



LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 8: Mạch điện ba pha.

I. Khái niệm.

II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.

III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.

IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng

V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.

Bài tập: 10.1 - 10.5, 11.1 - 11.5, bài thêm

Chương 8: Mạch điện ba pha

I.1. Định nghĩa.

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

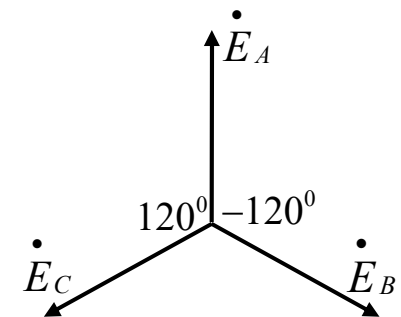
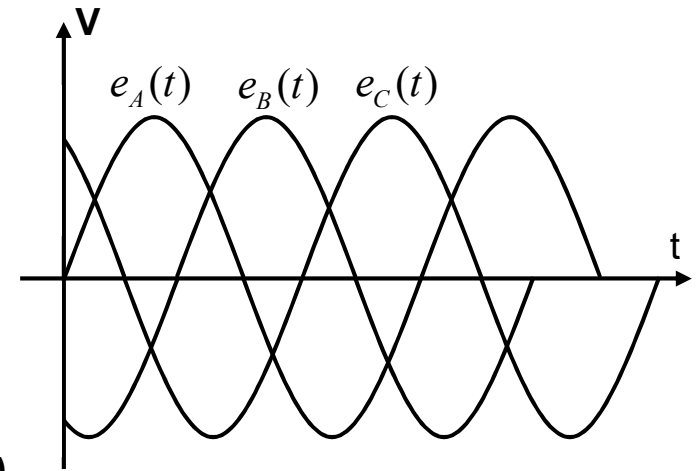
➤ Nguồn điện ba pha gồm 3 nguồn điện 1 pha:

❖ *Cùng biên độ* hiệu dụng.

❖ *Cùng tần số.*

❖ *Pha ban đầu* lệch nhau 120°

$$\begin{cases} e_A(t) = E_m \cdot \sin \omega t (V). \\ e_B(t) = E_m \cdot \sin(\omega t - 120^\circ) (V). \\ e_C(t) = E_m \cdot \sin(\omega t + 120^\circ) (V). \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} \dot{E}_A = E \angle 0^\circ (V) \\ \dot{E}_B = E \angle -120^\circ (V) \\ \dot{E}_C = E \angle 120^\circ (V) \end{cases}$$



➤ **Nhận xét:**

❖ *Tổng các suất điện động của 3 dây quấn đều triệt tiêu.*

$$e_A(t) + e_B(t) + e_C(t) = 0 \quad \dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$$

❖ Thứ tự thuận (ngược): Pha B (C) chậm hơn pha A góc 120° ; pha C (B) sớm hơn pha A góc 120° .



Chương 8: Mạch điện ba pha



I.2. Cách tạo nguồn điện ba pha.

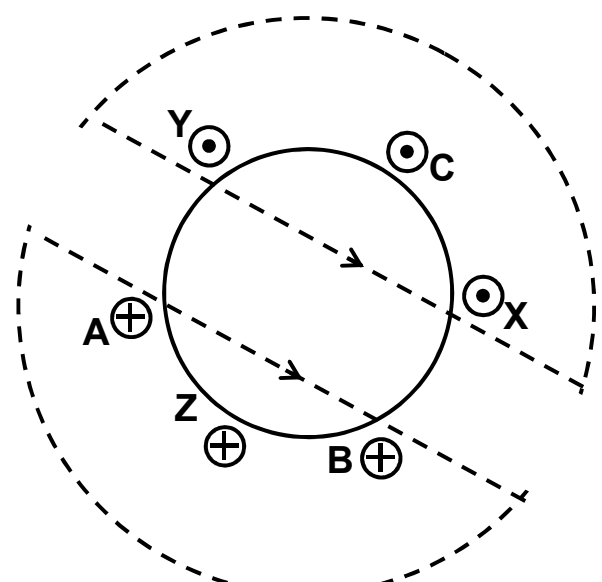
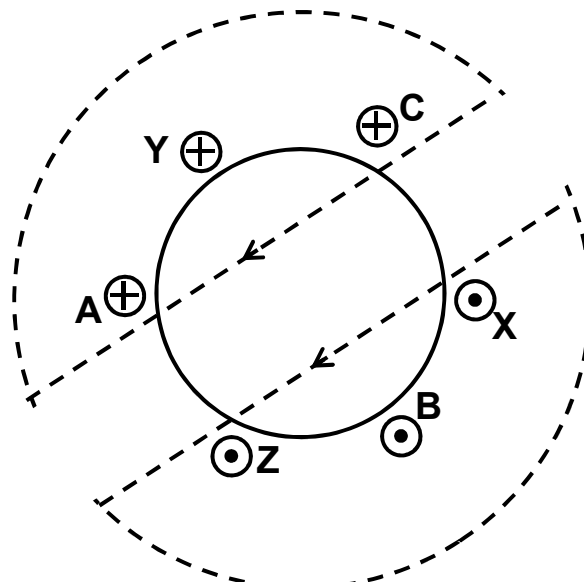
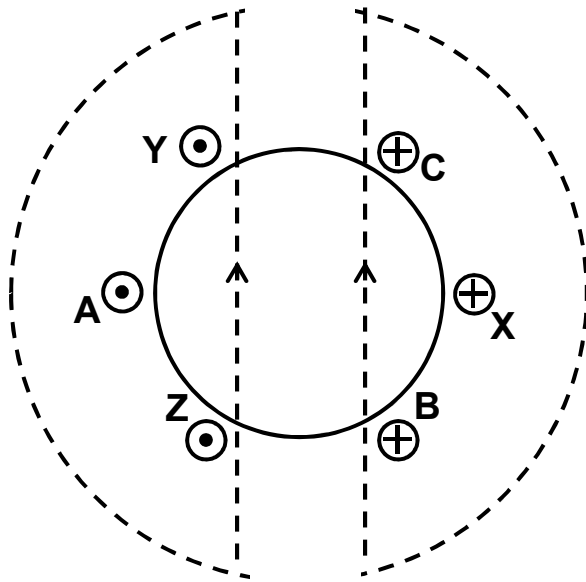
- Sử dụng *máy phát điện xoay chiều đồng bộ ba pha đối xứng*.
- **Cấu tạo :**
 - ❖ **Stator:** Hình trụ, gắn cố định với thân máy, đặt 3 cuộn dây AX, BY, CZ giống nhau, lệch nhau trong không gian 120° .
 - ❖ **Rotor:** Hình trụ, đặt trong stator, trục rotor được gắn với tuốc bin.
- **Nguyên lý hoạt động:**
 - ❖ Rotor được từ hóa bằng dòng điện 1 chiều (lấy từ nguồn kích thích ngoài)
→ nam châm điện.
 - ❖ Rotor quay đều với vận tốc ω (do lực ngoài tác động của hơi nước, thủy điện, động cơ kéo ...) → từ trường của rotor quét qua các dây quấn stator
→ suất điện động cảm ứng trên các cuộn dây AX, BY, CZ.

I.3. Động cơ không đồng bộ ba pha.

a. Từ trường quay.

- Xét 3 cuộn dây stator cấp bởi dòng điện 3 pha đối xứng.

$$\begin{cases} i_A(t) = I_m \cdot \cos \omega t. \\ i_B(t) = I_m \cdot \cos(\omega t - 120^\circ). \\ i_C(t) = I_m \cdot \cos(\omega t - 240^\circ). \end{cases}$$



- Tại $t = 0 \rightarrow i_A = I_m ; i_B = i_C = \frac{-I_m}{2}$
- Tại $t = \frac{T}{3} \rightarrow i_B = I_m ; i_A = i_C = \frac{-I_m}{2}$
- Tại $t = \frac{2T}{3} \rightarrow i_C = I_m ; i_A = i_B = \frac{-I_m}{2}$

- **Quy ước:** Dòng điện dương là dòng đi ra khỏi đầu cuộn dây, đi vào cuối cuộn dây.

→ **áp dụng quy tắc vặn nút chai**

→ **Từ trường trong máy điện là từ trường quay.**

I.3. Động cơ không đồng bộ ba pha.

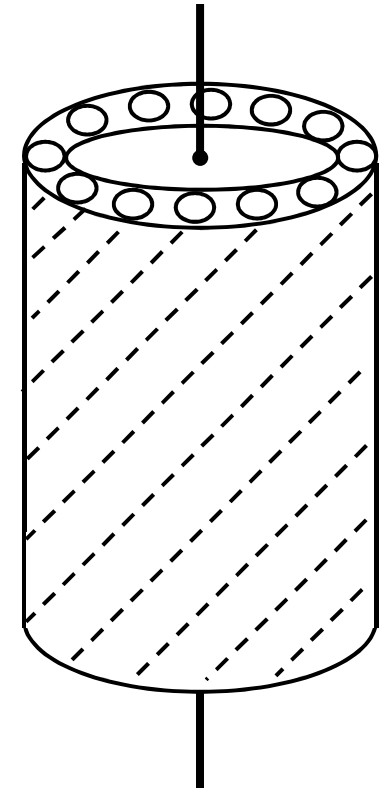
b. Động cơ không đồng bộ ba pha.

➤ Cấu tạo:

- ❖ **Stator:** Gồm các cuộn dây tạo ra từ trường quay.
- ❖ **Rotor:** Cấu tạo kiểu lồng sóc đoạn mạch, các thanh dẫn lắp xiên so với đường sinh của lồng sóc.

➤ Nguyên lý hoạt động:

- ❖ *Từ trường quay* do cuộn dây stator tạo ra cắt các thanh dẫn dây quấn rotor → sinh ra *suất điện động cảm ứng*.
- ❖ Dây quấn rotor nối ngắn mạch → các *suất điện động cảm ứng sinh ra các dòng điện cảm ứng* trong các thanh dẫn.
- ❖ *Lực tác dụng tương hỗ* giữa dòng điện trong thanh dẫn với từ trường quay làm *rotor quay cùng chiều với chiều quay của từ trường*.

