

CHƯƠNG 3: ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

Sau khi học xong chương này, sinh viên có khả năng:

- Phân loại, nhận biết được các loại động cơ không đồng bộ.
- Trình bày được nguyên lý hoạt động động cơ không đồng bộ.
- Trình bày được các phương pháp mở máy động cơ không đồng bộ.
- Tính toán được các thông số của động cơ trong điều kiện định mức, không định mức.

3.1 ĐẠI CƯƠNG

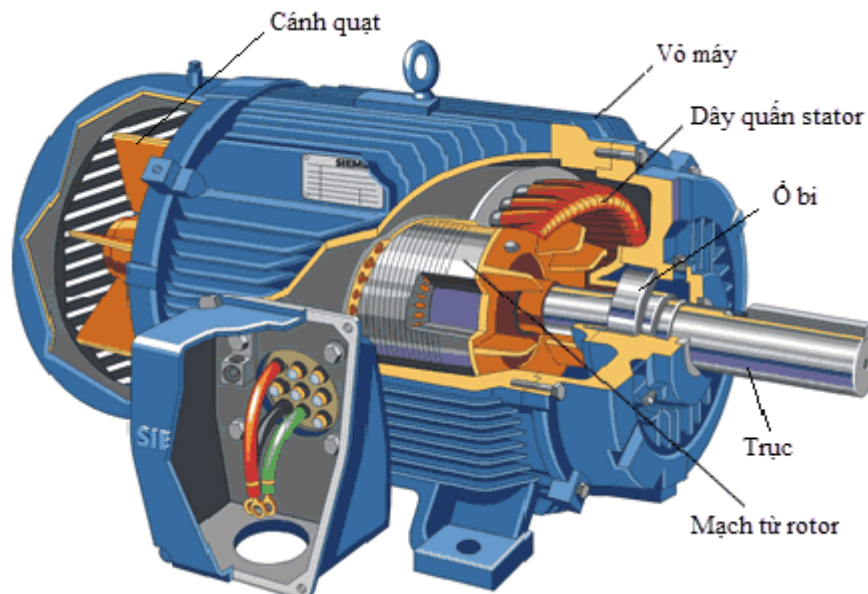
Động cơ không đồng bộ thuộc nhóm máy điện xoay chiều, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, có tốc độ quay rotor khác với tốc độ từ trường quay trong máy.

Động cơ không đồng bộ dùng để biến đổi điện năng thành cơ năng. Hiện nay đa số các động cơ dùng trong công nghiệp, nông nghiệp, lâm nghiệp ... đều là động cơ không đồng bộ, vì nó có cấu tạo và vận hành đơn giản dẫn đến giá thành rẻ, chi phí bảo trì thấp.

3.1.1 Cấu tạo và phân loại

3.1.1.1 Cấu tạo:

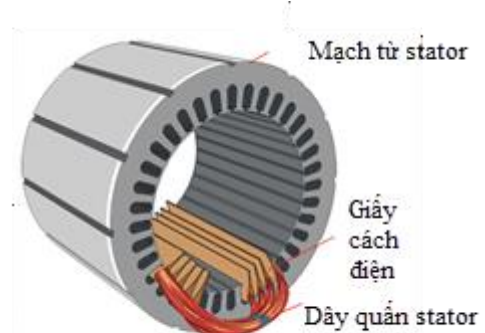
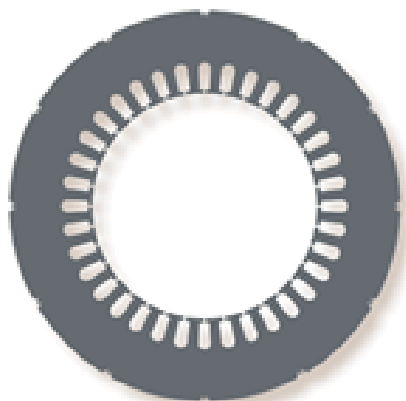
Gồm hai phần chính: phần tĩnh và phần quay



Hình 3.1: Cấu tạo động cơ không đồng bộ

3.1.1.1.1 Phần tĩnh: gồm stator, vỏ máy, dây quấn

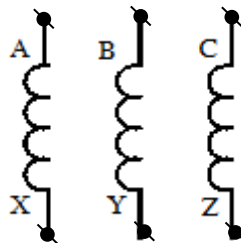
Lõi thép stator do nhiều lá thép kỹ thuật điện đã dập sẵn, ghép cách điện với nhau, chiều dài các lá thép thường là 0,5mm, phía trong có các rãnh để đặt dây quấn.





Hình 3.2: Lõi thép của Stator

Đối với động cơ ba pha, dây quấn stator gồm ba bộ dây, đặt trong các rãnh của lõi thép, giữa lõi thép và dây quấn có một lớp cách điện. Các pha dây quấn đặt lệch nhau 120° điện.



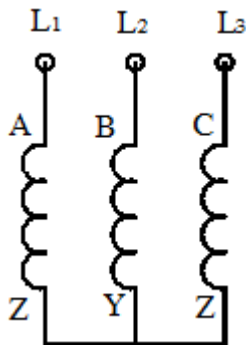
Hình 3.3: Dây quấn Stator

Qui ước:

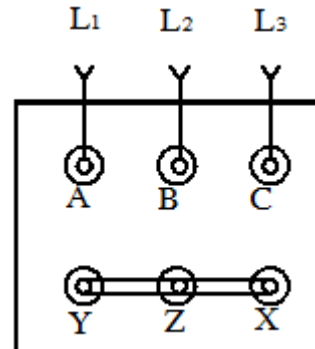
- A,B,C: Đầu đầu
- X,Y,Z: Đầu cuối

Có hai kiểu đầu dây cho dây quấn stator:

- Đầu hình sao (Y):

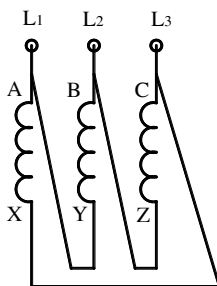


Hình 3.4: Sơ đồ lý thuyết

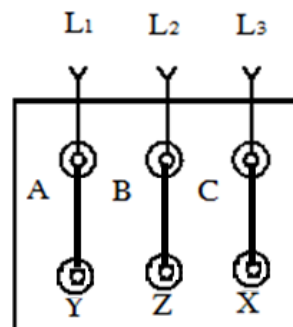


Hình 3.5: Sơ đồ đầu nối thực tế

- Đầu hình tam giác (Δ):



