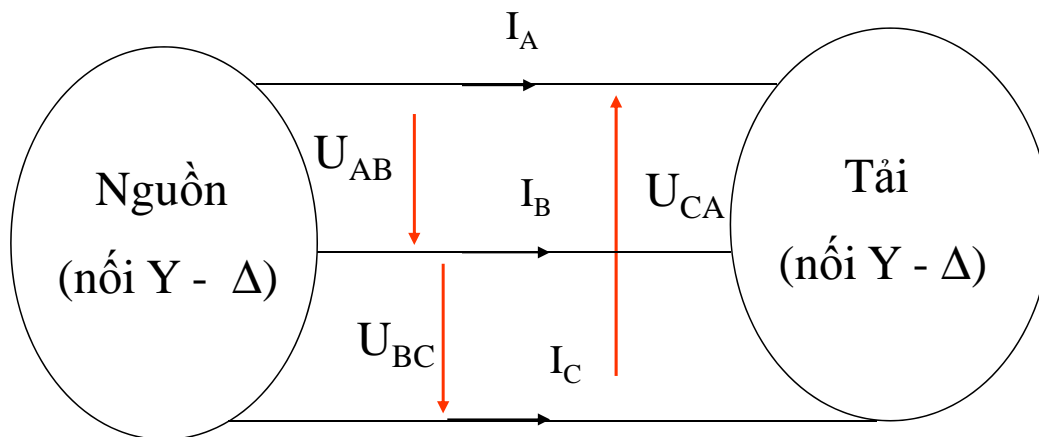
$$\left. \begin{aligned} e_A + e_B + e_C &= \\ \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C &= \\ \dot{\vec{E}}_A + \dot{\vec{E}}_B + \dot{\vec{E}}_C &= \end{aligned} \right\} 0$$

nguồn	tải
Y	Y
Y	$\Delta$
$\Delta$	$\Delta$
$\Delta$	Y

3. Cách nối: Sao (Y) và tam giác ( $\Delta$  - D)

4. Mạch 3 pha đối xứng  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Nguồn đ/x} \\ \text{Tải đ/x} \\ \text{Đường dây đ/x} \end{array} \right.$

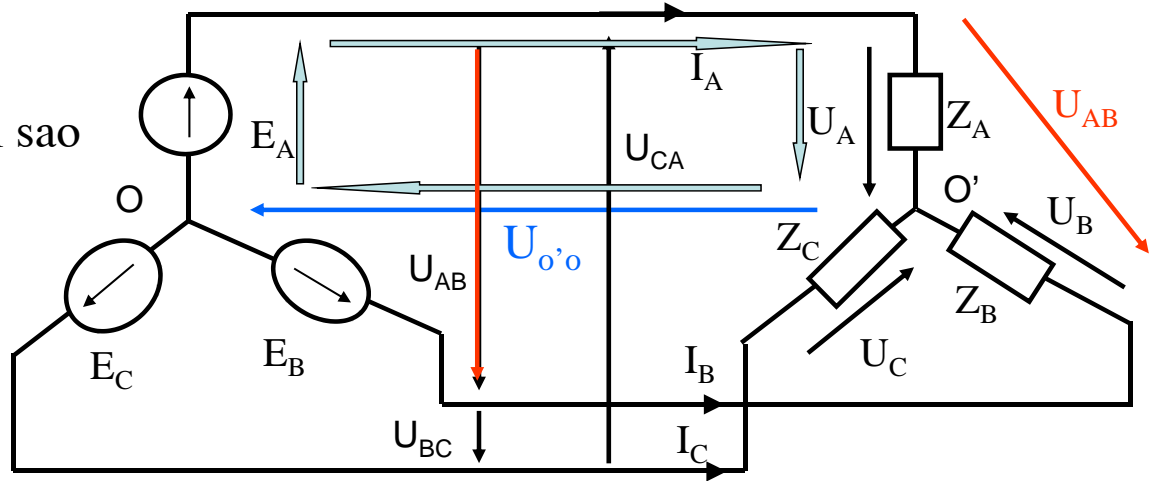
## 5. Các đại lượng dây và pha



- 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  $I_p$
  - Điện áp pha  $U_p$
- 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



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

$$\text{Vì } Z_A = Z_B = Z_C = Z$$

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

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

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

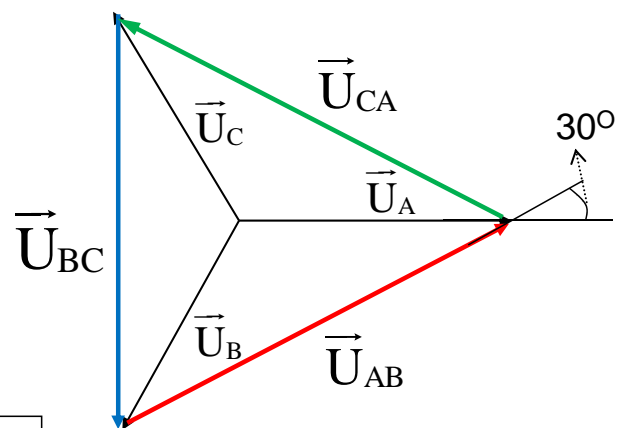
$$\dot{U}_C = \dot{E}_C$$

5

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

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

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



Trong mạch nối Y:

