

Chương 13 **QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ**

13.1. ĐẠI CƯƠNG

Trên stato của máy điện không đồng bộ (MK) có dây quấn m_1 pha, còn trên dây quấn roto có dây quấn m_2 pha. Như vậy trong máy điện không đồng bộ có hai mạch điện không nối với nhau và giữa chúng có liên hệ với nhau về từ. Khi máy điện làm việc bình thường trên dây quấn stato và rôto có từ thông tản và tương ứng có điện kháng tản và giữa hai dây quấn có sự hỗ cảm. Vì vậy ta có thể coi máy điện không đồng bộ như một mba mà dây quấn stato là dây quấn sơ cấp, dây quấn rôto là dây quấn thứ cấp và sự liên hệ giữa hai mạch sơ cấp và thứ cấp thông qua từ trường quay. Do đó ta có thể dùng cách phân tích mba để nghiên cứu nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ.

Khi nghiên cứu nguyên lý làm việc cơ bản của máy điện không đồng bộ ta chỉ xét tác dụng của sóng cơ bản mà không xét sóng bậc cao.

13.2. MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ 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 sẽ 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 là:

$$\dot{F}_1 = \frac{m_1 \sqrt{2}}{\pi} \times \frac{N_1 k_{dq1}}{p} \dot{I}_1 \quad (13.1a)$$

$$\dot{F}_2 = \frac{m_2 \sqrt{2}}{\pi} \times \frac{N_2 k_{dq2}}{p} \dot{I}_2 \quad (13.1b)$$

trong đó : m_1, m_2 là số pha của dây quấn stato và rôto; p là số đôi cực từ; N_1, N_2 là 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.

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 được viết là:

$$\dot{F}_1 + \dot{F}_2 = \dot{F}_0 \quad (13.2a)$$

$$\dot{F}_1 = \dot{F}_0 + (-\dot{F}_2) \quad (13.2b)$$

Ở đây ta xem dòng điện I_1 gồm hai thành phần:

- Một thành phần là dòng điện \dot{I}_0 tạo nên stđ $\dot{F}_0 = \frac{m_1\sqrt{2}}{\pi} \times \frac{N_1 k_{dq1}}{p} \dot{I}_0$.
- Và một thành phần là $(-\dot{I}'_2)$ tạo nên stđ $(-\dot{F}'_2) = -\frac{m_1\sqrt{2}}{\pi} \times \frac{N_1 k_{dq1}}{p} \dot{I}'_2$ bù lại

stđ F_2 của dòng điện thứ cấp \dot{I}_2 .

Như vậy ta có:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}'_2) \quad (13.3a)$$

$$\text{hay} \quad \dot{I}_1 + \dot{I}'_2 = \dot{I}_0 \quad (13.3b)$$

So sánh stđ F_2 do dòng điện I_2 của rôto tạo ra và stđ F'_2 do thành phần \dot{I}'_2 của dòng điện stato sinh ra, ta có:

$$\frac{m_2\sqrt{2}}{\pi} \times \frac{N_2 k_{dq2}}{p} \dot{I}_2 = \frac{m_1\sqrt{2}}{\pi} \times \frac{N_1 k_{dq1}}{p} \dot{I}'_2$$

Từ đó ta có được hệ số qui đổi dòng điện:

$$k_i = \frac{m_1 N_1 k_{dq1}}{m_2 N_2 k_{dq2}} \quad (13.4)$$

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:

$$\dot{E}_1 = -j \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_1 N_1 k_{dq1} \dot{\Phi}_m = -j\omega_1 \frac{\dot{\Psi}_{1m}}{\sqrt{2}} \quad (13.5a)$$

$$\dot{E}_2 = -j \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_2 N_2 k_{dq2} \dot{\Phi}_m = -j\omega_2 \frac{\dot{\Psi}_{2m}}{\sqrt{2}} \quad (13.5b)$$

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

$$k_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1 k_{dq1}}{N_2 k_{dq2}} \quad (13.6)$$

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

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{t1} + \dot{I}_1 r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 (r_1 + jx_1) = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1 \quad (13.7)$$

trong đó:

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

* r_1 là điện trở của dây quấn stato.

* x_1 là điện kháng tản của dây quấn stator.

+ $\dot{E}_{t1} = -j\dot{I}_1 x_1$ sđđ tản do từ thông tản stato Φ_{t1} sinh ra.

Phương trình cân bằng sdd trong mạch điện rôto:

$$0 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2(r_2 + jx_2) = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 Z_2 \quad (13.8)$$

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

* r_2 là điện trở của dây quấn rôto.

* $x_2 = 2\pi f_1 L_{r2}$ là điện kháng tản của dây quấn rôto lúc đứng yên.

Cũng giống như ở mba, ta có thể viết:

$$-\dot{E}_1 = \dot{I}_0 Z_m = \dot{I}_0 (r_m + jx_m) \quad (13.9)$$

trong đó: I_0 - dòng điện từ hóa sinh ra stđ F_0 .

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

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

* x_m là điện kháng từ hóa biểu thị sự hỗ cảm giữa stato và rôto.

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

- Qui đổi sdd rôto E_2 sang bên stato ta được là:

$$E'_2 = E_1 = k_e E_2.$$

- Qui đổi điện trở rôto r_2 về stato :

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

$$\text{Vậy : } r_2' = \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{I_2'}{I_2} \right)^2 r_2 = \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{m_1 k_{dq1} W_1}{m_2 k_{dq2} W_2} \right)^2 r_2 \quad (13.10)$$

$$r_2' = k_e k_i r_2 = k \cdot r_2$$

trong đó, $k = k_e k_i$ là hệ số qui đổi tổng trở.

