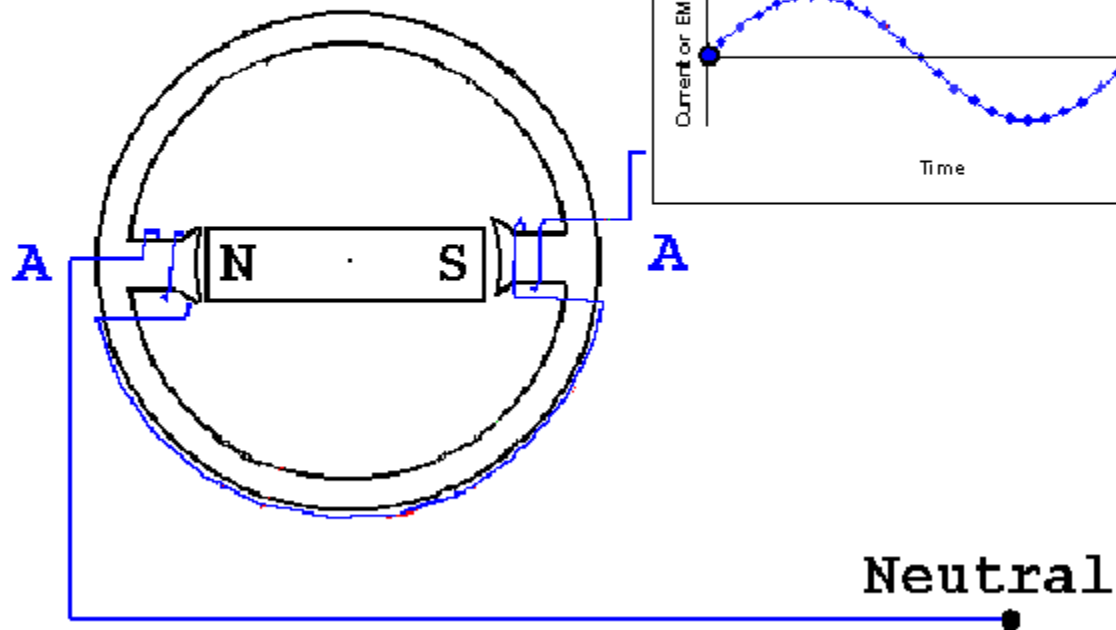


3.7 Mạch 3 pha

❖ Máy phát 1 pha

The Generator



T. Davies 2002

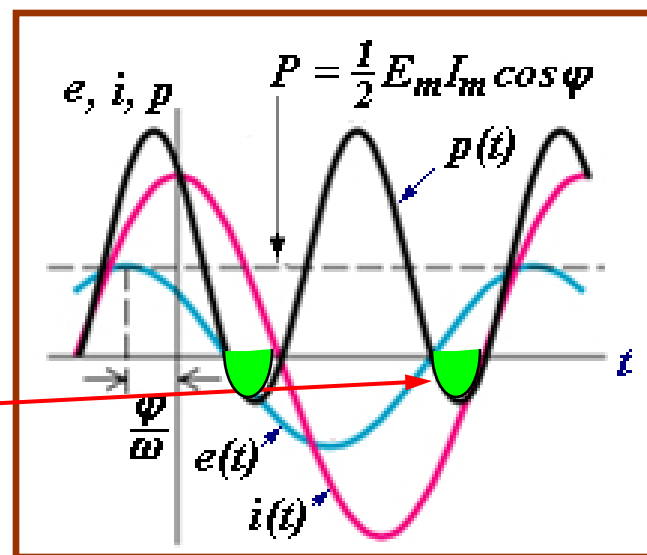
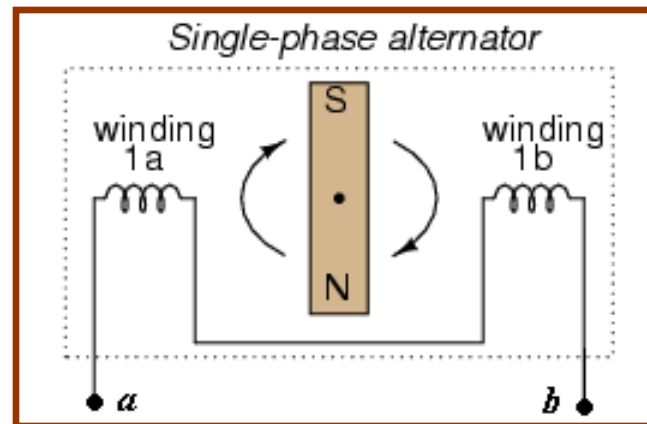
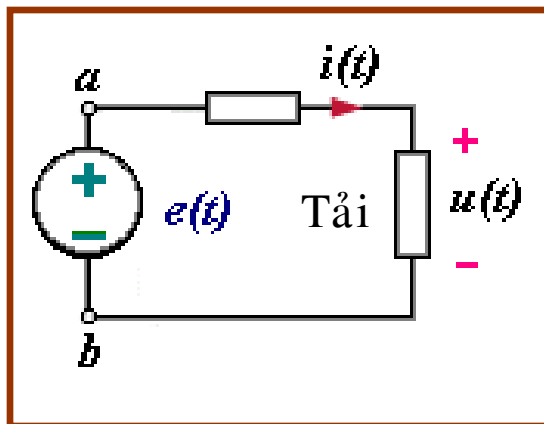
3.7 Mạch 3 pha

Mạch một pha:

$$\begin{cases} e(t) = E_m \cos(\omega t) \\ i(t) = I_m \cos(\omega t - \varphi) \end{cases}$$

$$p(t) = \frac{1}{2} E_m I_m \cos \varphi + \frac{1}{2} E_m I_m \cos(2\omega t - \varphi)$$

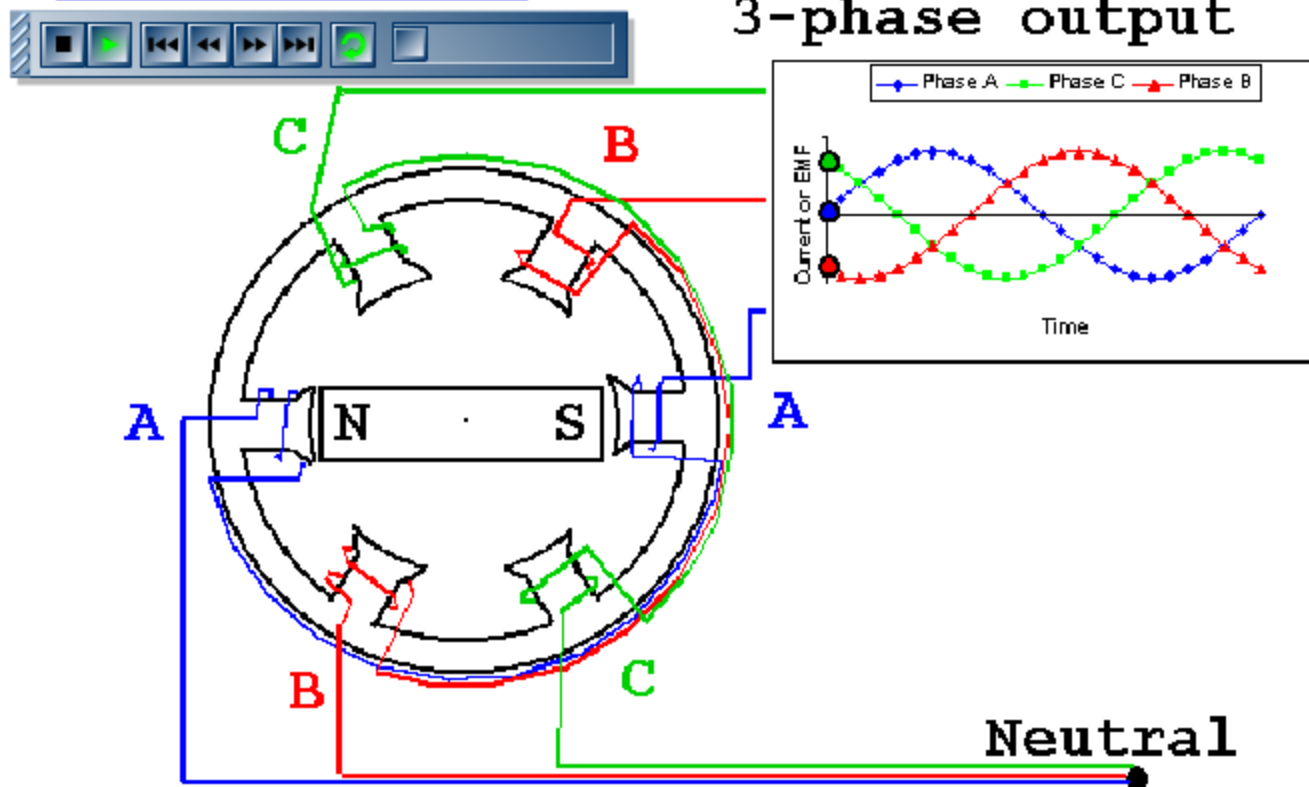
- Công suất phát có giá trị âm
- Không dùng 1 pha truyền đi xa



3.7 Mạch 3 pha

❖ Máy phát 3 pha

The Generator



T. Davies 2002

3.7 Mạch 3 pha

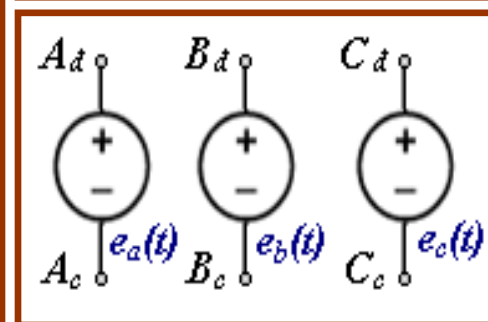
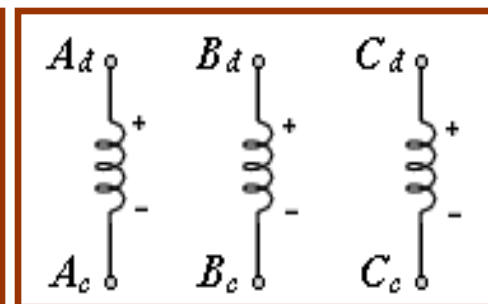
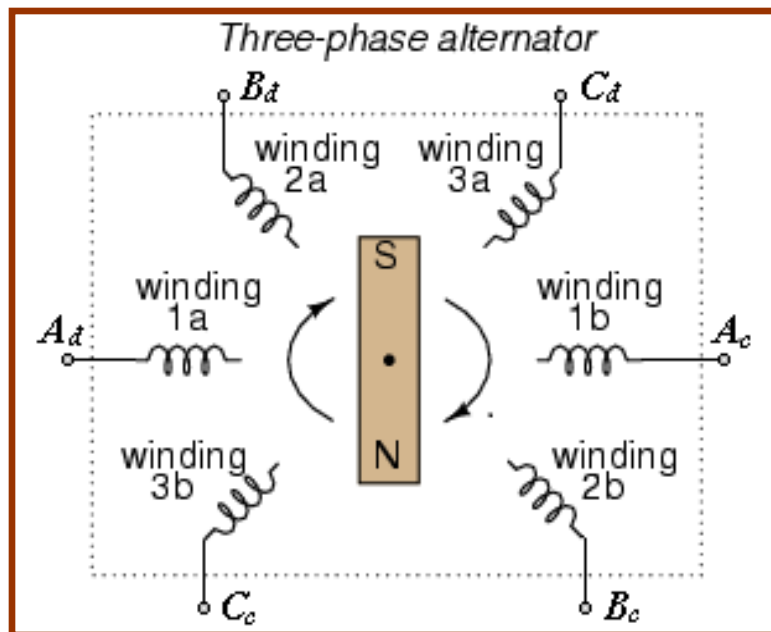
Máy phát 3 pha:

❖ Sơ đồ tương đương là 3 nguồn áp

❖ Tần số phát :

$$f = \frac{p \cdot n}{60}$$

(*p*: số cặp cực,
n: vòng/phút)



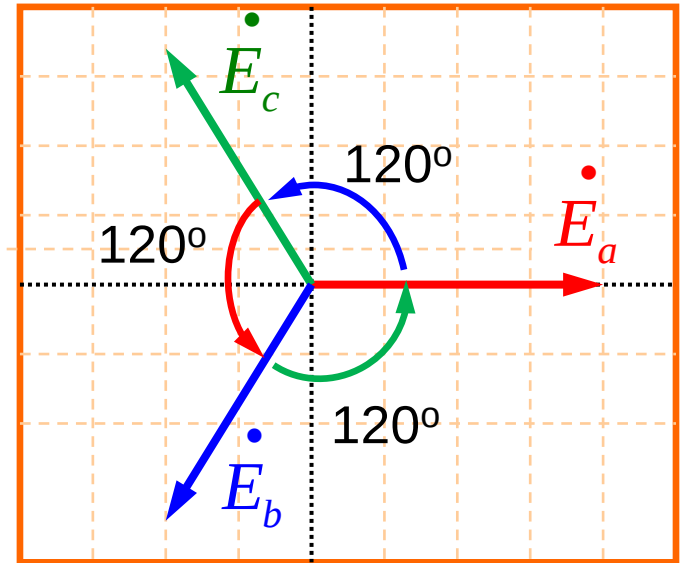
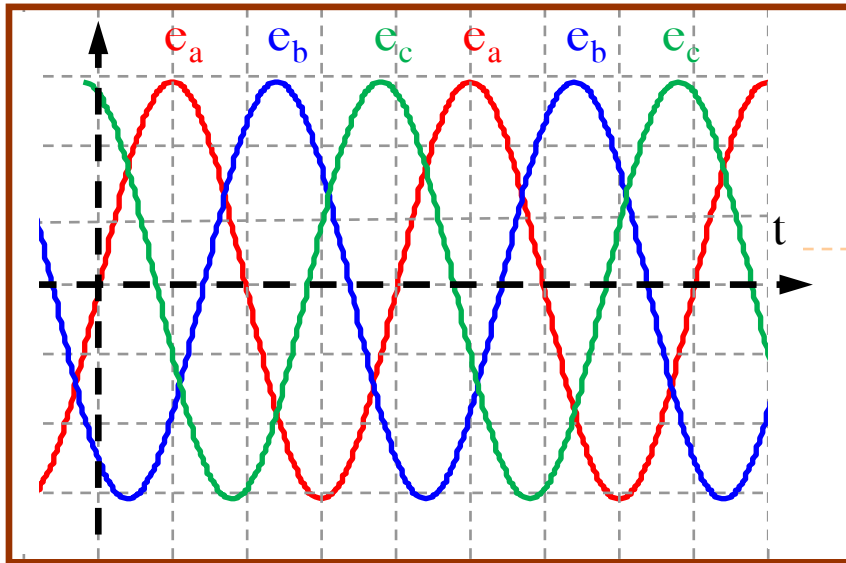
❖ Sức điện động và góc lệch pha

$$\begin{cases} e_a(t) = U_p \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi_a) \\ e_b(t) = U_p \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi_b) \\ e_c(t) = U_p \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi_c) \end{cases}$$

$$|\varphi_a - \varphi_b| = |\varphi_b - \varphi_c| = |\varphi_c - \varphi_a| = \frac{2\pi}{3} = 120^\circ$$

3.7.1 Phân loại nguồn 3 pha đối xứng

Đối xứng thứ tự thuận (positive sequence) (ABC)

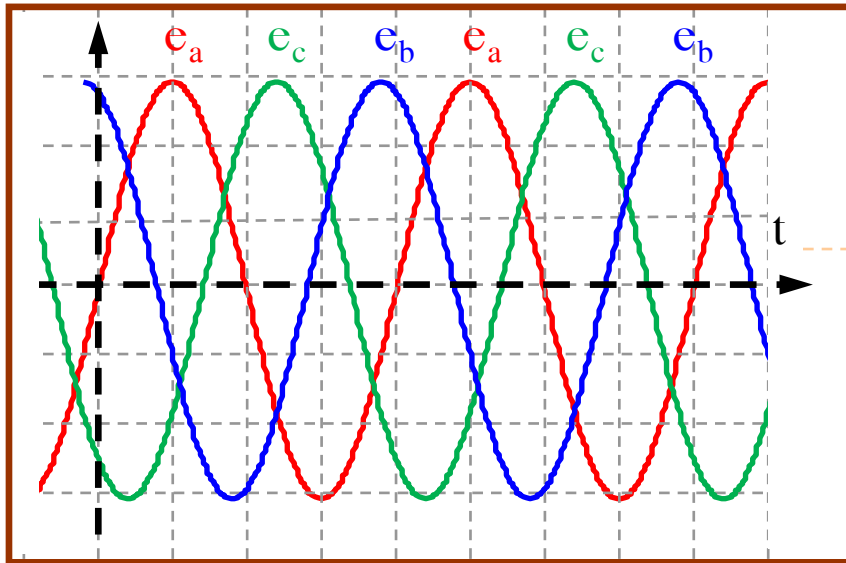


$$\begin{cases} e_a(t) = U_p \sqrt{2} \cos(\omega t) \\ e_b(t) = U_p \sqrt{2} \cos(\omega t - 120^\circ) \\ e_c(t) = U_p \sqrt{2} \cos(\omega t + 120^\circ) \end{cases}$$

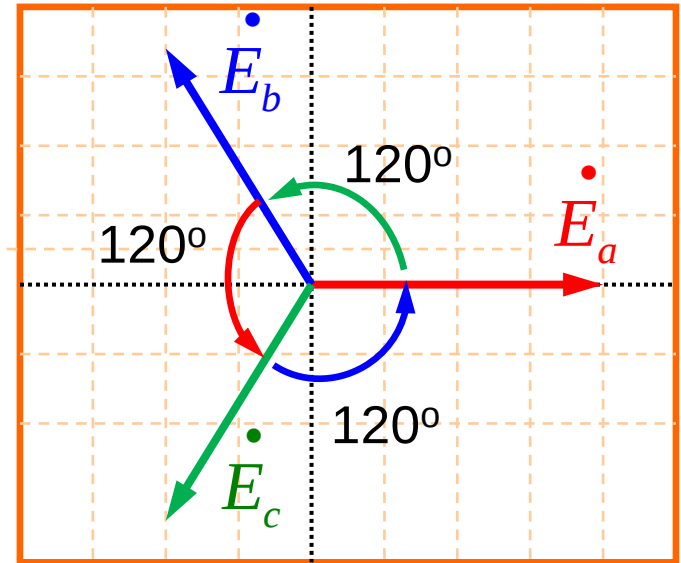
$$\begin{cases} \dot{E}_a = U_p \angle 0^\circ \\ \dot{E}_b = U_p \angle -120^\circ \\ \dot{E}_c = U_p \angle 120^\circ \end{cases}$$

3.7.1 Phân loại nguồn 3 pha đối xứng

Đối xứng thứ tự ngược (negative sequence) (CBA)



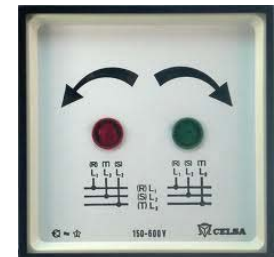
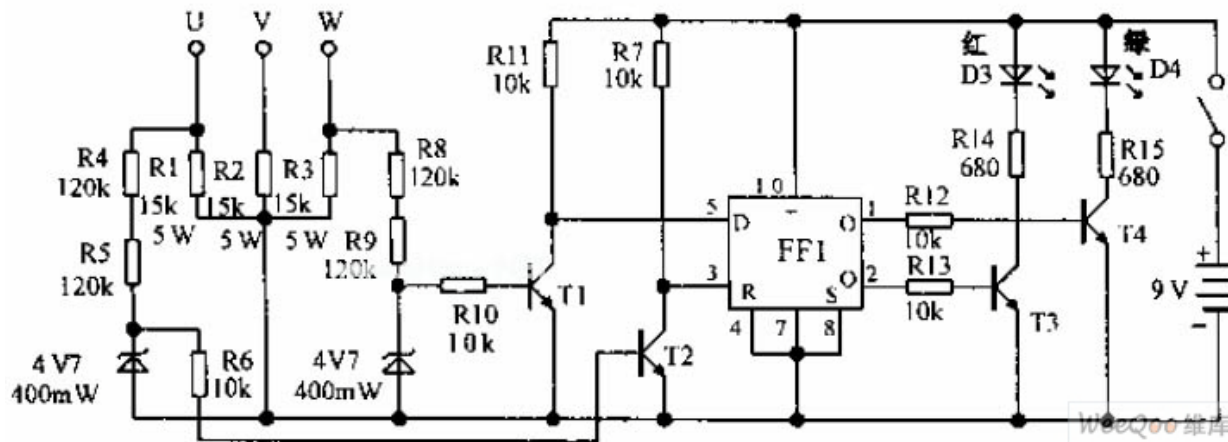
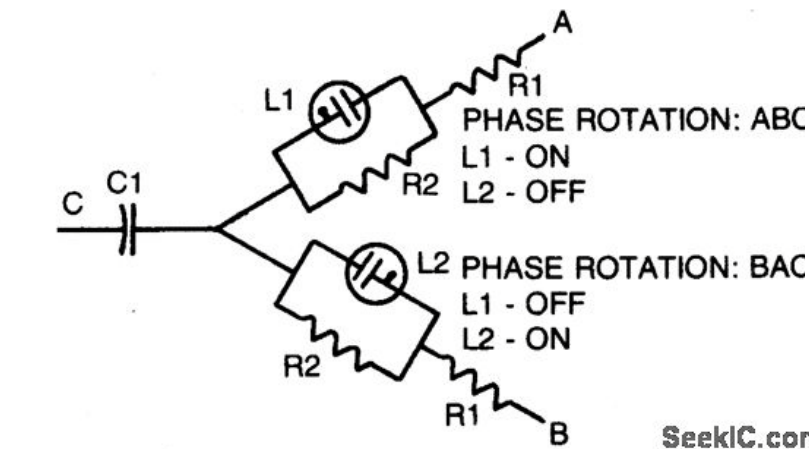
$$\begin{cases} e_a(t) = U_p \sqrt{2} \cos(\omega t) \\ e_b(t) = U_p \sqrt{2} \cos(\omega t + 120^\circ) \\ e_c(t) = U_p \sqrt{2} \cos(\omega t - 120^\circ) \end{cases}$$



$$\begin{cases} \dot{E}_a = U_p \angle 0^\circ \\ \dot{E}_b = U_p \angle 120^\circ \\ \dot{E}_c = U_p \angle -120^\circ \end{cases}$$