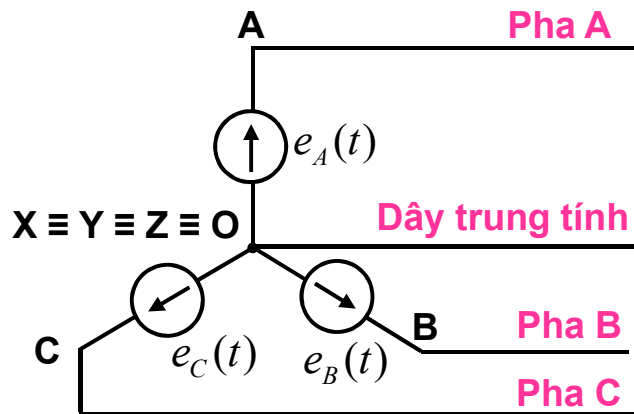


I.4. Cách đấu dây mạch ba pha.

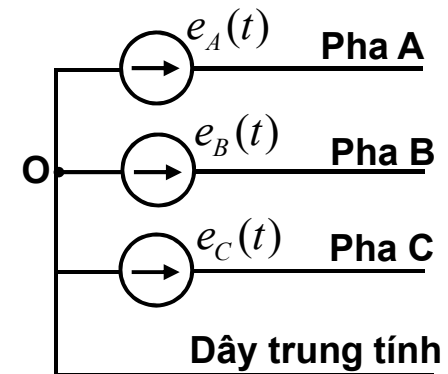
- Mỗi dây quấn stator có một cực đầu và một cực cuối (*cực đầu là cực ở đáy chiều dương dòng điện đi ra, cực còn lại là cực cuối*).
- Có 2 cách đấu dây nguồn ba pha:

❖ Nối hình sao Y:

- ✓ Nối 3 cực cuối X, Y, Z chụm một điểm O (*điểm trung tính của nguồn*).



Sơ đồ tương đương



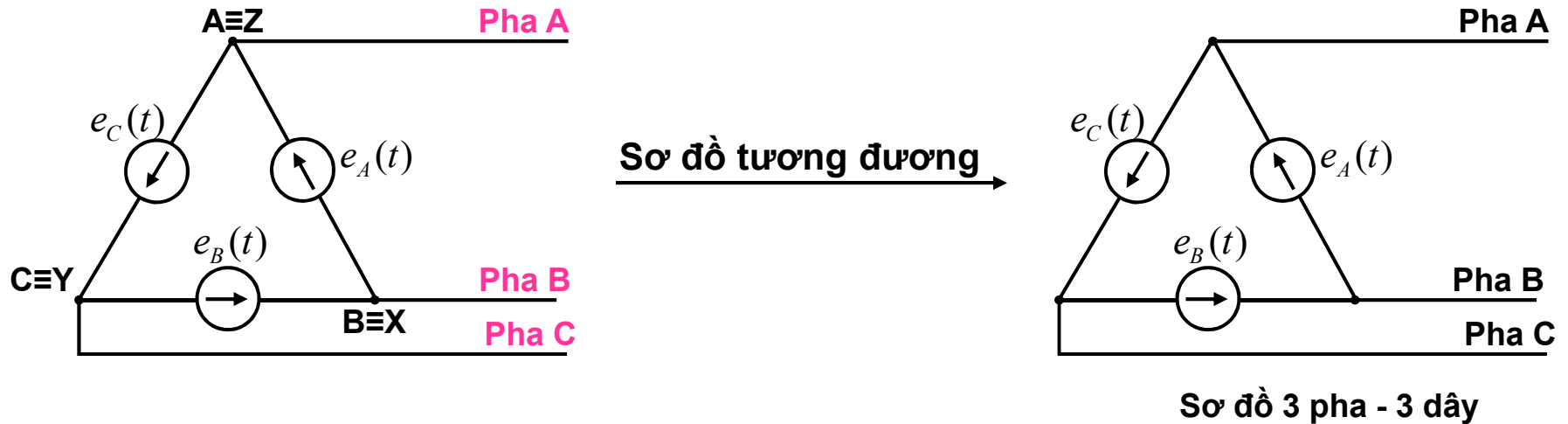
Sơ đồ 3 pha - 4 dây

- ✓ Sơ đồ 3 pha - 4 dây thường dùng cung cấp cho mạng điện sinh hoạt với tải đầu hình sao.

I.4. Cách đấu dây mạch ba pha.

❖ Nối tam giác Δ :

✓ Đầu dây của cuộn trước nối với điểm cuối của cuộn sau.

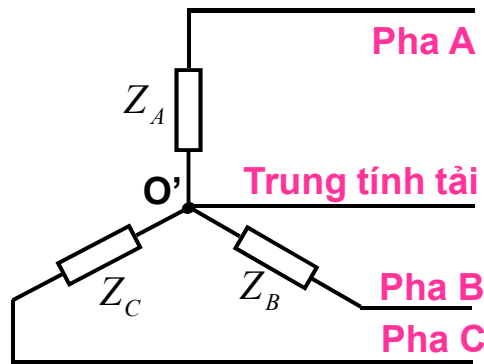


✓ Sơ đồ 3 pha - 3 dây, nguồn, tải nối theo sơ đồ tam giác thường cung cấp cho tải công nghiệp (động cơ 3 pha)

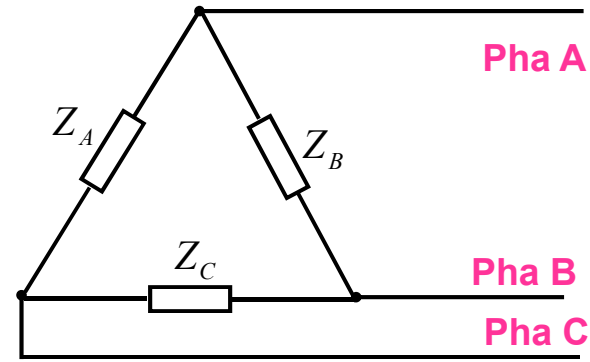
Chương 8: Mạch điện ba pha

I.4. Cách đấu dây mạch ba pha.

➤ Tải 3 pha có thể được đấu theo 2 cách: Y và Δ

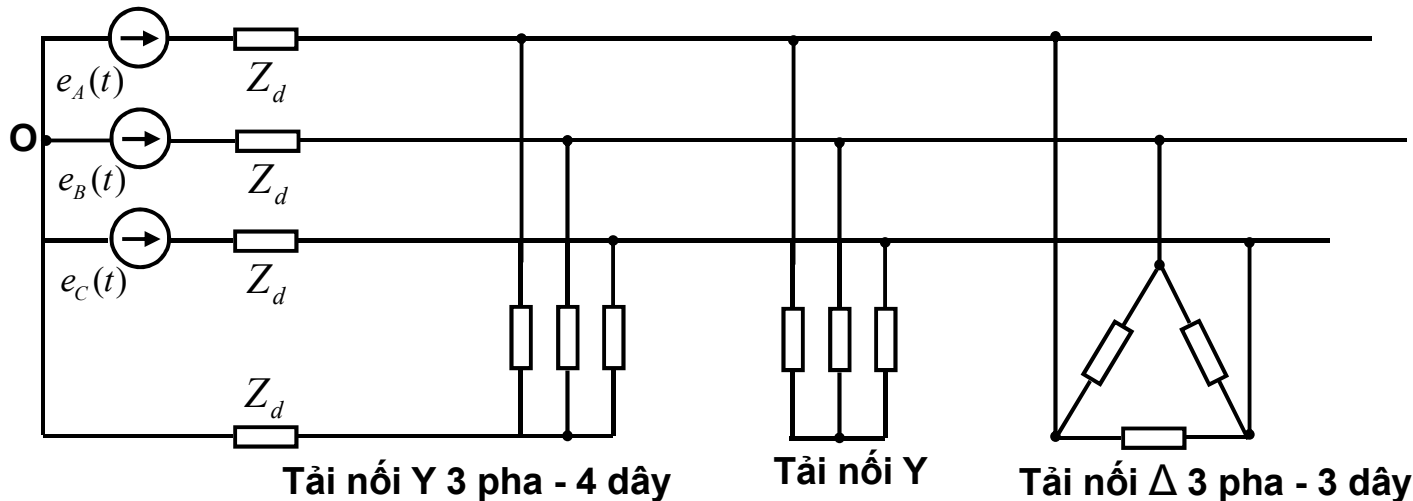


Sơ đồ hình Y - 3 pha - 4 dây



Sơ đồ hình Δ - 3 pha - 3 dây

➤ Nguồn & tải có thể đấu khác nhau.





LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 8: Mạch điện ba pha.

I. Khái niệm.

II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.

II.1. Khái niệm mạch ba pha đối xứng.

II.2. Đặc điểm mạch ba pha đối xứng.

II.3. Cách phân tích mạch ba pha đối xứng.

II.4. Mạch ba pha không đối xứng tải tĩnh.

III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.

IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng

V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.



Chương 8: Mạch điện ba pha



II.1. Khái niệm mạch ba pha đối xứng.

- Có thể coi: Mạch ba pha gồm ba mạch điện 01 pha.

Ví dụ: Máy phát điện có 3 dây quấn, đường dây truyền tải có 3 dây, tải 3 ba gồm 3 tải một pha hợp thành.

- **Mạch điện ba pha đối xứng** là mạch điện ba pha có **nguồn đối xứng** và **tải đối xứng**:

- ❖ Nguồn ba pha đối xứng:

- ✓ Biên độ bằng nhau.

- ✓ Tần số bằng nhau.

- ✓ Pha ban đầu lệch nhau 120°

- ❖ Tải ba pha đối xứng là tải có

- ✓ Biên độ bằng nhau.

- ✓ Pha bằng nhau.

- Đại lượng pha - đại lượng dây.

- ❖ Dòng điện chảy trên dây dẫn từ nguồn đến tải & điện áp giữa các dây ấy gọi là **dòng điện dây** & **điện áp dây**

- ❖ Dòng điện & điện áp trên các pha của nguồn (tải) được gọi là **dòng điện pha** & **điện áp pha**.

II.2. Đặc điểm mạch ba pha đối xứng.

a. Mạch nối hình sao Y.

