



## Chương 9: Mạch điện ba pha

- Khái niệm về hệ thống điện ba pha
- Mạch điện ba pha đối xứng
- Mạch điện ba pha không đối xứng
- Đo công suất trên mạch điện ba pha
- Phương pháp thành phần đối xứng



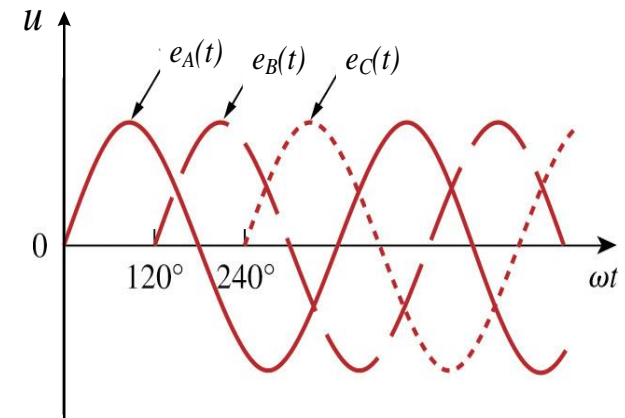
# Khái niệm mạch điện ba pha (1)

Mạch điện ba pha là mạch điện làm việc với nguồn kích thích ba pha.

Nguồn điện ba pha gồm 3 nguồn điện xoay chiều một pha có:  
cùng biên độ, cùng tần số, lệch pha nhau  $120^\circ$

$$\begin{cases} e_A(t) = E\sqrt{2} \sin(\omega t) \text{ V} \\ e_B(t) = E\sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ) \text{ V} \\ e_C(t) = E\sqrt{2} \sin(\omega t - 240^\circ) \text{ V} \approx e_C(t) = E\sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ) \text{ V} \end{cases}$$

$$\Rightarrow e_A(t) + e_B(t) + e_C(t) = 0$$

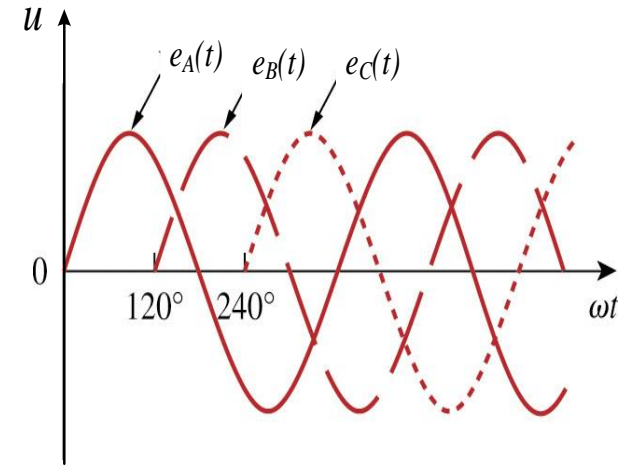




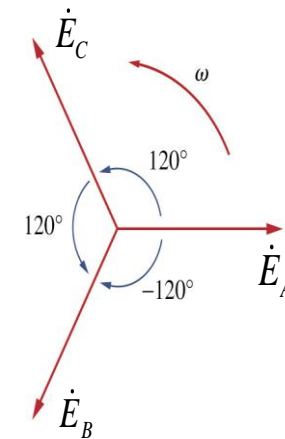
## Khái niệm mạch điện ba pha (2)

$$\begin{cases} e_A(t) = E\sqrt{2} \sin(\omega t) \text{ V} \\ e_B(t) = E\sqrt{2} \sin(\omega t - 120^\circ) \text{ V} \\ e_C(t) = E\sqrt{2} \sin(\omega t - 240^\circ) \text{ V} \approx e_C(t) = E\sqrt{2} \sin(\omega t + 120^\circ) \text{ V} \end{cases}$$

$$\Rightarrow e_A(t) + e_B(t) + e_C(t) = 0$$



$$\Leftrightarrow \begin{cases} \dot{E}_A = E \angle 0^\circ \text{ V} \\ \dot{E}_B = E \angle -120^\circ \text{ V} \\ \dot{E}_C = E \angle 120^\circ \text{ V} \end{cases} \Rightarrow \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$$





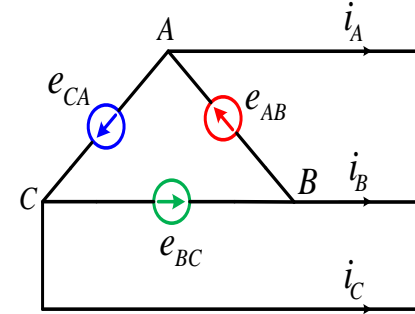
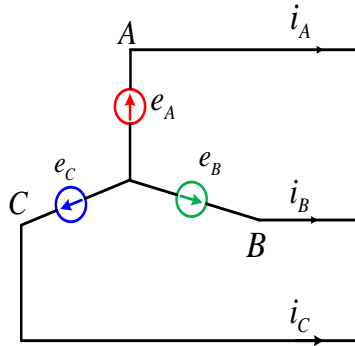
## Khái niệm mạch điện ba pha (3)

- Các đại lượng (dòng điện, điện áp) pha và dây:
  - Điện áp giữa các dây dẫn từ nguồn đến tải: điện áp dây  $U_d$
  - Dòng điện chảy qua các dây dẫn từ nguồn đến tải: dòng điện dây  $I_d$
  - Điện áp trên các pha của nguồn hoặc tải: điện áp pha  $U_p$
  - Dòng điện chảy qua các pha của nguồn hoặc tải: dòng điện pha  $I_p$

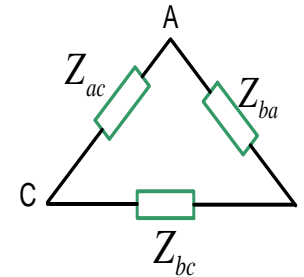
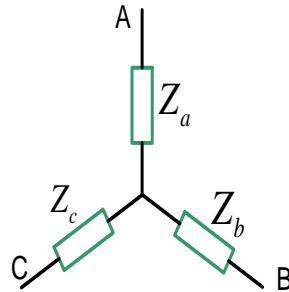


# Cách đấu dây trong mạch điện ba pha

## ■ Nguồn



## ■ Tải



Nối sao (Y): 3 cực cuối chụm lại một điểm gọi là điểm trung tính

Nối tam giác (Δ): Nối đầu dây của cuộn trước với điểm cuối của cuộn sau.

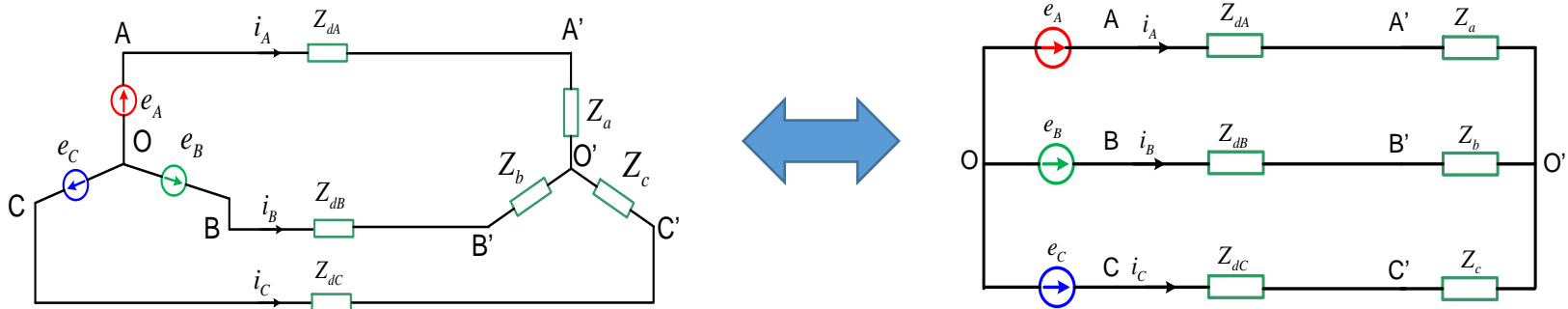
## ■ Cách đấu dây của nguồn và tải có thể khác nhau.