Hình 3.6: Sơ đồ lý thuyết

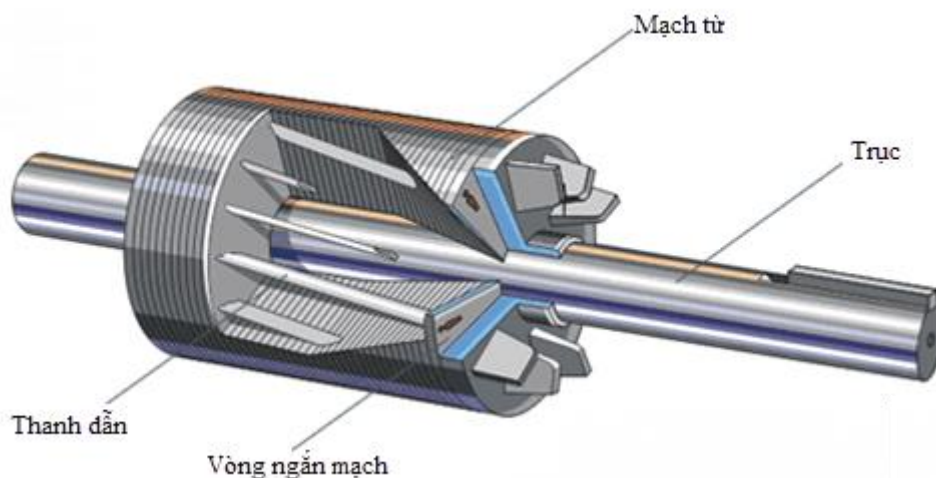


Hình 3.7: Sơ đồ đầu nối thực tế

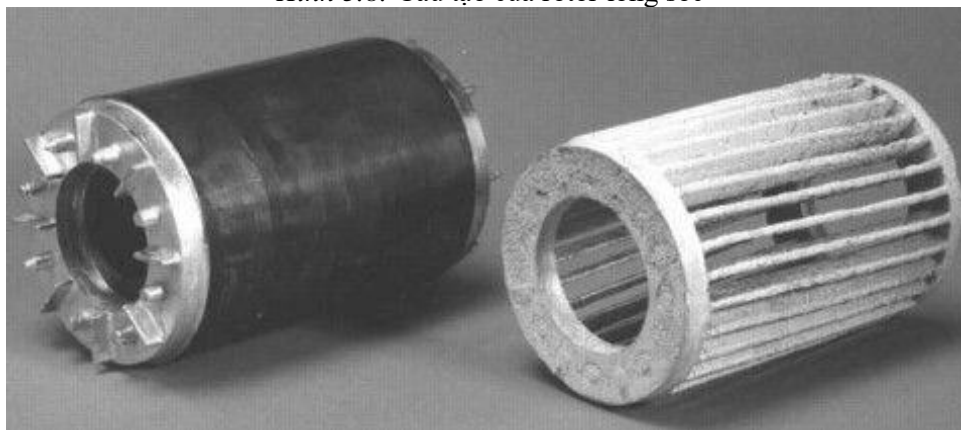
Vỏ máy để bảo vệ và giữ chặt lõi thép stator. Vỏ máy làm bằng nhôm (ở máy nhỏ), bằng gang hay thép đúc (ở máy lớn). Vỏ máy có chân máy để cố định máy trên bệ, hai đầu có nắp máy để đỡ trục rotor và bảo vệ dây quấn.

3.1.1.2 Phần quay: hay rotor gồm 2 loại: rotor lồng sóc và rotor dây quấn

Rotor lồng sóc (Squirrel Cage Rotor): dây quấn là những thanh đồng hay nhôm đặt trên các rãnh lõi thép rotor, hai đầu các thanh dẫn nối với hai vành đồng hay nhôm, gọi là vòng ngắn mạch. Như vậy dây quấn rotor hình thành một cái lồng, gọi là lồng sóc.

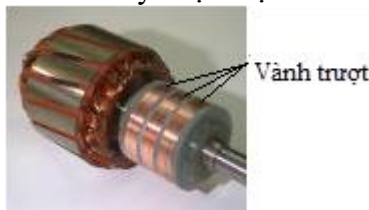


Hình 3.8: Cấu tạo của rotor lồng sóc

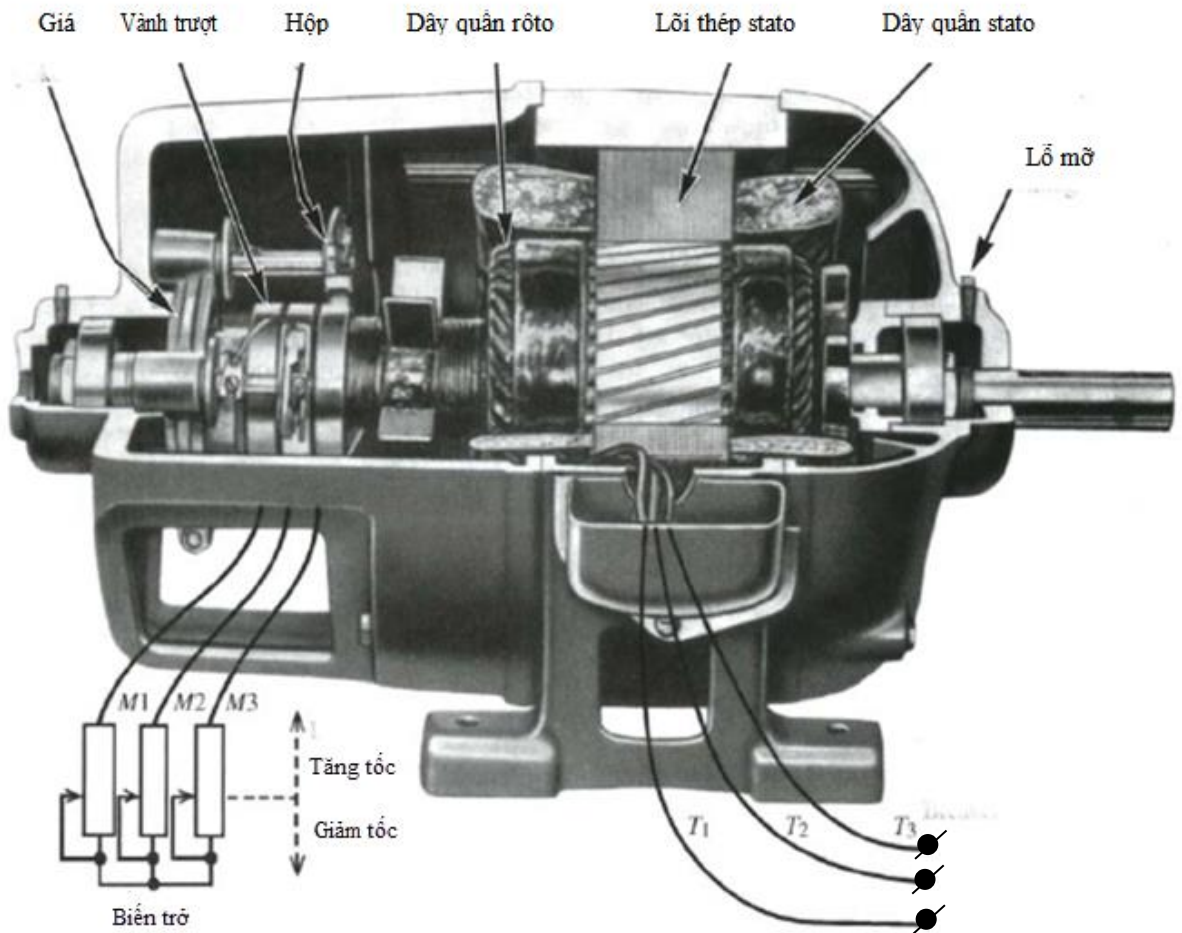


Hình 3.9: Rotor lồng sóc

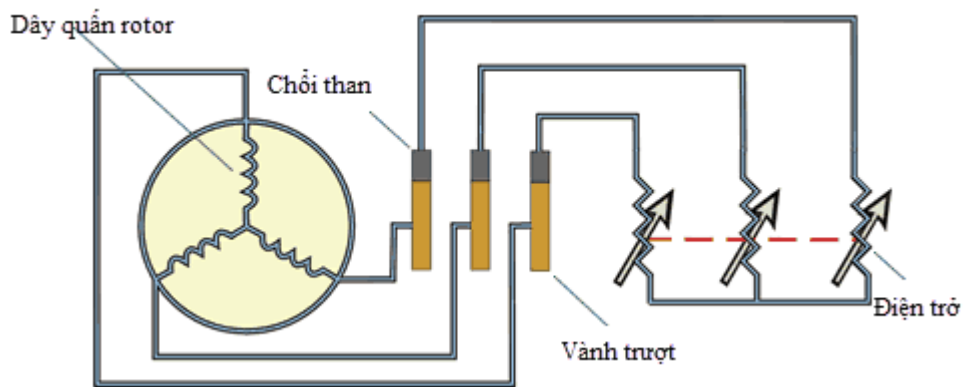
❖ **Rotor dây quấn (Wound Rotor hay Slip Ring):** dây quấn làm bằng dây điện từ, đặt trong các rãnh của lõi thép rotor. Dây quấn rotor gồm ba bộ dây, đặt lệch nhau 120° điện, đầu hình sao, ba đầu ra được nối với ba vành trượt bằng đồng. Ba vành trượt này được cách điện với nhau và với trục. Tỳ trên ba vành trượt là ba chổi than để nối mạch điện với điện trở bên ngoài (điện trở này có thể là điện trở mở máy hoặc điện trở điều chỉnh tốc độ).



Hình 3.10: Rotor dây quấn



Hình 3.11: Động cơ không đồng bộ rotor dây quấn



Hình 3.12: Sơ đồ đấu nối dây quấn rotor với điện trở ngoài.

➤ **Ưu điểm:**

- Dòng điện mở máy thấp.
- Moment mở máy lớn.

➤ **Nhược điểm:**

- Cấu tạo phức tạp, đắt tiền.
- Chi phí bảo trì cao.

Ứng dụng:

- Cần trục.
- Máy nâng.
- Máy cuộn trong nhà máy thép,...

3.1.1.2 Phân loại:

Phân theo kết cấu vỏ máy:

- Kiểu kín
- Kiểu bảo vệ
- Kiểu hở

Phân theo số pha:

- Máy điện không đồng bộ một pha
- Máy điện không đồng bộ ba pha

Phân theo kiểu dây quấn rotor.

