

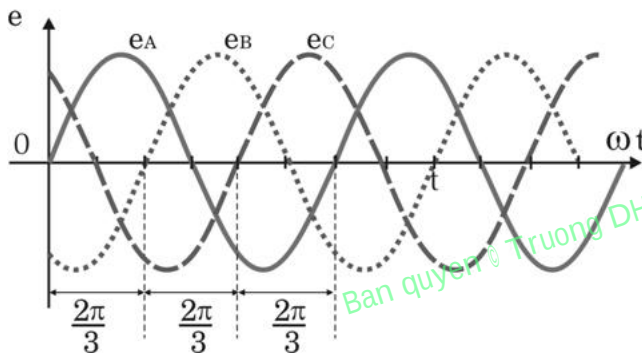
Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

CHƯƠNG 4 MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

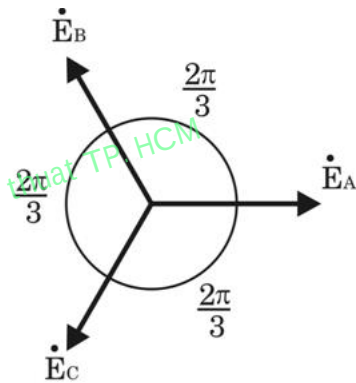
§4.1. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU BA PHA

4.1.1. Định nghĩa:

Nguồn điện xoay chiều ba pha là một hệ thống gồm 3 sức điện động một pha có cùng biên độ, cùng tần số, nhưng lệch pha nhau 120° hay $\frac{1}{3}$ chu kỳ. Mạch điện ba pha gồm nguồn điện 3 pha, đường dây truyền tải và tải 3 pha.



Hình 4-1a



Hình 4-1b

Hình 4-1

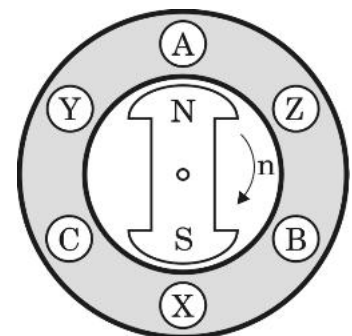
4.1.2. Cách tạo ra dòng điện xoay chiều ba pha:

Để tạo ra dòng điện xoay chiều 3 pha người ta dùng máy phát điện đồng bộ 3 pha, cấu tạo gồm:

- Phần tĩnh (stator) gồm có 3 cuộn dây AX, BY, CZ đặt lệch nhau 120° ($\frac{2\pi}{3}$) trong không gian, gọi là dây quấn pha A, B, C.
- Phần quay (rotor) là một nam châm điện có cực N – S.
- Khi quay, từ trường của rotor lần lượt quét qua các cuộn dây trên stator và cảm ứng thành các sức điện động sin cùng tần số, cùng biên độ, lệch pha nhau 120° .

— Biểu thức tức thời của 3 sức điện động:

Pha A: $e_A = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \omega t$



Hình 4-2

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

Pha B:
$$e_B = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

Pha C:
$$e_C = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) = E \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$

Chuyển sang hiệu dụng phức:

- $\dot{E}_A = E \cdot e^{j0^\circ} = E \angle 0^\circ$

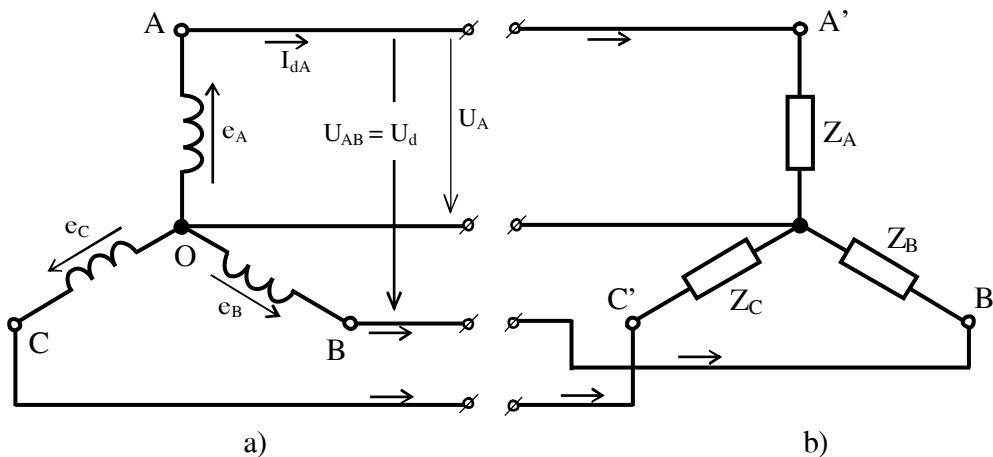
- $\dot{E}_B = E \cdot e^{-j2\pi/3} = E \angle -120^\circ$

