

PHẦN 3 – MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

CHƯƠNG 10

ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

1. PHẠM VI ÁP DỤNG, CẤU TẠO & NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

1.1. Phạm vi áp dụng

Động cơ điện không đồng bộ một pha được sử dụng rất rộng rãi trong dân dụng và công nghiệp như máy giặt, tủ lạnh, máy lau nhà, máy bơm nước, quạt, các dụng cụ cầm tay,... (có đặc điểm chung là các động cơ công suất nhỏ).

Cụm từ “động cơ công suất nhỏ” chỉ các động cơ có công suất nhỏ hơn 750W.

Phần lớn động cơ một pha thuộc loại này, mặt dù chúng còn được chế tạo với công suất đến 7,5kW và ở hai cấp điện áp 110V và 220V.

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

1.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc

- + Stato : giống động cơ ba pha, nhưng đặt trên đó dây quấn một pha.
- + Rôto : rôto lồng sóc giống động cơ ba pha .

Nguyên lý làm việc

Khi nối dây quấn một pha stato vào lưới điện có điện áp u_1 thì trong dây quấn có dòng điện xoay chiều hình sin chạy qua :

$$i_1 = \sqrt{2}I_1 \sin \omega t$$

Dòng điện này sinh ra từ trường stato có phương không đổi nhưng có độ lớn thay đổi hình sin theo thời gian, gọi là từ trường đập mạch:

$$F = F_m \sin \omega t \cos \alpha$$

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Phân tích stđ đập mạch thành hai stđ quay

- Stđ quay thuận : $\dot{F}_{11m} e^{j\omega_1 t}$
- Stđ quay ngược : $\dot{F}_{12m} e^{-j\omega_1 t}$

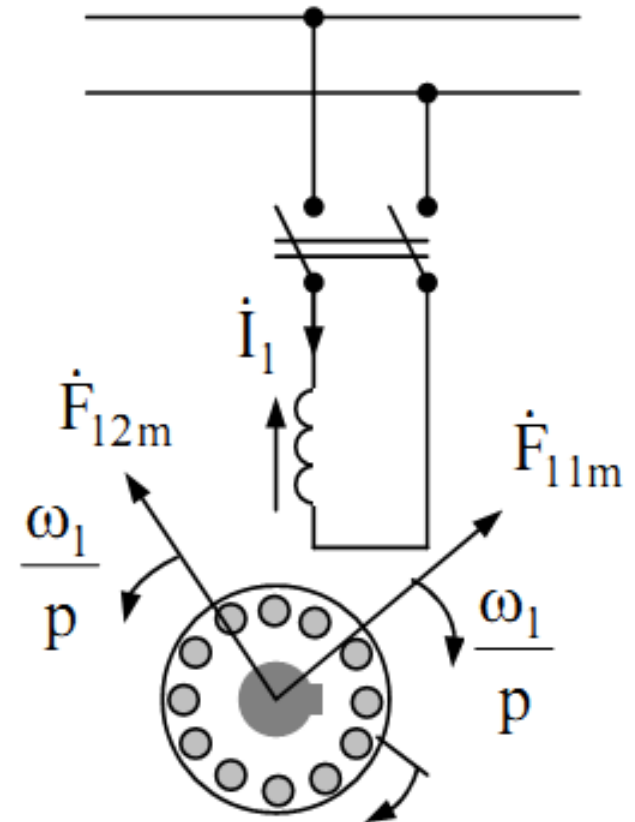
Hai stđ quay này có :

- Biên độ từ trường đập quay:

$$\frac{F_{1m}}{2} = F_{11m} = F_{12m} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \frac{W_1 k_{dq1}}{p} I$$

- Tốc độ quay : Quay thuận ω_1

Quay ngược – ω_1



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Hệ số trượt:

- Thuận :
$$s_1 = \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1} = s$$

- Ngược :
$$s_2 = \frac{-\omega_1 - \omega}{-\omega_1} = 2 - s$$

Phương trình cân bằng stđ tổng:

- Thuận: $\dot{F}_{01m} = \dot{F}_{11m} + \dot{F}_{21m}$ sinh ra từ cảm $B_{1m} e^{j(\omega_1 t + \alpha_1)}$

- Ngược: $\dot{F}_{02m} = \dot{F}_{12m} + \dot{F}_{22m}$ sinh ra từ cảm $B_{2m} e^{-j(\omega_1 t + \alpha_2)}$

Từ cảm tổng hình thành từ trường quay hình elip:

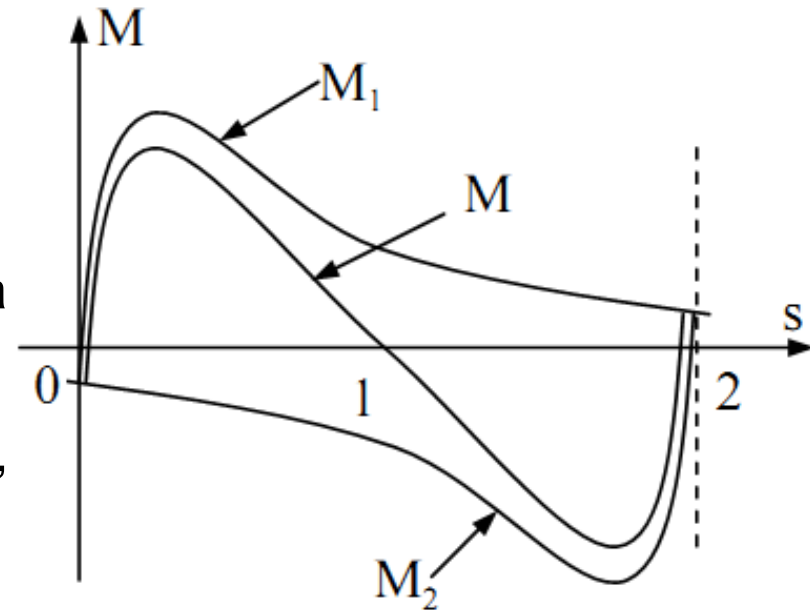
$$\tilde{B} = B_{1m} e^{j(\omega_1 t + \alpha_1)} + B_{2m} e^{-j(\omega_1 t + \alpha_2)}$$

