

TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG
KHOA ĐIỆN-ĐIỆN TỬ
BỘ MÔN ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

-----o0o-----

MAI VĂN CÔNG

Bài giảng

KỸ THUẬT ĐIỆN

(2 TC, chương trình Đại học, Cao đẳng)

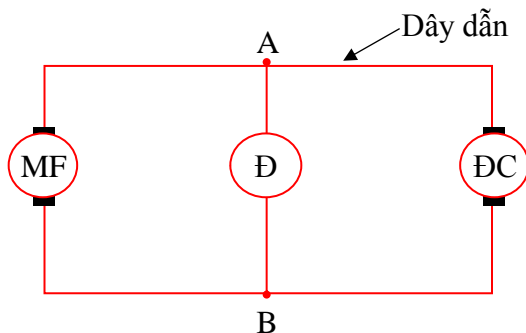
LƯU HÀNH NỘI BỘ

Khánh Hòa, tháng 09 năm 2013

Chương 1. NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ MẠCH ĐIỆN

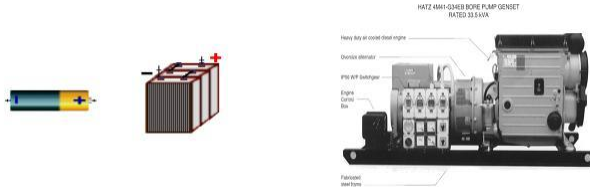
1.1. Mạch điện, kết cấu hình học của mạch điện

1. **Mạch điện:** Tập hợp các phần tử điện, được ghép thành những vòng kín, trong đó có dòng điện chạy qua và tạo nên điện áp trên các phần tử đó.

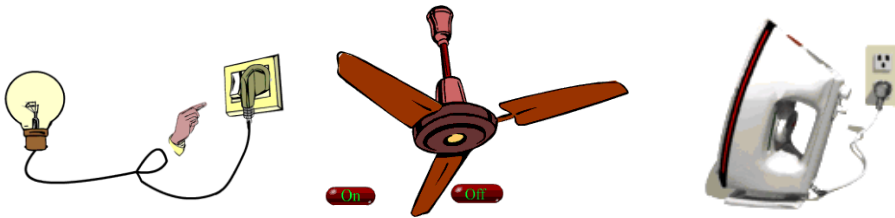


Trong mạch điện có 2
nhóm phần tử chính:
- Nguồn điện (nguồn)
- Phụ tải (tải)

a. Nguồn điện (Source): các thiết bị tạo ra điện năng



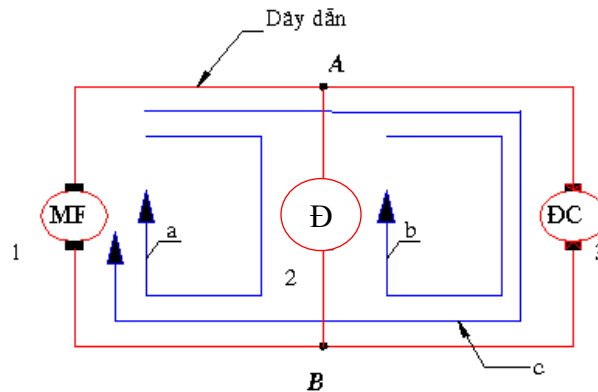
b. Tải (Load): các thiết bị tiêu thụ điện năng



c. Dây dẫn điện

* Ngoài ra còn có thể có dụng cụ đo lường, điều khiển và bảo vệ

2. Kết cấu hình học của mạch điện



a. Nhánh: đoạn mạch có các phần tử điện nối tiếp

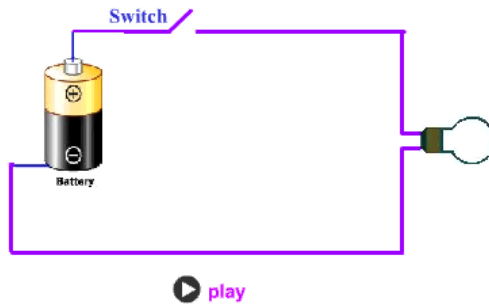
b. Nút : nơi giao nhau của từ 3 nhánh trở lên.

c. Vòng: lối đi khép kín qua một số nhánh

=> Vòng độc lập (mắt lưới)

1.2. Các đại lượng đặc trưng cho quá trình năng lượng của mạch điện

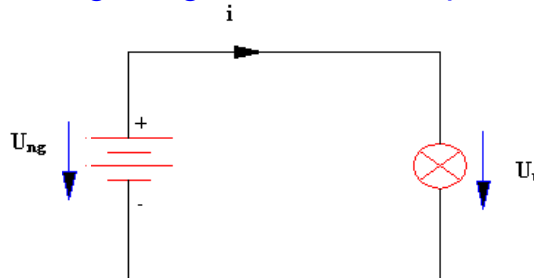
1. Dòng điện : $i = \frac{dq}{dt}$



2. Điện áp

Hiệu điện thế giữa hai điểm : $u_{AB} = u_A - u_B$

3. Chiều dương dòng điện và điện áp



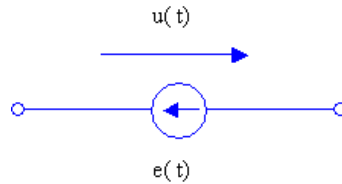
4. Công suất (tức thời) $p = u.i$

$p = u.i > 0$ nhánh nhận năng lượng

$p = u.i < 0$ nhánh phát năng lượng ra ngoài tải

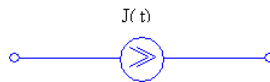
1.3. Mô hình mạch điện, các thông số

1. Nguồn điện áp và sức điện động



$$u(t) = -e(t)$$

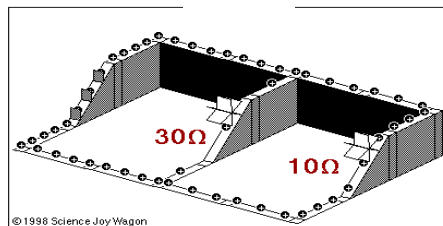
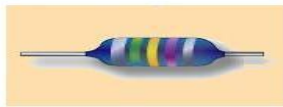
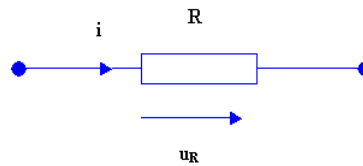
2. Nguồn dòng điện



3. Điện trở R

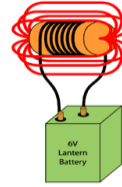
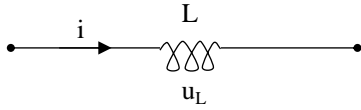
$$u_R = Ri$$

$$p = Ri^2 = u_R i = \frac{u_R^2}{R}$$



Đặc trưng cho quá trình tiêu thụ điện năng và biến điện năng thành các dạng năng lượng khác.

4. Điện cảm L



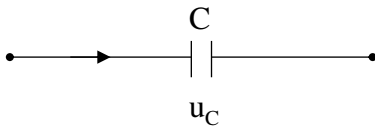
$$u_L = L \frac{di}{dt}$$

$$W_{tt} = \frac{1}{2} L i^2$$

Đặc trưng cho quá trình trao đổi và tích lũy năng lượng từ trường

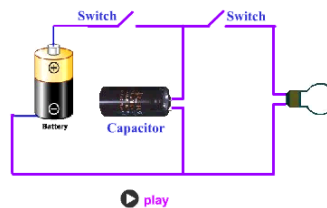
Hỗ cảm M: khi 2 cuộn dây L_1 và L_2 đặt gần nhau. Khi có dòng I_1 chạy vào L_1 và dòng I_2 chạy vào L_2 thì sinh ra từ thông chính trong mỗi cuộn dây và hỗ cảm sang cuộn dây kia điện áp hỗ cảm.

5. Điện dung C



$$u_C = \frac{1}{C} \int i dt$$

$$W_{dt} = \frac{1}{2} C \cdot u_C^2$$

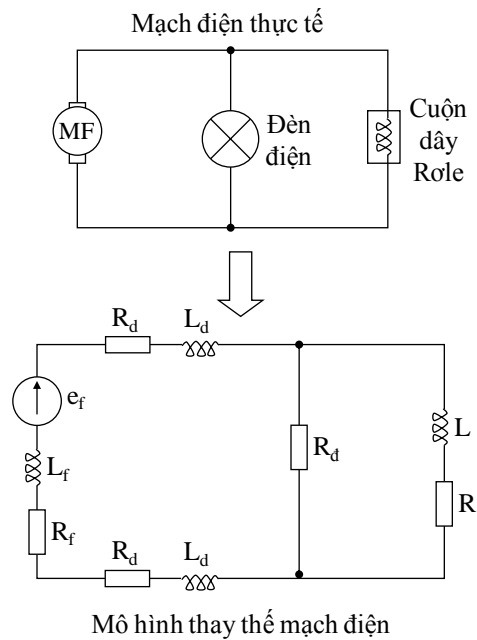


Đặc trưng cho hiện tượng tích lũy năng lượng điện trường (phóng tích điện năng)

6. Mô hình mạch điện

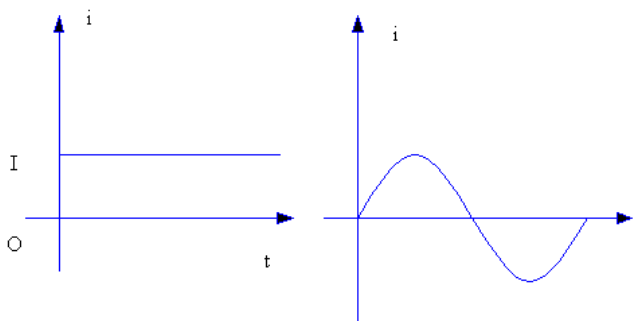
Để thuận lợi cho việc phân tích, tính toán mạch điện, người ta đưa ra mô hình mạch điện hay còn gọi là sơ đồ thay thế mạch điện.

Một mạch điện thực tế có thể có nhiều sơ đồ thay thế khác nhau tùy mục đích nghiên cứu và điều kiện làm việc.



1.4. Phân loại và các chế độ làm việc của mạch điện

1. Phân loại theo loại dòng điện



a. Mạch điện một chiều

b. Mạch điện xoay chiều: 1 pha, 3 pha

2. Phân loại theo tính chất thông số R, L, C của mạch điện

- Mạch điện tuyến tính: **tất cả phần tử đều tuyến tính**
- Mạch điện phi tuyến: **có phần tử phi tuyến trong MĐ**

3. Phân loại theo quá trình năng lượng trong mạch

- Chế độ xác lập (chế độ ổn định)
- Chế độ quá độ (thời gian rất ngắn nhỏ hơn 10s)

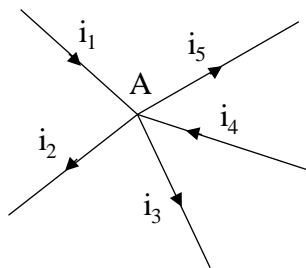
4. Phân loại theo bài toán về mạch điện

- Bài toán phân tích mạch
- Bài toán tổng hợp mạch (hay thiết kế mạch)

1.5. Hai định luật Kirchhoff (Kirchoff)

1. Định luật Kirchhoff 1

Tổng đại số các dòng điện tại một nút bằng không: $\sum i = 0$

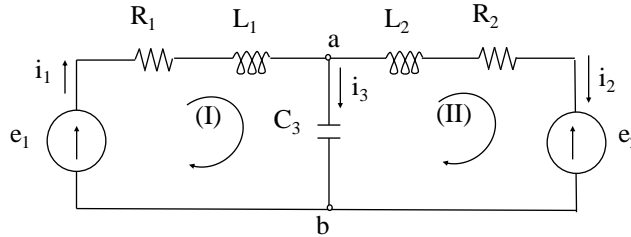


Ví dụ: Theo định luật K1 tại nút A ta có : $i_1 - i_2 - i_3 + i_4 - i_5 = 0$

Hay $i_1 + i_4 = i_2 + i_3 + i_5$ tổng các dòng điện chạy vào nút bằng tổng các dòng điện chạy ra khỏi nút.

2. Định luật Kirchhoff 2

Đi theo một vòng khép kín, theo chiều chọn tùy ý, tổng đại số các điện áp rơi trên các phần tử R, L, C bằng tổng đại số các sức điện động có trong vòng; trong đó những sức điện động và dòng điện có chiều trùng với chiều dương của vòng sẽ mang dấu dương, ngược lại mang dấu âm. Xét ví dụ sau:



Theo định luật K2 ta có:

$$\text{Vòng I: } R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_3} \int i_3 dt = e_1$$

$$\text{Vòng II: } L_2 \frac{di_2}{dt} + R_2 i_2 - \frac{1}{C_3} \int i_3 dt = -e_2$$

Chương 2. DÒNG ĐIỆN HÌNH SIN

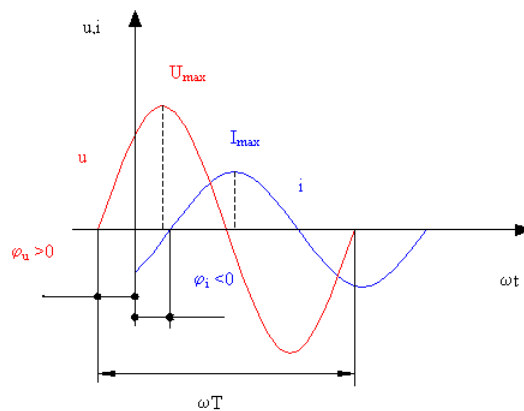
2.1. Các đại lượng đặc trưng cho dòng điện hình sin

Biểu thức tổng quát của dòng điện, điện áp, sức điện động:

$$i = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi_i)$$

$$u = U_{\max} \sin(\omega t + \varphi_u)$$

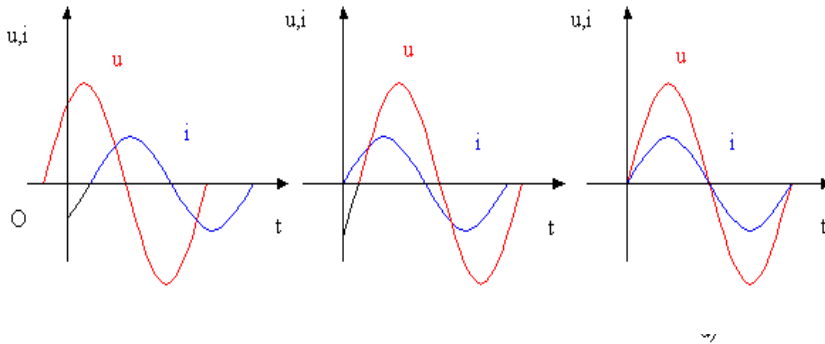
$$e = E_{\max} \sin(\omega t + \varphi_e)$$



Tìm góc lệch pha của 2 đại lượng cùng tần số:

Góc lệch pha của 2 đại lượng cùng tần số, là hiệu 2 pha ban đầu của chúng. Chẳng hạn góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện thường kí hiệu là φ :

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$$



Hình 2.1

2.2. Trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin

Trị số hiệu dụng của dòng điện hình sin là dòng điện I , là trị số tác động tương đương về mặt năng lượng trong cùng thời gian chu kỳ khi chạy qua cùng một điện trở R thì sẽ tạo ra cùng công suất

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} \quad E = \frac{E_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Trong thực tế, giá trị đọc trên các cơ cấu đo dòng điện I , đo điện áp U , đo sức điện động E của dòng điện hình sin thường là trị số hiệu dụng.

Các giá trị U , I , E ghi nhãn mác của dụng cụ và thiết bị điện thường là trị số hiệu dụng.

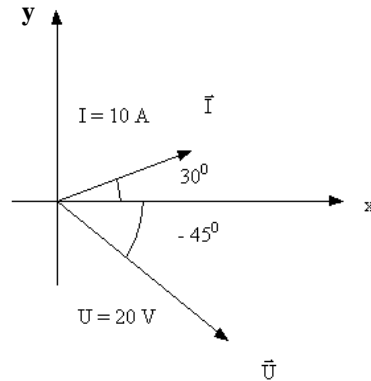
2.3. Biểu diễn dòng điện hình sin bằng vectơ

Thông số cần biết để biểu diễn vectơ cho đại lượng điện là trị hiệu dụng và pha đầu của đại lượng điện sin.

Ví dụ:

$$i = 10\sqrt{2} \sin(\omega t + 30^\circ)$$

$$u = 20\sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ)$$



Với phương pháp biểu diễn đại lượng điện sin bằng vectơ, cho ta công cụ toán học, là cộng (trừ) hai đại lượng điện sin cùng tần số, tương ứng cộng (trừ) hai vectơ của chúng.