- Tương tự qui đổi điện kháng rôto x_2 về stato :

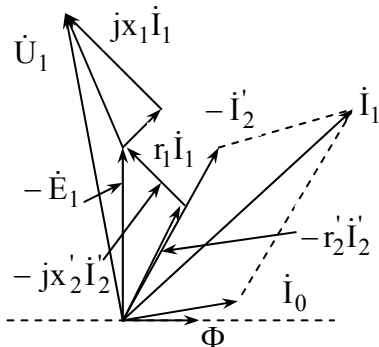
$$x_2' = k x_2 \quad (13.11)$$

Tóm lại, các phương trình đặc trưng của máy điện không đồng bộ qui đổi về stato là:

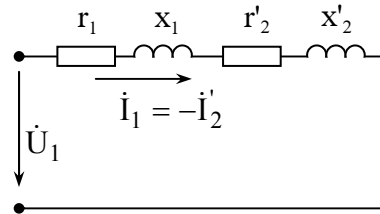
$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1 \\ 0 &= \dot{E}_2' - \dot{I}_2' Z_2' \\ \dot{E}_2' &= \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2') \\ -\dot{E}_1 &= \dot{I}_0 Z_m \end{aligned} \right\} \quad (13.12)$$

Khi rôto đứng yên mà dây quấn rôto ngắn mạch, thì dòng điện trong 2 dây quấn rất lớn. Để hạn chế dòng điện I_1 và I_2 trong 2 dây quấn ở trị số định mức của chúng thì cần phải giảm thấp điện áp xuống còn khoảng (15-25)% U_{dm} . Lúc này sdd E_1 trong máy điện không đồng bộ nhỏ đi rất nhiều và tương ứng từ thông Φ_m cũng nhỏ, nghĩa là stđ từ hóa F_0 rất nhỏ so với F_1 và F_2 , do đó ta coi $F_0 = 0$ và ta có:

$$\begin{aligned} \dot{F}_1 + \dot{F}_2 &= \dot{F}_0 = 0 \\ \text{và} \quad \dot{I}_1 + \dot{I}'_2 &= \dot{I}_0 = 0 \end{aligned} \quad (13.13)$$



Hình 13.1 Đồ thị vectơ của MK khi rôto đứng yên



Hình 13.2 Mạch điện thay thế của MK khi ngắn mạch

Ta 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 của máy điện không đồng bộ.

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

Khi $U_1 = U_{dm}$ thì $I_1 = I_k$ đây là dòng điện khởi động của máy.

13.3. MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ LÀM VIỆC KHI ROTOR QUAY

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

13.3.1. Các phương trình cơ bản.

1. Phương trình cân bằng sđđ ở dây quấn stato:

Máy điện không đồng bộ khi làm việc thì dây quấn rôto nhất định phải kín mạch và thường là ngắn mạch. Khi nối dây quấn stato với nguồn ba pha, ta có phương trình cân bằng sđđ ở dây quấn stato khi rôto quay giống như khi đứng yên:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1 \quad (13.14)$$

2. 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 theo chiều từ trường quay thì giữa dây quấn rôto và từ trường quay có tốc độ trượt $n_2 = n_1 - n$, vậy tần số sđđ và dòng điện trong dây quấn rôto sẽ là:

$$f_2 = \frac{n_2 p}{60} = \frac{n_1 - n}{n_1} \times \frac{n_1 \times p}{60} = s f_1 \quad (13.15)$$

trong đó, s - là hệ số trượt của máy điện không đồng bộ, lúc máy làm việc ở chế độ tải định mức, thường $s_{dm} = 0,02 \div 0,08$.

Sđđ cảm ứng trong dây rôto lúc quay:

$$\dot{E}_{2s} = -j \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f_2 W_2 k_{dq2} \dot{\Phi}_m = -j\omega_2 \frac{\Psi'_{2m}}{\sqrt{2}} = s\dot{E}_2 \quad (13.16)$$

Điện kháng của dây quấn rôto lúc quay:

$$x_{2s} = 2\pi f_2 L_{12} = 2\pi s f_1 L_{12} = s.x_2 \quad (13.17)$$

Phương trình cân bằng sđđ của mạch điện rôto:

$$0 = \dot{E}_{2s} - \dot{I}_2 (r_2 + jx_{2s}) \quad (13.18)$$

Hay sau khi qui đổi là:

$$0 = \dot{E}'_{2s} - \dot{I}'_2 (r'_2 + jx'_{2s}) \quad (13.19)$$

Trong phương trình trên, sđđ và dòng điện có tần số f_2 , còn bên stato sđđ và dòng điện có tần số f_1 vì vậy ta phải qui đổi tần số thì việc thiết lập phương trình mới có ý nghĩa. Ta viết lại phương trình (13.19):

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

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

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

Từ đó ta viết lại phương trình trên:

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

$$\text{Hay} \quad 0 = \dot{E}'_2 e^{j\omega_1 t} - \dot{I}'_2 \left(r'_2 + jx'_2 + r'_2 \frac{1-s}{s} \right) e^{j\omega_1 t} \quad (13.20)$$

Nhận xét:

1. Về mặt toán học hai phương trình (13.18) và (13.20) không có gì khác nhau, nhưng về mặt vật lý đã khác nhau về bản chất. Phương trình (13.18) chỉ rõ mối quan hệ của điện áp khi rôto 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 (13.20) chỉ rõ quan hệ trường hợp rôto đứng yên và lúc này trên rôto 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 .

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 nó quay.

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

$$\begin{aligned} \dot{F}_1 + \dot{F}_2 &= \dot{F}_0 \\ \text{hay} \quad \dot{I}_1 + \dot{I}'_2 &= \dot{I}_0 \end{aligned}$$

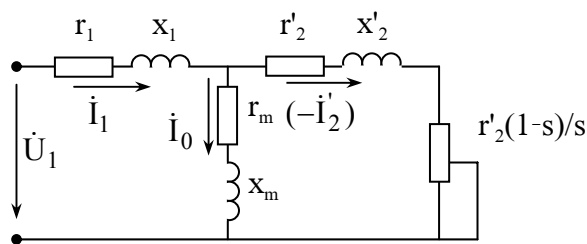
Vậy phương trình cơ bản của máy điện không đồng bộ lúc rôto quay là:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1 \\ 0 &= \dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 \left(\frac{r'_2}{s} + jx'_2 \right) \\ \dot{E}'_2 &= \dot{E}_1 \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_0 + (-\dot{I}'_2) \\ -\dot{E}_1 &= \dot{I}_0 Z_m \end{aligned} \right\} \quad (13.21)$$

