

PHẦN 3 – MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

CHƯƠNG 8

QUAN HỆ ĐIỆN TỪ

TRONG MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

- + Stato máy điện không đồng bộ có dây quấn m_1 pha, còn roto có dây quấn m_2 pha.
- + Trong máy điện KĐB có hai mạch điện không nối với nhau và giữa chúng có liên hệ với nhau về từ.
- + Khi làm việc bình thường stato và rôto có từ thông tản tương ứng điện kháng tản và giữa hai dây quấn có hổ cảm \rightarrow có thể coi máy điện không đồng bộ như mba, dây quấn stato – sơ cấp, dây quấn rôto – thứ cấp và sự liên hệ giữa hai mạch sơ cấp và thứ cấp thông qua từ trường quay.
- + Dùng cách phân tích mba để nghiên cứu nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ.
- + Chỉ xét tác dụng của sóng cơ bản mà không xét sóng bậc cao.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

1. MÁY ĐIỆN KĐB LÀM VIỆC KHI RÔTO ĐỨNG YÊN

Đặt một điện áp U_1 có tần số f_1 vào dây quấn stato, trong dây quấn stato có dòng điện I_1 , tần số f_1 ; trong dây quấn rôto sẽ có dòng điện I_2 , tần số f_1 ; dòng I_1 và I_2 sinh ra stđ quay F_1 và F_2 có trị số:

$$\dot{F}_1 = \frac{m_1 \sqrt{2}}{\pi} \frac{N_1 k_{dq1}}{p} \dot{I}_1$$

$$\dot{F}_2 = \frac{m_2 \sqrt{2}}{\pi} \frac{N_2 k_{dq2}}{p} \dot{I}_2$$

trong đó : m_1, m_2 – số pha của dây quấn stato và rôto; p – số đôi cực từ; N_1, N_2 – số vòng dây một pha của dây quấn stato và rôto; k_{dq1}, k_{dq2} là hệ số dây quấn của dây quấn stato và rôto

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Hai stđ này quay cùng tốc độ $n_1 = 60f_1/p$ và tác dụng với nhau để sinh ra stđ tổng trong khe hở F_0 . Vì vậy phương trình cân bằng stđ:

$$\dot{F}_1 + \dot{F}_2 = \dot{F}_0 \rightarrow \dot{F}_1 = \dot{F}_0 + (-\dot{F}_2)$$

Dòng điện I_1 gồm hai thành phần:

+ Thành phần dòng điện I_0 tạo nên stđ F_0 :

$$\dot{F}_0 = \frac{m_1 \sqrt{2}}{\pi} \frac{N_1 k_{dq1}}{p} \dot{I}_0$$

+ Thành phần dòng điện $-I'_2$ tạo nên stđ $(-F'_2)$ bù lại stđ F_2 của dòng thứ cấp I_2 :

$$(-\dot{F}'_2) = -\frac{m_1 \sqrt{2}}{\pi} \frac{N_1 k_{dq1}}{p} \dot{I}'_2$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Như vậy:

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

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

So sánh stđ F_2 do dòng điện I_2 của rôto tạo ra và stđ F'_2 do thành phần I'_2 của dòng điện stato sinh ra:

$$\frac{m_2 \sqrt{2}}{\pi} \frac{N_2 k_{dq2}}{p} \dot{I}_2 = \frac{m_1 \sqrt{2}}{\pi} \frac{N_1 k_{dq2}}{p} \dot{I}'_2$$

Hệ số qui đổi dòng điện:

$$k_i = \frac{m_1 N_1 k_{dq1}}{m_2 N_2 k_{dq2}}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Stđ F_0 sinh ra từ thông chính Φ trong khe hở, từ thông Φ này cảm ứng trong dây quấn stato và rôto các sđđ:

$$\dot{E}_1 = -j \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_1 N_1 k_{dq1} \dot{\Phi}_m = -j\omega_1 \frac{\dot{\Psi}_{1m}}{\sqrt{2}}$$

$$\dot{E}_2 = -j \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_2 N_2 k_{dq2} \dot{\Phi}_m = -j\omega_2 \frac{\dot{\Psi}_{2m}}{\sqrt{2}}$$

Khi rôto đứng yên $f_2 = f_1$ nên tỉ số biến đổi điện áp của máy điện không đồng bộ bằng:

$$k_e = \frac{N_1 k_{dq1}}{N_2 k_{dq2}}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Tương tự như mba ta có phương trình cân bằng sđđ trong mạch điện stato:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{t1} + \dot{I}_1 r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 (r_1 + jx_1) = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1$$

trong đó:

+ $Z_1 = r_1 + jx_1$ – tổng trở của dây quấn stator.

r_1 – điện trở của dây quấn stato.

x_1 – điện kháng tản của dây quấn stator.

+ $E_{t1} = -jI_1 x_1$ – sđđ tản do từ thông tản stato Φ_{t1} sinh ra.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Phương trình cân bằng sđđ trong mạch điện rôto:

$$0 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2(r_2 + jx_2) = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 Z_2$$

trong đó: $Z_2 = r_2 + jx_2$ – tổng trở của dây quấn rôto.

r_2 – điện trở của dây quấn rôto.

$x_2 = 2\pi f_1 L_{t2}$ – điện kháng tản của dây quấn rôto lúc đứng yên

Cũng giống như ở mba:

$$-\dot{E}_1 = \dot{I}_0 Z_m = \dot{I}_0 (r_m + jx_m)$$

trong đó: I_0 – dòng điện từ hóa sinh ra sđđ F_0 .

$Z_m = r_m + jx_m$ – tổng trở của nhánh từ hóa.

r_m – điện trở từ hóa đặt trưng cho sự tổn hao sắt từ.

x_m – điện kháng từ hóa biểu thị sự hổ cảm giữa stato và rôto.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Qui đổi phía rôto về phía stato theo nguyên tắc tổn hao không đổi

- Qui đổi số đ̣ rôto E_2 sang bên stato:

$$E_2' = E_1 = k_e E_2$$

- Qui đổi điện trở rôto r_2 về stato:

$$m_1 I_2'^2 r_2' = m_2 I_2^2 r_2$$

$$m_1 I_2'^2 r_2' = \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{I_2}{I_2'} \right)^2 r_2 = \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{m_1 k_{dq1} N_1}{m_2 k_{dq2} N_2} \right)^2 r_2$$

$$r_2' = k_i k_e r_2$$

- Qui đổi điện kháng rôto x_2 về stato:

$$x_2' = k_i k_e x_2$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Phương trình đặc trưng của máy điện KĐB qui đổi về stato

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1 \\ 0 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 Z_2 \\ \dot{E}'_2 = \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}'_2) \\ -\dot{E}_1 = \dot{I}_0 Z_m \end{array} \right.$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Rôto đứng yên trong khi dây quấn rôto ngắn mạch, dòng điện trong 2 dây quấn rất lớn.

Để hạn chế dòng điện I_1 và I_2 ở trị số định mức thì cần phải giảm thấp điện áp xuống còn khoảng $(15 - 25)\%U_{đm}$.

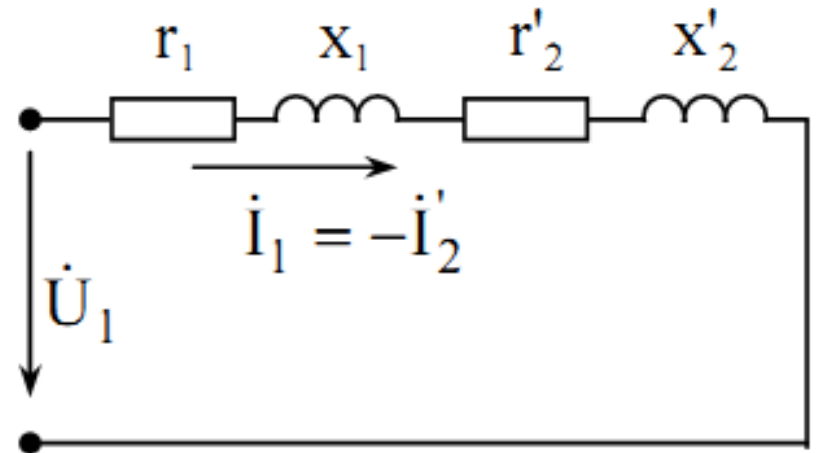
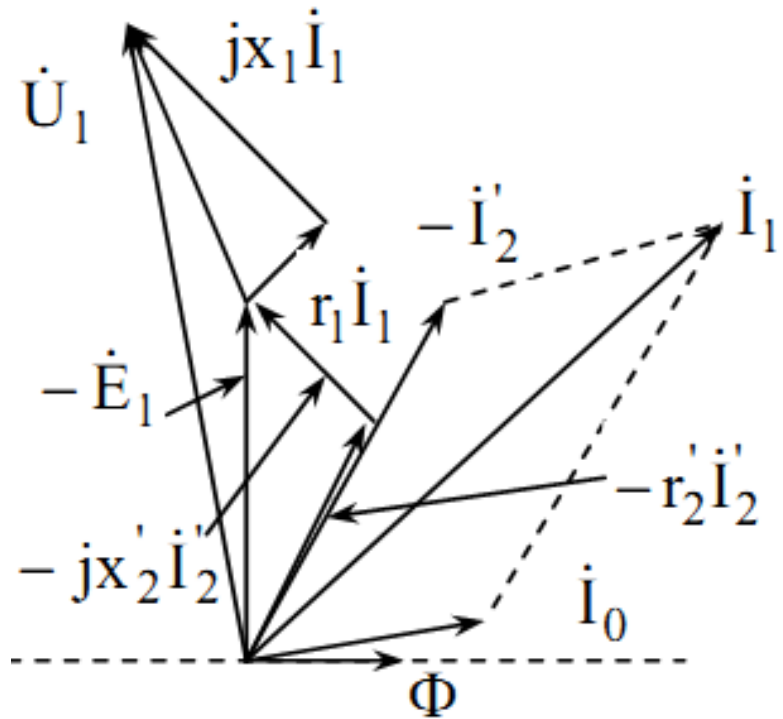
Lúc này sđđ E_1 trong máy điện không đồng bộ nhỏ đi rất nhiều và tương ứng từ thông Φ_m cũng nhỏ, nghĩa là sđđ từ hóa F_0 rất nhỏ so với F_1 và F_2 , do đó ta coi $F_0 = 0$:

$$\dot{F}_1 + \dot{F}_2 = \dot{F}_0 = 0$$

$$\dot{I}_1 + \dot{I}'_2 = \dot{I}_0 = 0$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Đồ thị vectơ của MĐ KĐB khi rôto đứng yên



Mạch điện thay thế của MĐ KĐB khi ngắn mạch

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Từ mạch điện thay thế có thể tính dòng điện stato I_1 :

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{Z_1 + Z'_2} = \frac{\dot{U}_1}{Z_n}$$

trong đó: $Z_n = Z_1 + Z'_2 = r_n + jx_n$ – tổng trở ngắn mạch.

$$r_n = r_1 + r'_2 \text{ và } x_n = x_1 + x'_2$$

Khi $U_1 = U_{đm}$ thì $I_1 = I_n$ – dòng điện khởi động.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

2. MÁY ĐIỆN KĐB LÀM VIỆC KHI RÔTO QUAY

Khi rôto quay thì tần số của trị số sđđ và dòng điện trong dây quấn rôto thay đổi.

Những thay đổi trong các dây quấn ảnh hưởng rất lớn đến sự làm việc của máy điện, nhưng nó không làm thay đổi những qui luật và quan hệ điện từ khi rôto đứng yên.