- Máy điện không đồng bộ rotor lồng sóc.
- Máy điện không đồng bộ rotor dây quấn.

3.1.2 Nguyên lý làm việc

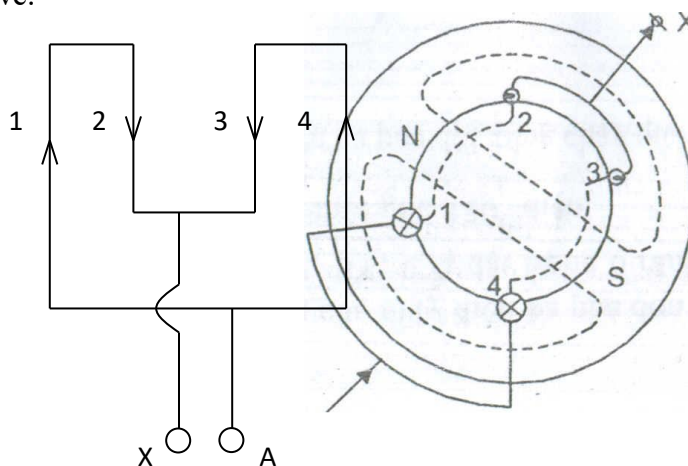
3.1.2.1 Sự hình thành từ trường

3.1.2.2 Từ trường đập mạch của dây quấn 1 pha

Từ trường của dây quấn 1 pha là từ trường có phương không đổi; trị số và chiều biến đổi theo thời gian được gọi là từ trường đập mạch.

Để đơn giản ta xét dây quấn 1 pha đặt trong 4 rãnh của stator. Dòng điện trong dây quấn là dòng điện 1 pha $i = I_{\max} \sin \omega t$ (A)

Theo hình vẽ:



Hình 3.13: Từ trường trong dây quấn 1 pha

3.1.2.2.1 Từ trường quay của dây quấn 3 pha

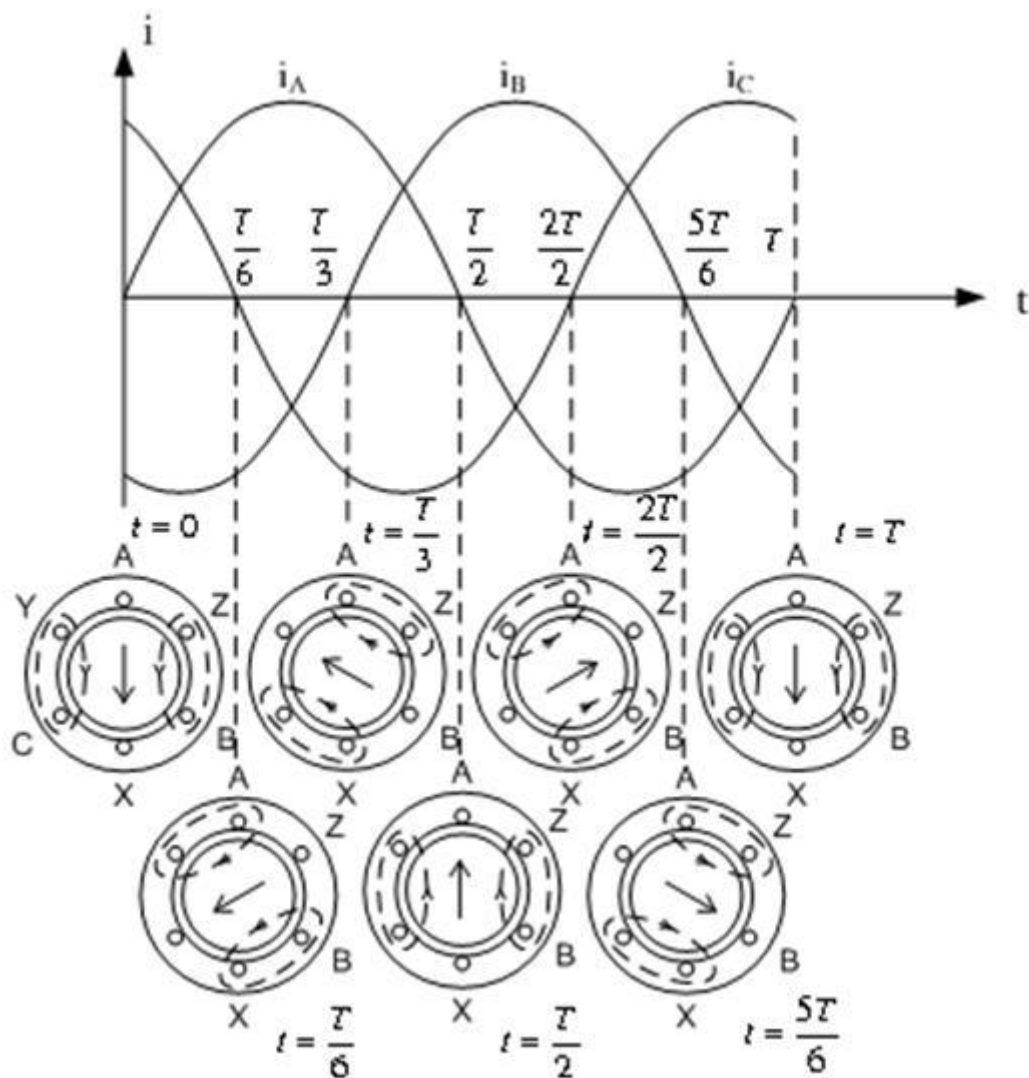
Xét dây quấn ba pha gồm 3 cuộn AX, BY, CZ đặt trong lõi thép Stator. Trục các cuộn dây lần lượt lệch nhau một phần ba vòng tròn hay 120° . Ở đây, để đơn giản, ta giả sử mỗi cuộn dây có một vòng.

Đưa dòng điện ba pha lệch nhau về thời gian một phần ba chu kỳ vào các cuộn dây:

$$i_A = I_m \sin \omega t \tag{3.1}$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$



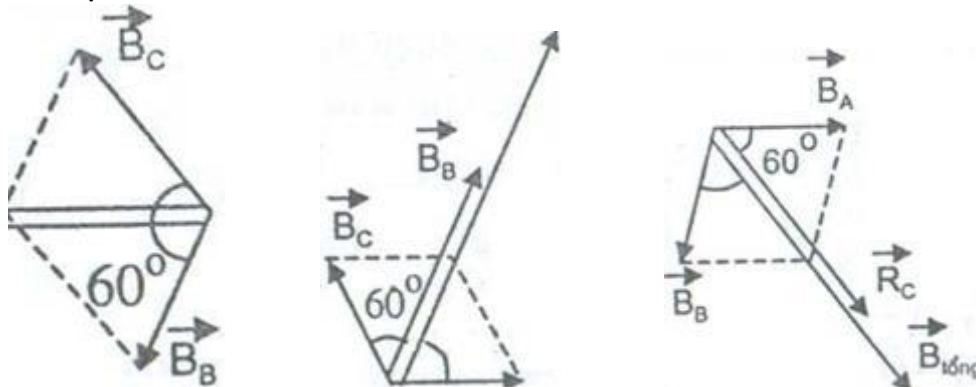
Hình 3.14: Vectơ từ trường quay trong dây quấn 3 pha

Đưa dòng điện ba pha lệch nhau về thời gian vào ba cuộn dây lệch pha, trong không gian.

Xét từ thông tổng hợp của dây quấn ba pha, Ở thời điểm $t = 0$, $i_A = 0$; $i_B = -I_m \sin 120^\circ = -I_m \frac{\sqrt{3}}{2}$; $i_C = I_m \frac{\sqrt{3}}{2}$. Dòng điện i_B âm, nên chiều từ Y đến B và dòng điện i_C dương, nên chiều dòng điện đi từ C đến Z, còn $i_A = 0$. Từ trường tổng hợp hướng theo phương A – X. Như vậy, từ thông tổng hợp đã dịch chuyển khỏi vị trí trước một phần sáu vòng tròn.

Tương tự, ta lần lượt xét tiếp ở các thời điểm $t = T/3$; $T/2$; $2T/3$; $5T/6$; và T . Từ hình vẽ, ta thấy là từ trường tổng hợp liên tục quay hướng, còn trị số không đổi. Khi dòng điện biến thiên kết hợp một chu kỳ, thì từ trường quay đúng một vòng.

