

Chương 4

MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

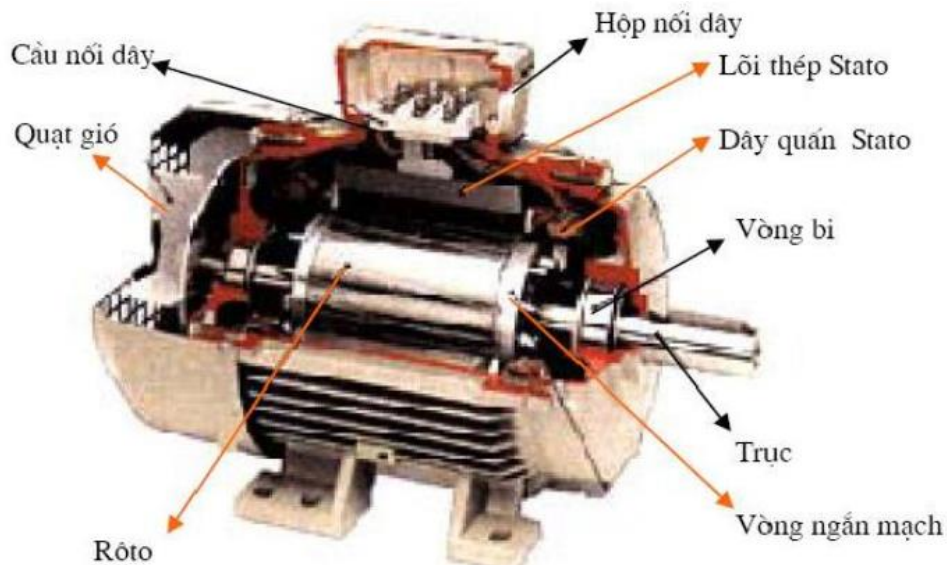
4.1. CHUẨN ĐẦU RA

- Trình bày được kết cấu, nguyên lý làm việc, thông số định mức của máy điện không đồng bộ.
- Giải thích được các hiện tượng về từ trường trong máy điện, tính toán sức điện động, sức từ động một pha, ba pha tương ứng với kết cấu dây quấn cụ thể.
- Phân tích được quá trình biến đổi năng lượng, tính công suất, hiệu suất, mô men điện từ, đặc tính cơ của máy điện không đồng bộ.
- Tính toán được các thông số kỹ thuật ở chế độ làm việc mở máy, đổi tốc độ, hãm dừng của máy điện không đồng bộ.

4.2. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

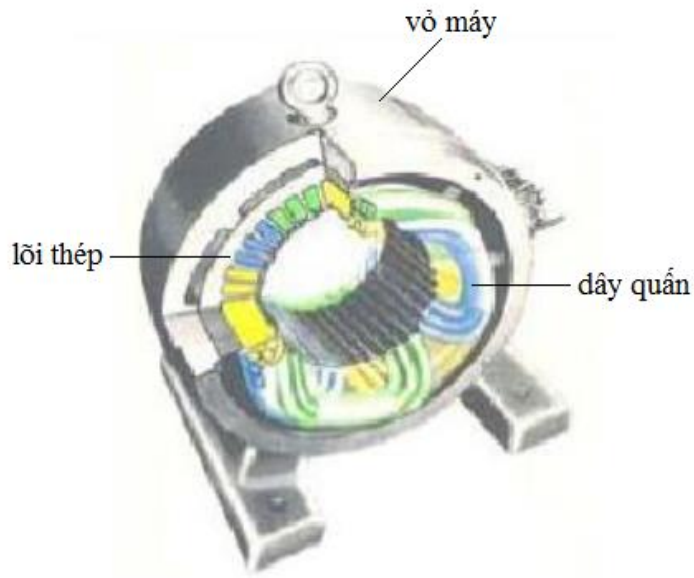
4.2.1. LÝ LUẬN CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

4.2.1.1. Kết cấu



Hình 4.1. Cấu tạo động cơ không đồng bộ.

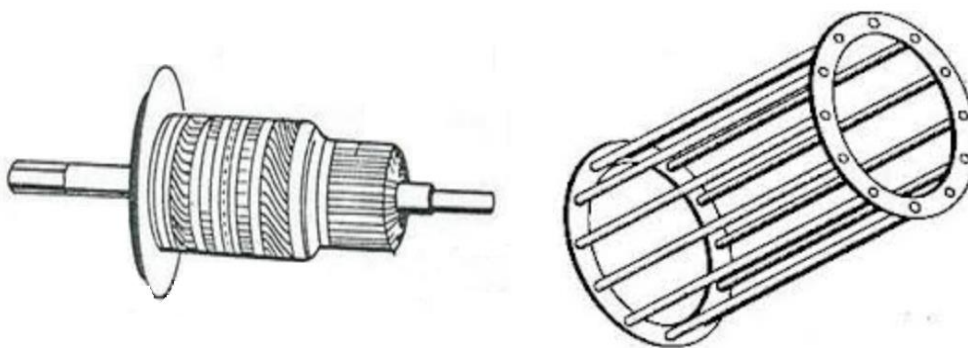
a. Phần tĩnh (Stato)



Hình 4.2. Stato máy điện không đồng bộ.

- Vỏ máy: để cố định lõi thép và dây quấn, không dùng làm mạch dẫn từ. Thường làm bằng gang hay thép tấm hàn lại.
- Lõi thép: là phần dẫn từ, được làm bằng những lá thép kỹ thuật điện dày $0,35 \div 0,5\text{mm}$ ép lại.
- Dây quấn: được đặt trong rãnh của lõi thép và được cách điện tốt với rãnh.

b. Phần quay (Roto)



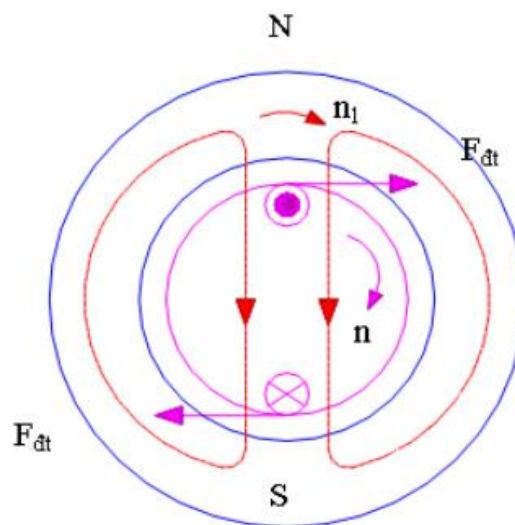
a) Roto dây quấn

b) Roto lồng sóc

Hình 4.3. Roto máy điện không đồng bộ.

- Lõi thép: dẫn từ, làm bằng những lá thép kỹ thuật điện, phía ngoài có xẻ rãnh.
- Dây quấn:
 - + Roto dây quấn: quấn giống stato.
 - + Roto lồng sóc: trong mỗi rãnh đặt vào thanh dẫn bằng đồng hoặc nhôm dài ra khỏi lõi thép và được nối tắt lại ở hai đầu bằng hai vành ngắn mạch.

4.2.1.2. Nguyên lý làm việc



Hình 4.4. Nguyên lý làm việc máy điện không đồng bộ.

Khi ta cho dòng điện ba pha tần số f_1 vào dây quấn stato sẽ tạo ra từ trường quay với tốc độ $n_1 = \frac{60f_1}{p}$. Từ trường quay cắt các thanh dẫn của dây quấn roto và cảm ứng nên sức điện động e_2 . Vì dây quấn roto nối kín mạch nên sức điện động cảm ứng sẽ sinh ra dòng điện i_2 trong các thanh dẫn roto.

Dòng điện i_2 trong từ trường chịu tác động của lực điện từ F và sinh ra moment quay M_{quay} làm roto quay với tốc độ n .

Hệ số trượt:

$$s\% = \frac{n_1 - n}{n_1} 100 \quad (4.1)$$

4.2.1.3. Các trị số định mức

- Công suất định mức mà động cơ điện tiêu thụ:

$$P_{1\text{đm}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\eta_{\text{đm}}} = \sqrt{3} U_{\text{đm}} I_{\text{đm}} \cos \varphi_{\text{đm}} \quad (4.2)$$

Với:

$P_{\text{đm}}$: công suất định mức ở đầu trục, [kW].

$\eta_{\text{đm}}$: hiệu suất định mức.

$U_{\text{đm}}$: điện áp dây định mức, [kV].

$I_{\text{đm}}$: dòng điện dây định mức, [A].

$\cos \varphi_{\text{đm}}$: hệ số công suất định mức.

- Moment quay định mức ở đầu trục:

$$M_{\text{đm}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\omega} \cdot \frac{1}{9,81} = 0,955 \frac{P_{\text{đm}}}{n_{\text{đm}}} \quad (4.3)$$

Với:

$n_{\text{đm}}$: tốc độ quay định mức [vg/ph].

$\omega = \frac{2\pi n_{\text{đm}}}{60}$: tốc độ quay [rad/s].