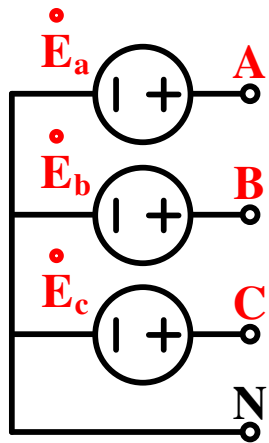
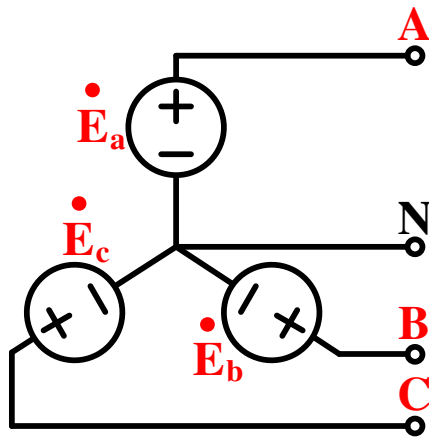
3.7.1 Phân loại nguồn 3 pha đối xứng

Bộ chỉ thứ tự phase (phase sequence indicator) :



3.7.2 Ghép nối mạch 3 pha

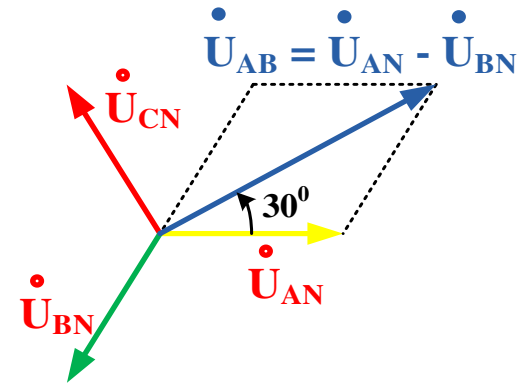
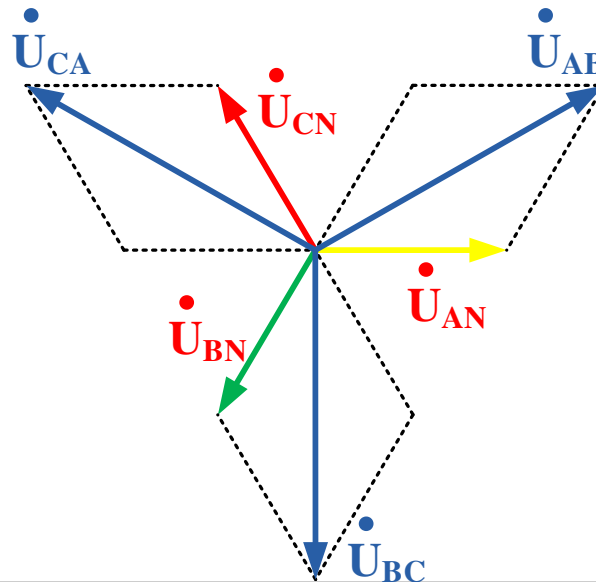
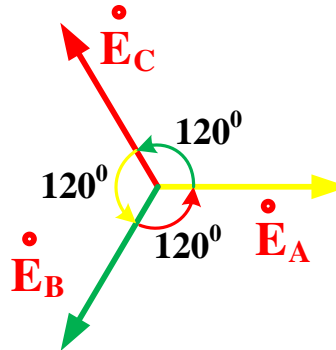
❖ Nguồn 3 pha ghép sao



$$\dot{E}_a = U_P \angle 0^\circ$$

$$\dot{E}_b = U_P \angle -120^\circ$$

$$\dot{E}_c = U_P \angle 120^\circ$$



$$\dot{U}_{AB} = \sqrt{3} U_P \angle 30^\circ$$

$$\dot{U}_{BC} = \sqrt{3} U_P \angle -90^\circ$$

$$\dot{U}_{CA} = \sqrt{3} U_P \angle 150^\circ$$

3.7.2 Ghép nối mạch 3 pha

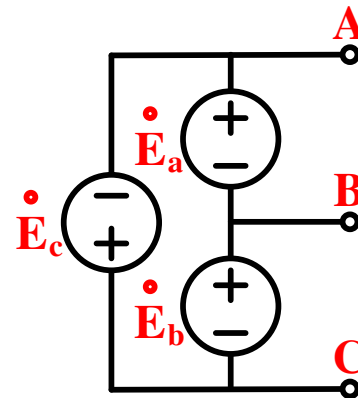
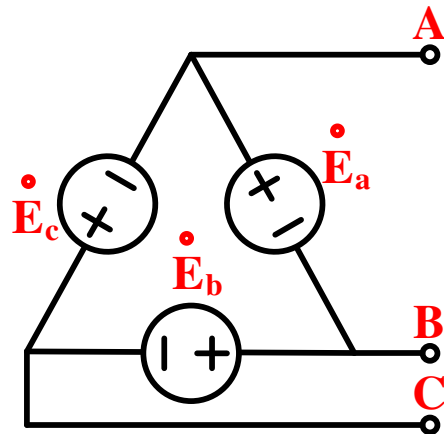
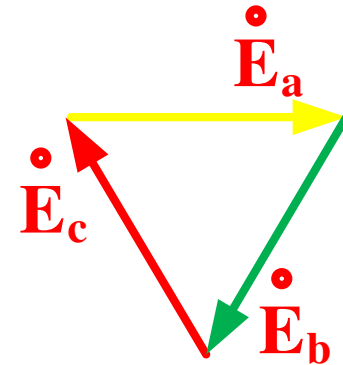
❖ Nguồn 3 pha ghép tam giác