- Xét điện áp giữa 2 điểm trung tính nguồn và tải:

$$\dot{U}_{O'O} = \frac{Y_A \cdot \dot{E}_A + Y_B \cdot \dot{E}_B + Y_C \cdot \dot{E}_C}{Y_A + Y_B + Y_C} \quad \text{Vì mạch ba pha đối xứng} \quad Y_A = Y_B = Y_C = Y$$

$$\rightarrow \dot{U}_{O'O} = \frac{Y \cdot \dot{E}_A + Y \cdot \dot{E}_B + Y \cdot \dot{E}_C}{3Y} = \frac{\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C}{3} = 0 \rightarrow$$

Trung tính nguồn và tải trùng nhau

- Áp dụng luật K2 cho vòng OAO'O:

$$\dot{E}_A = \dot{U}_A + \dot{U}_{O'O} = \dot{U}_A \rightarrow$$

Hệ thống điện áp pha trên tải đối xứng

- Tương tự: $\dot{E}_B = \dot{U}_B$; $\dot{E}_C = \dot{U}_C$

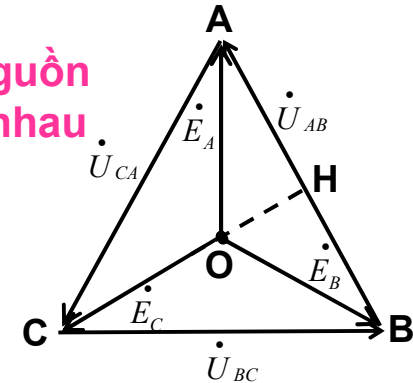
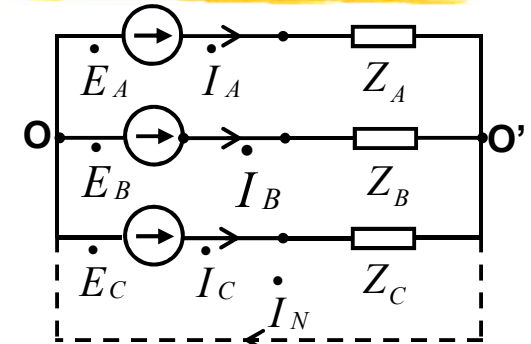
- Xét tam giác OAH:

$$U_{AB} = 2 \cdot U_A \cdot \cos 30^\circ = \sqrt{3} \cdot U_A \rightarrow \dot{U}_{AB} = \sqrt{3} \cdot \dot{U}_A \cdot e^{j \cdot 30^\circ}$$

- Hệ thống dòng điện: $\dot{I}_A = Y \cdot \dot{U}_A$; $\dot{I}_B = Y \cdot \dot{U}_B$; $\dot{I}_C = Y \cdot \dot{U}_C \rightarrow$

Hệ thống dòng điện pha đối xứng

- Dòng điện dây trung tính: $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$

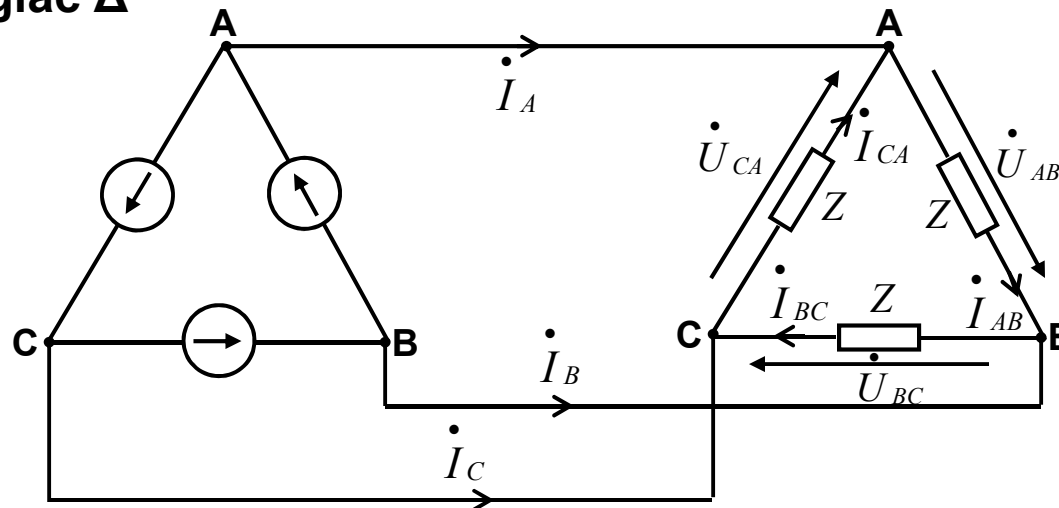


$$\dot{I}_d = \dot{I}_f; \dot{U}_d = \sqrt{3} \cdot \dot{U}_f \cdot e^{j \cdot 30^\circ}$$

$$\dot{I}_N = 0$$

II.2. Đặc điểm mạch ba pha đối xứng.

b. Mạch nối tam giác Δ

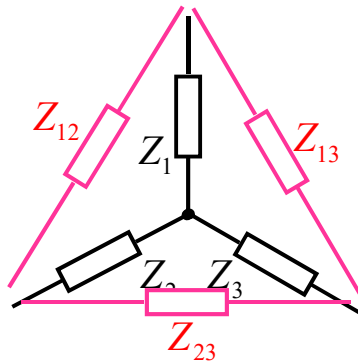


$$\dot{I}_d = \sqrt{3} \dot{I}_f \cdot e^{j.30^\circ} ; \quad \dot{U}_d = \dot{U}_f$$

II.3. Cách phân tích mạch ba pha đối xứng.

- Việc phân tích mạch 3 pha đối xứng có thể đưa phân tích trên một pha (trạng thái trên 2 pha còn lại giống như trên pha đang xét nhưng lệch 1/3 chu kỳ)
- Quá trình phân tích thường thực hiện trên sơ đồ nối Y
 - ❖ Công thức biến đổi tổng trở

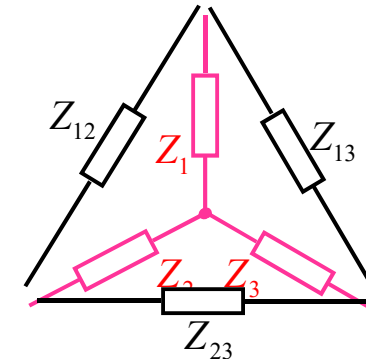
Công thức chuyển $Y \rightarrow \Delta$



$$Z_{12} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_3} \quad Z_{13} = Z_1 + Z_3 + \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2}$$

$$Z_{23} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_1}$$

Công thức chuyển $\Delta \rightarrow Y$



$$Z_1 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{13}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}} \quad Z_2 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}}$$

$$Z_3 = \frac{Z_{13} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}}$$

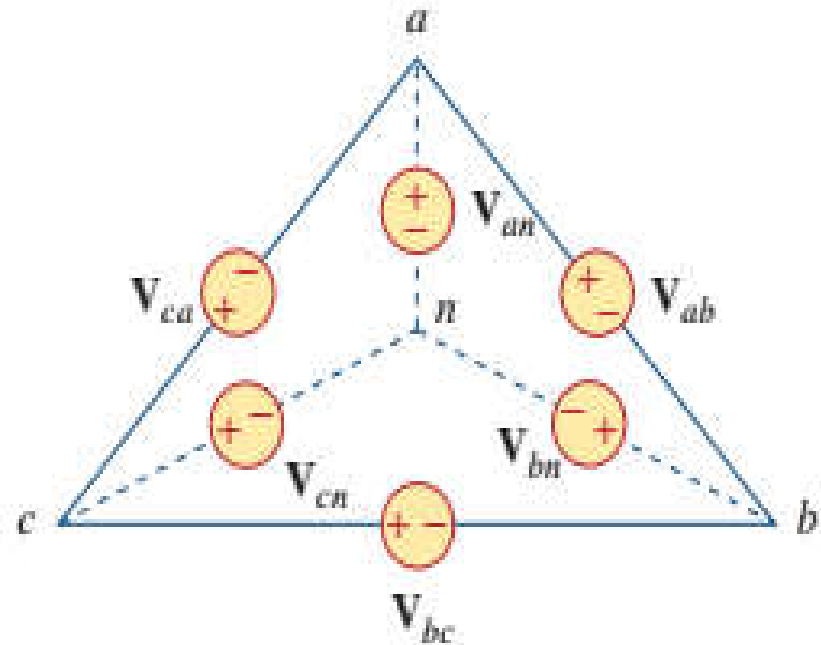
II.3. Cách phân tích mạch ba pha đối xứng.

- Quá trình phân tích thường thực hiện trên sơ đồ nối Y
 - ❖ Công thức biến đổi nguồn

$$V_{an} = \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ$$

$$V_{bn} = \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}} \angle -150^\circ$$

$$V_{cn} = \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}} \angle 90^\circ$$



II.3. Cách phân tích mạch ba pha đối xứng.

Ví dụ 8.1 : Xét mạch 3 pha đối xứng.

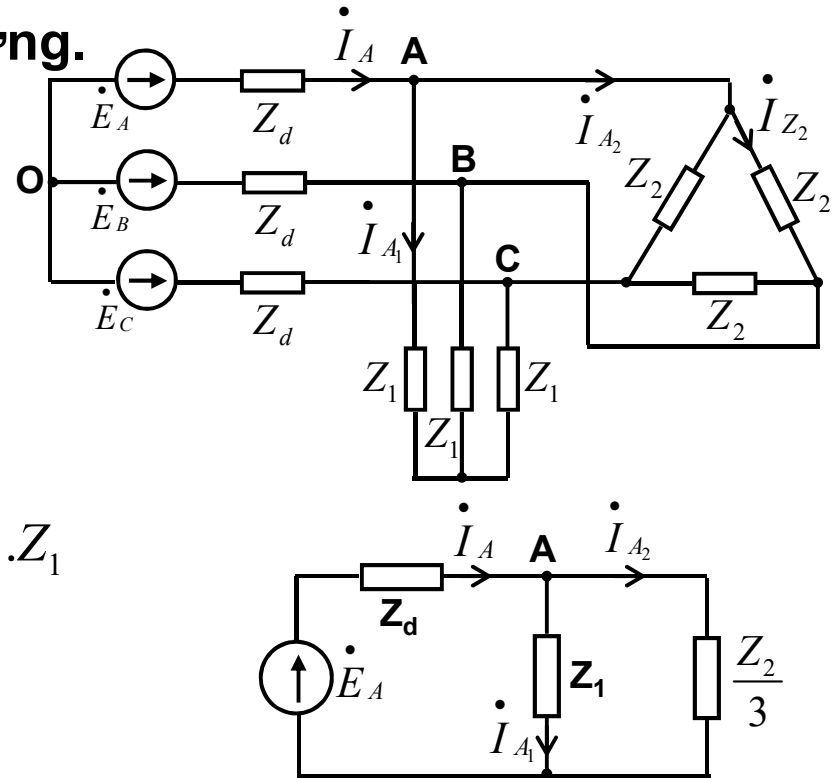
➤ Chuyển Δ - Y, xét riêng pha A.