4.2.1.2. Sức điện động trong dây quấn máy điện không đồng bộ

a. Khi rôto đứng yên ($n=0$, $s=1$)

- Sức điện động pha dây quấn stato:

$$E_1 = 4,44 f_1 w_1 k_{dq1} \Phi \quad (4.4)$$

- Sức điện động pha dây quấn rôto:

$$E_2 = 4,44 f_2 w_2 k_{dq2} \Phi \quad (4.5)$$

Với: $f_1 = s \times f_2$

- Hệ số quy đổi dòng điện:

$$k_i = \frac{m_1 w_1 k_{dq1}}{m_2 w_2 k_{dq2}} \quad (4.6)$$

Với :

m_1, m_2 là số pha của dây quấn stato và rôto.

$w_2, w_1, k_{dq1}, k_{dq2}$ là số vòng dây nối tiếp trên một pha và hệ số dây quấn stato, rôto.

- Hệ số quy đổi điện áp:

$$k_e = \frac{w_1 k_{dq1}}{w_2 k_{dq2}} = \frac{E_1}{E_2} \quad (4.7)$$

- Hệ số quy đổi tổng trở:

$$k = k_i \times k_e \quad (4.8)$$

- Dòng điện quy đổi của rôto sang stato:

$$I_2' = \frac{I_2}{k_i} \quad (4.9)$$

- Sức điện động quy đổi của rôto sang stato:

$$E_2' = E_1 = k_e \times E_2 \quad (4.10)$$

- Điện trở và điện kháng quy đổi của rôto sang stato:

$$r_2' = k_e k_i r_2 = k r_2 \quad (4.11)$$

$$x_2' = k_e k_i x_2 = k x_2 \quad (4.12)$$

- Dòng điện rôto lúc đứng yên:

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{r_2^2 + x_2^2}} \quad (4.13)$$

b. Khi rôto quay ($n \neq 0, 0 < s < 1$)

- Sức điện động pha dây quấn stato:

$$E_1 = 4,44 f_1 w_1 k_{dq1} \phi \quad (4.14)$$

- Sức điện động pha dây quấn rôto:

$$E_{2s} = 4,44 f_{2s} w_2 k_{dq2} \phi = s E_2 \quad (4.15)$$

Với $f_{2s} = s \times f_2$; s là hệ số trượt.

- Dòng điện rôto lúc quay:

$$I_2 = \frac{E_{2s}}{\sqrt{r_2^2 + x_{2s}^2}} = \frac{sE_2}{\sqrt{r_2^2 + (s \times x_2)^2}} \quad (4.16)$$

c. Hệ số quy đổi của dây quấn rôto lồng sóc

- Hệ số quy đổi dòng điện:

$$k_i = \frac{m_1 w_1 k_{dq1}}{m_2 w_2 k_{dq2}} = \frac{2m_1 w_1 k_{dq1}}{Z_1} \quad (4.17)$$

- Hệ số quy đổi điện áp:

$$k_e = \frac{w_1 k_{dq1}}{w_2 k_{dq2}} = 2w_1 k_{dq1} \quad (4.18)$$

- Hệ số quy đổi tổng trở:

$$k = k_i \times k_e = \frac{4m_2}{Z_2} (w_1 k_{dq1})^2 \quad (4.19)$$

4.2.1.3. Sức từ động trong dây quấn máy điện không đồng bộ

$$F_1 = \frac{m_1 \sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{w_1 k_{dq1}}{p} I_1 \quad (4.20)$$

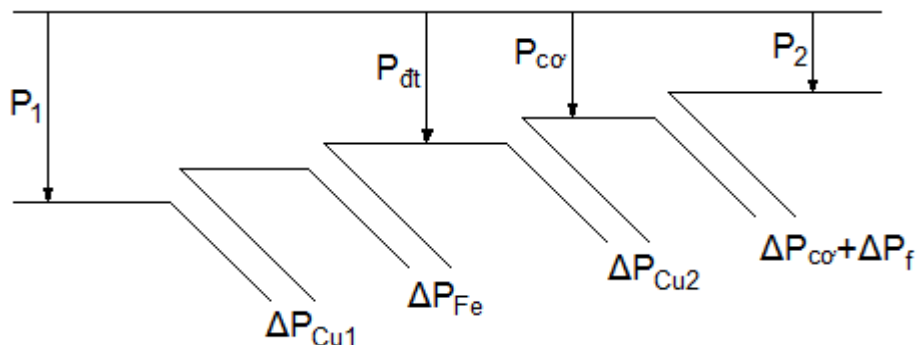
$$F_2 = \frac{m_2 \sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{w_2 k_{dq2}}{p} I_2 \quad (4.21)$$

Với p là số đôi cực từ.

4.2.2. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

4.2.2.1. Quá trình năng lượng trong máy điện không đồng bộ

a. Cấu trúc về năng lượng trong máy điện không đồng bộ



Hình 4.5. Giảm đồ năng lượng của máy điện không đồng bộ.

b. Các công thức cơ bản

❖ Máy làm việc ở chế độ động cơ điện ($0 < s < 1$)

- Công suất điện tiêu thụ của động cơ:

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 \quad (4.22)$$

- Công suất phản kháng từ lưới vào:

$$Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1 \quad (4.23)$$

- Tổn hao đồng của dây quấn stato:

$$\Delta P_{Cu1} = m_1 I_1^2 r_1 \quad (4.24)$$

- Tổn hao đồng trong rôto:

$$\Delta P_{Cu2} = m_1 I_1'^2 r_2' \quad (4.25)$$

- Tổn hao trong lõi sắt stato:

$$\Delta P_{Fe} = m_1 I_0^2 r_m \quad (4.26)$$

- Công suất điện từ:

$$P_{\dot{a}t} = P_1 - \Delta P_{Cu1} - \Delta P_{Fe} = m_1 I_2' \frac{r_2'}{s} \quad (4.27)$$

- Công suất cơ ở trục động cơ điện:

$$P_{c\sigma} = P_{\dot{a}t} - \Delta P_{Cu2} = m_1 I_2' \left(\frac{1-s}{s} \right) r_2' \quad (4.28)$$

Vậy:

$$P_{c\sigma} = \frac{\Delta P_{Cu2} (1-s)}{s} \quad (4.29)$$

$$P_{c\sigma} = (1-s) P_{\dot{a}t} \quad (4.30)$$

$$\Delta P_{Cu2} = s P_{\dot{a}t} \quad (4.31)$$

- Công suất đưa ra đầu trục động cơ điện:

$$P_2 = P_{c\sigma} - \Delta P_f \quad (4.32)$$

- Hiệu suất của động cơ điện:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (4.33)$$

❖ Máy làm việc ở chế độ máy phát ($-\infty < s < 0$)

- Công suất cơ:

$$P_{c\sigma} = P_1 - (\Delta P_{c\sigma} + \Delta P_f) \quad (4.34)$$

- Công suất điện từ:

$$P_{\text{đt}} = P_{c\sigma} - \Delta P_{Cu2} \quad (4.35)$$

- Công suất điện phát ra:

$$P_2 = P_{\text{đt}} - (\Delta P_{Cu1} + \Delta P_{Fe}) \quad (4.36)$$

- Hiệu suất của máy phát điện:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (4.37)$$

❖ Máy làm việc ở chế độ hãm ($1 < s < +\infty$)

$$\Delta P_{Cu2} = P_{\text{đt}} + (-P_{c\sigma}) = m_1 I_2'^2 r_2' \quad (4.38)$$

4.2.2.2. Moment điện từ

$$M_{\text{đt}} = \frac{P_0}{\omega} + \frac{P_2}{\omega} = \frac{P_{c\sigma}}{\omega} = 9,55 \frac{P_{c\sigma}}{n} \quad (4.39)$$

$$P_{c\sigma} = \frac{n}{n_1} P_{\text{đt}} = (1 - s) P_{\text{đt}} \quad (4.40)$$

- Biểu thức moment theo quan hệ I_2 và ϕ :

$$M_{\text{đt}} = \frac{\sqrt{2}}{2} m_2 p w_2 k_{dq2} \phi I_2 \cos \varphi_2 \quad (4.41)$$

- Biểu thức moment theo hệ số trượt s:

$$M_{\text{đt}} = \frac{p m_1 U_1^2 R_2' / s}{2\pi f_1 \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]} \quad (4.42)$$

- Moment cực đại M_{max} :

$$M_{max} = \frac{\pm pm_1 U_1^2}{4\pi f_1 [\pm R_1 + X_n]} \approx \frac{\pm pm_1 U_1^2}{4\pi f_1 \sigma_1 [\pm r_1 + (x_1 + \sigma_1 x_2')]} \quad (4.43)$$

Dấu “+” tương ứng với trường hợp động cơ.

Dấu “-” tương ứng với trường hợp máy phát.