Ví dụ 1: Cho $i_1 = 20\sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ)(A)$

$$i_2 = 20\sqrt{2} \sin(\omega t - 45^\circ)(A)$$

Dựa vào phương pháp vec tơ tính:

$$i_3 = i_1 + i_2 = 40 \sin \omega t (A)$$

$$i_4 = i_1 - i_2 = 40 \sin(\omega t + 90^\circ)(A)$$

$$i_5 = i_2 - i_1 = 40 \sin(\omega t - 90^\circ)(A)$$

Ví dụ 2: Cho $u_1 = 10 \sin(\omega t + 30^\circ)(V)$

$$u_2 = 15 \sin(\omega t - 150^\circ)(V)$$

Dựa vào phương pháp vec tơ tính:

$$u_3 = u_1 + u_2$$

$$u_4 = u_1 - u_2$$

$$u_5 = u_2 - u_1$$

2.4. Biểu diễn dòng điện hình sin bằng số phức

Số phức có 3 dạng:

a. Dạng đại số: Số phức $a + jb \rightarrow \begin{cases} C = \sqrt{a^2 + b^2} \\ \varphi = \arctg \frac{b}{a} \end{cases}$

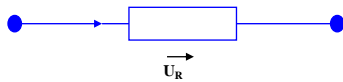
b. Dạng lượng giác: $C(\cos \varphi + j \sin \varphi)$

c. Dạng số mũ: (và ký hiệu mũ) $Ce^{j\varphi} = C \angle \varphi$

d. Tổng trở phức: $Z = R + jX$

e. Định luật Ôm dạng phức: $Z = \frac{\dot{U}}{\dot{I}}$

2.5. Dòng điện sin trong nhánh thuần trở



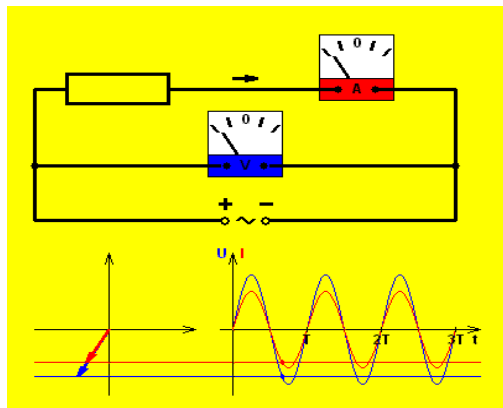
$$u_R = R \cdot i = U_{R\max} \sin \omega t \rightarrow u \text{ và } i \text{ cùng pha}$$

Công suất tức thời:

$$p(t) = U_R I (1 - \cos 2\omega t)$$

Công suất tác dụng:

$$P = R \cdot I^2 = U_R I = \frac{U_R^2}{R}$$



2.6. Dòng điện sin trong nhánh thuần cảm

$i = I_{\max} \sin \omega t$, u nhanh pha hơn i một góc $\pi/2$

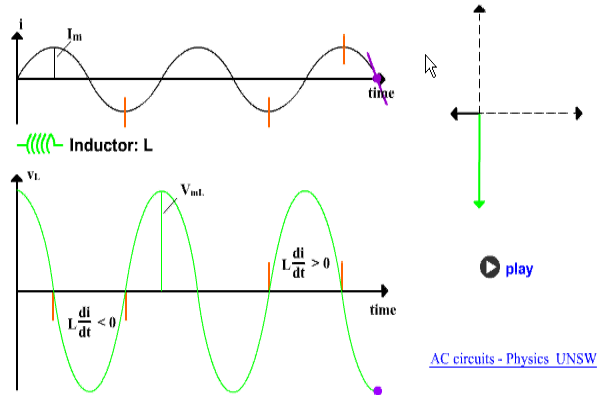
$$u_L(t) = U_{L\max} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Công suất tức thời:

$$p(t) = U_L I \sin 2\omega t$$

Công suất phản kháng:

$$Q_L = X_L I_L^2$$



2.7. Dòng điện sin trong nhánh thuần dung

$$u_C = U_{C\max} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

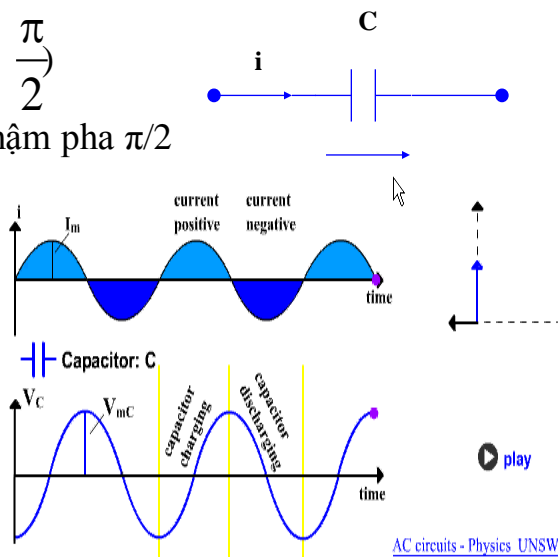
$i = I_{\max} \sin \omega t \rightarrow u$ chậm pha $\pi/2$

Công suất tức thời:

$$p(t) = -U_C I \sin 2\omega t$$

CS phản kháng

$$Q_c = -X_C \cdot I^2$$

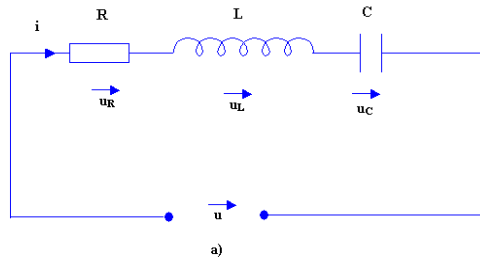
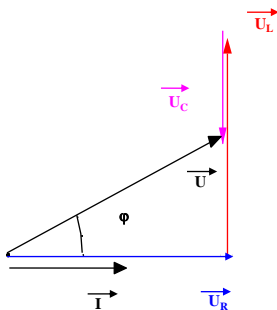


2.8. Dòng điện hình sin trong mạch R-L-C nối tiếp và song song

1. Dòng điện hình sin trong mạch R-L-C nối tiếp

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$$

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

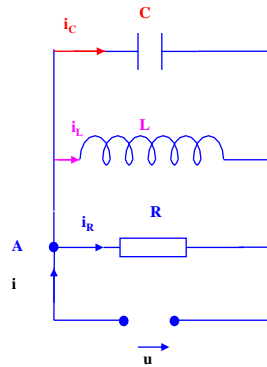
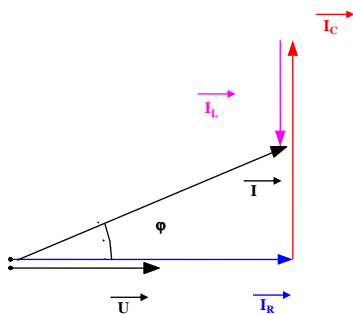


$$\varphi = \arctg \frac{U_L - U_C}{U_R}$$

2. Dòng điện hình sin trong mạch R-L-C song song

$$\vec{I} = \vec{I}_R + \vec{I}_L + \vec{I}_C$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$



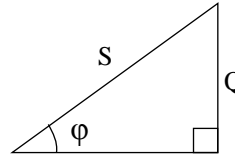
$$\varphi = \arctg \frac{I_L - I_C}{I_R}$$

2.9. Công suất dòng điện hình sin

1. Công suất tác dụng P

$$P = UI \cos \varphi \quad [\text{W}]$$

$$P = \sum_{k=1}^n R_k I_k^2 \quad [\text{W}]$$



Tam giác công suất

2. Công suất phản kháng Q

$$Q = UI \sin \varphi \quad [\text{VAr}]$$

$$Q = Q_L + Q_C = \sum_{k=1}^n X_{Lk} I_k^2 - \sum_{k=1}^n X_{Ck} I_k^2$$

3. Công suất biểu kiến S

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad [\text{VA}]$$

P, Q, S tạo thành 1 tam giác vuông góc

2.10. Nâng cao hệ số $\cos \varphi$

- Tăng khả năng sử dụng công suất của nguồn.

- Tiết kiệm tiết diện dây dẫn, kinh tế

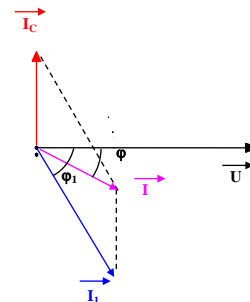
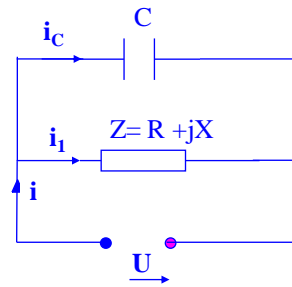
- Giảm tổn hao trên đường dây

- Sụt áp ít

Dùng tụ điện C mắc song song với phụ tải.

Giá trị điện dung C để nâng hệ số công suất từ $\cos \varphi_1$ lên $\cos \varphi$:

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\text{tg} \varphi_1 - \text{tg} \varphi)$$



Chương 3. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH MẠCH ĐIỆN

3.1. Khái niệm chung

Hai định luật Kirchoff (Kiếchốp) là cơ sở để phân tích mạch điện. Khi nghiên cứu phân tích giải mạch điện hình sin ở chế độ xác lập, ta biểu diễn các đại lượng điện sin bằng véctơ, hoặc bằng số phức thì thuận lợi hơn. Đối với mạch điện một chiều ở chế độ xác lập là trường hợp riêng của mạch xoay chiều có tần số $\omega = 0$, do đó nhánh có điện dung coi như hở mạch, và điện cảm coi như ngắn mạch (nối tắt).

3.2. Ứng dụng biểu diễn số phức để giải mạch điện

Tổng trở phức tổng quát: $\bar{Z} = R + jX$

Dựa vào dạng tổng quát tổng trở phức nếu ta có:

$\bar{Z} = R$: nhánh thuần trở, ví dụ: $\bar{Z} = 5\Omega$

$\bar{Z} = jX$: nhánh thuần cảm, ví dụ: $\bar{Z} = j7\Omega$

$\bar{Z} = -jX$: nhánh thuần dung, ví dụ: $\bar{Z} = -j7\Omega$

$\bar{Z} = R + jX$: có tính cảm, ví dụ: $\bar{Z} = 5 + j7\Omega$

$\bar{Z} = R - jX$: có tính dung, ví dụ: $\bar{Z} = 5 - j7\Omega$

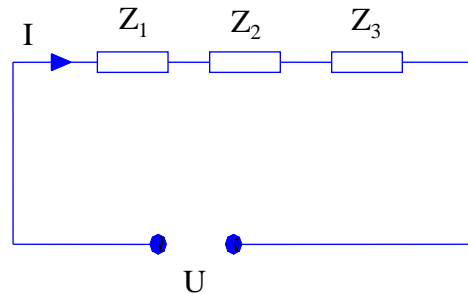
Tổng quát:

$$\dot{U} = \dot{I} \bar{Z} \Rightarrow \dot{I} = \frac{\dot{U}}{\bar{Z}} \Rightarrow \bar{Z} = \frac{\dot{U}}{\dot{I}}$$

3.3. Các phương pháp biến đổi tương đương

1. Mắc nối tiếp

$$\bar{Z}_{\text{td}} = \bar{Z}_1 + \bar{Z}_2 + \bar{Z}_3$$



Tổng trở tương đương của các phần tử mắc nối tiếp bằng tổng các tổng trở của các phần tử đó.

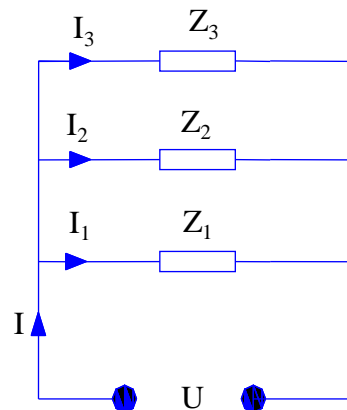
$$\bar{Z}_{\text{td}} = \sum \bar{Z}_k$$

2. Mắc song song

$$\frac{1}{\bar{Z}_{\text{td}}} = \frac{1}{\bar{Z}_1} + \frac{1}{\bar{Z}_2} + \frac{1}{\bar{Z}_3}$$

$$\Leftrightarrow \bar{Y}_{\text{td}} = \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2 + \bar{Y}_3$$

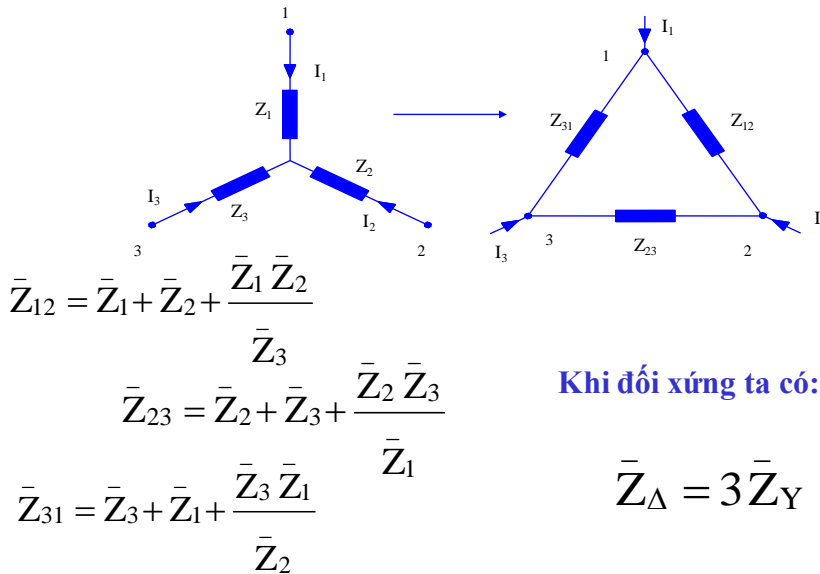
$$\Rightarrow \bar{Y}_{\text{td}} = \sum \bar{Y}_k$$



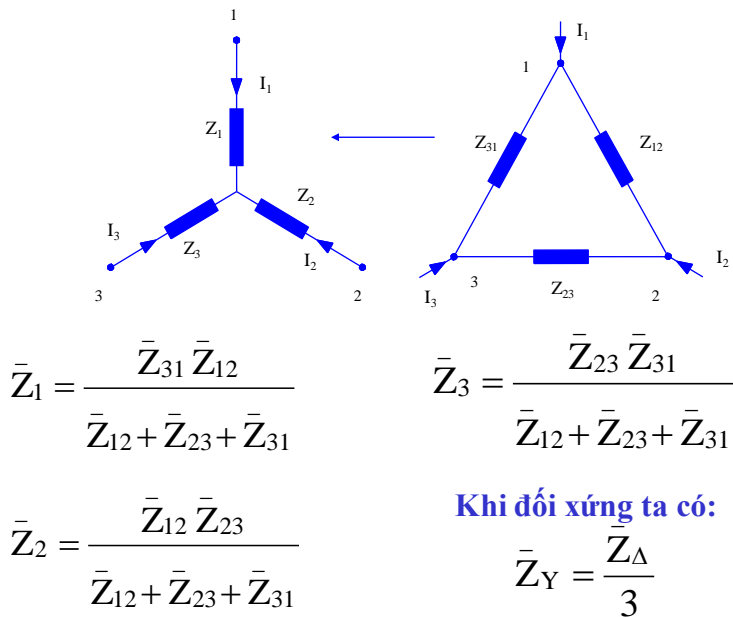
Tổng dẫn tương đương của các nhánh song song bằng tổng các tổng dẫn của những phần tử trên các nhánh song song.

3. Biến đổi sao \longleftrightarrow tam giác

a. Biến đổi $Y \rightarrow \Delta$



b. Biến đổi $\Delta \rightarrow Y$



3.4. Phương pháp dòng điện nhánh

Ưu số là các dòng điện nhánh, là phương pháp cơ bản

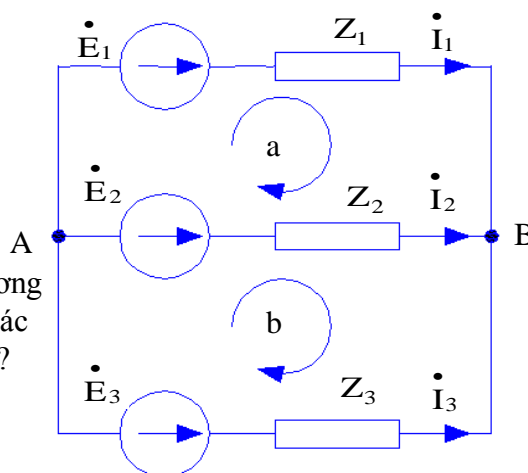
1. Các bước thực hiện

- Xác định số nút n và số nhánh m của mạch điện
- Tùy ý chọn chiều dòng điện các nhánh, các vòng
- Viết $(n - 1)$ phương trình theo Kiếchốp 1
- Viết $(m - n + 1)$ phương trình Kiếchốp 2 cho các vòng
- Giải hệ m phương trình tìm các dòng điện nhánh.

2. Bài tập

Cho mạch điện như hình vẽ

Lập hệ phương trình theo phương pháp dòng điện nhánh. Tìm các dòng điện nhánh của mạch ?



$$K_1 \rightarrow \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = 0$$

$$K_2 \rightarrow V_a \Rightarrow Z_1 \dot{I}_1 - Z_2 \dot{I}_2 = \dot{E}_1 - \dot{E}_2$$

$$K_2 \rightarrow V_b \Rightarrow Z_2 \dot{I}_2 - Z_3 \dot{I}_3 = \dot{E}_2 - \dot{E}_3$$

Giải hệ phương trình trên ta tìm được các dòng điện nhánh.

3.5. Phương pháp dòng điện vòng

Ấn số là các dòng điện vòng. Dòng điện vòng là dòng điện tưởng tượng chạy khép kín trong các vòng độc lập. Đây là phương pháp thông dụng để giải mạch điện phức tạp có nhiều nhánh và nhiều nút, thì thuận lợi.

1. Các bước thực hiện

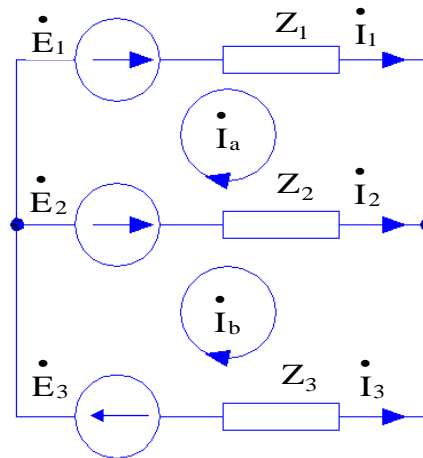
- Tùy ý chọn chiều dòng điện vòng, nếu đề chưa chọn
- Lập $(m - n + 1)$ phương trình Kiechốp 2 cho các vòng độc lập của mạch
- Giải hệ $(m - n + 1)$ ph/ trình tìm các dòng điện vòng
- Từ các dòng điện vòng suy ra các dòng điện nhánh

2. Bài tập

Cho mạch điện như hình vẽ bên cạnh.

Lập hệ phương trình theo PP dòng điện vòng. Tìm các dòng nhánh I_1, I_2 và I_3 theo dòng điện vòng ?