Nguồn Y phổ biến hơn nguồn Δ. Tải Δ phổ biến hơn tải Y

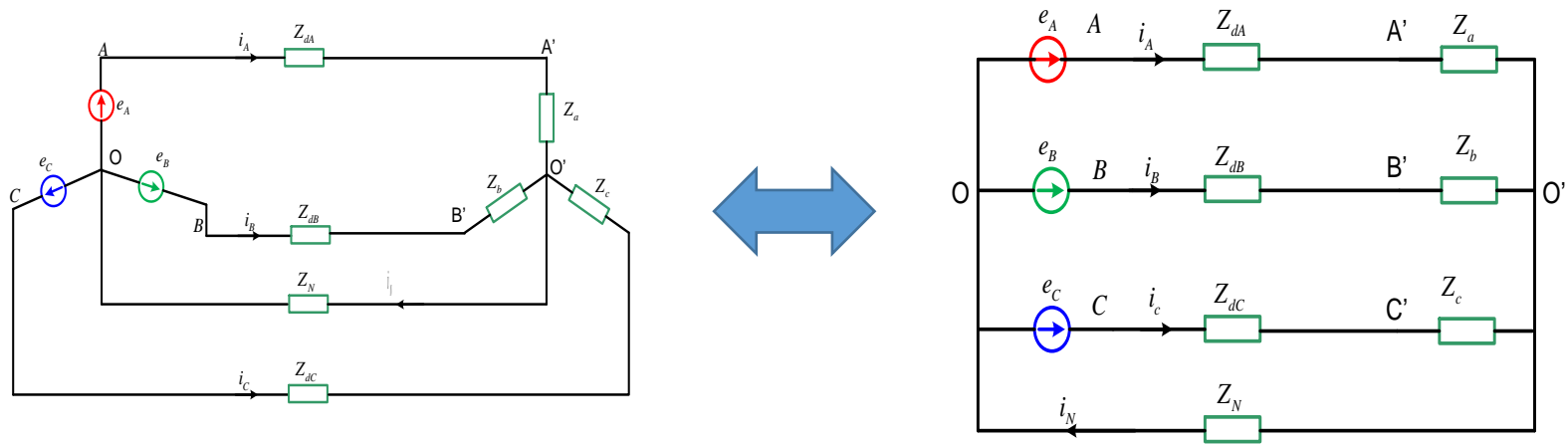


# Mạch điện ba pha đơn giản

- Mạch điện ba pha nối Y-Y không có dây trung tính



- Mạch điện ba pha nối Y-Y có dây trung tính





# Mạch điện ba pha đối xứng

- Mạch điện ba pha đối xứng: có nguồn đối xứng và tải đối xứng
  - Nguồn đối xứng: cùng biên độ, cùng tần số, và lệch pha nhau  $120^\circ$
  - Tải đối xứng: bằng nhau
- Cách giải mạch điện ba pha đối xứng
  - Cách 1: Tính thông số của một pha (ví dụ pha A), suy ra các thông số của hai pha còn lại bằng cách cộng thêm các góc  $\pm 120^\circ$
  - Cách 2: Coi mạch ba pha như một mạch điện bình thường và tính toán bằng các phương pháp đã học

*Lưu ý: có thể dùng các phép biến đổi ( $\Delta$  -  $Y$ ) nếu cần thiết*



# Mạch điện ba pha không đối xứng

- Mạch điện ba pha không đối xứng: có nguồn hoặc/và tải **không** đối xứng

Thông thường: nguồn đối xứng

- Nguồn đối xứng: cùng biên độ, cùng tần số, và lệch pha nhau  $120^\circ$
- Tải đối xứng: bằng nhau

- Cách giải mạch điện ba pha không đối xứng

Coi mạch ba pha như một mạch điện bình thường (có nhiều nguồn) và tính toán bằng các phương pháp đã học

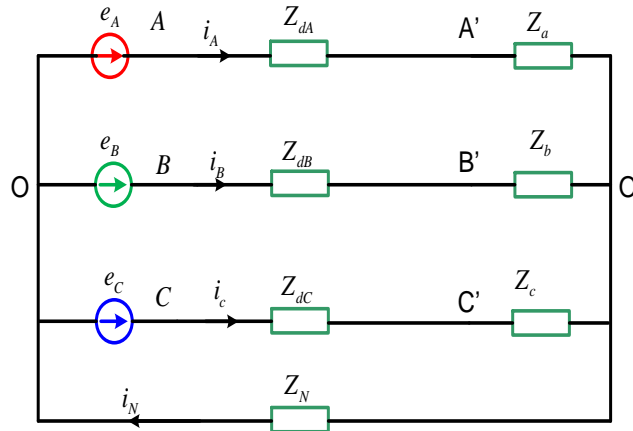
*Lưu ý: có thể dùng các phép biến đổi ( $\Delta$  -  $Y$ ) nếu cần thiết*





# Giải mạch điện ba pha đơn giản (1)

## ■ Ví dụ 1



Đặt:

$$\begin{aligned} Z_A &= Z_{dA} + Z_a \\ Z_B &= Z_{dB} + Z_b \\ Z_C &= Z_{dC} + Z_c \end{aligned}$$

Thế nút:

$$\left( \frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_N} \right) \dot{\phi}_{O'} = \frac{\dot{E}_A}{Z_A} + \frac{\dot{E}_B}{Z_B} + \frac{\dot{E}_C}{Z_C}$$

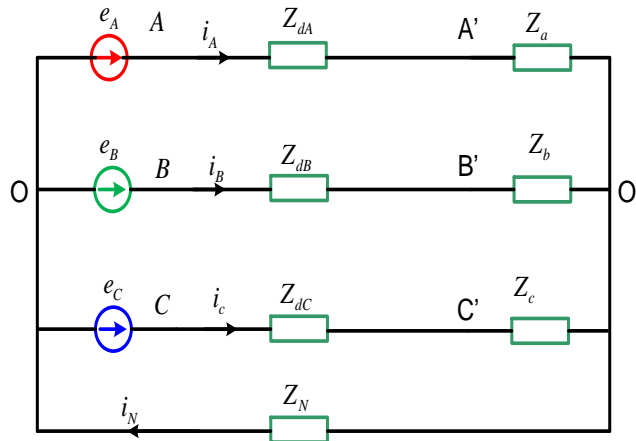
$$\Rightarrow \dot{\phi}_{O'} = \frac{\frac{\dot{E}_A}{Z_A} + \frac{\dot{E}_B}{Z_B} + \frac{\dot{E}_C}{Z_C}}{\frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_N}}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{\phi}_{O'}}{Z_A} \\ \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{\phi}_{O'}}{Z_B} \\ \dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{\phi}_{O'}}{Z_C} \end{cases}$$



## Giải mạch điện ba pha đơn giản (2)

- Với mạch ba pha đối xứng:



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

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

$Z_a = Z_b = Z_c = Z_t$

Đặt:  $Z = Z_d + Z_t$

Thế nút: 
$$\left( \frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_N} \right) \dot{\phi}_{o'} = \frac{\dot{E}_A}{Z_A} + \frac{\dot{E}_B}{Z_B} + \frac{\dot{E}_C}{Z_C}$$

$$\Leftrightarrow \left( 3 \frac{1}{Z} + \frac{1}{Z_N} \right) \dot{\phi}_{o'} = \frac{1}{Z} (\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C) = 0 \Rightarrow \dot{\phi}_{o'} = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z} \\ \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B}{Z} \\ \dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C}{Z} \end{cases}$$

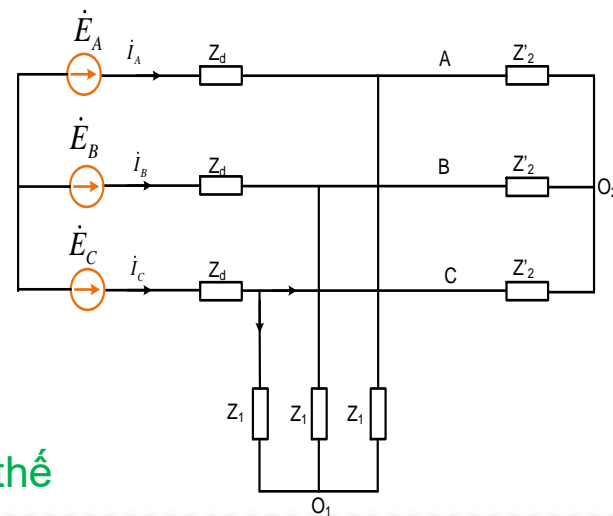
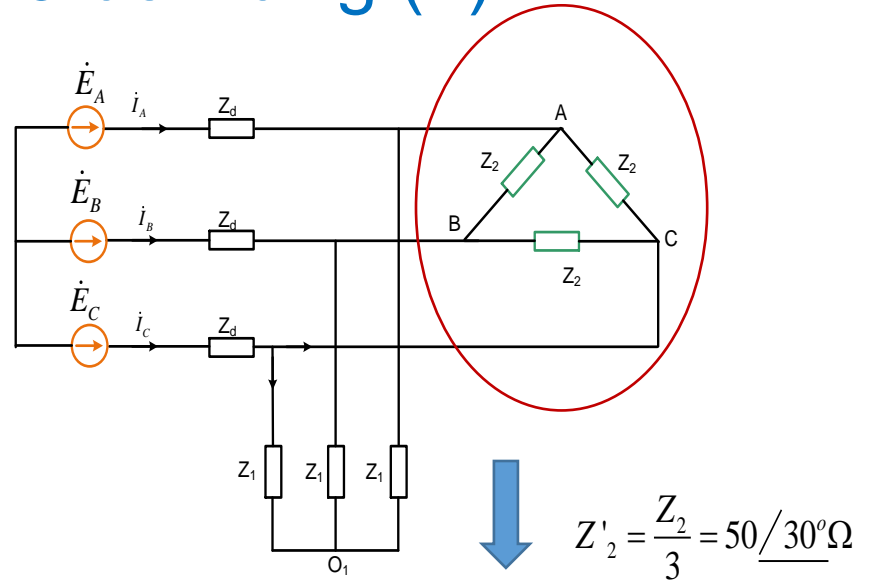


# Giải mạch ba pha đối xứng (1)

## ■ Ví dụ 2 :

Cho mạch ba pha đối xứng:

$$\begin{cases} \dot{E}_A = 240 \angle 0^\circ \text{V} & Z_1 = 50 \angle 60^\circ \Omega \\ \dot{E}_B = 240 \angle -120^\circ \text{V} & Z_2 = 150 \angle 30^\circ \Omega \\ \dot{E}_C = 240 \angle 120^\circ \text{V} & Z_d = j5 \Omega \end{cases}$$