Tóm lại :



Hình 3.15: Vector từ trường quay

Khi có dòng điện ba pha lệch nhau về thời gian lần lượt một phần ba chu kỳ chạy trong ba dây pha lần lượt lệch nhau trong không gian một phần ba vòng tròn sẽ tạo ra từ trường tổng hợp là từ trường quay, có cường độ không đổi và quay tròn trong không gian.

Đặc điểm của từ trường quay:

- Tốc độ từ trường quay : phụ thuộc vào tần số dòng điện stato f và số đôi cực p .

$$n_1 = \frac{60f}{p} \quad (v / p) \tag{3.2}$$

Trong đó :

- f : Tần số của nguồn điện [Hz].
- p : Số đôi cực của động cơ do bộ dây quấn stator quyết định
- Chiều quay của từ trường phụ thuộc vào thứ tự pha của dòng điện, muốn đổi chiều ta thay đổi thứ tự 2 trong 3 pha.

- Biên độ của từ trường quay : từ trường quay sinh ra từ thông xuyên qua mỗi dây quấn.

Ví dụ : Xét từ thông quay xuyên qua dây quấn AX.

$$\begin{aligned} \phi &= \phi_A + \phi_B \cos(120^\circ) + \phi_C \cos(-120^\circ) \\ &= \phi_A - \frac{1}{2}(\phi_B + \phi_C) \end{aligned} \tag{3.3}$$

Hệ thống dòng điện xoay chiều 3 pha đối xứng thì :

$$\phi_A + \phi_B + \phi_C = 0 \Rightarrow \phi_B + \phi_C = -\phi_A \tag{3.4}$$

Ta suy ra từ thông tổng là:

$$\phi = \frac{3}{2} \phi_A \tag{3.5}$$

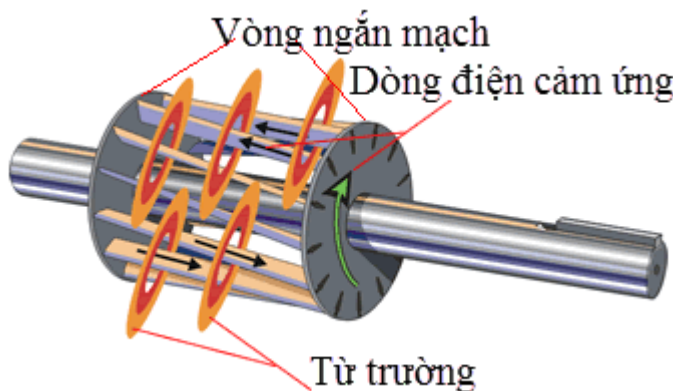
Như vậy từ thông tổng có dạng :

$$\phi = \frac{3}{2} \phi_{\max} \sin \omega t \tag{3.6}$$

Trong đó : ϕ_{\max} : từ thông cực đại của một pha

3.1.2.3 Nguyên lý làm việc của động cơ điện không đồng bộ

Khi đặt điện áp xoay chiều ba pha có tần số f vào ba pha dây quấn stator, hệ thống dòng điện xoay chiều ba pha chạy vào dây quấn sẽ sinh ra từ trường quay, quay với tốc độ



$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

Từ trường quay quét qua các thanh dẫn rotor, cảm ứng trong rotor sức điện động E_2 .

Dây quấn rotor nối ngắn mạch nên E_2 sẽ sinh ra dòng điện I_2 chạy trong dây quấn rotor. Chiều của E_2 , và chiều của I_2 được xác định theo qui tắc bàn tay phải.

Dòng điện I_2 nằm trong từ trường quay sẽ chịu lực tác dụng tương hỗ, tạo thành moment M tác dụng lên rotor, làm nó quay với tốc độ n theo chiều quay từ trường (dùng qui tắc bàn tay trái xác định chiều của lực và chiều của moment M tác dụng lên dây quấn rotor)

Hình 3.16: Nguyên lý hoạt động của động cơ KĐB

Tốc độ trên trục của động cơ (n) không thể bằng được tốc độ từ trường quay (n_1), mà phải nhỏ hơn một ít. Có như vậy mới có sự chuyển động tương đối giữa từ trường quay và dây quấn rotor, do đó mới có dòng điện I_2 , có moment M tác dụng lên rotor; (nếu tốc độ rotor bằng tốc độ đồng bộ thì rotor sẽ đứng yên đối với từ trường quay, sẽ không có sức điện động cảm ứng ở rotor, không có dòng điện rotor, và vì thế sẽ không sinh ra moment).

Vì tốc độ rotor khác tốc độ từ trường quay nên ta gọi động cơ là động cơ không đồng bộ.

Độ chênh lệch giữa tốc độ từ trường quay và tốc độ quay của rotor gọi là tốc độ trượt n_2 (hay là vận tốc trượt)

$$n_2 = n_1 - n \quad (3.7)$$

Hệ số trượt của tốc độ là:

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (3.8)$$

Hệ số trượt s thường thay đổi từ 1 đến 10 phần trăm tùy thuộc vào kích cỡ và loại động cơ

Tốc độ trên trục động cơ được tính bằng:

$$n = (1 - s) n_1 = (1 - s) \frac{60f}{p} \quad (3.9)$$

Khi tải tăng, hệ số trượt cũng tăng.

3.1.3 Các đại lượng định mức

Cũng như tất cả các loại máy điện khác, động cơ không đồng bộ có các trị số định mức đặc trưng cho điều kiện kỹ thuật của máy. Các trị số này do nhà máy thiết kế, chế tạo qui định và được ghi trên nhãn máy. Các trị số định mức của động cơ như sau :

- Công suất định mức P_{dm} (kW, W)
- Điện áp định mức U_{dm} (V).
- Dòng điện định mức I_{dm} (A).
- Tốc độ quay định mức n_{dm} (vòng/phút).
- Hiệu suất định mức $\eta_{dm} \%$.
- Hệ số công suất định mức $\cos \varphi_{dm}$

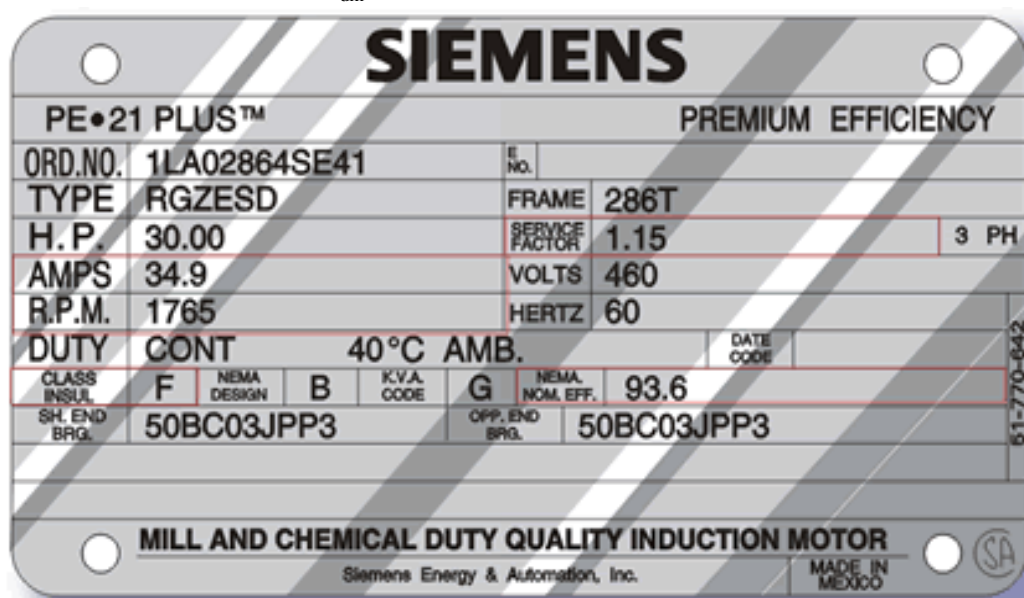
Công suất định mức là công suất trên đầu trục động cơ. Điện áp và dòng điện ghi trên nhãn máy là điện áp và dòng điện dây tương ứng với kiểu đấu hình sao hoặc tam giác. Từ các trị số định mức ghi trên nhãn máy, ta có thể tính được:

Công suất điện định mức mà động cơ tiêu thụ từ lưới điện:

$$P_{1dm} = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm}} = \sqrt{3} U_{dm} I_{dm} \cos \varphi_{dm} \quad (3.10)$$