Theo phương pháp dòng điện vòng ta có:



$$V_a \Rightarrow (Z_1 + Z_2) \dot{I}_a - Z_2 \dot{I}_b = \dot{E}_1 - \dot{E}_2$$

$$V_b \Rightarrow (Z_2 + Z_3) \dot{I}_b - Z_2 \dot{I}_a = \dot{E}_2 + \dot{E}_3$$

$$\Rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_a ; \dot{I}_2 = \dot{I}_b - \dot{I}_a ; \dot{I}_3 = -\dot{I}_b$$

3.6. Phương pháp điện áp hai nút

1. Các bước thực hiện

- Tùy ý chọn chiều dòng điện nhánh và điện áp hai nút
- Tìm điện áp hai nút theo công thức tổng quát :

$$\dot{U}_{AB} = \frac{\sum_1^n \dot{E}_n Y_n}{\sum_1^n Y_n}$$

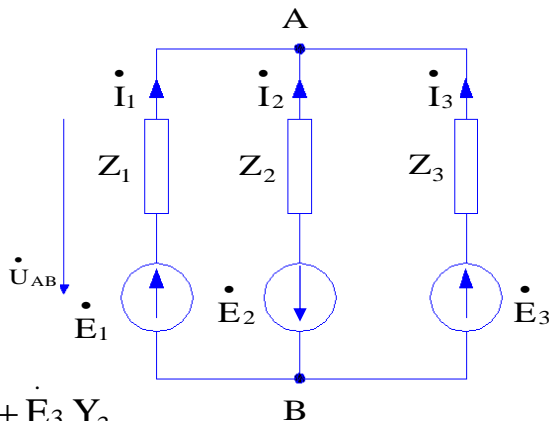
trong đó quy ước các sức điện động E_k có chiều ngược chiều với điện áp U_{AB} thì lấy dấu dương và cùng chiều lấy dấu âm.

- Tìm dòng điện nhánh bằng cách áp dụng định luật Ôm cho các nhánh.

2. Bài tập

Cho mạch điện như hình vẽ bên cạnh.

Viết biểu thức tính điện áp 2 nút. Tính các dòng điện nhánh I_1, I_2, I_3 theo PP điện áp 2 nút ?



$$\Rightarrow \dot{U}_{AB} = \frac{\dot{E}_1 Y_1 - \dot{E}_2 Y_2 + \dot{E}_3 Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3}$$

$$\Rightarrow \dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1 - \dot{U}_{AB}}{Z_1}; \quad \Rightarrow \dot{I}_2 = \frac{-\dot{E}_2 - \dot{U}_{AB}}{Z_2}; \quad \Rightarrow \dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_3 - \dot{U}_{AB}}{Z_3}$$

3.7. Phương pháp xếp chồng (chỉ dùng khi mạch t. tính)

Dòng điện qua nhánh do tác động cùng lúc nhiều nguồn Sức điện động, thì bằng tổng đại số các dòng điện qua nhánh đó do tác động riêng rẽ từng nguồn Sức điện động (khi các nguồn khác xem như bằng 0).

1. Các bước thực hiện

- Chỉ cho nguồn 1 làm việc, các nguồn 2,3,4...ngỉ. Giải mạch do nguồn 1 tác động để tìm thành phần I_1 của các dòng điện qua nhánh cần tìm.
- Tiếp tục với các nguồn 2,3,4..., ta tìm được các thành phần I_2, I_3, I_4, \dots các dòng điện nhánh cần tìm.
- Khi cả n nguồn làm việc, dòng I qua nhánh cần tìm là:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots + I_n.$$

Chương 4. MẠCH ĐIỆN BA PHA

4.1. Khái niệm chung về mạch điện 3 pha

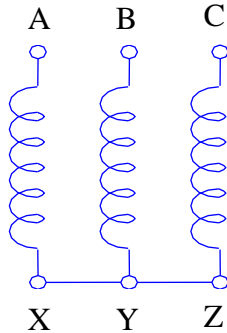
- Mạch điện 3 pha ngày nay thường dùng rộng rãi trong công nghiệp, vì có nhiều ưu điểm. Để tạo điện 3 pha, dùng máy phát điện đồng bộ 3 pha.
- Nguồn điện gồm ba sức điện động hình sin cùng biên độ, cùng tần số, lệch pha nhau 1 góc $\frac{2\pi}{3}$ (hay lệch 120°) gọi là nguồn 3 pha đối xứng.
- Mạch điện 3 pha có nguồn và tải 3 pha đều đối xứng gọi là mạch điện 3 pha đối xứng, khi đó ta có
- $e_A + e_B + e_C = 0$ hay $\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$

Mạch 3 pha độc lập phải dùng 6 dây dẫn nên không kinh tế, do đó thực tế dùng cách nối hình sao hay tam giác

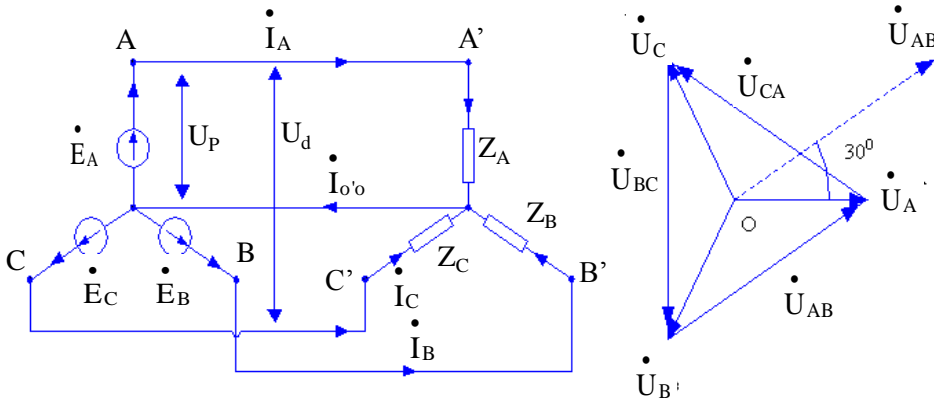
4.2. Mạch điện ba pha phụ tải nối sao

1. Cách nối

Muốn nối hình sao ta thường nối 3 điểm cuối của các pha lại với nhau tạo thành điểm trung tính.



2. Quan hệ giữa các đại lượng dây và pha trong mạch điện ba pha nối hình sao đối xứng

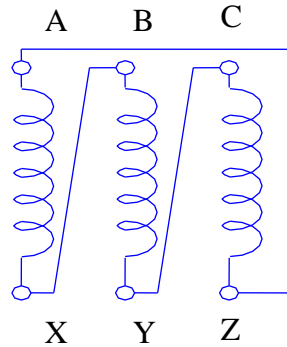


- Quan hệ giữa dòng điện dây và pha: $I_d = I_p$
- Quan hệ giữa điện áp : $U_d = \sqrt{3}U_p$
- Điện áp U_d nhanh pha so U_p tương ứng 1 góc 30°

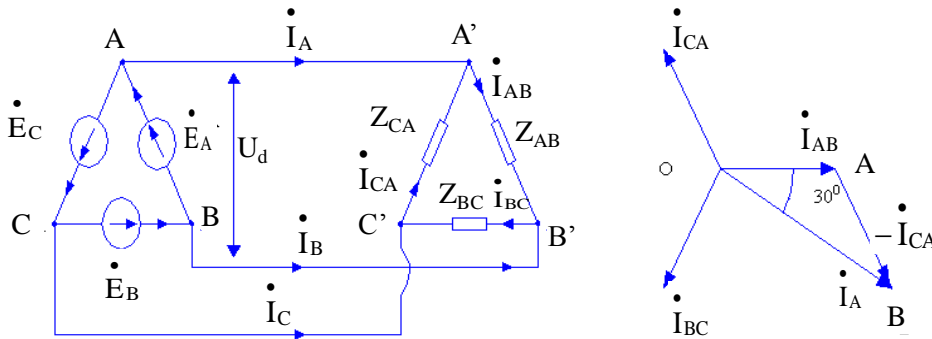
4.3. Mạch điện ba pha phụ tải nối tam giác

1. Cách nối

Muốn nối hình tam giác ta lấy điểm đầu của pha này nối với điểm cuối pha kia, tạo thành mạch kín.



2. Các quan hệ giữa đại lượng dây và đại lượng pha trong cách nối hình tam giác đối xứng



- Quan hệ giữa điện áp dây và điện áp pha: $U_d = U_p$
- Quan hệ giữa dòng điện : $I_d = \sqrt{3}I_p$
- Dòng điện I_d chậm pha so I_p tương ứng một góc 30°

4.4. Công suất trong mạch điện ba pha

1. Công suất tác dụng

$$P_{3p} = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C \quad [\text{w}]$$

Khi mạch ba pha đối xứng:

$$P_{3p} = 3U_p I_p \cos \varphi = \sqrt{3}U_d I_d \cos \varphi = 3R_p I_p^2 \quad [\text{w}]$$

2. Công suất phản kháng

$$Q_{3p} = 3U_p I_p \sin \varphi = \sqrt{3}U_d I_d \sin \varphi = 3X_p I_p^2 \quad [\text{VAr}]$$

3. Công suất biểu kiến

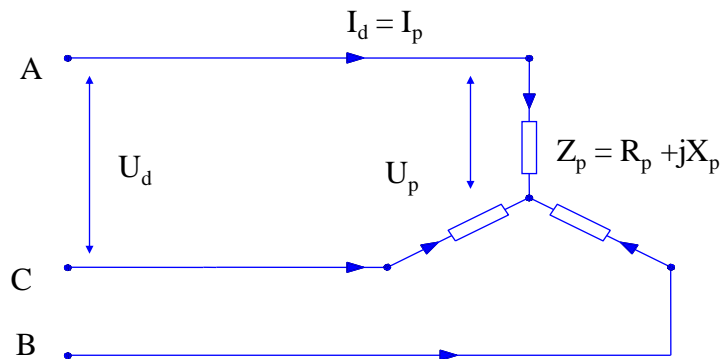
$$S_{3p} = \sqrt{P_{3p}^2 + Q_{3p}^2} = 3U_p I_p = \sqrt{3}U_d I_d \quad [\text{VA}]$$

Cũng hình thành tam giác vuông công suất 3 pha

4.5. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch ba pha tải nối hình sao đối xứng

a. Khi không xét tổng trở đường dây pha ($Z_d = 0$)



Hình 4.1: Tải ba pha nối hình sao đối xứng có $Z_d = 0$

4.5 CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch ba pha tải nối hình sao đối xứng

a. Khi không xét tổng trở đường dây pha ($Z_d = 0$)

Dòng điện dây và pha được tính:

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

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện qua tải: $\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$

Công suất tác dụng trên tải 3 pha đối xứng:

$$P_{3p} = \sqrt{3}U_d I_d \cos \varphi = 3U_p I_p \cos \varphi = 3R_p I_p^2$$

4.5. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch ba pha tải nối hình sao đối xứng

a. Khi không xét tổng trở đường dây pha ($Z_d = 0$)

Ví dụ 1: Mạch 3 pha có nguồn 220V/380V, tải hình Sao đối xứng

Có $Z_p = 10\sqrt{3} + j10\Omega$ và $Z_d = 0$. Tính I_p , I_d , φ và P_{3p}

Giải: Vì $Z_d = 0$, nên ta có:

$$I_d = I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_p}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}} = \frac{220}{\sqrt{(10\sqrt{3})^2 + 10^2}} = \frac{220}{20} = 11(\text{A})$$

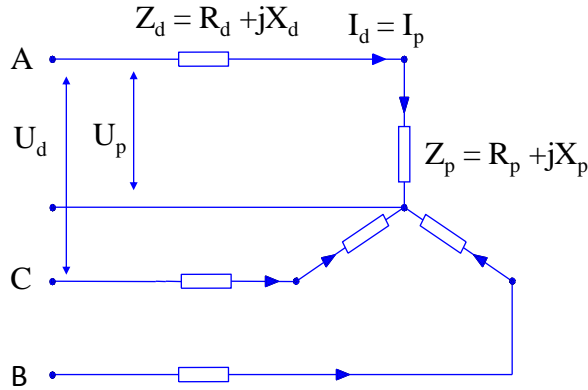
Góc lệch pha: $\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p} = \arctg \frac{10}{10\sqrt{3}} = 30^\circ$

CS tác dụng: $P_{3p} = 3R_p I_p^2 = 3 * 10\sqrt{3} * 11^2 = 3630\sqrt{3} \approx 6287(\text{W})$

4.5 CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch ba pha tải nối hình sao đối xứng ($I_0 = 0$)

b. Khi có xét tổng trở của đường dây pha ($Z_d = R_d + jX_d \neq 0$)



Hình 4.2: Tải ba pha nối hình sao đối xứng có Z_d đáng kể

4.5 CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

II.1. Giải mạch ba pha tải nối hình sao đối xứng ($I_0 = 0$)

II.1.2. Khi có xét tổng trở của đường dây pha ($Z_d = R_d + jX_d \neq 0$)

Dòng điện dây và pha:

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

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện qua tải: $\varphi = \arctg\left(\frac{X_d + X_p}{R_d + R_p}\right)$

Công suất tác dụng tải 3 pha đối xứng:

$$P_{3p} = \sqrt{3} U_d I_d \cos \varphi = 3 U_p I_p \cos \varphi = 3 R_p I_p^2$$

Công suất tổn hao trên 3 pha đối xứng: $\Delta P_{3p} = 3 R_d I_d^2$

4.5 CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch ba pha tải nối hình sao đối xứng ($I_0 = 0$)

b. Khi có xét tổng trở của đường dây pha ($Z_d = R_d + jX_d \neq 0$)

Ví dụ 2: Mạch 3 pha có nguồn 220V/380V, hình sao đối xứng.

có $Z_p = 20 + j20\Omega$ và $Z_d = 1 + j\Omega$. Tính I_p , I_d , φ và P_{3p}

Giải: Vì $Z_d \neq 0$ nên:

$$I_d = I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_p}{\sqrt{(R_d + R_p)^2 + (X_d + X_p)^2}} = \frac{220}{\sqrt{(1+20)^2 + (1+20)^2}} \approx 7,4(\text{A})$$

$$\text{Góc lệch pha: } \varphi = \arctg\left(\frac{X_d + X_p}{R_d + R_p}\right) = \arctg\frac{21}{21} = 45^\circ$$

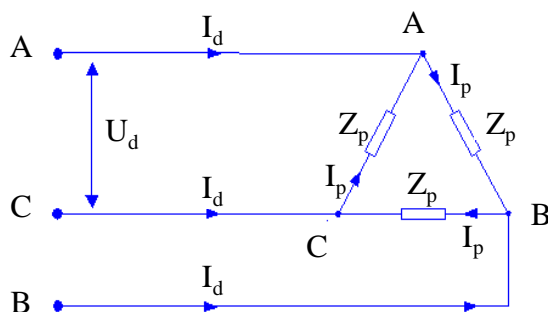
$$\text{CS tác dụng: } P_{3p} = 3R_p I_p^2 = 3 * 20 * 7,4^2 \approx 3285,6(\text{W})$$

$$\text{CS tổn hao: } \Delta P_{3p} = 3R_d I_d^2 = 3 * 1 * 7,4^2 \approx 164,3(\text{W})$$

4.5 CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác đối xứng

a. Khi không xét tổng trở đường dây ($Z_d = 0$)



Hình 4.3. Tải nối hình tam giác đối xứng khi không xét tổng trở đường dây ($Z_d = 0$)

4.5 CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác đối xứng

a. Khi không xét tổng trở đường dây ($Z_d = 0$)

$$\text{Dòng điện pha qua tải: } I_p = \frac{U_p}{Z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

$$\text{Dòng điện dây: } I_d = \sqrt{3}I_p = \sqrt{3} \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}$$

$$\text{Góc lệch pha: } \varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$$

Công suất tác dụng tải 3 pha đối xứng:

$$P_{3p} = \sqrt{3}U_d I_d \cos \varphi = 3U_p I_p \cos \varphi = 3R_p I_p^2$$

4.5 CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác đối xứng

a. Khi không xét tổng trở đường dây ($Z_d = 0$)

Ví dụ 3: Mạch 3 pha có nguồn 220V/380V, tải tam giác đối xứng

có $Z_p = 10 + j10\sqrt{3} \Omega$ và $Z_d = 0$. Tính I_p , I_d , φ và P_{3p}

Giải: Vì $Z_d = 0$, nên ta có:

$$I_p = \frac{U_p}{z_p} = \frac{U_d}{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}} = \frac{380}{\sqrt{10^2 + (10\sqrt{3})^2}} = \frac{380}{20} = 19(\text{A})$$

$$I_d = \sqrt{3}I_p = 19\sqrt{3} \approx 32,9(\text{A}) \quad \varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p} = \arctg \frac{10\sqrt{3}}{10} = 60^\circ$$

$$P_{3p} = 3R_p I_p^2 = 3 \cdot 10 \cdot 19^2 = 10830(\text{W})$$

4.5 CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác đối xứng

b. Khi có xét tổng trở đường dây ($Z_d \neq 0$)

Chuyển tải nối tam giác đối xứng thành nối hình sao đối xứng nên:

$$Z_{pY} = \frac{Z_{p\Delta}}{3} = \frac{R_p}{3} + j\frac{X_p}{3}$$

Nên dòng điện dây và pha:

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

Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện qua tải: $\varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p}$

Công suất tác dụng tải 3 pha đối xứng:

$$P_{3p} = \sqrt{3}U_d I_d \cos \varphi = 3U_p I_p \cos \varphi = 3R_p I_p^2$$

4.5 CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác đối xứng

b. Khi có xét tổng trở đường dây ($Z_d \neq 0$)

Ví dụ 4 : Mạch 3 pha có nguồn 220V/380V, tải tam giác đối xứng

có $Z_p = 18 + j24\Omega$ và $Z_d = 1 + j2\Omega$. Tính I_p , I_d , φ và P_{3p}

Giải: Vì $Z_d \neq 0$, nên ta có:

$$I_d = \frac{U_d}{\sqrt{3}\sqrt{(R_d + \frac{R_p}{3})^2 + (X_d + \frac{X_p}{3})^2}} = \frac{380}{\sqrt{3}\sqrt{(1+6)^2 + (2+8)^2}} \approx 18(\text{A})$$

$$\Rightarrow I_p = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{18}{\sqrt{3}} \approx 10,38(\text{A}) \quad \varphi = \arctg \frac{X_p}{R_p} = 53,13^\circ$$