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Từ trường quay thuận B_1 tác dụng với dòng điện rôto sẽ tạo ra mômen quay thuận M_1 ; Còn từ trường quay ngược B_2 tác dụng với dòng điện rôto sẽ tạo ra mômen quay ngược M_2 .

Tổng đại số hai mômen cho đặc tính cơ $M = f(s)$:

$$M = M_1 + M_2 = f(s)$$

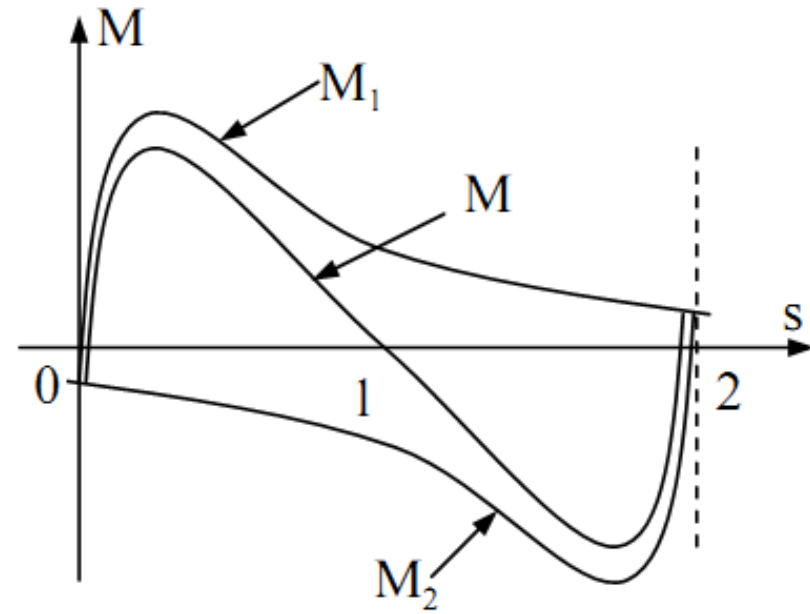


CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Từ đặc tính, thấy rằng lúc mở máy ($n = 0$, $s = 1$), $M_1 = M_2$ và ngược chiều nhau nên $M = 0$, vì vậy động cơ không thể tự quay được.

Nếu ta quay động cơ theo một chiều nào đó, $s \neq 1$ tức $M \neq 0$ động cơ sẽ tiếp tục quay theo chiều đó.

Vì vậy để động cơ một pha làm việc được, ta phải có biện pháp mở máy, nghĩa là tìm cách tạo ra cho động cơ một mômen lúc rôto đứng yên ($M = M_k$ khi $s = 1$).



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

2. PHƯƠNG TRÌNH CƠ BẢN VÀ SƠ ĐỒ THAY THẾ

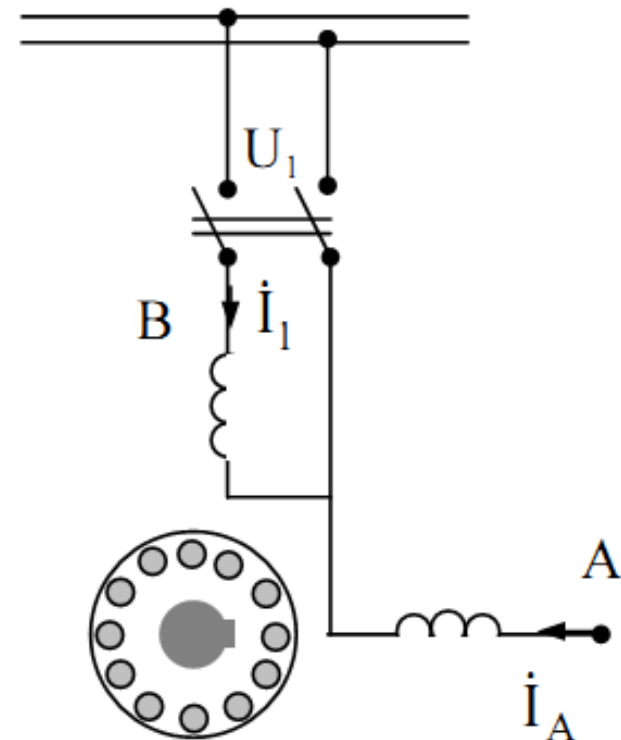
2.1. Các phương trình cơ bản

Xét động cơ không đồng bộ một pha như chế độ không đối xứng của động cơ hai pha $m = 2$, có hai cuộn dây đặt lệch nhau một góc 90° điện, trong đó pha A tách ra nên dòng $I_A = 0$ và pha B còn lại có $I_1 = I_B$, máy nối vào lưới điện có điện áp U_1 .