➤ Dòng điện dây: $\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z_d + (Z_1 // \frac{Z_2}{3})}$

$$\rightarrow \dot{I}_{A_1} = \frac{\dot{I}_A}{Z_1 + \frac{Z_2}{3}} \cdot \frac{Z_2}{3} ; \dot{I}_{A_2} = \frac{\dot{I}_A}{Z_1 + \frac{Z_2}{3}} \cdot Z_1$$

➤ Dòng điện pha tải Z_2 : $\dot{I}_{Z_2} = \dot{I}_f = \frac{\dot{I}_{A_2}}{\sqrt{3} \cdot e^{j.30^\circ}}$

➤ Tổn thất dọc đường dây: $\Delta \dot{U}_d = Z_d \cdot \dot{I}_d = Z_d \cdot \dot{I}_A = Z_d \cdot \frac{\dot{E}_A}{Z_d + (Z_1 // \frac{Z_2}{3})}$



Sơ đồ pha A

→ Trạng thái dòng - áp ở pha B (C) sẽ quay đi một góc tương ứng

II.4. Mạch ba pha không đối xứng tải tĩnh.

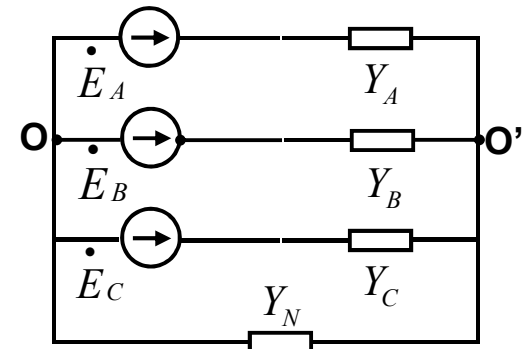
- Nguồn ba pha cung cấp cho tải thấp sáng, tải sinh hoạt, động cơ một pha, biến áp hàn, lò hồ quang ... làm việc ở trạng thái không đối xứng.
- Coi mạch ba pha là một mạch có 3 nguồn 1 pha → sử dụng tất cả các phương pháp xét: Dòng vòng, thế nút, dòng nhánh, xếp chồng, ...
- Xét mạch 3 pha hình Y

❖ Nếu $Z_N = 0 \rightarrow \dot{U}_{O'O} = 0$

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z_A} ; \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B}{Z_B} ; \dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C}{Z_C}$$

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

Nếu đứt, chập 1 pha → không ảnh hưởng đến các pha khác.



❖ Nếu $Z_N = \infty \rightarrow \dot{U}_{O'O} = \frac{Y_A \cdot \dot{E}_A + Y_B \cdot \dot{E}_B + Y_C \cdot \dot{E}_C}{Y_A + Y_B + Y_C}$

❖ Nếu $Z_N \neq 0 \rightarrow \dot{U}_{O'O} = \frac{Y_A \cdot \dot{E}_A + Y_B \cdot \dot{E}_B + Y_C \cdot \dot{E}_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N}$

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{U}_{O'O}}{Z_A} ; \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{U}_{O'O}}{Z_B}$$

→

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{U}_{O'O}}{Z_C} ; \dot{I}_N = 0$$

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{U}_{O'O}}{Z_A} ; \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{U}_{O'O}}{Z_B}$$

→

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{U}_{O'O}}{Z_C} ; \dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$$

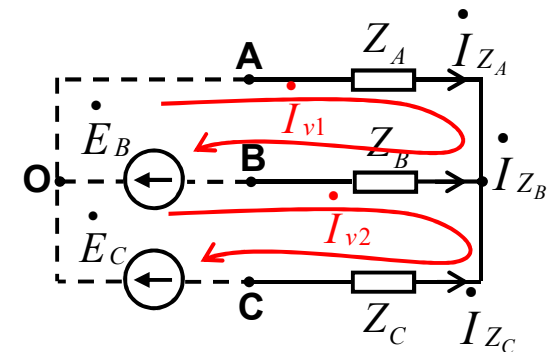
II.4. Mạch ba pha không đối xứng tải tĩnh.

- Thực tế ta biết điện áp dây mà không biết điện áp từng pha của nguồn
- *Thay thế hệ thống điện áp dây bằng hệ thống ba (hoặc hai) nguồn áp tương đương, đảm bảo điện áp dây đã cho.*

Ví dụ 8.2: Cho mạch ba pha có hệ thống điện áp dây không đối xứng $\dot{U}_{AB}; \dot{U}_{AC}$, tải mắc hình sao đối xứng.

- Thay hệ thống điện áp dây không đối xứng bằng 2 nguồn áp: $\dot{E}_B = \dot{U}_{AB}$; $\dot{E}_C = \dot{U}_{AC}$
- Chọn chiều dòng vòng như hình vẽ.
- Lập phương trình mạch theo phương pháp dòng vòng

$$\begin{cases} (Z_A + Z_B) \cdot \dot{I}_{v1} - Z_B \cdot \dot{I}_{v2} = \dot{E}_B \\ -Z_B \cdot \dot{I}_{v1} + (Z_B + Z_C) \cdot \dot{I}_{v2} = \dot{E}_C - \dot{E}_B \end{cases} \rightarrow \begin{aligned} \dot{I}_{Z_A} &= \dot{I}_{v1} \\ \dot{I}_{Z_B} &= \dot{I}_{v2} - \dot{I}_{v1} \\ \dot{I}_{Z_C} &= -\dot{I}_{v2} \end{aligned}$$





LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 8: Mạch điện ba pha.

I. Khái niệm.

II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.

III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.

IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng

V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.

Chương 8: Mạch điện ba pha

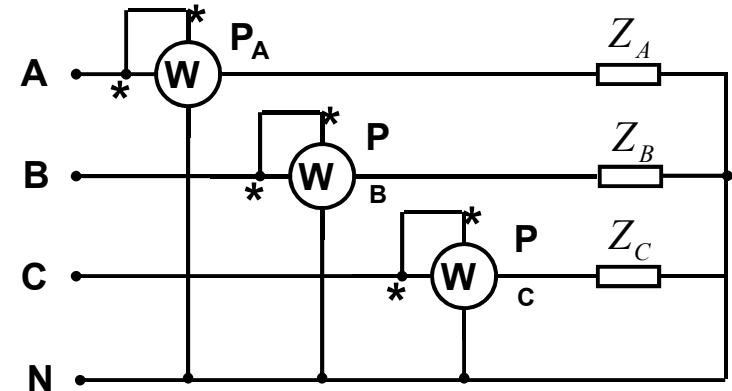
III. Tính và đo công suất mạch ba pha.

- Tổng quát:

$$\tilde{S}_{3fa} = \dot{U}_A \cdot \dot{I}_A^* + \dot{U}_B \cdot \dot{I}_B^* + \dot{U}_C \cdot \dot{I}_C^*$$

$$P_{3fa} = P_A + P_B + P_C$$

$$Q_{3fa} = Q_A + Q_B + Q_C$$



Sơ đồ đo công suất 3 pha - 3 phần tử

- Mạch 3 pha đối xứng: Công suất các pha bằng nhau → đo công suất 1 pha.

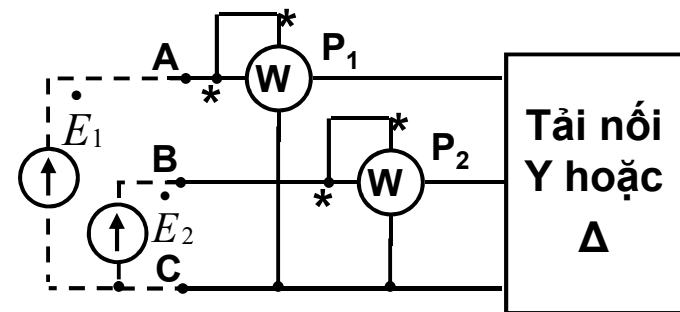
$$\tilde{S}_{3fa} = 3 \cdot \dot{U}_A \cdot \dot{I}_A^*$$

$$P_{3fa} = 3 \cdot P_{1fa} = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cdot \cos \varphi$$

$$Q_{3fa} = 3 \cdot Q_{1fa} = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U_d \cdot I_d \cdot \sin \varphi$$

- Mạch 3 pha không đối xứng: Thay bằng 2 nguồn tương đương:

$$P_{3fa} = P_{tai} = P_{E_1} + P_{E_2} = \operatorname{Re}\{\dot{U}_{AC} \cdot \hat{\dot{I}}_A\} + \operatorname{Re}\{\dot{U}_{BC} \cdot \hat{\dot{I}}_B\}$$



Sơ đồ đo công suất 3 pha - 2 phần tử



LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 8: Mạch điện ba pha.

I. Khái niệm.

II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.

III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.

IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng

IV.1. Khái niệm.

IV.2. Hệ điện áp cơ sở.

IV.3. Công thức phân tích - tổng hợp.

IV.4. Tính chất các thành phần đối xứng trong mạch 3 pha.

V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.



Chương 8: Mạch điện ba pha



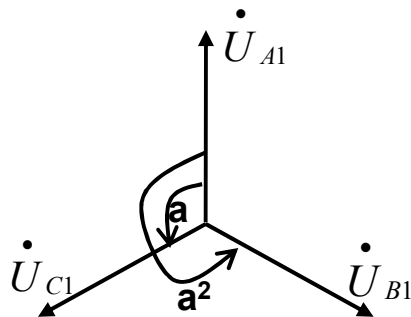
IV.1. Khái niệm.

- Trong mạch điện 3 pha, thực tế có tải hồ cảm, tụ cảm \rightarrow tổng trở các pha tải không cố định (*tải động*), thay đổi phức tạp theo mức độ không đối xứng của dòng điện.
- Coi hệ thống là tuyến tính, một trạng thái dòng, áp không đối xứng có thể phân tích thành các thành phần đối xứng sao cho với mỗi hệ thành phần dòng đối xứng, tổng trở cuộn dây là không đổi.
- Áp dụng tính chất xếp chồng để giải bài toán mạch không đối xứng:
 - ❖ Phân tích nguồn ba pha không đối xứng ra những thành phần đối xứng.
 - ❖ Tìm đáp ứng đối với mỗi thành phần và xếp chồng lại.
- Phương pháp thành phần đối xứng của Fortescue dựa trên sự phân tích chính tắc những hệ dòng áp ba pha thành những *thành phần đối xứng thuận, nghịch và không*.