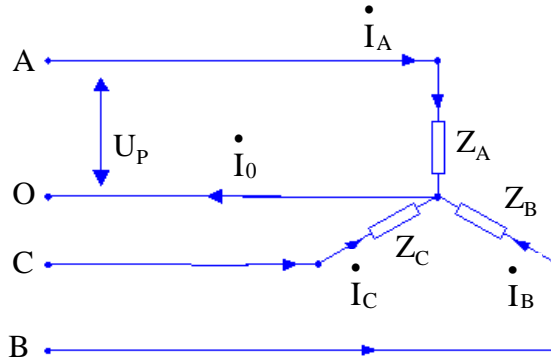
$$P_{3p} = 3R_p I_p^2 = 3 * 18 * 10,38^2 \approx 5818(\text{W})$$

$$\Delta P_{3p} = 3R_d I_d^2 = 3 * 1 * 18^2 = 972(\text{W})$$

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch điện ba pha tải nối sao không đối xứng

a. Khi tổng trở dây trung tính và dây dẫn không đáng kể



Hình 4.4. Tải nối hình sao không đối xứng khi tổng trở dây dẫn Z_0 và Z_d không đáng kể

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch điện ba pha tải nối sao không đối xứng

a. Khi tổng trở dây trung tính và dây dẫn không đáng kể

Dòng điện trên các pha được tính

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

Theo định luật Kirchhoff 1 ta tính: $\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \neq 0$

Công suất tác dụng tải 3 pha không đối xứng:

$$P_{3p} = P_A + P_B + P_C = R_A I_A^2 + R_B I_B^2 + R_C I_C^2$$

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch điện ba pha tải nối sao không đối xứng

a. Khi tổng trở dây trung tính và dây dẫn không đáng kể

Ví dụ 5: Mạch 3 pha, nguồn 220V/380V, nối Sao không đ.x có $Z_A = 16 - j12\Omega$, $Z_B = 10\sqrt{3} + j10\Omega$, $Z_C = j11\Omega$; cho biết $Z_d = Z_0 = 0$. Tính $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C, \dot{I}_0$ và P_{3p}

Giải: Vì có $Z_d = Z_0 = 0$, chọn \dot{U}_A có $\varphi_A = 0$ nên ta có :

$$\dot{U}_A = 220\angle 0^\circ (\text{V}) \quad \dot{U}_B = 220\angle -120^\circ (\text{V}) \quad \dot{U}_C = 220\angle -240^\circ = 220\angle 120^\circ (\text{V})$$

$$\Rightarrow \dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A}{Z_A} = \frac{220\angle 0^\circ}{16 - j12} = \frac{220\angle 0^\circ}{20\angle -36,87^\circ} = 11\angle 36,87^\circ (\text{A})$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B}{Z_B} = \frac{220\angle -120^\circ}{10\sqrt{3} + j10} = \frac{220\angle -120^\circ}{20\angle 30^\circ} = 11\angle -150^\circ (\text{A})$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C}{Z_C} = \frac{220\angle 120^\circ}{j11} = \frac{220\angle 120^\circ}{11\angle 90^\circ} = 20\angle 30^\circ = 20\angle -330^\circ (\text{A})$$

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch điện ba pha tải nối sao không đối xứng

a. Khi tổng trở dây trung tính và dây dẫn không đáng kể

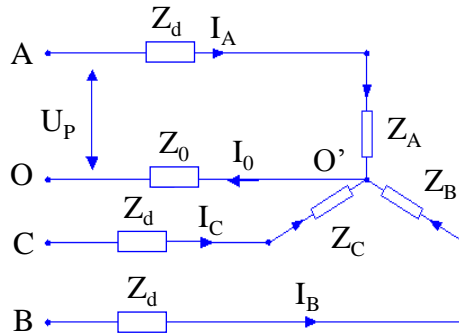
Giải:

$$\Rightarrow \dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 11\angle 36,87^\circ + 11\angle -150^\circ + 20\angle 30^\circ (\text{A})$$

$$P_{3p} = P_A + P_B + P_C = 16*11^2 + 10\sqrt{3}*11^2 + 0 = 4032(\text{W})$$

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch điện ba pha tải nối sao không đối xứng
 - b. Tải nối hình sao có dây trung tính và dây dẫn đáng kể



Hình 4.5. Tải nối hình Sao không đối xứng có dây trung tính và dây dẫn đáng kể

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch điện ba pha tải nối sao không đối xứng
 - b. Tải nối hình sao có dây trung tính và dây dẫn đáng kể

Để giải mạch, ta dùng phương pháp điện áp 2 nút tính điện áp giữa 2 điểm trung tính nguồn và tải như sau :

$$\dot{U}_{O'O} = \frac{\dot{U}_A Y_A + \dot{U}_B Y_B + \dot{U}_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0}$$

trong đó:

$$Y_A = \frac{1}{Z_A + Z_d} \quad Y_B = \frac{1}{Z_B + Z_d}$$

$$Y_C = \frac{1}{Z_C + Z_d} \quad Y_0 = \frac{1}{Z_0}$$

Vai trò dây trung tính trong mạch 3 pha KĐX rất quan trọng: nó làm cho điện áp các pha tải xấp xỉ bằng nhau.

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

1. Giải mạch điện ba pha tải nối sao không đối xứng

b. Tải nối hình sao có dây trung tính và dây dẫn đáng kể

Sau khi tính được $\dot{U}_{0'0}$ ta tính các dòng điện dây như sau:

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A - \dot{U}_{0'0}}{Z_A + Z_d}$$

$$\dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B - \dot{U}_{0'0}}{Z_B + Z_d}$$

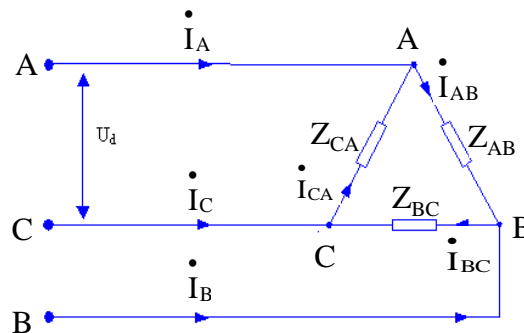
$$\dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C - \dot{U}_{0'0}}{Z_C + Z_d}$$

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \neq 0$$

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác không đối xứng

a. Khi tổng trở dây dẫn không đáng kể ($Z_d = 0$)



Hình 4.6. Tải nối hình tam giác không đối xứng khi tổng trở dây dẫn không đáng kể ($Z_d = 0$)

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác không đối xứng

a. Khi tổng trở dây dẫn không đáng kể ($Z_d = 0$)

Dòng điện các pha được tính

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

Áp dụng định luật Kirchoff 1 ta tính các dòng điện dây theo số phức như sau

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}$$

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác không đối xứng

a. Khi tổng trở dây dẫn không đáng kể ($Z_d = 0$)

Ví dụ 6: Mạch 3 pha có nguồn 220V/380V, nối tam giác không đối xứng, có

$Z_{AB} = 12 + j16\Omega$, $Z_{BC} = 10\sqrt{3} - j10\Omega$, $Z_{CA} = j19\Omega$ và $Z_d = 0$.

Tính $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C, \dot{I}_0$ và P_{3p} .

Giải: Vì $Z_d = 0$. Chọn \dot{U}_{AB} có pha ban đầu $\varphi_{AB} = 0$, nên ta có:

$$\dot{U}_{AB} = 380\angle 0^\circ (\text{V}) \quad \dot{U}_{BC} = 380\angle -120^\circ (\text{V}) \quad \dot{U}_{CA} = 380\angle -240^\circ = 380\angle 120^\circ (\text{V})$$

$$\Rightarrow \dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z_{AB}} = \frac{380\angle 0^\circ}{12 + j16} = \frac{380\angle 0^\circ}{20\angle 53,13^\circ} = 19\angle -53,13^\circ (\text{A})$$

$$\dot{I}_{BC} = \frac{380\angle -120^\circ}{10\sqrt{3} - j10} = \frac{380\angle -120^\circ}{20\angle -30^\circ} = 19\angle -90^\circ (\text{A})$$

$$\dot{I}_{CA} = \frac{380\angle 120^\circ}{j19} = \frac{380\angle 120^\circ}{19\angle 90^\circ} = 20\angle 30^\circ = 20\angle -330^\circ (\text{A})$$

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác không đối xứng

a. Khi tổng trở dây dẫn không đáng kể ($Z_d = 0$)

Giải:

Theo K1:

$$\Rightarrow \dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} = 19 \angle -53,13^\circ - 20 \angle 30^\circ (\text{A})$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} = 19 \angle -90^\circ - 19 \angle -53,13^\circ (\text{A})$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} = 20 \angle -30^\circ - 19 \angle -90^\circ (\text{A})$$

Công suất 3 pha:

$$P_{3p} = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 12 * 19^2 + 10\sqrt{3} * 19^2 + 0 = 10584,7(\text{W})$$

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác không đối xứng

b. Khi tổng trở dây dẫn đáng kể ($Z_d \neq 0$)

Chuyển tải nối hình tam giác không đối xứng sang nối hình sao không đối xứng ta có:

$$Z_A = \frac{Z_{CA} Z_{AB}}{Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{CA}}$$

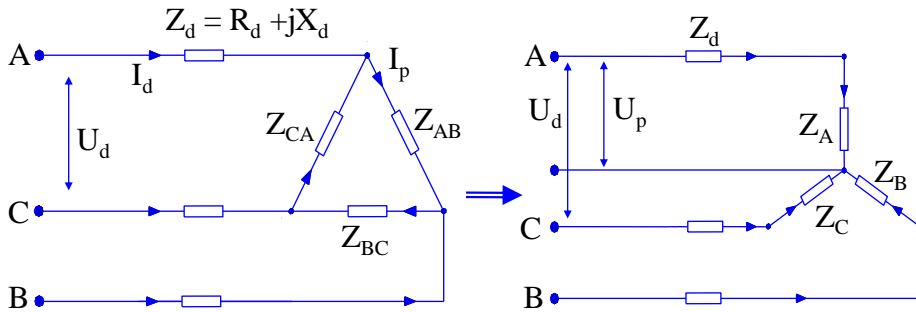
$$Z_B = \frac{Z_{AB} Z_{BC}}{Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{CA}}$$

$$Z_C = \frac{Z_{BC} Z_{CA}}{Z_{AB} + Z_{BC} + Z_{CA}}$$

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác không đối xứng

b. Khi tổng trở dây dẫn đáng kể ($Z_d \neq 0$)



Hình 4.7. Chuyển tải nối hình tam giác KĐX sang tải nối hình sao KĐX

4.6. CÁCH GIẢI MẠCH ĐIỆN BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

2. Giải mạch điện ba pha tải nối tam giác không đối xứng

b. Khi tổng trở dây dẫn đáng kể ($Z_d \neq 0$)

Dùng phương pháp điện áp 2 nút tính điện áp $\dot{U}_{0'0}$, sau đó tính các dòng điện dây như sau

$$\Rightarrow \dot{I}_A = \frac{\dot{U}_A - \dot{U}_{0'0}}{Z_A + Z_d} \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_B - \dot{U}_{0'0}}{Z_B + Z_d} \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_C - \dot{U}_{0'0}}{Z_C + Z_d}$$

từ đó tính các dòng điện pha theo số phức như sau:

$$\dot{I}_{AB} = \frac{Z_A \dot{I}_A - Z_B \dot{I}_B}{Z_{AB}} \quad \dot{I}_{BC} = \frac{Z_B \dot{I}_B - Z_C \dot{I}_C}{Z_{BC}} \quad \dot{I}_{CA} = \frac{Z_C \dot{I}_C - Z_A \dot{I}_A}{Z_{CA}}$$

4.7. Cách nối nguồn và tải trong mạch điện ba pha

1. Cách nối nguồn điện: có thể nối sao hoặc tam giác

Nguồn điện ba pha thường nối hình sao có dây trung tính để tránh dòng điện chạy quân.

2. Cách nối động cơ điện ba pha vào nguồn 3 pha

Tùy theo điện áp của mạng điện 3 pha và điện áp định mức mỗi pha động cơ, thì ta có thể nối hình sao hoặc tam giác cho dây quân động cơ 3 pha.

3. Cách nối các tải một pha vào nguồn 3 pha

- Trong nguồn 3 pha, nên sử dụng điện áp pha cho tải 1 pha thì có nhiều ưu điểm hơn.
- Chọn điện áp định mức của tải 1 pha bằng điện áp pha của nguồn 3 pha. Tránh dùng điện áp dây.

Chương 5. KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN

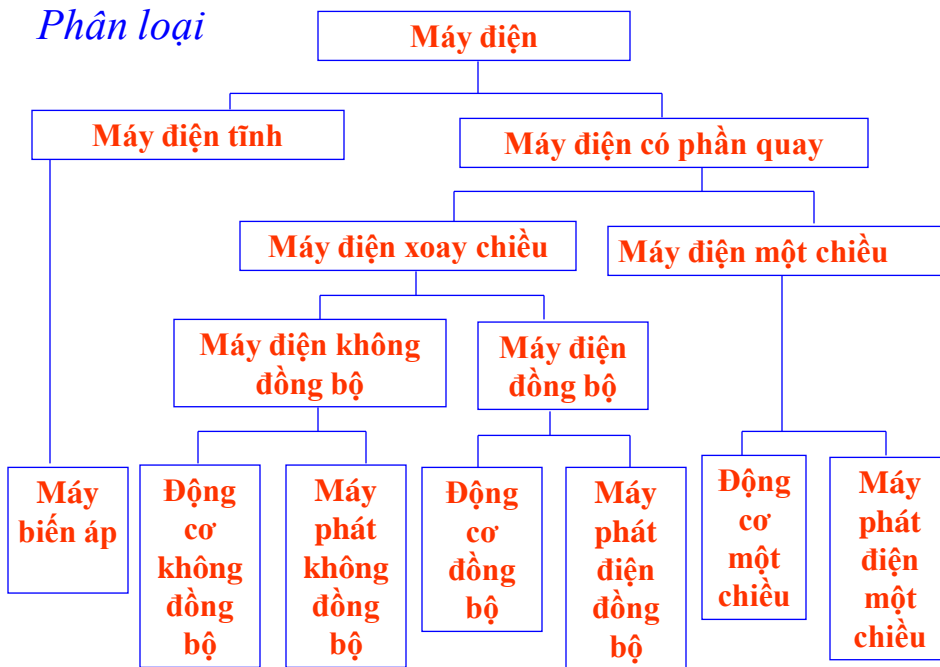
5.1. Định nghĩa và phân loại

1. Định nghĩa

Máy điện là những thiết bị điện từ, nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng *cảm ứng điện từ*.

2. Phân loại

Có nhiều cách phân loại khác nhau: **theo công suất, theo cấu tạo, theo chức năng, theo loại dòng điện, theo nguyên lý làm việc**... Nhưng dựa vào nguyên lý biến đổi năng lượng phân loại là *Máy điện tĩnh* và *Máy điện có phần quay* (hoặc phần chuyển động thẳng).



5.2. Các định luật điện từ cơ bản dùng trong máy điện

1. Định luật cảm ứng điện từ

a. Trường hợp từ thông biến thiên xuyên qua vòng dây:

$$e = - \frac{d\phi}{dt} \quad \text{hoặc} \quad e = -w \frac{d\phi}{dt}$$

Quy tắc vụn nút chai, ứng dụng làm máy biến áp

b. Trường hợp thanh dẫn chuyển động trong từ trường:

$$e = Blv$$

Quy tắc bàn tay phải, Ứng dụng làm máy phát điện

2. Định luật lực điện từ : $F = Bli$ [N]

Quy tắc bàn tay trái. ứng dụng trong động cơ điện

5.3. Vật liệu chế tạo máy điện

1. Vật liệu dẫn điện
2. Vật liệu dẫn từ
3. Vật liệu cách điện
4. Vật liệu kết cấu

5.4. Phát nóng và làm mát máy điện

Tổn hao trong máy điện:

- Tổn hao sắt từ ΔP_{st}
- Tổn hao đồng trong điện trở các dây quấn ΔP_d
- Tổn hao do ma sát (máy điện có phần quay) ΔP_{cs}

5.5. Phương pháp nghiên cứu máy điện

- Nghiên cứu các hiện tượng vật lí xảy ra trong MĐ
- Viết hệ PT toán học diễn tả sự làm việc của MĐ
- Từ mô hình toán, thiết lập mạch điện thay thế MĐ
- Tính toán các đặc tính, nghiên cứu, và sử dụng theo yêu cầu

Chương 6. MÁY BIẾN ÁP

6.1. Khái niệm chung về máy biến áp

1. Định nghĩa và các lượng định mức

a. Định nghĩa

Máy biến áp là thiết bị điện từ tĩnh, làm việc theo nguyên tắc cảm ứng điện từ, dùng để biến đổi hệ thống điện xoay chiều (U_1, I_1, f) thành (U_2, I_2, f)

b. Các lượng định mức

- Điện áp định mức: U_{1dm}, U_{2dm}

- Dòng điện định mức: I_{1dm}, I_{2dm}

- Công suất định mức: 1 pha $S_{dm} = U_{2dm} I_{2dm} \approx U_{1dm} I_{1dm}$

$$3 \text{ pha} \quad S_{dm} = \sqrt{3} U_{2dm} I_{2dm} \approx \sqrt{3} U_{1dm} I_{1dm}$$

2. Công dụng của máy biến áp

- Công dụng của máy biến áp là truyền tải và phân phối điện năng trong hệ thống điện

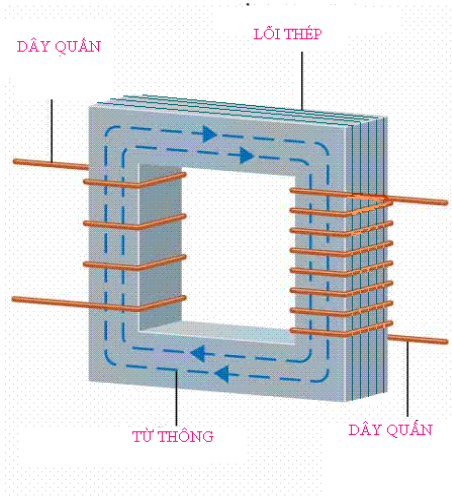


- Máy biến áp còn được dùng rộng rãi :

Trong kỹ thuật hàn điện, thiết bị lò nung, kỹ thuật vô tuyến điện, lĩnh vực đo lường, làm nguồn cấp điện cho các thiết bị điện, thiết bị điện tử v.v.