$$\dot{E}_a = U_d \angle 0^\circ$$

$$\dot{E}_b = U_d \angle -120^\circ$$

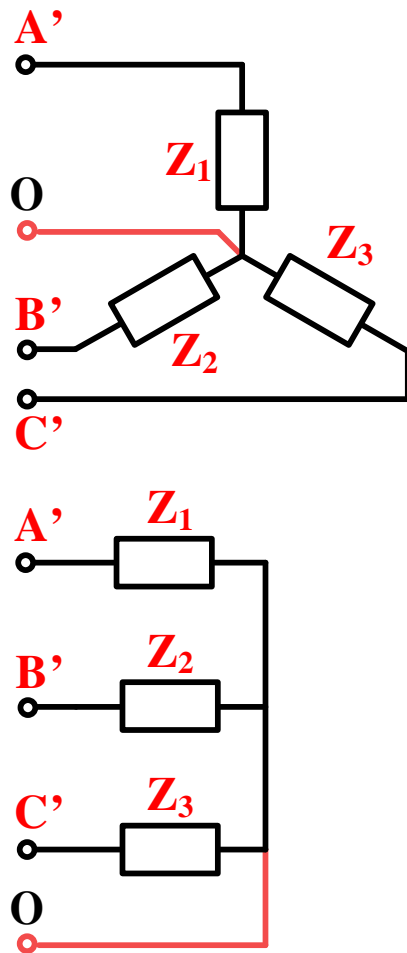
$$\dot{E}_c = U_d \angle 120^\circ$$

$$\dot{E}_a + \dot{E}_b + \dot{E}_c = 0$$

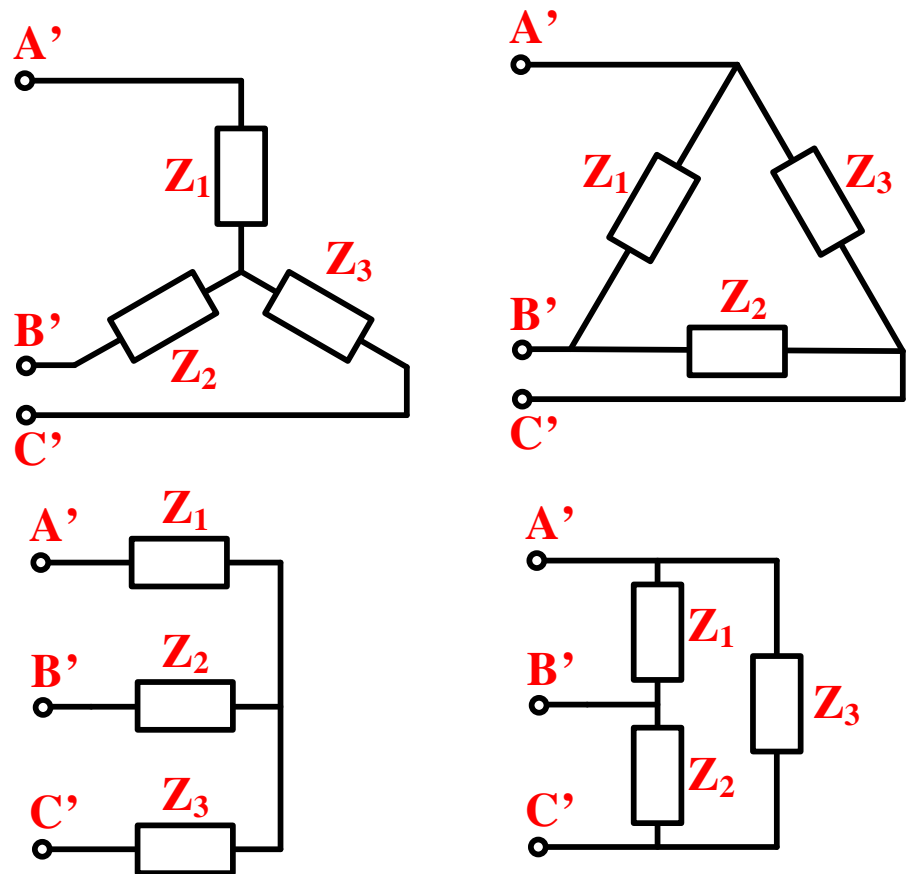


3.7.2 Ghép nối mạch 3 pha

❖ Tải 3 pha 4 dây



❖ Tải 3 pha 3 dây



3.7.2 Ghép nối mạch 3 pha

❖ Các kiểu ghép nguồn – tải 3 pha

- Ghép Y-Y 4 dây
- Ghép Y-Y 3 dây
- Ghép Y- Δ
- Ghép Δ -Y
- Ghép Δ - Δ

❖ Trong phạm vi giáo trình chỉ khảo sát mạch 3 pha với nguồn đối xứng

Các khái niệm cơ bản

Xét sơ đồ Y-Y 4 dây

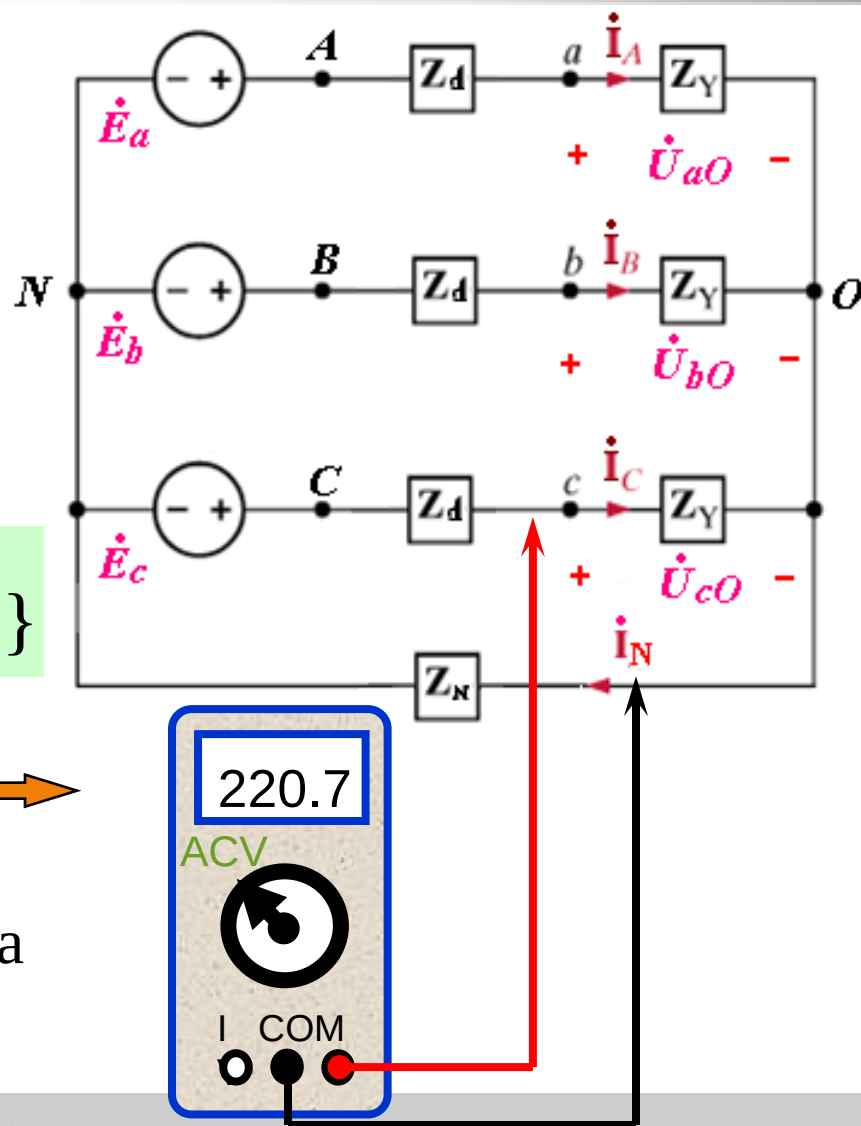
❖ 3 dây pha , 1 dây trung tính.

❖ **Điện áp pha:** áp trên mỗi cuộn dây (đối với nguồn); hay trên mỗi trở kháng (đối với tải).

➡ Áp pha tải: $\{\dot{U}_{aO}; \dot{U}_{bO}; \dot{U}_{cO}\}$

▪ Ví dụ đo áp pha của tải . ➡

➤ U_p : trị hiệu dụng của áp pha nguồn trong hệ nguồn đối xứng



Các khái niệm cơ bản

❖ **Điện áp dây:** áp giữa 2 dây pha trên nguồn hay trên tải

➡ Áp dây nguồn:

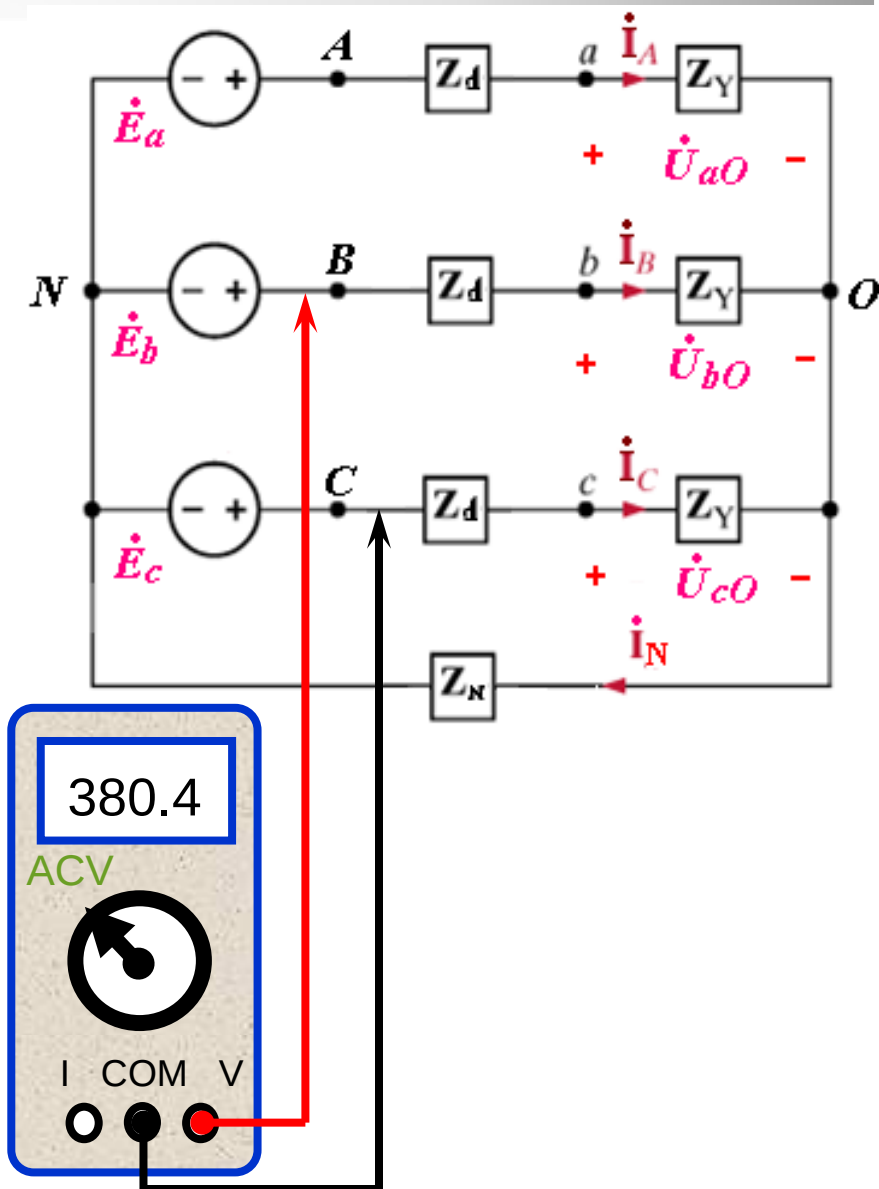
$$\{ \dot{U}_{AB}; \dot{U}_{BC}; \dot{U}_{CA} \}$$

➡ Áp dây tải:

$$\{ \dot{U}_{ab}; \dot{U}_{bc}; \dot{U}_{ca} \}$$

▪ Ví dụ đo áp dây nguồn ➡

➤ U_d : trị hiệu dụng của áp dây nguồn trong hệ nguồn đối xứng

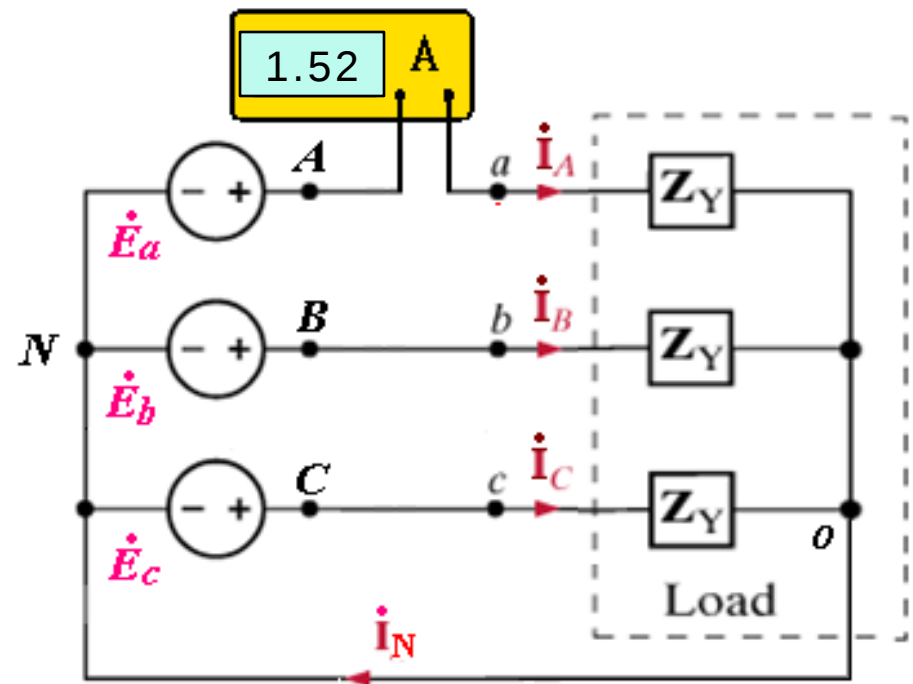


Các khái niệm cơ bản

❖ **Dòng dây:** là dòng trên các dây pha (nóng) $\longrightarrow \{ \dot{I}_A; \dot{I}_B; \dot{I}_C \}$