- Moment mở máy M_{nm} :

$$M_{nm} = \frac{pm_1 U_1^2 R_2'}{2\pi f_1 [(\sigma_1 r_1 + \sigma_1^2 r_2')^2 + (\sigma_1 x_1' + \sigma_1^2 x_2')^2]} \quad (4.44)$$

- Biểu thức KLOSS:

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}} \quad (4.45)$$

Với: s_m là hệ số trượt max.

$$s_m = s_{đm} \left(k_m + \sqrt{k_m^2 - 1} \right) \quad (4.46)$$

- Hệ số năng lực quá tải:

$$k_m = \frac{M_{max}}{M_{đm}} \quad (4.47)$$

- Điều kiện làm việc ổn định:

$$\frac{dM_D}{ds} > \frac{dM_C}{ds} \quad \left(\text{hay } \frac{dM_D}{dn} < \frac{dM_C}{dn} \right) \quad (4.48)$$

- Điều kiện làm việc không ổn định:

$$\frac{dM_D}{ds} < \frac{dM_C}{ds} \quad \left(\text{hay } \frac{dM_D}{dn} > \frac{dM_C}{dn} \right) \quad (4.49)$$

4.2.2.3. Mở máy động cơ điện không đồng bộ

a. Mở máy trực tiếp

$$I_{nm} = \frac{U_{đm}}{\sqrt{R_n^2 + x_n^2}} = \frac{U_{đm}}{Z_n} \quad (4.50)$$

$$M_{nm} = \frac{m_1 I_{nm}^2 r_2'}{\omega_1} \quad (4.51)$$

b. Mở máy dùng cuộn kháng bão hòa trong mạch stato

$$I_{nmK} = \frac{U_{đm}}{\sqrt{R_n^2 + (x_n + x_K)^2}} \quad (4.52)$$

Với x_K là điện kháng của cuộn kháng.

$$M_{nm} = \frac{m_1 I_{nmK}^2 r_2'}{\omega_1} \quad (4.53)$$

c. Mở máy dùng biến áp tự ngẫu

$$I_{nmBA} = \frac{I_{nm}}{k_T} \quad (4.54)$$

$$M_{nmBA} = \frac{M_{nm}}{k_T^2} \quad (4.55)$$

Với k_T là tỉ số biến áp ($k_T < 1$).

d. Mở máy bằng phương pháp đổi nối Y – Δ

$$I_{nmY-\Delta} = \frac{1}{3} I_{nm} \quad (4.56)$$

$$M_{nmY-\Delta} = \frac{1}{3} M_{nm} \quad (4.57)$$

e. Thêm R_f vào rôto dây quấn

- Chỉ áp dụng với động cơ không đồng bộ rôto dây quấn.
- Để M_{nmmax} cần chọn $R_f = \sqrt{R_n^2 + x_n^2} - R_2$.

4.2.2.4. Điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ

a. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi số đôi cực

❖ Trường hợp thay đổi tốc độ ($M = \text{const}$)

- Công suất cơ trên trục động cơ khi vận hành tại tốc độ cao:

$$P_c = 2\sqrt{3}(U_d I) \eta_c \cos \varphi_c$$

- Công suất cơ trên trục động cơ khi vận hành tại tốc độ thấp:

$$P_{th} = 3(U_d I) \eta_{th} \cos \varphi_{th}$$

Vậy :

$$\frac{P_{th}}{P_c} = 0,866 \left(\frac{\eta_{th} \cos \varphi_{th}}{\eta_c \cos \varphi_c} \right) \quad (4.58)$$

- Moment động cơ ở tốc độ cao:

$$M_c = \frac{P_c}{2\pi n_c}$$

- Moment động cơ ở tốc độ thấp:

$$M_{th} = \frac{P_{th}}{2\pi n_{th}}$$

Với $n_c = 2n_{th}$.

Vậy:

$$\frac{M_{th}}{M_c} = \sqrt{3} \left(\frac{\eta_{th} \cos \varphi_{th}}{\eta_c \cos \varphi_c} \right) \quad (4.59)$$

$$\Rightarrow \frac{P_{th}}{P_c} \approx 0,6 \quad (4.60)$$

$$\Rightarrow \frac{M_{th}}{M_c} \approx 1,2 \quad (4.61)$$

❖ Trường hợp thay đổi tốc độ ($P = \text{const}$)

- Công suất cơ trên trục động cơ khi vận hành tại tốc độ cao:

$$P_c = 3(U_d I) \eta_c \cos \varphi_c$$

- Công suất cơ trên trục động cơ khi vận hành tại tốc độ thấp:

$$P_{th} = 2\sqrt{3}(U_d I) \eta_{th} \cos \varphi_{th}$$

Vậy:

$$\frac{P_{th}}{P_c} = 1,15 \left(\frac{\eta_{th} \cos \varphi_{th}}{\eta_c \cos \varphi_c} \right) \quad (4.62)$$

- Moment động cơ ở tốc độ cao:

$$M_c = \frac{P_c}{2\pi n_c}$$

- Moment động cơ ở tốc độ thấp:

$$M_{th} = \frac{P_{th}}{2\pi n_{th}}$$

Với $n_c = 2n_{th}$.

Vậy:

$$\frac{M_{th}}{M_c} = 2,3 \left(\frac{\eta_{th} \cos \varphi_{th}}{\eta_c \cos \varphi_c} \right) \quad (4.63)$$

$$\Rightarrow \frac{P_{th}}{P_c} \approx 0,8 \quad (4.64)$$

$$\Rightarrow \frac{M_{th}}{M_c} \approx 1,6 \quad (4.65)$$

❖ Trường hợp thay đổi tốc độ, moment và công suất thay đổi

- Công suất cơ trên trục động cơ khi vận hành tại tốc độ cao:

$$P_c = 2\sqrt{3}(U_d I) \eta_c \cos \varphi_c$$

- Công suất cơ trên trục động cơ khi vận hành tại tốc độ thấp:

$$P_{th} = \sqrt{3}(U_d I) \eta_{th} \cos \varphi_{th}$$

Vậy:

$$\frac{P_{th}}{P_c} = 0,5 \left(\frac{\eta_{th} \cos \varphi_{th}}{\eta_c \cos \varphi_c} \right) \quad (4.66)$$

Suy ra:

$$\frac{M_{th}}{M_c} = \left(\frac{\eta_{th} \cos \varphi_{th}}{\eta_c \cos \varphi_c} \right) \quad (4.67)$$

$$\Rightarrow \frac{P_{th}}{P_c} \approx 0,35 \quad (4.68)$$

$$\Rightarrow \frac{M_{th}}{M_c} \approx 0,7 \quad (4.69)$$

b. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tần số

$$\frac{U'_1}{U_1} = \frac{f'_1}{f_1} \sqrt{\frac{M'}{M}} \quad (4.70)$$

Với:

U_1, M là điện áp, moment lúc tần số f_1 .

U'_1, M' là điện áp, moment lúc tần số f'_1 .

- Khi yêu cầu moment không đổi (như trong máy cắt gọt kim loại):

$$\frac{U'_1}{U_1} = \frac{f'_1}{f_1} \quad (4.71)$$

- Khi yêu cầu đảm bảo công suất cơ $P_{cơ}$ không thay đổi (như trong máy điện):

$$\frac{M'}{M} = \frac{f_1}{f'_1}$$
$$\Rightarrow \frac{U'_1}{U_1} = \sqrt{\frac{f'_1}{f_1}} \quad (4.72)$$

- Khi yêu cầu moment tỷ lệ với bình phương của tốc độ (trong quạt gió):

$$\frac{U'_1}{U_1} = \left(\frac{f'_1}{f_1}\right)^2 \quad (4.73)$$

c. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp

Nếu điện áp U_1 giảm x lần ($x < 1$) thì:

$$n = n_1 \left(1 - \frac{s}{x^2}\right) \quad (4.74)$$

d. Điều chỉnh tốc độ bằng cách thêm điện trở phụ vào mạch rôto

- Chỉ dùng cho động cơ không đồng bộ rôto dây quấn.
- Khuyết điểm: làm cho hiệu suất động cơ η giảm.

$$\frac{R_2}{s} = \frac{R_2 + R_f}{s'} \quad (4.75)$$

Với R_f là điện trở phụ.

4.2.2.5. Máy điện không đồng bộ đặc biệt

a. Máy điện không đồng bộ một pha

- Tần số của sức điện động, dòng điện cảm ứng ở rôto do từ trường quay thuận Φ_A sinh ra:

$$f_{2A} = \frac{p(n_1 - n)}{60} = sf_1 \quad (4.76)$$

- Tần số của sức điện động, dòng điện cảm ứng ở rôto do từ trường quay nghịch Φ_B sinh ra:

$$f_{2B} = \frac{p(n_1 + n)}{60} = (2 - s)f_1 \quad (4.77)$$

- Phương trình cân bằng về sức điện động ở mạch rôto:

$$\begin{cases} \dot{E}'_{2A} = \dot{I}'_{2A} \left(\frac{r'_2}{s} + jx'_2 \right) = \dot{E}_{1A} \\ \dot{E}'_{2B} = \dot{I}'_{2B} \left(\frac{r'_2}{2-s} + jx'_2 \right) = \dot{E}_{1B} \end{cases} \quad (4.78)$$

- Phương trình cân bằng về sức từ động ở mạch rôto:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \dot{I}_{OA} + (-\dot{I}'_{2A}) \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_{OB} + (-\dot{I}'_{2B}) \end{cases} \quad (4.79)$$

- Moment của động cơ điện không đồng bộ một pha:

$$M = M_A + (-M_B) \quad (4.80)$$

Trong đó:

$$M_A = \frac{1}{\omega} I'^2_{2A} \frac{r'_2}{s}$$

$$M_B = \frac{1}{\omega} I'^2_{2B} \frac{r'_2}{2-s}$$

b. Máy điều chỉnh cảm ứng

- ❖ Máy điều chỉnh cảm ứng đơn

$$U_2 = U_1 \sqrt{1 + \frac{1}{k_{12}^2} - \frac{2}{k_{12}} \cos \alpha} \quad (4.81)$$

Khi $\alpha = 0$ thì $U_{2min} = U_1 \left(1 - \frac{1}{k_{12}} \right)$.