+ Trị hiệu dụng :

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

$$I_d = I_p$$

+ Góc pha :

$$\vec{U}_{AB} \text{ vượt trước } \vec{U}_A \text{ góc } 30^\circ$$

$$\vec{U}_{BC} \text{ vượt trước } \vec{U}_B \text{ góc } 30^\circ$$

$$\vec{U}_{CA} \text{ vượt trước } \vec{U}_C \text{ góc } 30^\circ$$

Ví dụ:  $\dot{U}_B = Ue^{j0^\circ}$

$$\dot{U}_A = Ue^{j120^\circ}$$

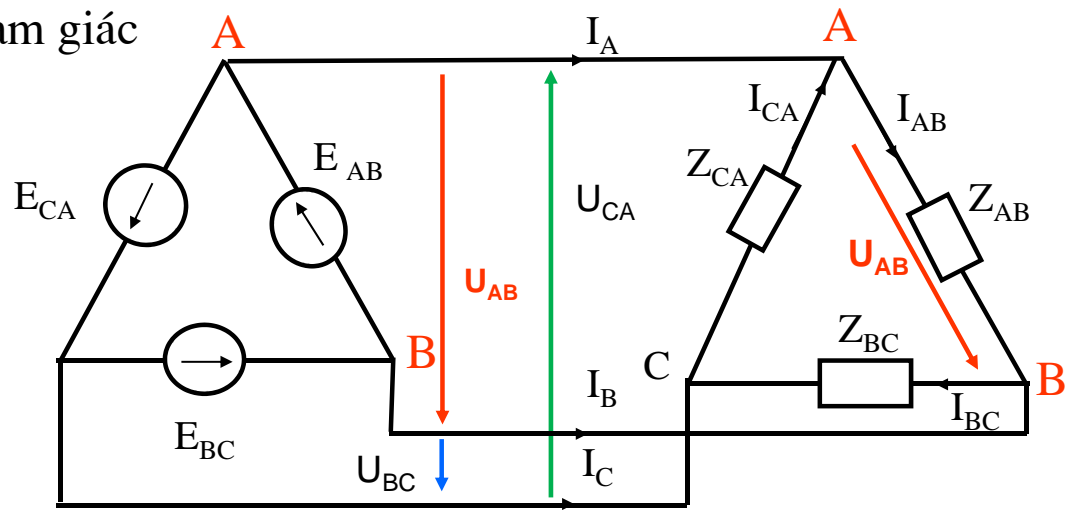
$$\dot{U}_C = Ue^{-j120^\circ}$$

$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3}Ue^{j150^\circ}$$

$$\dot{U}_{BC} = \sqrt{3}Ue^{j30^\circ}$$

$$\dot{U}_{CA} = \sqrt{3}Ue^{-j90^\circ}$$

## 2. Mạch nối tam giác



### Vòng AABB

$$\left. \begin{array}{l} \vec{U}_{AB} = \vec{E}_{AB} \\ \vec{U}_{BC} = \vec{E}_{BC} \\ \vec{U}_{CA} = \vec{E}_{CA} \end{array} \right\} \quad \text{Tại A, B, C : } \left\{ \begin{array}{l} \vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA} \\ \vec{I}_B = \vec{I}_{BC} - \vec{I}_{AB} \\ \vec{I}_C = \vec{I}_{CA} - \vec{I}_{BC} \end{array} \right.$$

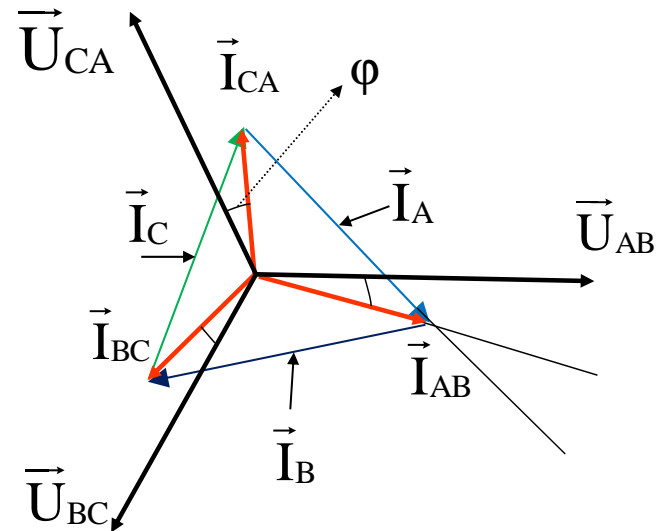
7

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

Về trị hiệu dụng :

$$U_d = U_p$$

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



Về góc pha :

$\vec{I}_A$	chậm sau	$\vec{I}_{AB}$	góc $30^\circ$
$\vec{I}_B$	chậm sau	$\vec{I}_{BC}$	góc $30^\circ$
$\vec{I}_C$	chậm sau	$\vec{I}_{CA}$	góc $30^\circ$

8

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

$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = 17,3e^{-j120^\circ} \\ \dot{I}_B = 17,3e^{j120^\circ} \end{cases}$   $\dot{I}_{BC} = 10e^{j150^\circ}$