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

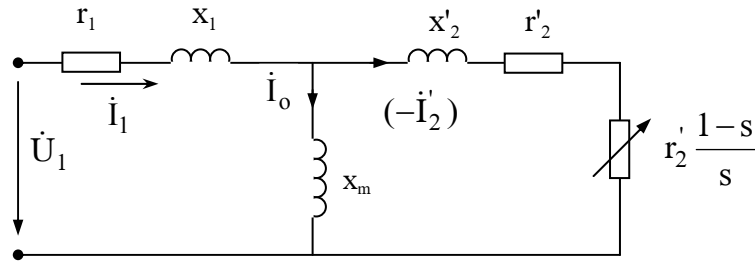
Dựa vào các phương trình cơ bản, ta thành lập sơ đồ thay thế hình T (hình 13.3) cho máy điện không đồng bộ khi rôto quay giống như mba, ở đây dây quấn sơ cấp mba là dây quấn stato, dây quấn thứ cấp mba là dây quấn rôto và phụ tải mba là điện trở giả tưởng $r'_2(1-s)/s$.

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.



Hình 13.3 Mạch điện thay thế hình T của MK

Trong máy điện không đồng bộ, do có khe hở không khí lớn nên tồn tại dòng điện từ hóa lớn, khoảng $(20-50)\%I_{dm}$. 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 hình 13.4 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.



Hình 13.4 Mạch điện thay thế MK do IEEE đề xướng

Thường để tính toán thuận lợi, ta biến đổi mạch điện thay thế hình T về mạch điện thay thế hình Γ đơn giản hơn. Cách biến đổi như sau:

Từ hình (13.3) ta có:

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

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

Vậy dòng điện:
$$\dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}'_2) = \frac{-\dot{E}_1}{Z_m} + \frac{-\dot{E}'_2}{Z'_{2s}}$$

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

$$\rightarrow -\dot{E}_1 = \frac{\dot{U}_1}{1 + \frac{Z_1}{Z_m} + \frac{Z_1}{Z'_{2s}}} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 + \frac{Z_1}{Z'_{2s}}}$$

Trong đó : $C_1 = 1 + Z_1/Z_m$.

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

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

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

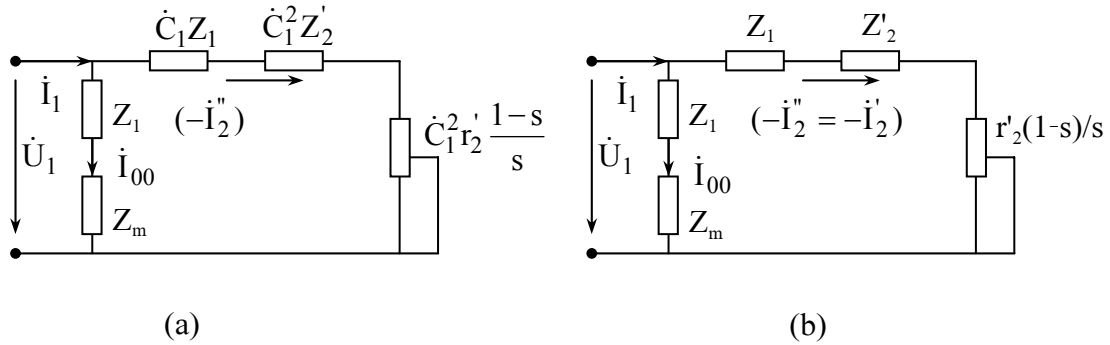
Vậy:
$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 Z_m} + \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1^2 Z'_{2s} + \dot{C}_1 Z_1} = \dot{I}_{00} + \dot{I}_2'' \quad (4.22)$$

Trong đó: $\dot{I}_{00} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 Z_m} = \frac{\dot{U}_1}{(1 + Z_1/Z_m) Z_m} = \frac{\dot{U}_1}{Z_1 + Z_m}$ gọi là dòng điện không tải lý

tưởng, nghĩa là dòng điện không tải lúc $s = 0$, tức là $r'_2(1-s)/s = \infty$.

Và: $-\dot{I}_2'' = \frac{\dot{U}_1}{\dot{C}_1 Z_{2s}' + \dot{C}_1 Z_1} = -\frac{\dot{I}_2'}{\dot{C}_1}$ là dòng điện thứ cấp của mạch điện hình Γ . Từ

các phương trình trên ta thành lập được mạch điện thay thế hình Γ chính xác của máy điện không đồng bộ như hình 13.5a



Hình 13.5 Mạch điện thay thế hình Γ của máy điện không đồng bộ

Thực tế là \dot{C}_1 chỉ lớn hơn 1 một ít, góc phức lại rất nhỏ nên có thể coi $\dot{C}_1 = C_1 = 1 + x/x_m$ và như vậy $\dot{I}_2'' = \dot{I}_2'$. Ta có mạch điện đơn giản hơn như hình (13.4b).

13.3.3. 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 của MK:

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

Đối với dây quấn rôto lồng sóc, đây là loại dây quấn đặc biệt, ta có:

$$m_2 = Z_2 ; \quad N_2 = 1/2 ; \quad k_{dq2} = 1.$$

Thế vào trên ta có:

$$k_e = \frac{k_{dq1} N_1}{k_{dq2} N_2} = \frac{k_{dq1} N_1}{1 \cdot \frac{1}{2}} = 2k_{dq1} N_1 ;$$

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

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

13.4. CÁC CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC, GIẢI ĐỒ NĂNG LƯỢNG VÀ ĐỒ THỊ VÉCTƠ MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Ta đã biết, máy điện không đồng bộ làm việc ở ba chế độ: động cơ, máy phát và hãm.