Khi $\alpha = 180^\circ$ thì $U_{2max} = U_1 \left(1 + \frac{1}{k_{12}} \right)$.

- ❖ Máy điều chỉnh cảm ứng kép

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 \left[1 - \frac{1}{k_{12}} (e^{j\alpha} + e^{-j\alpha}) \right] \quad (4.82)$$

Khi $\alpha = 0$ thì $U_{2min} = U_1 \left(1 - \frac{2}{k_{12}} \right)$.

Khi $\alpha = 180^\circ$ thì $U_{2max} = U_1 \left(1 + \frac{2}{k_{12}} \right)$.

c. Động cơ chấp hành không đồng bộ

Động cơ chấp hành không đồng bộ cũng như các loại động cơ chấp hành khác thường đòi hỏi những yêu cầu sau:

- Không có quán tính, nghĩa là phải quay hoặc dừng tức khắc khi có hoặc mất tín hiệu điều khiển mà không nhờ một cơ cấu hãm.
- Moment mở máy lớn.
- Đặc tính cơ tuyến tính.
- Phạm vi điều chỉnh tốc độ rộng.
- Công suất điều khiển nhỏ.

d. Máy điện không đồng bộ làm việc trong hệ tự đồng bộ (Selsyl)

❖ Hệ tự đồng bộ 3 pha (Selsyl 3 pha)

Dòng điện xuất hiện trong mạch rôto:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_{2F} - \dot{E}_{2T} \cdot e^{\pm j\theta}}{\dot{Z}_{2F} - \dot{Z}_{2T}} \quad (4.83)$$

(+) khi rôto F quay cùng chiều với Φ_F (E_{2T} vượt trước E_{2F}).

(-) khi rôto F quay ngược chiều với Φ_F .

Với :

$\dot{E}_{2F}, \dot{E}_{2T}$ là s.đ.đ của máy phát tín hiệu và máy thu tín hiệu.

$\dot{Z}_{2F}, \dot{Z}_{2T}$ là tổng trở rôto của máy phát và máy thu.

❖ Hệ tự đồng bộ 1 pha (Selsyl 1 pha)

- Moment do 2 từ trường quay sinh ra trên mỗi máy cùng chiều nên trị số của chúng là tổng của 2 moment của từng phân lượng từ trường làm trục quay.
- Nếu quay rôto máy phát một góc θ thì rôto máy thu cũng quay đi một góc θ .

- Thường đặt dây quấn 1 pha trên rôto còn dây quấn thứ cấp 3 pha lắp trên stato.
- Để có đặc tính moment tốt, dây quấn 1 pha thường đặt trên cực lồi.

4.3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG

4.3.1. BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI.

Bài 1: Động cơ không đồng bộ ba pha roto dây quấn có công suất định mức 17,5 kW, dòng điện định mức 21 A điện áp định mức 380 V số cực $2p = 4$ dây quấn stator đấu Δ , tốc độ quay định mức 1470 vg/ph cho biết tỉ số $M_{\max}/M_{\min} = 1.5$, $M_{\text{mở máy(mm)}/M_{\text{đm}} = 1.2$.

- Tính mômen mở máy của động cơ.
- Tính tốc độ của động cơ khi mômen tải đạt cực đại.

GIẢI:

- Tính Moment mở máy của động cơ:

Từ (4.39) ta có:

$$M_{\text{đt}} = 9,55 \times \frac{17,5 \times 10^3}{1470} = 113,6 \text{ [Nm]}$$

Mà theo công thức (4.48) thì: $K_m = 1,2$

$$\text{Vậy: } M_{\text{mm}} = 1,2 \times 113,6 = 136,3 \text{ [Nm]}$$

- Tính tốc độ của động cơ khi Moment tải đạt cực đại.

Tốc độ của từ trường quay:

$$n_1 = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ [vg/ph]}$$

Từ công thức hệ số trượt ta suy ra:

$$n_{\text{đm}} = (1 - s_{\text{đm}}) \times n_1$$

Vậy hệ số trượt định mức là:

$$s_{\text{đm}} = 1 - \frac{n_{\text{đm}}}{n_1} = 1 - \frac{1470}{1500} = 0,02$$

Từ công thức (4.49):

$$s_m = 0,02 \times \left(1,5 + \sqrt{1,5^2 - 1} \right) = 0,05$$

Từ (4.15) ta có tốc độ động cơ khi Moment tải đạt cực đại là:

$$n_m = n_1 - (s_m \times n_1) = 1500 - (0,05 \times 1500) = 1425 \text{ [vg/ph]}$$

Bài 2: Động cơ không đồng bộ ba pha roto dây quấn đấu Y/ Δ 380/220V, $R_1 = 0$, $R_2' = 0,25\Omega$, $X_1 = 0,96\Omega$, $X_2' = 0,94\Omega$, $f = 50\text{Hz}$, $s_{dm} = 0,02$, động cơ đấu $U_{dây} = 380\text{V}$.

Tính tốc độ định mức của động cơ, dòng điện định mức động cơ và vẽ mạch điện thay thế của động cơ.

GIẢI:

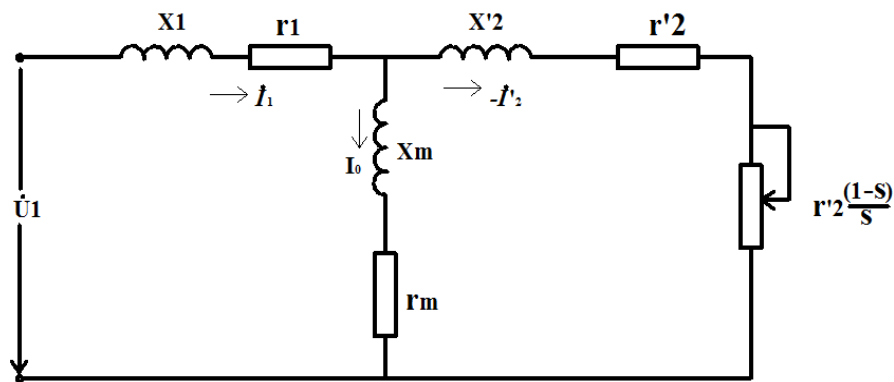
Ta có: $n_1 = 1500 \text{ [vg/ph]}$.

Vậy tốc độ định mức động cơ là:

$$n_{dm} = (1 - 0,02) \times 1500 = 1470 \text{ [vg/ph]}$$

Dòng điện định mức:

$$I = \frac{U_{dm}}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}} = 30,05 \text{ [A]}$$



Hình 4.6. Sơ đồ mạch điện thay thế.

Bài 3: Cho động cơ điện không đồng bộ ba pha roto lồng sóc có điện áp

$U = 380/220\text{V}$, đấu Y/ Δ , tần số $f_1 = 50\text{Hz}$ và các thông số kỹ thuật cho dưới đây:

$$P_{dm} = 30\text{KW}$$

$$\cos \varphi = 0,89$$

$$S = 0,081$$

$$\text{Hiệu suất } \eta = 91\%$$

$$I_{\text{mở máy}}/I_{\text{dm}} = 7$$

$$R_1 = R'_2 = 23,16 \Omega$$

$$\text{Tỉ số } M_{\text{max}} = 5,8 \text{ [Nm]}$$

$$\text{Tỉ số } M_{\text{mở máy}}/M_{\text{dm}} = 1,4$$

$$\text{Số đôi cực là } 2p = 4$$

$$X_1 = X'_2 = 67,72 \Omega$$

Yêu cầu:

1. Xác định tốc độ quay của rôto. Tìm tần số f_2 của dòng điện sinh ra trên rôto khi động cơ làm việc ở chế độ định mức.
2. Dùng Matlab xây dựng các họ đặc tính sau:
 - a. Viết biểu thức của đặc tính cơ $M = f(s)$. Vẽ đồ thị đặc tính cơ khi ứng với các chế độ động cơ, chế độ hãm, chế độ máy phát.
 - b. Đặc tính cơ $M = f(s)$ theo biểu thức Kloss.
 - c. Đặc tính $M=f(s)$ ứng với các giá trị điện áp $U_1 = 70, 80, 90$ phần trăm của U_{dm} .