Các phương trình đặc trưng của máy điện cũng bao gồm phương trình sđđ stato, rôto và phương trình stđ.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

2.1. Các phương trình cơ bản

Phương trình cân bằng sđđ ở dây quấn stato:

Máy điện KĐB làm việc thì dây quấn rôto phải kín mạch (thường ngắn mạch). Khi nối dây quấn stato với nguồn ba pha, ta có phương trình cân bằng sđđ khi rôto quay giống như khi đứng yên:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1$$

Phương trình cân bằng sđđ ở dây quấn rôto:

Từ trường khe hở do sđđ F_0 sinh ra quay với tốc độ n_1 . Nếu rôto quay với tốc độ n cùng chiều từ trường thì giữa rôto và từ trường có tốc độ trượt $n_2 = n_1 - n$, vậy tần số sđđ và dòng điện trong dây quấn rôto:

$$f_2 = \frac{n_2 p}{60} = \frac{n_1 - n}{n_1} \frac{n_1 p}{60} = s.f_1$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Sđđ cảm ứng trong dây rôto lúc quay:

$$\dot{E}_{2s} = -j \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_2 N_2 k_{dq2} \dot{\Phi}_m = -j \omega_2 \frac{\dot{\Psi}_m}{\sqrt{2}} = s \cdot \dot{E}_2$$

Điện kháng của dây quấn rôto lúc quay:

$$x_{2s} = 2\pi \cdot f_2 L_{t2} = 2\pi \cdot s f_1 L_{t2} = s \cdot x_2$$

Phương trình cân bằng sđđ của mạch điện rôto:

$$0 = \dot{E}_{2s} - \dot{I}_2 (r_2 + jx_{2s})$$

Sau khi qui đổi:

$$0 = \dot{E}'_{2s} - \dot{I}'_2 (r'_2 + jx'_{2s})$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Trong phương trình cân bằng điện áp rôto, sđđ và dòng điện có tần số f_2 , còn bên stato sđđ và dòng điện có tần số $f_1 \rightarrow$ phải qui đổi tần số thì việc thiết lập phương trình mới có ý nghĩa, từ phương trình:

$$0 = \dot{E}'_{2s} e^{j\omega_2 t} - \dot{I}'_2 (r'_2 + jx'_{2s}) e^{j\omega_2 t}$$

Nhân hai vế với: $\frac{1}{s} e^{j\omega t} = \frac{1}{s} e^{j(\omega_1 - \omega_2)t}$

Trong đó: $\omega = \omega_1 - \omega_2$ tốc độ góc của rôto $\rightarrow e^{j(\omega_1 - \omega_2)t}$ hệ số qui đổi tần số

$$0 = \frac{1}{s} \dot{E}'_{2s} e^{j(\omega + \omega_2)t} - \frac{1}{s} \dot{I}'_2 (r'_2 + jx'_{2s}) e^{j(\omega + \omega_2)t}$$

$$0 = \dot{E}'_2 e^{j\omega_1 t} - \dot{I}'_2 \left(\frac{r'_2}{s} + jx'_2 \right) e^{j\omega_1 t}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Nhận xét:

1. Về mặt toán học hai phương trình sđđ rô to không có gì khác nhau, nhưng về mặt vật lý đã khác nhau về bản chất.

Phương trình $0 = \dot{E}_{2s} - \dot{I}_2(r_2 + jx_{2s})$ chỉ rõ mối quan hệ của điện áp khi rô to quay với hệ số trượt s , trong đó E'_{2s} , I'_2 và tổng trở $r'_2 + jx'_{2s}$ có tần số f_2 .

Phương trình $0 = \dot{E}'_2 e^{j\omega_1 t} - \dot{I}'_2 \left(\frac{r'_2}{s} + jx'_2 \right) e^{j\omega_1 t}$ chỉ rõ quan hệ trường hợp rô to đứng yên và lúc này trên rô to được nối thêm một điện trở giả tưởng $r'_2(1 - s)/s$; còn E'_2 , I'_2 và tổng trở $r'_2/s + jx'_2$ có tần số f_1 .

$$\frac{r'_2}{s} = r'_2 + \frac{1-s}{s} r'_2$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Nhận xét:

2. Trong hai trường hợp dòng điện I_2 có khác nhau về tần số nhưng trị hiệu dụng và góc lệch pha là không đổi.
3. Dù rôto quay hay không quay thì stđ stato F_1 và stđ rôto F_2 bao giờ cũng quay đồng bộ với nhau.
4. Năng lượng tiêu tán trên điện trở giả tưởng $R_{co} = r'_2(1-s)/s$ tương đương với năng lượng điện biến đổi thành cơ năng trên trục động cơ khi quay.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Phương trình cân bằng stđ : (vì stđ stato F_1 và rôto F_2 quay cùng ω_1)

$$\dot{F}_1 + \dot{F}_2 = \dot{F}_0$$

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

Phương trình đặc trưng của máy điện KĐB khi rôto quay:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1 \\ 0 = \dot{E}_2 - \dot{I}'_2 (r'_2 / s + jx'_2) \\ \dot{E}'_2 = \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}'_2) \\ -\dot{E}_1 = \dot{I}_0 Z_m \end{array} \right.$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

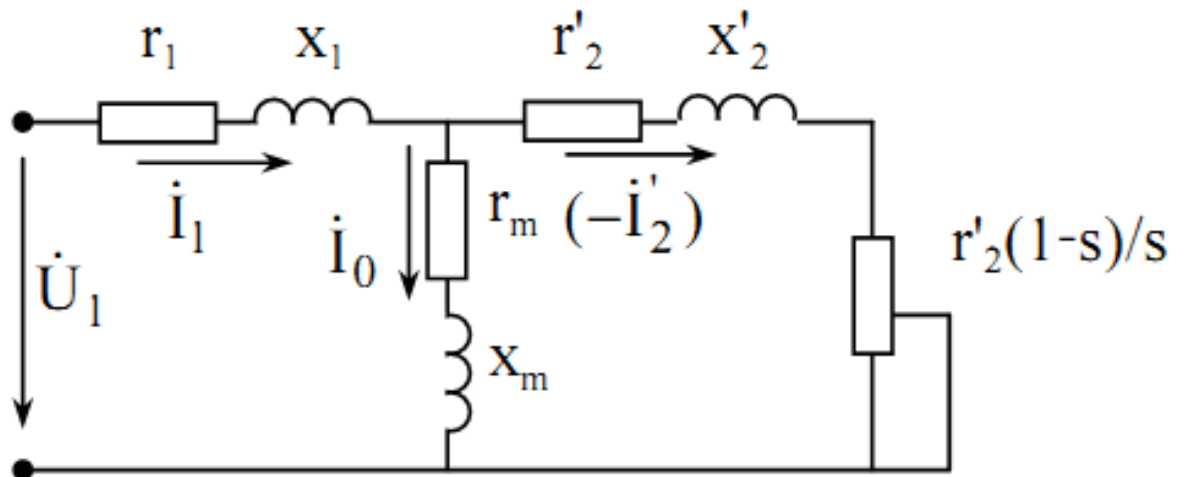
2.2. Mạch điện thay thế của máy điện không đồng bộ

Dựa vào các phương trình cơ bản, thành lập sơ đồ thay thế hình T cho máy điện không đồng bộ khi rôto quay giống như mba.

Dây quấn sơ cấp mba là dây quấn stato;

Dây quấn thứ cấp mba là dây quấn rôto;

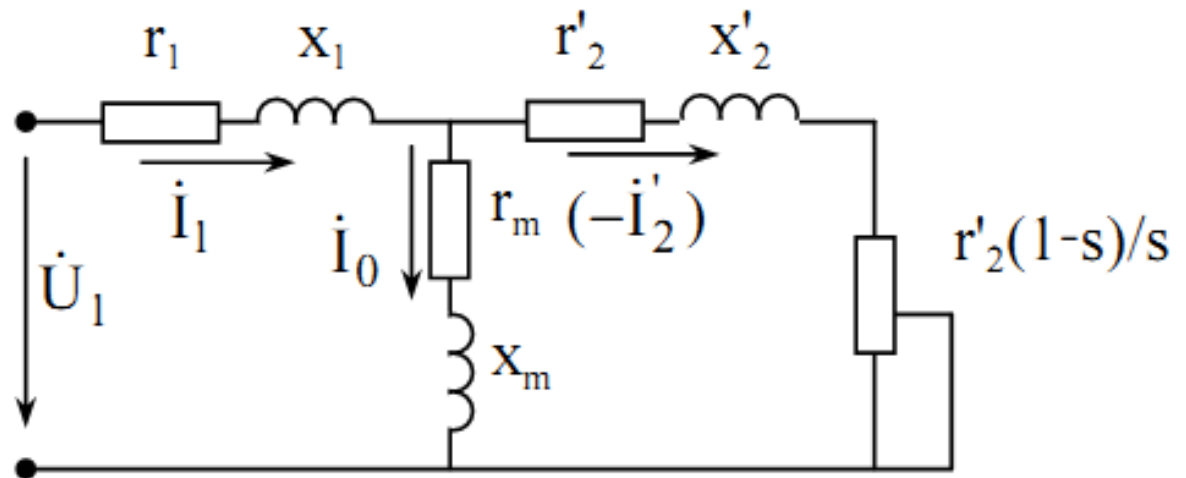
Phụ tải mba là điện trở giả tưởng $r'_2(1-s)/s$.



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Từ sơ đồ thay thế có thể tính dòng điện stato, dòng điện rôto, mômen, công suất cơ... và những tham số khác.

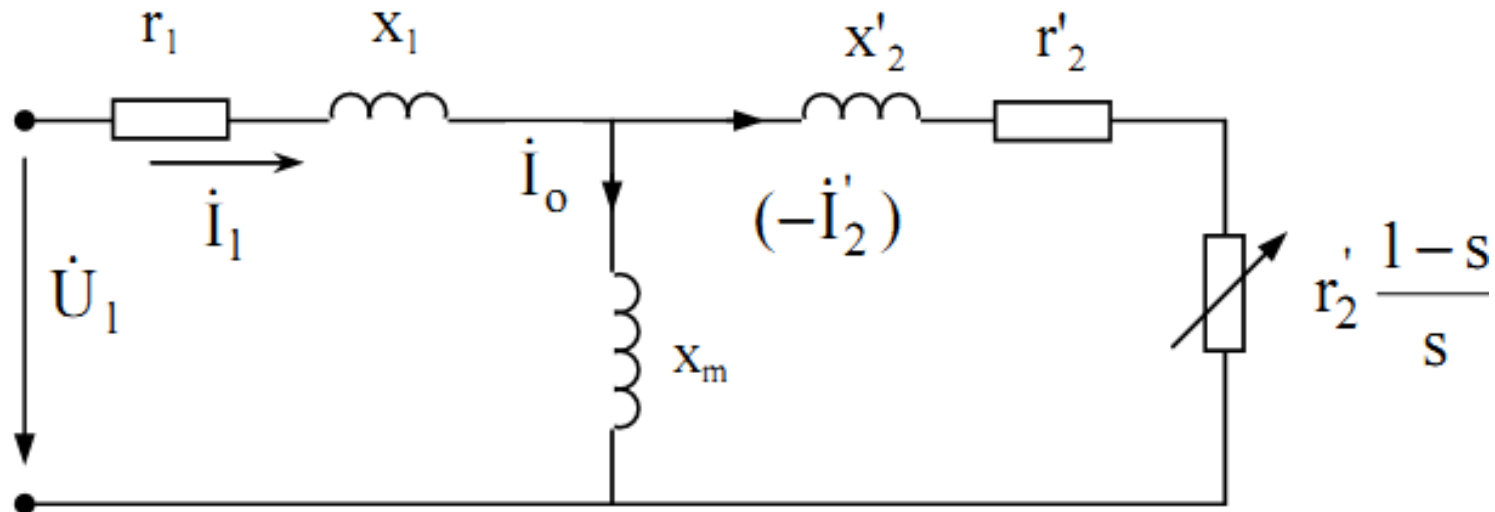
Như vậy ta đã chuyển việc tính toán một hệ Điện - Cơ hay Cơ - Điện về việc tính toán mạch điện đơn giản.