- $\dot{E}_C = E \cdot e^{j2\pi/3} = E \angle 120^\circ$

§4.2. CÁCH NỐI MẠCH BA PHA

4.2.1. Nối hình Sao (Y):

- Mạch điện ba pha mắc hình sao là đầu ba điểm cuối X, Y, Z thành một điểm chung gọi là điểm trung tính (điểm 0).
- Dây dẫn nối với các điểm đầu A, B, C gọi là dây pha.
- Dây dẫn nối với điểm 0 gọi là dây trung tính hay dây trung hoà.
- Nếu mạch chỉ có ba dây pha A, B, C gọi là mạch ba pha ba dây. Còn nếu có cả dây trung hoà A, B, C, O thì gọi là mạch ba pha bốn dây (hình 4-3).
- Dòng điện đi trong các cuộn dây pha gọi là dòng điện pha: I_p .
- Dòng điện đi trên các dây pha gọi là dòng điện dây: I_d .
- Dòng điện đi trong dây trung tính ký hiệu là: I_0 .
- Điện áp giữa hai đầu cuộn dây pha gọi là điện áp pha: U_p .
- Điện áp giữa hai dây pha gọi là điện áp dây: U_d .



Hình 4-3. Máy phát và phụ tải mắc hình sao

Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha

Theo như sơ đồ hình sao (hình 4-3).

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

- Dòng điện đi trong cuộn dây pha chính là dòng điện đi trên dây pha tương ứng. Suy ra dòng điện dây bằng dòng điện pha:

$$I_d = I_p.$$
- Điện áp dây bằng hiệu hai điện áp pha tương ứng. Hình 4-3c vẽ đồ thị vector hệ điện áp ba pha đầu sao đối xứng. Từ hình vẽ ta thấy:

Từ hình 4.3-(a) ta thấy: U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} quan hệ với U_A, U_B, U_C như sau:

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

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

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

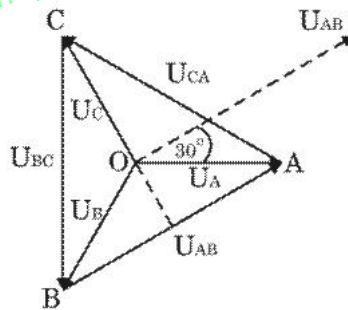
Xét tam giác OAB ta thấy:

$$AB = 2.OA.\cos 30^\circ = 2.OA.\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}.OA$$

AB là điện áp dây U_d , OA là điện áp pha U_p

- Về góc pha: Điện áp dây vượt trước điện áp pha tương ứng một góc 30° .
- Về trị số: Điện áp dây bằng $\sqrt{3}$ lần điện áp pha.

$$U_d = \sqrt{3} U_p.$$

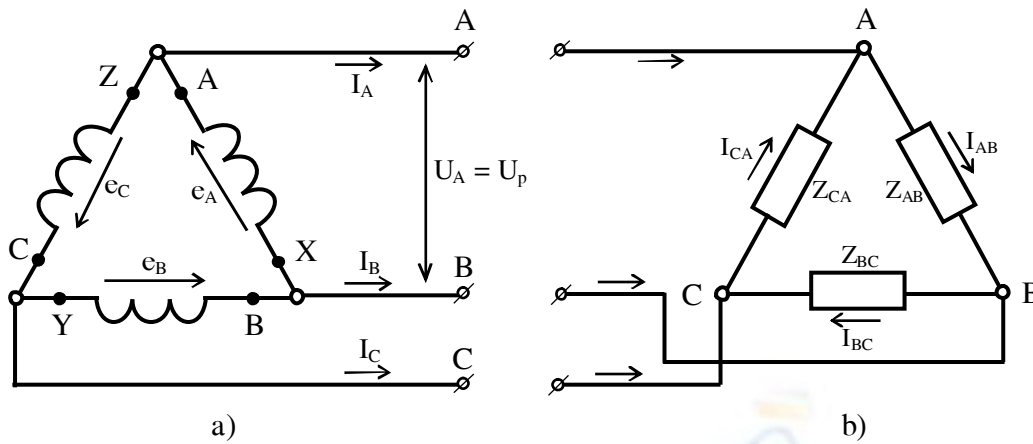


Hình 4.3.c)