$\dot{I}_{CA} = 10e^{j30^\circ}$

### 4.3 Công suất trong mạch điện xoay chiều 3 pha

#### 1. Công suất tác dụng :

$$P_A, P_B, P_C$$

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Khi tải đối xứng :  $P = 3P_p = 3U_p I_p \cos \varphi_p = 3RI_p^2$

Tải nối Y :  $U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}} \quad I_p = I_d \rightarrow P = \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi_p$

Khi tải nối  $\Delta$  :  $\left. \begin{array}{l} U_p = U_d \\ I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}} \end{array} \right\}$

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

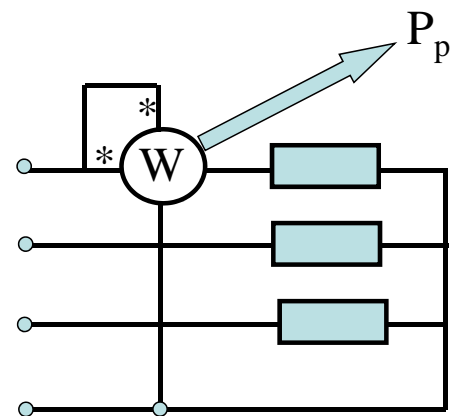
9

#### Đo công suất mạch 3 pha :

##### a. 1 Oát kế :

Đối xứng:  $P = 3 P_p$

Không đối xứng:  $P = P_A + P_B + P_C$



##### b. 2 Oát kế :

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

$W_1$

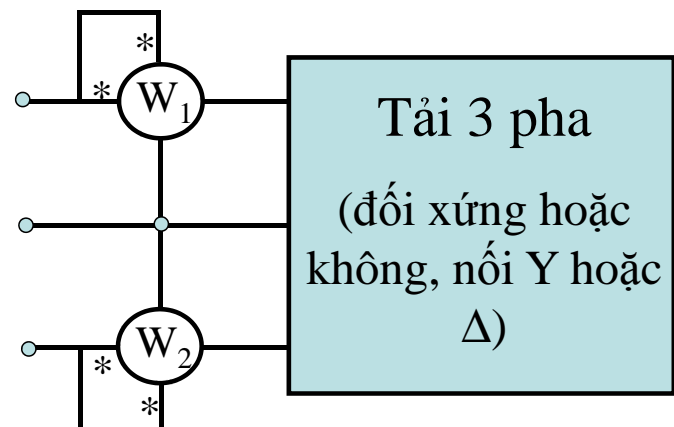
$W_2$

+

-

cùng chiều

ngược chiều



10

## 2. Công suất phản kháng:

$$Q_A, Q_B, Q_C \rightarrow Q = Q_A + Q_B + Q_C$$

Khi tải đối xứng :  $Q = 3Q_p = 3U_p I_p \sin \phi_p = 3X I_p^2$

Tải nối Y hay  $\Delta$ :

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

## 3. Công suất biểu kiến (toàn phần):

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

11

### 4.4. Giải mạch 3 pha

#### 1. Tải nối Y

a. Đối xứng:

Nguồn đối xứng:

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

Tải đối xứng:

$$Z_A = Z_B = Z_C = Z_t$$

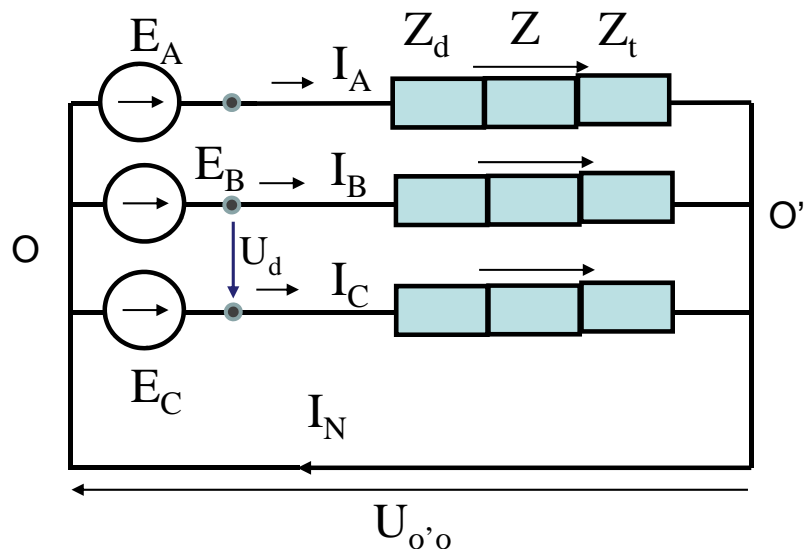
Đường dây đối xứng:  $Z_{dA} = Z_{dB} = Z_{dC} = Z_d$

Thay  $Z_d$  nối tiếp  $Z_t$  bằng  $Z = Z_d + Z_t$

$$\text{Do } \dot{U}_{o'o} = 0 \Rightarrow \dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z} = \frac{U e^{j0^\circ}}{\sqrt{3} e^{j\phi}} = I e^{j(-\phi)} \Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_B = I e^{j(-\phi-120^\circ)} \\ \dot{I}_C = I e^{j(-\phi+120^\circ)} \end{cases}$$