■ Ví dụ đo dòng điện dây $\longrightarrow$

■ Trị hiệu dụng của dòng điện dây trong hệ 3 pha đối xứng : I_d

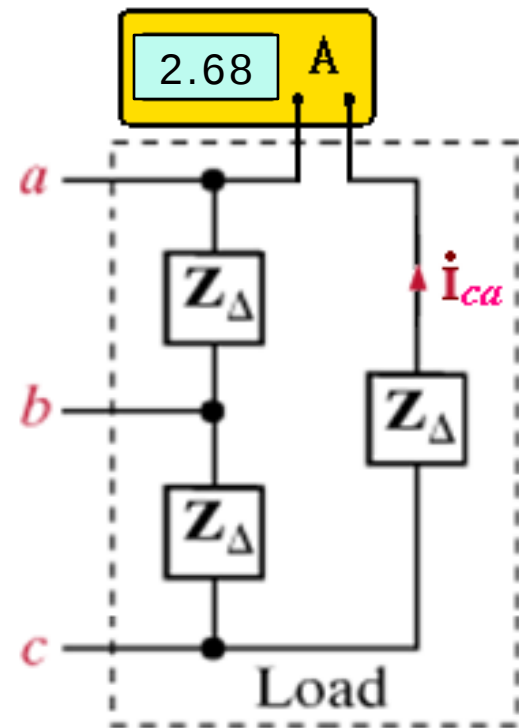


Các khái niệm cơ bản

❖ **Dòng pha:** là dòng qua các trở kháng pha $\Rightarrow \{ \dot{I}_{ab}; \dot{I}_{bc}; \dot{I}_{ca} \}$

■ Ví dụ đo dòng điện pha tải $\Delta \Rightarrow$

■ Trị hiệu dụng của dòng điện pha trong hệ 3 pha đối xứng : I_p

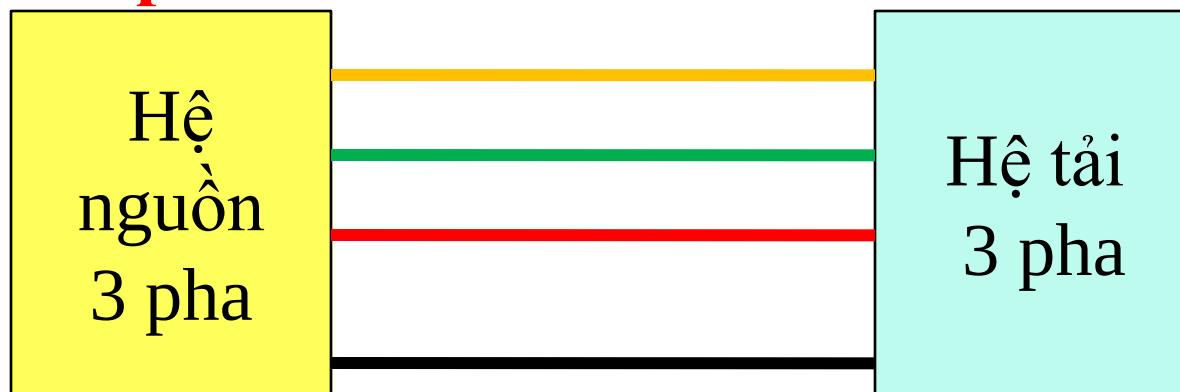


Các khái niệm cơ bản

- Tải 3 pha nối Y : $I_d = I_p$
 - Tải 3 pha nối Δ : $U_d = U_p$
 - Tải 3 pha nối Y đối xứng : $I_d = I_p$ & $U_d = \sqrt{3}U_p$
 - Tải 3 pha nối Δ đối xứng : $U_d = U_p$ & $I_d = \sqrt{3}I_p$
-
- Các đại lượng U_d , I_d là đặc trưng cho hệ 3 pha vì chúng độc lập với việc nối Y hay Δ

3.7.3 Phân tích mạch 3 pha đối xứng

❖ Mạch 3 pha



❖ Định nghĩa

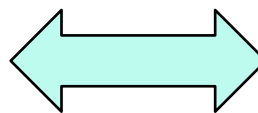
- Mạch 3 pha đối xứng khi hệ nguồn 3 pha và hệ tải 3 pha đều đối xứng

❖ Đặc điểm mạch 3 pha đối xứng

- Tính đối xứng được quyết định bởi nguồn 3 pha

- Thứ tự thuận:

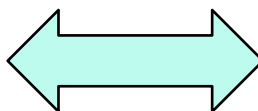
$$\begin{aligned}\dot{E}_a &= U_P \angle 0^\circ \\ \dot{E}_b &= U_P \angle -120^\circ \\ \dot{E}_c &= U_P \angle 120^\circ\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\dot{E}_a &= U_P \angle 0^\circ \\ \dot{E}_b &= \dot{E}_a e^{-j120^\circ} \\ \dot{E}_c &= \dot{E}_a e^{j120^\circ}\end{aligned}$$

- Thứ tự nghịch:

$$\begin{aligned}\dot{E}_a &= U_P \angle 0^\circ \\ \dot{E}_b &= U_P \angle 120^\circ \\ \dot{E}_c &= U_P \angle -120^\circ\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\dot{E}_a &= U_P \angle 0^\circ \\ \dot{E}_b &= \dot{E}_a e^{j120^\circ} \\ \dot{E}_c &= \dot{E}_a e^{-j120^\circ}\end{aligned}$$

- Dòng áp trong các nhánh đối xứng ở các pha sẽ có cùng mô đun, argument được quy định bởi thứ tự nguồn → ***phương pháp sơ đồ 1 pha***

3.7.3 Phân tích mạch 3 pha đối xứng

- Xét sơ đồ Y-Y 4 dây đối xứng, nguồn thứ tự thuận có áp pha hiệu dụng là U_P .
- Tìm các dòng điện ?

Giải

- Với thế nút $\rightarrow \dot{\varphi}_O = \dot{\varphi}_N$

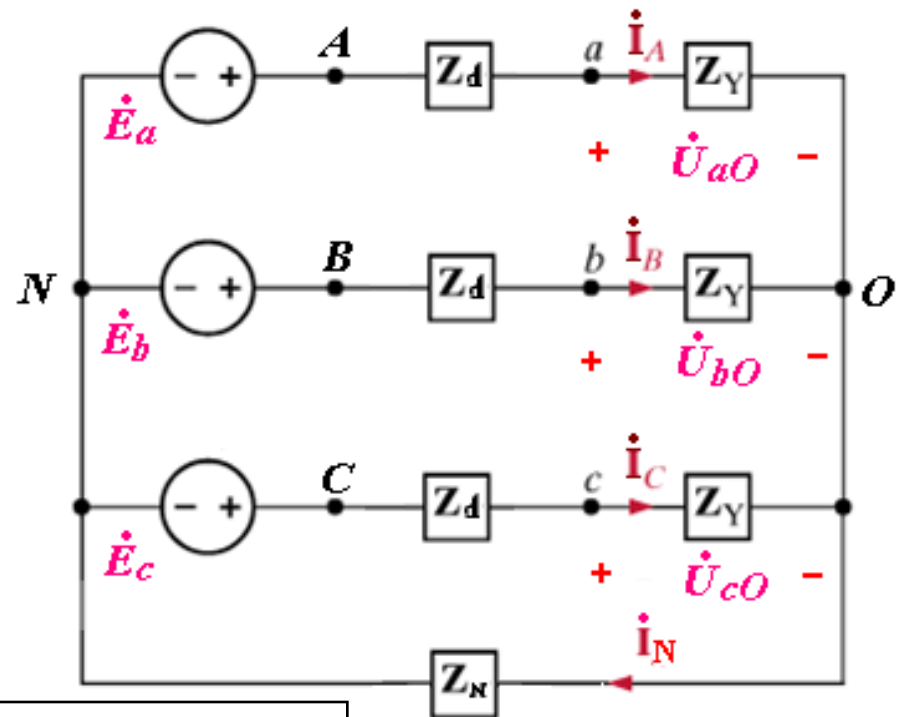
$$\dot{I}_A = \frac{\dot{\varphi}_A - \dot{\varphi}_O}{Z_d + Z_Y} = \frac{\dot{E}_A}{Z_d + Z_Y}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{\varphi}_B - \dot{\varphi}_O}{Z_d + Z_Y} = \frac{\dot{E}_B}{Z_d + Z_Y}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{\varphi}_C - \dot{\varphi}_O}{Z_d + Z_Y} = \frac{\dot{E}_C}{Z_d + Z_Y}$$

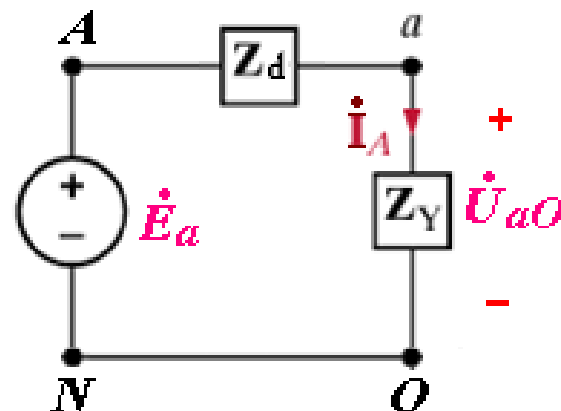
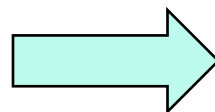
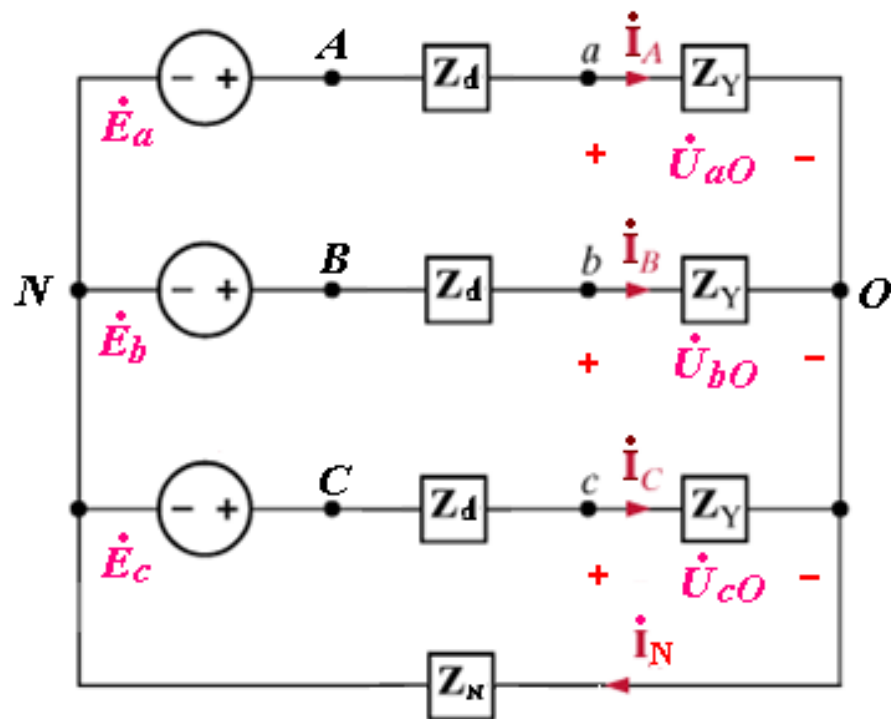
$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= I_P \angle \psi \\ \dot{I}_B &= I_P \angle (\psi - 120^\circ) \\ \dot{I}_C &= I_P \angle (\psi + 120^\circ) \end{aligned}$$