4.2.2. Nối hình tam giác (Δ)

Mạch ba pha mắc hình tam giác là lấy điểm cuối pha A đấu vào đầu pha B, cuối pha B vào đầu pha C và cuối cuộn pha C đấu vào đầu pha A tạo một mạch vòng hình tam giác và ba đỉnh tam giác nối với ba dây dẫn gọi là ba dây pha (hình 4-4).

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha



Hình 4-4. Máy phát và phụ tải mắc hình tam giác

Quan hệ giữa các đại lượng điện áp, dòng điện dây và pha.

Theo sơ đồ đấu tam giác (hình 4-4).

- Điện áp đặt vào đầu mỗi pha chính là điện áp dây:

$$U_d = U_p$$

- Theo định luật Kirchoff 1 tại ba đỉnh A, B, C:

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

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

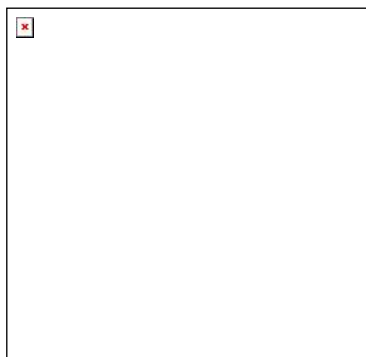
$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$$

Dòng điện dây bằng hiệu hai dòng điện pha tương ứng. Hình 4.4c vẽ đồ thị vector dòng điện ba pha đầu sao đối xứng. Từ hình vẽ ta thấy:

+ Về góc pha: Dòng điện dây chậm pha sau dòng điện pha một góc 30° .

+ Về trị số: Dòng điện dây bằng $\sqrt{3}$ lần dòng điện pha:

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



(Hình 4.4c)

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

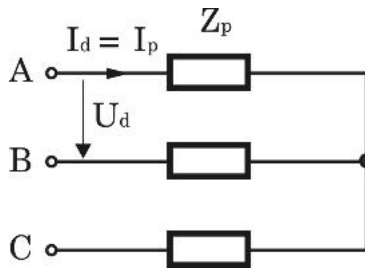
§4.3. CÁCH GIẢI MẠCH BA PHA

4.3.1. Mạch ba pha đối xứng:

Mạch điện 3 pha đối xứng có dòng điện các pha có trị số bằng nhau về độ lớn nhưng lệch pha nhau 120° . Khi giải mạch điện 3 pha đối xứng ta tách từng pha riêng rẽ để tính. Ta có một số trường hợp thường gặp:

a. Tải nối hình Y đối xứng:

❖ **Khi không xét đến tổng trở đường dây pha:**



Hình 4.5

- Điện áp đặt lên mỗi pha của tải là:

$$U_p = \frac{U_d}{\sqrt{3}}$$

- Tổng trở pha của tải:

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$$

- Dòng điện pha của tải:

$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

- Góc lệch pha φ giữa U_p và I_p :

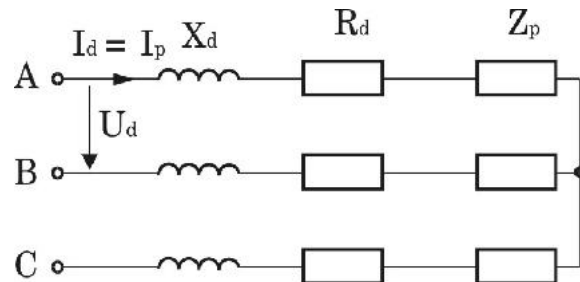
$$\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$$

- Vì tải nối Y nên $I_d = I_p$

❖ **Khi có xét đến tổng trở đường dây pha:**

Cách tính toán cũng tương tự như trên, nhưng ta gộp tổng trở đường dây với tổng trở pha của tải

$$I_d = I_p = \frac{U_d}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_d + R_p)^2 + (X_d + X_p)^2}}$$