**Chú ý:** 1.  $U_A = U = U_p = U_d / \sqrt{3}$

2.  $\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \dot{I}_N = 0 \rightarrow$  Có thể bỏ dây trung tính



12

b. Không đối xứng:

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

Tải không ĐX :  $Z_A \neq Z_B \neq Z_C$

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

\* Bỏ qua tổng trở dây trung tính

$$Z_N = 0 \quad Y_N = \infty \rightarrow \dot{U}_{O'O} = 0$$

$$\dot{U}_A = \dot{E}_A, \dot{U}_B = \dot{E}_B, \dot{U}_C = \dot{E}_C \rightarrow \text{Điện áp pha đối xứng}$$

→ Tính dòng điện trong từng pha riêng biệt

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A} \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B} \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C} \quad \dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \neq 0$$

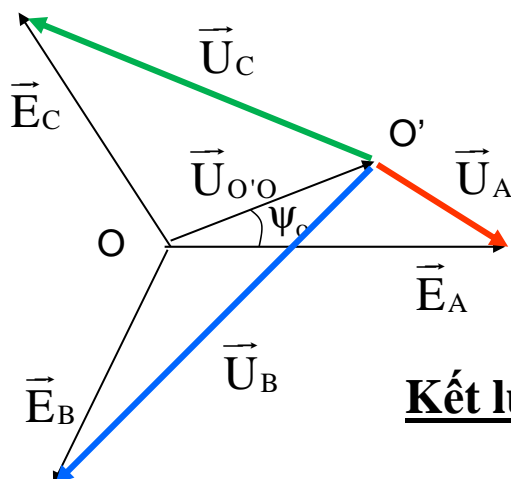
$$\dot{I}_N = I_N e^{j\psi_N}$$

13

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

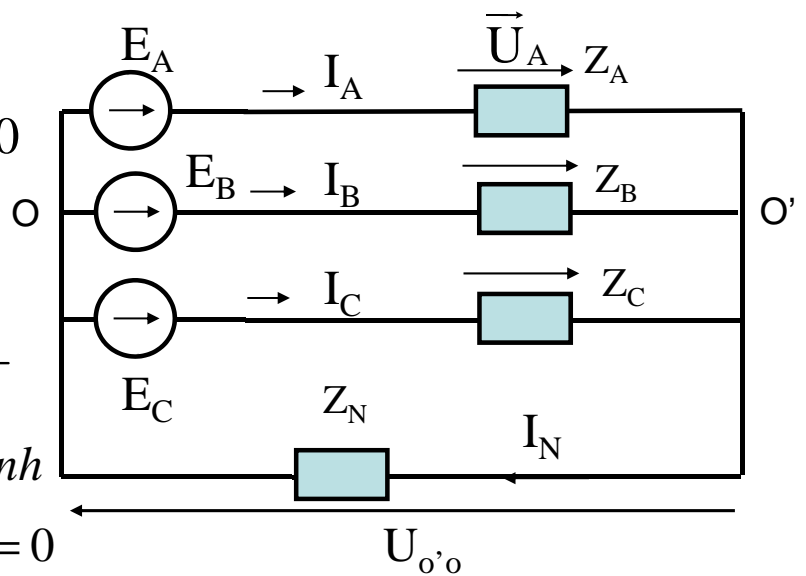
$$\dot{U}_{O'O} = U_o e^{j\psi_o}$$

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



**Kết luận:** Điện áp pha *không đối xứng*

14



$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A} \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B} \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C}$$

**Ví dụ :** Cho mạch hình bên

Nguồn đối xứng:  $U_d = 220 \text{ V}$

Tải không đối xứng :  $Z_A = 20 \Omega$ ;  $Z_B = j 20 \Omega$ ;  $Z_C = -j 20 \Omega$

**Tìm dòng điện  $I_A, I_B, I_C, I_N$  khi  $k$  đóng (có dây trung tính,  $Z_N = 0$ ) và  $k$  mở (không có dây trung tính)**

15

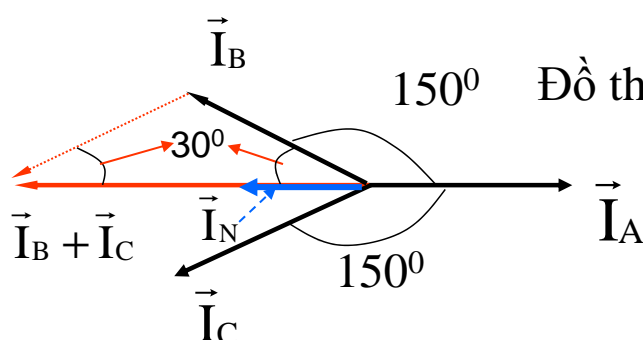
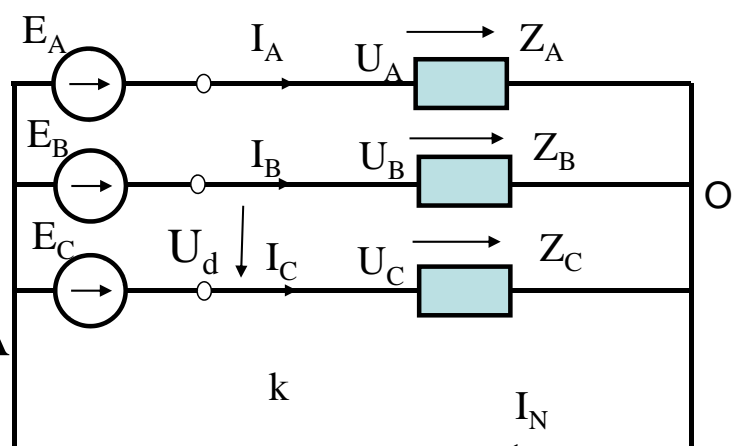
Khi  $k$  đóng :  $U_{O'O} = 0$