Moment quay định mức ở đầu trục:

$$M_{dm} (N.m) = 9,55 \frac{P_{dm} (w)}{n_{dm} (v/p)} \quad (3.11)$$



Hình 3.17: Nhãn của động cơ không đồng bộ

3.2 QUAN HỆ ĐIỆN TỬ TRONG ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

3.2.1 Các phương trình cơ bản và mạch điện thay thế của động cơ không đồng bộ

3.2.1.1 Phương trình điện áp dây quấn stator

$$E_1 = 4,44 f k_{dq1} W_1 \phi_{max} \quad (3.12)$$

Trong đó:

- k_{dq1} : hệ số dây quấn stator.
- W_1 : số vòng dây quấn stator.
- ϕ_{max} : từ thông cực đại

Ta có phương trình cân bằng điện áp stator:

$$\dot{U}_1 = (-\dot{E}_1) + \dot{I}_1 Z_1 \quad (3.13)$$

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

Trong đó:

- $Z_1 = R_1 + jX_1$: tổng trở phức của một pha dây quấn stator.
- R_1 : điện trở dây quấn stator.
- X_1 : điện kháng tản dây quấn Stator

$$X_1 = 2 \pi f L_1$$

3.2.1.2 Phương trình điện áp dây quấn Rotor

Khi Rotor đứng yên

Sức điện động cảm ứng trong mỗi pha có biểu thức tương tự như trong stator

$$E_2 = 4,44 f k_{dq2} W_2 \phi_m \quad (3.14)$$

Trong đó:

- k_{dq2} : Hệ số dây quấn rotor.
- W_2 : Số vòng dây quấn rotor.

Vì rotor ngắn mạch nên $\dot{U}_2 = 0$

$$\dot{U}_2 = -\dot{E}_2 + \dot{I}_2 (R_2 + jX_2) = 0 \quad (3.15)$$

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

Trong đó :

- $Z_2 = R_2 + jX_2$: tổng trở của một pha dây quấn rotor (đứng yên).
- R_2 : điện trở dây quấn rotor (đứng yên).
- X_2 : điện kháng tản dây quấn rotor (đứng yên).
- f : tần số dòng điện rotor (bằng tần số dòng điện stator).

Khi rotor quay

Khi rotor quay với tốc độ n , tức với hệ số trượt s , từ trường stator quay đối với rotor với vận tốc tương đối sn_1 nên tần số dòng điện rotor, điện kháng tản rotor và sức điện động cảm ứng rotor lần lượt là :

$$f_{2s} = sf \tag{3.16}$$

$$X_{2s} = 2\pi (sf)L_2 = s X_2 \tag{3.17}$$

$$\dot{E}_{2s} = 4,44 (sf) k_{dq2} W_2 \varphi_m = s \dot{E}_2 \tag{3.18}$$

Phương trình điện áp rotor lúc rotor quay là:

$$s \dot{E}_2 = \dot{E}_{2s} = \dot{I}_2 (R_2 + jX_{2s}) = \dot{I}_2 (R_2 + jsX_2) = \dot{I}_2 Z_{2s} \tag{3.19}$$

Trong đó :

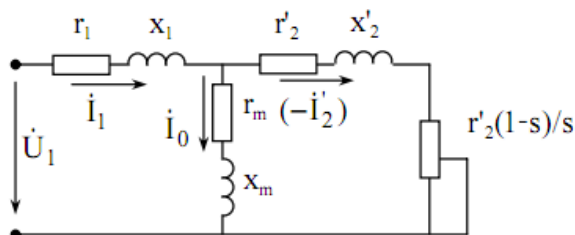
$Z_{2s} = R_2 + jsX_2$ là tổng trở một pha dây quấn rotor (khi rotor quay)

Tỉ số sức điện động pha stator và rotor:

$$\text{Hệ số qui đổi sức điện động: } k_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{k_{dq1} W_1}{k_{dq2} W_2} \tag{3.20}$$

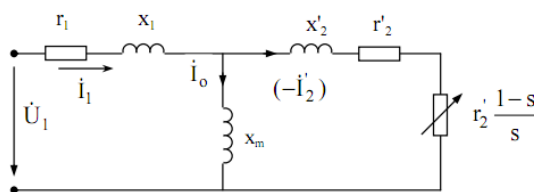
3.2.1.3 Mạch điện thay thế của máy điện không đồng bộ

Dựa vào các phương trình cơ bản, ta thành lập sơ đồ thay thế hình T (hình 3.18) cho động cơ không đồng bộ khi rotor quay giống như máy biến áp. Từ sơ đồ thay thế có thể tính dòng điện stator, dòng điện rotor, moment, 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 3.18 Mạch điện thay thế hình T của máy điện không đồng bộ

Trong động cơ 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 từ hóa 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 3.19 do IEEE đề xướng.



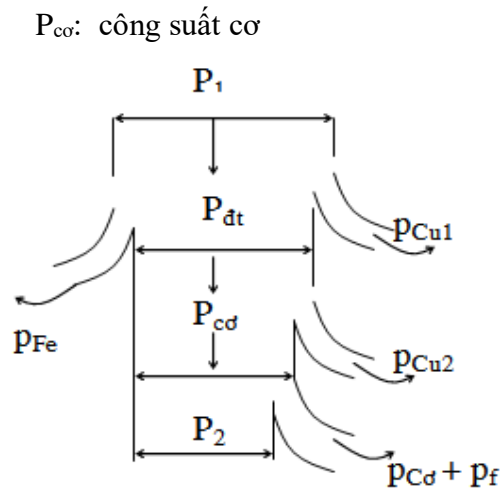
Hình 3.19 Mạch điện thay thế hình do IEEE đề xướng

3.2.2 Giảm đồ năng lượng

Máy điện đồng bộ làm việc ở ba chế độ: động cơ, máy phát và hãm. Máy điện không đồng bộ làm việc chủ yếu ở chế độ động cơ điện nên giáo trình này chỉ trình bày giảm đồ năng lượng của máy điện không đồng bộ ở chế độ động cơ.

P_1 : công suất điện đầu vào

$P_{đt}$: công suất điện từ chuyển qua rotor.



P_2 : công suất cơ hữu ích trên trục
 p_{Cu1}, p_{Cu2} : tổn hao đồng trên dây quấn stator, rotor
 p_{Fe} : tổn hao sắt từ.
 $P_{cơ} + P_f$: tổn hao cơ + tổn hao phụ.
 Hình 3.20: Giảm đồ năng lượng

Động cơ điện lấy điện năng từ lưới điện vào với công suất:

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 \quad (3.21)$$

- m_1 : số pha
- U_1 : điện áp pha
- φ_1 : góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp

Một phần nhỏ của công suất đó biến thành tổn hao đồng, tổn hao sắt trong dây quấn stator:

$$P_{Cu1} = m_1 I_1^2 R_1 \quad (3.22)$$

$$P_{Fe} = m_1 I_0^2 R_m$$

Phần lớn công suất đưa vào chuyển thành công suất điện từ P_{dt} truyền qua rotor:

$$P_{dt} = P_1 - (P_{Cu1} + P_{Fe}) = m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{s} = m_2 I_2^2 \frac{R_2}{s} \quad (3.23)$$

Trong đó: s : hệ số trượt động cơ.

I_2' : dòng rotor qui đổi về stator.

Do trong rotor có dòng điện nên có tổn hao đồng trong dây quấn rotor:

$$P_{Cu2} = m_1 I_2'^2 R_2' \quad (3.24)$$

Do đó công suất cơ của động cơ:

$$P_{cơ} = P_{dt} - P_{Cu2} = m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{s} - m_1 I_2'^2 R_2' = m_1 I_2'^2 R_2' \frac{1-s}{s} \quad (3.25)$$

Công suất đưa ra trục động cơ P_2 sẽ nhỏ hơn công suất cơ vì khi máy quay có tổn hao cơ $P_{cơ}$ (tổn hao do ma sát và quạt gió) và tổn hao phụ P_f :

$$P_2 = P_{cơ} - (p_{cơ} + p_f) \quad (3.26)$$

Tổng tổn hao trong động cơ điện:

$$\sum P = P_{Cu1} + P_{Fe} + P_{Cu2} + P_{cơ} + P_f \quad (3.27)$$

Công suất đưa ra đầu trục $P_2 = P_1 - \sum P$

Hiệu suất:

$$\eta\% = \frac{P_2}{P_1} 100\% = \frac{P_1 - \sum P}{P_1} 100\% \quad (3.28)$$

Công suất phản kháng động cơ nhận từ lưới điện:

$$Q_1 = m_1 U_1 I_1 \sin \varphi \quad (3.29)$$

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

$$q_2 = m_1 I_2'^2 X_2' \quad q_1 = m_1 I_1^2 X_1 \quad (3.30)$$

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

$$Q_m = m_1 I_0^2 X_m \quad (3.31)$$

Vậy:

$$Q_m = m_1 I_0^2 X_m \quad (3.32)$$

Do khe hở không khí (giữa stator và rotor) lớn hơn khe hở không khí trong máy biến áp nên dòng điện từ hóa trong động cơ không đồng bộ lớn hơn dòng điện từ hóa trong máy biến áp, thường $I_0 = (20 - 25\%) I_{dm}$. Do Q_m và I_0 tương đối lớn nên hệ số công suất $\cos \varphi$ của động cơ thấp, thường thì $\cos \varphi_{dm} = 0.7 - 0.95$ và khi không tải $\cos \varphi_0 = 0.1 - 0.4$, rất thấp.