6.2. Cấu tạo

Gồm các bộ phận chính: lõi thép và dây quấn

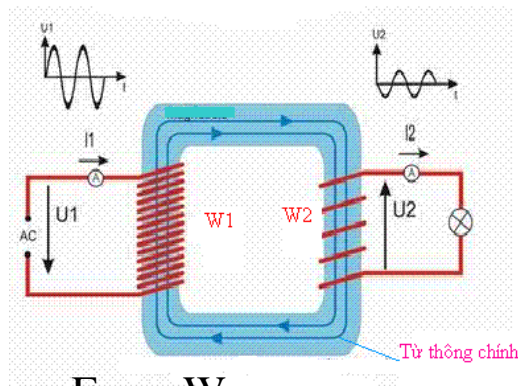


6.3. Nguyên lý làm việc của máy biến áp

Theo định luật cảm ứng điện từ:

$$e_1 = -w_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$e_2 = -w_2 \frac{d\phi}{dt}$$



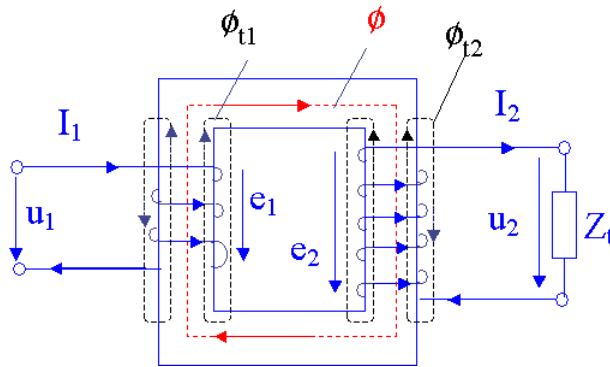
Hệ số biến áp k:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

Bỏ qua điện trở dây quấn và bỏ từ thông tản ra ngoài không khí thì:

$$k = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1} \approx \frac{W_1}{W_2}$$

6.4. Mô hình toán của máy biến áp



Điện cảm tản dây quấn sơ cấp: $L_1 = \frac{\phi_{t1}}{i_1}$

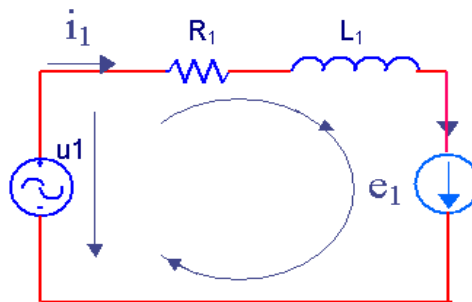
Điện cảm tản dây quấn thứ cấp: $L_2 = \frac{\phi_{t2}}{i_2}$

1. Phương trình điện áp trên dây quấn sơ cấp

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \bar{Z}_1$$

Trong đó

$$\bar{Z}_1 = R_1 + j\omega L_1 = R_1 + jX_1$$

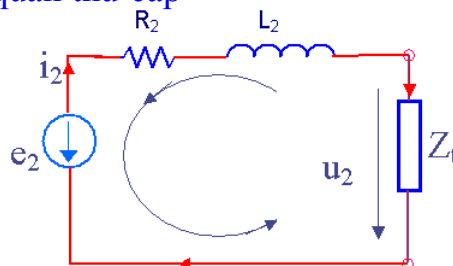


2. Phương trình điện áp dây quấn thứ cấp

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \bar{Z}_2$$

Trong đó

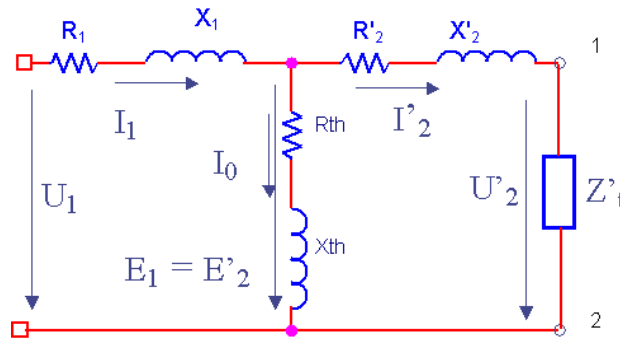
$$\bar{Z}_2 = R_2 + j\omega L_2 = R_2 + jX_2$$



3. Phương trình sức từ động

$$\dot{I}_0 w_1 = \dot{I}_1 w_1 - \dot{I}_2 w_2 \Rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \frac{\dot{I}_2}{k} = \dot{I}_0 + \dot{I}'_2$$

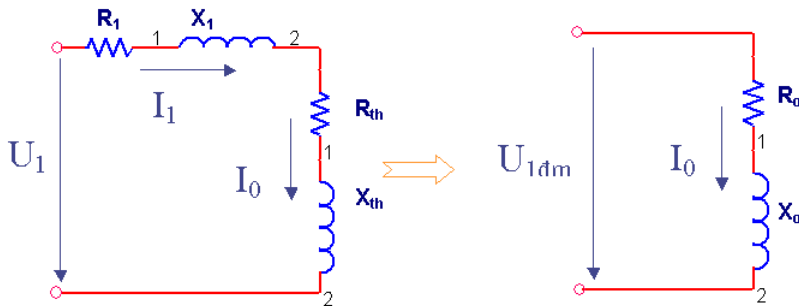
6.5. Sơ đồ thay thế máy biến áp



Sơ đồ thay thế đầy đủ

6.6. Chế độ không tải của máy biến áp

1. Đặc điểm của chế độ không tải của máy biến áp



a. Dòng điện không tải:

$$I_0 = \frac{U_1}{Z_0} = (3 \div 10)\% I_{1dm}$$

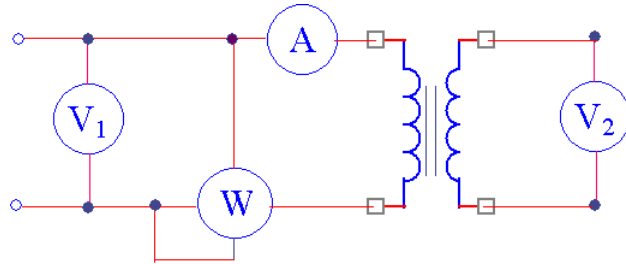
b. Công suất không tải

$$P_0 = R_0 \cdot I_0^2 \approx \Delta P_{st}$$

c. Hệ số cosφ không tải

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{P_0^2 + Q_0^2}} = 0,1 \div 0,3$$

2. Thí nghiệm không tải của máy biến áp



a. Hệ số biến áp:
$$k = \frac{w_1}{w_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_{20}}$$

b. Dòng điện không tải phần trăm: $I_0 \% = 3 \rightarrow 10\% I_{1dm}$

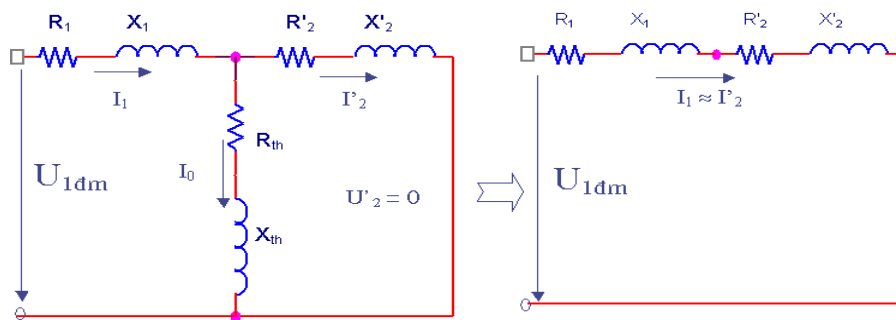
c. Điện trở không tải: $R_o = ?$; tổng trở không tải: $z_o = ?$

d. Điện kháng không tải: $X_o = ?$

e. Hệ số công suất không tải : $\cos\varphi_o = \dots = 0,1 \rightarrow 0,3$

6.7. Chế độ ngắn mạch của máy biến áp

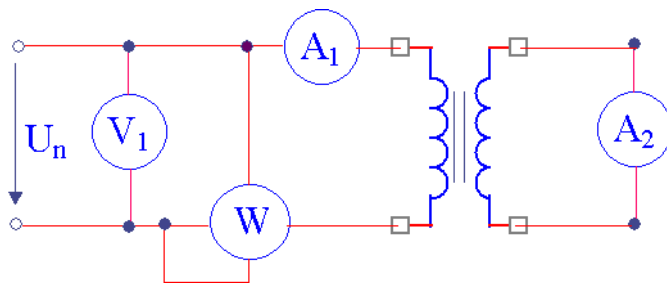
1. Đặc điểm chế độ ngắn mạch



Dòng điện ngắn mạch:
$$I_n = \frac{U_{1dm}}{Z_n} = (10 \div 25) I_{1dm}$$

Điện áp thứ cấp ngắn mạch $U_2 = 0$

2. Thí nghiệm ngắn mạch của máy biến áp



$$U_n \% = \frac{U_n}{U_{1dm}} 100\% = 3 \div 10\%$$

- Tổng trở ngắn mạch: $z_n = ?$
- Điện trở ngắn mạch: $R_n = ?$
- Điện kháng ngắn mạch: $X_n = ?$

6.8. Chế độ có tải của máy biến áp

1. Độ biến thiên điện áp thứ cấp.

$$\Delta U_2 \% = \frac{U_{2dm} - U_2}{U_{2dm}} 100\%$$

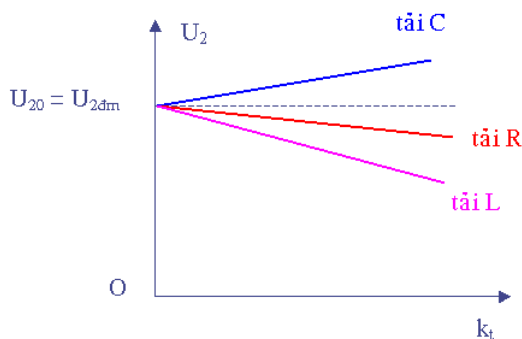
2. Đặc tính ngoài của máy biến áp

Quan hệ:

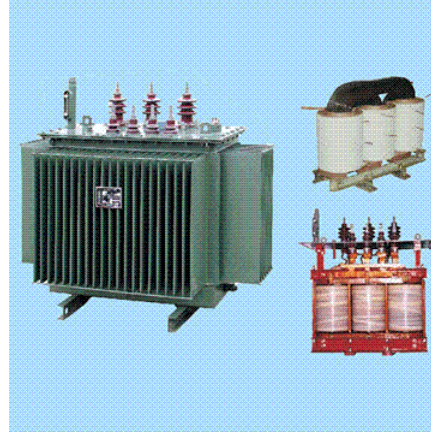
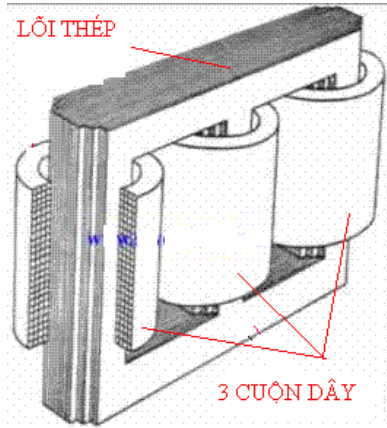
$$U_2 = f(I_2)$$

khi $U_1 = U_{1dm}$

và $\cos\varphi_t = \text{const.}$



6.9. Máy biến áp ba pha



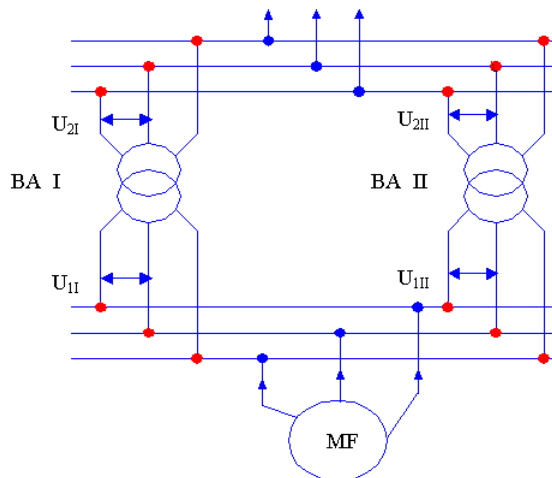
Để biến đổi điện áp của hệ thống điện ba pha

6.10. Sự làm việc song song của máy biến áp

1. Điện áp định mức sơ cấp và thứ cấp của các máy phải bằng nhau tương ứng

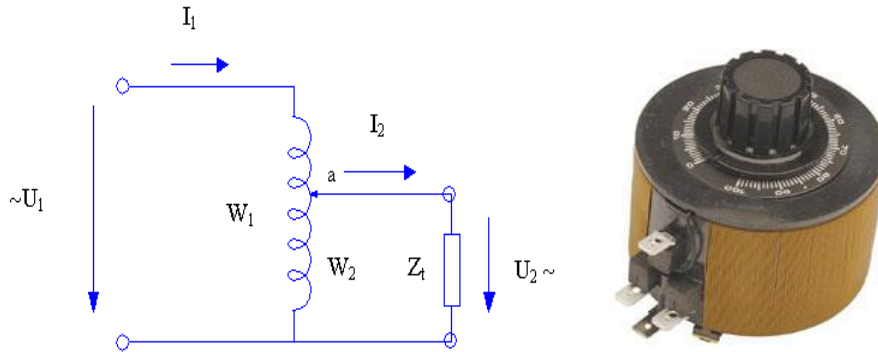
2. Các máy phải có cùng tổ nối dây

3. Điện áp ngắn mạch của các máy phải bằng nhau, để phân bố các máy tỷ lệ với công suất của chúng.



6.11. Các máy biến áp đặc biệt

1. Máy biến áp tự ngẫu



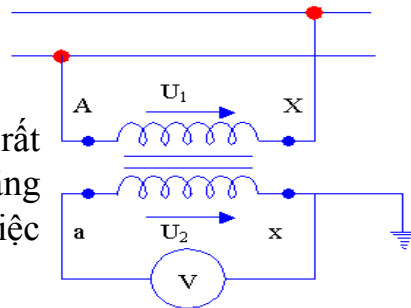
Máy biến áp tự ngẫu trong đó cuộn thấp áp là một phần cuộn cao áp, sơ cấp và thứ cấp nối trực tiếp với nhau.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \Rightarrow U_2 = U_1 \cdot \frac{W_2}{W_1}$$

2. Máy biến áp đo lường

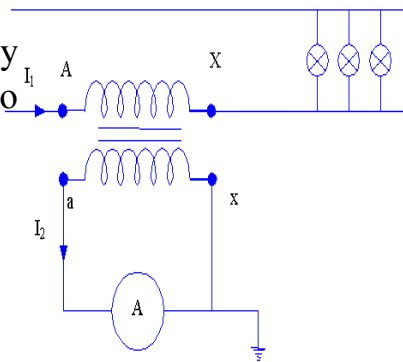
a. Máy biến áp điện áp

Dùng biến đổi điện áp xoay chiều rất cao xuống điện áp thấp để đo bằng các dụng cụ thông thường. Làm việc ở chế độ không tải.



b. Máy biến dòng điện

Dùng biến đổi dòng điện xoay chiều lớn xuống dòng nhỏ để đo lường. Làm việc ngắn mạch



3. Máy biến áp hàn điện

Là loại máy BA đặc biệt dùng để hàn bằng phương pháp hồ quang điện. Máy BA hàn có điện kháng tản lớn, và thường có cuộn điện kháng bên ngoài nên đường đặc tính ngoài rất dốc, phù hợp với yêu cầu hàn điện. Dòng điện hàn lớn, có thể từ 40A đến 500A. Điện áp thứ cấp từ 60→70V. Làm việc ở chế độ ngắn mạch.

Cuộn sơ cấp nối với nguồn điện, cuộn thứ cấp cách ly với sơ cấp, một đầu nối với cuộn điện kháng và kim loại cần hàn, còn đầu kia nối với que hàn. Khi dí que hàn vào tấm kim loại, sẽ có dòng điện lớn chạy qua làm nóng chỗ tiếp xúc. Khi nhấc que hàn cách tấm kim loại một khoảng nhỏ, vì cường độ điện trường lớn sinh hồ quang và nhiệt lượng làm nóng chảy chỗ hàn.

Chương 7. MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

7.1. Khái niệm chung

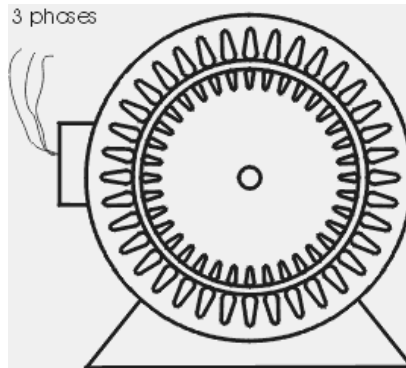
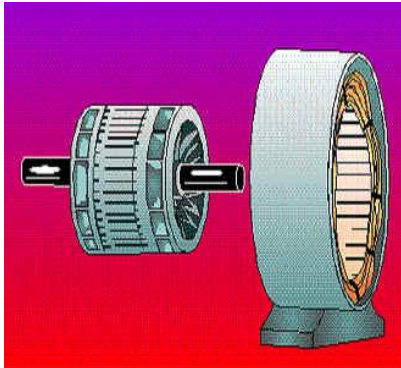
Máy điện không đồng bộ là loại máy điện có phần quay, làm việc với điện xoay chiều, theo nguyên lí cảm ứng điện từ, có tốc độ quay n của rôto khác với tốc độ quay n_1 của từ trường.