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Trong máy điện KĐB, do có khe hở không khí lớn nên tồn tại dòng điện từ hóa lớn, khoảng $(20-50)\%I_{dm}$, và điện kháng tản x_1 cũng lớn.

Trong trường hợp như vậy điện kháng từ hóa x_m giữ nguyên và bỏ qua điện trở r_m ($r_m = 0$) còn tổn hao sắt ta gộp vào tổn hao cơ và tổn hao phụ. Từ đó ta có mạch điện thay thế (do IEEE đề xướng). Đây là mạch điện thay thế được sử dụng nhiều trong tính toán và khảo sát máy điện không đồng bộ.



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Để thuận lợi cho tính toán, thường biến đổi mạch điện thay thế hình T về mạch điện thay thế hình Γ đơn giản hơn. Cách biến đổi như sau:

Từ sơ đồ thay thế:

$$\dot{I}'_2 = \frac{\dot{E}'_2}{Z'_{2s}} = \frac{\dot{E}'_2}{r'_2/s + jx'_2}$$

$$\dot{I}_0 = -\frac{\dot{E}_1}{Z_m}$$

Dòng điện stato:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}'_2) = -\frac{\dot{E}_1}{Z_m} - \frac{\dot{E}'_2}{Z'_{2s}} = -\dot{E}_1 \left(\frac{1}{Z_m} + \frac{1}{Z'_{2s}} \right)$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Tư phương trình sđđ stato:

$$-\dot{E}_1 = \dot{U}_1 - \dot{I}_1 Z_1 = \dot{U}_1 + \dot{E}_1 \left(\frac{Z_1}{Z_m} + \frac{Z_1}{Z'_{2s}} \right)$$

$$-\dot{E}_1 = \frac{\dot{U}_1}{1 + \frac{Z_1}{Z_m} + \frac{Z_1}{Z'_{2s}}} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 + \frac{Z_1}{Z'_{2s}}} \quad \text{với: } \dot{C}_1 = 1 + Z_1 / Z_m$$

Dòng điện roto:

$$-\dot{I}'_2 = \frac{-\dot{E}_1}{Z'_{2s}} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 Z'_{2s} + Z_1}$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}'_2 = \frac{\dot{U}_1 - \dot{I}_1 Z_1}{Z_m} + \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 Z'_{2s} + Z_1}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

$$\dot{I}_1 + \frac{\dot{I}_1 Z_1}{Z_m} = \frac{\dot{U}_1}{Z_m} + \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 Z'_{2s} + Z_1}$$

$$\dot{I}_1 \left(1 + \frac{Z_1}{Z_m} \right) = \frac{\dot{U}_1}{Z_m} + \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 Z'_{2s} + Z_1} = \dot{I}_1 \dot{C}_1$$

$$\rightarrow \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 Z_m} + \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1^2 Z'_{2s} + \dot{C}_1 Z_1} = \dot{I}_{00} - \dot{I}_2''$$

Trong đó:

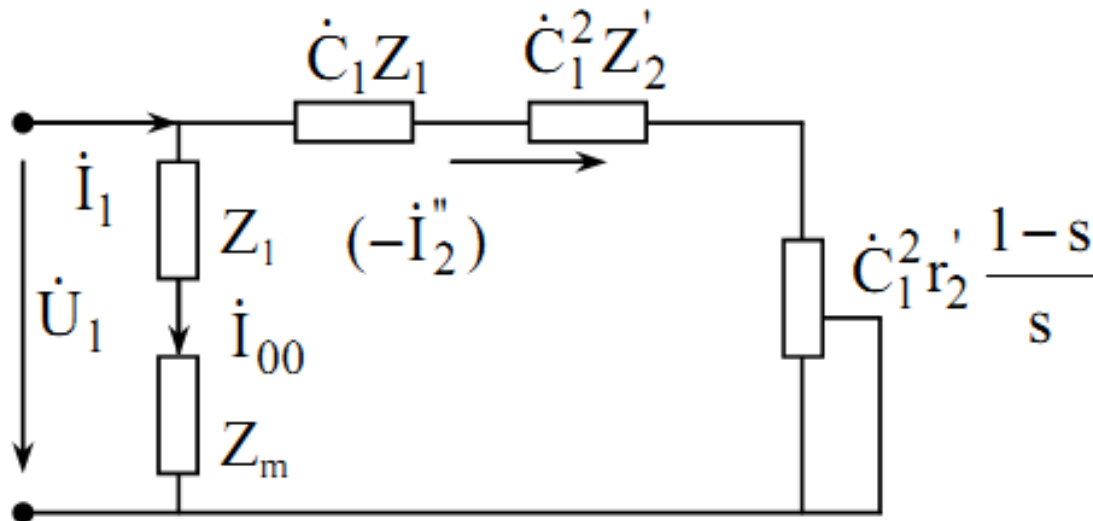
$$\dot{I}_{00} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 Z_m} = \frac{\dot{U}_1}{(1 + Z_1/Z_m) Z_m} = \frac{\dot{U}_1}{Z_1 + Z_m}$$

được gọi là dòng điện không tải lý tưởng, nghĩa là dòng điện không tải lúc $s = 0$, tức là $r'_2(1-s)/s = 8$.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

$$-\dot{I}_2'' = \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1^2 Z'_{2s} + \dot{C}_1 Z_1} = -\frac{\dot{I}_2'}{\dot{C}_1}$$

I_2'' được gọi là dòng điện thứ cấp của mạch điện hình G. Từ các phương trình trên ta thành lập được mạch điện thay thế hình Γ chính xác của máy điện không đồng bộ.

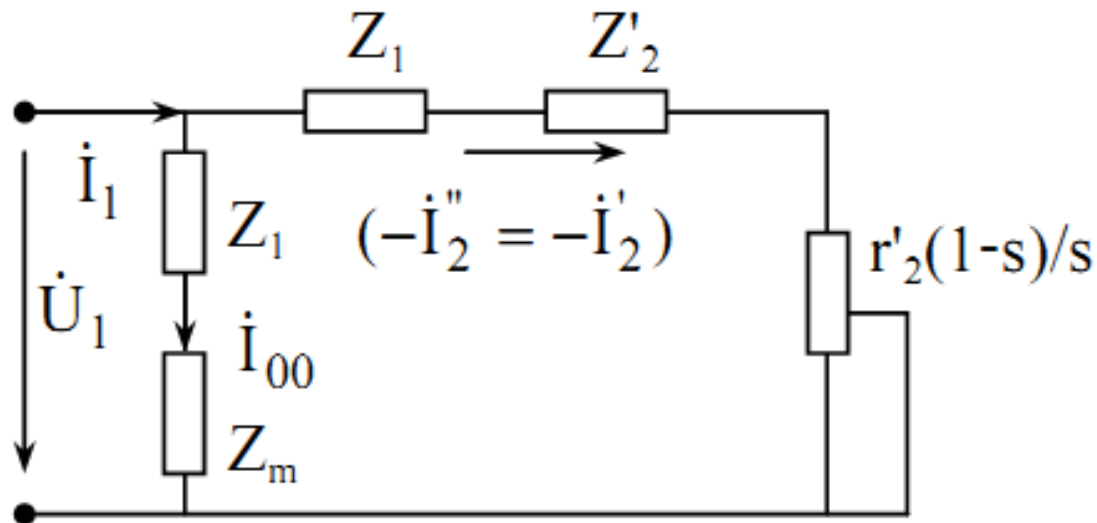


CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Thực tế giá trị C_1 chỉ lớn hơn 1 một ít, góc phức lại rất nhỏ nên có thể coi:

$$\dot{C}_1 = C_1 = 1 + x_1 / x_m$$

Ta có mạch điện đơn giản hơn



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

2.3. Hệ số qui đổi của dây quấn rôto lồng sóc

Khi vẽ mạch điện thay thế hay đồ thị vectơ, các tham số bên rôto đều qui đổi về bên stato. Các hệ số qui đổi từ rôto sang stato:

$$k_e = \frac{k_{dq1} N_1}{k_{dq2} N_2}; k_i = \frac{m_1 k_{dq1} N_1}{m_2 k_{dq2} N_2}; k = k_e k_i$$

Đối với dây quấn rôto lồng sóc, là loại dây quấn đặc biệt có số pha bằng số rãnh rô to và mỗi pha chỉ có $\frac{1}{2}$ vòng, hệ số dây quấn k_{dq}

bằng một, nên: $m_2 = Z_2;$

$$N_2 = 1/2;$$

$$k_{dq2} = 1$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Thay vào biểu thức hệ số qui đổi:

$$k_e = \frac{k_{dq1} N_1}{k_{dq2} N_2} = \frac{k_{dq1} N_1}{1.1/2} = 2k_{dq1} N_1$$

$$k_i = \frac{m_1 k_{dq1} N_1}{m_2 k_{dq2} N_2} = \frac{2m_1 k_{dq1} N_1}{Z_2}$$

$$k = k_e k_i = \frac{4m_1}{Z_2} (k_{dq1} N_1)^2$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

3. CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC, GIẢN ĐỒ NĂNG LƯỢNG VÀ ĐỒ THỊ VÉCTƠ

3.1. Chế độ động cơ điện ($0 < s < 1$)

Công suất tác dụng động cơ nhận từ lưới điện

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$$

Một phần nhỏ công suất này bù tổn hao đồng trên dây quấn stato

$$p_{đ1} = m_1 I_1^2 r_1$$

và tổn hao sắt thép trong lõi thép

$$p_{st} = m_1 I_0^2 r_m$$

Phần lớn công suất đưa vào còn lại chuyển thành công suất điện từ $P_{đt}$ truyền qua rôto.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Như vậy :

$$P_{đt} = P_1 - (p_{đ1} + p_{st}) = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s}$$

Trong rôto có dòng điện nên có tổn hao đồng trên dây quấn rôto:

$$p_{đ2} = m_1 I_2'^2 r_2'$$

Do đó công suất cơ của động cơ điện:

$$P_{co} = P_{đt} - p_{đ2} = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s} - m_1 I_2'^2 r_2' = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s}$$

Công suất ở đầu trục của động cơ điện:

$$P_2 = P_{co} - (p_{co} + p_f)$$

Trong đó: p_{co} – tổn hao cơ (ma sát và quạt gió)

p_f – tổn hao phụ

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Tổng tổn hao của động cơ điện không đồng bộ:

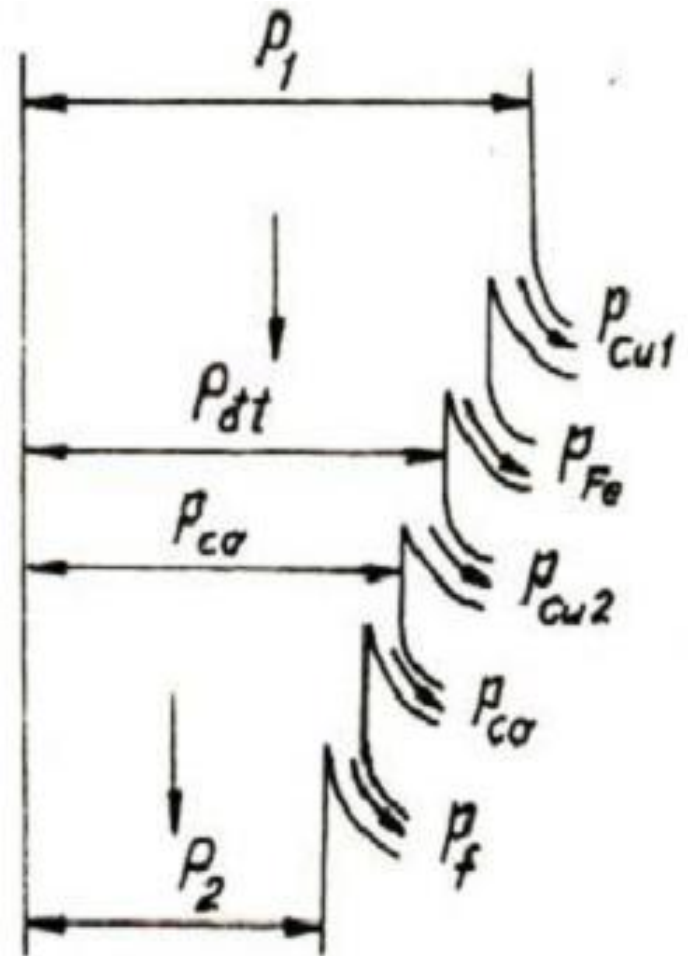
$$\sum p = p_{\text{đ1}} + p_{\text{st}} + p_{\text{đ2}} + p_{\text{co}} + p_{\text{f}}$$

Hiệu suất của động cơ điện không đồng bộ :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\sum p}{P_1}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Giải đồ năng lượng của động cơ không đồng bộ



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Sự phân phối công suất phản kháng trong máy điện KĐB có thể thấy rõ từ mạch điện thay thế hình T.