$$\dot{\varphi}_O = \dot{\varphi}_N \rightarrow \dot{I}_N = 0$$

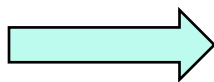


$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= I_P \angle \psi \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_A e^{-j120^\circ} \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_A e^{j120^\circ} \end{aligned}$$

❖ Phương pháp sơ đồ 1 pha



$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z_d + Z_Y}$$



$$\begin{aligned}\dot{I}_A &= I_P \angle \psi \\ \dot{I}_B &= \dot{I}_A e^{-j120^\circ} \\ \dot{I}_C &= \dot{I}_A e^{j120^\circ}\end{aligned}$$

❖ Phương pháp sơ đồ 1 pha

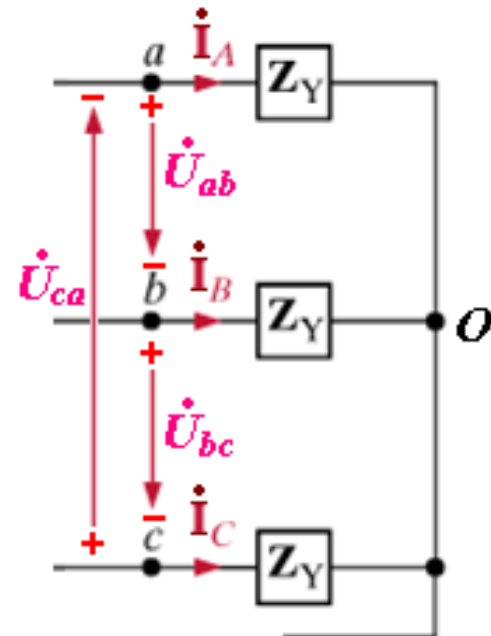
- Cho mạch 3 pha đối xứng, nguồn thứ tự thuận. Tính các điện áp dây trong hình vẽ khi biết dòng pha a : $\dot{I}_A = I \angle \varphi$

Giải

$$\begin{aligned}\dot{U}_{a\bar{b}} &= Z_Y \dot{I}_A - Z_Y \dot{I}_B = (1 - e^{-j120^\circ}) Z_Y \dot{I}_A \\ &= \sqrt{3} e^{j30^\circ} U_P \angle \psi = U_d \angle (\psi + 30^\circ)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{U}_{bc} &= Z_Y \dot{I}_B - Z_Y \dot{I}_C = (e^{-j120^\circ} - e^{j120^\circ}) Z_Y \dot{I}_A \\ &= \sqrt{3} e^{-j90^\circ} U_P \angle \psi = U_d \angle (\psi - 90^\circ)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{U}_{ca} &= Z_Y \dot{I}_C - Z_Y \dot{I}_A = (e^{j120^\circ} - 1) Z_Y \dot{I}_A \\ &= \sqrt{3} e^{j150^\circ} U_P \angle \psi = U_d \angle (\psi + 150^\circ)\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\dot{U}_{ab} &= U_d \angle (\psi + 30^\circ) \\ \dot{U}_{bc} &= \dot{U}_{ab} e^{-j120^\circ} \\ \dot{U}_{ca} &= \dot{U}_{ab} e^{j120^\circ}\end{aligned}$$

❖ Phương pháp sơ đồ 1 pha

- Cho mạch 3 pha đối xứng, nguồn thứ tự thuận. Tính các dòng dây và dòng pha trong hình ?

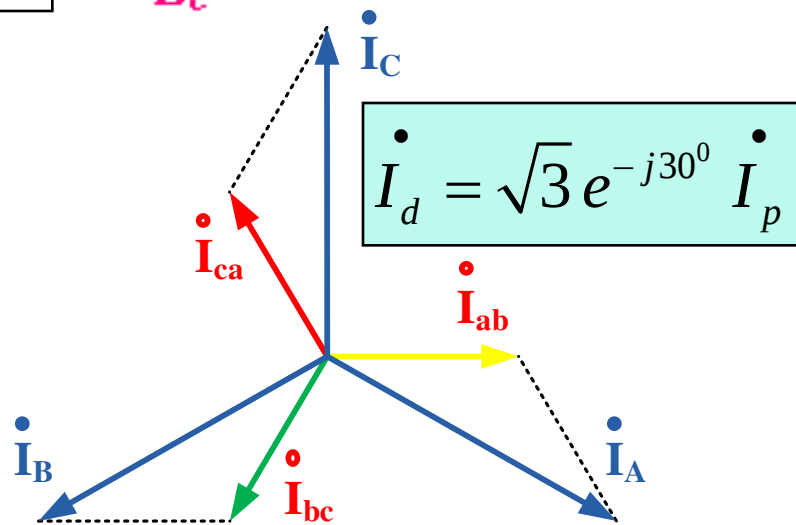
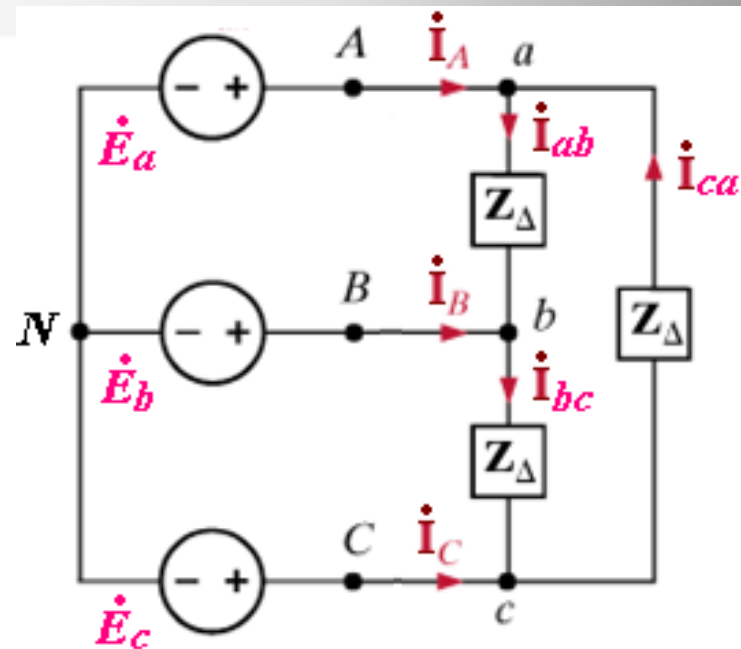
Giải

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{ab}}{Z_{\Delta}} = \frac{\dot{E}_a - \dot{E}_b}{Z_{\Delta}} = \frac{U_d \angle 30^\circ}{Z_{\Delta}} = I_p \angle \alpha$$

$$\dot{I}_{bc} = \dot{I}_{ab} e^{-j120^\circ} ; \quad \dot{I}_{ca} = \dot{I}_{ab} e^{j120^\circ}$$

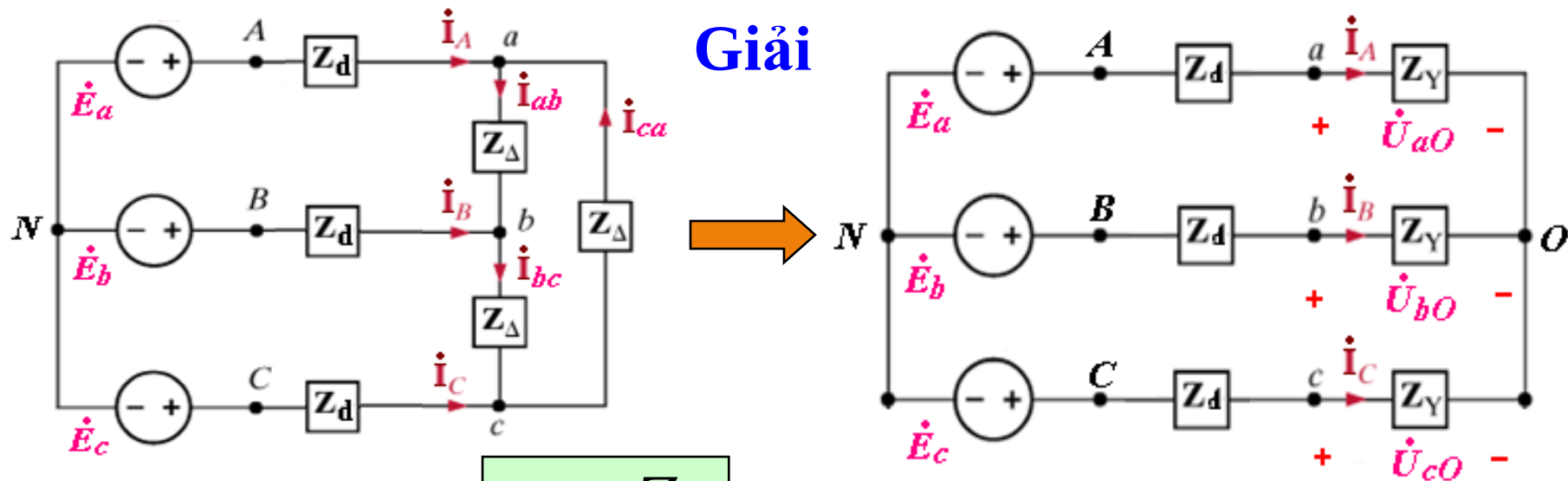
$$\begin{aligned} \dot{I}_A &= \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca} = (1 - e^{j120^\circ}) \dot{I}_{ab} \\ &= \sqrt{3} e^{-j30^\circ} I_p \angle \alpha = I_d \angle (\alpha - 30^\circ) \end{aligned}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_A e^{-j120^\circ} ; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_A e^{j120^\circ}$$



❖ Phương pháp sơ đồ 1 pha

- Mạch 3 pha đối xứng, nguồn thứ tự thuận. Tính các dòng dây và dòng pha trong hình ?