7.2. Cấu tạo của máy điện không đồng bộ ba pha

Gồm hai phần chính:

1. Phần tĩnh (Stator: Stato, xtato)
2. Phần quay (Rotor: Rôto)



1. Phần tĩnh (Stato)

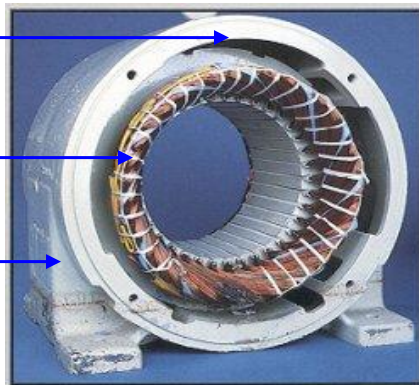
Phần tĩnh gồm các bộ phận là lõi thép và dây quấn, ngoài ra có vỏ máy và nắp máy .

Phần tĩnh MĐ KĐB thường đóng vai trò phần cảm

Lõi thép

Dây quấn

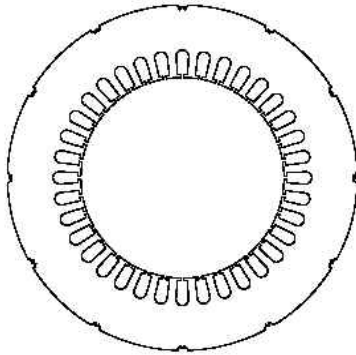
Vỏ máy



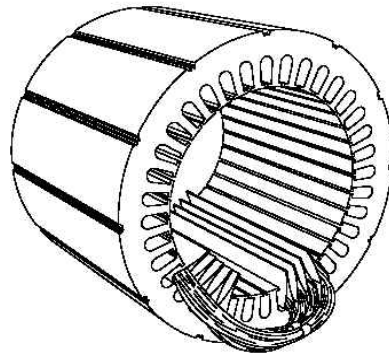
a. Lõi thép phần tĩnh

Lõi thép stato hình trụ, do các lá thép kỹ thuật điện được dập rãnh bên trong, ghép lại với nhau.

Lá thép kỹ thuật điện

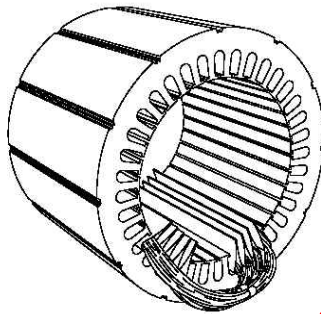


Lõi thép stato

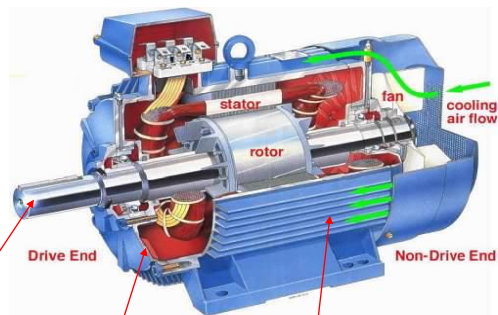


b. Dây quấn stato

Dây quấn stato làm bằng dây đồng được bọc cách điện (dây điện từ) được đặt trong các rãnh của lõi thép.



Dây quấn



Trục máy

Nắp máy

Vỏ máy

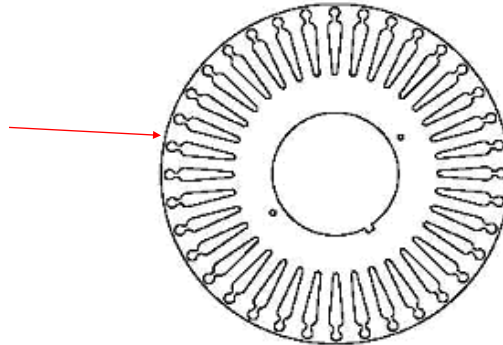
2. Phần quay (rôto): đóng vai trò phản ứng

Gồm lõi thép, dây quấn và trục máy

a. Lõi thép

Lõi thép gồm các lá thép kỹ thuật điện được dập rãnh mặt ngoài, ghép lại tạo thành các rãnh theo hướng trục.

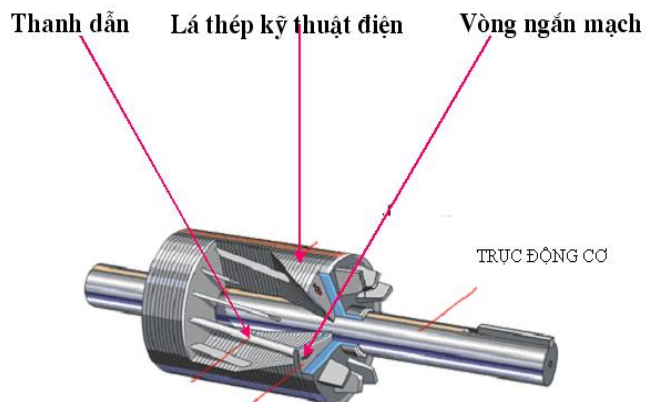
Lá thép kỹ thuật điện



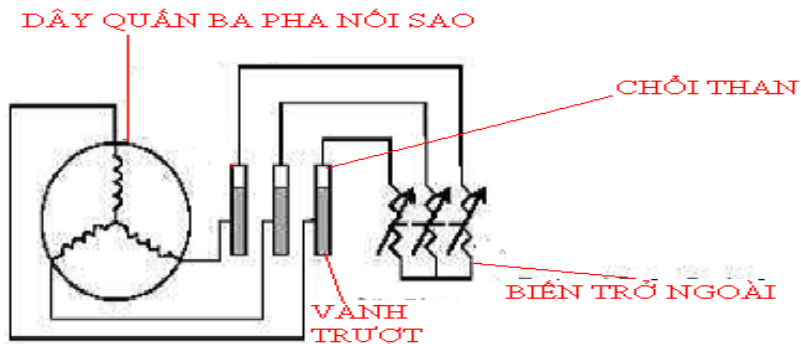
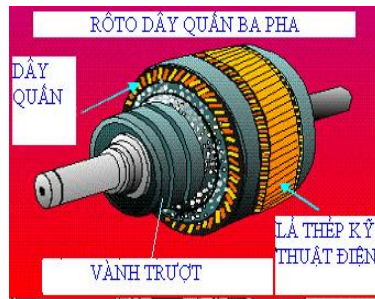
b. Dây quấn rôto

Dây quấn rôto hình thành 2 loại: Rôto lồng sóc và rôto dây quấn.

Hình vẽ mô tả Rôto lồng sóc



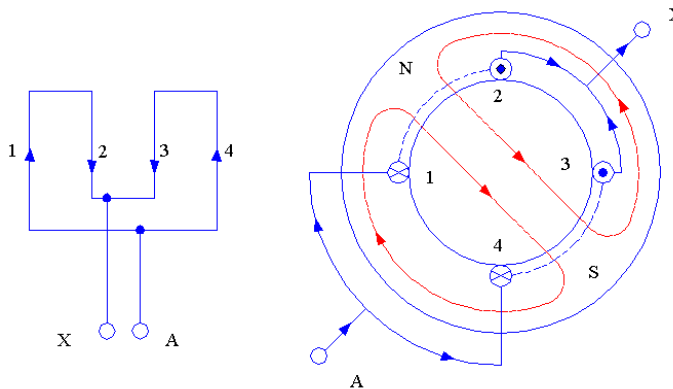
Rôto dây quấn



7.3. Từ trường của máy điện không đồng bộ

1. Từ trường đập mạch của dây quấn một pha

Từ trường đập mạch của dây quấn một pha là từ trường có phương không đổi, nhưng trị số và chiều thì biến đổi theo thời gian.

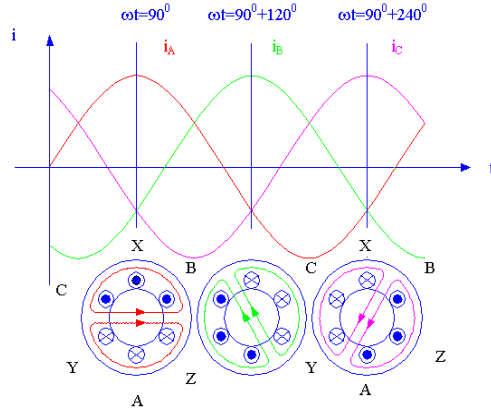


2. Từ trường quay của dây quấn ba pha

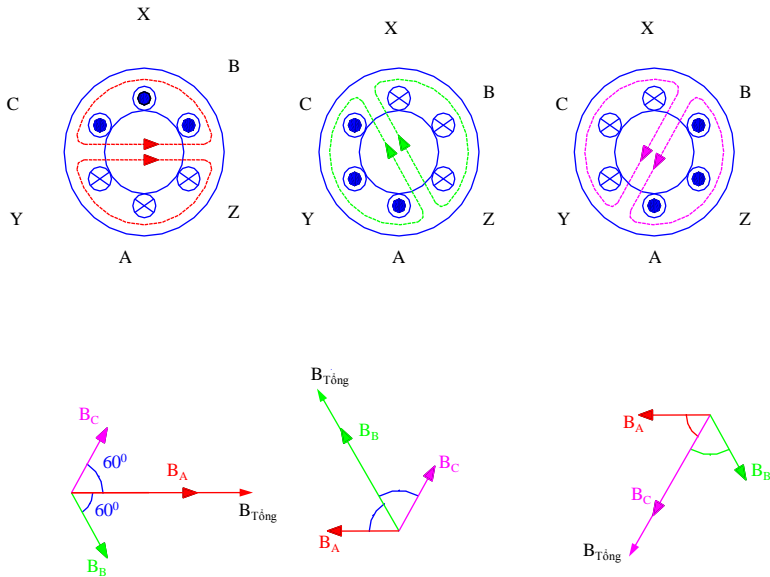
a. Sự tạo thành từ trường quay

Ba dây quấn đặt trong 6 rãnh, lệch nhau trong không gian 1 góc 120° điện. Trong các dây quấn có dòng điện ba pha đối xứng chạy qua **tạo trường quay**.

$$\begin{aligned} i_A &= I_{\max} \sin \omega t \\ i_B &= I_{\max} \sin(\omega t - 120^\circ) \\ i_C &= I_{\max} \sin(\omega t - 240^\circ) \end{aligned}$$

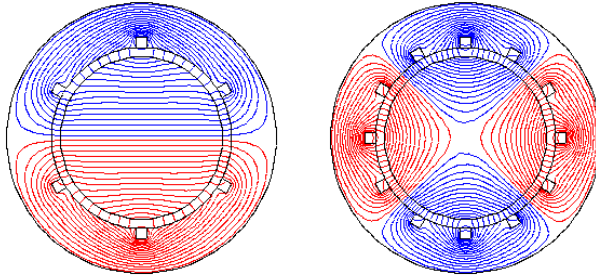


Dòng điện ba pha trong stato tạo ra từ trường quay



b. Đặc điểm của từ trường quay

- Tốc độ từ trường quay: $n_1 = \frac{60f}{p}$ (vòng /phút)



- Chiều quay của từ trường: theo thứ tự pha của các dòng điện đạt cực đại, (thường theo chiều kim đồng hồ)

- Biên độ của từ trường quay: $\phi_{\max} = \frac{3}{2} \phi_{p \max}$

c. Từ trường quay của dây quấn hai pha

d. Từ thông tản

7.4. Nguyên lý làm việc của máy điện KĐB 3 pha

1. Nguyên lý làm việc của động cơ điện KĐB 3 pha

Khi cho dòng điện 3 pha vào 3 dây quấn stato, sẽ tạo từ trường quay có tốc độ n_1 cảm ứng sang dây quấn rôto sức điện động E_2 , vì dây quấn rôto nối kín mạch, do đó tạo ra dòng điện I_2 và Mômen M quay kéo rôto quay với tốc độ n cùng chiều quay n_1 nhưng tốc độ $n < n_1$

- Hệ số trượt của tốc độ : $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$

Hệ số trượt s thường đạt: $s = 0,02 \rightarrow 0,06$

- Tốc độ của động cơ : $n = \frac{60f}{p} (1 - s)$ [vòng /phút]

2. Nguyên lý làm việc của máy phát điện KĐB

Nếu stato vẫn nối với lưới điện, nhưng trục roto không nối với tải, mà nối với động cơ sơ cấp, dùng để quay roto máy phát quay với tốc độ n cùng chiều quay từ trường n_1 nhưng $n > n_1$. Lúc này chiều dòng điện roto I_2 ngược lại với chế độ động cơ và lực điện từ đổi chiều, biến đổi cơ năng từ động cơ sơ cấp qua roto máy phát chuyển thành điện năng ở stato đưa vào lưới điện. Ở chế độ máy phát điện, hệ số trượt s

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} < 0$$

Để tạo từ trường quay, lưới điện phải cung cấp cho máy phát điện không đồng bộ công suất phản kháng Q , vì thế làm cho hệ số công suất $\cos\phi$ của lưới điện giảm xuống. Vì thế khi máy phát điện KĐB làm việc riêng lẻ, ta phải dùng tụ điện nối đầu cực máy phát để kích từ cho máy. Đó là nhược điểm của máy phát điện KĐB, cho nên ít dùng máy phát điện KĐB trong hệ thống điện lưới điện xoay chiều của quốc gia. Nhưng hiện nay người ta thường dùng động cơ điện KĐB loại roto lồng sóc cho làm việc ở chế độ máy phát điện dùng để cấp điện cho tàu cá Việt Nam (cũng dùng tụ điện nối đầu cực máy phát để kích từ)

7.5. Mô hình toán của động cơ không đồng bộ

1. Phương trình cân bằng điện dây quấn stato

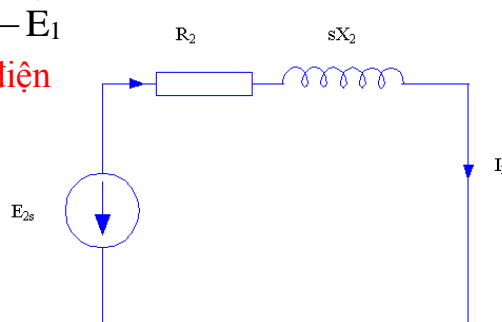
Tương tự MBA $\dot{U}_1 = \dot{I}_1 \bar{Z}_1 - \dot{E}_1$

2. Phương trình cân bằng điện dây quấn rôto

$$\dot{E}_{2s} = \dot{I}_2 (R_2 + jX_{2s})$$

$$\Rightarrow 0 = s \dot{E}_2 - \dot{I}_2 (R_2 + jX_{2s})$$

$$\Rightarrow \dot{I}_2 = \frac{s \dot{E}_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}}$$



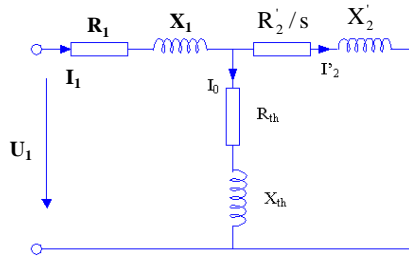
3. Phương trình cân bằng từ

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + \dot{I}'_2$$

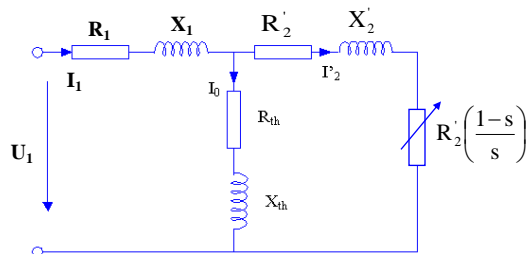
Với $\dot{I}'_2 = \frac{\dot{I}_2}{k_i}$ mà $k_i = \frac{m_1 w_1 k_{dq1}}{m_2 w_2 k_{dq2}}$

7.6. Sơ đồ thay thế của động cơ không đồng bộ

Hình a



Hình b



7.7. Mômen quay của động cơ không đồng bộ 3 pha

$$M = \frac{3pU_1^2 R_2'}{s\omega \left[(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]}$$

- Mômen quay tỷ lệ với bình phương điện áp U_1 .
- Mômen M_{MAX} không phụ thuộc vào điện trở rôto

$$M_{Max} = \frac{3pU_1^2}{2\omega \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2} \right]} \approx \frac{3pU_1^2}{2\omega (R_1 + X_1 + X_2')}$$

Khi mở $n = 0 \rightarrow s = 1$

$$M_{mở} = \frac{3pU_1^2 R_2'}{\omega \left[(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]}$$

7.8. Mở máy động cơ không đồng bộ ba pha

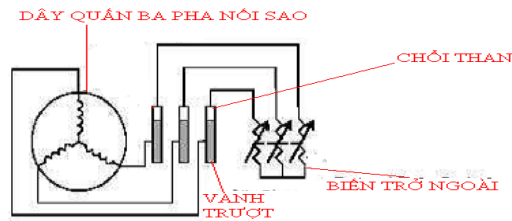
Khi mở máy động cơ điện phải có **Mômen mở máy động cơ phải lớn hơn mômen tải.**

- Dòng mở máy
$$I_p = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}} = 5 \div 7 I_{dm}$$

1. Mở máy động cơ rôto dây quấn

Khi mở máy dây quấn rôto được nối với biến trở mở máy.

Đầu tiên để biến trở lớn nhất, sau đó giảm dần đến không



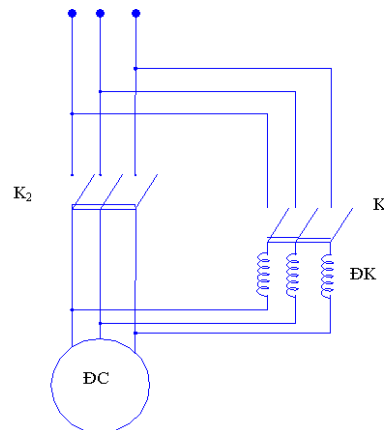
2. Mở máy động cơ lồng sóc

a. **Mở máy trực tiếp:** Dòng khởi động tăng 5→7 lần I_{dm}

b. **Giảm điện áp cung cấp cho stato**

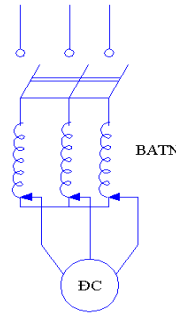
- Dùng điện kháng nối tiếp vào mạch stato

Khi mở máy dòng điện sẽ giảm đi k lần, song mômen giảm đi k^2 lần



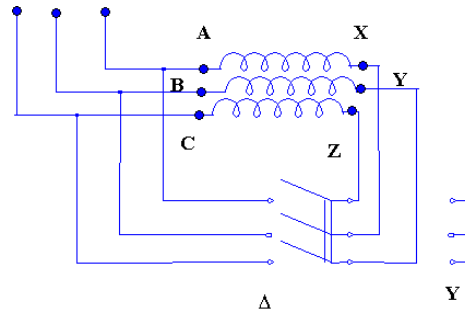
- Dùng máy tự biến áp

Điện áp giảm k lần, Dòng điện cung cấp giảm đi k^2 lần. Song mômen sẽ giảm k^2 lần.



