

## Chương 2: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

### V.1. Tổng quan

#### V.1.1. Khái niệm:

Động cơ KĐB: Tốc độ rotor # tốc độ từ trường quay  
 Dễ sản xuất, giá thành rẻ, dễ vận hành, không bảo trì.  
 > 2HP (1500W hay 3500W): 3 pha

**Động cơ không đồng bộ có các số liệu định mức như sau:**

Công suất cơ hữu ích trên trục  $P_{dm}$  (W, kW, HP  $\approx 745.7W$ )

Điện áp dây stato  $U_{1dm}$  (V, kV)

Dòng điện dây stato  $I_{1dm}$  (A)

Tần số dòng điện stato  $f$  (Hz)

Tốc độ quay rôto  $n_{dm}$  (vòng/phút)

Hệ số công suất  $\cos\varphi_{dm}$

Hiệu suất  $\eta_{dm}$

#### V.1.2. Cấu tạo:

Stator: ba cuộn dây nối Y hay  $\Delta$ , lá thép kỹ thuật điện

Rotor: rãnh nghiêng (*tránh dao động, khóa răng stator*)

Lồng sóc (*đơn giản, dễ chế tạo, bền, không bảo trì, ...*)

Dây quấn (*luôn đấu Y, có vành trượt, chổi than để mở máy*)

#### V.1.3. Từ trường quay:

Phụ thuộc số cặp cực của stator ( $p = 1$  hay  $p = 2$ ), cách đấu dây.

$$i_a = I_m \cdot \cos(\omega t)$$

$$i_b = I_m \cdot \cos(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_c = I_m \cdot \cos(\omega t - 240^\circ)$$

Tại  $\omega t = 0, \omega t = 120^\circ, \omega t = 240^\circ$

$$B = \frac{3}{2} B_m \quad \text{quay}$$

**Xét khi  $p = 2$ , mỗi chu kỳ ( $360^\circ$ ) thì từ trường quay  $\frac{1}{2}$  vòng.**

$$n_s = \frac{60f}{p} \quad (\text{vòng/phút}) \qquad \omega_s = \frac{2\pi f}{p} \quad (\text{rad/sec})$$

#### V.1.4. Nguyên lý làm việc:

Khi từ trường quay sinh dòng điện cảm ứng trong thanh dẫn (cuộn dây) rotor. Dòng điện trong từ trường sinh ra lực từ kéo rotor quay theo quy tắc bàn tay trái. Tốc độ rotor  $n < n_1$  để còn tồn tại dòng điện cảm ứng: **không đồng bộ**.

Độ trượt: 
$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = 1 - \frac{n}{n_s} \quad (< 5\%)$$

Hay 
$$n = (1 - s)n_s$$

Với  $p = 1$ :  $n_s = f$  (vòng /sec)

Tốc độ trượt

$$n_r = n_s - n = sn_s$$

$$f_r = sf \text{ (Hz)}$$

(đây chính là tần số dòng điện bên trong rotor)

## V.2. Mạch tương đương

### V.2.1&2. Mạch tương đương (đã quy về stator):

Mạch tương đương:

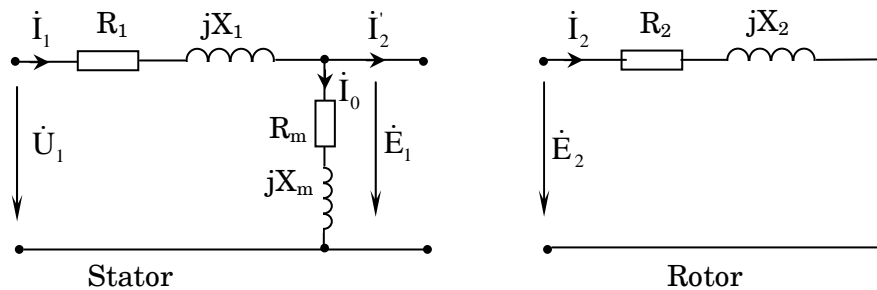
Tần số dòng điện bên trong stator:  $f$

Tần số dòng điện bên trong rotor:  $f_r = sf$

$$\dot{U}_s = (R_s + jX_s)\dot{I}_s + \dot{E}_s = \dot{Z}_s\dot{I}_s + \dot{E}_s$$

$$\dot{E}_s = (R_m + jX_m)\dot{I}_m$$

$$\dot{E}_r = (R_r + jX_r)\dot{I}_r = \dot{Z}_r\dot{I}_r$$



Để thiết lập mạch tương đương cần các điều kiện: điện áp, dòng điện, tần số, năng lượng.

#### Điện áp:

$$U_1 = \text{const} \approx \Rightarrow E_1 = \text{const} \Rightarrow \Phi_m = \text{const}$$

vì  $E_1 = \sqrt{2\pi} \cdot k_{dq1} \cdot N_1 f \cdot \Phi_m$   $k_{dq}$ : hệ số dây quấn phân bố

Có  $E_2 = \sqrt{2\pi} \cdot k_{dq2} \cdot N_2 f \cdot \Phi_m$  rotor đứng yên ( $f = f_2$ )

$$\Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_{dq1} N_1}{k_{dq2} N_2} = k \quad \text{Đặt: } E_2' = E_1 = kE_2 \quad \text{điện áp rotor qui đổi}$$

#### Tần số: (qui đổi từ rotor quay về rotor đứng yên)

Khi rotor quay có tần số  $sf$ :

$$E_{2s} = \sqrt{2\pi} \cdot k_{dq2} \cdot N_2 f_2 \cdot \Phi_m = \sqrt{2\pi} \cdot k_{dq2} \cdot N_2 (sf) \cdot \Phi_m = sE_2$$

Điện áp:  $E_{2s} = sE_2$

Tổng trở rotor:

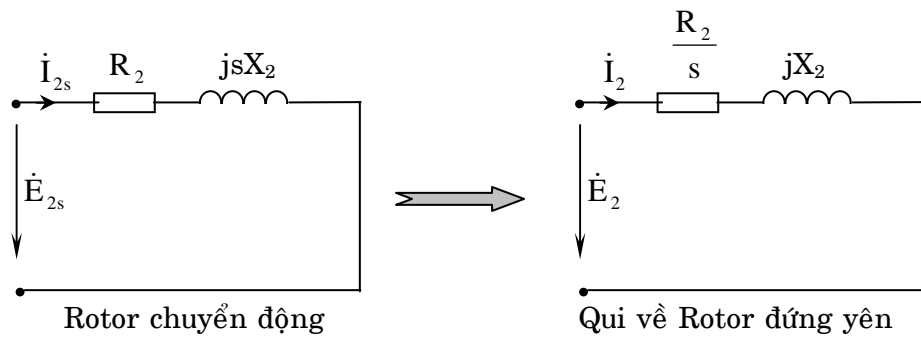
Rotor đứng yên:  $\dot{Z}_2 = R_2 + j(2\pi f)L_2 = R_2 + jX_2$   $X_2 = 2\pi fL_2$

Rotor quay:  $\dot{Z}_{2s} = R_2 + j(2\pi sf)L_2 = R_2 + jsX_2$

$$\dot{E}_{2s} = (R_2 + jsX_2)\dot{I}_{2s} = s\dot{E}_2$$

$$\dot{E}_2 = \left( \frac{R_2}{s} + jX_2 \right) \dot{I}_{2s} = \left( \frac{R_2}{s} + jX_2 \right) \dot{I}_2$$

Điện trở rotor là  $R_2$ , vì công suất tổn hao khi quy đổi không thay đổi nên  $I_2 = I_{2s}$ .

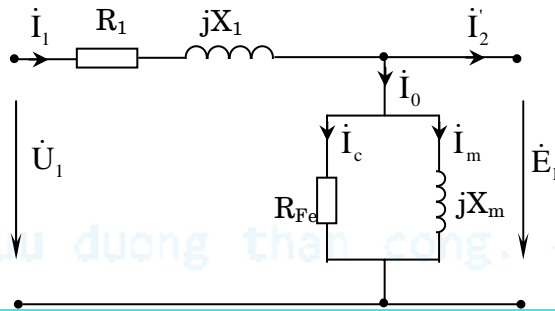


**Dòng điện:** (qui đổi từ rotor quay về satator đứng yên)

Trường hợp không tải  $I_2 = 0$  ( $s \approx 0$ ),  $I_1 = I_0$ .

Trường hợp có tải:  $I_2 \neq 0$ ,  $I_0 = \text{const}$ .

Dòng điện không tải  $I_0$  gồm hai thành phần:  $I_0 = I_c + I_m$



$I_c$  cùng pha với  $E_1$ , thành phần tác dụng (tổn hao mạch từ).

$I_m$  cùng pha với  $\Phi$ , thành phần từ hóa.

Do từ thông  $\Phi_m = \text{const}$  nên sức từ động không đổi ( $F = NI = \Phi_m R_m$ )

$$\Rightarrow k_{dq1} \cdot N_1 \cdot I_1 - k_{dq2} \cdot N_2 \cdot I_2 = k_{dq1} \cdot N_1 \cdot I_0 = \text{const}$$

Đặt dòng điện rotor qui đổi:  $I_2' = \frac{I_2}{k}$

$$\Rightarrow I_1 = I_0 + I_2'$$

**Qui đổi từ rotor quay về satator đứng yên:**

Trong đó,  $E_2' = E_1 = kE_2$  và  $I_2' = \frac{I_2}{k}$

$$\Rightarrow Z_2' = \frac{E_2'}{I_2'} = \frac{k \left( \frac{R_2}{s} + jX_2 \right) I_2}{\frac{I_2}{k}} = k^2 \left( \frac{R_2}{s} + jX_2 \right) = \frac{R_2'}{s} + jX_2'$$

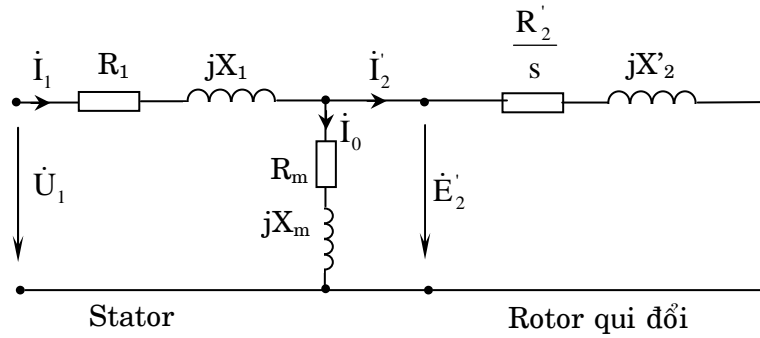
Vậy:

$$U_1 = E_1 + (R_1 + jX_1) I_1$$

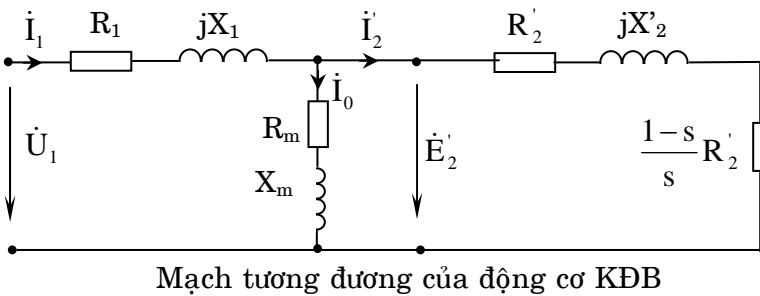
$$E_2' = \frac{R_2'}{s} I_2' + jX_2' I_2'$$

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

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_c + \dot{I}_m$$



với 
$$\frac{R'_2}{s} = R'_2 + \left(\frac{1-s}{s}\right)R'_2$$



Mạch hình T (d), mạch hình π (b), chuyển nhánh từ hóa về trước (c).