$$\text{Ta có : } \dot{I}_A = \dot{I}_{A1} + \dot{I}_{A2}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{B1} + \dot{I}_{B2}$$

Trong đó: I_{A1}, I_{B1} – dòng thứ tự thuận; I_{A2}, I_{B2} – dòng thứ tự ngược



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Theo đồ thị véc tơ:

$$\dot{I}_{A1} = j\dot{I}_{B1}; \quad \dot{I}_{A2} = -j\dot{I}_{B2}$$

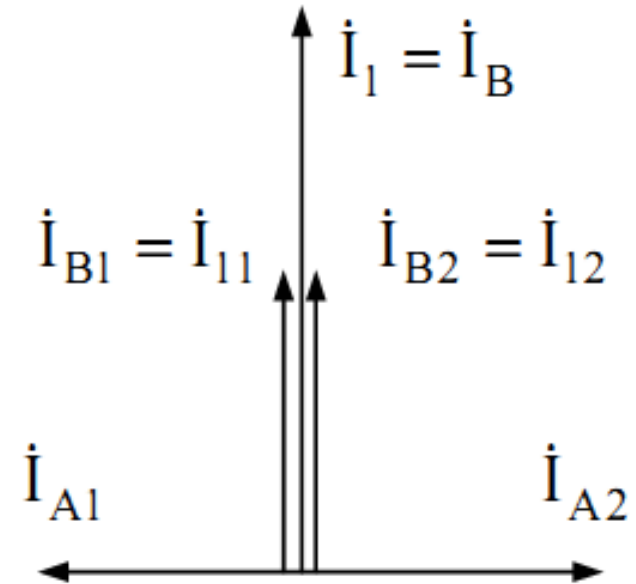
Giải hệ phương trình tìm được :

$$\dot{I}_{B1} = \dot{I}_{11}(\dot{I}_B - j\dot{I}_A)/2 = \dot{I}_B/2$$

$$\dot{I}_{B2} = \dot{I}_{21}(\dot{I}_B + j\dot{I}_A)/2 = \dot{I}_B/2$$

Điện áp của một pha:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_B = \dot{U}_{B1} + \dot{U}_{B2} = \dot{U}_{11} + \dot{U}_{12}$$



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Biểu diễn điện áp thứ tự thuận và ngược theo dòng I và Z tương ứng :

$$\dot{U}_{B1} = \dot{U}_{11} = \dot{I}_{11}Z_{11} = \dot{I}_1 Z_{11} / 2$$

$$\dot{U}_{B2} = \dot{U}_{12} = \dot{I}_{12}Z_{12} = \dot{I}_1 Z_{12} / 2$$

Trong đó: I_{11} , I_{12} là dòng điện thứ tự thuận và ngược.

Z_{11} ; Z_{12} là tổng trở thứ tự thuận và ngược.

$$Z_{11} = Z_1 + Z_m Z'_{21} / (Z_m + Z'_{21}) \quad Z'_{21} = r'_2 / s + jx'_2$$

$$Z_{12} = Z_1 + Z_m Z'_{22} / (Z_m + Z'_{22}) \quad Z'_{22} = r'_2 / (2 - s) + jx'_2$$

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

2.2. Mạch điện thay thế

Từ các phương trình cân bằng ta xây dựng mạch điện thay thế chính xác của động cơ không đồng bộ một pha.

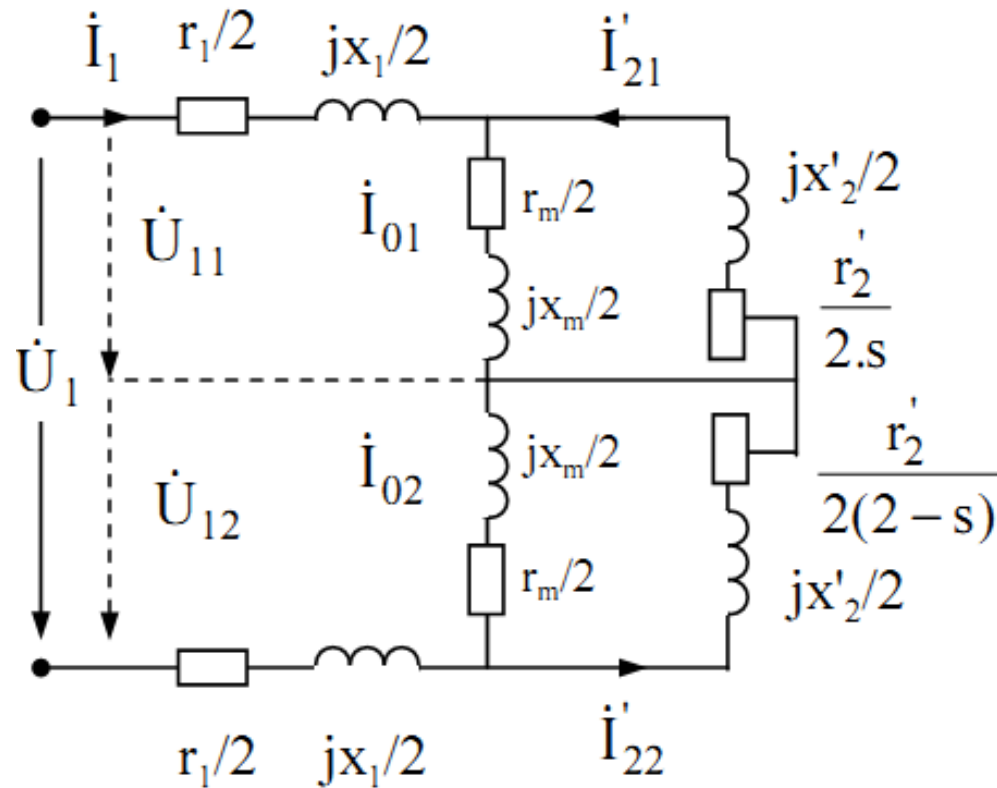
Thông số qui đổi mạch rôto

$$r'_2 = kr_2$$

$$x'_2 = kx_2$$

$$k = k_e k_i$$

$$m_1 = 2$$



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Mạch điện thay thế gần đúng

Thông số:

r_1 - điện trở dây quấn stato

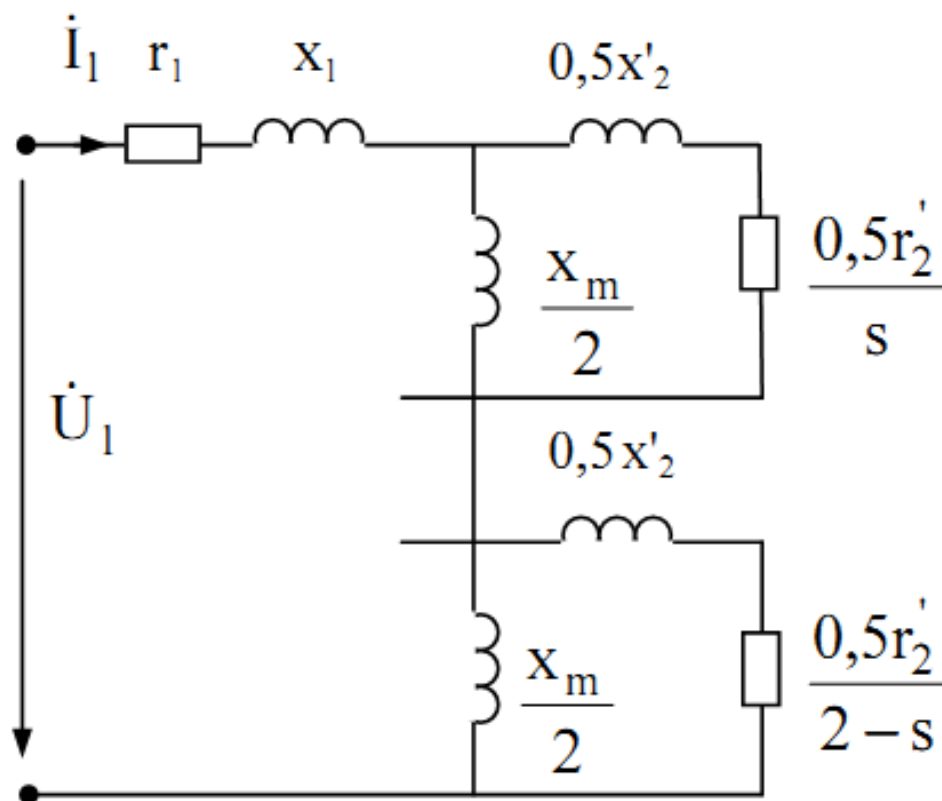
x_1 - điện kháng tản dây quấn stato

x_m - điện kháng từ hóa

r'_2 - điện trở dây quấn roto qui đổi về stato

x'_2 - điện kháng tản dây quấn roto qui đổi về stato

U_1 - điện áp của nguồn.



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Giả thiết rôto quay với tốc độ nào đó trong từ trường quay thuận, ứng với hệ số trượt s . Lúc này dòng điện cảm ứng trong dây quấn rotor có tần số sf (f - tần số lưới điện). Do tổn hao sắt không đáng kể hoặc gộp vào tổn hao quay. Như vậy, tổng trở của dây quấn rôto ứng với từ trường quay thuận qui đổi về stato là $0,5r'_2/s + j0,5x'_2$.

Cũng tương tự như vậy đối với từ trường quay ngược, tổng trở của dây quấn rôto ứng với từ trường quay ngược qui đổi về stato là $0,5r'_2/(2-s) + j0,5x'_2$.

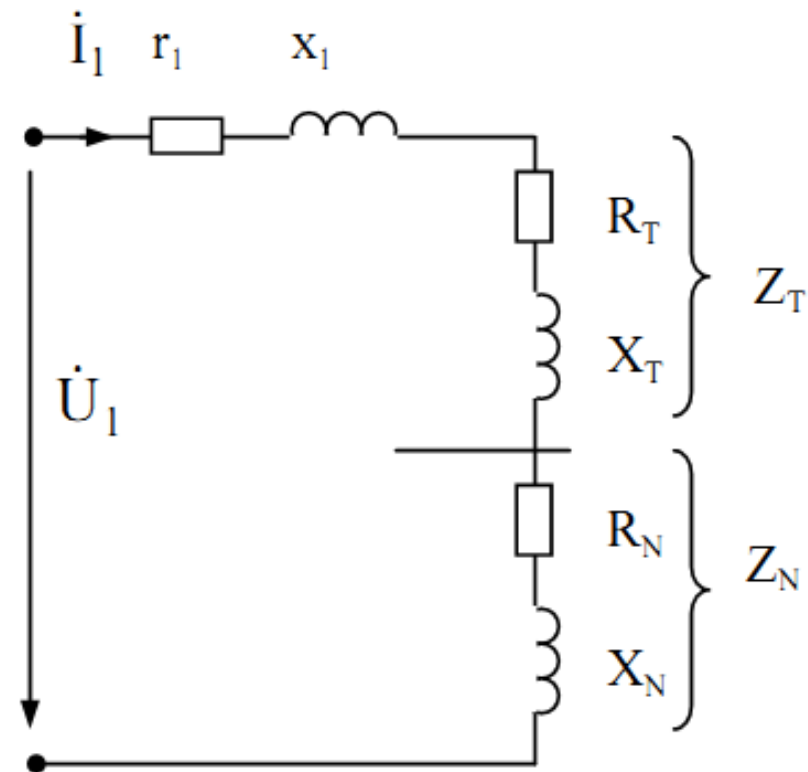
Từ mạch điện gần đúng ta có mạch điện với tổng trở thứ tự thuận Z_T và thứ tự ngược Z_N như sau :