3.2.3 Moment quay

Đề động cơ không đồng bộ lúc làm việc được thì moment do động cơ sinh ra phải cân bằng với moment tải:

$$M_{dt} = M_0 + M_2 \quad (3.33)$$

Trong đó: $M_0 = \frac{P_{co} + P_f}{\omega}$ và $M_2 = \frac{P_2}{\omega}$

Với $\omega = \frac{2\pi n}{60}$ là tốc độ góc của rotor.

Công thức tính moment điện từ được viết lại:

$$M_{dt} = \frac{P_{co} + P_f + P_2}{\omega} = \frac{P_{co}}{\omega} \quad (3.34)$$

Mặt khác:

$$M_{dt} = \frac{P_{dt}}{\omega_1} \quad (3.35)$$

Vậy $\frac{P_{co}}{\omega} = \frac{P_{dt}}{\omega_1}$

$$\Rightarrow P_{co} = \frac{\omega}{\omega_1} P_{dt} = \frac{n}{n_1} P_{dt} = (1-s)P_{dt} \quad (3.36)$$

Tổn hao đồng trên rotor:

$$P_{Cu2} = P_{dt} - P_{co} = sP_{dt} \quad (3.37)$$

Theo mạch tương đương, ta bỏ nhánh giữa Z_0 và suy ra:

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (3.38)$$

Vậy moment điện từ ứng với điện áp nguồn đặt vào động cơ là:

$$M_{dt} = \frac{m_1 p U_1^2 R_2' / s}{2\pi f_1 \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]} \quad (3.39)$$

Nhận xét: Với tần số cố định và tham số cho trước thì:

- Moment điện từ tỉ lệ với bình phương điện áp.
- Moment điện từ tỉ lệ nghịch với điện kháng.
- Moment điện từ là hàm số của hệ số trượt: $M_{dt} = f(s)$

Khi mở máy động cơ thì $s = 1$, ta có moment mở máy:

$$M_{mm} = \frac{m_1 p U_1^2 R_2'}{2\pi f_1 \left[(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]} \quad (3.40)$$

Dưới tác dụng của M_{mm} , rotor bắt đầu quay, thì hệ số trượt giảm và moment tăng dần.

Khi hệ số trượt đạt giá trị tới hạn s_m , moment đạt giá trị cực đại, có thể xác định s_m ứng với M_{max} bằng cách lấy đạo cấp 1 phương trình 3.39 và cho hàm số này bằng 0:

$$\frac{dM_{dt}}{ds} = 0$$

$$s_m = \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (3.41)$$

Moment cực đại:

$$M_{max} = \frac{m_1 p U_1^2}{4\pi f_1 (R_1 + X_1 + X'_2)} \quad (3.42)$$

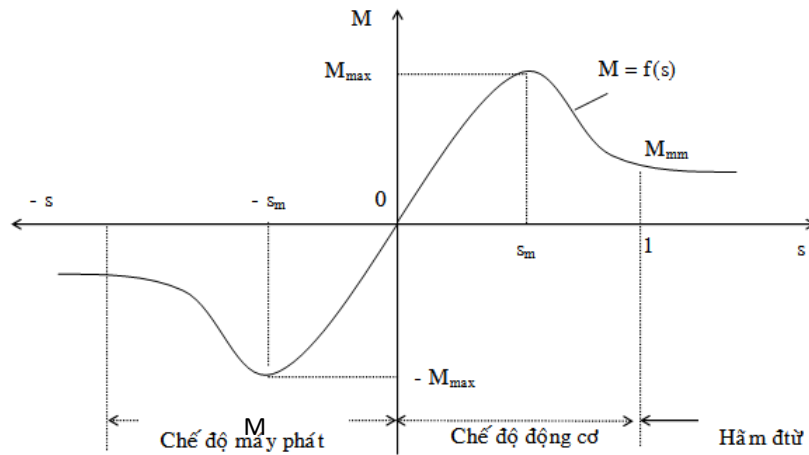
Vậy:

- M_{max} tỉ lệ với U_1
- M_{max} không phụ thuộc vào điện trở của rotor
- Điện trở rotor R'_2 càng lớn thì s_m càng lớn.

Muốn cho khi mở máy $M_{mm} = M_{max}$ thì phải tăng R'_2 , điều này thực hiện được khi:

$$s_m = \frac{R'_2}{X_1 + X'_2} = I \quad (\text{do } r_1 < (x_1 + x'_2)) \quad (3.43)$$

$$\text{hay } s_m = \left(\frac{R'_2 + R_p}{X_1 + X'_2} \right) = I \Rightarrow R'_p = ? \quad (3.44)$$



Hình 3.20: Quan hệ đặc tính cơ $M = f(s)$ của máy điện không đồng bộ

- Động cơ: $0 < s < 1 \quad n < n_1$
- Máy phát: $-\infty < s < 0 \quad n > n_1$
- Hãm: $1 < s < +\infty \quad n < 0$
- $n = 0 \quad s = 1$

Điểm $M = M_{max}$ là giới hạn làm việc ổn định của động cơ, muốn động cơ làm việc ổn định thì $M_{dm} < M_{max}$; với M_{dm} đó, động cơ có thể làm việc ổn định với tải định mức và có khả năng chịu tải ngắn hạn.

Khả năng quá tải của động cơ được thể hiện ở tỉ số:

$$K_m = \frac{M_{max}}{M_{dm}} : \text{năng lực quá tải của động cơ.} \quad (3.45)$$

Trong thực tế thường không biết các tham số bên trong nên dùng biểu thức Klox:

$$\frac{M_{dm}}{M_{max}} = \frac{m_1 p U_1^2 R'_2 / s}{2\pi f_1 \left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + (X_1 + X'_2)^2 \right]} \frac{4\pi f_1 (R_1 + X_1 + X'_2)}{m_1 p U_1^2} \quad (3.46)$$

$$\frac{M_{dt}}{M_{max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}} : \text{thông thường thì } R_1 = R'_2 \quad (3.47)$$

$$s_m = s_{dm} \left(k_m + \sqrt{k_m^2 - 1} \right) \quad (3.48)$$

3.3 Mở máy động cơ không đồng bộ

3.3.1 Moment và dòng điện mở máy

Phương trình cân bằng moment trong quá trình mở máy:

$$M - M_c = J \frac{d\Omega}{dt} \quad (3.49)$$

Trong đó: M là moment điện từ của động cơ điện

M_c : là moment cản của tải

J là moment quán tính

Nhận xét:

- Tăng tốc độ thuận lợi khi $d\Omega/dt > 0$, nghĩa là $M > M_c$
- $(M - M_c)$ càng lớn thì tăng tốc độ càng nhanh.
- Máy có quán tính lớn thì thời gian mở máy t_k lâu.

Quá trình mở máy của động cơ là quá trình kể từ lúc đóng mạch, đặt điện áp vào dây quấn stator của động cơ (rotor còn đứng yên $n = 0$) tới lúc động cơ làm việc với tốc độ ổn định. ($n = 0 \rightarrow n_{dm}$)

Để cho máy quay được thì M_{mm} phải lớn hơn moment tải tĩnh và moment ma sát tĩnh.

Khi mở máy: $n = 0, s = 1$

$$I_{mm} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (3.50)$$

Thường thì $I_{mm} = (4-7)I_{dm}$ ứng với U_{dm}

$$M_{mm} = \frac{m_1 p U_1^2 R'_2}{2\pi f_1 \left[(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2 \right]} \quad (3.51)$$

Dòng điện mở máy quá lớn không những làm cho bản thân máy bị nóng mà còn gây sụt áp lớn trên lưới điện ảnh hưởng tới thiết bị khác làm việc trên cùng lưới điện. Do vậy phải hạn chế dòng mở máy.