IV.2. Hệ điện áp cơ sở của phương pháp thành phần đối xứng.

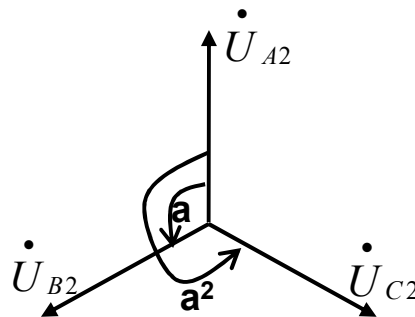
- *Phương pháp thành phần đối xứng của Fortescue là phương pháp xét mạch điện ba pha không đối xứng bằng cách phân tích chính tắc những hệ dòng áp ba pha thành những thành phần đối xứng thuận, nghịch và không.*
- Hệ thành phần đối xứng thuận, nghịch và không chính là hệ điện áp cơ sở :

❖ **Thứ tự thuận:**



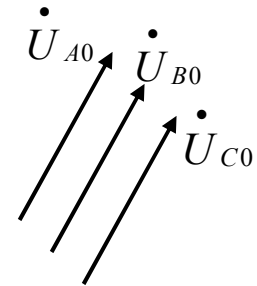
$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} = A \underline{0} (V) \\ \dot{U}_{B1} = a^2 \cdot \dot{U}_{A1} \\ \dot{U}_{C1} = a \cdot \dot{U}_{A1} \end{cases}$$

❖ **Thứ tự ngược:**



$$\begin{cases} \dot{U}_{A2} = A \underline{0} (V) \\ \dot{U}_{B2} = a \cdot \dot{U}_{A2} \\ \dot{U}_{C2} = a^2 \cdot \dot{U}_{A2} \end{cases}$$

❖ **Thứ tự không:**



$$\begin{cases} \dot{U}_{A0} = A \underline{0} (V) \\ \dot{U}_{B0} = \dot{U}_{A0} \\ \dot{U}_{C0} = \dot{U}_{A0} \end{cases}$$

IV.3. Công thức phân tích và tổng hợp.

- Nếu biết vector của pha chuẩn ($\dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$) \rightarrow tìm được vector của pha B, C.
- Khi phân tích hệ thống điện áp không đối xứng $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ cần tìm $\dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$

➤ Công thức tổng hợp:

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

➤ Công thức phân tích:

Tính $\dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$ theo

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

$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a \cdot \dot{U}_B + a^2 \cdot \dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a^2 \cdot \dot{U}_B + a \cdot \dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A0} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) \end{cases}$$



Chương 8: Mạch điện ba pha



IV.3. Công thức phân tích và tổng hợp.

Ví dụ 8.3: Phân tích hệ thống điện áp không đối xứng thành các thành phần đối xứng.

$$\dot{U}_A = 120(V) ; \dot{U}_B = 120 \angle -120^\circ (V) ; \dot{U}_C = 0.$$

➤ Theo công thức phân tích, các thành phần đối xứng của điện áp pha A là:

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

➤ Từ đó ta có thể tính được các thành phần đối xứng của \dot{U}_B, \dot{U}_C :

$$\begin{cases} \dot{U}_{B1} = 80 \angle -120^\circ (V) \\ \dot{U}_{B2} = 40 \angle 180^\circ (V) \\ \dot{U}_{B0} = 40 \angle -60^\circ (V). \end{cases} ; \begin{cases} \dot{U}_{C1} = 80 \angle 120^\circ (V) \\ \dot{U}_{C2} = 40 \angle -60^\circ (V) \\ \dot{U}_{C0} = 40 \angle -60^\circ (V). \end{cases}$$



Chương 8: Mạch điện ba pha



IV.3. Công thức phân tích và tổng hợp.

Ví dụ 8.4: Tìm dòng điện trong các pha nếu đã biết các thành phần đối xứng

$$\dot{I}_{A1} = 5 \angle 90^\circ (A) ; \dot{I}_{A2} = 5 \angle -90^\circ (A) ; \dot{I}_{A0} = 0.$$

➤ Theo công thức tổng hợp ta có:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 5 \angle 90^\circ + 5 \angle -90^\circ = 0(A) \\ \dot{I}_B = a^2 \cdot \dot{I}_{A1} + a \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 5 \angle -30^\circ + 5 \angle 30^\circ = 5\sqrt{3}(A) \\ \dot{I}_C = a \cdot \dot{I}_{A1} + a^2 \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 5 \angle -150^\circ + 5 \angle 150^\circ = 5\sqrt{3} \angle 180^\circ (A) \end{array} \right.$$



Chương 8: Mạch điện ba pha



IV.4. Tính chất các thành phần đối xứng trong mạch 3 pha.

➤ Từ công thức tổng hợp, ta có:

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

Tổng ba lượng pha bằng ba lần giá trị thành phần thứ tự không.

➤ Xét hiệu 2 trạng thái: $\dot{A} - \dot{B} = (\dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_0) - (\dot{B}_1 + \dot{B}_2 + \dot{B}_0) = (\dot{A}_1 - \dot{B}_1) + (\dot{A}_2 - \dot{B}_2)$

Hiệu hai lượng pha của hệ không chứa thành phần thứ tự không.

➤ Từ 2 tính chất trên ta có thể suy ra một số tính chất sau:

❖ *Dòng điện dây trung tính bằng ba lần thành phần thứ tự không của dòng điện dây.*

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

❖ *Điện áp dây luôn không có thành phần thứ tự không.*



LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 8: Mạch điện ba pha.

I. Khái niệm.

II. Mạch ba pha đối xứng và không đối xứng tải tĩnh.

III. Tính và đo công suất mạch điện ba pha.

IV. Mạch ba pha có tải động - Phương pháp thành phần đối xứng

V. Phân tích mạch ba pha không đối xứng bằng phương pháp thành phần đối xứng.

V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

V.3. Các điều hòa cao của dòng - áp trong mạch ba pha.

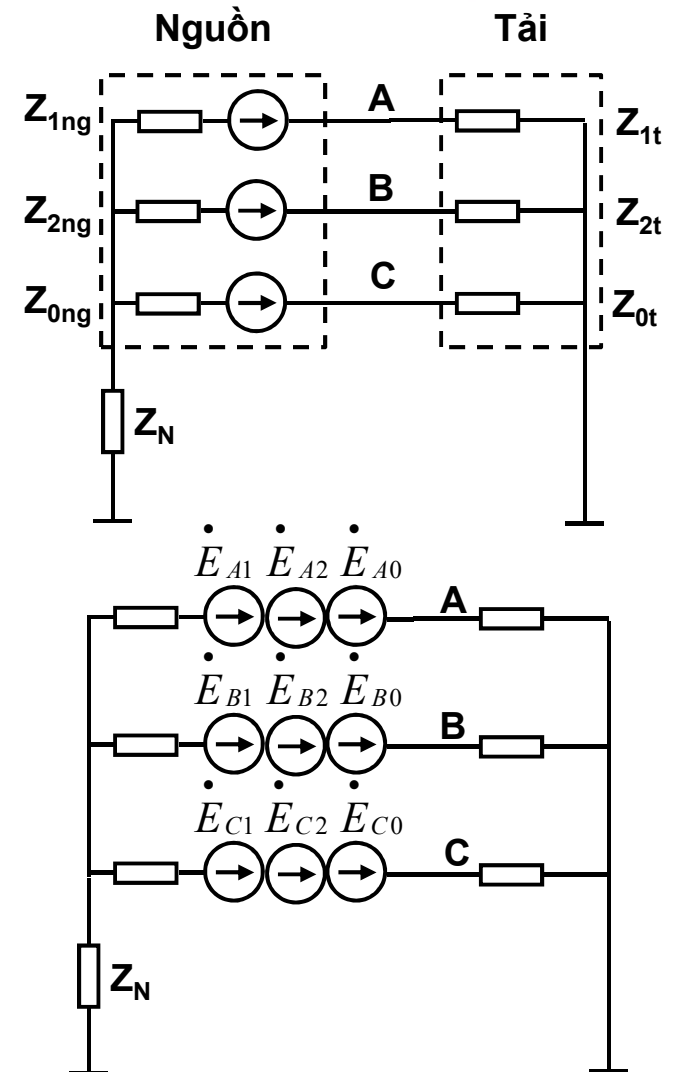
Chương 8: Mạch điện ba pha

V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

- Xét nguồn 3 pha không đối xứng → tìm dòng điện xác lập trong các pha của tải.
- Phân tích hệ suất điện động không đối xứng thành theo thành phần thuận, nghịch không.

$$\begin{cases} \dot{U}_{A1} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a.\dot{U}_B + a^2.\dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + a^2.\dot{U}_B + a.\dot{U}_C) \\ \dot{U}_{A0} = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) \end{cases}$$

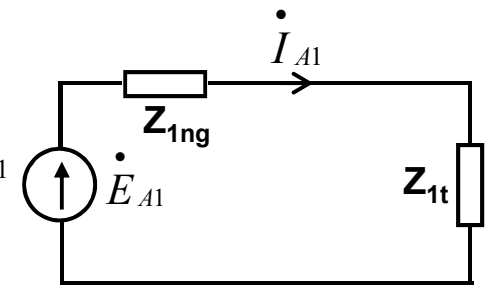
- Thay thế các nguồn suất điện động → áp dụng tính chất xếp chồng, tách thành 3 bài toán đối xứng



V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

❖ Bài toán 1:

- ✓ Nguồn: hệ suất điện động thứ tự thuận $\dot{E}_{A1}, \dot{E}_{B1}, \dot{E}_{C1}$
Khi đó mạch điện hoàn toàn đối xứng.



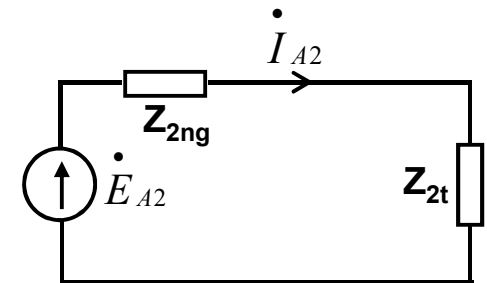
Sơ đồ thứ tự thuận

- ✓ Cách giải giống hoàn toàn bài toán mạch điện ba pha đối xứng: Dùng sơ đồ tách riêng pha A, ta có:

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

❖ Bài toán 2:

- ✓ Nguồn tác dụng là hệ suất điện động thứ tự ngược $\dot{E}_{A2}, \dot{E}_{B2}, \dot{E}_{C2}$.
- ✓ Tương tự như trên, ta cũng có sơ đồ tính toán cho mạch ba pha đối xứng khi xét riêng pha A.