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Mạch điện gần đúng với tổng trở thứ tự thuận Z_T và thứ tự ngược Z_N :

$$\begin{aligned} Z_T &= R_T + jX_T \\ &= \frac{j0,5x_m(0,5x_2' + 0,5r_2'/s)}{0,5r_2'/s + j0,5(x_m + x_2')} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_N &= R_N + jX_N \\ &= \frac{j0,5x_m[0,5x_2' + 0,5r_2'/(2-s)]}{0,5r_2'/(2-s) + j0,5(x_m + x_2')} \end{aligned}$$



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Công suất điện từ (khe hở không khí) của từ trường thứ tự thuận và

ngược : $P_{đt.T} = R_T I_1^2$

$$P_{đt.N} = R_N I_1^2$$

Mô men điện từ tương ứng: $M_T = \frac{P_{đt.T}}{\omega_1}$ $M_N = \frac{P_{đt.N}}{\omega_1}$

Mô men điện từ tổng:

$$M = M_T - M_N = \frac{I_1^2}{\omega_1} (R_T - R_N)$$

Công suất cơ:

$$P_{co} = M \cdot \omega = M \omega_1 (1 - s)$$

$$P_{co} = I_1^2 (R_T - R_N) (1 - s)$$

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Công suất trên đầu trục:

$$P_2 = P_{co} - p_q$$

Với p_q - tổn hao quay, gồm tổn hao cơ và tổn hao phụ, cũng có khi gộp cả tổn hao sắt vào tổn hao quay.

Tổn hao đồng trong dây quấn rôto ứng với từ trường quay thuận và

ngược : $p_{đ2.T} = sP_{đt.T}$

$$p_{đ2.N} = (2 - s)P_{đt.N}$$

Tổn hao đồng trong dây quấn rôto:

$$P_{đđ2} = p_{đ2.T} + p_{đ2.N} = sP_{đt.T} + (2 - s)P_{đt.N}$$

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

VÍ DỤ: Động cơ KĐB một pha công suất 1/4 mã lực, 230V, 60Hz và 4 cực từ có tham số và tổn thất: $R_1 = 10\Omega$; $X_1 = X'_2 = 12,5\Omega$; $R'_2 = 11,5\Omega$; $X_m = 250\Omega$; Tổn hao sắt ở 230V là 35W; Tổn hao ma sát và quạt gió 10W; Với hệ số trượt là 0,05 xác định dòng điện stato, công suất cơ, công suất ra trên trục, tốc độ và hiệu suất khi làm việc ở điện áp và tần số định mức với dây quấn khởi động cắt ra.

Giải:

Tổng trở thứ tự thuận Z_T và thứ tự ngược Z_N của động cơ một pha:

$$\begin{aligned} Z_T &= \frac{j0,5x_m (0,5x'_2 + 0,5r'_2 / s)}{0,5r'_2 / s + j0,5(x_m + x'_2)} \\ &= \frac{j0,5 \cdot 250(0,5 \cdot 12,5 + 0,5 \cdot 11,5 / 0,05)}{0,5 \cdot 11,5 / 0,05 + j0,5(250 + 12,5)} = 59 + j57,65 \end{aligned}$$

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Tổng trở thứ tự thuận Z_T và thứ tự ngược Z_N của động cơ một pha:

$$\begin{aligned} Z_N &= \frac{j0,5x_m(0,5x_2' + 0,5r_2'/(2-s))}{0,5r_2'/(2-s) + j0,5(x_m + x_2')} \\ &= \frac{j0,5 \cdot 250(0,5 \cdot 12,5 + 0,5 \cdot 11,5/(2-0,05))}{0,5 \cdot 11,5/(2-0,05) + j0,5(250 + 12,5)} = 2,67 + j6,01 \end{aligned}$$

Tổng trở vào tương đương:

$$\begin{aligned} Z_{td} &= Z_1 + Z_T + Z_N \\ &= 10 + j12,5 + 59 + j57,65 + 2,67 + j6,01 = \\ &= 71,6 + j76,16 = 104,6 \angle 46,73^\circ \Omega \end{aligned}$$

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Dòng điện stato:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{Z_{td}} = \frac{230 \angle 0^\circ}{104,6 \angle 46,74^\circ} = 2,2 \angle -46,74^\circ$$