Yêu cầu khi mở máy:

- Dòng điện mở máy phải hạn chế đến mức thấp nhất.
- Moment mở máy phải đủ lớn để đảm bảo $(M - M_c) > 0$ để tiến hành tăng tốc.
- Thời gian mở máy ngắn.
- Tổn hao trong quá trình mở máy phải được hạn chế ở mức thấp nhất.
- Thiết bị và phương pháp mở máy phải đơn giản – vận hành chắc chắn.

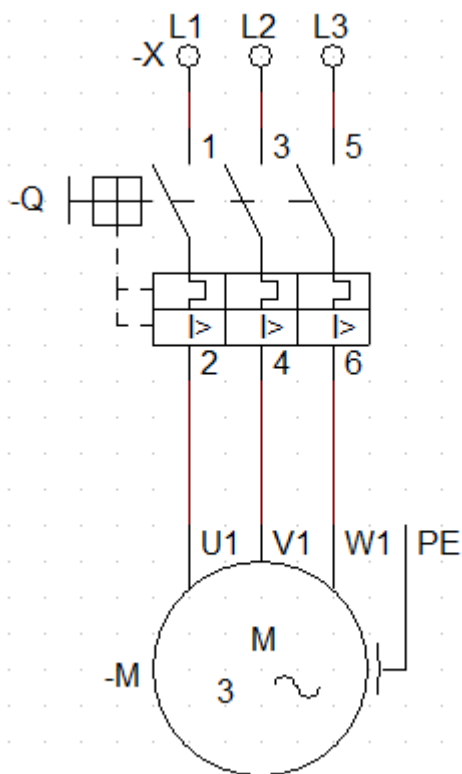
Những yêu cầu trên là trái ngược nhau, vì thế tùy theo yêu cầu sử dụng và công suất của lưới điện mà ta chọn phương pháp mở máy phù hợp.

3.3.2 Phương pháp mở máy

3.3.2.1 Mở máy trực tiếp

Phương pháp mở máy này dùng trong trường hợp công suất của nguồn cung cấp lớn hơn nhiều so với công suất của động cơ hoặc mở máy không tải.

Đóng CB nối trực tiếp dây quấn stator vào lưới, động cơ quay.



Hình 3.23: Mở máy trực tiếp

Khi cấp nguồn, dòng điện mở máy lớn, tốc độ động cơ tăng dần thì dòng mở máy giảm xuống. Khi tốc độ ổn định thì dòng điện ở lại trị số bình thường.

Ưu điểm:

- Thiết bị mở máy đơn giản.
- Moment mở máy (M_{mm}) lớn.
- Thời gian mở máy nhỏ.

Nhược điểm: là dòng điện mở máy I_{mm} lớn, làm ảnh hưởng đến lưới điện và các phụ tải khác.

Áp dụng: Dùng để mở máy cho các động cơ nhỏ và trung bình.

3.3.2.2 Hạ điện áp mở máy

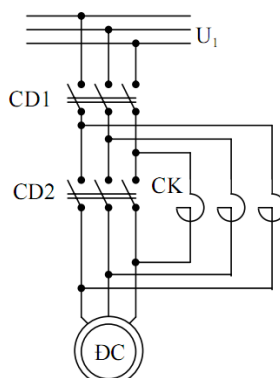
3.3.2.2.1 Dùng cuộn kháng nối với mạch điện stator:

Khi mở máy: CD2 cắt, đóng CD1 để nối dây quấn stator vào lưới điện thông qua cuộn kháng CK, khi động cơ quay ổn định, đóng CD2 để ngắt mạch cuộn kháng, nối trực tiếp dây quấn stator vào lưới điện.

Gọi I_{mm} là dòng điện mở máy trực tiếp với điện áp U_1

Điện áp đặt vào dây quấn stator:

$$U_1 = \frac{U}{k} \quad (\text{với } k > 1: \text{ tỷ số cuộn kháng}) \quad (3.52)$$



Hình 3.24: Mở máy dùng biến cuộn kháng

Dòng điện mở máy:

$$I'_{mm} = \frac{I_{mm}}{k} \quad (3.53)$$

Moment mở máy:

$$M'_{mm} = \frac{M_{mm}}{k^2} \quad (3.54)$$

3.3.2.2 Dùng biến áp tự ngẫu:

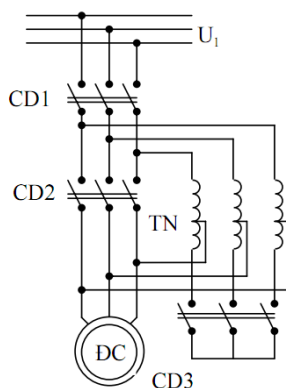
Trước khi mở máy: cắt CD2, đóng CD3, máy biến áp tự ngẫu để ở vị trí điện áp đặt vào động cơ khoảng $(0,6-0,8)U_{đm}$, đóng CD1 để nối nối dây quấn stator vào lưới điện thông qua máy biến áp tự ngẫu. Khi động cơ quay ổn định, cắt CD3, đóng CD2 để ngắn mạch máy biến áp tự ngẫu, nối trực tiếp dây quấn stato vào lưới điện.

Thứ tự đóng mạch biến áp :

Khi mở máy, động cơ được cấp nguồn:

$$U_1 = \frac{U}{k} \quad (3.55)$$

với k: tỷ số biến áp



Hình 3.25: Mở máy dùng biến áp tự ngẫu

Lúc đó dòng điện mở máy của động cơ:

$$I_{ĐC} = \frac{I_{mm}}{k} \quad (3.56)$$

Với I_{mm} là dòng điện mở máy trực tiếp

Dòng điện máy biến áp tự ngẫu nhận từ lưới điện:

$$I_{mmBA} = \frac{I_{ĐC}}{k_T} = \frac{I_{mm}}{k_T^2} \quad (3.57)$$

Moment mở máy:

$$M'_{mm} = \frac{M_{mm}}{k^2} \quad (3.58)$$

3.3.2.2.3 Dùng phương pháp đổi nối Y - Δ : Phương pháp này chỉ dùng cho động cơ khi làm việc bình thường, dây quấn stator đấu hình Δ, điện áp pha bằng điện áp dây của lưới.

Gọi Z_f : tổng trở pha.

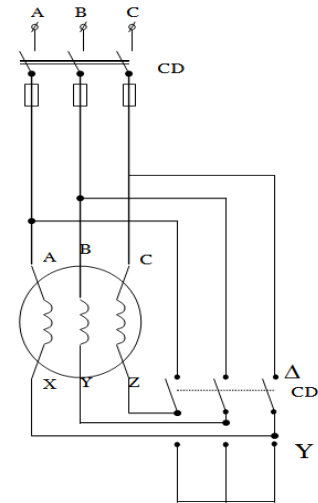
U_1 : điện áp của lưới điện.

Khi mở máy đấu Y : $U_1 = \sqrt{3} U_{fY}$, $I_{fY} = I_{dY}$

$$I_{dY} = I_{fY} = \frac{U_1}{\sqrt{3}Z_f}$$

Khi mở máy đấu Δ : $U_1 = U_{f\Delta}$, $I_{d\Delta} = \sqrt{3} I_{f\Delta} = \sqrt{3} \frac{U_1}{Z_f}$

$$\text{Do vậy } \frac{I_{dY}}{I_{d\Delta}} = \frac{U_1}{\sqrt{3}Z_f} \cdot \frac{Z_f}{\sqrt{3}U_1} = \frac{1}{3} \Rightarrow I_{dY} = \frac{I_{d\Delta}}{3} .$$



Hình 3.26: Mở máy bằng cách đổi nối $Y \rightarrow \Delta$

Vậy : dòng giảm đi 3 lần , áp giảm $\sqrt{3}$ lần , M_{mm} giảm $(\sqrt{3})^2 = 3$ lần.

$$U_1' = \frac{U_1}{\sqrt{3}} \tag{3.59}$$

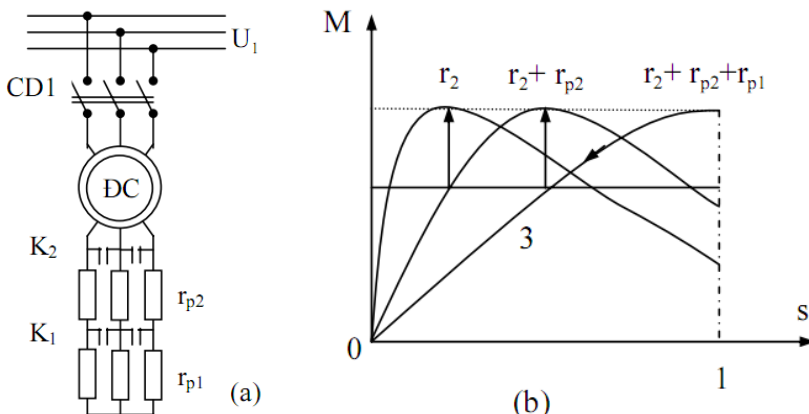
$$I_{mm}' = \frac{I_{mm}}{3} \tag{3.60}$$

$$M_{mm}' = \frac{M_{mm}}{3} \tag{3.61}$$

3.3.2.3 Mở máy bằng cách thêm điện trở phụ vào rotor động cơ rotor dây quấn

Phương pháp này chỉ dùng cho những động cơ rotor dây quấn vì đặc điểm của loại động cơ này là có thể thêm điện trở phụ vào mạch rotor.