**V.2.3. Thí nghiệm không tải, thí nghiệm ngắn mạch:**

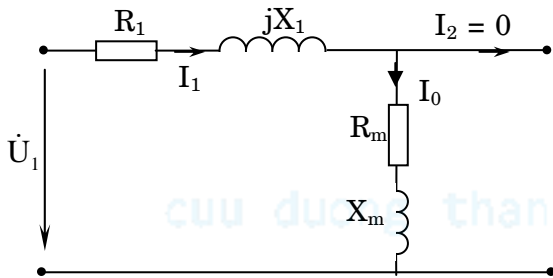
**Thí nghiệm không tải:**

$$s \approx 0 \Rightarrow Z'_2 = \infty \quad U_{1dm} \Rightarrow I_0$$

Mục đích xác định tổn hao công suất sắt từ  $P_{Fe}$  (đã trừ tổn hao cơ  $P_{cơ}$ ):

$$P_0 = P_{Fe} + P_{cơ} \quad (\text{xem tổn hao đồng không đáng kể})$$

TN quay không tải:  $P_{cơ}$  (ma sát, thông gió, tổn hao phụ) = P cơ kéo động cơ quay.



Tính  $R_0 = R_m + R_1$ :

từ  $P_0$  và  $I_0$ .

Tính được  $L_s = L_m + L_{\sigma s}$

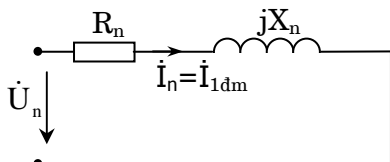
từ  $I_0, U_{1dm}$  và  $R_0$ .

**Thí nghiệm ngắn mạch:**

$$s = 1 \quad I_{1dm} \Rightarrow U_{1n}$$

$$\Rightarrow Z'_2 \ll Z_m \Rightarrow Z_n$$

Đo được công suất tổn hao trên stator và rotor:  $P_n$



Tính được  $R_s, R_r, X_\sigma = 2\pi f(L_{\sigma s} + L_{\sigma r})$ .

với  $R_s = R_1, R'_r = R'_2,$

$$L_s = L_1 = L_{\sigma s}/2, L_r = L'_2 = L_{\sigma r}/2.$$

**V.3. Phân bố công suất và hiệu suất**

**Phân bố công suất:**

**Công suất nguồn:**

Công suất nguồn  $P_1 = 3.U_1.I_1.\cos\varphi$   
 Tổn hao đồng stator  $P_{đ1} = 3.R_1.I_1^2$   
 Tổn hao sắt  $P_s = 3.R_m.I_0^2 = 3.G_m.E_1^2$

**Công suất điện từ:**

Công suất điện từ:  $P_{đt} = 3 \frac{R'_2}{s} I_2'^2$   
 Tổn hao đồng rotor:  $P_{đ2} = 3R'_2 I_2'^2 = s.P_{đt}$   
 Công suất cơ:  $P_{co} = 3R'_2 \frac{1-s}{s} I_2'^2 = (1-s)P_{đt}$

**Công suất cơ hữu ích:**

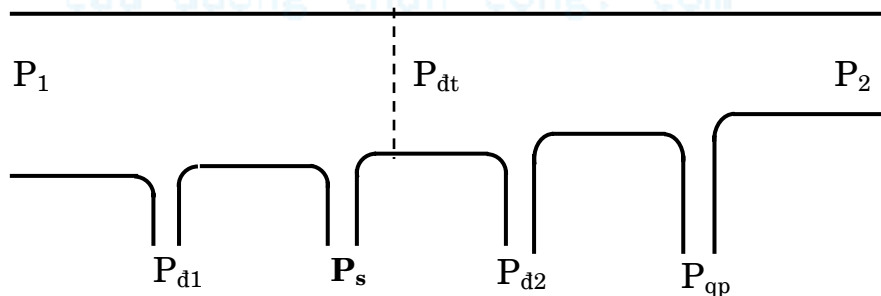
Công suất cơ hữu ích:  $P_2 = P_{co} - P_{qp}$

**Công suất tổn hao:**

Công suất tổn hao:  $P_{th} = P_{đ1} + P_s + P_{đ2} + P_{qp}$

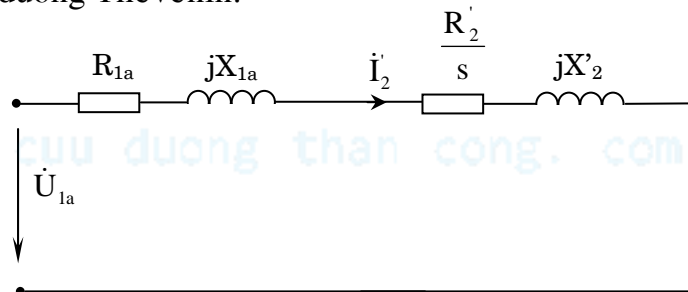
**Hiệu suất:**

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{th}} = \frac{P_1 - P_{th}}{P_1} \quad (0.75 \div 0.9)$$



**V.4. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ**

Mạch tương đương Thevenin:

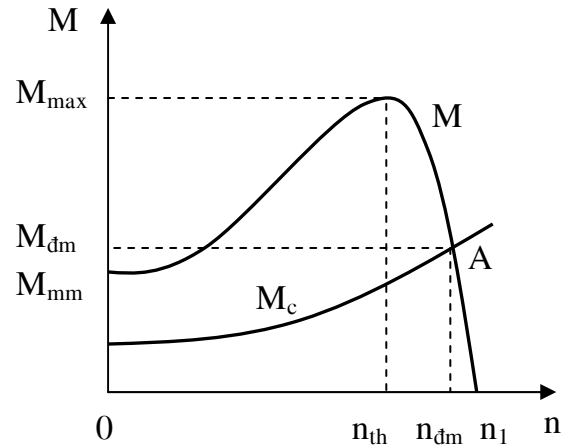
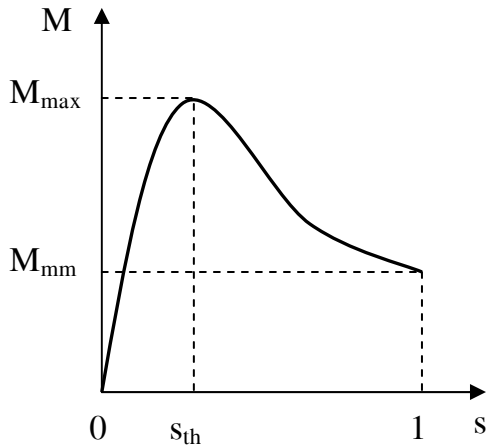


Giả sử  $R_m \ll X_m$ :

$$\dot{U}_{1a} = \dot{U}_1 \frac{j.X_m}{R_1 + j(X_1 + X_m)} \quad \text{và} \quad Z_{1a} = R_{1a} + j.X_{1a} = \frac{(R_1 + j.X_1).j.X_m}{R_1 + j(X_1 + X_m)}$$

Tính được: 
$$I_2' = \frac{U_{1a}}{\left( R_{1a} + \frac{R_2'}{s} \right) + j(X_{1a} + X_2')}$$

Momen quay 
$$M = \frac{P_{co}}{\omega} = \frac{(1-s)P_{dt}}{(1-s)\omega_1} = \frac{P_{dt}}{\omega_1} = \frac{1}{\omega_1} \frac{3U_{1a}^2 \left( \frac{R_2'}{s} \right)}{\left( R_{1a} + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_{1a} + X_2')^2}$$



Độ trượt tối hạn:  $s_{th}$  ứng với  $M_{max}$   $\frac{dM}{ds} = 0$ , hay  $\frac{dM}{dn} = 0$

$$s_{th} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_{1a}^2 + (X_{1a} + X_2')^2}}$$

$$M_{max} = \frac{1}{\omega_1} \frac{\frac{3}{2} U_{1a}^2}{R_{1a} + \sqrt{R_{1a}^2 + (X_{1a} + X_2')^2}}$$

$$M_{mm} = \frac{1}{\omega_1} \frac{3U_{1a}^2 R_2'}{(R_{1a} + R_2')^2 + (X_{1a} + X_2')^2}$$

$$\frac{M_{mm}}{M_{max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s}}$$

1. Mômen  $M \Leftrightarrow U_1^2$ , nếu điện áp giảm thì mômen tạo ra sẽ giảm nhiều.
2. Độ trượt tối hạn  $s_{th} \Leftrightarrow R_2'$ ,  $s_{th} \notin U_1$ .
3. Mômen cực đại  $M_{max} \Leftrightarrow U_1^2$ ,  $M_{max} \notin R_2'$ . Do đó, có thể điều chỉnh điện trở rôto (nếu có thể) để thay đổi giá trị độ trượt tối hạn của động cơ.
4. Mômen mở máy  $M_{mm} \Leftrightarrow R_2'$ ,  $M_{mm} \Leftrightarrow U_1^2$ . Do đó, khi mở máy với giá trị điện trở rôto lớn thì chẳng những  $M_{mm}$  lớn mà  $I_{mm}$  còn giảm đi.

**V.5. Mở máy động cơ không đồng bộ**

Khi mở máy (s=1), động cơ cần thoả mãn một số yêu cầu:

- Mômen mở máy phải lớn hơn mômen cản của tải lúc mở máy.
- Mômen động cơ phải đủ lớn để thời gian mở máy không quá lâu.
- Dòng điện mở máy phải đủ nhỏ để tránh ảnh hưởng đến sự vận hành của lưới điện và thiết bị đóng cắt.

➤ Mở máy động cơ rotor dây quấn:

$$R'_2 + R'_{mm} = \sqrt{R_{1a}^2 + (X_{1a} + X'_2)^2}$$

➤ Mở máy động cơ rotor lồng sóc:

- Dùng điện kháng nối tiếp: nếu  $U_1/k$  thì  $I_{mm}$  giảm k nhưng  $M_{mm}$  giảm đi  $k^2$ .
- Dùng máy biến áp tự ngẫu: nếu  $U_1/k$  thì  $I_{mm}$  và  $M_{mm}$  đều sẽ giảm đi  $k^2$ .
- Đổi nối sao - tam giác (Y - Δ): (động cơ dây quấn stato nối Δ.) Đây là trường hợp đặc biệt của việc dùng máy biến áp tự ngẫu, với  $k = \sqrt{3}$ , do đó dòng điện mở máy  $I_{mm}$  và mômen mở máy  $M_{mm}$  đều giảm đi 3 lần.
- Dùng dạng rãnh rôto đặc biệt để cải thiện đặc tính mở máy: rãnh rôto có thể được chế tạo dạng rãnh sâu hay lồng sóc kép, cho phép rôto có điện trở lớn khi mở máy (tần số dòng điện rôto cao) và điện trở đủ nhỏ khi vận hành bình thường (tần số dòng điện rôto rất thấp).