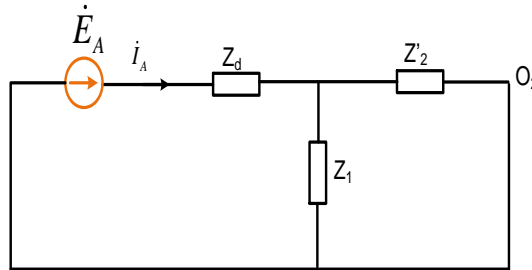


Các điểm trung tính của nguồn và tải là đẳng thế

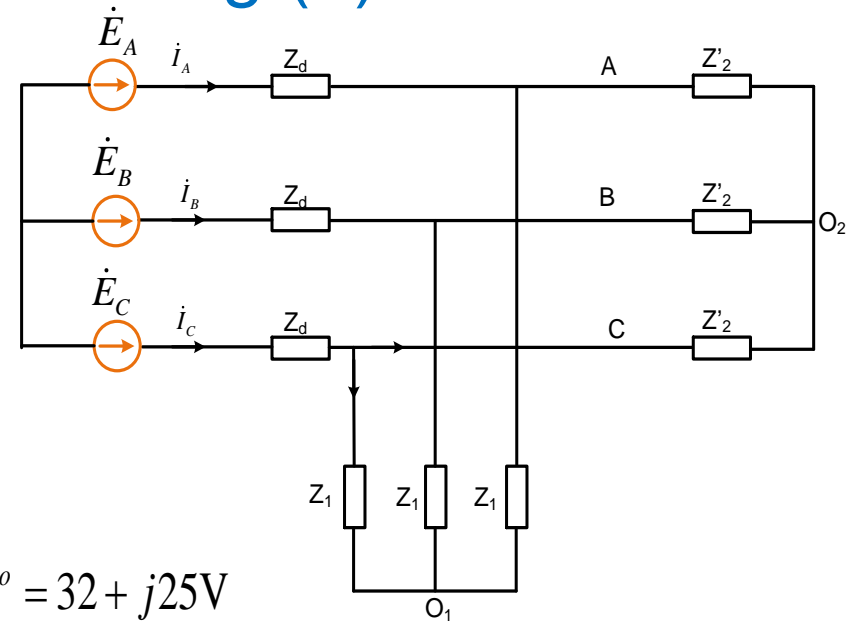


# Giải mạch ba pha đối xứng (2)

Tách pha A:



$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z_d + \frac{Z_1 Z'_2}{Z_1 + Z'_2}} = 8,11 / -52^\circ \text{ A}$$



Sụt áp trên đường dây:  $\Delta \dot{U}_A = Z_d \dot{I}_A = 40,5 / 38^\circ = 32 + j25 \text{ V}$

$$\dot{I}_{1A} = \frac{\dot{E}_A - \Delta \dot{U}_A}{Z_1} = 4,19 / -67^\circ \text{ A} \quad \dot{I}_{2A} = \frac{\dot{E}_A - \Delta \dot{U}_A}{Z'_2} = 4,19 / -30^\circ \text{ A}$$

$$\dot{U}_{2A} = \dot{E}_A - \Delta \dot{U}_A = 208 - j25 = 209,5 / -7^\circ \text{ V} \quad \Rightarrow \quad \dot{I}_{AB} = \frac{\dot{I}_{2A}}{\sqrt{3}} = 2,42 / 30^\circ \text{ A}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = \sqrt{3} U_{2A} = 209,5 \sqrt{3} \approx 365 \text{ V}$$



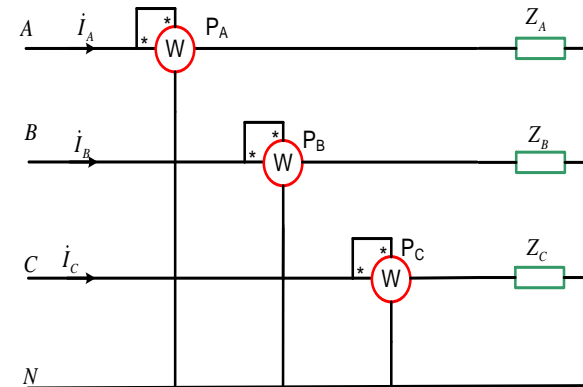
# Đo công suất mạch điện ba pha (1)

## ■ Công thức ba wattmet

$$\tilde{S} = \dot{U}_A I_A^* + \dot{U}_B I_B^* + \dot{U}_C I_C^* = P + jQ$$

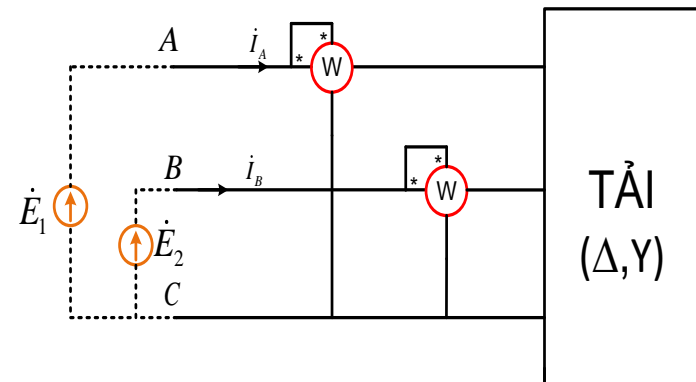
$$P = P_A + P_B + P_C$$

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C$$



## ■ Công thức hai wattmet

$$P_t = P_{E1} + P_{E2} = \operatorname{Re}\{\dot{U}_{AC} I_A^*\} + \operatorname{Re}\{\dot{U}_{BC} I_B^*\}$$





## Đo công suất mạch điện ba pha (2)

### ■ Ví dụ 3 :

$$\dot{E}_A = 220 \angle 0^\circ \text{V}; \dot{E}_B = 220 \angle -120^\circ \text{V};$$

$$\dot{E}_C = 220 \angle 120^\circ \text{V};$$

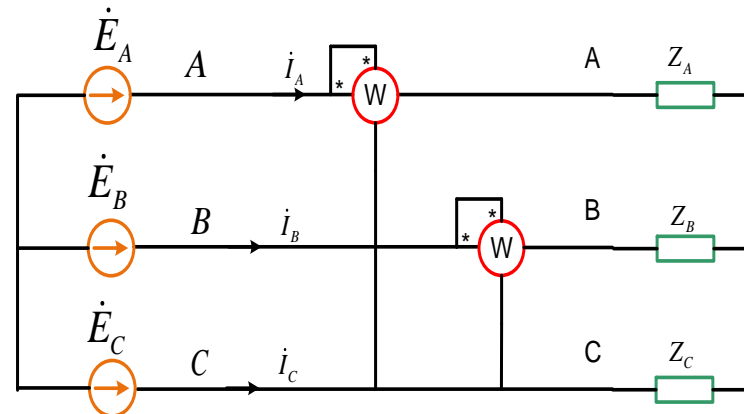
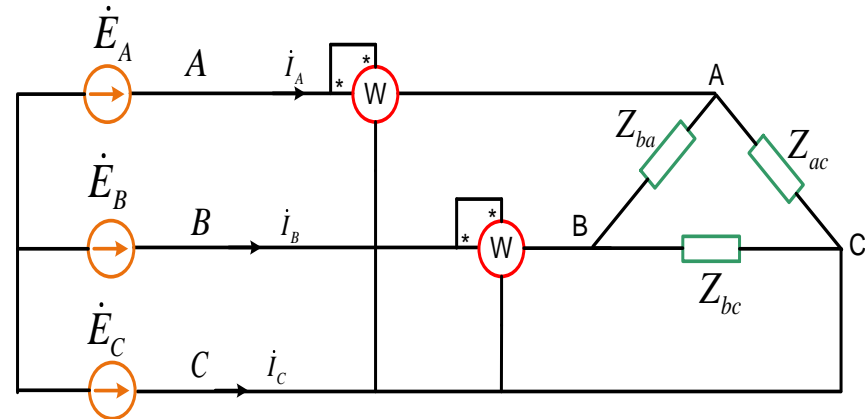
$$Z_{ab} = 50\Omega; Z_{bc} = j75\Omega; Z_{ca} = -j100\Omega;$$

Biến đổi tam giác  $\rightarrow$  sao:

$$Z_A = \frac{Z_{ab}Z_{ca}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}} = 40 - j80\Omega$$

$$Z_B = \frac{Z_{ab}Z_{bc}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}} = -30 + j60\Omega$$

$$Z_C = \frac{Z_{ab}Z_{bc}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}} = 120 + j60\Omega$$





## Đo công suất mạch điện ba pha (3)

Thế nút:

$$\left( \frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_C} \right) \dot{\phi}_{N'} = \frac{\dot{E}_A}{Z_A} + \frac{\dot{E}_B}{Z_B} + \frac{\dot{E}_C}{Z_C}$$

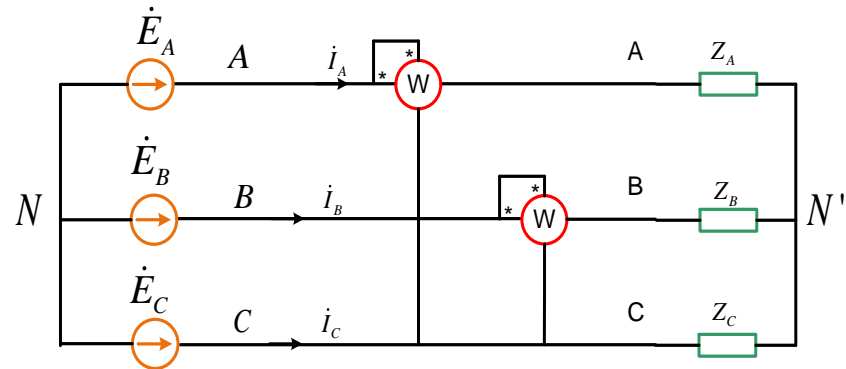
$$\rightarrow \dot{\phi}_{N'} = -690 + j396V$$

$$\rightarrow \dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{\phi}_{N'}}{Z_A} = 8,51 + j7,11A$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{\phi}_{N'}}{Z_C} = 3,18 - j3,3A$$

$$\rightarrow W_A = \text{Re} \left\{ \left( \dot{E}_A - \dot{E}_C \right) \dot{I}_A^* \right\}$$

$$W_B = \text{Re} \left\{ \left( \dot{E}_B - \dot{E}_C \right) \dot{I}_B^* \right\}$$