13.4.1. Máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ động cơ điện ($0 < s < 1$)

Công suất tác dụng động cơ điện 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 $p_{Cu1} = m_1 I_1^2 r_1$ và tổn hao sắt thép trong lõi thép $p_{Fe} = m_1 I_0^2 r_m$, phần lớn công suất đưa vào còn lại chuyển thành công suất điện từ P_{dt} truyền qua rôto. Như vậy :

$$P_{dt} = P_1 - (p_{Cu1} + p_{Fe}) = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s} \quad (13.23)$$

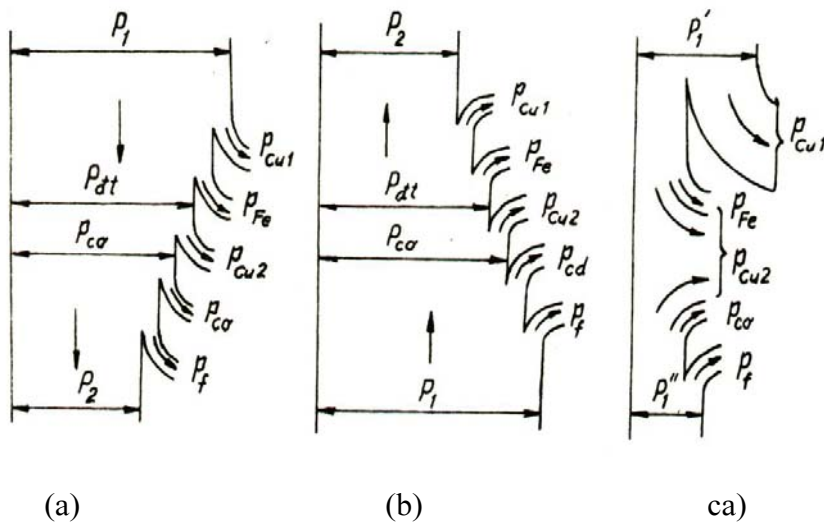
Vì trong rôto có dòng điện nên có tổn hao đồng trên dây quấn rôto: $p_{Cu2} = m_1 I_2'^2 r_2'$. Do đó công suất cơ của động cơ điện :

$$P_{co} = P_{dt} - p_{Cu2} = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s} - m_2 I_2'^2 r_2' = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s} \quad (13.24)$$

Công suất ở đầu trục của động cơ điện:

$$P_2 = P_{co} - (p_{co} + p_f) \quad (13.25)$$

+ tổn hao cơ p_{co} (tổn hao ma sát và quạt gió)
+ tổn hao phụ p_f (xét ở chương sau).



Hình 13.6 Giải đồ năng lượng máy điện không đồng bộ

Tổng tổn hao của động cơ điện không đồng bộ :

$$\Sigma p = p_{Cu1} + p_{Fe} + p_{Cu2} + p_{co} + p_f$$

Hiệu suất của động cơ điện không đồng bộ :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\sum P}{P_1} \quad (13.26)$$

Giản đồ năng lượng của động cơ không đồng bộ như ở hình 13.6a. Và cũng giống như mba, đồ thị vectơ của động cơ điện không đồng bộ có thể vẽ theo các phương trình cơ bản (13.21) như trình bày trên hình 13.7a.

Sự phân phối công suất phản kháng trong máy điện không đồng bộ có thể thấy rõ từ mạch điện thay thế hình T ở hình 13.3.

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

$$Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi \quad (13.27)$$

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

$$q_1 = m_1 I_1^2 x_1 \quad ; \quad q_2 = m_1 I_2^2 x_2' \quad (13.28)$$

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

$$Q_m = m_1 I_0^2 x_m \quad (13.29)$$

$$\text{Vậy : } Q_1 = q_1 + q_2 + Q_m = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1 \quad (13.30)$$

Do máy điện không đồng bộ có khe hở không khí lớn hơn trong mba, nên dòng điện từ hoá trong máy điện không đồng bộ lớn hơn dòng điện từ hoá trong mba, thường $I_0 = 20-25\% I_{dm}$. Và do Q_m và I_0 tương đối lớn nên hệ số công suất $\cos \varphi$ của máy thấp, thường $\cos \varphi_{dm} = 0,7-0,95$ và khi không tải $\cos \varphi_0 = 0,1-0,15$, rất thấp.

13.4.2. Máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ máy phát ($-\infty < s < 0$)

Khi máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ máy phát, $s < 0$ thì công suất cơ của máy là $P_{co} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s} < 0$, nghĩa là máy nhận công suất vào. Ngoài ra, ta có :

$$\text{tg} \psi_2 = \frac{x_2'}{r_2'/s} = \frac{s x_2'}{r_2'} < 0.$$

Vậy sự lệch pha giữa E_1 và I_2 là nằm trong khoảng $90^\circ < \psi_2 < 180^\circ$.

Từ đồ thị vectơ hình 6.7b, ta thấy : $\varphi_1 > 90^\circ$ nên :

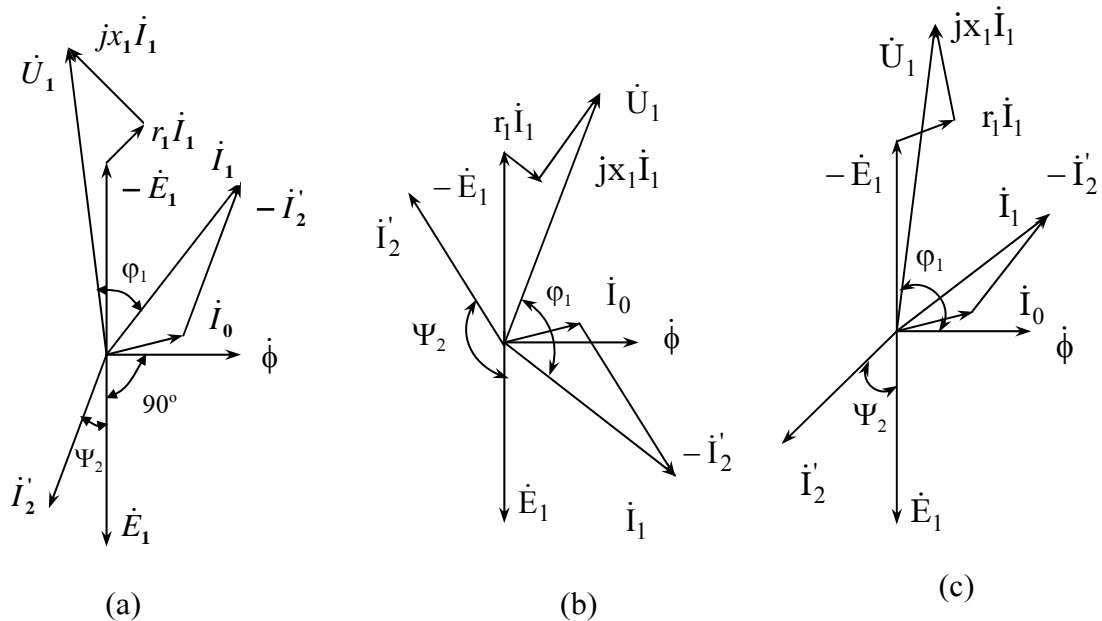
+ Công suất điện tác dụng là:

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 < 0 : \text{ máy phát công suất tác dụng vào lưới.}$$

+ Công suất phản kháng:

$Q_m = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi_1 > 0$, máy nhận công suất phản kháng từ lưới như động cơ điện.

Giản đồ năng lượng của máy phát điện không đồng bộ như ở hình 13.6b.



Hình 13.7 Đồ thị vectơ của máy điện không đồng bộ

13.4.3. Máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ hãm ($1 < s < +\infty$)

Khi $s > 1$ thì công suất cơ của máy $P_{cơ} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s} < 0$, nên Máy nhận công suất cơ từ ngoài vào. Công suất điện từ của máy $P_{dt} = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s} > 0$, nên máy nhận công suất điện từ lưới. Tất cả công suất cơ và điện lấy ở ngoài vào đều biến thành tổn hao đồng trên mạch rôto :

$$P_{dt} + (-P_{cơ}) = m_1 I_2'^2 \frac{r_2'}{s} - m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s} = m_1 I_2'^2 r_2' = P_{Cu2}$$

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

Giải đồ năng lượng và đồ thị vectơ của máy điện không đồng bộ làm việc ở chế độ hãm như ở hình 13.6c và hình 13.7c.

13.5. MÔMEN ĐIỆN TỪ CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Vì máy điện không đồng bộ thường được dùng làm động cơ điện, nên khi phân tích sẽ lấy động cơ điện làm ví dụ. Cũng giống như các máy điện khác, động cơ điện không đồng lúc làm việc phải khắc phục mômen tải bao gồm mômen không tải M_0 và mômen của phụ tải M . Vì vậy phương trình cân bằng mômen của động cơ điện không đồng bộ lúc làm việc ổn định là :

$$M = M_0 + M_2 \quad (13.31)$$

Trong đó:

M : Mômen điện từ của động cơ điện.

Với:
$$M_0 = \frac{P_{c0} + P_f}{\Omega} \quad \text{và} \quad M_2 = \frac{P_2}{\Omega}$$

Trong đó : $\Omega = \frac{2\pi n}{60}$ là tốc độ góc của rôto;

n là tốc độ quay của rôto.

Ta viết lại công thức (13.31) :

$$M = \frac{P_{c0} + P_f + P_2}{\Omega} = \frac{P_{c0}}{\Omega} \quad (13.32)$$

Ta cũng có:

$$M = \frac{P_{dt}}{\Omega_1} \quad (13.33)$$

Vậy:
$$\frac{P_{c0}}{\Omega} = \frac{P_{dt}}{\Omega_1}$$

$$P_{c0} = \frac{\Omega}{\Omega_1} P_{dt} = \frac{n}{n_1} P_{dt} = (1-s)P_{dt} \quad (13.34)$$

Tổn hao đồng trên rôto bằng :

$$p_{Cu2} = P_{dt} - P_{c0} = sP_{dt} \quad (13.35)$$

ta có: $P_{dt} = m_2 E_2 I_2 \cos\psi_2$.

Nên:
$$P_{c0} = m_2 (1-s) E_2 I_2 \cos\psi_2. \quad (13.36)$$

Ta đã có:
$$\begin{cases} E_2 = \sqrt{2} \pi f_1 N_2 k_{dq2} \Phi_m \\ f_1 = p n_1 / 60. \\ \Omega = (1-s)\Omega_1 = (1-s)2\pi n_1 / 60. \end{cases}$$

Thế vào trên ta tìm được mômen điện từ của máy điện không đồng bộ :

$$M = \frac{P_{c0}}{\Omega} = \frac{1}{\sqrt{2}} m_2 p N_2 k_{dq2} \Phi_m I_2 \cos\psi_2. \quad (13.37)$$

Thường ta lợi dụng mạch điện thay thế để tính mômen điện từ theo s .

Từ sơ đồ thay thế hình Γ (hình 13.4a), ta có:

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

và
$$\begin{cases} P_{c0} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{1-s}{s} \\ \Omega = (1-s)\Omega_1 \quad \text{mà} \quad \Omega_1 = 2\pi n_1 / 60 = 2\pi(60f_1/p)/60 = \omega_1/p \end{cases}$$

Mômen điện từ của máy điện không đồng bộ :

$$M = \frac{P_{\text{cơ}}}{\Omega} = \frac{m_1}{\Omega_1} \times \frac{U_1^2 r_2' / s}{(r_1 + C_1 r_2' / s)^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2} \quad (13.38)$$

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.
- + $M = f(s)$.

Vẽ quan hệ $M = f(s)$.

13.5.1. Tìm mômen cực đại M_{max}

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

- Giả thiết các tham số khác là không đổi.
- Đặt $y = 1/s$.