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

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

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

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



Đồ thị véc tơ  $\rightarrow I_N = 0,73.6,35 = 4,64 \text{ A}$

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

16



b. Khi k mở :  $U_{OO'} \neq 0$

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

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

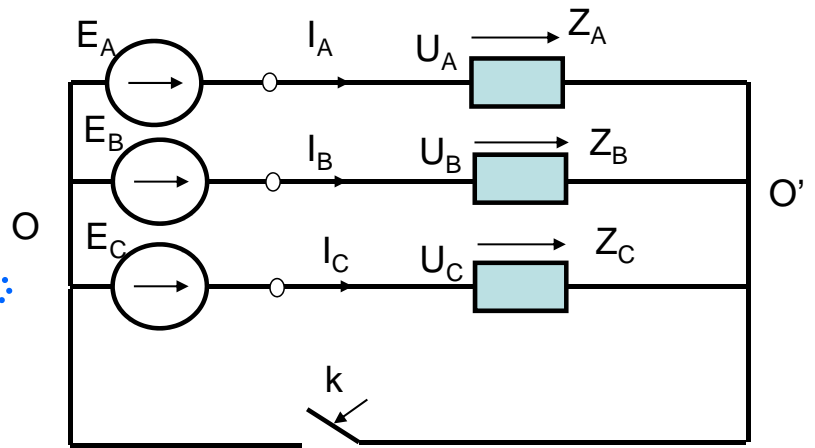
$$Y_A = \frac{1}{Z_A} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ S}$$

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

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

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

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



17

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

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

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

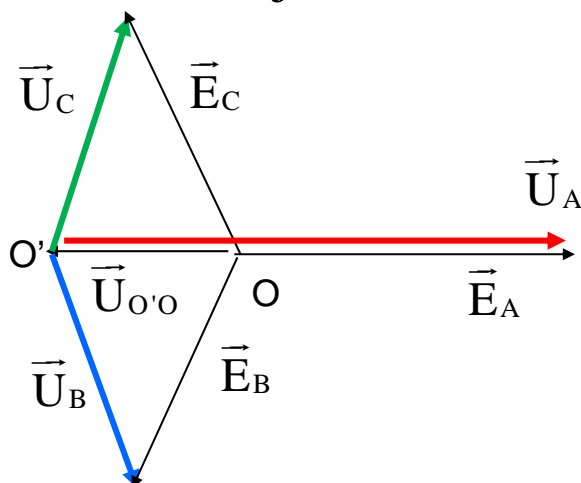
$$= 29,3 - j110 \text{ V}$$

$$\dot{U}_B = 113,8e^{-j75^\circ 5'} \text{ V}$$

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

$$= 29,3 + j110 \text{ V}$$

$$\dot{U}_C = 113,8e^{j75^\circ 5'} \text{ V}$$



→ dòng điện trong các nhánh

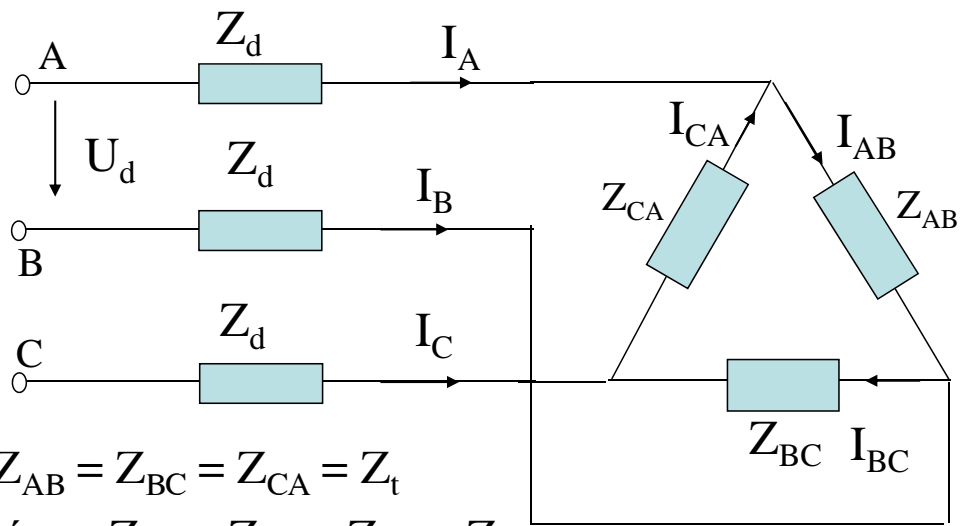
$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A} = 11 \text{ A}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B} = 5,69 \angle -165^\circ 5' \text{ A}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C} = 5,69 \angle 165^\circ 5' \text{ A}$$