## ■ Bài tập 1 :

$$Z_1=80+j20\Omega, Z_2=30+j25\Omega, Z_3=j30\Omega, \\ Z_M=j10\Omega, Z_4=30+j20\Omega; Z_5= Z_6=60\Omega,$$

-Tính dòng điện  $\dot{I}_A$

công suất phát của  $\dot{E}_A$

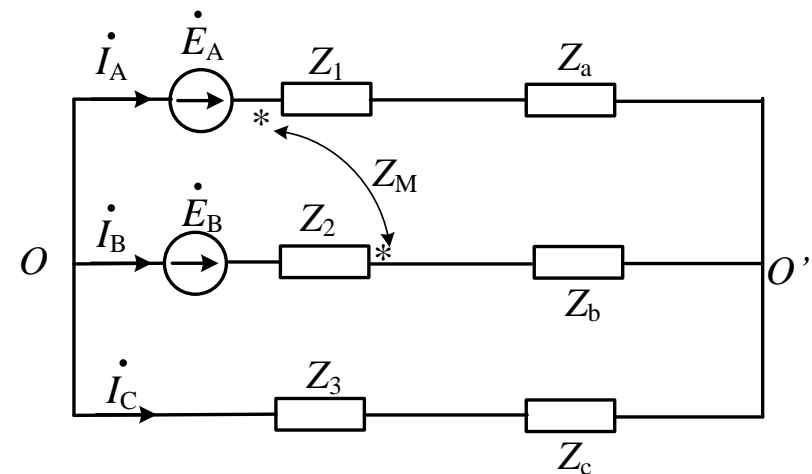
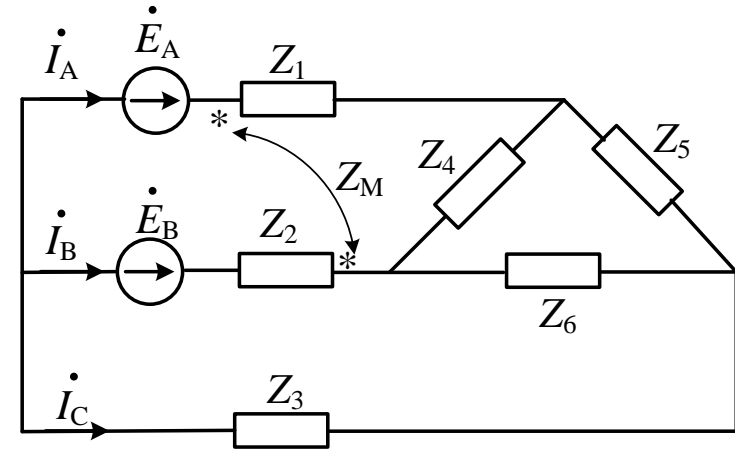
và công suất trên  $Z_1$

Biến đổi  $\Delta \rightarrow Y$

$$Z_a = \frac{Z_4 Z_5}{Z_4 + Z_5 + Z_6} = 12,838 + j6,288\Omega$$

$$Z_b = \frac{Z_4 Z_6}{Z_4 + Z_5 + Z_6} = 12,838 + j6,288\Omega$$

$$Z_c = \frac{Z_6 Z_5}{Z_4 + Z_5 + Z_6} = 23,58 - j3,144\Omega$$



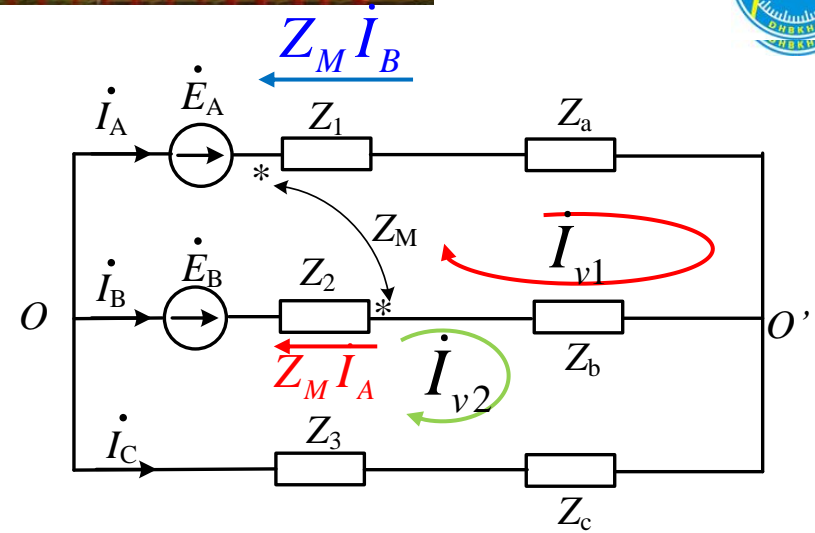




## Lập hệ phương trình dòng nhánh

$$\begin{cases} \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \\ (Z_1 + Z_a)\dot{I}_A - Z_M\dot{I}_B - (Z_2 + Z_b)\dot{I}_B + Z_M\dot{I}_A = \dot{E}_A - \dot{E}_B \\ (Z_2 + Z_b)\dot{I}_B - Z_M\dot{I}_A - (Z_C + Z_3)\dot{I}_C = \dot{E}_B \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \\ (Z_1 + Z_a + Z_M)\dot{I}_A - (Z_2 + Z_b + Z_M)\dot{I}_B = \dot{E}_A - \dot{E}_B \\ -Z_M\dot{I}_A + (Z_2 + Z_b)\dot{I}_B - (Z_C + Z_3)\dot{I}_C = \dot{E}_B \end{cases}$$



Lập hệ phương trình dòng vòng:  $\dot{I}_A = \dot{I}_{v1}; \dot{I}_B = \dot{I}_{v2} - \dot{I}_{v1}; \dot{I}_C = -\dot{I}_{v2}$

$$\begin{cases} (Z_1 + Z_a + Z_M)\dot{I}_{v1} - (Z_2 + Z_b + Z_M)(\dot{I}_{v2} - \dot{I}_{v1}) = \dot{E}_A - \dot{E}_B \\ -Z_M\dot{I}_{v1} + (Z_2 + Z_b)(\dot{I}_{v2} - \dot{I}_{v1}) - (Z_C + Z_3)(-\dot{I}_{v2}) = \dot{E}_B \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} (Z_1 + Z_a + Z_2 + Z_b + 2Z_M)\dot{I}_{v1} - (Z_2 + Z_b + Z_M)\dot{I}_{v2} = \dot{E}_A - \dot{E}_B \\ -(Z_2 + Z_b + Z_M)\dot{I}_{v1} + (Z_2 + Z_b + Z_C + Z_3)\dot{I}_{v2} = \dot{E}_B \end{cases}$$

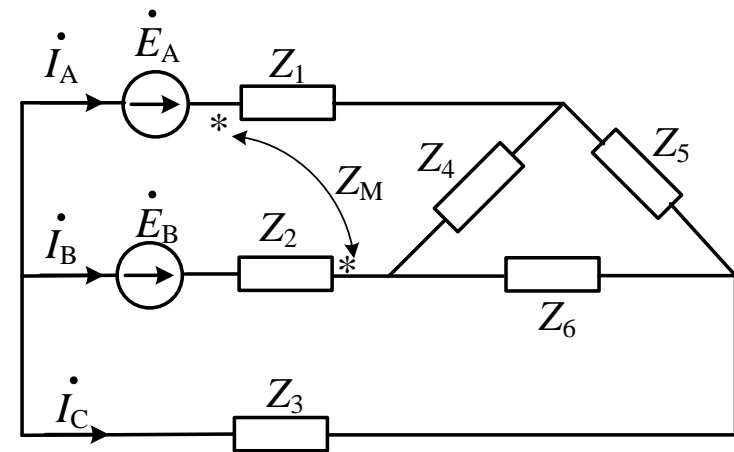


$$\Rightarrow \begin{cases} \dot{I}_A = 0,845 + j0,064 = 0,848 / 4,35^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_B = -0,63 - j1,772 = 1,88 / -109,58^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_C = -0,215 + j1,707 = 1,721 / 97,176^\circ \text{ A} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \tilde{S}_A = \dot{E}_A \dot{I}_A^* = 92,99 - j7,007 \text{ VA} \\ \tilde{S}_B = \dot{E}_B \dot{I}_B^* = 195,07 + j229,08 \text{ VA} \\ \tilde{S}_{z1} = (Z_1 \dot{I}_A - Z_M \dot{I}_B) \dot{I}_A^* = 42,926 + j20,84 \text{ VA} \end{cases}$$

- Tính công suất trên tải  $Z_4$ ?