Công suất phản kháng động cơ điện nhận từ lưới điện :

$$Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1$$

Một phần công suất phản kháng này được dùng để sinh ra từ trường tản trong mạch stato và từ trường tản rôto:

$$q_1 = m_1 I_1^2 x_1$$

$$q_2 = m_1 I_2'^2 x_2'$$

Phần lớn công suất phản kháng còn lại dùng để sinh ra từ trường khe hở :

$$Q_m = m_1 I_0^2 x_m$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Như vậy :

$$Q_1 = q_1 + q_2 + Q_m = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1$$

Do máy điện không đồng bộ có khe hở không khí lớn hơn mba, nên dòng điện từ hoá trong máy điện không đồng bộ lớn hơn dòng điện từ hoá trong mba, thường $I_0 = 20 - 25\% I_{đm}$.

Và do Q_m và I_0 tương đối lớn nên hệ số công suất $\cos\varphi$ của máy thấp, thường:

$$\text{Định mức: } \cos\varphi_{đm} = 0,7 - 0,95$$

$$\text{Không tải: } \cos\varphi_0 = 0,1 - 0,15$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Đồ thị véc tơ:

Véc tơ Φ ở phương ngang \rightarrow véc tơ E_1 chậm pha 90° . Góc Ψ_2 giữa I'_2 và E_1 xác định theo biểu thức:

$$\Psi_2 = \arctg \frac{x'_2}{r'_2 / s}$$

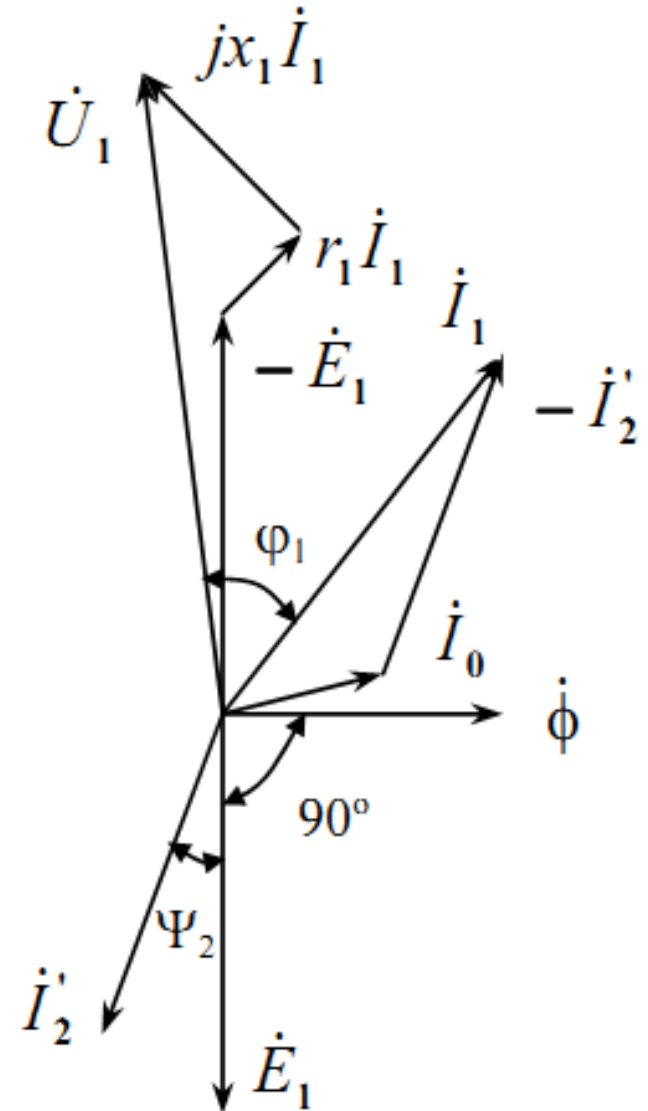
Véc tơ I_0 từ thông số không tải

Véc tơ I_1 bằng tổng của I_0 và $-I'_2$.

Các véc tơ $r_1 I_1$, $jx_1 I_1$ xác định theo I_1 .

Véc tơ U_1 bằng tổng $-E_1$ và $r_1 I_1$; $jx_1 I_1$.

Góc φ_1 giữa U_1 và I_1 .



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

3.2. Chế độ máy phát điện ($-\infty < s < 0$)

Khi máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ máy phát, $s < 0$ thì công suất cơ của máy âm, máy nhận công suất cơ vào:

$$P_{co} = P_{đt} - p_{đ2} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s} < 0$$

Ngoài ra:
$$\operatorname{tg} \Psi_2 = \frac{x_2'}{r_2' / s} = \frac{s x_2'}{r_2'} < 0$$

Vậy sự lệch pha giữa E_1 và I_2 là nằm trong khoảng $90^\circ < \Psi_2 < 180^\circ$.

Từ đồ thị véc tơ chế độ máy phát $\varphi_1 > 90^\circ$.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Công suất tác dụng:

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 < 0$$

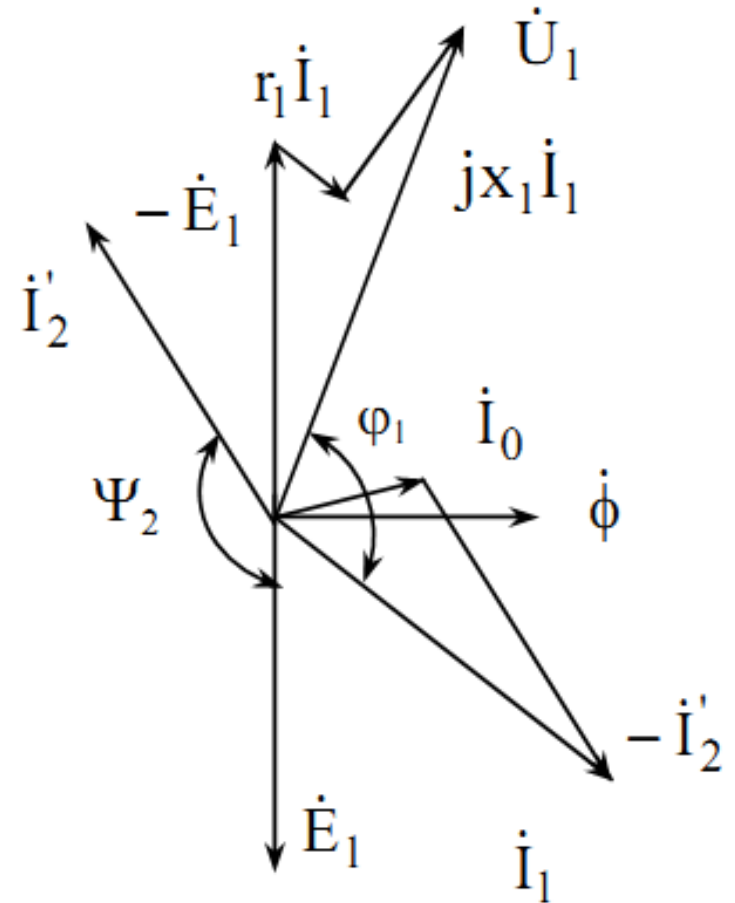
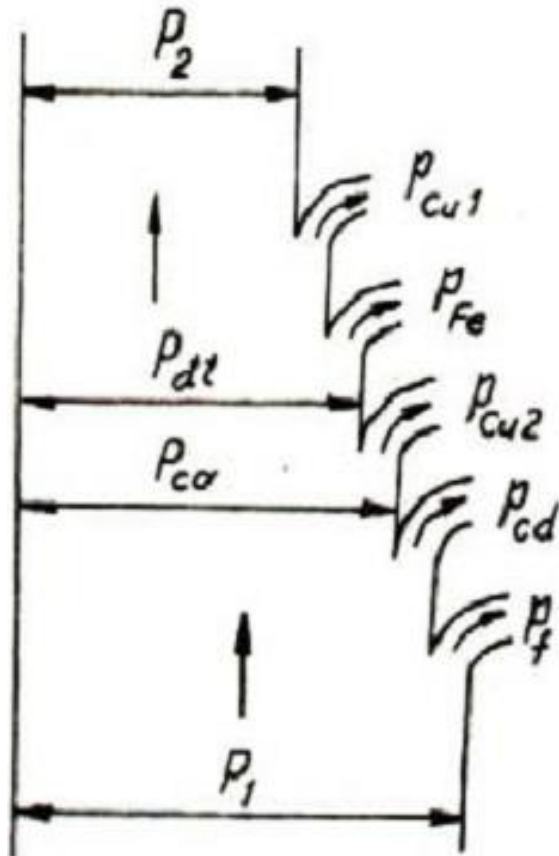
Công suất phản kháng:

$$Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1 > 0$$

Máy phát công suất tác dụng vào lưới và nhận công suất phản kháng từ lưới như động cơ điện

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Giản đồ năng lượng và đồ thị véc tơ của máy điện KĐB làm việc ở chế độ máy phát



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

3.3. Chế độ hãm ($1 < s < +\infty$)

Khi $s > 1$ thì công suất cơ của máy: $P_{co} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s} < 0$

Và công suất điện từ: $P_{dt} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1}{s} > 0$