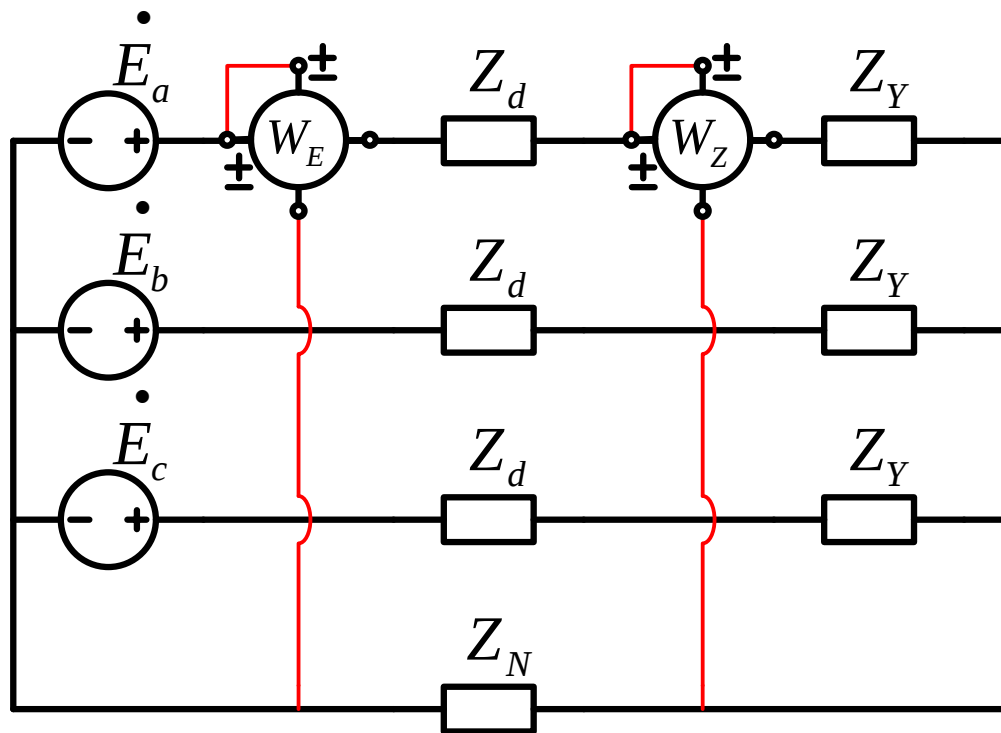


- Đổi tải Δ về Y
- Xác định dòng dây theo sơ đồ 1 pha
- Suy ra dòng pha trong tải Δ

$$Z_Y = \frac{Z_\Delta}{3}$$

$$\dot{I}_p = \frac{e^{j30^\circ}}{\sqrt{3}} \dot{I}_d$$

3.7.4 Đo công suất mạch 3 pha



$$W_E = P_E = E_p I_p \cos(\varphi_E - \varphi_I) \quad [W]$$

$$W_Z = P_Z = U_p I_p \cos(\varphi_U - \varphi_I) \quad [W]$$

- Công suất nguồn

$$P_{Source} = P_{E_A} + P_{E_B} + P_{E_C}$$

- Công suất tải

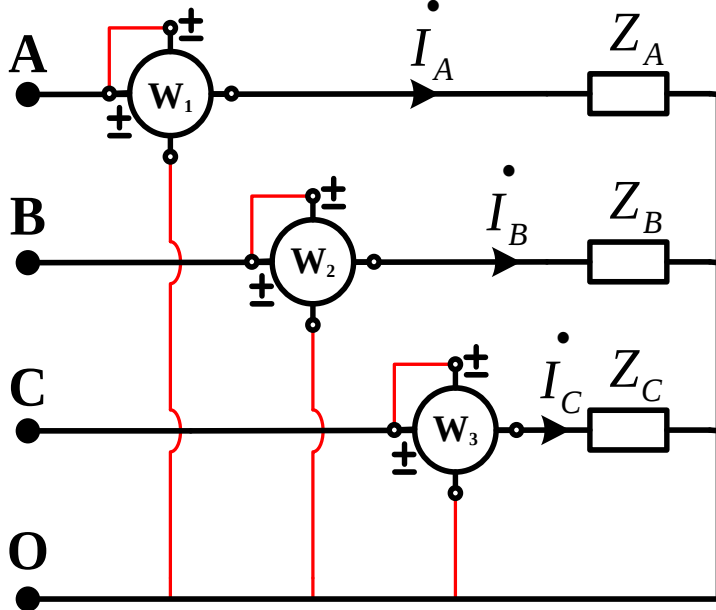
$$P_{Load} = P_{Z_A} + P_{Z_B} + P_{Z_C}$$

- Công suất tổn thất

$$P_{Loss} = P_{Z_{dA}} + P_{Z_{dB}} + P_{Z_{dC}} + P_{Z_N}$$

3.7.4 Đo công suất mạch 3 pha

❖ Phương pháp 3 watt kế



$$W_1 = P_{Z_A} = \operatorname{Re} \left\{ \dot{U}_{AO} I_A^* \right\} = U_{AO} I_A \cos(\varphi_{Z_A})$$

$$W_2 = P_{Z_B} = \operatorname{Re} \left\{ \dot{U}_{BO} I_B^* \right\} = U_{BO} I_B \cos(\varphi_{Z_B})$$

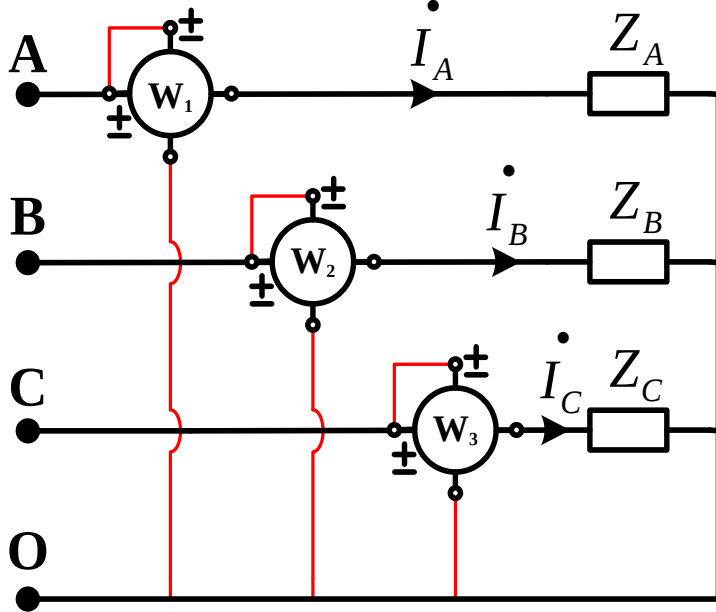
$$W_3 = P_{Z_C} = \operatorname{Re} \left\{ \dot{U}_{CO} I_C^* \right\} = U_{CO} I_C \cos(\varphi_{Z_C})$$

$$P_{\text{Load}} = P_{Z_A} + P_{Z_B} + P_{Z_C} = W_1 + W_2 + W_3$$

Yêu cầu tải nối Y **4** dây

3.7.4 Đo công suất mạch 3 pha

❖ Phương pháp 3 watt kế

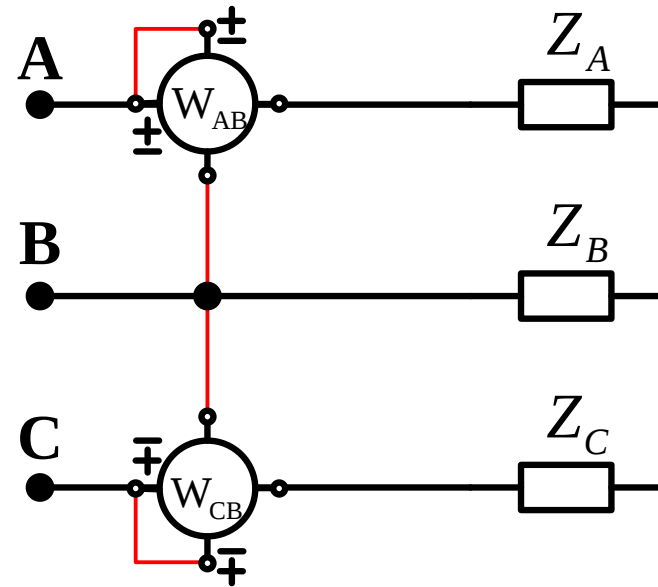
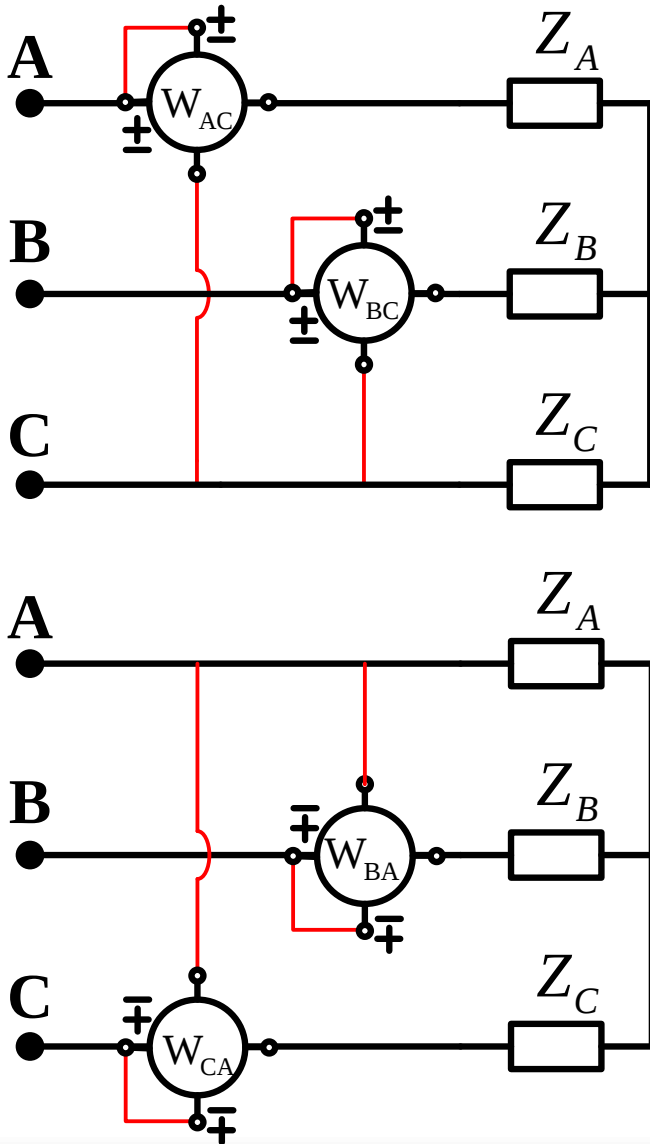