Hệ số công suất :

$$\cos \varphi = \cos 46,74^\circ = 0,685$$

Tốc độ động cơ:

$$n = (1 - s)n_1 = (1 - 0,05) \frac{60 \cdot 60}{2} = 1710$$

Công suất cơ:

$$P_{co} = I_1^2 (R_T - R_N)(1 - s) = 2,2^2 (59 - 2,67)(1 - 0,05) = 259$$

CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Công suất trên trục động cơ:

$$P_2 = P_{co} = p_{st} - p_q = 259 - 35 - 10 = 214$$

Công suất điện động cơ tiêu thụ từ lưới:

$$P = U.I.\cos\varphi = 230.2,1\cos46,74^\circ = 346,77$$

Hiệu suất động cơ:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{214}{346,77} = 0,617$$

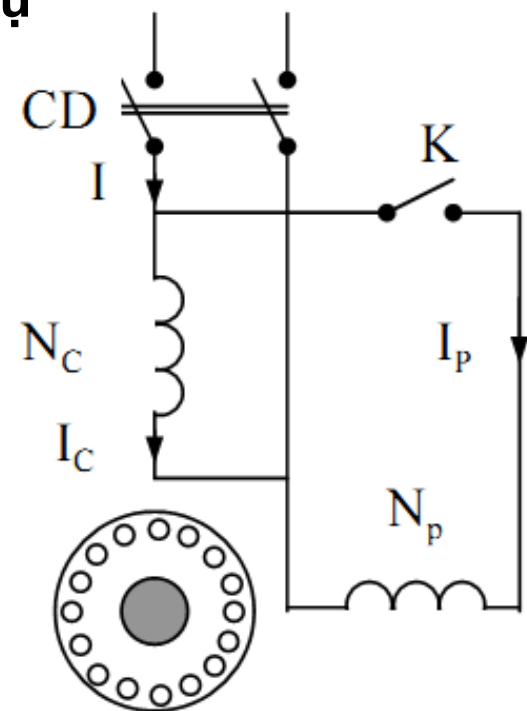
CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

3. MỞ MÁY ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

3.1. Động cơ không đồng bộ dùng cuộn dây phụ

Loại động cơ này được dùng khá phổ biến như máy điều hòa, máy giặt, dụng cụ cầm tay, quạt, bơm ly tâm ...

Cấu tạo của loại động cơ này gồm dây quấn chính (dây quấn làm việc), dây quấn phụ (dây quấn mở máy). Hai cuộn dây này đặt lệch nhau một góc 90° điện trong không gian.

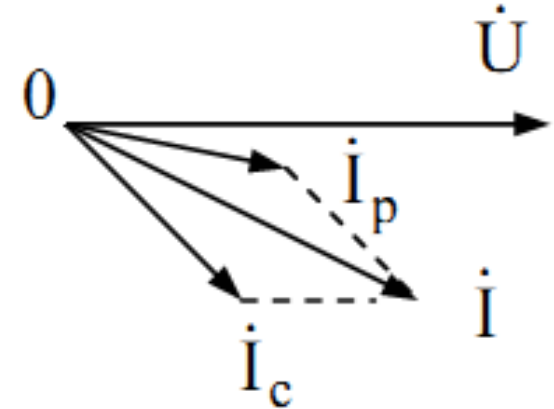


CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Để có được mômen mở máy, người ta tạo ra góc lệch pha giữa dòng điện qua cuộn chính I_c và dòng qua cuộn dây phụ I_p bằng cách mắc thêm một điện trở nối tiếp với cuộn phụ hoặc dùng dây quấn cỡ nhỏ hơn cho cuộn phụ, góc lệch này thường nhỏ hơn 30° .

Dòng trong dây quấn chính và trong dây quấn phụ sinh ra từ trường quay để tạo ra momen mở máy.

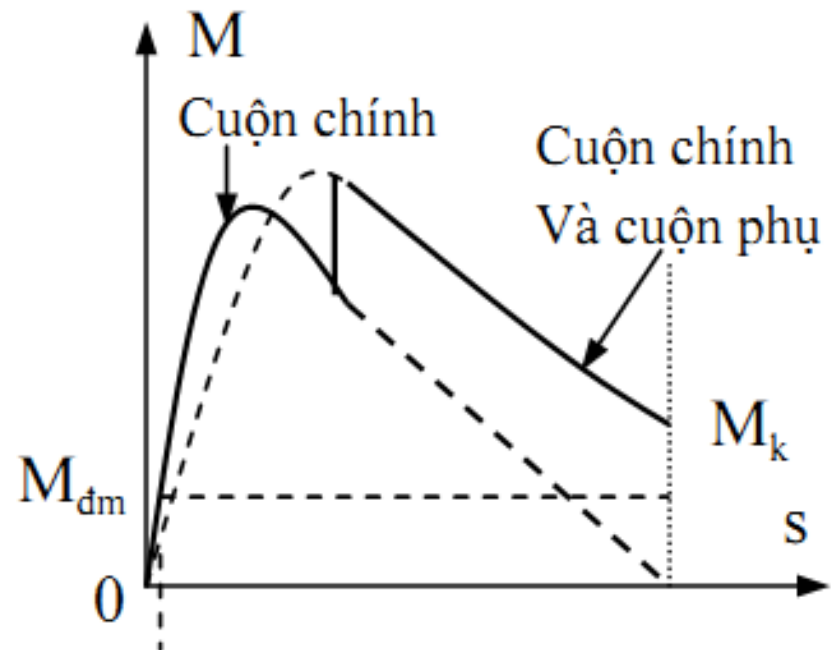
Đồ thị vectơ lúc mở máy được trình bày trong hình bên



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Khi tốc độ đạt được 70÷75 % tốc độ đồng bộ, cuộn dây phụ được cắt ra nhờ công tắc ly tâm K và động cơ tiếp tục làm việc với cuộn dây chính.