## 2. Tải nối $\Delta$

### a. Đối xứng:



- Tải đối xứng:  $Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA} = Z_t$
- Đường dây đối xứng:  $Z_{dA} = Z_{dB} = Z_{dC} = Z_d$

\* Không kể  $Z_d \rightarrow Z_d = 0$

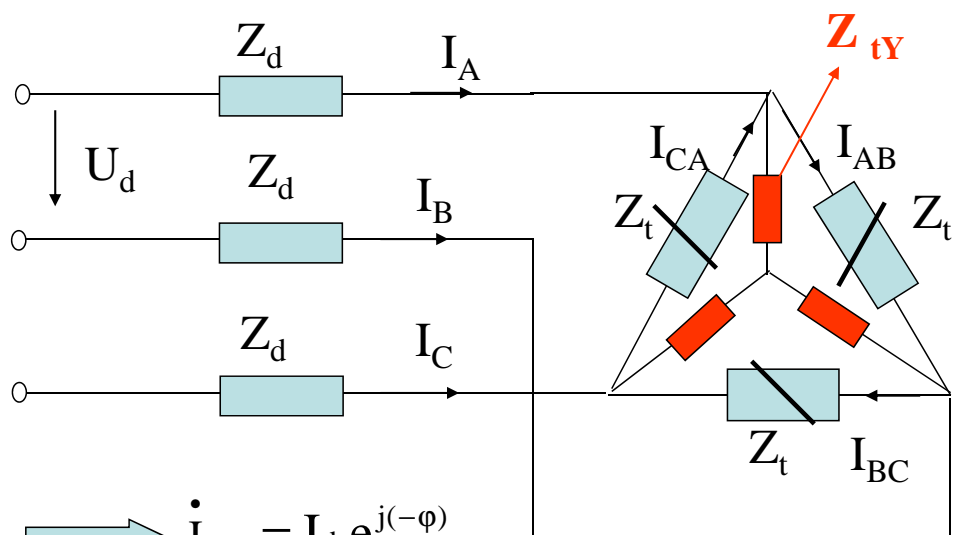
$$\begin{aligned} \dot{I}_{AB} &= \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_t} = \frac{U_d e^{j0^\circ}}{Z_t e^{j\varphi}} = I_p e^{j(-\varphi)} \\ &\Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{BC} = I_p e^{j(-\varphi-120^\circ)} \\ \dot{I}_{CA} = I_p e^{j(-\varphi+120^\circ)} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \sqrt{3} I_p e^{j(-\varphi-30^\circ)} \\ \dot{I}_B &= \sqrt{3} I_p e^{j(-\varphi-150^\circ)} \\ \dot{I}_C &= \sqrt{3} I_p e^{j(-\varphi+90^\circ)} \end{aligned}$$

19

\* Khi kể  $Z_d$

$$Z_d \neq 0$$



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

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

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

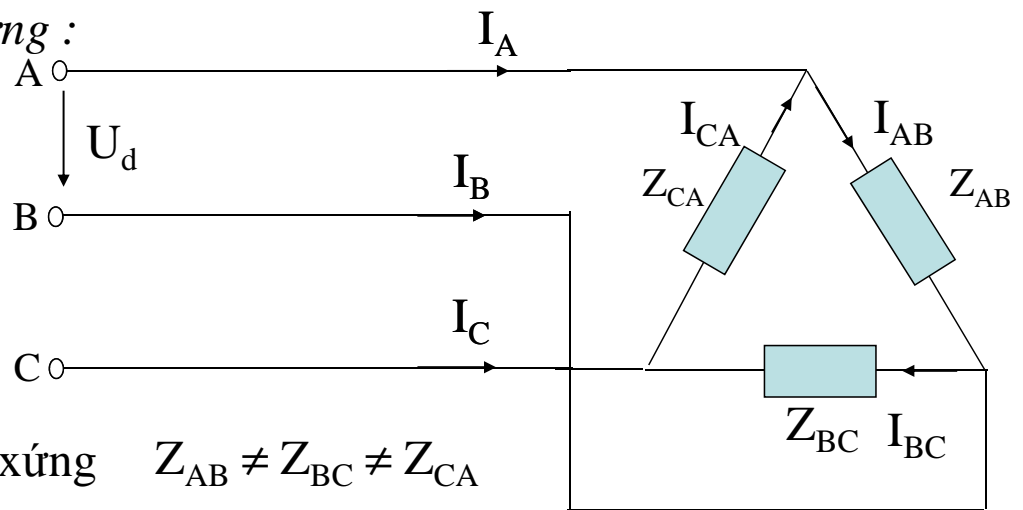
$$\dot{I}_{BC} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} e^{j(-\varphi-90^\circ)}$$

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

20

b. Không đối xứng :