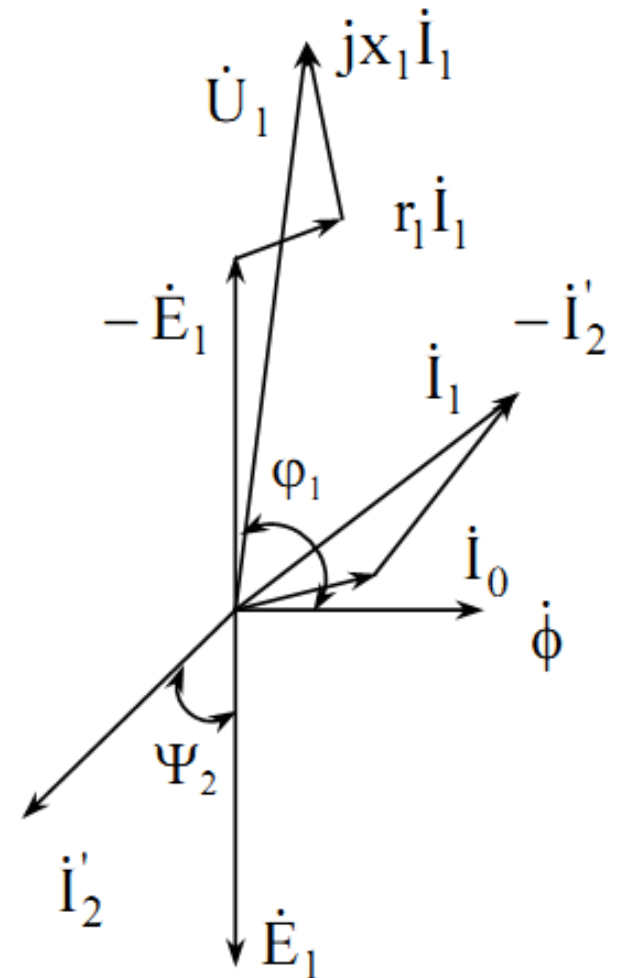
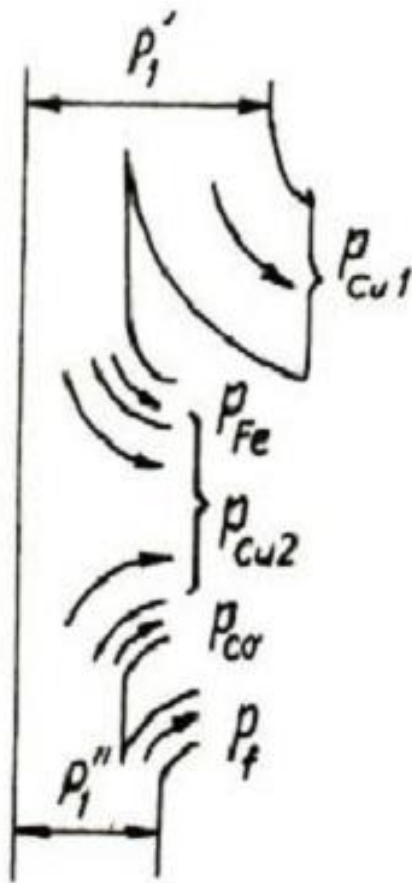
Máy nhận công suất cơ từ ngoài vào và nhận công suất điện từ lưới \rightarrow biến thành tổn hao đồng trên mạch rôto:

$$P_{dt} + (-P_{co}) = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1}{s} - m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s} = m_1 I_2'^2 r_2'$$

Vì tất cả năng lượng đưa vào đều tiêu thụ trên máy nên khi điện áp $U_1 = U_{1đm}$ chỉ cho phép máy làm việc trong thời gian ngắn.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Giản đồ năng lượng và đồ thị véc tơ của máy điện KĐB làm việc ở chế độ hãm



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

4. MÔMEN ĐIỆN TỪ CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Máy điện không đồng bộ thường được dùng làm động cơ điện, nên khi phân tích sẽ lấy động cơ điện làm ví dụ.

Khi làm việc, động cơ điện KĐB phải khắc phục mômen tải bao gồm mômen không tải M_0 và mômen của phụ tải M .

Phương trình cân bằng mômen của động cơ điện không đồng bộ lúc làm việc ổn định:

$$M = M_0 + M_2$$

Trong đó: M – Mômen điện từ của động cơ điện.

M_0 – Mômen không tải; M_2 – Mô men cơ cấp cho phụ tải

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

$$M_0 = \frac{p_{co} + p_f}{\omega} \qquad M_2 = \frac{P_2}{\omega}$$

Tốc độ góc của rôto: $\omega = 2\pi n / 60$, với n – tốc độ quay rôto

Do đó:
$$M = \frac{p_{co} + p_f + P_2}{\omega} = \frac{P_{co}}{\omega}$$

Theo công suất điện từ:
$$M = \frac{P_{đt}}{\omega_1}$$

$$\frac{P_{đt}}{\omega_1} = \frac{P_{co}}{\omega} \rightarrow P_{co} = \frac{\omega}{\omega_1} P_{đt} = (1 - s)P_{đt}$$

Tổn hao đồng trên rôto:

$$p_{đ2} = P_{đt} - P_{co} = s.P_{đt}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Các biểu thức đã biết:

$$P_{đt} = m_2 E_2 I_2 \cos \psi_2$$

$$P_{co} = m_2 (1 - s) E_2 I_2 \cos \psi_2$$

$$E_2 = \sqrt{2} \cdot s \cdot f_1 N_2 k_{dq2} \Phi_m$$

$$f_1 = p n_1 / 60$$

$$\omega = (1 - s) \omega_1 = (1 - s) 2\pi n_1 / 60$$

Thay vào biểu thức mô men điện từ:

$$M = \frac{P_{co}}{\omega} = \frac{1}{\sqrt{2}} m_2 p N_2 k_{dq2} \Phi_m I_2 \cos \psi_2$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Thông thường mômen điện từ được tính theo mạch điện thay thế. Từ sơ đồ thay thế hình Γ :

$$I_2' = C_1 I_2'' = \frac{U_1}{\sqrt{(r_1 + C_1 r_2' / s)^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}}$$

$$P_{co} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s}$$

$$\omega = (1-s)\omega_1$$

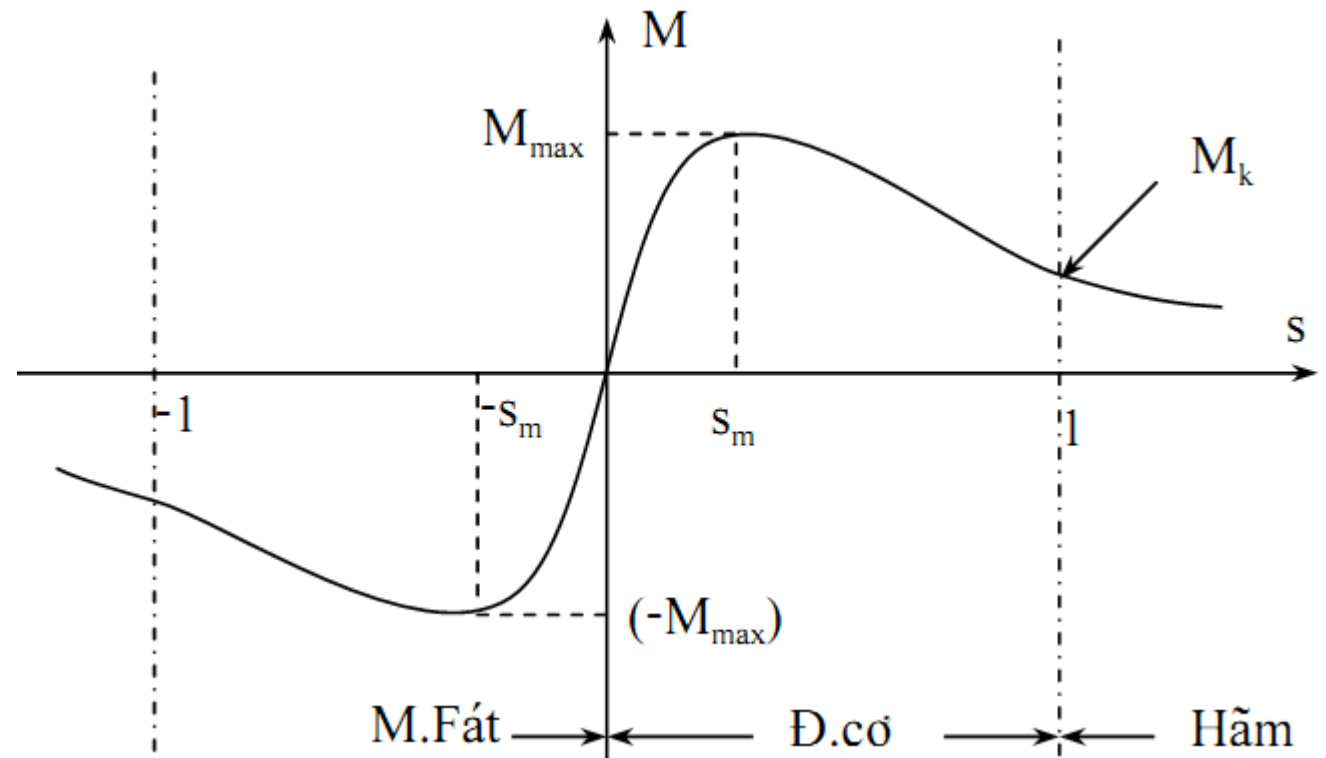
Mô men điện từ tính theo dòng điện I_2' :

$$M = \frac{m_1}{\omega_1} \frac{U_1^2 r_2' / s}{(r_1 + C_1 r_2' / s)^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Nhận xét:

- + Mômen M tỉ lệ U_1^2 .
- + Mômen M tỉ lệ nghịch $(x_1 + c_1 x'_2)^2$ khi tần số cho trước.
- + $M = f(s)$.



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

4.1. Tìm mômen cực đại M_{\max}

Để vẽ quan hệ (đặc tính cơ) $M = f(s)$, ta tìm mômen cực đại bằng cách giả thiết như sau:

- Các tham số khác là không đổi.
- Đặt $y = 1/s$.

Viết lại biểu thức mômen điện từ:

$$M = \frac{Ay}{B + Cy + Dy^2}$$

Trong đó: $A = \frac{m_1 U_1^2 r_2'}{\omega}$ $B = r_1^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2$

$$C = 2C_1 r_1 r_2' \quad C = C_1^2 r_2'^2$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Lấy đạo hàm và tìm s_m ứng với mômen cực đại M_{\max} .

$$\left. \frac{dM}{dy} \right|_{y=y_m} = \frac{A(B - Dy^2)}{(B + Cy + Dy^2)^2} = 0$$

$$y_m = \pm \sqrt{B/D}$$

$$s_m = \pm \sqrt{D/B} = \pm \frac{C_1 r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}}$$

$$M_{\max} = \pm \frac{1}{2\omega_1 C_1} \frac{m_1 U_1^2}{\pm r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Thường $r_1 \ll x_1 + C_1 x'_2$, nên xem $r_1 = 0$, ta có:

$$s_m = \pm \frac{C_1 r'_2}{x_1 + C_1 x'_2} \quad M_{\max} = \pm \frac{1}{2\omega_1 C_1} \frac{m_1 U_1^2}{x_1 + C_1 x'_2}$$

Ta nhận xét về M_{\max} :

- + M_{\max} tỉ lệ với U_1^2
- + M_{\max} không phụ thuộc r'_2
- + M_{\max} ở chế độ máy phát lớn hơn so với M_{\max} ở chế độ động cơ.
- + r'_2 càng lớn thì s_m càng lớn.
- + r'_2 tăng thì M_{\max} không đổi mà dịch sang phải.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

4.2. Mômen khởi động

Điểm $s = 1$ ($n = 0$) trên đặc tính cơ ứng với chế độ khởi động của động cơ:

$$M_k = \frac{1}{\omega_1} \frac{m_1 U_1^2 r_2'}{(r_1 + C_1 r_2' / s)^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}$$

Nhận xét về mômen khởi động M_k :

- + M_k tỉ lệ với U_1^2
- + M_k tỉ lệ với nghịch với $Z_2 = (r_1 + C_1 r_2')^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2$. Nếu $C_1 = 1$ thì $Z = Z_n$. Còn nếu $(r_1 + C_1 r_2') \ll (x_1 + C_1 x_2')$ thì M_k tỉ lệ với nghịch điện kháng $(x_1 + C_1 x_2')^2$.
- + Tìm $M_k = M_{\max}$ thì hệ số trượt $s_m = 1$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Điện trở của mạch rôto để $M_k = M_{\max}$.

$$s_m = \frac{C_1 r_2'}{x_1 + C_1 x_2'} = 1 \rightarrow r_2' = \frac{x_1}{C_1} + x_2'$$

4.3. Đặc tính cơ của động cơ điện

Đặc tính cơ của động cơ điện là quan hệ: $M_2 = f(n)$ hoặc $n = f(M_2)$.

Mà ta có $M = M_0 + M_2$, vậy ở đây ta xem $M_0 = 0$ hoặc chuyển M_0 về mômen cản tĩnh, nên xem rằng $M_2 = M = f(n)$.