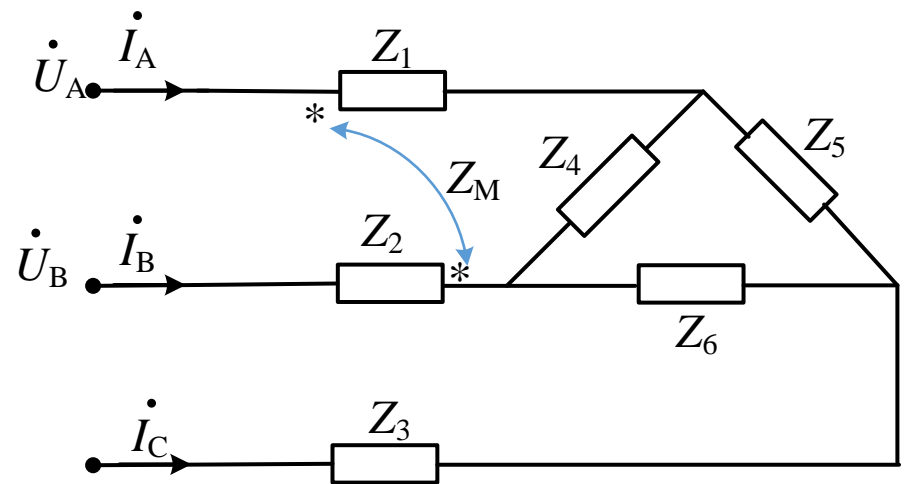
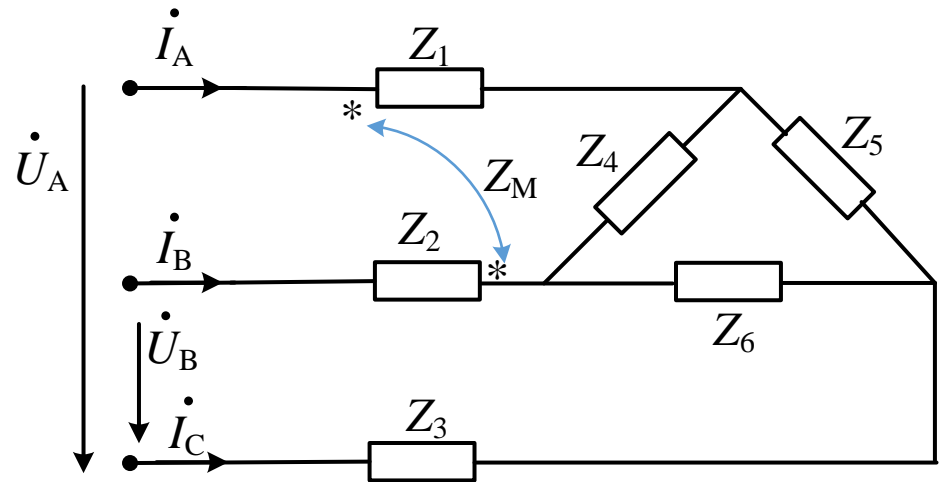
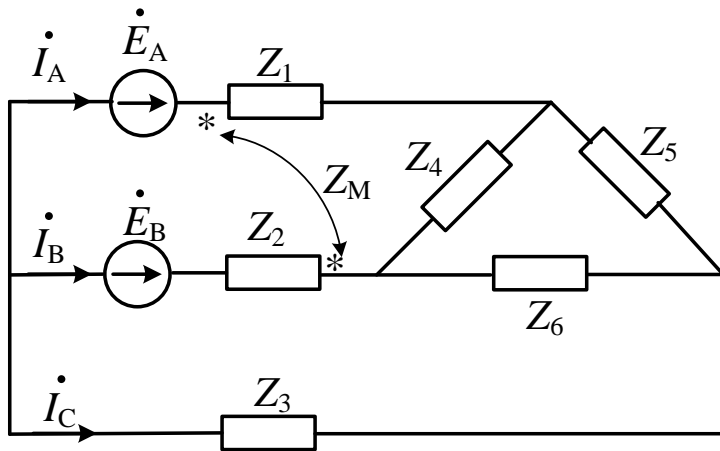
$$Z_1 = 80 + j20 \Omega, Z_2 = 30 + j25 \Omega, Z_3 = j30 \Omega, \\ Z_M = j10 \Omega, Z_4 = 30 + j20 \Omega; Z_5 = Z_6 = 60 \Omega,$$



$$\dot{U}_{z4} = \dot{E}_A - \dot{E}_B - Z_1 \dot{I}_A - Z_M \dot{I}_A + Z_2 \dot{I}_B + Z_M \dot{I}_B$$

$$\rightarrow \dot{I}_{z4} = \frac{\dot{U}_{z4}}{Z_4}$$

$$\Rightarrow \tilde{S}_{Z4} = Z_4 \dot{I}_{Z4}^2 = 26,167 + j17,445 \text{ VA}$$





## ■ Bài tập 2 :

$$\dot{E}_1 = 100 \angle 0^\circ \text{V}$$

$$Z_1 = 100 + j100\Omega$$

$$\dot{E}_2 = 150 \angle 30^\circ \text{V}$$

$$Z_2 = 150 + j150\Omega$$

$$\dot{E}_3 = 200 \angle 60^\circ \text{V}$$

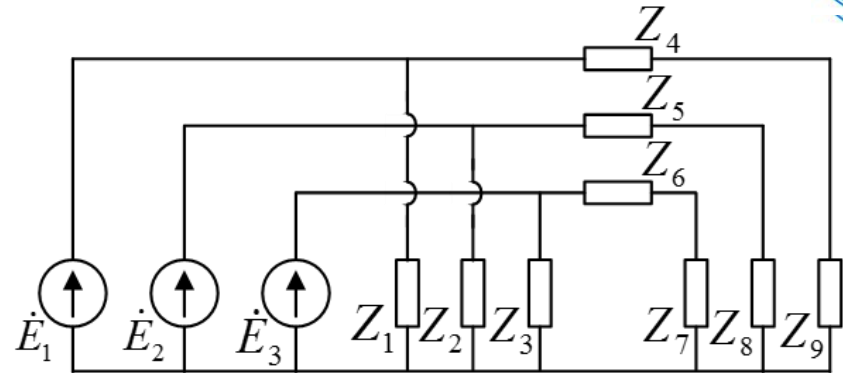
$$Z_3 = 50 + j150\Omega$$

$$Z_4 = Z_5 = Z_6 = 10 + j10\Omega$$

$$Z_7 = 190 + j190\Omega$$

$$Z_8 = 140 + j140\Omega$$

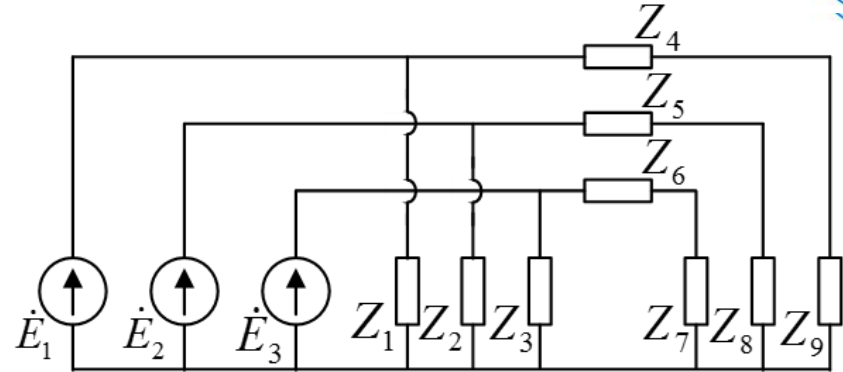
$$Z_9 = 90 + j90\Omega$$



Tính công suất tiêu tán trên các tải  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$

Tính tổng công suất tác dụng của các nguồn áp?

$$\begin{aligned}\dot{E}_1 &= 100 \angle 0^\circ \text{V} & Z_1 &= 100 + j100\Omega \\ \dot{E}_2 &= 150 \angle 30^\circ \text{V} & Z_2 &= 150 + j150\Omega \\ \dot{E}_3 &= 200 \angle 60^\circ \text{V} & Z_3 &= 50 + j150\Omega \\ Z_4 &= Z_5 = Z_6 = 10 + j10\Omega & Z_7 &= 190 + j190\Omega \\ & & Z_8 &= 140 + j140\Omega \\ & & Z_9 &= 90 + j90\Omega\end{aligned}$$



Tính công suất tiêu tán trên các tải  $Z_1, Z_2, Z_3$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1}{Z_1} = 0,7071 \angle -75^\circ = 0,5 - j0,5 \text{A}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2}{Z_2} = 0,7071 \angle -15^\circ = 0,6830 - j0,1830 \text{A}$$

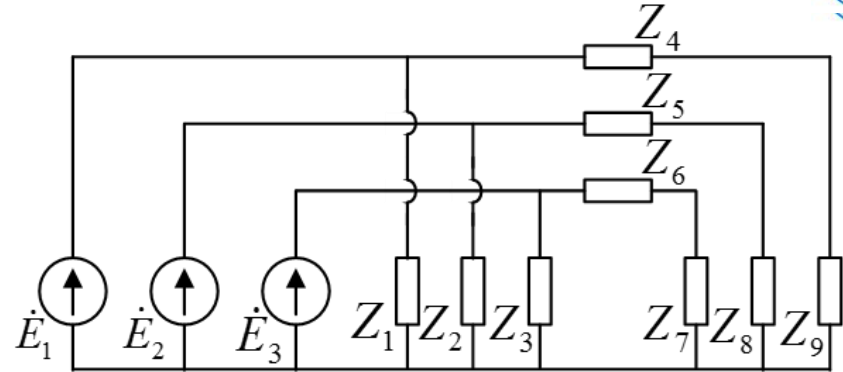
$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_3}{Z_3} = 1,2649 \angle -11,5650^\circ = 1,2392 - j0,2536 \text{A}$$

$$P_1 = \text{Re}\{Z_1 I_1^2\} = 50 \text{W}$$

$$P_2 = \text{Re}\{Z_2 I_2^2\} = 75 \text{W}$$

$$P_3 = \text{Re}\{Z_3 I_3^2\} = 80 \text{W}$$

$$\begin{aligned}\dot{E}_1 &= 100 \angle 0^\circ \text{V} & Z_1 &= 100 + j100\Omega \\ \dot{E}_2 &= 150 \angle 30^\circ \text{V} & Z_2 &= 150 + j150\Omega \\ \dot{E}_3 &= 200 \angle 60^\circ \text{V} & Z_3 &= 50 + j150\Omega \\ Z_4 = Z_5 = Z_6 &= 10 + j10\Omega & Z_7 &= 190 + j190\Omega \\ & & Z_8 &= 140 + j140\Omega \\ & & Z_9 &= 90 + j90\Omega\end{aligned}$$