GIẢI:

1. Xác định vận tốc của rôto, tìm tần số của dòng điện Roto khi động cơ làm việc ở chế độ định mức

$$\text{Vận tốc của từ trường quay : } n_1 = 1500 \text{ [vg/ph]}$$

Từ biểu thức của hệ số trượt suy ra:

$$n = n_1 \times \left(1 - \frac{s}{100}\right) = 1500 \times \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 1470 \text{ [vg/ph]}$$

Tần số của dòng điện trên rôto theo (4.4):

$$f_2 = s \times f_1 = 0,02 \times 50 = 1 \text{ [Hz]}$$

2. Dùng Matlab xây dựng các họ đặc tính

- a. Đặc tính cơ $M = f(s)$ và vẽ đồ thị đặc tính cơ tương ứng với ba trường hợp

Xác lập biểu thức đặc tính cơ của động cơ:

Từ công thức (4.41) ta có:

$$M = \frac{3 \times 220^2 \times 2 \times 23,16/s}{2\pi \times 50 \times [(23,16 + 23,16/s)^2 + (67,72 + 67,72)^2]} \quad (C = 1)$$

Vậy:

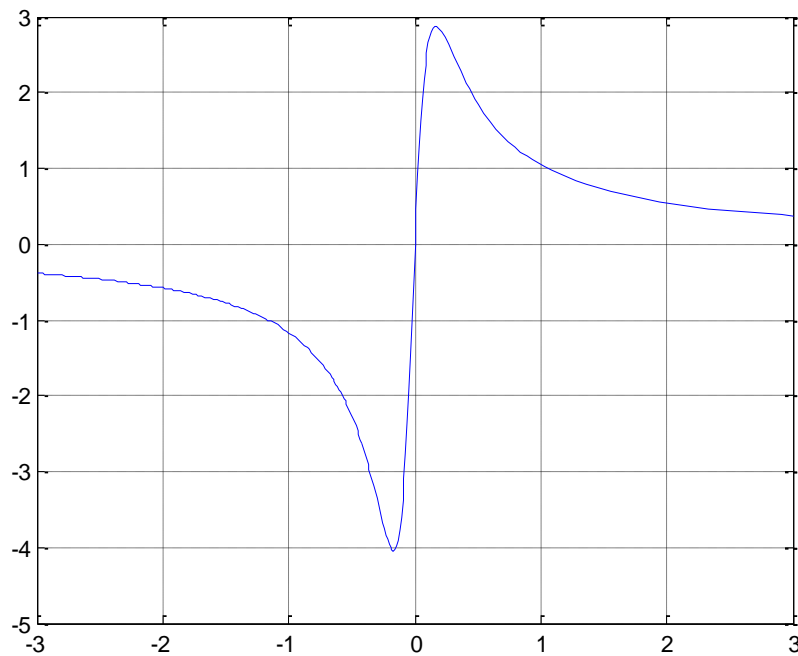
$$M = \frac{21408/s}{536,38(1 + 1/s)^2 + 18344}$$

Vẽ đồ thị bằng Matlap:

Code: `M='(21408/s)/(536.38*(1+1/s)^2+18344)'`

`Fplot(M,[-3,3])`

`Grid on`



Hình 4.7. Đồ thị đặc tính cơ.

Ta có đồ thị đặc tính cơ theo lý thuyết, vì hệ số trượt từ $[-3;3]$ nên máy điện hoạt động ở ba chế độ hãm, máy phát và động cơ.

b. Từ công thức (4.45) và theo bài ta có:

$$\frac{1}{2} = \frac{2}{\frac{0,081}{s_m} + \frac{s_m}{0,081}}$$

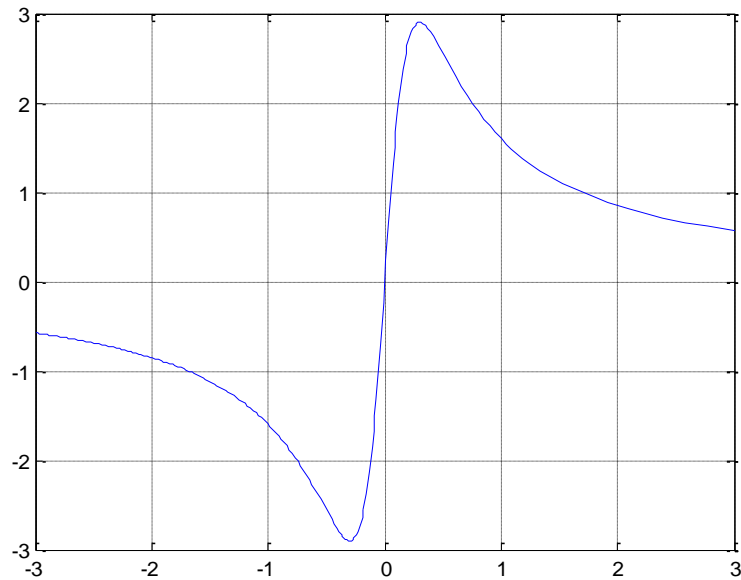
Giải phương trình ta được $s_m=0,3$ thay vào biểu thức (4.45) ta có:

$$M = \frac{1,74 \times s}{s^2 + 0,09}$$

Vẽ đồ thị bằng Matlap:

Code: $M = (2.74 * s) / (s^2 + 0.09)$

Fplot(M, [-3, 3])



Hình 4.8. Đặc tính cơ $M = f(s)$ theo biểu thức Kloss.

Ta thấy đặc tính có những giá trị phù hợp với đặc tính thu được ở câu trên, giá trị $M_{\max} = 2,9$ và $M_{\text{đm}} = 1,5$ (với $s_{\text{đm}} = 0,081$), $M_{\text{mm}} = 1,94$ (ứng với $s = 1$). Như vậy ta có tỉ số $\frac{M_{\text{mm}}}{M_{\text{đm}}} = \frac{1,94}{1,5} = 1,3$ gần với 1,4 hơn.

c. Xây dựng họ đặc tính $M = f(s)$ ứng với các giá trị điện áp $U_1 = 70, 80, 90$ phần trăm của $U_{\text{đm}}$.

Ứng với giá trị $U = U_{\text{đm}}$ thay vào công thức (4.42) ta có:

$$M = \frac{21408/s}{536,38(1 + 1/s)^2 + 18344}$$

Ứng với 70% ta có:

$$M = \frac{10490/s}{536,38(1 + 1/s)^2 + 18344}$$

Ứng với giá trị 80% ta có:

$$M = \frac{13701/s}{536,38(1 + 1/s)^2 + 18344}$$

Ứng với giá trị 90% ta có:

$$M = \frac{17340/s}{536,38(1 + 1/s)^2 + 18344}$$

Dùng Maplap dựng ba đồ thị trên cùng một tọa độ ta có:

Code: `M1='(10490/s)/(536.38*(1+1/s)^2+18344)'`

`M2='(13701/s)/(536.38*(1+1/s)^2+18344)'`

`M3='(17340/s)/(536.38*(1+1/s)^2+18344)'`

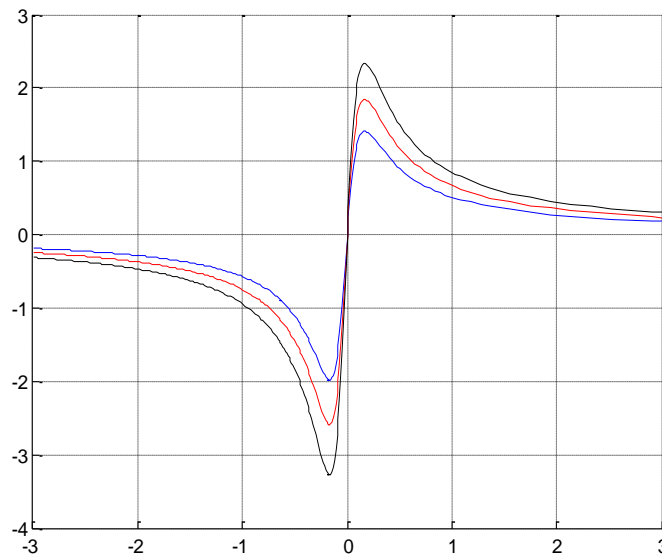
`hold on`

`fplot(M1,[-3,3])`

`fplot(M2,[-3,3],'r')`

`fplot(M3,[-3,3],'k')`

`grid on`



Hình 4.9. Đồ thị đặc tính $M=f(s)$

Bài 4: Một động cơ điện không đồng bộ ba pha roto lồng sóc có các thông số: $P_{dm} = 11,9kW$, $U_{dm} = 220V$, $I_{dm} = 25A$, $f = 50Hz$, $2p = 6$, $\Delta P_{cu2} = 480W$, $\Delta P_{Fe} = 235W$, $P_{co} = 180W$, $\Delta P_{phụ} = 60W$, $\cos\varphi = 0,82$.

- Tính công suất điện từ và Moment điện từ.
- Tính tốc độ quay của động cơ.
- Tính tổng các tổn hao công suất biết $I_1 = 41 \text{ A}$.