Viết lại biểu thức mômen điện từ: (13.38) thành :

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

$$\text{trong đó: } \begin{cases} A = \frac{m_1 U_1^2 r_2'}{\Omega} \\ B = r_1^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2 \end{cases} \quad \begin{cases} C = 2C_1 r_1 r_2' \\ D = C_1^2 r_2'^2 \end{cases}$$

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

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

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

$$s_m = \pm \sqrt{D/B} = \pm \frac{C_1 r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}} \quad (13.40)$$

$$M_{\text{max}} = \pm \frac{1}{2\Omega_1 C_1} \times \frac{m_1 U_1^2}{\pm r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2}} \quad (13.41)$$

Thường $r_1 \ll x_1 + C_1 x_2'$, nên xem $r_1 = 0$, ta có:

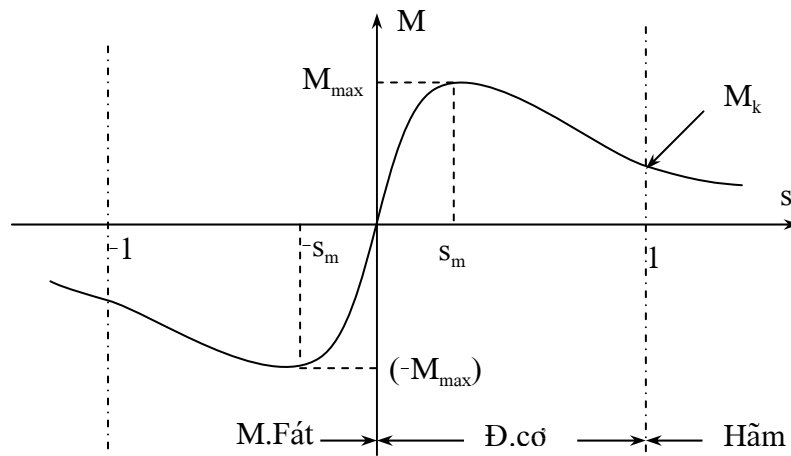
$$s_m = \pm \frac{C_1 r_2'}{x_1 + C_1 x_2'} \quad (13.42)$$

$$M_{\text{max}} = \pm \frac{1}{2\Omega_1 C_1} \times \frac{m_1 U_1^2}{x_1 + C_1 x_2'} \quad (13.43)$$

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 một ít 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.



Hình 13.8 Quan hệ $M = f(s)$

13.5.2. Mômen khởi động :

Điểm $s = 1$ ($n = 0$) ứng với chế độ khởi động (hình 13.8) của động cơ:

$$M_k = \frac{1}{\Omega_1} \times \frac{m_1 U_1^2 r'_2}{(r_1 + C_1 r'_2)^2 + (x_1 + C_1 x'_2)^2} \quad (13.44)$$

Ta 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 $(r_1 + C_1 r'_2) \ll (x_1 + C_1 x'_2)$ 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 $s_m = 1$, ta có:

$$s_m = \frac{C_1 r'_2}{x_1 + C_1 x'_2} = 1$$

$$r'_2 = \frac{x_1}{C_1} + x'_2 \quad (13.45)$$

Đây là điện trở của mạch rôto để $M_k = M_{\max}$.

13.5.3. 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 $M_2 = M = f(n)$. Từ hình 13.9, ta có :

- + Đoạn oa ($0 < s < s_m$) Động cơ làm việc ổn định. Đặc tính cơ cứng.
- + Đoạn oa ($s_m < s < 1$) Động cơ làm việc không ổn định.

13.5.4. Tìm biểu thức Klox (Động cơ)

Lập tỉ số M/M_{\max} :

$$\frac{M}{M_{\max}} = \frac{2C_1 r_2' \left[r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2} \right]}{s \left[(r_1 + C_1 r_2')^2 + (x_1 + C_1 x_2')^2 \right]}. \quad (13.46)$$

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

Thế vào ta được:

$$\frac{M}{M_{\max}} = \frac{2 + as_m}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s} + as_m} \quad (13.47)$$

Với $a = \frac{2r_1}{C_1 r_2'}$ và trong máy điện không đồng bộ thường điện trở $r_1 = r_2'$ và $s_m = 0,1 \div 0,2$, nên: $as_m \ll$ số hạng trước nó, nên:

$0,1 \div 0,2$, nên: $as_m \ll$ số hạng trước nó, nên:

$$\frac{M}{M_{\max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}} \quad (13.48)$$

Đó là biểu thức Klox.

13.5.5. Năng lực quá tải

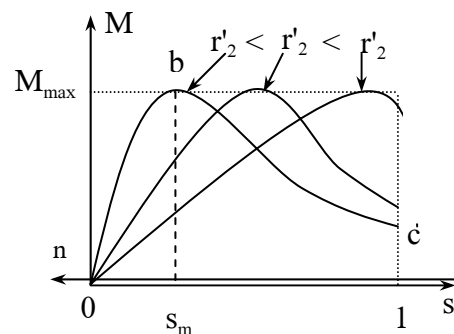
$$k_m = \frac{M_{\max}}{M_{dm}} (=1,7 \div 3).$$

13.5.6. Bội số mômen khởi động

$$k_k = \frac{M_k}{M_{dm}}$$

13.5.7. Bội số dòng điện khởi động

$$k_I = \frac{I_k}{I_{dm}}.$$



Hình 13.9 Đặc tính cơ đơ $M = f(s)$

13.6. 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.

13.6.1. Thí nghiệm không tải

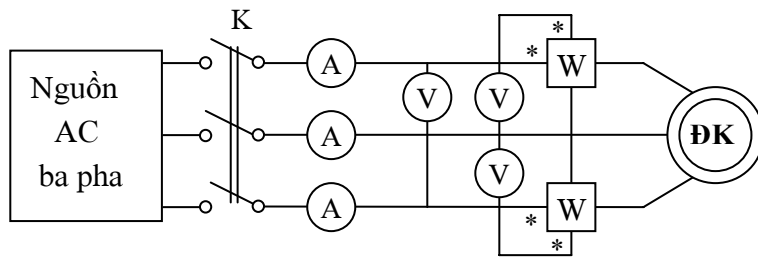
Thí nghiệm không tải là dây quấn stato ĐK nối vào lưới điện có điện áp và tần số định mức, còn đầu trục động cơ không nối với tải. Sơ đồ nối dây thí nghiệm động cơ không đồng bộ được trình bày trên hình 13.10. Khi nối nguồn điện có điện

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).