Tính tổng công suất tác dụng của các nguồn áp?

$$\dot{I}_{E1} = \frac{\dot{E}_1 (Z_1 + Z_4 + Z_9)}{Z_1 (Z_4 + Z_9)} = 1,4142 \angle -45^\circ = 1 - j1 \text{A}$$

$$\dot{I}_{E2} = \frac{\dot{E}_2 (Z_2 + Z_5 + Z_8)}{Z_2 (Z_5 + Z_8)} = 1,4142 \angle -15^\circ = 1,3660 - j0,3660 \text{A}$$

$$\dot{I}_{E3} = \frac{\dot{E}_3 (Z_3 + Z_6 + Z_7)}{Z_3 (Z_6 + Z_7)} = 1,9235 \angle -2,1^\circ = 1,9222 - j0,0706 \text{A}$$

$$P_{e1} = \text{Re} \{ \dot{E}_1 \dot{I}_{E1}^* \} = 100 \text{W}$$

$$P_{e2} = \text{Re} \{ \dot{E}_2 \dot{I}_{E2}^* \} = 150 \text{W}$$

$$P_{e3} = \text{Re} \{ \dot{E}_3 \dot{I}_{E3}^* \} = 180 \text{W}$$

$$P_e = 430 \text{W}$$



## ■ Bài tập 3 :

$$\dot{E}_A = 220 / 0^\circ \text{ kV}$$

$$\dot{E}_B = 220 / -120^\circ \text{ kV} \quad Z_{dc} = 12 + j10 \Omega$$

$$\dot{E}_C = 220 / 120^\circ \text{ kV} \quad Z_d = 6 + j8 \Omega$$

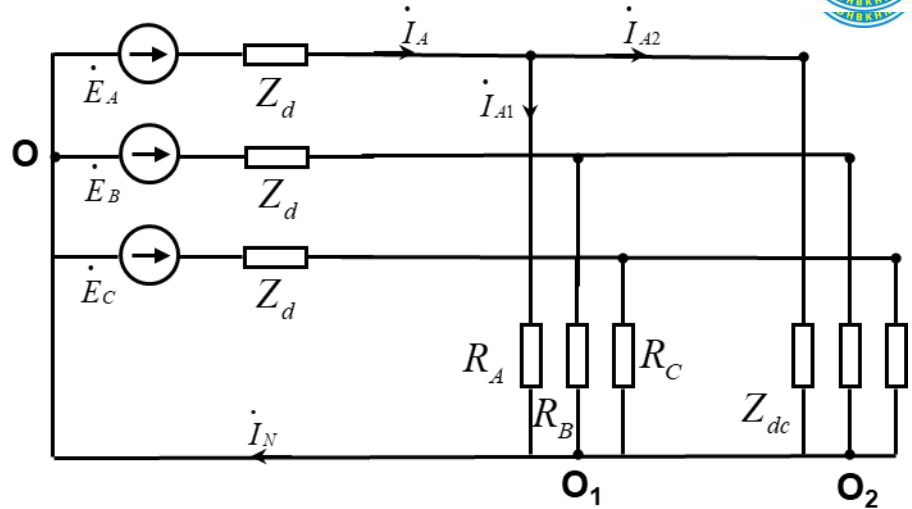
Pha A có 12 bóng đèn 40W-220V

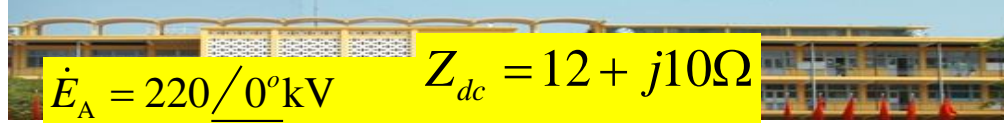
pha B có 6 bóng đèn 75W-220V

pha C có 5 bóng đèn 100W-220V.

Tính:  $\dot{I}_A, \dot{I}_{A1}, \dot{I}_{A2}, \dot{I}_N$

- Mạch điện 3 pha không đối xứng 3 pha – 4 dây, nguồn và tải đấu hình sao.





$$\begin{aligned}\dot{E}_A &= 220 \angle 0^\circ \text{ kV} & Z_{dc} &= 12 + j10 \Omega \\ \dot{E}_B &= 220 \angle -120^\circ \text{ kV} & Z_d &= 6 + j8 \Omega \\ \dot{E}_C &= 220 \angle 120^\circ \text{ kV}\end{aligned}$$

Pha A có 12 bóng đèn 40W-220V  
pha B có 6 bóng đèn 75W-220V  
pha C có 5 bóng đèn 100W-220V.

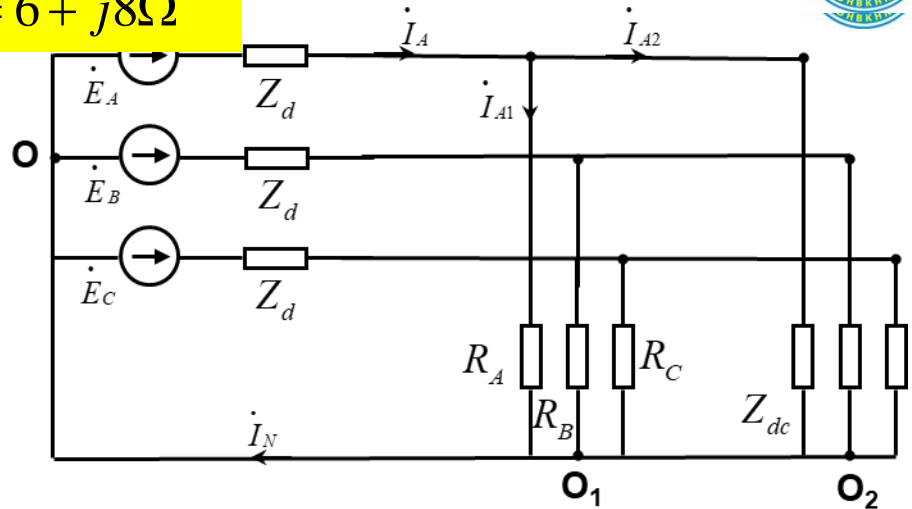
Tính:  $\dot{I}_A, \dot{I}_{A1}, \dot{I}_{A2}, \dot{I}_N$

- Tính tải thấp sáng :

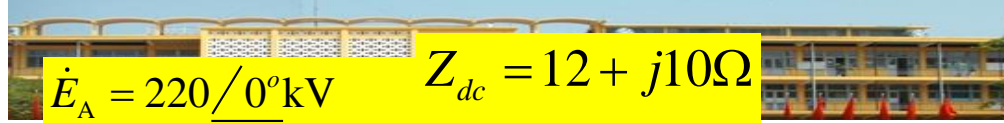
$$R_A = \frac{U_{dm}^2}{12 \cdot P_{denA}} = \frac{220^2}{12 \cdot 40} = 100,83 \Omega$$

$$R_B = \frac{U_{dm}^2}{6 \cdot P_{denB}} = \frac{220^2}{6 \cdot 75} = 107,56 \Omega$$

$$R_C = \frac{U_{dm}^2}{5 \cdot P_{denC}} = \frac{220^2}{5 \cdot 100} = 96,8 \Omega$$







$$\dot{E}_A = 220 \angle 0^\circ \text{ kV} \quad Z_{dc} = 12 + j10 \Omega$$

$$\dot{E}_B = 220 \angle -120^\circ \text{ kV} \quad Z_d = 6 + j8 \Omega$$

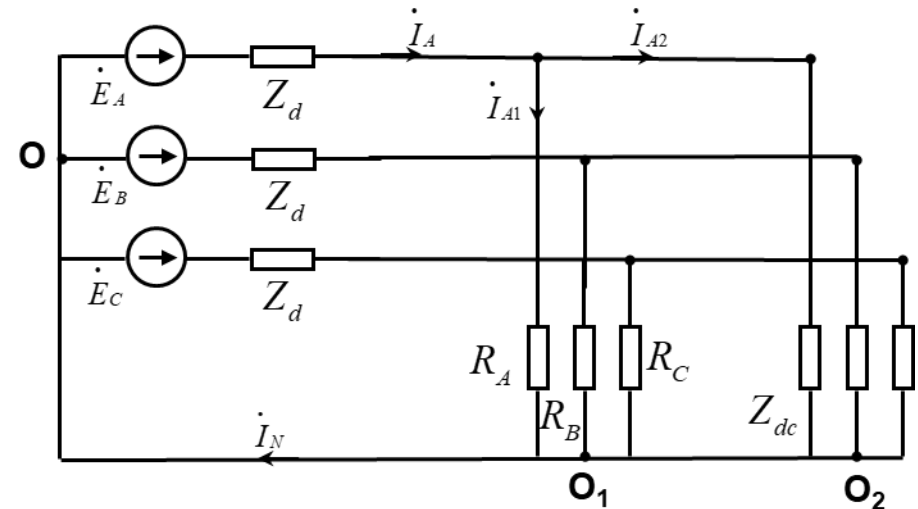
$$\dot{E}_C = 220 \angle 120^\circ \text{ kV}$$