GIẢI:

- Tính công suất điện từ và Moment điện từ

Từ giản đồ công suất hình 4.5 ta có thể suy ra:

Công suất điện từ:

$$P_{\text{đt}} = P_2 + \Delta P_f + \Delta P_{c\sigma} + \Delta P_{cu2} = 12,62 \text{ [kW]}$$

Moment điện từ:

$$M_{\text{đt}} = \frac{P_{\text{đt}}}{\omega} = \frac{12620}{\frac{2\pi \times 1000}{60}} = 120 \text{ [Nm]}$$

- Tính tốc độ quay của động cơ

Hệ số trượt tính theo công thức (4.31):

$$s = \frac{480}{12620} = 0,038$$

Tốc độ quay của động cơ:

$$n = (1 - s) \times n_1 = 1000 \times (1 - 0,038) = 962 \text{ [vg/ph]}$$

- Tính tổng các tổn hao công suất

Công suất điện động cơ tiêu thụ:

$$P_1 = \sqrt{3} \times U_1 \times I_1 \times \cos\varphi = \sqrt{3} \times 220 \times 41 \times 0,81 = 12810 \text{ [W]}$$

Tổng các tổn hao công suất:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 12810 - 11900 = 910 \text{ [W]}$$

Bài 5: Cho động cơ điện không đồng bộ ba pha roto dây quấn có điện áp 380/220V, đấu Y/ Δ , tần số $f = 50 \text{ Hz}$ và các thông số kỹ thuật cho dưới đây:

$$R_1 = 0,46 \Omega$$

$$X_1 = 2,24 \Omega$$

$$R_2 = 0,02 \Omega$$

$$X_2 = 0,08$$

$$K_{dq1} = 0,932$$

$$K_{dq2} = 0,955$$

$$W_1 = 192 \text{ vòng}$$

$$W_2 = 36 \text{ vòng}$$

$$\text{số pha: } m_1 = m_2 = 3$$

- Tính hệ số quy đổi sức điện động và hệ số quy đổi dòng điện.

b. Tính dòng điện I_{mm} điện trở mở máy vào mạch để moment mở máy cực đại.

GIẢI:

a. Hệ số quy đổi sức điện động và hệ số quy đổi dòng điện tính theo biểu thức (4.6) và (4.7):

$$k_i = \frac{192 \times 0,932}{36 \times 0,955} = 5,2$$

$$k_e = \frac{192 \times 0,932}{36 \times 0,955} = 5,2$$

Vậy hệ số quy đổi toàn mạch là:

$$k = k_i \times k_e = 5,2 \times 5,2 = 27,04$$

b. Tính dòng điện I_{mm} và điện trở mở máy vào mạch để moment mở máy cực đại.

Điện trở roto quy đổi về stator:

$$R_2' = k \times R_2 = 27,04 \times 0,02 = 0,54 \text{ } [\Omega]$$

Điện trở kháng roto quy đổi về stator:

$$X_2' = k \times X_2 = 27,04 \times 0,08 = 2,163 \text{ } [\Omega]$$

Dòng điện mở máy trực tiếp là:

$$I = \sqrt{3} \frac{U_{pha}}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}} = 84,4 \text{ } [A]$$

Để Moment mở máy đạt cực đại thì hệ số trượt:

$$s_m = \frac{R_2' + R_p}{X_2' + X_1} = 1$$

Suy ra điện trở mở máy vào mạch để moment mở máy cực đại:

$$R_p = (X_2' + X_1) - R_2' = (2,163 + 2,24) - 0,54 = 3,86 \text{ } [\Omega]$$

Bài 6: Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha Roto lồng sóc có $P_{dm} = 14\text{kW}$, tốc độ $n_{dm} = 1450\text{vg/ph}$, $p = 2$, $\eta = 0,885$, $\cos \varphi = 0,8$, $Y/\Delta = 380/220\text{V}$, tỷ số dòng điện

mở máy $\frac{I_{mm}}{I_{dm}} = 5,5$; momen mở máy $\frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 1,3$ và $\frac{M_{max}}{M_{dm}} = 2$. Điện áp mạng điện

$U = 380 \text{ V}$.

- Tính công suất tác dụng và phản kháng của động cơ tiêu thụ ở chế độ định mức.
- Tính dòng điện, hệ số trượt và momen định mức.
- Tính dòng điện mở máy, momen mở máy, momen cực đại.

GIẢI:

a. Công suất tác dụng:

$$P_1 = \frac{P_{\text{đm}}}{\eta} = \frac{14}{0,885} = 15,82 \text{ [kW]}$$

Công suất phản kháng của động cơ tiêu thụ:

$$Q_1 = P_1 \times \tan \varphi = 15,82 \times 0,75 = 11,86 \text{ [kW]}$$

b. Dòng điện định mức:

$$I_{\text{đm}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\sqrt{3} \times U_{\text{đm}} \times \cos \varphi_{\text{đm}} \times \eta} = 30,04 \text{ [A]}$$

Hệ số trượt định mức:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1500 - 1450}{1500} = 0,03$$

Momen định mức:

$$M_{\text{đm}} = \frac{P_{\text{đm}}}{\omega_{\text{đm}}} = \frac{14 \times 10^3}{\frac{2\pi \times 1450}{60}} = 92,2 \text{ [Nm]}$$

c. Momen mở máy:

$$M_{\text{mm}} = 1,3M_{\text{đm}} = 1,3 \times 92,2 = 119,86 \text{ [Nm]}$$

Momen cực đại:

$$M_{\text{max}} = 2M_{\text{đm}} = 2 \times 92,2 = 184,4 \text{ [Nm]}$$

Dòng điện mở máy:

$$I_{\text{mm}} = 5,5I_{\text{đm}} = 5,5 \times 30,04 = 165,2 \text{ [A]}$$

Bài 7: Một động cơ điện không đồng bộ ba pha roto dây quấn có số đôi cực $p = 2$; hệ số quy đổi suất điện động và dòng điện $k_e = k_i = 2$. Điện trở và điện kháng pha roto lúc đứng yên $R_2 = 0,2\Omega$, $X_2 = 3,6\Omega$, $Y/\Delta = 380/220V$, $f = 50Hz$. Động cơ đấu vào dưới có $U_d = 380V$. Xác định cách đấu dây động cơ. Cho rằng suất điện động pha stato bằng tổn hao Cu trong dây quấn roto, tổn hao $\Delta P_{Fe} = 145W$, tổn hao ma sát và phụ $\Delta P_f = 145W$, $s = 0,05$. Tính dòng điện roto, công suất cơ hữu ích P_2 , η của động cơ điện.

GIẢI:

Với $U_d = 380V$ và động cơ đấu hình Y ta có:

$$E_{1\text{ pha}} = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220 \text{ [V]}$$

Suất điện động pha roto lúc đứng yên:

$$E_2 = \frac{E_{1\text{ pha}}}{k_e} = \frac{220}{2} = 110 \text{ [V]}$$

Dòng điện pha roto lúc quay:

$$I_2 = \frac{s \times E_2}{\sqrt{R_2^2 + (s \times X_2)^2}} = \frac{0,05 \times 110}{\sqrt{0,2^2 + (0,05 \times 3,6)^2}} = 20,4 \text{ [A]}$$

Dòng điện pha stato:

$$I_1 = \frac{I_2}{k_i} = \frac{20,4}{2} = 10,2 \text{ [A]}$$

Công suất điện từ:

$$P_{\text{đt}} = \frac{3 \times R_2 \times I_2^2}{s} = \frac{3 \times 0,2 \times (20,4)^2}{0,05} = 4994 \text{ [W]}$$

Tổn hao Cu ở stato và roto là:

$$\Delta P_{Cu_1} = \Delta P_{Cu_2} = 3 \times R_2 \times I_2^2 = 3 \times 0,2 \times (20,4)^2 = 249,6 \text{ [W]}$$

Công suất cơ (toàn bộ):

$$P_{cơ} = P_{\text{đt}} - \Delta P_{Cu_2} = 4994 - 249,6 = 4744,4 \text{ [W]}$$

Công suất hữu ích:

$$P_2 = P_{cơ} - \Delta P_f = 4744,4 - 145 = 4599,4 [W]$$

Công suất điện cung cấp cho động cơ:

$$P_1 = P_2 + \Delta P_f + \Delta P_{Cu_2} + \Delta P_{Fe} + \Delta P_{Cu_1} = 5388,6 [W]$$

Hiệu suất:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{4599,4}{5388,6} = 0,85$$

Bài 8. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha roto dây quấn $R_2 = 0,0278 \Omega$, $2p = 6$, tần số 50Hz tốc độ định mức $n_{đm} = 970$ vg/ph, hiệu suất định mức $\eta_{đm} = 0,885$. Tính điện trở phụ mắc vào mạch roto để tốc độ động cơ là 700vg/ph. Cho biết momen cản của tải không phụ thuộc tốc độ.

GIẢI:

Momen cản không đổi dẫn đến momen điện từ không đổi do đó $\frac{R_2'}{s}$ là một giá trị không đổi hoặc $\frac{R_2}{s}$ là một giá trị không đổi.