Sơ đồ thứ tự ngược

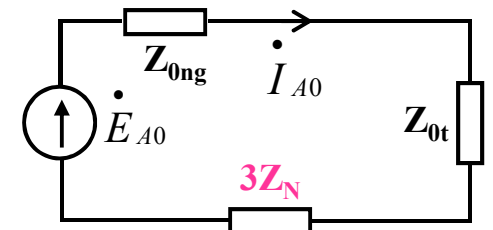
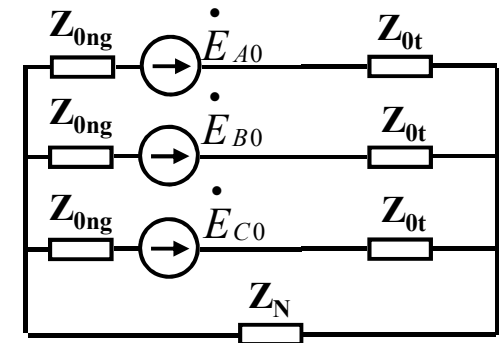
$$\dot{I}_{A2} = \frac{\dot{E}_{A2}}{Z_{2ng} + Z_{2t}}$$

V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

❖ Bài toán 3:

- ✓ Nguồn tác dụng là một hệ suất điện động thứ tự không $\dot{E}_{A0}, \dot{E}_{B0}, \dot{E}_{C0}$, tổng trở tải Z_{0t} và tổng nguồn Z_{0ng} đều đối xứng.
- ✓ Lúc này mạch điện có dây trung tính, dòng điện trong dây trung tính bằng 3 lần dòng điện thứ tự không.
- ✓ Xét riêng pha A ta có:

$$\dot{I}_{A0} = \frac{\dot{E}_{A0}}{Z_{0ng} + Z_{0t} + 3 \cdot Z_N}$$



Sơ đồ thứ tự không

- ✓ **Chú ý:** Với sơ đồ thứ tự không, nếu *không có dây trung tính, dòng điện trong các pha sẽ bằng không*.



Chương 8: Mạch điện ba pha



V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

- Sau khi tính được các thành phần dòng điện do từng hệ thống ba pha thuận, nghịch, không tác dụng riêng rẽ, áp dụng công thức tổng hợp, ta tính được dòng điện trong mỗi pha:

$$\begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \\ \dot{I}_B = a^2 \cdot \dot{I}_{A1} + a \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \\ \dot{I}_C = a \cdot \dot{I}_{A1} + a^2 \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} \end{cases}$$

- Các bước giải bài toán mạch ba pha có nguồn không đối xứng:
 - ❖ Phân tích nguồn đối xứng thành tổng của các thành phần thuận, nghịch, không.
 - ❖ Lập và tính các giá trị dòng áp cần thiết trên các sơ đồ thuận, nghịch, không. (Sơ đồ thuận và nghịch có kết cấu giống nhau; sơ đồ thứ tự không có thêm tổng trở dây trung tính với giá trị tăng gấp 3 lần)
 - ❖ Áp dụng công thức tổng hợp để tính toán các giá trị dòng, áp cần tìm.

V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

Ví dụ 8.5: Tính dòng điện trong các pha của mạch 3 pha không đối xứng như hình bên, biết:

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

$$Z_{1ng} = Z_{2ng} = j.14(\Omega); Z_{0ng} = j.1(\Omega); Z_N = j.10(\Omega);$$

$$Z_{1t} = 40 + j.45(\Omega); Z_{2t} = 2 + j.8(\Omega); Z_{0t} = j.3(\Omega);$$

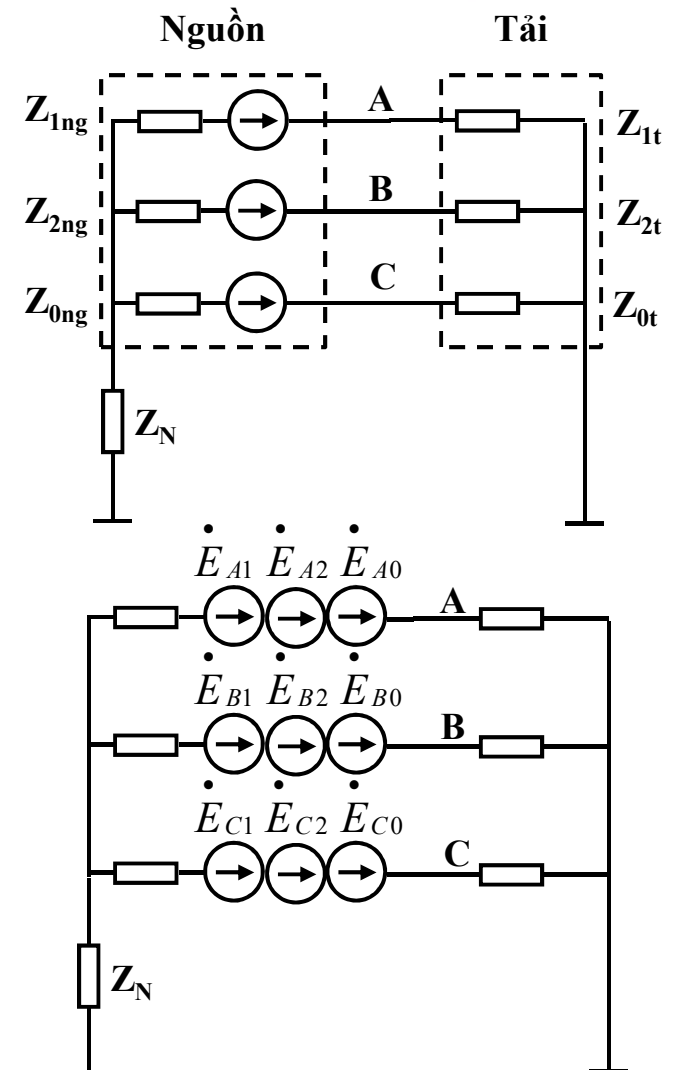
Giải:

- Phân tích hệ thống suất điện động không đối xứng thành các thành phần thứ tự thuận nghịch không.

$$\dot{E}_{A1} = \frac{1}{3}(\dot{E}_A + a.\dot{E}_B + a^2.\dot{E}_C) = 6420 \angle -2^\circ (V)$$

$$\dot{E}_{A2} = \frac{1}{3}(\dot{E}_A + a^2.\dot{E}_B + a.\dot{E}_C) = 800 \angle 13,50^\circ (V)$$

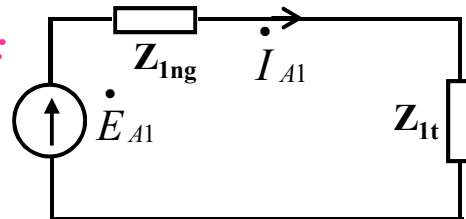
$$\dot{E}_{A0} = \frac{1}{3}(\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C) = -783(V)$$



Chương 8: Mạch điện ba pha

V.1. Mạch ba pha có nguồn không đối xứng.

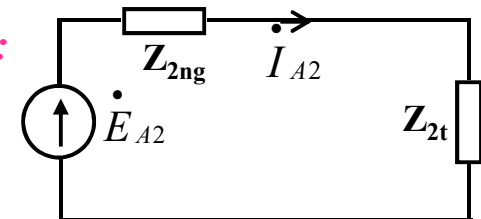
❖ Xét sơ đồ thuận:



Sơ đồ thứ tự thuận

$$\dot{I}_{A1} = \frac{\dot{E}_{A1}}{Z_{1ng} + Z_{1t}} = 90,2 \angle -57,50^\circ (A)$$

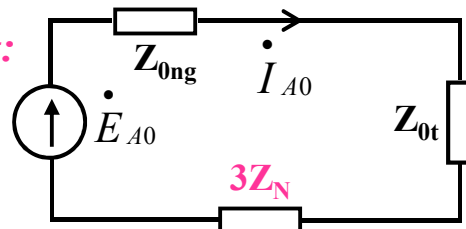
❖ Xét sơ đồ ngược:



Sơ đồ thứ tự ngược

$$\dot{I}_{A2} = \frac{\dot{E}_{A2}}{Z_{2ng} + Z_{2t}} = 40,5 \angle -71^\circ (A)$$

❖ Xét sơ đồ không:



Sơ đồ thứ tự không

$$\dot{I}_{A0} = \frac{\dot{E}_{A0}}{Z_{0ng} + Z_{0t} + 3Z_N} = 23 \angle 90^\circ (A)$$

➤ Áp dụng công thức tổng hợp ta có:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 111 \angle -56,20^\circ (A)$$

$$\dot{I}_B = a^2 \cdot \dot{I}_{A1} + a \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 81,2 \angle 141,50^\circ (A)$$

$$\dot{I}_C = a \cdot \dot{I}_{A1} + a^2 \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 111 \angle 82,45^\circ (A)$$



Chương 8: Mạch điện ba pha



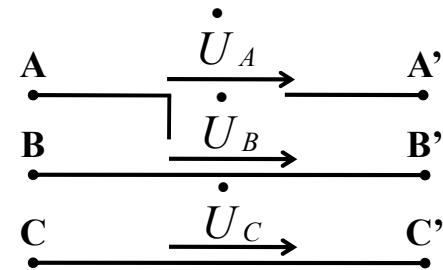
V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

- Khi mạch ba pha đối xứng bị sự cố (sự cố đứt dây, ngắn mạch ...), phần mạch ở nơi sự cố sẽ không đối xứng nữa. Điện áp tại phần mạch sự cố lập thành một hệ điện áp không đối xứng.
- **Phương pháp xét bài toán mạch điện ba pha sự cố:**
 - ❖ Phân tích thành phần điện áp không đối xứng tại vị trí sự cố thành các thành phần đối xứng thuận, nghịch, không.
 - ❖ Áp dụng phương pháp xét mạch ba pha đối xứng.
- Có 2 loại sự cố trong mạch ba pha:
 - ❖ **Sự cố dọc đường dây:** Ví dụ: Sự cố đứt dây 1 pha, đứt dây 2 pha ...
 - ✓ Làm thay đổi tổng trở pha của đường dây.
 - ✓ Thay thế vị trí sự cố bằng hệ thống dòng, áp mắc nối tiếp vào đường dây.
 - ❖ **Sự cố ngang đường dây:** Ví dụ: Sự cố ngắn mạch 2 pha, chạm đất 1 pha ...
 - ✓ Làm thay đổi tổng trở cách điện giữa các pha đường dây với nhau và với đất.
 - ✓ Thay thế vị trí sự cố bằng hệ thống dòng, áp mắc song song vào đường dây.