\* Không kể  $Z_d$



• Tải không đối xứng  $Z_{AB} \neq Z_{BC} \neq Z_{CA}$

• Điện áp pha đối xứng

$$\left. \begin{aligned} \dot{I}_{AB} &= \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_{AB}} & \dot{I}_{BC} &= \frac{\dot{U}_{BC}}{Z_{BC}} \\ \dot{I}_{CA} &= \frac{\dot{U}_{CA}}{Z_{CA}} \end{aligned} \right\} \text{KĐX}$$

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

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

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

21

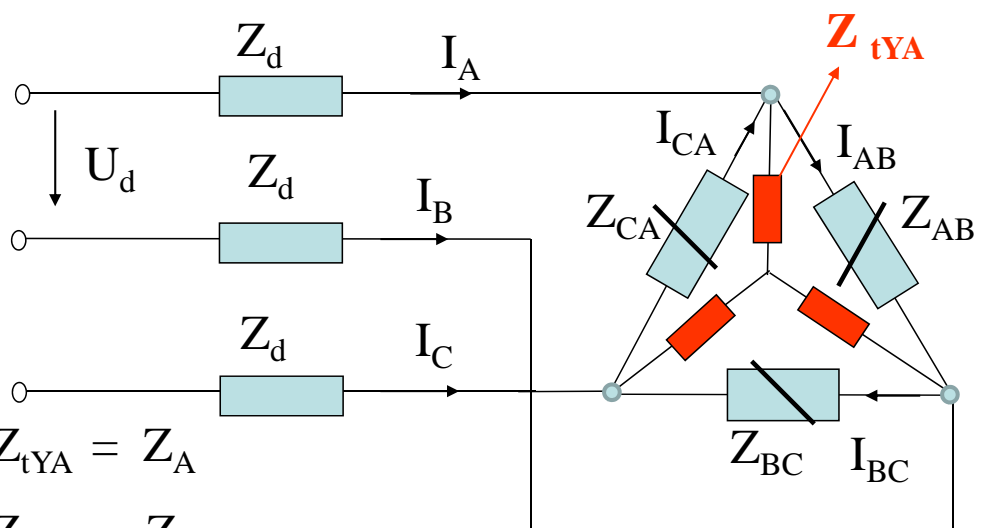
\* Khi kể  $Z_d$

$Z_d \neq 0$

Thay thế :  $Z_d + Z_{tYA} = Z_A$

$$Z_d + Z_{tYB} = Z_B$$

$$Z_d + Z_{tYC} = Z_C$$



→ Giải mạch không đối xứng, nối Y, không có dây trung tính

• Tính  $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$

• Tính  $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$

• Tính  $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_{AB}} \quad \dot{I}_{BC} = \frac{\dot{U}_{BC}}{Z_{BC}} \quad \dot{I}_{CA} = \frac{\dot{U}_{CA}}{Z_{CA}}$$

22

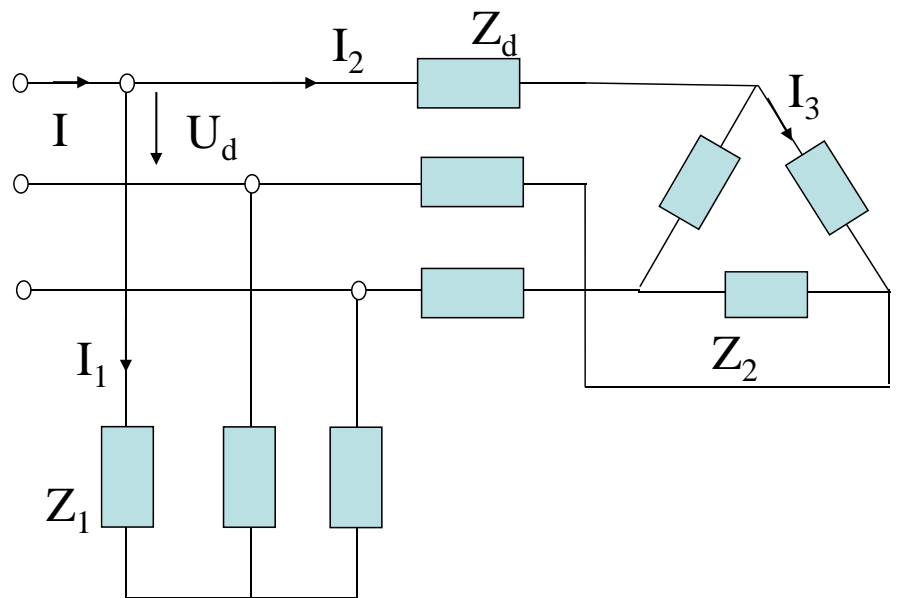
## Ví dụ 2:

Cho mạch 3 pha đ/x như hình bên

Biết:

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

$$U_d = 380 \text{ V}$$



Tìm: - Dòng điện :  $I_1, I_2, I_3, I$   
 -  $P, Q, S$  và  $\cos\phi$  toàn mạch  
 - Vẽ đồ thị véc tơ của  $\vec{I}_A, \vec{I}_B, \vec{I}_C$   
 từ  $\vec{U}_A, \vec{U}_B, \vec{U}_C$