Đồ thị $M = f(s)$:

+ Đoạn $0 < s < s_m$: Động cơ làm việc ổn định. Đặc tính cơ cứng.

+ Đoạn $s_m < s < 1$: Động cơ làm việc không ổn định.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

4.4. Tìm biểu thức Klox (Động cơ)

Lập tỉ số M/M_{\max} :

$$\frac{M}{M_{\max}} = \frac{2C_1 r_2' [r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}]}{s [(r_1 + C_1 r_2' / s)^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2]}$$

Ta có: $\sqrt{r_1^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2} = \frac{C_1 r_2'}{s_m}$

Thay vào biểu thức tỉ số mômen:

$$\frac{M}{M_{\max}} = \frac{2 + a.s_m}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s} + a.s_m}$$

Với: $a = \frac{2r_1}{C_1 r_2'}$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Trong máy điện KĐB, thường điện trở $r_1 = r'_2$ và $s_m = 0,1 \div 0,2$, nên:

a. s_m rất nhỏ hơn số hạng trước nó, nên:

$$\frac{M}{M_{\max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}}$$

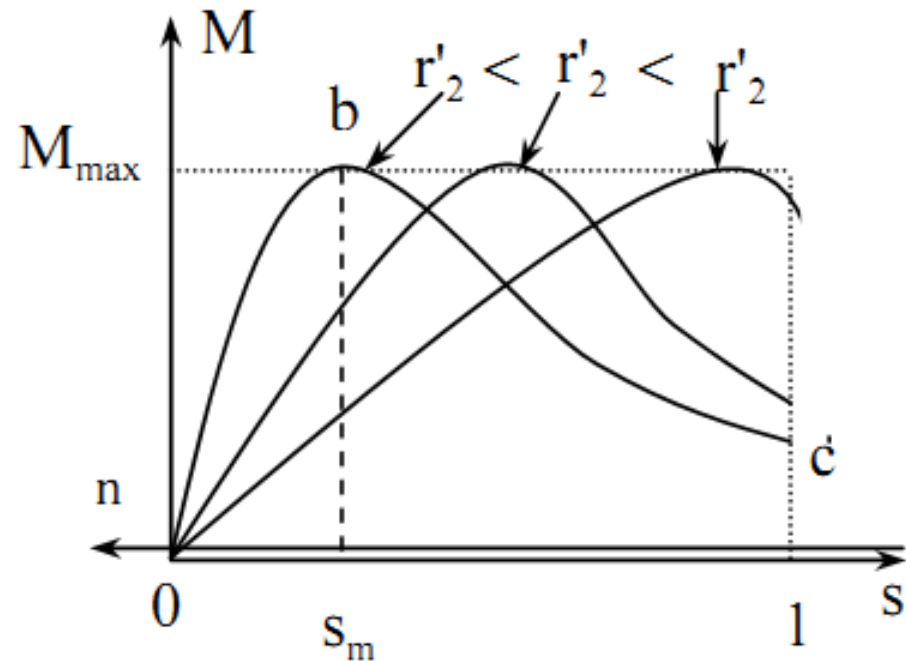
Năng lực quá tải:

$$k_m = \frac{M_{\max}}{M_{\text{đm}}} = (1,7 \div 3)$$

Bội số mô men và dòng điện

khởi động:

$$k_k = \frac{M_k}{M_{\text{đm}}}; k_I = \frac{I_k}{I_{\text{đm}}}$$



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

5. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH THÔNG SỐ MẠCH ĐIỆN THAY THẾ

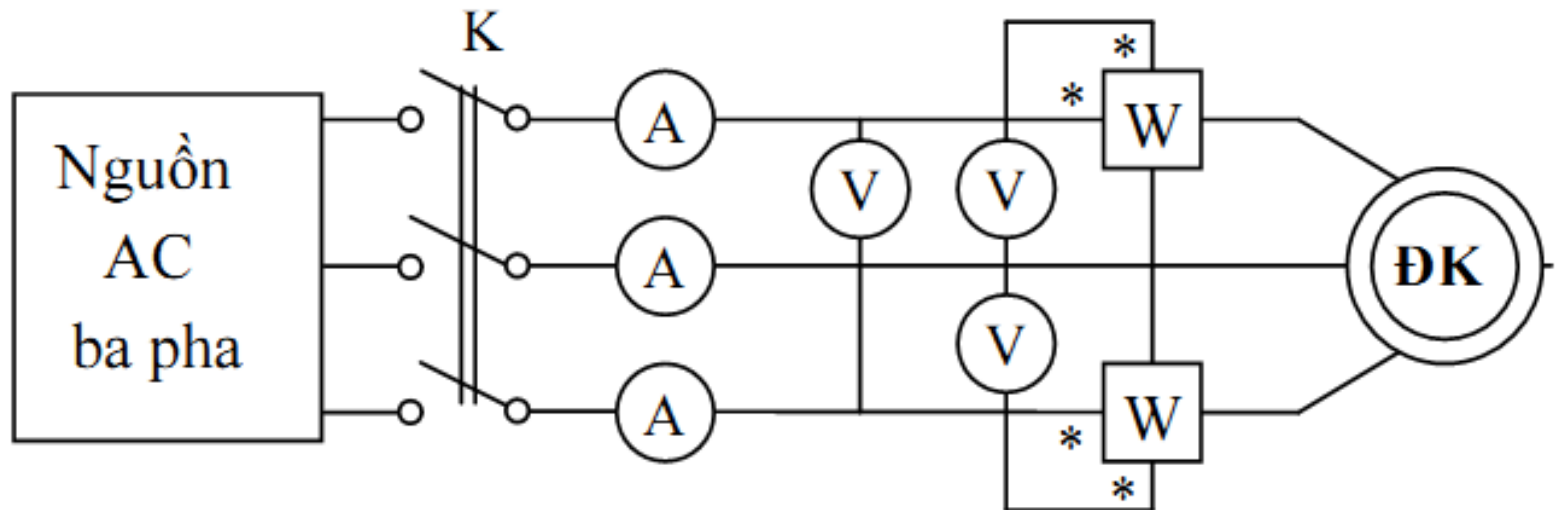
Mô hình mạch điện của động cơ không đồng bộ tương tự như mba, các thông số cũng được xác định bằng thí nghiệm không tải (đầu trục động cơ không nối với tải) và ngắn mạch (giữ rôto đứng yên) giống như trong mba.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

5.1. Thí nghiệm không tải

Thí nghiệm không tải là dây quấn stato nối vào lưới điện có điện áp và tần số định mức, còn đầu trục động cơ không nối với tải.

Sơ đồ nối dây thí nghiệm



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Khi nối nguồn điện có điện áp định mức vào dây quấn stato, lúc đó ta đo được các đại lượng nhờ các dụng cụ đo như sau :

Công suất không tải P_0 (3-pha, tổng công suất trên hai Watt kế)

Dòng điện không tải I_0 (tính trung bình từ 3 ampe kế)

Điện áp không tải U_0 (tính trung bình từ 3 vôn kế).

Công suất không tải P_0 (tổn hao không tải) là các tổn thất khi công suất trên đầu trục là zéro, bao gồm : tổn hao đồng stato, tổn hao sắt và tổn hao quay (tổn hao quạt gió, ma sát và tổn hao phụ)

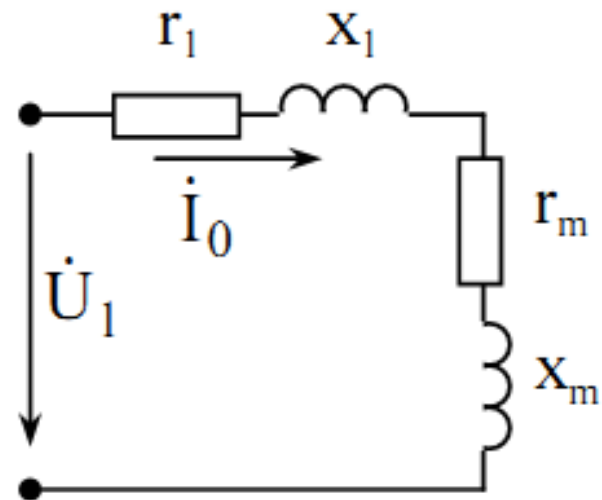
Tổn hao sắt trong lõi thép chỉ xảy ra ở stato, còn trong rôto không đáng kể, do hệ số trượt rất thấp ($s_0=0,001$), nên tần số dòng điện trong dây quấn rôto thấp, khoảng 0,05Hz.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Trị số dòng điện không tải khoảng 20 - 40% dòng điện định mức vì có khe hở không khí. Tổn thất đồng stato khi không tải cần được tính toán, bằng cách đo điện trở một chiều và hiệu chỉnh theo dòng điện xoay chiều (50Hz).

Công suất cơ $P_{cơ}$ tương ứng với điện trở giả tưởng có độ trượt s_0 rất thấp. Vì vậy $r'_2/s_0 + jx'_2 \gg Z_m = r_m + jx_m$ nên $r'_2/s_0 + jx'_2$ có thể bỏ qua.

Từ mạch điện thay thế,
mạch điện khi không tải như sau



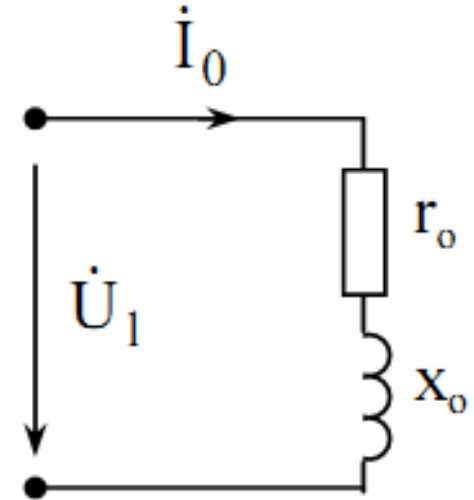
CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Phối hợp hai nhánh nối tiếp Z_1 và Z_m ta được mạch điện hình bên.

Trong đó $Z_o = Z_1 + Z_m = r_o + jx_o$,

với $r_o = r_1 + r_m$ và $x_o = x_1 + x_m$.

Ở đây, r_o đặc trưng cho tổn hao không tải gồm tổn hao sắt, quạt gió, ma sát và tổn hao phụ.



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Từ các thông số thí nghiệm và mạch điện thay thế:

$$r_o = r_1 + r_m = \frac{P_0}{3} \frac{1}{I_0^2}$$

$$z_o = \frac{U_0}{\sqrt{3}} \frac{1}{I_0}$$

$$x_o = x_1 + x_m = \sqrt{z_o^2 - r_o^2}$$

Hệ số công suất không tải :

$$\cos\varphi_o = \frac{P_0}{U_0 I_0}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

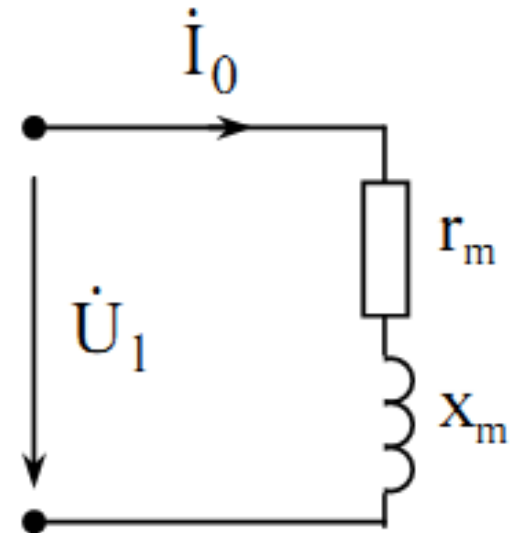
Điện kháng tản stato x_1 tìm được từ thí ngắn mạch. Ta có thể tách tổn hao quay từ tổn hao không tải bằng cách trừ tổn hao đồng trên dây quấn stato khi không tải :

$$P_q = P_0 - 3.r_1 I_0^2$$

Tổng trở stato $Z_1 = r_1 + jx_1 \ll Z_m = r_m + jx_m$, nên có thể bỏ qua Z_1 .