- Khi mạch 3 pha là đối xứng
 $Z_A = Z_B = Z_C = |Z| \angle \varphi$

$$\begin{aligned} P_{Load} &= P_{Z_A} + P_{Z_B} + P_{Z_C} \\ &= 3U_p I_p \cos(\varphi) \\ &= \sqrt{3}U_d I_d \cos(\varphi) \end{aligned}$$

3.7.4 Đo công suất mạch 3 pha

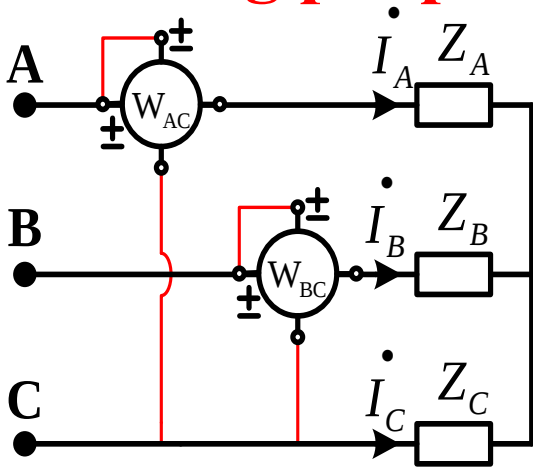
❖ Phương pháp 2 watt kế



Yêu cầu tải nối 3 dây

3.7.4 Đo công suất mạch 3 pha

❖ Phương pháp 2 watt kế



$$W_{AC} = \operatorname{Re} \left\{ \dot{U}_{AC} I_A^* \right\}$$

$$W_{BC} = \operatorname{Re} \left\{ \dot{U}_{BC} I_B^* \right\}$$

- $P_{Load} = W_{AC} + W_{BC}$
- *Yêu cầu tải 3 dây*
- *Không xác định được công suất từng pha*
- *Chỉ thị của watt kế có thể cho giá trị âm*

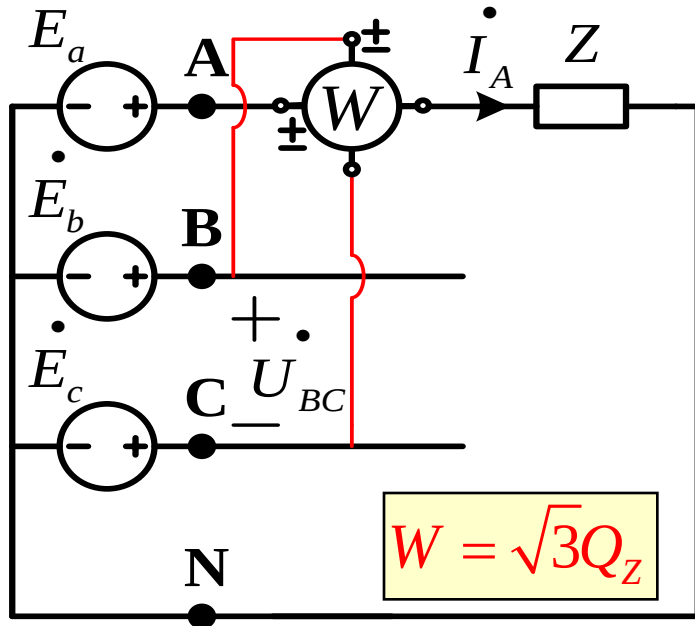
$$\begin{aligned} \tilde{S}_{AC} + \tilde{S}_{BC} &= \dot{U}_{AC} I_A^* + \dot{U}_{BC} I_B^* \\ &= (\dot{U}_{AO} - \dot{U}_{CO}) I_A^* + (\dot{U}_{BO} - \dot{U}_{CO}) I_B^* \\ &= \dot{U}_{AO} I_A^* + \dot{U}_{BO} I_B^* - \dot{U}_{CO} (I_A^* + I_B^*) \\ &= \dot{U}_{AO} I_A^* + \dot{U}_{BO} I_B^* + \dot{U}_{CO} I_C^* \\ &= \tilde{S}_{Z_A} + \tilde{S}_{Z_B} + \tilde{S}_{Z_C} \end{aligned}$$

$$\operatorname{Re} \left\{ \tilde{S}_{AC} + \tilde{S}_{BC} \right\} = \operatorname{Re} \left\{ \tilde{S}_{Z_A} + \tilde{S}_{Z_B} + \tilde{S}_{Z_C} \right\}$$

$$\rightarrow W_{AC} + W_{BC} = P_{Z_A} + P_{Z_B} + P_{Z_C}$$

3.7.4 Đo công suất mạch 3 pha

❖ Đo công suất phản kháng



$$\dot{E}_a = U_p \angle 0^\circ$$

$$\dot{E}_b = U_p \angle -120^\circ$$

$$\dot{E}_c = U_p \angle 120^\circ$$

$$Z = |Z| \angle \varphi$$

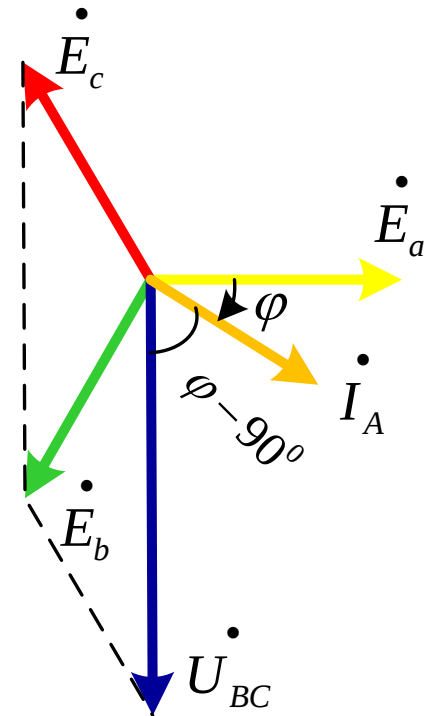
$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z} = I_p \angle -\varphi$$

$$W = \operatorname{Re} \left\{ \dot{U}_{BC} \dot{I}_A^* \right\}$$

$$\dot{U}_{BC} \dot{I}_A^* = (\dot{U}_{BN} - \dot{U}_{CN}) \dot{I}_A^* = (\dot{E}_b - \dot{E}_c) \dot{I}_A^*$$

$$= (e^{-j120^\circ} - e^{j120^\circ}) \dot{E}_a \dot{I}_A^* = \sqrt{3} e^{-j90^\circ} U_p \angle 0^\circ I_p \angle \varphi$$

$$= \sqrt{3} U_p I_p \angle (\varphi - 90^\circ)$$



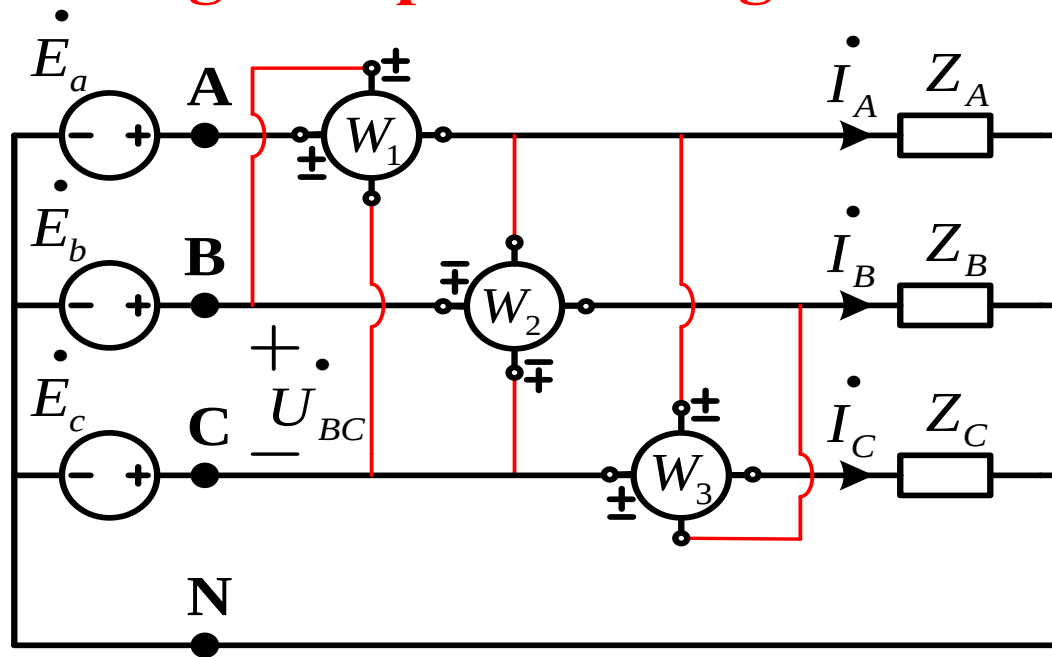
$$W = \operatorname{Re} \left\{ \dot{U}_{BC} \dot{I}_A^* \right\}$$

$$= \sqrt{3} U_p I_p \cos(\varphi - 90^\circ)$$

$$= \sqrt{3} U_p I_p \sin(\varphi)$$

3.7.4 Đo công suất mạch 3 pha

❖ Đo công suất phản kháng



*Yêu cầu : nguồn
3 pha đối xứng*

- Mạch 3 pha 4 dây

$$W_1 + W_2 + W_3 = \sqrt{3}Q_{Z_A} + \sqrt{3}Q_{Z_B} + \sqrt{3}Q_{Z_C} = \sqrt{3}Q_{Load} = \sqrt{3}Q_{Source}$$

- Mạch 3 pha 3 dây

$$W_1 + W_2 + W_3 = \sqrt{3}Q_{E_a} + \sqrt{3}Q_{E_b} + \sqrt{3}Q_{E_c} = \sqrt{3}Q_{Source} = \sqrt{3}Q_{Load}$$