Hệ số trượt định mức:

$$s_{đm} = \frac{1000 - 970}{1000} = 0,03$$

Khi $n = 700$ vg/ph:

$$s = \frac{1000 - 700}{1000} = 0,3$$

Vậy:

$$\frac{R_2}{s_{đm}} = \frac{R_2 + R_f}{s} \rightarrow R_f = 0,258 [\Omega]$$

Vì $\frac{R_2'}{s}$ không đổi nên I_1 , P_1 sẽ không đổi. Vì momen không đổi nên công suất đầu ra

$P_2 = \omega_2 \times M_2$ tỷ lệ thuận với tốc độ.

$$\frac{\eta}{\eta_{đm}} = \frac{n}{n_{đm}} = \frac{700}{970} = 0,722$$

Ta thấy nếu tốc độ càng tăng thì hiệu suất càng giảm ứng với $n = 700\text{vg/ph}$ ta có hiệu suất động cơ là :

$$\eta = 0,722 \times 0,885 = 0,639$$

Bài 9: Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha dây quấn Stato nối hình Δ , điện áp dưới 220V; 50Hz. Số liệu động cơ: $p = 2$; $I_1 = 21\text{A}$; $\cos \varphi_1 = 0,82$; $\eta = 0,837$; $s = 0,053$. Tính tốc độ động cơ, công suất điện động cơ tiêu thụ P_2 , tổng các tổn hao, công suất hữu ích P_2 , moment quay động cơ.

GIẢI:

Tốc độ góc của động cơ:

$$\omega = \omega_1 \times (1 - s) = \frac{2\pi 50}{2} \times (1 - 0,053) = 148,7 \text{ [rad/s]}$$

Tốc độ động cơ:

$$n = \frac{60 \times f}{p} \times (1 - s) = \frac{60 \times 50}{2} \times (1 - 0,053) = 1420 \text{ [vg/ph]}$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ:

$$P_1 = \sqrt{3} \times U_1 \times I_1 \times \cos \varphi = \sqrt{3} \times 220 \times 21 \times 0,82 = 6561 \text{ [W]}$$

Công suất hữu ích:

$$P_2 = \eta \times P_1 = 0,837 \times 6561 = 5491 \text{ [W]}$$

Tổn hao công suất:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 6561 - 5491 = 1070 \text{ [W]}$$

Momen quay động cơ:

$$M = \frac{P_2}{\omega} = \frac{5491}{148,68} = 36,9 \text{ [Nm]}$$

Bài 10: Một động cơ điện không đồng bộ ba pha roto dây quấn có số đôi cực từ của stato $p = 3$, tần số $f = 50\text{Hz}$. Từ thông chính trong từ trường động cơ là $\Phi = 3,12 \times 10^{-2}\text{Wb}$, số vòng dây stato $w_1 = 124$ vòng và rotor là $w_2 = 98$ vòng, hệ số dây quấn stato $k_{dq1} = 0,96$ và rotor $k_{dq2} = 0,95$. Hãy xác định sức điện động

cảm ứng trong dây quấn stato và rotor khi rotor đứng yên và khi rotor quay với hệ số trượt $s = 3\%$. Tìm tốc độ quay n của rotor động cơ.

GIẢI:

Sức điện động cảm ứng dây quấn stato:

$$E_1 = 4,44 \cdot f \cdot k_{dq1} \cdot w_1 \cdot \Phi = 816 [V]$$

Khi rotor còn đứng yên thì động cơ giống như máy biến áp: dây quấn stato như sơ cấp và dây quấn rotor như thứ cấp của máy biến áp. Sức điện động trong dây quấn rotor:

$$E_{20} = \frac{E_1}{k_e} = \frac{E_1}{\frac{w_1 \times k_{dq1}}{w_2 \times k_{dq2}}} = 816 \times \frac{0,95 \times 98}{124 \times 0,96} = 645 [V]$$

Sức điện động trong dây quấn rotor khi quay với hệ số trượt 3% là:

$$E_{2s} = s \times E_{20} = 0,03 \times 645 = 19,35 [V]$$

Tốc độ quay của động cơ là:

$$n = n_1 \times (1 - s) = 970 [vg/ph]$$

4.3.2. BÀI TẬP CÓ ĐÁP SỐ.

Bài 1. Cho một động cơ không đồng bộ rotor dây quấn có $P_{dm} = 155 \text{ kW}$, $p = 2$, $U = 380 \text{ V}$, đấu Y, $\Delta p_{cu2} = 2210 \text{ W}$, $\Delta p_{co} = 2640 \text{ W}$, $\Delta p_f = 310 \text{ W}$, $r_2' = 0,012 \Omega$.

- Khi tải định mức tính P_{dt} ; $s_{dm\%}$; n_{dm} ; M_{dm} .
- Giả sử moment tải không đổi, nếu cho dây quấn phần quay một điện trở quy đổi $r_f' = 0,1 \Omega$ thì hệ số trượt, tốc độ và tổn hao đồng rotor sẽ bao nhiêu?
- Tính điện trở phụ cần thiết phải cho vào rotor để moment mở máy cực đại.

Đáp số: a. $P_{dt} = 160,16 \text{ [kW]}$; $s_{dm\%} = 1,38\%$; $n_{dm} = 1497 [vg/ph]$;

$$M_{dm} = 1000,7 [Nm]$$

b. $s' = 12,88\%$; $n' = 1307 [vg/ph]$; $\Delta p_{cu2} = 20,62 \text{ kW}$.

c. $r_f = 0,108 \Omega$.

Bài 2. Cho một động cơ không đồng bộ ba pha dây quấn stato đấu Δ điện áp lưới 220V, $f = 50\text{Hz}$. Số liệu động cơ $p = 2$, $I_1 = 21\text{A}$, $\cos \varphi = 0,82$, $n_1 = 0,837$, $s =$

0,053. Tính tốc độ động cơ, công suất điện tiêu thụ, tổng các tổn hao, công suất hữu ích của động cơ.

Đáp số: $n = 1420$ [vg/ph]; $P_1 = 6561$ [W]; $\Delta p = 1070$ [W]; $P_2 = 5491$ [W]

Bài 3. Một động cơ không đồng bộ ba pha nối Y có các thông số như sau: $P_{dm} = 11,2$ kW, $U_{dm} = 220$ V, $f = 50$ Hz, số đôi cực từ $p = 3$, hệ số công suất định mức $\cos\varphi_{dm} = 0,825$ và hiệu suất định mức $\eta_{dm} = 0,875$. Biết rằng động cơ làm việc ở chế độ định mức có hệ số trượt $s_{dm} = 0,03$ và tổn hao quay $p_q = 280$ W. Hãy tính:

- Dòng điện định mức của động cơ. Tốc độ quay định mức của động cơ.
- Công suất phản kháng động cơ tiêu thụ từ lưới điện.
- Mômen điện từ của động cơ.

Đáp số: a. $I_{dm} = 40,72$ [A]; $n_{dm} = 970$ [vg/ph].

b. $Q = 8,768$ [kVAr].

c. $M_{dt} = 113$ [Nm].

Bài 4. Một động cơ không đồng bộ ba pha nối Y có các thông số như sau:

$P_{dm} = 93,25$ kW; $U_{dm} = 440$ V; $I_{dm} = 171$ A; tần số 50 Hz; số đôi cực từ $p = 4$; hiệu suất định mức $\eta_{dm} = 0,89$; tốc độ định mức $n_{dm} = 727$ vòng/phút. Động cơ làm việc ở chế độ định mức có tổn hao đồng và tổn hao sắt trên stato là $\Delta p_{Cu1} + \Delta p_{Fe} = 9550$ W. Hãy tính:

- Hệ số công suất $\cos\varphi_{dm}$. Tần số dòng điện rôto f_{2dm} .
- Công suất phản kháng động cơ tiêu thụ từ lưới điện.
- Mômen điện từ của động cơ.

Đáp số: a. $\cos\varphi_{dm} = 0,803$ [A]; $f_{2dm} = 1,55$ [Hz].

b. $Q = 77,7$ [kVAr].

c. $M_{dt} = 1245$ [Nm].

Bài 5. Một động cơ không đồng bộ 3 pha rôto dây quấn có $N_1 = 96$ vòng, $N_2 = 80$ vòng, $K_{dq1} = 0,94$, $K_{dq2} = 0,957$, tần số 50Hz, từ thông cực đại 0,02Wb, tốc độ đồng bộ $n_1 = 1000$ vg/ph.

- Tính sức điện động pha cảm ứng của dây quấn rôto và stator.
- Tính tần số dòng điện rôto trong 2 trường hợp trên.
- Tính dòng điện rôto hai trường hợp trên, Biết $R_2 = 0,06 \Omega$, $X_2 = 0,1 \Omega$.

Đáp số: a. $E_1 = 400$ [V]; $E_2 = 340$ [V].

b. $f_1 = 50$ [Hz], $f_2 = 2,5$ [Hz].

c. $I_1 = 2915$ [A], $I_2 = 282$ [A].