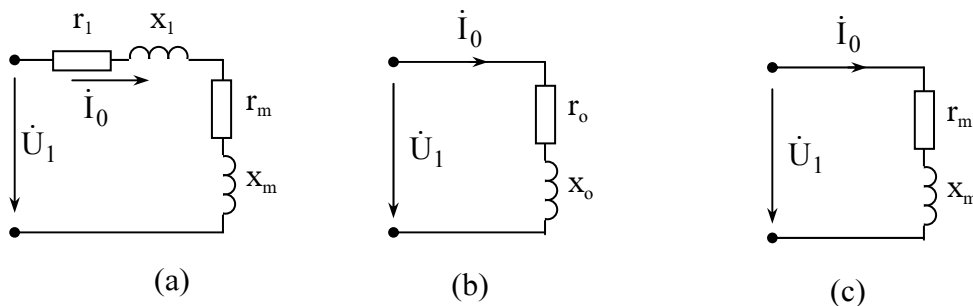


Hình 13.10 Sơ đồ thí nghiệm ĐK ba pha

Công suất không tải P_0 (tổn hao không tải) là các tổn thất khi công suất trên đầu trục là zero, 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.

Trị số dòng điện không tải ĐK 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_{c0} 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 hình 13.3 khi không tải được trình bày trên hình 13.11a.



Hình 13.11 Mạch điện thay thế ĐK không tải

Phối hợp hai nhánh nối tiếp Z_1 và Z_m ta được mạch điện hình 13.11b. 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 ta phải hiểu r_o đặc trưng cho tổn hao không tải gồm tổn hao sắt, quạt gió, ma sát và tổn hao phụ.

Từ các thông số thí nghiệm và mạch điện thay thế hình 13.11b, ta có :

$$r_o = r_1 + r_m = \frac{P_o}{3} \times \frac{1}{I_o^2} \quad (13.49)$$

$$z_o = \frac{U_o}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{I_o} \quad (13.50)$$

$$x_o = x_1 + x_m = \sqrt{z_o^2 - r_o^2} \quad (13.51)$$

Hệ số công suất không tải :

$$\cos\varphi_o = P_o/(U_o I_o) \quad (13.52)$$

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 :

$$p_q = P_o - 3.r_1 I_o^2. \quad (13.53)$$

Do tổng trở dây quấn 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 13.11c. Mạch điện tương đương này dùng để tính tổng trở nhánh từ hoá rất đơn giản, giống như trong mba.

13.6.2. 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 (hình 13.10), 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).

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 hình 13.4, khi thí nghiệm ngắn mạch được trình bày trên hình 13.12a (chính là mạch điện thay thế IEEE khi $s = 1$). Phối hợp hai nhánh song song thành hình 13.12b. Nếu bỏ qua nhánh từ hoá song song của mạch điện trình bày trên hình 13.16a 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 . Từ các thông số thí nghiệm và mô hình mạch hình 13.12b, ta tính được :

$$r_{td} = r_1 + r_2'' = \frac{P_n}{3} \times \frac{1}{I_n^2} \quad (13.54)$$

$$z_{td} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{I_n} \quad (13.55)$$

$$x_{td} = x_1 + x_2'' = \sqrt{z_{td}^2 - r_{td}^2} \quad (13.56)$$

Hệ số công suất không tải :

$$\cos\varphi_n = P_n / (U_n I_n) \quad (13.57)$$

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} ($x_{td} \approx x_n$:

$$x_1 = x'_2 = x_{td}/2 \quad (13.58)$$

Từ mạch điện thay thế hình 13.16a và b, ta có :

$$r_2'' + jx_2'' = \frac{(r_2' + jx_2')jx_m}{r_2' + j(x_2' + x_m)} \quad (13.59)$$

Phần thực của biểu thức trên là :

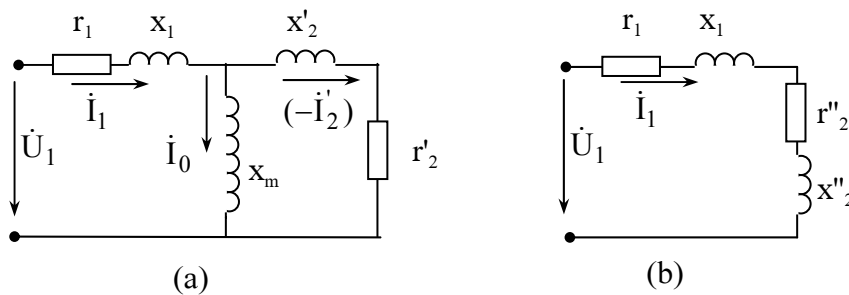
$$r_2'' = \frac{r_2' x_m^2}{(r_2')^2 + (x_2' + x_m)^2} \quad (13.60)$$

Do $r_2' \ll (x_2' + x_m)$, nên bỏ qua r_2' :

$$r_2'' = \frac{r_2' x_m^2}{(x_2' + x_m)^2} \quad (13.61)$$

Ta có $r_2'' = r_{td} - r_1$, nên : $r_2' = (r_{td} - r_1) \frac{(x_2' + x_m)^2}{x_m^2}$. (13.62)

Khi $x_m \gg x_2'$, ta có : $x_{td} = x_1 + x_2''$. (13.63)



Hình 13.12 Mạch điện thay thế ĐK ngắn mạch

13.7 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.

13.7.1. Các loại mômen phụ

1. Mômen phụ không đồng bộ:

Dù tốc độ quay của rôto như thế nào, stđ 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. Khái niệm này cũng đúng cho các sóng điều hòa.

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. Thật vậy:

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

- Tốc độ đồng bộ: $n_7 = \frac{n_1}{7}$

- Vậy tốc độ: $0 < n < \frac{n_1}{7}$: máy ở chế độ động cơ; còn $n > \frac{n_1}{7}$: máy ở chế độ máy phát.