Đặc tính cơ của động cơ loại này:



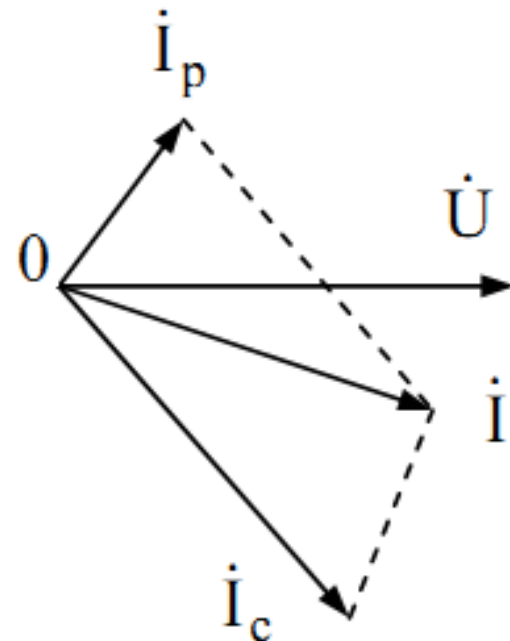
CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

3.2. Động cơ dùng tụ điện

Các động cơ không đồng bộ một pha có cuộn dây phụ được mắc nối tiếp với một tụ điện được gọi là động cơ tụ điện. Loại động cơ này có cuộn dây phụ bố trí lệch so với cuộn dây chính một góc 90° điện trong không gian, để tạo góc lệch về thời gian ta mắc nối tiếp với cuộn dây phụ một tụ điện. Nếu chọn tụ điện có giá trị thích hợp thì góc lệch pha giữa I_c và I_p là gần 90° .

Tùy theo yêu cầu về momen mở máy và momen lúc làm việc, ta có các loại:

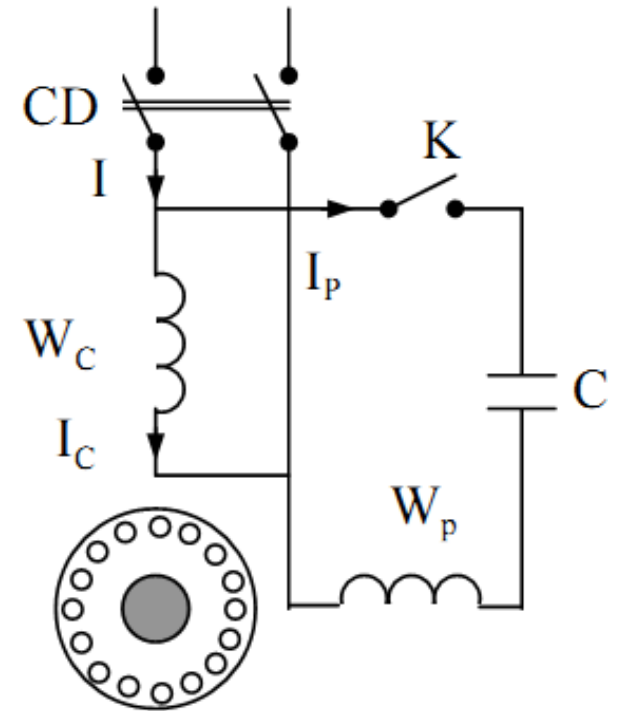
- + Động cơ tụ điện mở máy (tụ đề)
- + Động cơ tụ điện thường trực (tụ ngâm)



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Động cơ dùng tụ điện mở máy

Khi mở máy tốc độ động cơ đạt đến 75÷85% tốc độ đồng bộ, công tắc K (tiếp điểm ly tâm) mở ra và động cơ sẽ đạt đến tốc độ ổn định.

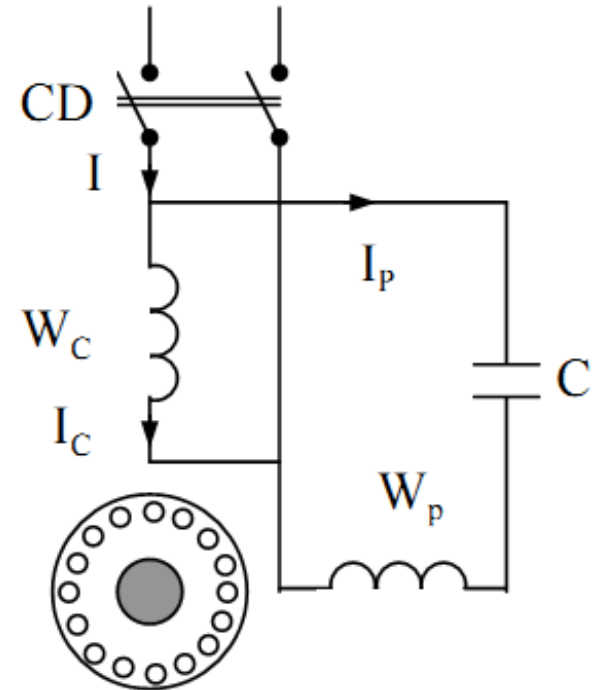


CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Động cơ dùng tụ điện thường trực

Cuộn dây phụ và tụ điện mở máy được mất luôn khi động cơ làm việc bình thường.