Mạch điện thay thế gần đúng động cơ không đồng bộ khi không tải trình bày trên hình bên.

Mạch điện tương đương này dùng để tính tổng trở nhánh từ hoá rất đơn giản, giống như trong mba.



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

6.2. Thí nghiệm ngắn mạch

Thí nghiệm này được dùng để xác định các thông số nối tiếp trong mô hình mạch động cơ không đồng bộ. Sơ đồ nối dây thí nghiệm giống như khi không tải, nhưng giữ rôto đứng yên, lúc này hệ số trượt $s = 1$. Giảm điện áp đặt vào dây quấn stato, sao cho dòng điện chạy trong dây quấn stato bằng dòng điện định mức. Lúc đó ta đo được các đại lượng nhờ các dụng cụ đo như sau :

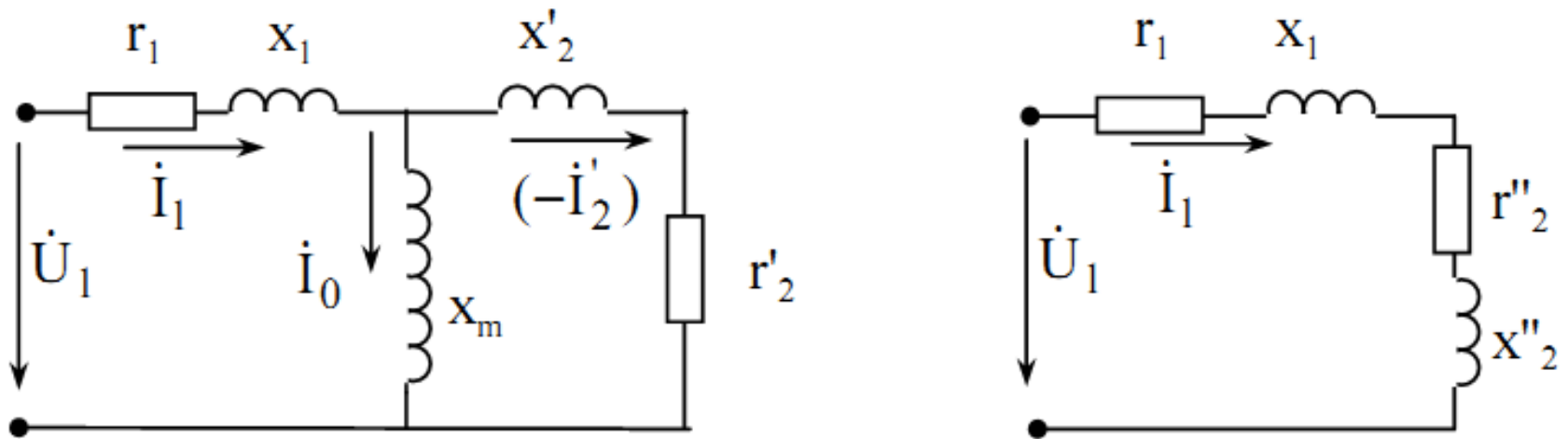
Công suất ngắn mạch P_n (3-pha, tổng công suất trên hai oát kế)

Dòng điện ngắn mạch I_n (tính trung bình từ 3 ampe kế)

Điện áp ngắn mạch U_n (tính trung bình từ 3 vôn kế).

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Trong thí nghiệm này, bỏ qua tổn hao sắt $r_m = 0$, nhưng không thể bỏ qua điện kháng từ hoá X_m vì nó nhỏ hơn nhiều so với mba. Từ mạch điện thay thế, mạch khi thí nghiệm ngắn mạch như sau:



Phối hợp hai nhánh song song, nếu bỏ qua nhánh từ hoá song song của mạch điện thì giống như thí nghiệm ngắn mạch mba, việc tính toán sẽ đơn giản hơn vì x''_2 và r''_2 tương ứng bằng x'_2 và r'_2 .

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Từ các thông số thí nghiệm và mô hình mạch, ta tính được :

$$r_{td} = r_1 + r_2'' = \frac{P_n}{3} \frac{1}{I_n^2}$$

$$Z_{td} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \frac{1}{I_n}$$

$$X_{td} = X_1 + X_2'' = \sqrt{Z_{td}^2 - r_{td}^2}$$

Hệ số công suất ngắn mạch :

$$\cos \varphi_n = \frac{P_n}{U_n I_n}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Trong trường hợp gần đúng có thể cho rằng điện kháng tản stato và điện kháng tản rôto bằng nhau và bằng nửa x_{td} ($x_{td} \approx x_n$):

$$x_1'' = x_2'' = x_{td}'' / 2$$

Từ mạch điện thay thế:

$$r_2'' + jx_2'' = \frac{(r_2' + jx_2')jx_m}{r_2' + j(x_2' + x_m)}$$

Phần thực của biểu thức trên chính là điện trở r_2'' :

$$r_2'' = \frac{r_2' x_m^2}{(r_2')^2 + (x_2' + x_m)^2}$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

Do $r'_2 \ll (x'_2 + x_m)$, nên bỏ qua r'_2 :

$$r_2'' = \frac{r'_2 x_m^2}{(x'_2 + x_m)^2}$$

Theo sơ đồ mạch:

$$r_2'' = r_{td} - r_1 \rightarrow r_2' = (r_{td} - r_1) \frac{(x'_2 + x_m)^2}{x_m^2}$$

Khi $x_m \gg x'_2$, ta có:

$$x_{td} = x_1 + x_2'$$

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

6. MÔMEN PHỤ CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Mômen phụ máy điện không đồng bộ là mômen sinh ra do từ trường sóng bậc cao quay với những tốc độ khác nhau.

Những mômen phụ này rất yếu so với sóng cơ bản, nhưng ở tốc độ thấp nó sinh ra mômen hãm tương đối lớn làm ảnh hưởng đến sự làm việc của máy điện, nhất là trong quá trình mở máy động cơ không đồng bộ.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

6.1. Các loại mômen phụ

a. Mômen phụ không đồng bộ

Dù tốc độ quay của rôto như thế nào, stator sóng cơ bản của stato và rôto đều quay cùng tốc độ n_1 , do đó sinh ra mômen điện từ như đã phân tích trên.

Hiện tượng này cũng đúng cho các sóng điều hòa bậc cao.

Các sóng điều hòa đều sinh ra mômen, nhưng sóng bậc 5 quay ngược và sóng bậc 7 quay thuận có biên độ tương đối lớn và mômen phụ sinh ra cũng ảnh hưởng nhiều đến mômen của máy điện.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

+ Sóng bậc 7 quay thuận: ($v = 6k + 1$)

Tốc độ đồng bộ của stđ bậc 7: $n_7 = n_1/7$

Đối với sóng bậc 7, với tốc độ: $0 < n < n_1/7 \rightarrow$ máy ở chế độ động cơ; còn $n > n_1/7$ $n_1 \rightarrow$ máy ở chế độ máy phát.

+ Sóng bậc 5 quay ngược : ($v = 6k - 1$)

Tốc độ đồng bộ của stđ bậc 5: $n_5 = - n_1/5 < 0$ nên tốc độ này nằm trong khu vực hãm đối với động cơ ($s > 1$). Vì từ trường sóng bậc 5 quay ngược nên tốc độ trong khoảng : $- n_1/5 < n < n_1$ mômen âm và $n < - n_1/5$ mômen dương.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

b. Mômen phụ đồng bộ:

Mômen phụ đồng bộ sinh ra do sóng điều hòa bậc cao nào đó của từ trường stato tác dụng với một sóng điều hòa bậc cao có cùng số đôi cực của từ trường rôto. Mômen phụ này chủ yếu do stđ sóng điều hòa răng của stato và rôto sinh ra.

Do đó sự phối hợp răng rãnh giữa stato và rôto liên quan đến việc sinh ra mômen này

Chú ý: $Z_1 = Z_2$ và $Z_1 - Z_2 = \pm 2p \rightarrow$ sinh ra mômen phụ đồng bộ.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

c. Mômen dòng điện xoáy và Mômen từ trễ:

+ Mômen dòng xoáy M_x sinh ra do sự tương tác của dòng điện xoáy cảm ứng trong mạch dẫn từ rôto và từ trường chính.

+ Mômen từ trễ M_T sinh ra do hiện tượng trễ của thép làm mạch dẫn từ rôto làm chậm trễ sự từ hóa lại rôto đối với từ trường dịch chuyển tương đối so với rôto

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

6.2. Phương pháp trừ khử momen phụ

Mômen phụ là do stđ sóng điều hòa bậc cao sinh ra, trong đó có cả stđ sóng điều hòa răng. Vì vậy muốn trừ khử mômen phụ thì phải làm yếu stđ sóng điều hòa đó.

- + Dùng dây quấn bước ngắn.
- + Phối hợp rãnh thích đáng.
- + Thực hiện rãnh nghiêng.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

7. CÁC ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

7.1. Đặc tính tốc độ $n = f(P_2)$.

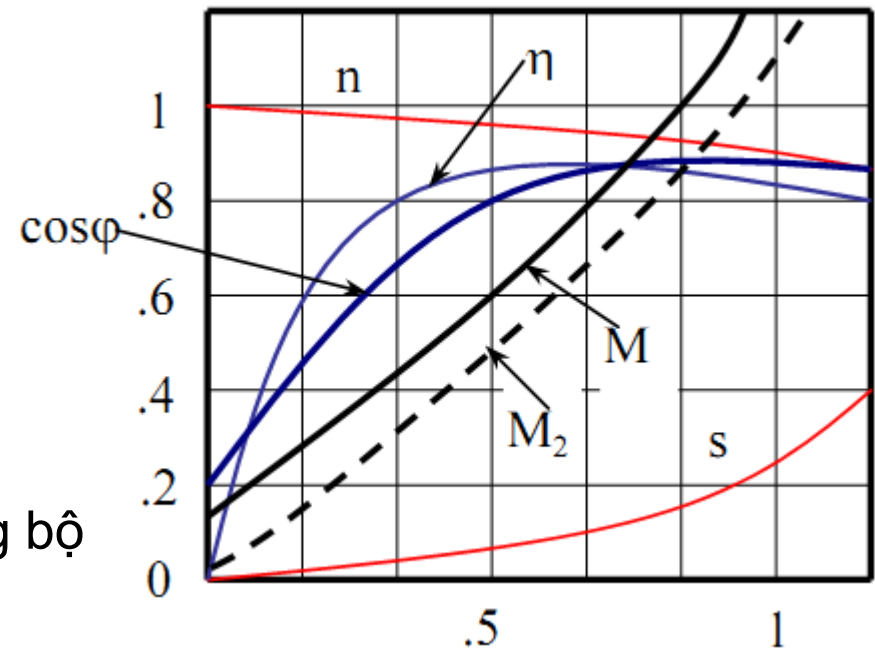
Theo công thức hệ số trượt:

$$n = n_1(1-s)$$

trong đó : $s = p_{Cu2}/P_{đt}$.

Khi không tải $p_{Cu2} \ll P_{đt}$ nên $s \approx 0$
động cơ điện quay gần tốc độ đồng bộ
 $n \approx n_1$

Khi tăng tải thì tổn hao đồng cũng tăng
lên n giảm một ít, nên đường đặc tính
tốc độ là đường dốc xuống.