- Phương pháp đổi nối sao – tam giác

Điện áp giảm, Dòng điện cung cấp động cơ điện giảm 3 lần và mômen động cơ giảm 3 lần.



7.9. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ

Tốc độ của động cơ không đồng bộ:
$$n = \frac{60f}{p} (1 - s)$$

1. Điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi tần số f
2. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi số đôi cực p
3. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp cung cấp cho stato
4. Điều chỉnh bằng cách thay đổi điện trở rôto của động cơ rôto dây quấn

7.10. Các đặc tính của động cơ điện không đồng bộ

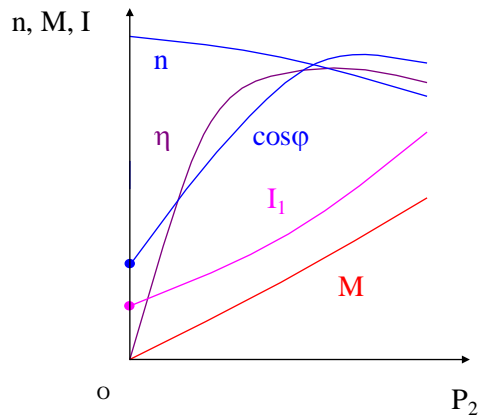
1. Đặc tính dòng điện stato $I_1 = f(P_2)$

2. Đặc tính tốc độ rôto $n = f(P_2)$

3. Đặc tính mômen quay $M = f(P_2)$

4. Đặc tính hiệu suất $\eta = f(P_2)$

5. Hệ số công suất $\cos\varphi = f(P_2)$



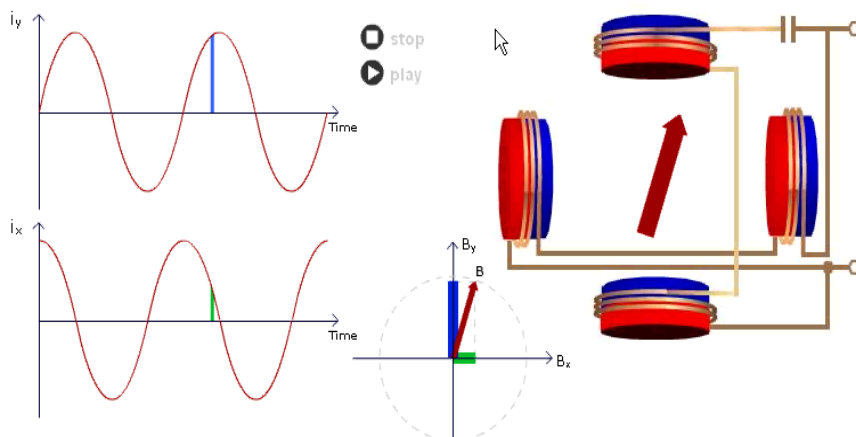
7.11. Động cơ điện KĐB hai pha, nhưng sử dụng điện một pha.

Có 2 cuộn dây quấn pha bằng nhau, nhưng đặt lệch nhau một góc 90 độ để tạo từ trường quay.

Vì nếu chỉ có dây quấn 1 pha thì tạo nên từ trường đập mạch, do đó để tạo từ trường quay phải có cấu tạo thêm cuộn dây đề hoặc chẻ rãnh cực từ và lắp vòng ngắn mạch để tạo từ trường quay, có Mô men mở máy khởi động được động cơ, nên gọi là động cơ không đồng bộ một pha.

7.12. Động cơ không đồng bộ 1 pha

Cấu tạo stator có dây quấn một pha, rôto thường là lồng sóc. *Ngoài dây quấn chính, còn có cuộn dây đề và có tụ đề khởi động.*



Ngoài ra trong thực tế, khi không có nguồn 3 pha, động cơ 3 pha có thể nối 2 cuộn dây thành 1 cuộn và cuộn còn lại làm chức năng cuộn chạy hoặc cuộn đề, chọn tụ điện C thích hợp mắc nối tiếp với cuộn đề, thì động cơ có thể hoạt động tốt ở điện 1 pha với công suất có thể đạt 70% đến 80%.

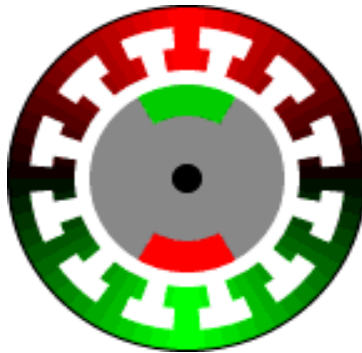
Động cơ điện KĐB một pha có ưu điểm là phù hợp với điện 1 pha. Nên được sử dụng nhiều trong gia đình và kéo các tải công suất nhỏ thì thuận tiện. Tuy nhiên hiệu suất thấp hơn so với động cơ 3 pha.

Chương 8. MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ

8.1. Định nghĩa và công dụng

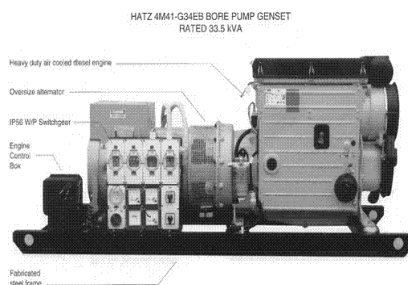
1. Định nghĩa

Máy điện ĐB là loại máy điện xoay chiều, có tốc độ quay của rôto bằng tốc độ quay của từ trường .

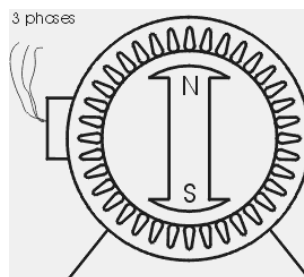


2. Công dụng

a. Chế độ máy phát



b. Chế độ động cơ



8.2. Cấu tạo máy điện đồng bộ

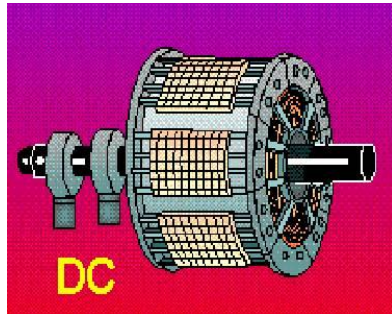
Gồm 2 phần chính: phần tĩnh và phần quay

1. Phần tĩnh (vai trò phân ứng)

Stato của máy điện đồng bộ giống như stato của máy điện không đồng bộ: lõi thép, dây quấn, vỏ máy

2. Phần quay (cảm)

Gồm lõi thép, dây quấn kích từ và trục máy. Có 2 loại rôto cực lồi và rôto cực ẩn.



Rôto có hai loại:

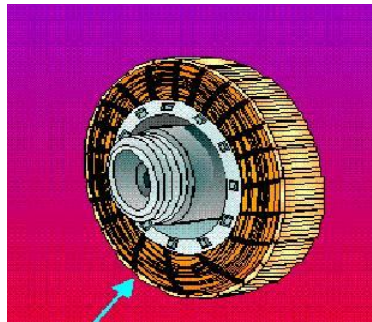
- Rôto cực lồi

Có tốc độ thấp, có nhiều đôi cực



- Rôto cực ẩn (lõm)

Tốc độ cao (thường có một đôi cực)

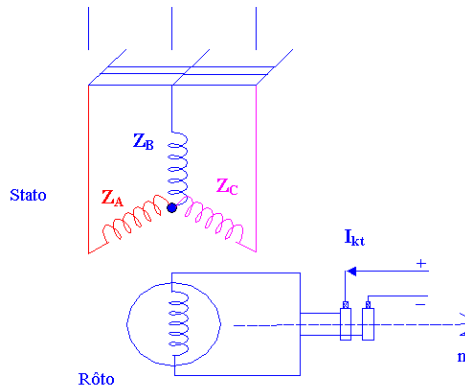


8.3. Nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ

Cho dòng điện một chiều vào dây quấn kích từ ở rôto để tạo từ trường. Dùng động cơ sơ cấp quay rôto với tốc độ n . Từ trường rôto cảm ứng sang stato sức điện động hình sin có trị số hiệu dụng là:

$$E_o = 4,44f W_1 k_{gq} \Phi_o$$

Trong đó $f = pn/60$

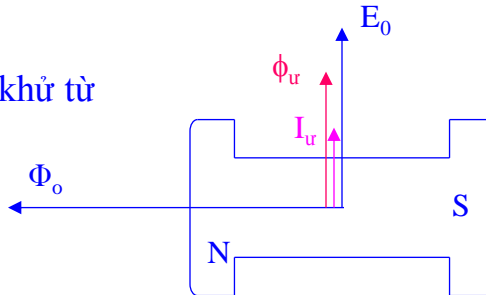


Khi có tải, dòng điện trong dây quấn stato tạo nên từ trường quay với tốc độ $n_1 = n$ nên gọi là MF đồng bộ.

8.4. Phản ứng phần ứng của máy phát điện đồng bộ

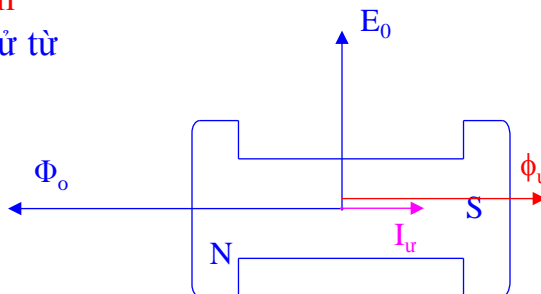
1. Khi tải thuần trở

PUPU' ngang trục khử từ

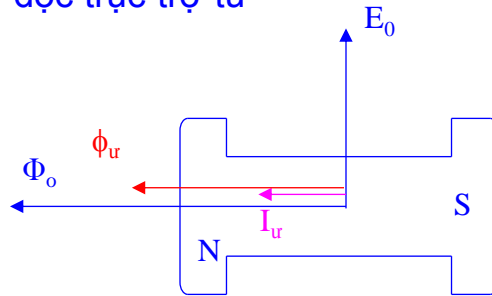


2. Khi tải thuần cảm

PUPU' dọc trục khử từ



3. Khi tải thuần dung PƯPƯ dọc trục trụ từ



4. Khi tải bất kỳ (tính cảm hay tính dung)

Phản ứng phần ứng vừa ngang trục và vừa dọc trục khử từ hoặc trụ từ. *Phản ứng phần ứng của máy phát điện đồng bộ vừa phụ thuộc độ lớn bé của tải và phụ thuộc vào tính chất của tải .*

8.5. Mô hình toán và các đường đặc tính của máy phát điện đồng bộ

1. Phương trình điện áp máy phát điện đồng bộ

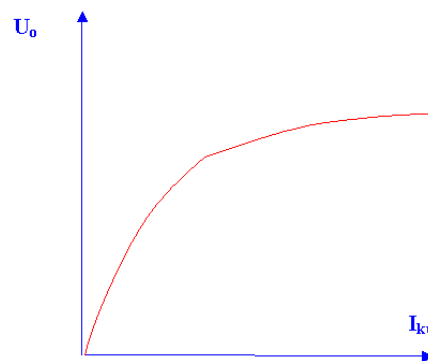
$$\dot{U} = \dot{E}_o - jX_{db}\dot{I}$$

2. Các đường đặc tính của máy phát điện đồng bộ

a. Đặc tính không tải

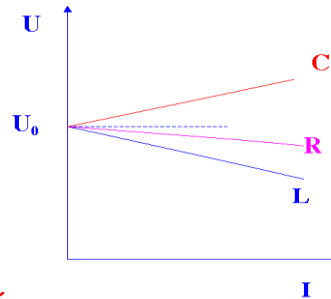
$$U_o = f(I_{kt})$$

khi $I_{t\grave{a}i} = 0, n = \text{const}$



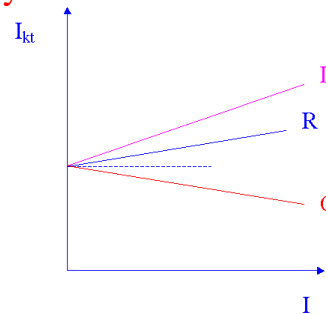
b. Đặc tính ngoài của máy phát điện đồng bộ

$$U = f(I) \text{ khi } I_{kt} = \text{const}, \\ n = \text{const}, \cos\varphi_t = \text{const}$$



c. Đặc tính điều chỉnh của máy phát điện đồng bộ

$$I_{kt} = f(I) \text{ khi } U = \text{const}, \\ n = \text{const}, \cos\varphi_t = \text{const}$$

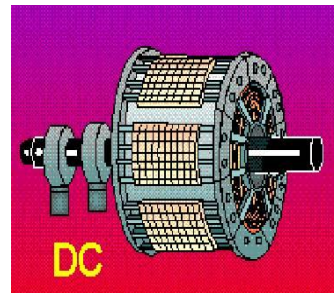


8.6. Động cơ điện đồng bộ

1. Nguyên lý làm việc

Phương trình điện áp động cơ điện đồng bộ:

$$\dot{U} = \dot{E}_o + jX_{db}\dot{I}$$



2. Mở máy động cơ điện đồng bộ: để tạo mômen mở máy, tạo các thanh dẫn, được nối ngắn mạch như lồng sóc ở động cơ KĐB, nên mở máy khó khăn, phức tạp.

3. Máy bù đồng bộ (điều chỉnh hệ số công suất $\cos\varphi$)

Động cơ đồng bộ chạy không tải và quá kích từ.

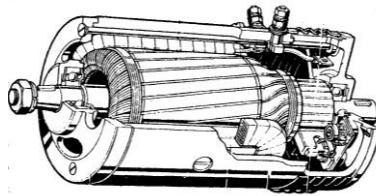
Chương 9. MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

9.1. Cấu tạo của máy điện một chiều

Bao gồm phần tĩnh (stato), phần quay (rôto) và cổ góp với chổi than

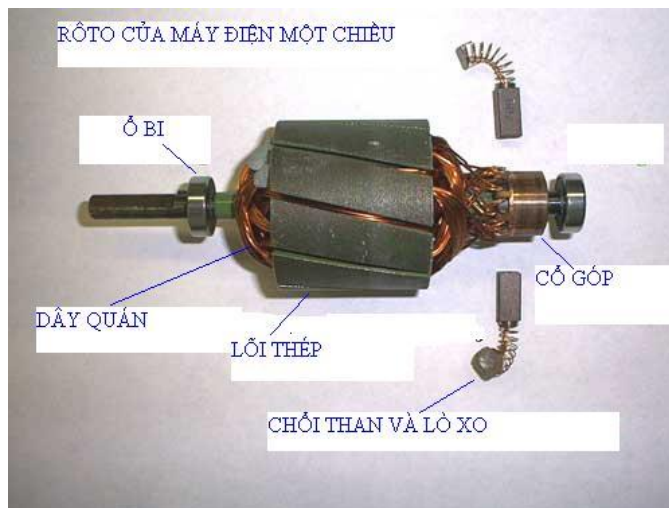
1. Phần tĩnh (stato): đóng vai trò là phần cảm

Gồm có lõi thép mạch từ vừa là vỏ máy. Các cực từ chính có dây quấn kích từ. Các máy có công suất lớn và trung bình có thêm các cực từ phụ đặt xen kẽ với cực từ chính để hạn chế bớt tia lửa điện.

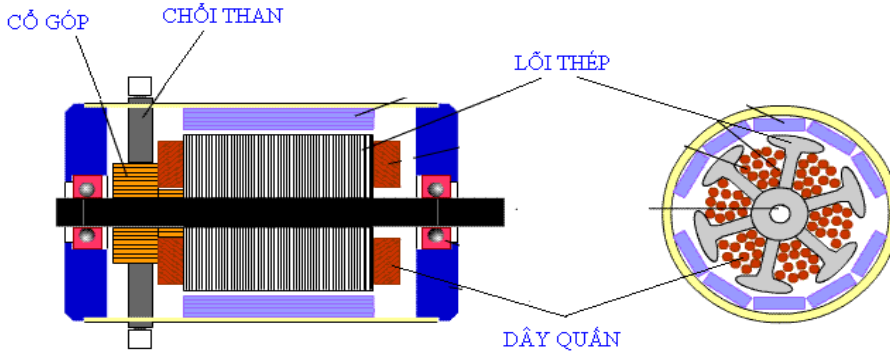


2. Phần quay (rôto): đóng vai trò là phần ứng

Gồm lõi thép, dây quấn phần ứng, cổ góp và chổi than.