**V.6. Điều khiển tốc độ động cơ không đồng bộ**

1. Thay đổi số cực:

$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (vòng/phút)}$$

2. Thay đổi tần số nguồn điện:

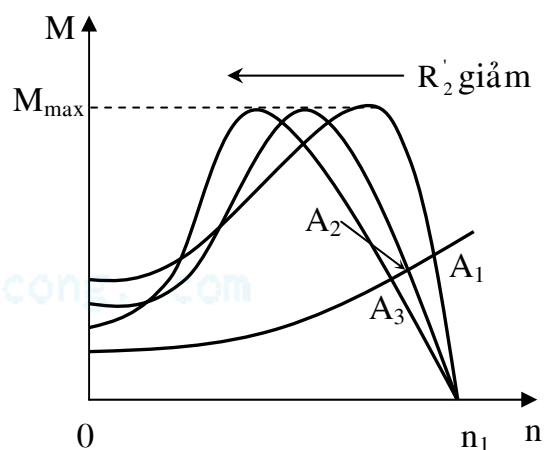
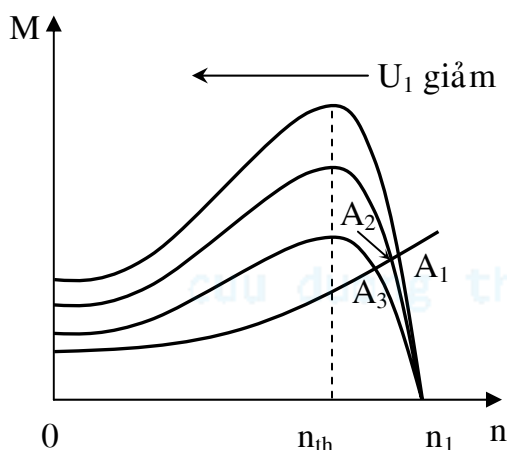
$$n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (vòng/phút)}$$

$$U_1/f = \text{const}$$

(tránh hiện tượng bão hòa mạch từ)

3. Thay đổi điện áp nguồn điện:

$$s_{th} = \text{const}, M_{max} \text{ thay đổi}$$



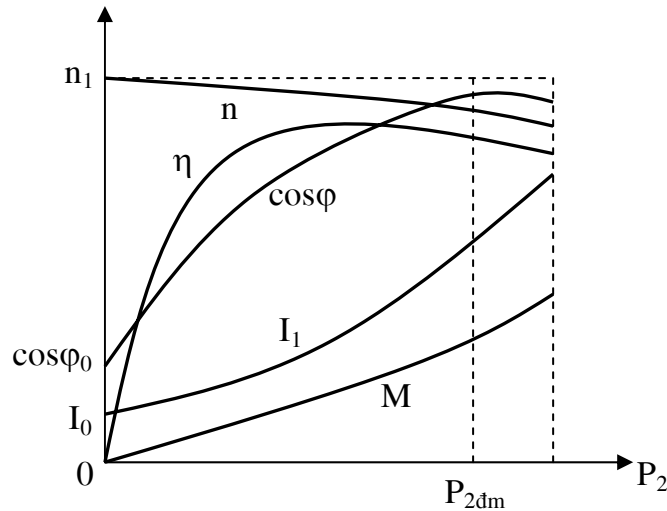
4. Thay đổi điện trở mạch rôto (dây quấn):  $s_{th}$  thay đổi,  $M_{max} = \text{const}$   
 Phương pháp này đơn giản, nhưng tổn hao nhiệt lớn (động cơ trung bình).

**V.7. Các đặc tính vận hành**

Động cơ không đồng bộ trong trạng thái xác lập được đánh giá tính năng thông qua các đặc tính vận hành, chủ yếu là sự thay đổi của dòng điện, tổn hao, tốc độ khi mômen tải thay đổi, cũng như các giá trị mômen cực đại, mômen khởi động (mở máy) theo các quan hệ sau:

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

$U_1 = \text{const}$  thì  $I_0$  cũng gần như không đổi và bằng khoảng  $(30 \div 50)\% I_{1\text{đm}}$ . Khi  $P_2$  tăng thì  $I_2$  tăng và  $I_1$  cũng tăng theo.



2. Đặc tính vận tốc  $n = f(P_2)$ :

$P_2$  tăng, mômen cản cũng tăng theo, do đó vận tốc giảm xuống.

3. Đặc tính mômen điện từ  $M = f(P_2)$ :

Mômen điện từ  $M$  tỷ lệ với công suất cơ, nếu tốc độ không đổi ( $s$  không đổi) thì đặc tính sẽ là đường thẳng. Nhưng khi  $P_2$  tăng thì tốc độ giảm nên  $s$  tăng lên, do đó mômen  $M$  tăng hơi nhanh hơn  $P_2$ .

4. Đặc tính hệ số công suất  $\cos\phi = f(P_2)$ :

Khi động cơ quay không tải, nhưng công suất kháng trong  $X_m$  vẫn như cũ nên hệ số công suất không tải  $\cos\phi_0$  thấp (từ 0,15 đến 0,3). Khi tải tăng,  $P_1$  tăng,  $\cos\phi$  tăng lên đến  $\cos\phi_{\text{đm}}$  (từ 0,8 đến 0,9), sau đó giảm xuống.

5. Đặc tính hiệu suất  $\eta = f(P_2)$ :

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_n}$$

Khi  $P_2 = 0$ ,  $\eta = 0$ .  $P_2$  tăng thì  $P_{d1}$  và  $P_{d2}$  tăng theo, trong khi  $P_s$  và  $P_{qp}$  gần như không đổi; hiệu suất tăng lên đến giá trị hiệu suất định mức  $\eta_{\text{đm}} = 0.75 \div 0.9$ , sau đó giảm xuống.

Hiệu suất đạt cực đại tổn hao quay không tải ( $P_{qp}$  cộng với tổn hao sắt từ  $P_s$ ) bằng tổng tổn hao phụ thuộc tải (tổn hao đồng stato  $P_{d1}$  và  $P_{d2}$ ).