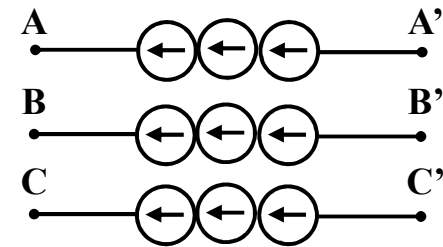
V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

a. Sự cố đứt dây 1 pha.

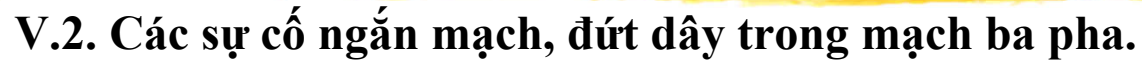
- Hiện tượng:
- ❖ Tổng trở tại vị trí sự cố:
$$\begin{cases} Z_{fa\ A} = \infty \\ Z_{fa\ B} = 0 \\ Z_{fa\ C} = 0 \end{cases}$$



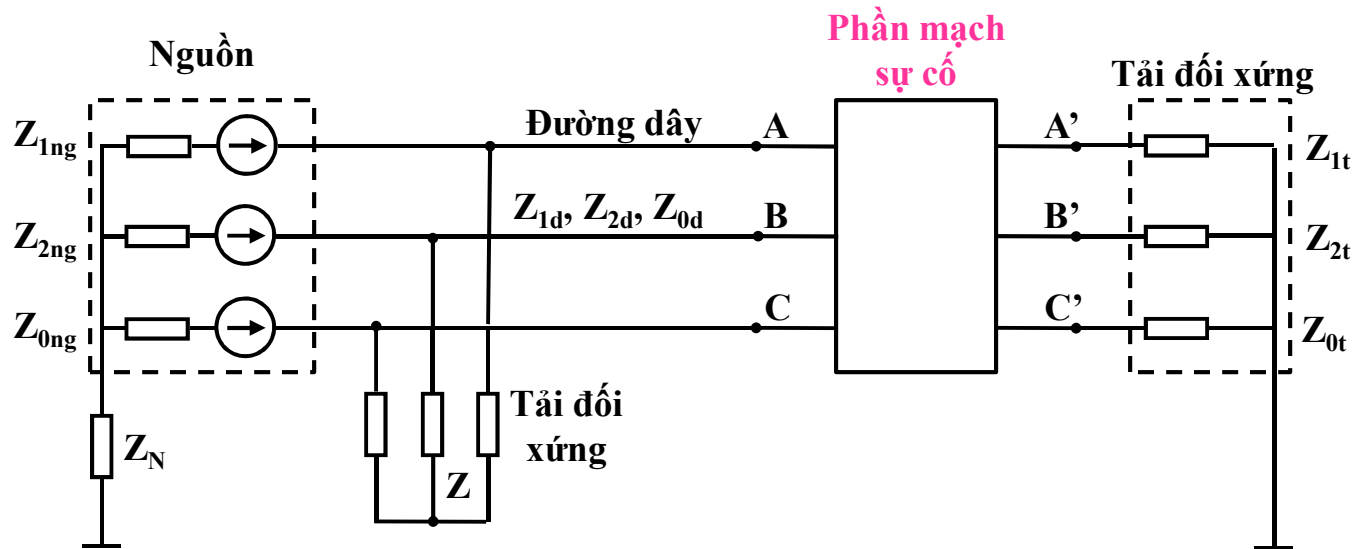
- ❖ Điện áp tại vị trí sự cố:
$$\begin{cases} \dot{U}_A \neq 0 \\ \dot{U}_B = 0 \\ \dot{U}_C = 0 \end{cases}$$



- Phương trình sự cố:
- $$\begin{cases} \dot{I}_A = 0 \\ \dot{U}_B = 0 \\ \dot{U}_C = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 0 \\ a^2 \cdot \dot{U}_{A1} + a \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} = 0 \\ a \cdot \dot{U}_{A1} + a^2 \cdot \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A0} = 0 \end{cases}$$



Ví dụ 8.6: Cho mạch điện 3 pha đơn giản, cho đường dây bị đứt pha A làm thành một bộ phận không đối xứng biểu diễn bằng một hình chữ nhật. Tìm các dòng áp trong mạch.



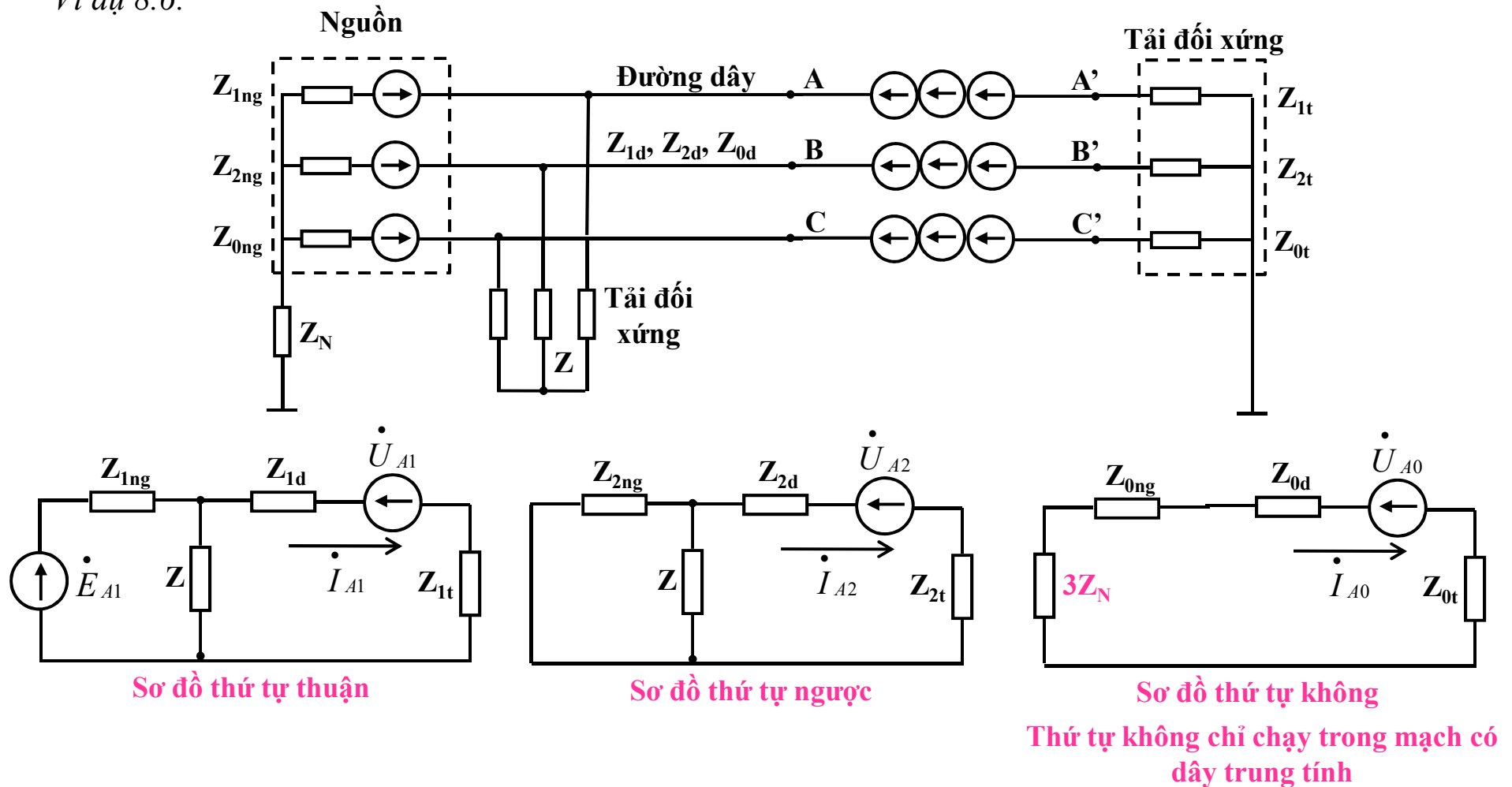
- Trừ phần sự cố ra, mạch điện còn lại hoàn toàn đối xứng.
- Muốn đưa bài toán này về đối xứng \rightarrow cần thay thế hệ thống điện áp không đối xứng ở phần sự cố bằng những thành phần đối xứng thuận, nghịch, không.

Chương 8: Mạch điện ba pha

V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

a. Sự cố đứt dây 1 pha.

Ví dụ 8.6:

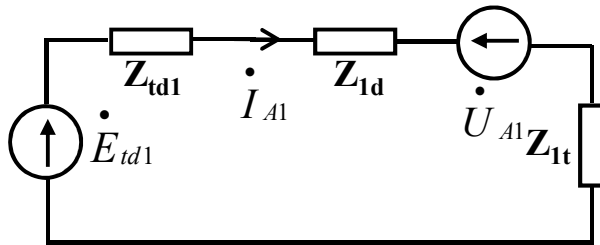
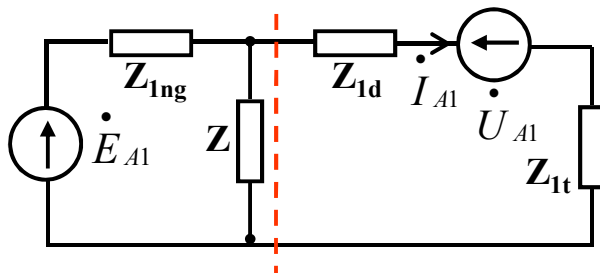


V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

a. Sự cố đứt dây 1 pha.