+ Sóng bậc 5 quay ngược :

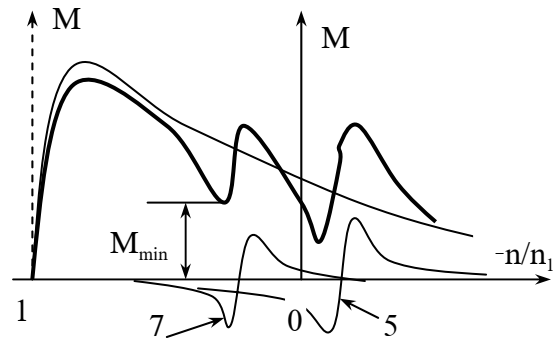
$$(v = 6K - 1).$$

Tốc độ đồng bộ: $n_5 = -\frac{n_1}{5}$, nên

tốc độ đồng bộ của nó ở trong khu vực $s > 1$, (trạng thái hãm).

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.



H.13.13 Đặc tính $M = f(n)$ khi có sóng bậc 5, 7

2. 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 $Z_1 - Z_2 = \pm 2p$ sinh ra mômen phụ đồng bộ.

3. Mômen dòng 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

13.7.2. 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 đi.

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

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

13.8.1. Đặc tính tốc độ $n = f(P_2)$.

Theo công thức hệ số trượt, ta có:

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

trong đó : $s = p_{Cu2}/P_{dt}$. Khi không tải $p_{Cu2} \ll P_{dt}$ 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.

13.8.2. 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.

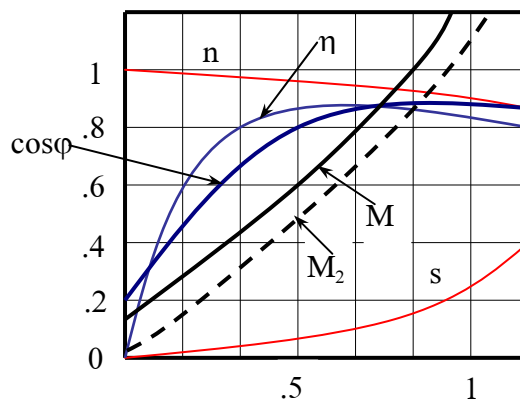
13.8.3. Đặc tính hiệu suất $\eta = f(P_2)$.

Ta có hiệu suất của máy điện không đồng bộ :

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum p} 100\%$$

$\sum p$ tổng tổn hao, nhưng ở đây chỉ có

tổn hao đồng thay đổi theo phụ tải còn các tổn hao khác là không đổi.



H.13.14 Đặc tính làm việc của MK

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

Vì MK luôn luôn nhận công suất phản kháng từ lưới. Lúc không tải $\cos\varphi$ rất thấp thường $< 0,2$. Khi có tải dòng điện I_2 tăng lên nên $\cos\varphi$ cũng tăng.

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

13.9.1. Điện áp không định mức.

Giả thiết $U_1 < U_{dm}$: thường gặp nhất, như tải cuối nguồn, lúc này M giảm vì $M \equiv U^2$. Và ta có $M = C\Phi I_2 \cos\psi_2$, nếu M_c không đổi thì I_2 sẽ tăng lên tỉ lệ với sự giảm Φ , làm máy nóng lên, vì $U \approx E \equiv \Phi$ nên U giảm thì Φ giảm.

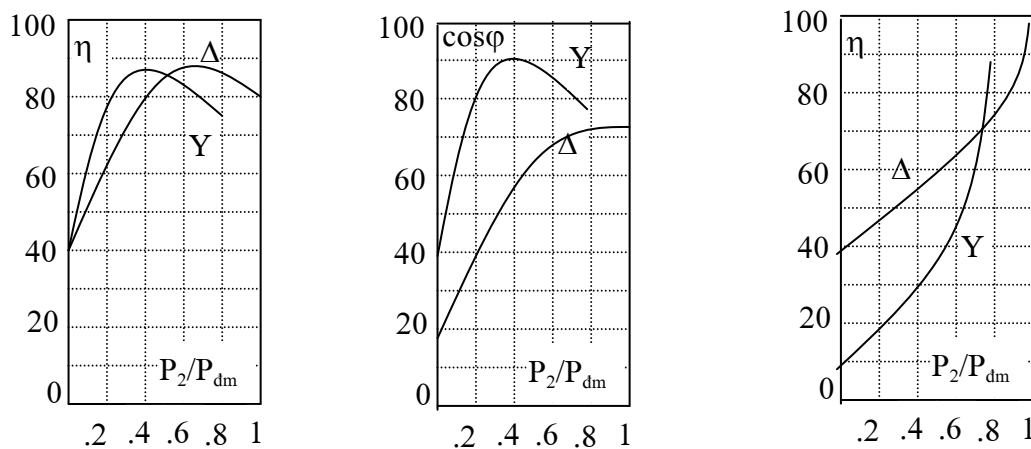
Hệ số công suất $\cos\varphi$ có xu hướng tăng vì I_0 giảm khi U giảm.

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

- tổn hao p_{Fe} giảm $\equiv U^2$
- tổn hao p_{Cu2} tăng $\equiv I_2^2$
- tổn hao p_{Cu1} 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.



Hình 13.15 Đặc tính của ĐK khi đổi nối từ Δ sang Y

13.9.2. Tần số không định mức.

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

Giả thiết : $f < f_{dm}$ mà $U \approx E \equiv f\Phi$ cho rằng $U = C^t \rightarrow \Phi \equiv 1/f$.

Vậy khi tần số f giảm thì:

- + Φ tăng thì I_0 tăng làm p_{Fe} tăng và $\cos\varphi_1$ giảm.
- + tốc độ n cũng giảm.
- + Nếu $M_c = C^t$ thì I_2 giảm và s giảm vì $sP_{dt} = p_{Cu2} = m_2 I_2^2 r_2'$.

13.9.3. 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.