Tính:  $\dot{I}_A, \dot{I}_{A1}, \dot{I}_{A2}, \dot{I}_N$

$$R_A = 100,83 \Omega$$

$$R_B = 107,56 \Omega$$

$$R_C = 96,8 \Omega$$

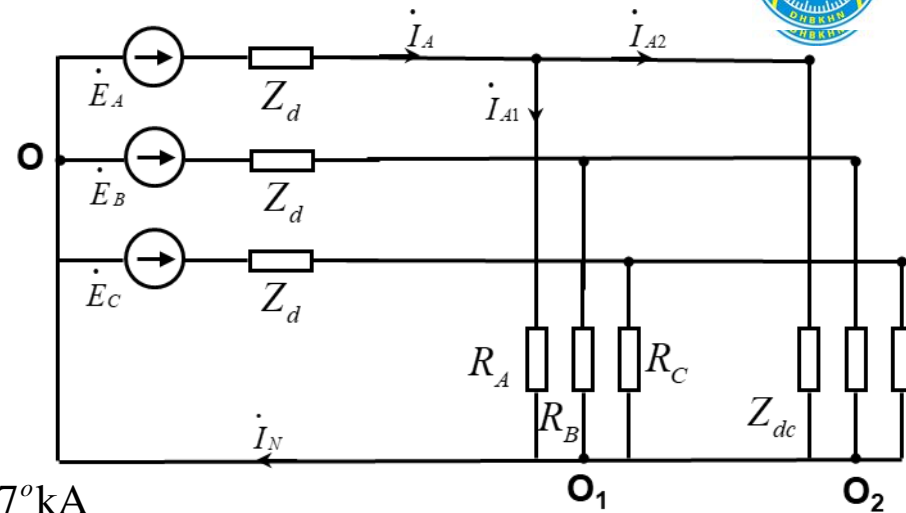


$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z_d + \frac{R_A \cdot Z_{dc}}{R_A + Z_{dc}}} = 0,059 - j1,58 = 1,58 \angle -87,87^\circ \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{A1} = \dot{I}_A \frac{Z_{dc}}{R_A + Z_{dc}} = 0,13 - j0,18 = 0,22 \angle -53,13^\circ \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{A2} = \dot{I}_A - \dot{I}_{A1} = -0,073 - j1,4 = 1,41 \angle -92,99^\circ \text{ kA}$$

Tính:  $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$



$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z_d + \frac{R_A \cdot Z_{dc}}{R_A + Z_{dc}}} = 0,059 - j1,58 = 1,58 \angle -87,87^\circ \text{ kA}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B}{Z_d + \frac{R_B \cdot Z_{dc}}{R_B + Z_{dc}}} = -8,85 - j2,78 = 9,28 / -162,56^\circ \text{ kA}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C}{Z_d + \frac{R_C \cdot Z_{dc}}{R_B + Z_{dc}}} = 2 + j9,13 = 9,35 / -77,67^\circ \text{ kA}$$

$$I_N = I_A + I_B + I_C = -6,8 + 4,77 = 8,31/144,93^\circ \text{ kA}$$



## Phương pháp thành phần đối xứng (1)

### ■ Khái niệm:

- Phân tích mạch không đối xứng thành những hệ thành phần đối xứng theo dạng chính tắc. Tìm đáp ứng đối với mỗi thành phần đối xứng đó rồi xếp chồng lại.

➤ Phương pháp thành phần đối xứng của Fortescue:

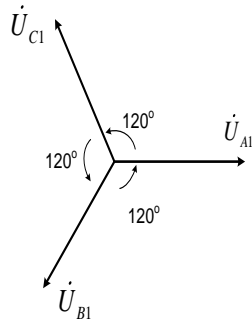
Phân tích chính tắc những hệ dòng áp ba pha thành những thành phần đối xứng thuận, nghịch, và không (zero).

## Phương pháp thành phần đối xứng (2)

- Phương pháp Fortescue: Phân tích hệ dòng áp ba pha thành những thành phần đối xứng: Thứ tự thuận, nghịch, và không (zero).

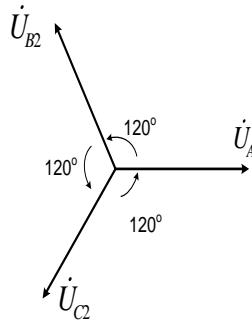
Sử dụng toán tử quay:  $a = e^{j120^\circ}$   $a = 1/\underline{120^\circ}$  ;  $a^3 = 1$  ;  $a^{-1} = a^2$  ;  $1 + a^2 + a = 0$

Thứ tự thuận:



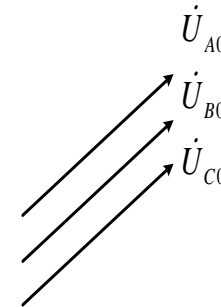
$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} \\ \dot{U}_{B1} = a^2 \dot{U}_{A1} \\ \dot{U}_{C1} = a \dot{U}_{A1} \end{cases}$$

Thứ tự nghịch:



$$\begin{cases} \dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_{B2} = a \dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_{C2} = a^2 \dot{U}_{A2} \end{cases}$$

Thứ tự không :



$$\begin{cases} \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_{B0} = \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_{C0} = \dot{U}_{A0} \end{cases}$$



## Phương pháp thành phần đối xứng (3)

### ■ Phân tích bộ nguồn bất đối xứng:

Công thức tổng hợp:

$$\begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_B = \dot{U}_{B1} + \dot{U}_{B2} + \dot{U}_{B0} \\ \dot{U}_C = \dot{U}_{C1} + \dot{U}_{C2} + \dot{U}_{C0} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \dot{U}_A = \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_B = a^2 \dot{U}_{A1} + a \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_C = a \dot{U}_{A1} + a^2 \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{U}_A \\ \dot{U}_B \\ \dot{U}_C \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_{A1} \\ \dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_{A0} \end{bmatrix}$$

Công thức phân tích:

$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} = \frac{1}{3} \dot{U}_A + a \dot{U}_B + a^2 \dot{U}_C \\ \dot{U}_{A2} = \frac{1}{3} \dot{U}_A + a^2 \dot{U}_B + a \dot{U}_C \\ \dot{U}_{A0} = \frac{1}{3} \dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C \end{cases} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \dot{U}_{A1} \\ \dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_{A0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \dot{U}_A \\ \dot{U}_B \\ \dot{U}_C \end{bmatrix}$$



## Phương pháp thành phần đối xứng (4)

- Tính chất của các thành phần đối xứng
  - Tổng của ba lượng pha bằng 3 lần thành phần thứ tự không

$$\begin{cases} \dot{A} = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \\ \dot{B} = a^2 \dot{A}_1 + a \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \\ \dot{C} = a \dot{A}_1 + a^2 \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} \dot{A} + \dot{B} + \dot{C} &= (1 + a^2 + a) \dot{A}_1 + (1 + a^2 + a) \dot{A}_2 + 3\dot{A}_0 \\ &\rightarrow \dot{A} + \dot{B} + \dot{C} = 3\dot{A}_0 \end{aligned}$$

- Hiệu của hai lượng pha không chứa thành phần thứ tự không

$$\begin{cases} \dot{A} = \dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \\ \dot{B} = a^2 \dot{A}_1 + a \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \\ \dot{C} = a \dot{A}_1 + a^2 \dot{A}_2 + \dot{A}_0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{A} - \dot{B} = 1 - a^2 \dot{A}_1 + 1 - a \dot{A}_2 \\ \dot{A} - \dot{C} = 1 - a \dot{A}_1 + 1 - a^2 \dot{A}_2 \\ \dots \end{cases}$$

- Dòng điện trong dây trung tính bằng 3 lần dòng điện thứ tự không

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 3\dot{I}_0$$



$$a = 1/120^\circ$$

## Phương pháp thành phần đối xứng (5)

- Ví dụ 4: Phân tích hệ thống điện áp không đối xứng trên tải thành các thành phần đối xứng, cho:  $\dot{U}_A = 120V; \dot{U}_B = 120/\underline{-120^\circ}V; \dot{U}_C = 0$

- Các thành phần đối xứng của điện áp trên pha A:

$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} = \frac{1}{3} \dot{U}_A + a\dot{U}_B + a^2\dot{U}_C = \frac{1}{3} \left| 120 + 120/\underline{120^\circ} - 120^\circ \right| = 80V \\ \dot{U}_{A2} = \frac{1}{3} \left( \dot{U}_A + a^2\dot{U}_B + a\dot{U}_C \right) = \frac{1}{3} \left| 120 + 120/\underline{240^\circ} - 120^\circ \right| = 40/\underline{60^\circ}V \\ \dot{U}_{A0} = \frac{1}{3} \left( \dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C \right) = \frac{1}{3} \left| 120 + 120/\underline{-120^\circ} \right| = 40/\underline{-60^\circ}V \end{cases}$$

- Các thành phần đối xứng của điện áp trên pha B,C

$$\dot{U}_{A1} \rightarrow \begin{cases} \dot{U}_{B1} = a^2\dot{U}_{A1} = 80/\underline{-120^\circ}V \\ \dot{U}_{C1} = a\dot{U}_{A1} = 80/\underline{120^\circ}V \end{cases} \quad \dot{U}_{A2} \rightarrow \begin{cases} \dot{U}_{B2} = a\dot{U}_{A2} = 40/\underline{180^\circ}V \\ \dot{U}_{C2} = a^2\dot{U}_{A2} = 40/\underline{-60^\circ}V \end{cases}$$

$$\dot{U}_{A0} \rightarrow \dot{U}_{B0} = \dot{U}_{C0} = \dot{U}_{A0} = 40/\underline{-60^\circ}V$$



# Phân tích mạch ba pha có nguồn không đối xứng (1)

## Phân tích mạch ba pha có nguồn không đối xứng

Giả sử nguồn ba pha có các sức

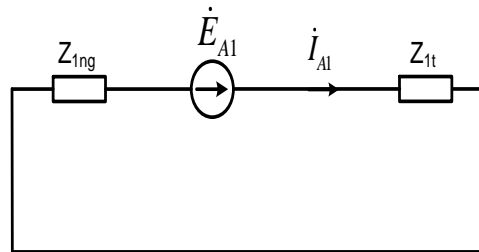
điện động  $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$  không đối xứng đặt lên một tải