Ví dụ:

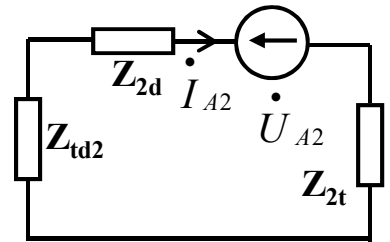
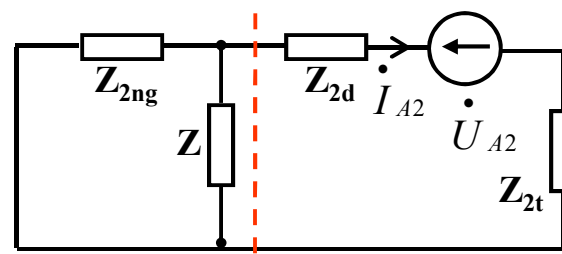
➤ *Sơ đồ thứ tự thuận:*



$$\dot{E}_{td1} = \frac{\dot{E}_{A1} \cdot Z}{Z + Z_{1ng}} ; Z_{td1} = \frac{Z_{1ng} \cdot Z}{Z + Z_{1ng}}$$

$$\dot{U}_{A1} + \dot{I}_{A1} \cdot (Z_{td1} + Z_{1d} + Z_{1t}) = \dot{E}_{td1}$$

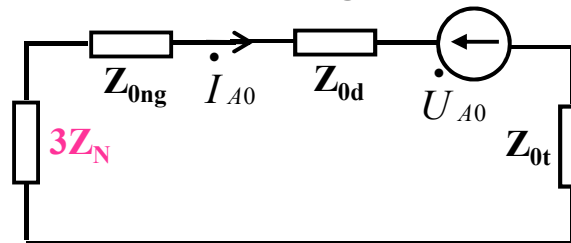
➤ *Sơ đồ thứ tự ngược:*



$$\dot{U}_{A2} + \dot{I}_{A2} \cdot (Z_{td2} + Z_{2d} + Z_{2t}) = 0$$

$$Z_{td2} = \frac{Z_{2ng} \cdot Z}{Z + Z_{2ng}}$$

➤ *Sơ đồ thứ tự không:*



$$\dot{U}_{A0} + \dot{I}_{A0} \cdot (3 \cdot Z_N + Z_{0ng} + Z_{0d} + Z_{0t}) = 0$$

V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

a. Sự cố đứt dây 1 pha.

Ví dụ 8.6:

- Vậy có 6 phương trình = 3 phương trình sự cố + 3 phương trình lập từ sơ đồ thuận, nghịch, không.

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_{A1} + \dot{I}_{A1} \cdot (Z_{td1} + Z_{1d} + Z_{1t}) = \dot{E}_{td1} \\ \dot{U}_{A2} + \dot{I}_{A2} \cdot (Z_{td2} + Z_{2d} + Z_{2t}) = 0 \\ \dot{U}_{A0} + \dot{I}_{A0} \cdot (3 \cdot Z_N + Z_{0ng} + Z_{0d} + Z_{0t}) = 0 \\ \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0} = 0 \\ a^2 \cdot \dot{U}_{A1} + a \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} = 0 \\ a \cdot \dot{U}_{A1} + a^2 \cdot \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0} = 0 \end{array} \right.$$

- Giải 6 phương trình này ta tìm được:

$$\dot{I}_{A1}, \dot{I}_{A2}, \dot{I}_{A0}, \dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$$

- Thay $\dot{U}_{A1}, \dot{U}_{A2}, \dot{U}_{A0}$ vào sơ đồ thuận, nghịch, không → tìm được dòng áp thứ tự thuận, nghịch, không ở mọi nhánh trong mạch.

- Để tìm dòng áp trên các nhánh của mạch điện, tạo dùng công thức tổng hợp:

$$\dot{U}_A = \dot{U}_{A1} + \dot{U}_{A2} + \dot{U}_{A0}$$

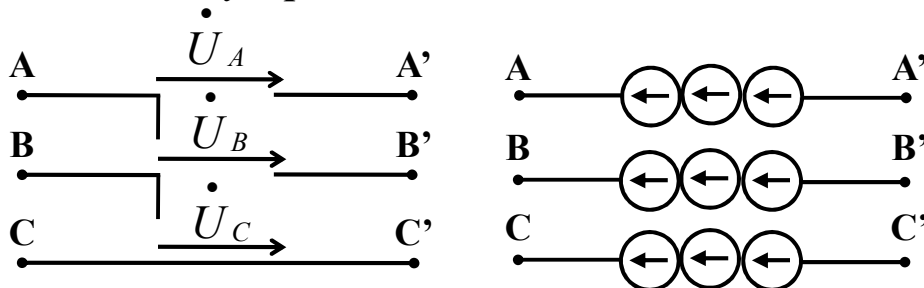
$$\dot{I}_B = a^2 \cdot \dot{I}_{A1} + a \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}$$

$$\dot{I}_C = a \cdot \dot{I}_{A1} + a^2 \cdot \dot{I}_{A2} + \dot{I}_{A0}$$

Chương 8: Mạch điện ba pha

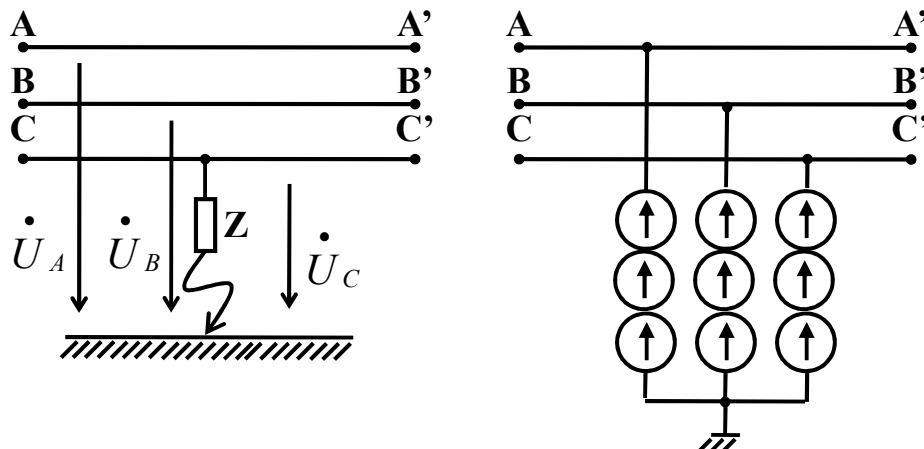
V.2. Các sự cố ngắn mạch, đứt dây trong mạch ba pha.

b. Sự cố đứt dây 2 pha.



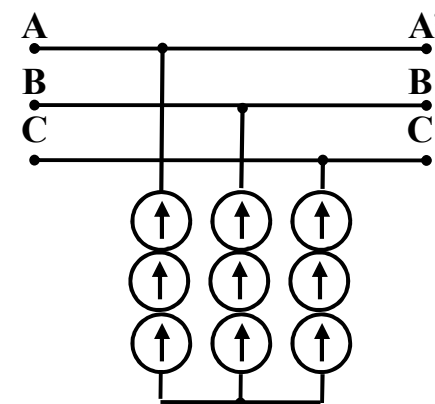
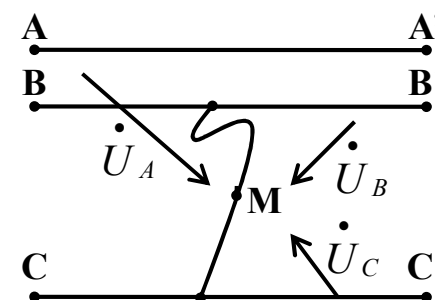
$$\dot{I}_A = 0 ; \dot{I}_B = 0 ; \dot{I}_C = 0$$

c. Sự cố chạm đất 1 pha.



$$\dot{I}_A = 0 ; \dot{I}_B = 0 ; \dot{I}_C = Z \cdot \dot{I}_C$$

d. Sự cố ngắn mạch 2 pha.



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



Chương 8: Mạch điện ba pha



V.3. Các điều hòa cao của dòng - áp trong mạch ba pha.

- Có nhiều nguyên nhân sinh ra các điều hòa cao của suất điện động và dòng ba pha:
 - ❖ Máy phát điện chế tạo không hoàn hảo → sinh ra các suất điện động không sin
 - ❖ ...
- Phân tích suất điện động đó thành chuỗi Furie, ngoài sóng cơ bản có tần số ω , còn chứa nhiều sóng bậc cao có tần số $3\omega, 5\omega, 7\omega \dots$
- Do máy phát điện có cấu tạo đối xứng, nên suất điện động các pha hoàn toàn giống nhau, và lệch nhau về thời gian $1/3$ chu kỳ nên:

$$e_{kA}(t) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin k \cdot \omega \cdot t$$

$$e_{kB}(t) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin k \omega \cdot (t - \frac{T}{3}) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t - k \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3})$$



Chương 8: Mạch điện ba pha

V.3. Các điều hòa cao của dòng - áp trong mạch ba pha.

$$e_{kA}(t) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin k \cdot \omega \cdot t$$

$$e_{kB}(t) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin k \omega \cdot (t - \frac{T}{3}) = E_k \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t - k \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3})$$

➤ Nhận xét:

- ❖ Các sóng điều hòa có $k = 3n \rightarrow \varphi_k = n \cdot 2 \cdot \pi \rightarrow$ tạo thành **hệ thống thứ tự không**.
- ❖ Các sóng điều hòa có $k = 3n + 1 \rightarrow \varphi_k = n \cdot 2 \cdot \pi + 2 \cdot \pi / 3 \rightarrow$ tạo thành **hệ thống thứ tự thuận**.
- ❖ Các sóng điều hòa có $k = 3n + 2 \rightarrow \varphi_k = n \cdot 2 \cdot \pi + 4 \cdot \pi / 3 \rightarrow$ tạo thành **hệ thống thứ tự ngược**.

➤ Suy ra:

- ❖ Dòng điện trong dây trung tính chỉ chứa các sóng điều hòa bậc $3 \cdot n$ của dòng pha.

$$I_N = 3 \cdot \sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2 + \dots}$$

- ❖ Điện áp pha bao gồm tất cả các sóng điều hòa:

$$U_f = \sqrt{U_1^2 + U_3^2 + U_5^2 + U_7^2 + U_9^2 + \dots}$$

- ❖ Điện áp dây không chứa thành phần thứ tự không ($3n$)

$$U_d = \sqrt{3} \cdot \sqrt{U_1^2 + U_5^2 + U_7^2 + U_{11}^2 + \dots}$$