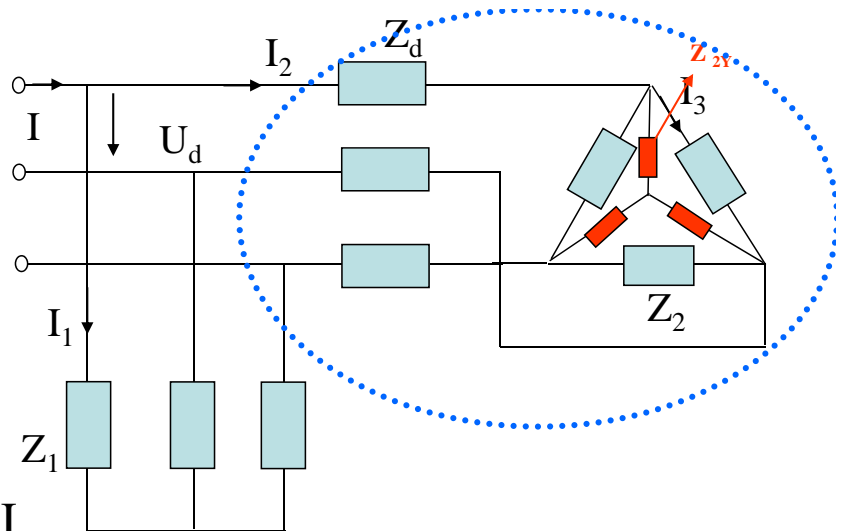
23

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

$$U_d = 380 \text{ V}$$

## Giải

1. Tìm dòng điện :  $I_1, I_2, I_3, I$



$$I_1 = \frac{U_f}{Z_1}$$

Tải 2:

Chuyển  $Z_2$  về Y :  $Z_{2Y} =$

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

$$I_2 = \frac{U_f}{Z_{d2Y}}$$

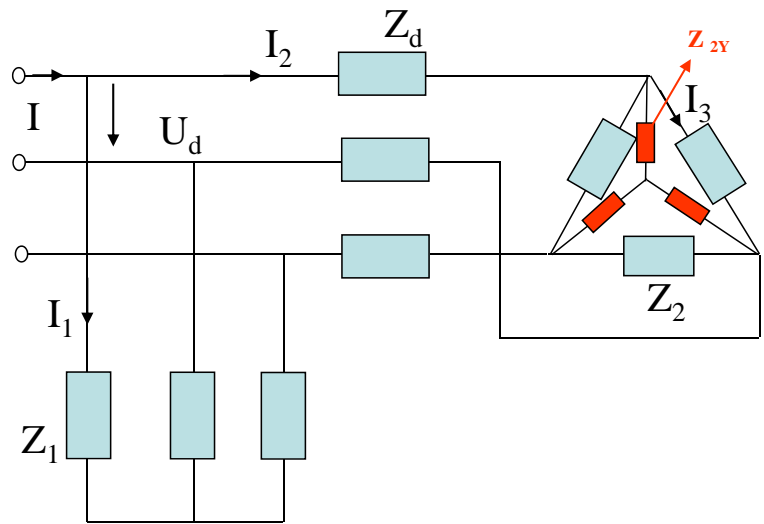
$$I_2 =$$

$$I_3 = \frac{I_2}{\sqrt{3}}$$

24

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

$$U_d = 380 \text{ V}$$



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

$$P = 3(R_1 I_1^2 + R_{d2Y} I_2^2) =$$

$$Q = 3(X_1 I_1^2 - X_{d2Y} I_2^2) =$$

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

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} =$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U_d} =$$

25

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

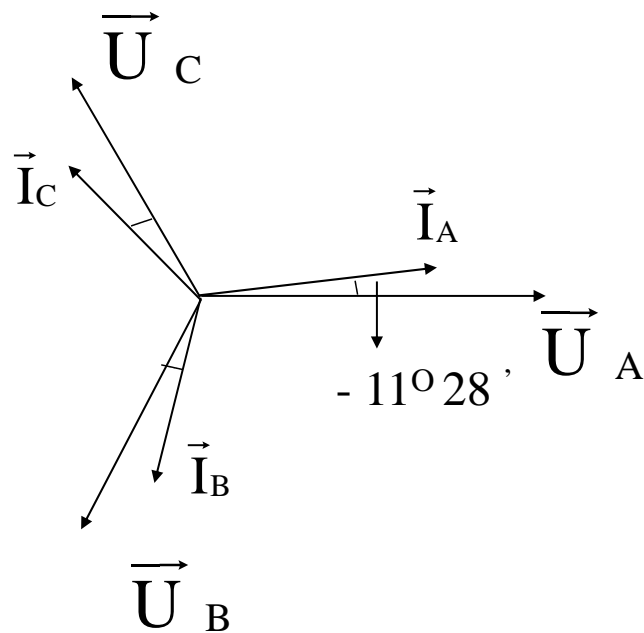
Vì  $Q = -2904 \text{ VAr} < 0$

↓  
mang t/c điện dung

↓  
dòng vượt trước áp 1 góc ?

$$\cos\varphi = 0,98$$

↓  
 $\varphi = -11^\circ 28'$



26