Loại này có công suất thường nhỏ hơn 500W và có đặc tính cơ tốt.



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Ngoài ra, để cải thiện đặc tính làm việc và momen mở máy ta dùng động cơ hai tụ điện.

Một tụ điện mở máy khá lớn (khoảng $10 \div 15$ lần tụ điện thường trực) được ghép song song với tụ điện thường trực. Khi mở máy tốc độ động cơ đạt đến $75 \div 85\%$ tốc độ động bộ, tụ điện mở máy được cắt ra khỏi cuộn phụ, chỉ còn tụ điện thường trực nối với cuộn dây phụ khi làm việc bình thường.

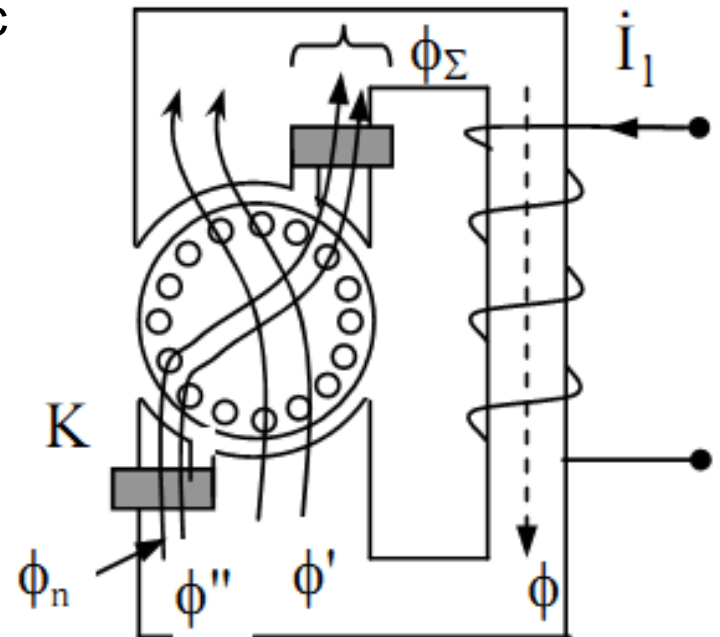
CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

3.3. Động cơ dùng vòng ngắn mạch

Cấu tạo:

Trên stato ta đặt dây quấn một pha và cực từ được chia làm hai phần, phần có vòng ngắn mạch K ôm $1/3$ cực từ và rôto lồng sóc.

Dòng điện chạy trong dây quấn stato I_1 tạo nên từ thông Φ' qua phần cực từ không vòng ngắn mạch và từ thông Φ'' qua phần cực từ có vòng ngắn mạch.

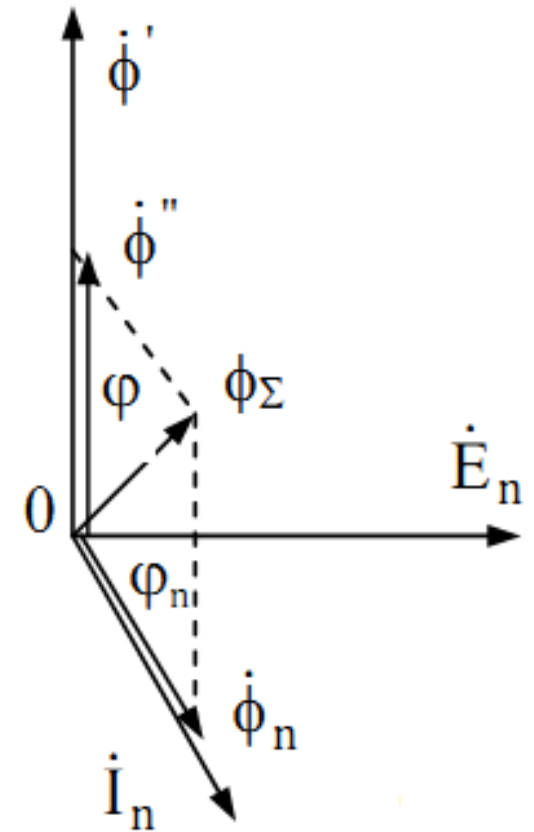


CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Từ thông Φ'' cảm ứng trong vòng ngắn mạch sđđ E_n , chậm pha so với một góc 90° . Vòng ngắn mạch có điện trở và điện kháng nên tạo ra dòng điện I_n chậm pha so với một góc $\varphi_n < 90^\circ$. Dòng điện I_n tạo ra từ thông Φ_n và ta có từ thông tổng qua phần cực từ có vòng ngắn mạch:

$$\Phi_\Sigma = \Phi_n + \Phi''$$

Từ thông này lệch pha so với từ thông qua phần cực từ không có vòng ngắn mạch một góc φ . Do từ thông Φ' và Φ_Σ lệch nhau trong không gian nên chúng tạo ra từ trường quay và làm quay rôto.



CHƯƠNG 10: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

Mô men mở máy của động cơ khá nhỏ

$$M_k = (0,2 - 0,5)M_{đm},$$

Hiệu suất thấp

$$\eta = (25 - 40\%),$$

Thường được chế tạo với công suất nhỏ từ

20 - 30W, đôi khi cũng có chế tạo công suất đến 300W và hay sử dụng làm quạt bàn, quạt trần, máy quay đĩa ...