**Tóm tắt**

**Tổng quan**

Khái niệm:

Tốc độ rotor # tốc độ từ trường quay

Từ trường quay:

$$B = \frac{3}{2} B_m \qquad n_1 = \frac{60f}{p} \text{ (vòng/phút)} \qquad \omega_1 = \frac{2\pi f}{p} \text{ (rad/sec)}$$

Nguyên lý làm việc:

Độ trượt:  $s = \frac{n_1 - n}{n_1} = 1 - \frac{n}{n_1} \quad (< 5\%) \qquad \text{Hay} \qquad n = (1 - s)n_1$

Tốc độ trượt  $n_2 = n_1 - n = sn_1 \text{ (vòng /sec)} \qquad \Rightarrow f_2 = sf \quad \text{(Hz)}$

**Mạch tương đương**

Mạch tương đương (đã quy về stator):

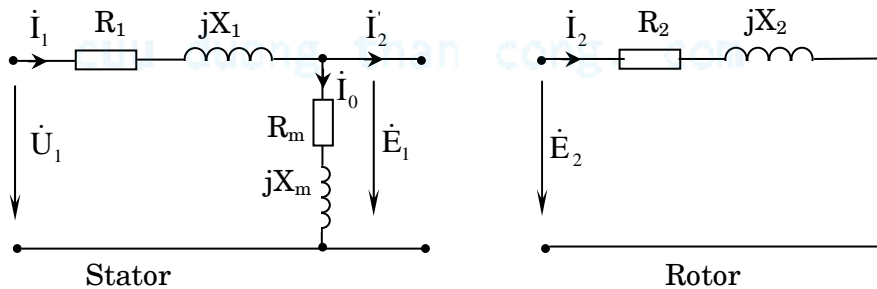
Tần số dòng điện bên trong stator:  $f$

Tần số dòng điện bên trong rotor:  $f_2 = sf$

$$\dot{U}_1 = (R_1 + jX_1)\dot{I}_1 + \dot{E}_1 = \dot{Z}_1\dot{I}_1 + \dot{E}_1$$

$$\dot{E}_1 = (R_m + jX_m)\dot{I}_0$$

$$\dot{E}_2 = (R_2 + jX_2)\dot{I}_2 = \dot{Z}_2\dot{I}_2$$



Để thiết lập mạch tương đương cần các điều kiện: điện áp, dòng điện, tần số, năng lượng.

**Điện áp:**

$$U_1 = \text{const} \quad \approx \Rightarrow \quad E_1 = \text{const} \quad \Rightarrow \quad \Phi_m = \text{const}$$

vì  $E_1 = \sqrt{2\pi} \cdot k_{dq1} \cdot N_1 f \cdot \Phi_m \qquad k_{dq}$ : hệ số dây quấn phân bố

Có  $E_2 = \sqrt{2\pi} \cdot k_{dq2} \cdot N_2 f \cdot \Phi_m \qquad \text{rotor đứng yên (} f = f_2 \text{)}$

$\Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_{dq1} N_1}{k_{dq2} N_2} = k \qquad \text{Đặt: } E_2 = E_1 = kE_2 \qquad \text{điện áp rotor qui đổi}$

**Tần số:** (qui đổi từ rotor quay về rotor đứng yên)

Khi rotor quay có tần số  $sf$ :

$$E_{2s} = \sqrt{2\pi} \cdot k_{dq2} \cdot N_2 sf \cdot \Phi_m = \sqrt{2\pi} \cdot k_{dq2} \cdot N_2 (sf) \cdot \Phi_m = sE_2$$

Điện áp:  $E_{2s} = sE_2$

**Tổng trở rotor:**

Rotor đứng yên:  $\dot{Z}_2 = R_2 + j(2\pi f)L_2 = R_2 + jX_2 \qquad X_2 = 2\pi fL_2$

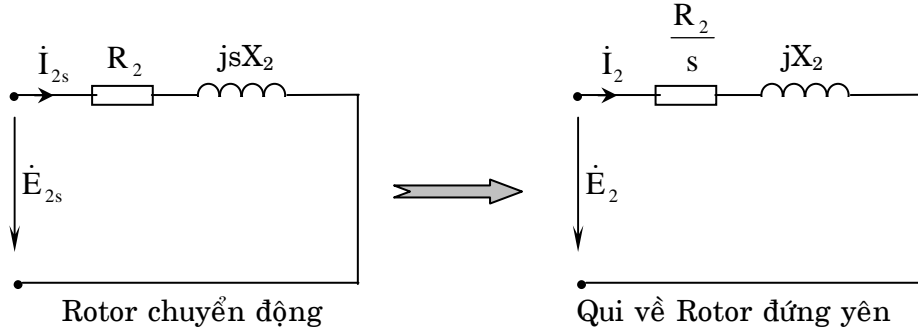
**Rotor quay:**

$$\dot{Z}_{2s} = R_2 + j(2\pi s f)L_2 = R_2 + jsX_2$$

$$\dot{E}_{2s} = (R_2 + jsX_2)\dot{I}_{2s} = s\dot{E}_2$$

$$\dot{E}_2 = \left(\frac{R_2}{s} + jX_2\right)\dot{I}_{2s} = \left(\frac{R_2}{s} + jX_2\right)\dot{I}_2$$

Điện trở rotor là  $R_2$ , vì công suất tổn hao khi quy đổi không thay đổi nên  $I_2 = I_{2s}$ .

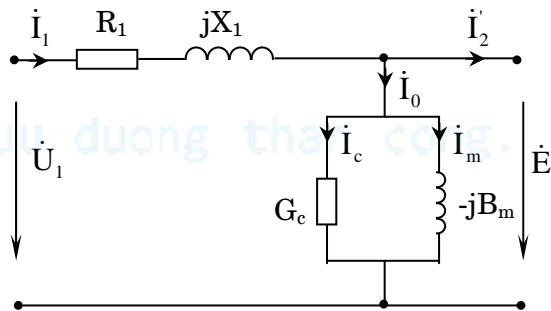


**Dòng điện:** (qui đổi từ rotor quay về satator đứng yên)

Trường hợp không tải  $I_2 = 0$  ( $s \approx 0$ ),  $I_1 = I_0$ .