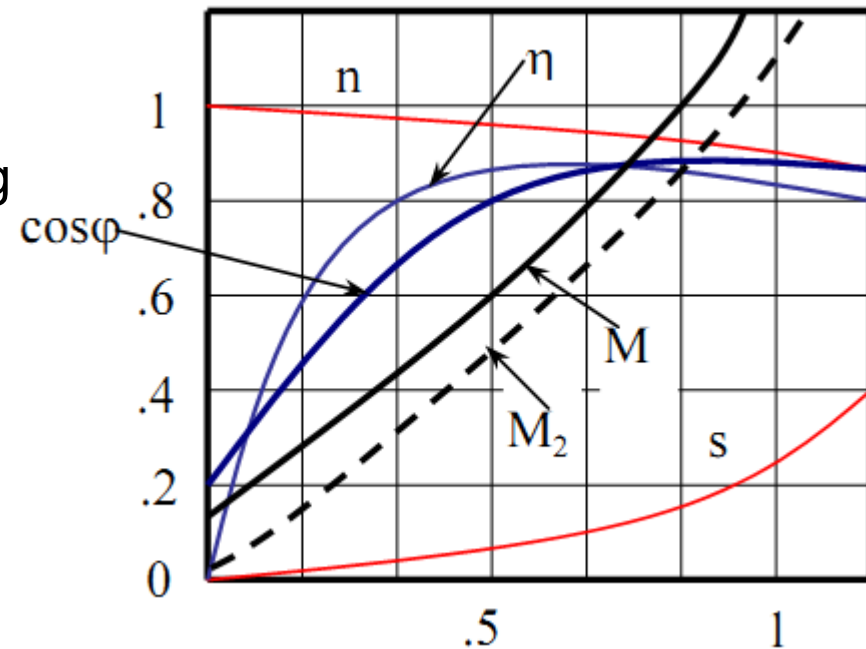


CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

7.2. Đặc tính momen $M = f(P_2)$

Ta có $M = f(s)$ thay đổi rất nhiều.

Nhưng trong phạm vi $0 < s < s_m$ thì đường $M = f(s)$ gần giống đường thẳng, nên $M_2 = f(P_2)$ đường thẳng qua gốc tọa độ.



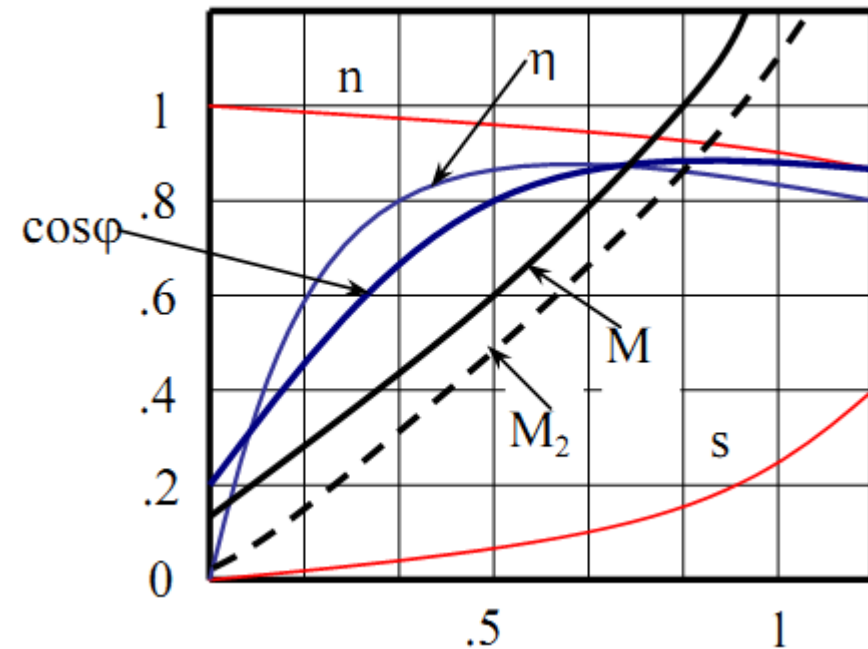
CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

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

Ta có hiệu suất của máy điện không đồng bộ

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Sigma p}$$

Σp tổng tổn hao, nhưng ở đây chỉ có tổn hao đồng thay đổi theo phụ tải còn các tổn hao khác là không đổi.



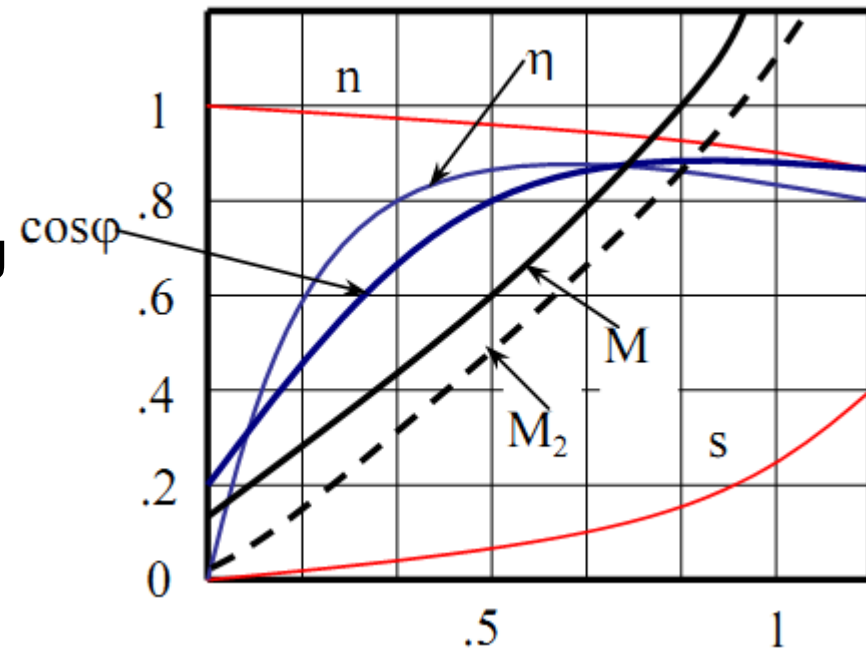
CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

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

Vì máy điện KĐB luôn luôn nhận công suất phản kháng từ lưới.

Lúc không tải $\cos\varphi$ rất thấp thường nhỏ hơn 0,2.

Khi có tải dòng điện I_2 tăng lên nên $\cos\varphi$ cũng tăng.



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

8. MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ LÀM VIỆC TRONG ĐIỀU KIỆN KHÔNG ĐỊNH MỨC

8.1. Điện áp không định mức.

Giả thiết $U_1 < U_{đm}$ (thường gặp nhất), lúc này M giảm vì $M \sim U^2$.

Và ta có $M = C\Phi I_2^2 \cos\varphi_2$, nếu M_c không đổi thì I_2 sẽ tăng lên tỉ lệ với sự giảm Φ , làm máy nóng lên, vì $U \approx E \sim F$ nên U giảm thì Φ giảm.

Hệ số công suất $\cos\varphi$ có xu hướng tăng vì I_0 giảm khi U giảm.

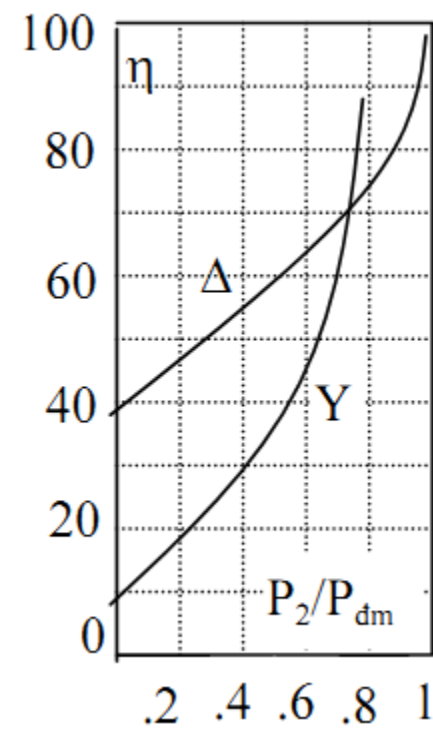
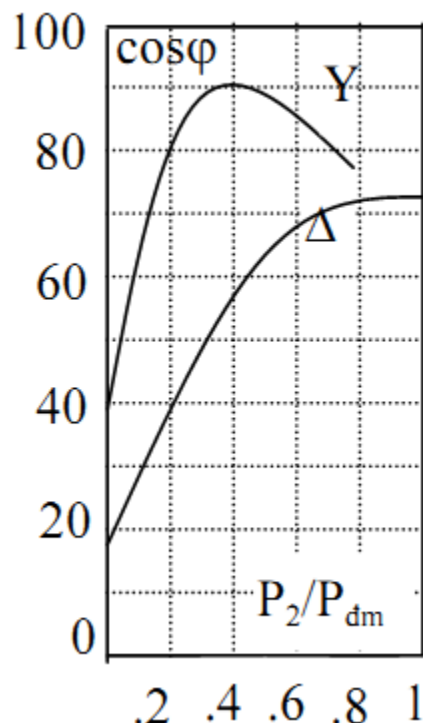
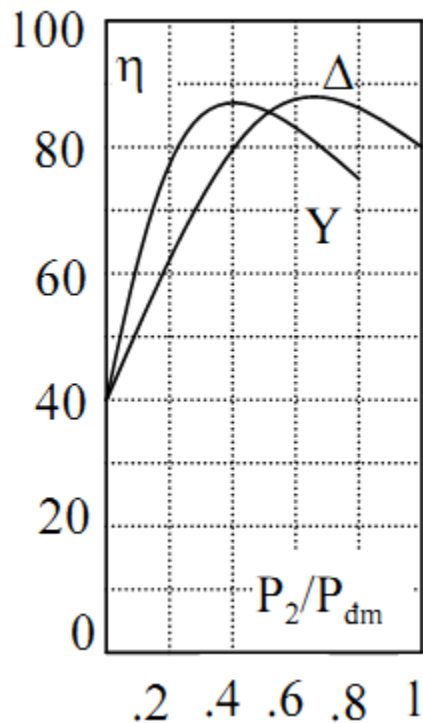
Về mặt tổn hao, điện áp giảm có ảnh hưởng như sau :

- tổn hao p_{st} giảm $\sim U^2$
- tổn hao $p_{đ2}$ tăng $\sim I_2^2$
- tổn hao $p_{đ1}$ phụ thuộc vào I_0 và I_2 vì I_0 giảm còn I_2 tăng.

Nếu tải $< 40\%$, tổn hao có giảm nên hiệu suất η tăng.

Nhưng tải $> 50\%$, tổn hao tăng nên hiệu suất η giảm.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB



CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

8.2. Tần số không định mức.

Thường thì tần số f không đổi hay thay đổi $\pm 5\% f_{đm}$ xem như không đổi.

Giả thiết : $f < f_{đm}$ mà $U \approx E \sim f \cdot \Phi$ cho rằng $U = \text{const} \rightarrow \Phi \sim 1/f$.

Vậy khi tần số f giảm thì:

+ Φ tăng thì I_0 tăng làm p_{st} tăng và $\cos\varphi_1$ giảm.

+ tốc độ n giảm.

+ Nếu $M_C = \text{const}$ thì I_2 giảm và s giảm vì $s \cdot P_{đt} = p_{đ2} = m_2 I_2^2 r'_2$.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

8.3. Điện áp đặt vào không đối xứng

Phân tích điện áp không đối xứng thành các thành phần thuận, thứ tự ngược, thứ tự không và trung tính không nối đất như thường gặp trong các động cơ không đồng bộ.

Hệ thống điện áp thứ tự ngược sinh ra từ trường quay nghịch có hệ số trượt của rôto đối với từ trường quay này là $(2-s) > 1$ và mômen do nó sinh ra làm giảm mômen có ích, đồng thời gây nên tổn hao phụ.

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB

CHƯƠNG 8: QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN KĐB