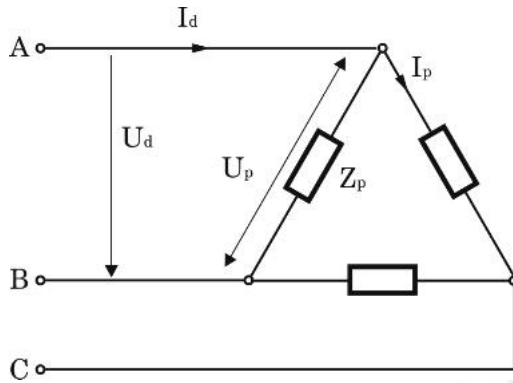


Hình 4.6

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

b. Tải nối tam giác đối xứng:

❖ **Khi không xét đến tổng trở đường dây pha:**



Hình 4.7

- Điện áp đặt lên mỗi pha của tải bằng điện áp dây:

$$U_d = U_p$$

- Tổng trở pha của tải:

$$Z_p = \sqrt{R_p^2 + X_p^2}$$

- Dòng điện pha của tải:

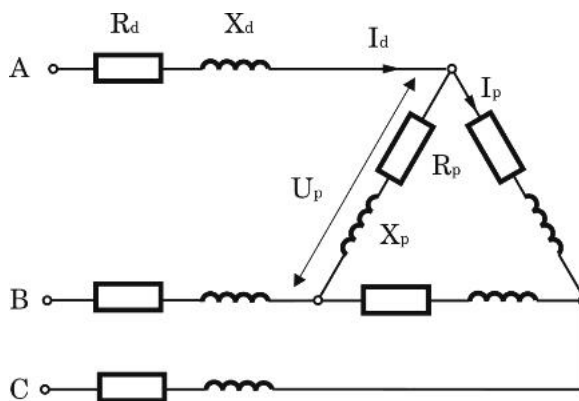
$$I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

- Góc lệch pha φ giữa U_p và I_p :

$$\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$$

- Vì tải nối Δ nên $I_d = \sqrt{3} \cdot I_p$

❖ **Khi có xét đến tổng trở đường dây pha:**



Hình 4.8

Chương 4. Mạch điện xoay chiều ba pha

Biến đổi tương đương từ $\Delta \rightarrow Y$ rồi giải tương tự

- Tổng trở mỗi pha khi nối tam giác:

$$\bar{Z}_{\Delta} = R_p + j.X_p$$

- Biến đổi sang Y:

$$\bar{Z}_Y = \frac{\bar{Z}_{\Delta}}{3} = \frac{R_p}{3} + j.\frac{X_p}{3}$$

- Dòng điện dây của tải:

$$I_d = \frac{U_d}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_d + \frac{R_p}{3})^2 + (X_d + \frac{X_p}{3})^2}}$$

- Dòng điện pha của tải

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

4.3.2. Công suất mạch ba pha đối xứng:

Đối với mạch ba pha đối xứng.

Do trị số dòng điện hiệu dụng, điện áp và góc lệch pha ở ba pha như nhau nên Công suất của các pha cũng bằng nhau.

- Công suất tác dụng ba pha.

$$P_{3\text{ pha}} = 3.P_{1\text{ f}} = 3.U_p.I_p.\cos\varphi = \sqrt{3} U_d.I_d.\cos\varphi = 3 R_p.I_p^2$$

- + Nếu mạch ba pha đấu sao thì:

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

$$I_d = I_p.$$

- + Nếu mạch đấu tam giác thì:

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

$$U_d = U_p$$

- Công suất phản kháng ba pha.

$$Q_{3P} = 3.U_p.I_p.\sin\varphi = \sqrt{3} U_d.I_d.\sin\varphi = 3 X_p.I_p^2$$

- Công suất biểu kiến ba pha.

$$S_{3P} = 3 U_p.I_p = \sqrt{3} U_d.I_d = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Ví dụ 4.1: Cho một mạch điện 3 pha, nguồn điện nối hình sao, tải nối hình tam giác. Điện áp pha của nguồn là $U_{pn} = 200V$, tổng trở pha tải $\bar{Z}_p = 4 + j 3 (\Omega)$

- Tính điện áp pha tải, I_p và I_d .
- Tính công suất tác dụng, công suất phản kháng và công suất biểu kiến trên tải 3 pha.