Trường hợp có tải:  $I_2 \neq 0$ ,  $I_0 = \text{const}$ .

Dòng điện không tải  $I_0$  gồm hai thành phần:  $\dot{I}_0 = \dot{I}_c + \dot{I}_m$



$I_c$  cùng pha với  $E_1$ , thành phần tác dụng (tổn hao mạch từ).

$I_m$  cùng pha với  $\Phi$ , thành phần từ hóa.

Do từ thông  $\Phi_m = \text{const}$  nên sức từ động không đổi ( $F = NI = \Phi_m R_m$ )

$$\Rightarrow k_{dq1} \cdot N_1 \cdot \dot{I}_1 - k_{dq2} \cdot N_2 \cdot \dot{I}_2 = k_{dq1} \cdot N_1 \cdot \dot{I}_0 = \text{const}$$

Đặt dòng điện rotor qui đổi:  $\dot{I}'_2 = \frac{\dot{I}_2}{k}$

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

**Qui đổi từ rotor quay về satator đứng yên:**

Trong đó,  $E'_2 = E_1 = kE_2$  và  $\dot{I}'_2 = \frac{\dot{I}_2}{k}$

$$\Rightarrow \dot{Z}'_2 = \frac{\dot{E}'_2}{\dot{I}'_2} = \frac{k \left(\frac{R_2}{s} + jX_2\right) \dot{I}_2}{\frac{\dot{I}_2}{k}} = k^2 \left(\frac{R_2}{s} + jX_2\right) = \frac{R'_2}{s} + jX'_2$$

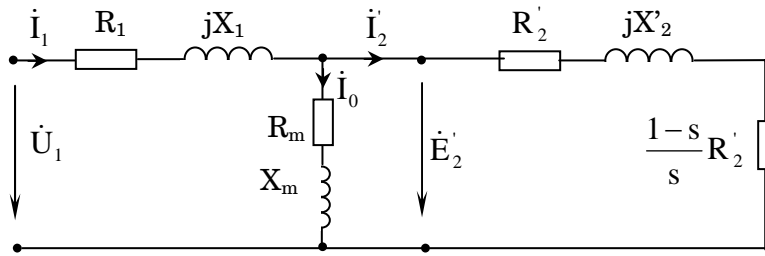
Vậy:  $\dot{U}_1 = \dot{E}_1 + (R_1 + jX_1)\dot{I}_1$

$$\dot{E}'_2 = \frac{R'_2}{s} + jX'_2 \dot{I}'_2$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= \dot{I}_0 + \dot{I}'_2 \\ \dot{I}_0 &= \dot{I}_c + \dot{I}_m \end{aligned}$$

với

$$\frac{R'_2}{s} = R'_2 + \left(\frac{1-s}{s}\right)R'_2$$



Mạch tương đương của động cơ KĐB

Mạch hình T (d), mạch hình  $\pi$  (b), chuyển nhánh từ hóa về trước (c).

**Thí nghiệm không tải, thí nghiệm ngắn mạch**

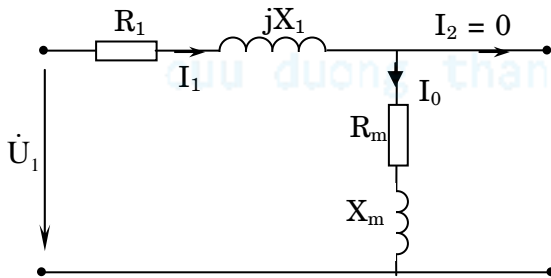
**Thí nghiệm không tải:**

$$s \approx 0 \Rightarrow Z'_2 = \infty \quad U_{1dm} \Rightarrow I_0$$

Mục đích xác định tổn hao công suất sắt từ  $P_{Fe}$  (đã trừ tổn hao cơ  $P_{cơ}$ ):

$$P_0 = P_{Fe} + P_{cơ} \quad (\text{xem tổn hao đồng không đáng kể})$$

TN quay không tải:  $P_{cơ}$  (ma sát, thông gió, tổn hao phụ) = P cơ kéo động cơ quay.



Tính  $R_0 = R_m + R_1$ :

từ  $P_0$  và  $I_0$ .

Tính được  $L_s = L_m + L_{\sigma s}$

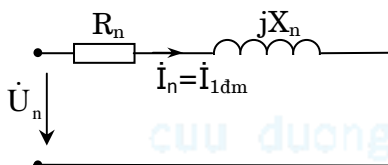
từ  $I_0, U_{1dm}$  và  $R_0$ .

**Thí nghiệm ngắn mạch:**

$$s = 1 \quad I_{1dm} \Rightarrow U_{1n}$$

$$\Rightarrow Z_2' \ll Z_m \Rightarrow Z_n$$

Đo được công suất tổn hao trên stator và rotor:  $P_n$



Tính được  $R_s, R_r, X_{\sigma} = 2\pi f(L_{\sigma s} + L_{\sigma r})$ .

với  $R_s = R_1, R'_r = R'_2$ ,

$$L_s = L_1 = L_{\sigma s}/2, L_r = L'_2 = L_{\sigma r}/2.$$

**Phân bố công suất và hiệu suất**

**Phân bố công suất:**

**Công suất nguồn:**

Công suất nguồn  $P_1 = 3.U_1.I_1.\cos\varphi$

Tổn hao đồng stator  $P_{dl} = 3.R_1.I_1^2$

Tổn hao sắt  $P_s = 3.R_m.I_0^2 = 3.G_m.E_1^2$

**Công suất điện từ:**

Công suất điện từ: 
$$P_{dt} = 3 \frac{R_2'}{s} I_2'^2$$

Tổn hao đồng rotor: 
$$P_{d2} = 3R_2' I_2'^2 = s \cdot P_{dt}$$

Công suất cơ: 
$$P_{co} = 3R_2' \frac{1-s}{s} I_2'^2 = (1-s)P_{dt}$$

**Công suất cơ hữu ích:**

Công suất cơ hữu ích: 
$$P_2 = P_{co} - P_{qp}$$

**Công suất tổn hao:**

Công suất tổn hao: 
$$P_{th} = P_{đ1} + P_s + P_{đ2} + P_{qp}$$

**Hiệu suất:**

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_{th}} = \frac{P_1 - P_{th}}{P_1} \quad (0.75 \div 0.9)$$

**Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ**

Giả sử  $R_m \ll X_m$ :

$$\dot{U}_{1a} = \dot{U}_1 \frac{j \cdot X_m}{R_1 + j(X_1 + X_m)} \quad \text{và} \quad Z_{1a} = R_{1a} + jX_{1a} = \frac{(R_1 + jX_1)jX_m}{R_1 + j(X_1 + X_m)}$$

Tính được: 
$$I_2' = \frac{U_{1a}}{\left( R_{1a} + \frac{R_2'}{s} \right) + j(X_{1a} + X_2')}$$

Momen quay 
$$M = \frac{P_{co}}{\omega} = \frac{(1-s)P_{dt}}{(1-s)\omega_1} = \frac{P_{dt}}{\omega_1} = \frac{1}{\omega_1} \frac{3U_{1a}^2 \left( \frac{R_2'}{s} \right)}{\left( R_{1a} + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_{1a} + X_2')^2}$$

Độ trượt tới hạn:  $s_{th}$  ứng với  $M_{max}$  
$$\frac{dM}{ds} = 0, \text{ hay } \frac{dM}{dn} = 0$$

$$s_{th} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_{1a}^2 + (X_{1a} + X_2')^2}}$$

$$M_{max} = \frac{1}{\omega_1} \frac{\frac{3}{2} U_{1a}^2}{R_{1a} + \sqrt{R_{1a}^2 + (X_{1a} + X_2')^2}}$$

$$M_{mm} = \frac{1}{\omega_1} \frac{3U_{1a}^2 R_2'}{(R_{1a} + R_2')^2 + (X_{1a} + X_2')^2}$$

$$\frac{M_{mm}}{M_{max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s}}$$

**Mở máy động cơ không đồng bộ**

➤ Mở máy động cơ rotor dây quấn:

$$R'_2 + R'_{mm} = \sqrt{R_{1a}^2 + (X_{1a} + X'_2)^2}$$

➤ Mở máy động cơ rotor lồng sóc:

- Dùng điện kháng nối tiếp: nếu  $U_1/k$  thì  $I_{mm}$  giảm  $k$  nhưng  $M_{mm}$  giảm đi  $k^2$ .
- Dùng máy biến áp tự ngẫu: nếu  $U_1/k$  thì  $I_{mm}$  và  $M_{mm}$  đều sẽ giảm đi  $k^2$ .
- Đổi Y – Δ: biến áp tự ngẫu, với  $k = \sqrt{3}$   $I_{mm}$  và  $M_{mm}$  đều giảm đi 3 lần.
- Dùng dạng rãnh rôto đặc biệt để cải thiện đặc tính mở máy.

**Điều khiển tốc độ động cơ không đồng bộ**

1. Thay đổi số cực:  $n_1 = \frac{60f}{p}$  (vòng/phút)
2. Thay đổi tần số nguồn điện:  $n_1 = \frac{60f}{p}$  (vòng/phút).  
 $U_1/f = \text{const}$  (tránh hiện tượng bão hòa mạch từ)
3. Thay đổi điện áp nguồn điện:  $s_{th} = \text{const}$ ,  $M_{max}$  thay đổi
4. Thay đổi điện trở mạch rôto (dây quấn):  $s_{th}$  thay đổi,  $M_{max} = \text{const}$

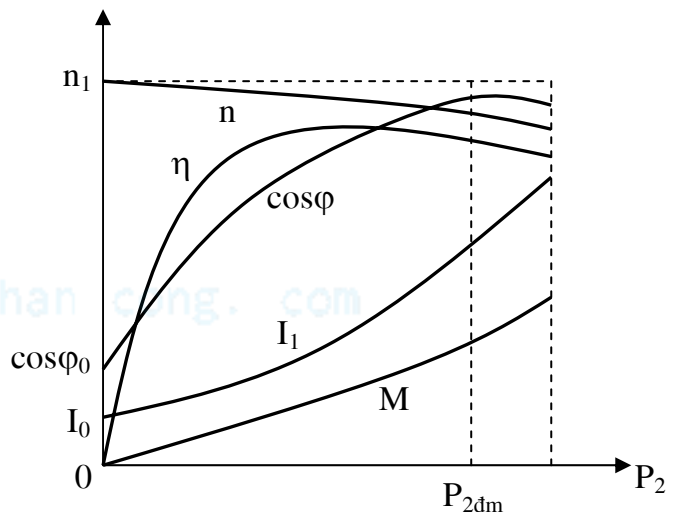
Phương pháp này đơn giản, nhưng tổn hao nhiệt lớn (động cơ trung bình).

**Các đặc tính vận hành**

1. Đặc tính dòng điện stato  $I_1 = f(P_2)$
2. Đặc tính vận tốc  $n = f(P_2)$
3. Đặc tính mômen điện từ  $M = f(P_2)$
4. Đặc tính hệ số công suất  $\cos\varphi = f(P_2)$
5. Đặc tính hiệu suất  $\eta = f(P_2)$

$$\eta_{max} \Leftrightarrow P_{qp} + P_s = P_{d1} + P_{d2}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_0 + \beta^2 \cdot P_n}$$



**Bài tập:**

\_Tất cả các ví dụ.

\_ Bài tập: (.), (-) 5.3, 5.4, 5.6, 5.14, 5.15, 5.16, 5.18, 5.21, 5.24, 5.25, 5.35, 5.41, 5.48, (\*), (\*\*).

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com