Cần tìm dòng điện xác lập trong các pha của tải

- Thành phần thứ tự thuận:

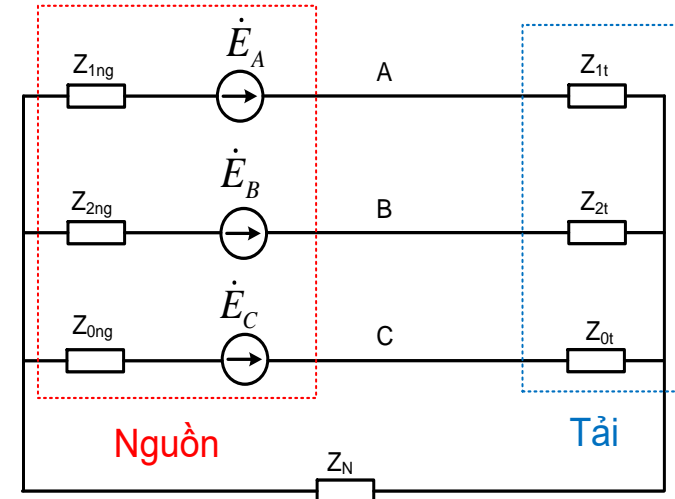
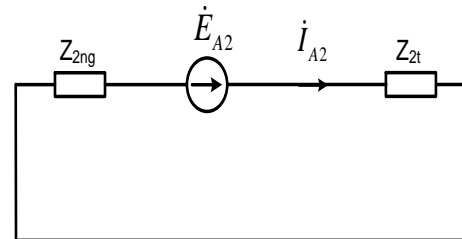
Tách riêng pha A:

$$\dot{I}_{A1} = \frac{\dot{E}_{A1}}{Z_{1ng} + Z_{1t}}$$



- Thành phần thứ tự nghịch:

$$\dot{I}_{A2} = \frac{\dot{E}_{A2}}{Z_{2ng} + Z_{2t}}$$



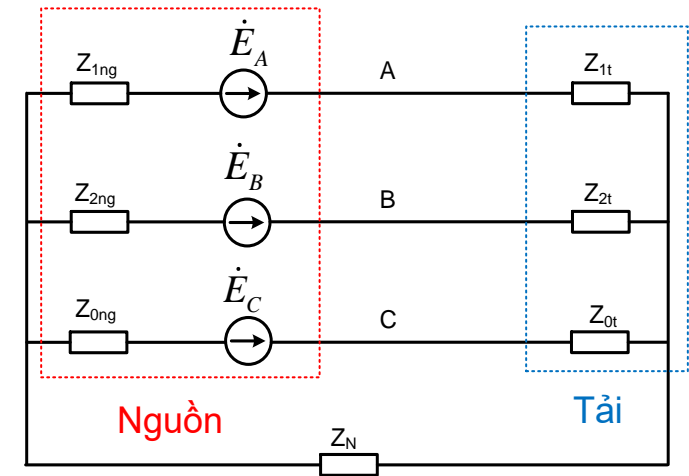
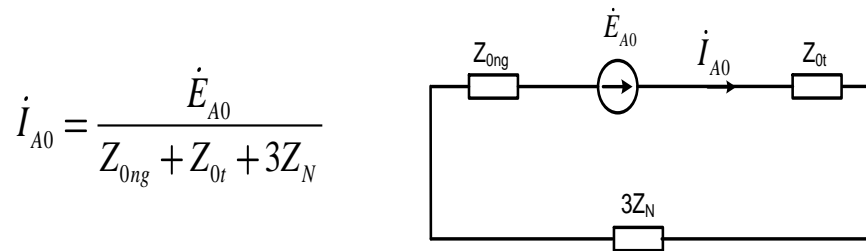




## Phân tích mạch ba pha có nguồn không đối xứng (2)

- Thành phần thứ tự không:

Dòng điện thứ tự không chạy qua dây trung tính (dòng điện trong dây trung tính bằng 3 lần dòng điện dây)



- Tổng hợp (xếp chồng) kết quả:

$$\begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \\ \dot{I}_B = \dot{I}_{B1} + \dot{I}_{B2} + \dot{I}_{B0} = a^2 \dot{I}_{A1} + a \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \\ \dot{I}_C = \dot{I}_{C1} + \dot{I}_{C2} + \dot{I}_{C0} = a \dot{I}_{A1} + a^2 \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \end{cases}$$



## Ví dụ phương pháp phân tích thành phần đối xứng (1)

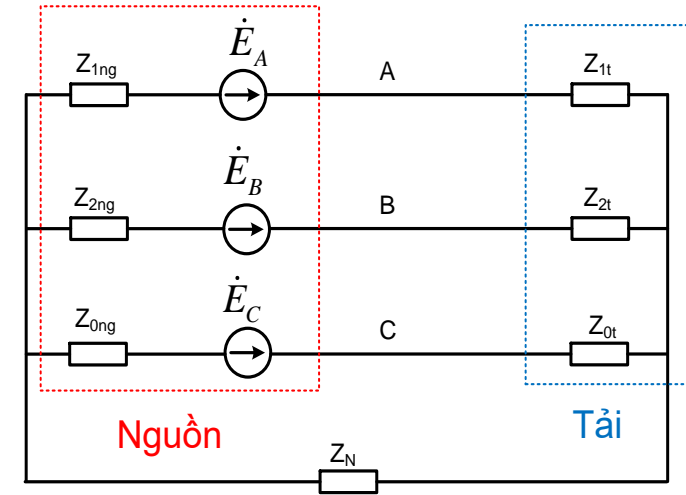
- Ví dụ 5: Tính dòng điện trong các pha của mạch ba pha không đối xứng, cho:

$$\dot{E}_A = 6500\text{V}; \dot{E}_B = 6800 \angle -135^\circ \text{V}; \dot{E}_C = 6300 \angle 130^\circ \text{V}$$

$$Z_{1ng} = Z_{2ng} = j14\Omega; Z_{0ng} = j1\Omega; Z_N = j10\Omega;$$

$$Z_{1t} = 40 + j45\Omega; Z_{2t} = 2 + j8\Omega; Z_{0t} = j3\Omega;$$

- Phân tích hệ thống sức điện động nguồn thành các thành phần:



$$\begin{cases} \dot{E}_{A1} = \frac{1}{3} \dot{E}_A + a\dot{E}_B + a^2\dot{E}_C = \frac{1}{3} \left( 6500 + 6800 \angle -15^\circ + 6300 \angle 10^\circ \right) = 6420 \angle -2^\circ \text{V} \\ \dot{E}_{A2} = \frac{1}{3} \left( \dot{E}_A + a^2\dot{E}_B + \dot{E}_C \right) = \frac{1}{3} \left( 6500 + 6800 \angle 105^\circ + 6300 \angle 250^\circ \right) = 890 \angle 13,5^\circ \text{V} \\ \dot{E}_{A0} = \frac{1}{3} \left( \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C \right) = \frac{1}{3} \left( 6500 + 6800 \angle -135^\circ + 6300 \angle 130^\circ \right) = -783 \text{V} \end{cases}$$



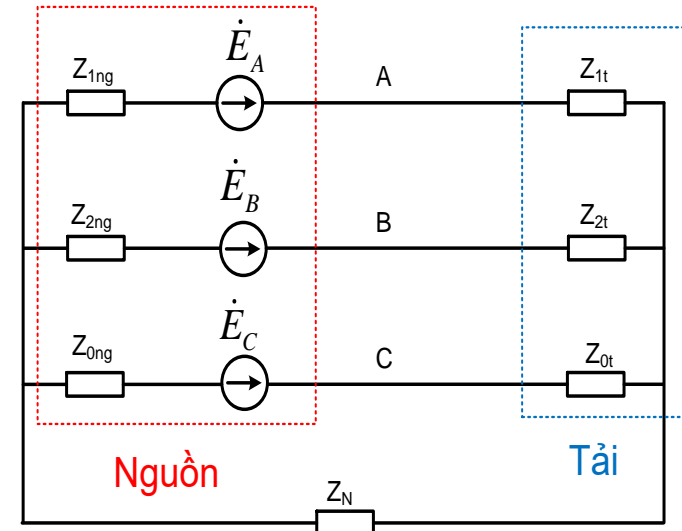
## Ví dụ phương pháp phân tích thành phần đối xứng (2)

- Các thành phần thứ tự thuận, nghịch, không của pha A:

$$\dot{I}_{A1} = \frac{\dot{E}_{A1}}{Z_{1ng} + Z_{1t}} = \frac{6420 / -2^\circ}{j14 + 40 + j45} = 90,2 / -57,5^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{A2} = \frac{\dot{E}_{A2}}{Z_{2ng} + Z_{2t}} = \frac{890 / 13,5^\circ}{j14 + 2 + j8} = 40,3 / -71^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{A0} = \frac{\dot{E}_{A0}}{Z_{0ng} + Z_{0t} + 3Z_N} = \frac{-783}{j1 + j2 + j30} = 23 / 90^\circ \text{ A}$$



- Dòng điện trên các pha của tải:

$$\begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 111 / -56,2^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_B = \dot{I}_{B1} + \dot{I}_{B2} + \dot{I}_{B0} = a^2 \dot{I}_{A1} + a \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 81,2 / 141,5^\circ \text{ A} \\ \dot{I}_C = \dot{I}_{C1} + \dot{I}_{C2} + \dot{I}_{C0} = a \dot{I}_{A1} + a^2 \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 111 / 82,5^\circ \text{ A} \end{cases}$$