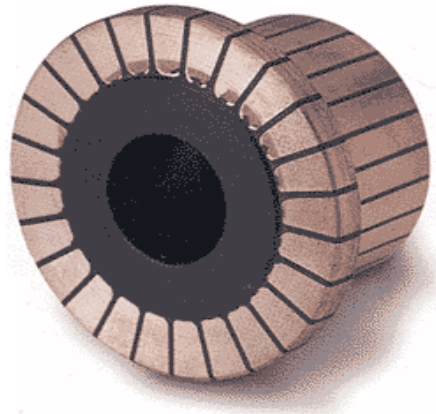
a. Lõi thép và dây quấn



Lõi thép hình trụ, làm bằng các lá thép kỹ thuật điện mỏng ghép lại với nhau.

b. Cổ góp và chổi than

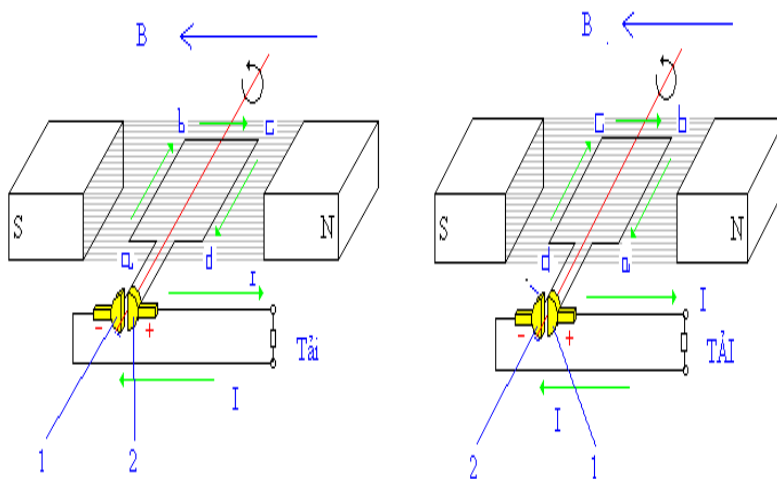
Cổ góp gồm các phiến góp bằng đồng được ghép cách điện, có dạng hình trụ.



Chổi than (chổi điện) làm bằng than graphit, chổi than tỳ sát lên cổ góp nhờ lò xo và giá chổi điện gắn trên nắp máy.

9.2. Nguyên lý làm việc của máy điện một chiều

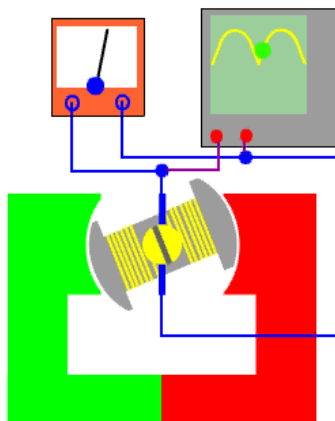
1. Nguyên lý làm việc của máy phát điện một chiều



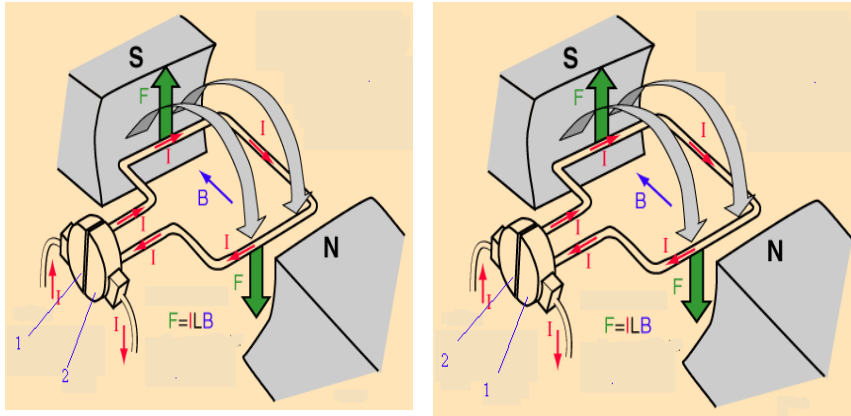
- Phương trình điện áp của máy phát một chiều

$$U = E_u - R_u \cdot I_u$$

- Mô phỏng máy phát điện một chiều



2. Nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều

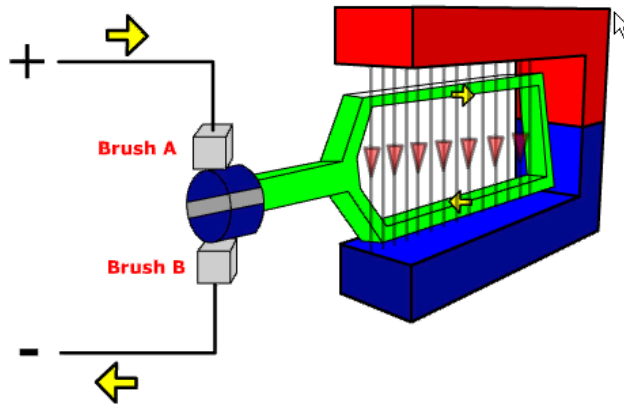


Khi có từ trường phân cảm và dòng điện DC đưa vào phần ứng thì động cơ quay.

- Phương trình điện áp động cơ điện một chiều

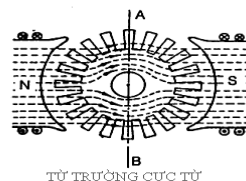
$$U = E_u + R_u \cdot I_u$$

- Mô phỏng động cơ điện một chiều



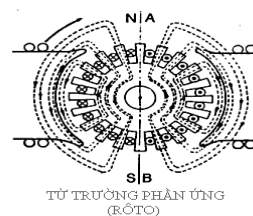
9.3. Phản ứng phần ứng của máy điện một chiều

Từ trường trong máy là từ trường tổng của từ trường cực từ và từ trường phản ứng. $P \propto U \propto I$ phụ thuộc độ lớn bé của (dòng điện) tải.



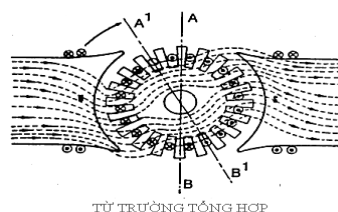
1. Hậu quả của phản ứng phần ứng

- Ở chế độ máy phát, làm cho điện áp máy phát U giảm
- Chế độ động cơ, làm cho mômen quay giảm, và tốc độ động cơ thay đổi.



2. Biện pháp khắc phục

- Dùng cực từ phụ và dây quấn bù, --
- Dịch đường trung tính hình học



9.4. Sức điện động phần ứng, công suất điện từ và mômen điện từ

1. Sức điện động phần ứng

$$E_{ur} = k_E n \phi \quad \text{đơn vị [V]}$$

2. Công suất điện từ

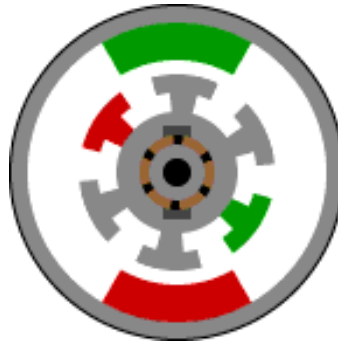
$$P_{dt} = \frac{pN}{60a} n \phi I_{ur} = E_{ur} \cdot I_{ur} \quad \text{đơn vị [W]}$$

3. Mômen điện từ

$$M_{dt} = k_M I_{ur} \phi \quad \text{đơn vị [N.m]}$$

9.5. Nguyên nhân tia lửa và biện pháp khắc phục

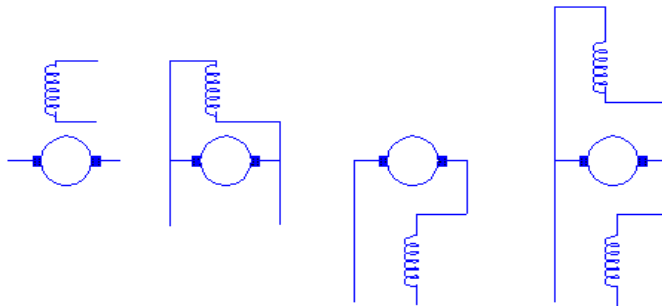
1. Nguyên nhân cơ khí
2. Nguyên nhân điện từ



3. Biện pháp khắc phục

- Dùng cực từ phụ và dây quấn bù, cố góp nhẵn đều.
- Dịch đường trung tính chổi than một góc β theo độ lớn của tải.
Dịch ngược hay cùng chiều quay roto tùy theo là ĐC hay MF.

9.6. Máy phát điện một chiều và phân loại MĐMC



- + Máy điện một chiều kích từ độc lập.
- + Máy điện một chiều kích từ song song
- + Máy điện một chiều kích từ nối tiếp
- + Máy điện một chiều kích từ hỗn hợp

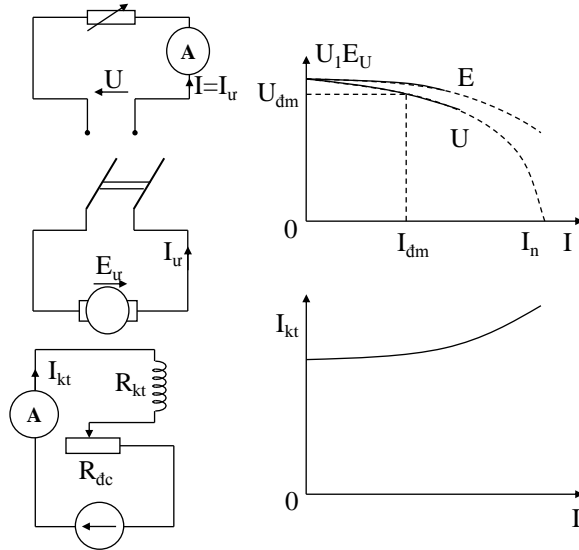
1. Máy phát điện một chiều kích từ độc lập

Đặc tính ngoài, điện áp giảm từ 8% đến 10% so với U_0 .

Giảm do 2 nguyên nhân:

- Do PƯP/ ứng
- Do điện áp rơi R_r

Dòng điện ngắn mạch
 $I_n = 2 \rightarrow 3I_{dm}$



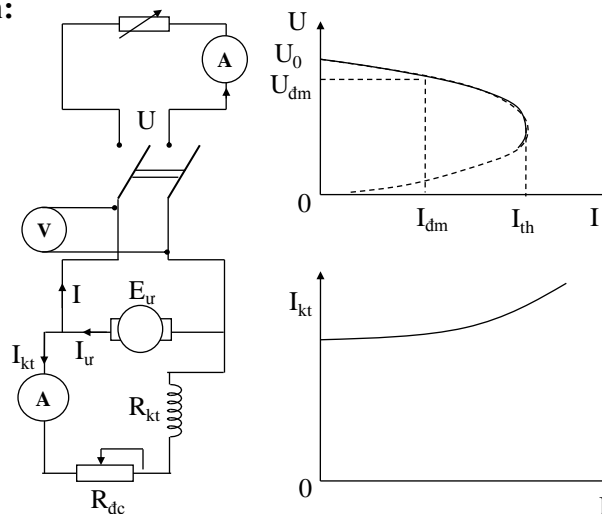
2. Máy phát điện một chiều kích từ song song

Đặc tính ngoài, điện áp giảm từ 10% đến 15% so với U_0

Giảm do 3 nguyên nhân:

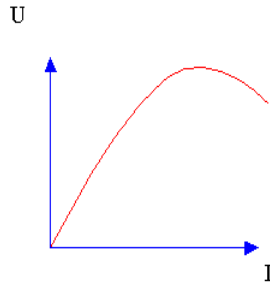
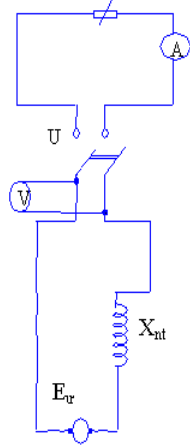
- Do PƯ Phản ứng
- Do điện áp rơi R_r
- Do I_{kt} phụ thuộc U

Dòng điện ngắn mạch
 $I_n < I_{dm}$



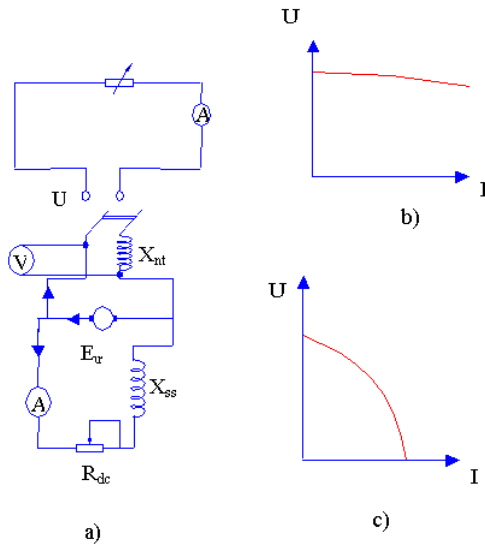
3. Máy phát điện một chiều kích từ nối tiếp

Dòng điện kích từ là dòng điện tải,
 Khi tải thay đổi, điện áp thay đổi rất
 nhiều, trong thực tế không sử dụng
 máy phát kích từ nối tiếp.



4. Máy phát điện một chiều kích từ hỗn hợp

Đường đặc tính
 ngoài $U=f(I)$ trong
 hai trường hợp nối
 thuận từ và ngược
 từ. **Nối thuận từ**
 từ đường nằm ngang
 (hình b), ngược từ
 đường đặc tính rất
 dốc (như hình c)



9.7. Động cơ điện một chiều

1. Mở máy và điều chỉnh tốc độ

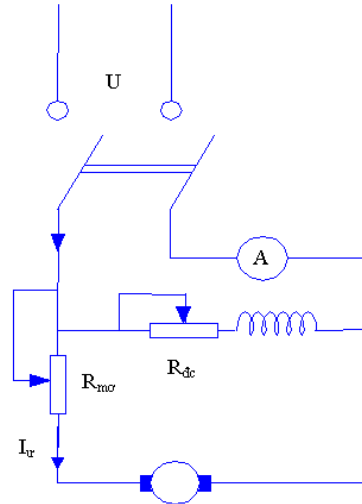
a. Mở máy động cơ điện một chiều

$$\text{Khi mở máy : } I_{um} = \frac{U}{R_r}$$

Vì R_r rất nhỏ,
nên $I_{um} = (20 \div 30)I_{dm}$

Để giảm dòng điện mở máy:

- Dùng biến trở mở máy $R_{mở}$
- Giảm điện áp đặt vào phần ứng



b. Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều

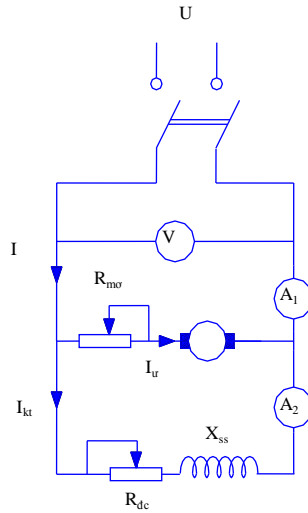
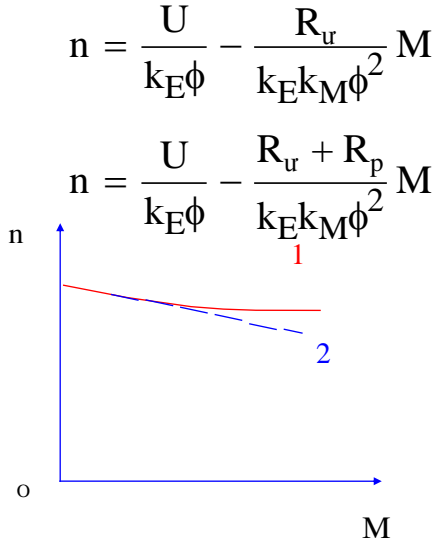
Biểu thức tốc độ quay của động cơ điện một chiều

$$n = \frac{U - R_r I_r}{k_E \Phi}$$

- Mắc điện trở điều chỉnh vào mạch phần ứng
- Thay đổi điện áp U đặt vào động cơ
- Thay đổi từ thông Φ , bằng cách điều chỉnh dòng I_{Kt}

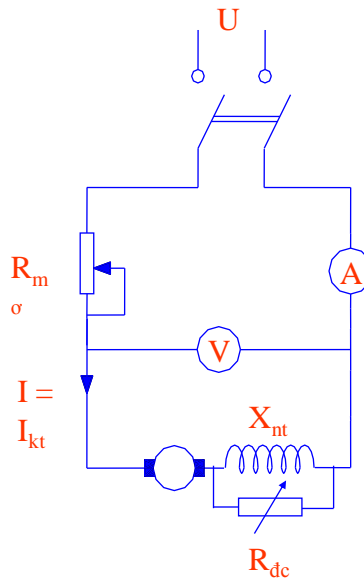
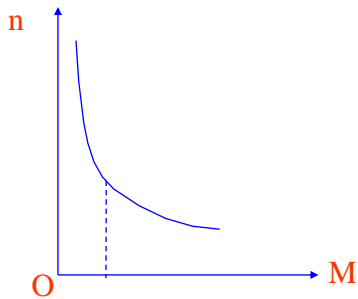
2. Đường đặc tính cơ của động cơ điện một chiều

Đường đặc tính cơ $n = f(M)$ của ĐCKT song song



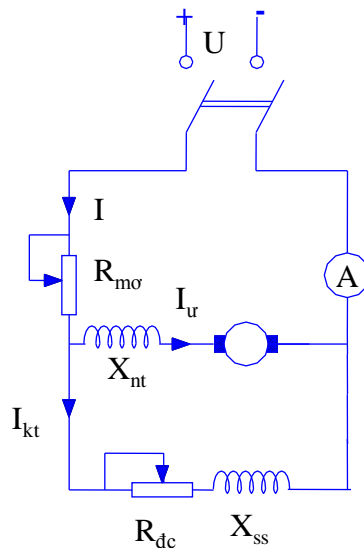
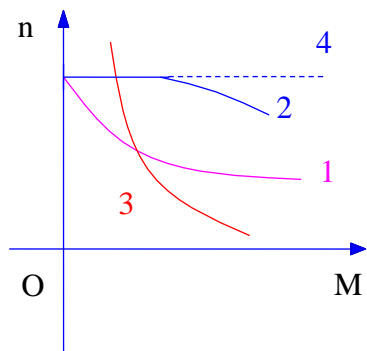
3. Đặc tính cơ của động cơ điện DC kích từ nối tiếp

Đường đặc tính cơ $n = f(M)$



4. Đặc tính cơ của ĐC điện DC kích từ hỗn hợp

Đường đặc tính cơ $n = f(M)$



Tài liệu tham khảo

- [1]. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh: Kỹ thuật điện
Nxb Khoa học và Kỹ thuật – 2004
- [2]. Nguyễn Tuấn Hùng : Kỹ thuật điện, ĐHNT - 2007
- [3]. Phan Ngọc Bích: Kỹ thuật điện, Nxb Giáo dục – 2006
- [4]. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh:
Bài tập Kỹ thuật điện, Nxb Giáo dục – 2004