4.4. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM.

Câu 1. Khi mở máy động cơ không đồng bộ 3 pha bằng phương pháp đổi nối Y- Δ dòng điện mở máy giảm:

- | | |
|------------|------------|
| a. 1/3 lần | b. 2 lần |
| c. 3 lần | d. 1/2 lần |

Câu 2. Khi mở máy động cơ không đồng bộ 3 pha thì hệ số trượt là:

- | | |
|------|---------|
| a. 1 | b. 0,05 |
| c. 2 | d. 0.5 |

Câu 3. Máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ máy phát khi :

- Roto quay ngược chiều với từ trường quay và $s < 0$.
- Roto quay cùng chiều với từ trường quay và $s > 0$.
- Roto quay cùng chiều với từ trường quay và $1 > s > 0$.
- Tất cả đều sai.

Câu 4. Đặt điện áp U_1 có tần số f_1 vào dây quấn stato của động cơ không đồng bộ 3 pha. Khi rôto quay tần số dòng điện trên dây quấn rôto là:

- | | |
|-------------------|-------------------|
| a. f_1 | b. $2 \times f_1$ |
| c. $s \times f_1$ | d. $s \times f_2$ |

Câu 5. Điều kiện làm việc ổn định của động cơ không đồng bộ là:

a. $\frac{dM_D}{ds} > \frac{dMc}{ds}$

b. $\frac{dM_D}{ds} < \frac{dMc}{ds}$

c. $\frac{dM_D}{dn} > \frac{dMc}{dn}$

d. Tất cả đều sai.

Câu 6. Cấu tạo Roto của máy điện không đồng bộ một pha:

- a. Roto lồng sóc và roto dây quấn.
- b. Roto cực ắn và roto cực lồi.
- c. Roto cực lồi.
- d. Roto cực ắn.

Câu 7. Nguyên lý làm việc của máy điện không đồng bộ dựa trên:

- a. Hiện tượng cảm ứng điện từ.
- b. Hiện tượng cảm ứng từ.
- c. Hiện tượng biến đổi năng lượng.
- d. Hiện tượng thay đổi vị trí tương đối của phần tĩnh và phần quay.

Câu 8. Máy điện không đồng bộ có thể làm việc ở chế độ sau:

- a. Chế độ máy phát, chế độ động cơ.
- b. Chế độ động cơ và chế độ hãm điện từ.
- c. Chế độ máy phát, chế độ động cơ và chế độ máy bù.
- d. Chế độ máy phát, chế độ động cơ và chế độ hãm điện từ.

Câu 9. Khi đặt điện áp 3 pha đối xứng vào dây quấn 3 pha ở Stato của máy điện không đồng bộ trong máy sẽ sinh ra từ trường:

- a. Từ trường quay.
- b. Từ trường đập mạch.
- c. Từ trường quay thuận và ngược.
- d. Từ trường quay và từ trường đập mạch.

Câu 10. Momen điện từ của động cơ điện không đồng bộ được tính như sau:

a. $M_{dt} = 9,55 \times \frac{P_{dm}}{n_1}$

c. $M_{dt} = 9,55 \times \frac{P_{dt}}{n_1}$

$$b. M_{dt} = 9,55 \times \frac{P_{dm}}{n_{dm}}$$

$$d. M_{dt} = 9,55 \times \frac{P_{dt}}{n_{dm}}$$

Câu 11. Trong động cơ không đồng bộ ba pha, hệ số năng lực quá tải được xác định như sau:

$$a. K_m = \frac{M_m}{M_{dm}}$$

$$c. K_m = \frac{M_{dm}}{M_c}$$

$$b. K_m = \frac{M_c}{M_{dm}}$$

$$d. K_m = \frac{M_m}{M_c}$$

(Với : M_{mm} , M_{dm} , M_c lần lượt là mô men cực đại, momen định mức, momen cản.)

Câu 12. Phương trình cân bằng điện áp phía rôto của máy điện không đồng bộ làm việc khi rôto quay là:

$$a. 0 = -\dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 \times (r'_2 + jx'_2)$$

$$c. 0 = -\dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 \times \left(\frac{r'_2}{s} + jx'_2\right)$$

$$b. 0 = \dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 \times (r'_2 + jx'_2)$$

$$d. 0 = \dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 \times \left(\frac{r'_2}{s} + jx'_2\right)$$

Câu 13. Khi máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ động cơ điện thì:

$$a. P_{dt} = P_1 - \Delta P_{cu1}$$

$$c. P_{dt} = P_1 + \Delta P_{cu1}$$

$$b. P_{dt} = P_{cơ} + \Delta P_{cu2}$$

$$d. P_{dt} = P_1 - \Delta P_{cu2} - \Delta P_{cu1}$$

Câu 14. Trong máy điện không đồng bộ hệ số qui đổi tổng trở k bằng:

$$a. k = k_i + k_e$$

$$c. k = k_i \times k_e$$

$$b. k = k_i + 2k_e$$

d. Tất cả đều sai.

(Với k_i , k_e lần lượt là hệ số qui đổi dòng điện và điện áp)

Câu 15. Máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ động cơ điện khi:

a. $0 < s < 1$ và moment điện từ ngược chiều với n.

b. $0 < s < 1$ và moment điện từ cùng chiều với n.

c. $1 < s < +\infty$ và moment điện từ ngược chiều với n.

d. $-\infty < s < 0$ và moment điện từ ngược chiều với n.

Câu 16. Máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ hãm khi:

a. $0 < s < 1$ và moment điện từ ngược chiều với n.

- b. $0 < s < 1$ và moment điện từ cùng chiều với n.
- c. $1 < s < +\infty$ và moment điện từ ngược chiều với n.
- d. $-\infty < s < 0$ và moment điện từ ngược chiều với n.

Câu 17. Động cơ không đồng bộ ba pha có số liệu sau $\Delta/Y-220/380V$. Động cơ đấu vào lưới có điện áp dây là 380V cách đấu động cơ là:

- a. Đấu Y.
- b. Đấu Δ .
- c. Đấu YY.
- d. Tùy vào điện áp định mức động cơ.

Câu 18. Động cơ không đồng bộ ba pha rotor dây quấn đấu $Y/\Delta-380/220V$ $r_1 = 0,35\Omega$, $r_2' = 0,25\Omega$, $x_1 = 0,96\Omega$, $x_2' = 0,94\Omega$. Tính hệ số trượt cực đại.

- a. 0,13
- b. 1
- c. 0,5
- d. $+\infty$

Câu 19. Mở máy động cơ không đồng bộ bằng phương pháp đổi nối Y – Δ thì:

- a. $M_{nmY-\Delta} = \frac{1}{3} M_{nm}$
- b. $M_{nmY-\Delta} = 3M_{nm}$
- c. $M_{nmY-\Delta} = \frac{1}{\sqrt{3}} M_{nm}$
- d. Tất cả đều sai.

Câu 20. Moment cực đại của động cơ không đồng bộ phụ thuộc vào:

- a. Điện trở roto.
- b. Điện trở stato.
- c. Điện trở stato và điện kháng ngắn mạch.
- d. Tất cả đều đúng.

Câu 21. Trong động cơ điện không đồng bộ ba pha thì:

- a. Để tạo ra từ trường quay thì nam châm phải quay.
- b. Tần số quay của từ trường nhỏ hơn tần số dòng điện.
- c. Bộ phận tạo ra từ trường là stato.
- d. Tần số quay của rôto có thể nhỏ hơn, lớn hơn hoặc bằng tần số quay của từ trường.

Câu 22. Các phương pháp hãm động cơ không đồng bộ:

- a. Hãm đổi thứ tự pha, hãm động năng, hãm tái sinh.
- b. Hãm đổi thứ tự pha, hãm động năng, hãm tái sinh, hãm ngược.
- c. Hãm đổi thứ tự pha, hãm động năng, hãm tái sinh, hãm trả năng lượng về lưới.
- d. Hãm động năng, hãm tái sinh, hãm chuyển sang chế độ máy phát.

Câu 23. Trong động cơ không đồng bộ một pha có các loại dây quấn:

- a. Dây quấn stato, dây quấn rôto và dây quấn mở máy.
- b. Dây quấn stato, dây quấn rôto và dây quấn cản.
- c. Dây quấn chính, dây quấn phụ.
- d. Dây quấn chính, dây quấn phụ và dây quấn cản.

Câu 24. Khi đặt điện áp một pha vào dây quấn stato của máy điện không đồng bộ một pha trong máy sẽ sinh ra từ trường:

- a. Từ trường quay.
- b. Từ trường đập mạch.
- c. Từ trường quay thuận và quay ngược.
- d. Từ trường quay và từ trường đập mạch.

Câu 25. Trong động cơ không đồng bộ 1 pha có các loại dây quấn:

- a. Dây quấn stato, dây quấn rôto và dây quấn mở máy.
- b. Dây quấn stato, dây quấn rôto và dây quấn cản.
- c. Dây quấn chính, dây quấn phụ.
- d. Dây quấn chính, dây quấn phụ và dây quấn cản.