Khi điện trở roto thay đổi thì đặc tính $M = f(s)$ cũng thay đổi theo. Khi điều chỉnh điện trở mạch rotor thích đáng thì $M_{mm} = M_{max}$ (đường 3). Sau khi rotor quay để giữ một moment điện từ nhất định trong quá trình mở máy, ta cắt dần điện trở nối thêm vào mạch roto làm cho quá trình tăng tốc động cơ từ đặc tính này sang đặc tính khác và sau khi cắt toàn bộ điện trở thì sẽ tăng tốc đến điểm làm việc của đặc tính cơ tự nhiên.



Hình 3.27: Mở máy bằng cách thêm điện trở phụ

a) Sơ đồ mở máy; b) Đặc tính mở máy

$$I_{mm} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R'_p)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (3.62)$$

$$M_{mm} = \frac{m_1 P U_1^2 (R'_2 + R'_p)}{2\pi f_1 [(R_1 + R'_2 + R'_p)^2 + (X_1 + X'_2)^2]}$$

Giảm I_{mm} nhưng M_{mm} tăng lên. Đó là ưu điểm lớn của động cơ rotor dây quấn so với rotor lồng sóc.

Vì vậy những tải cần moment mở máy lớn thì dùng động cơ rotor dây quấn.

3.4 ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ MỘT PHA

3.4.1 Đại cương

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,....

Cấu tạo: Động cơ không đồng bộ một pha cũng gồm có stator và rotor

- Stator: giống động cơ không đồng bộ ba pha, nhưng chỉ có dây quấn một pha.
- Rotor: dạng rotor lồng sóc giống động cơ không đồng bộ ba pha.

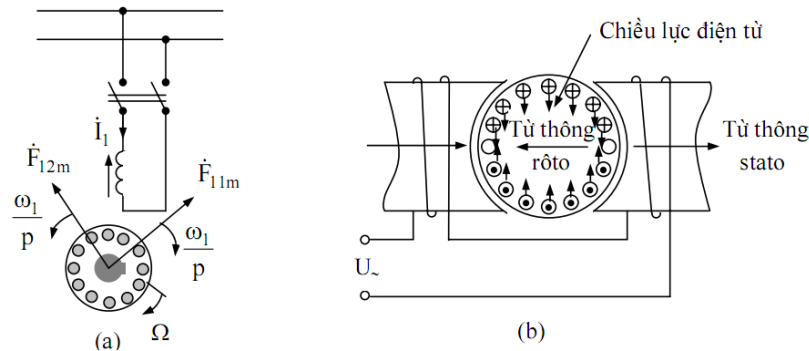
3.4.2 Nguyên lý hoạt động

Khi nối dây quấn một pha stator vào lưới điện có điện áp U_1 thì trong dây quấn có dòng điện xoay chiều hình sin chạy qua:

$$i_1 = \sqrt{2} I_1 \sin \omega t \quad (3.63)$$

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

$$F = F_m \sin \omega t \cos \alpha \quad (3.64)$$



Hình 3.28: Động cơ không đồng bộ một pha một dây quấn

- a) Từ trường đập mạch chia thành từ trường quay thuận và quay ngược
- b) Từ thông và lực điện từ tác dụng lên rotor

Ta phân sức từ động đập mạch này thành hai stđ quay:

- Sức từ động quay thuận: F_{11m}
- Sức từ động quay ngược: F_{12m}

Hai sức từ động này có:

- Biên độ:

$$\frac{F_{1m}}{2} = F_{11m} = F_{12m} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \frac{W_1 K_{dq1}}{p} I \quad (3.63)$$

- Tốc độ:

+ Quay thuận: $n_{11} = \frac{\omega_1}{p}$ cùng chiều quay rotor

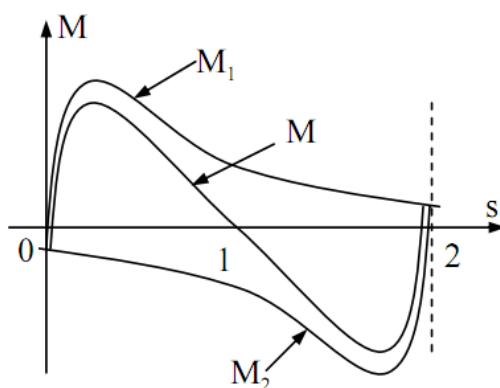
+ Quay ngược: $n_{12} = -n_{11}$ ngược chiều quay rotor

So với rotor có hệ số trượt:

+ Thuận: $s_{11} = \frac{n_{11} - n}{n_{11}} = s$

+ Ngược: $s_{12} = \frac{-n_{11} - n}{-n_{11}} = 2 - s$

Từ trường quay thuận tác dụng với dòng điện rotor sẽ tạo ra moment quay thuận M_1 (hình 3.29), Còn từ trường quay ngược tác dụng với dòng điện rotor tạo ra moment quay ngược M_2 (hình 3.29). Tổng đại số hai moment này cho ta đặc tuyến $M = f(s)$: $M = M_1 + M_2 = f(s)$



Hình 3.29: Moment của động cơ không đồng bộ một pha

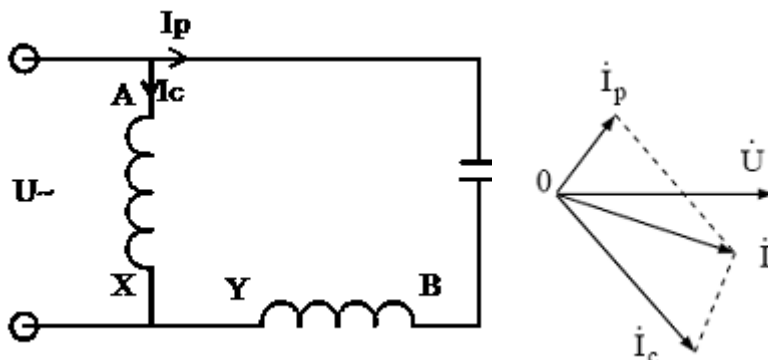
Từ đặc tính ta thấy rằng lúc mở máy ($n = 0, s = 1$), $M_1 = M_2$ và ngược chiều nhau nên $M = 0$, vì vậy động cơ không thể tự quay được. Nếu ta quay rotor theo một chiều nào đó, $s \neq 1$ tức $M \neq 0$ động cơ sẽ tiếp tục quay theo chiều đó. Vì vậy để động cơ một pha làm việc được, ta phải có biện pháp mở máy, nghĩa là tìm cách tạo ra cho động cơ một moment lúc rotor đứng yên ($M = M_k$ khi $s = 1$).

3.4.3 Các phương pháp mở máy

3.4.3.1 Mở máy động cơ không đồng bộ một pha dùng tụ điện

3.4.3.1.1 Động cơ một pha dùng tụ điện thường trực

Cuộn dây phụ và tụ điện làm việc vận hành song song với pha chính khi động cơ làm việc bình thường. Loại này có công suất thường nhỏ hơn 1 Hp và có đặc tính cơ tốt.



Hình 3.30: Động cơ một pha dùng tụ điện thường trực

- ❖ **Đặc điểm pha đề:**
 - Cuộn đề có tương đối nhiều vòng dây
 - Tụ làm việc (tụ ngâm) có cấu tạo từ film polypropylene cho phép làm việc liên tục với nguồn điện
- ❖ **Đặc điểm của động cơ :**

- Hệ số $\cos\varphi > 0,8$
- Moment mở máy của động cơ này thấp:

$$M_{mm} = 0,5M_{dm}$$

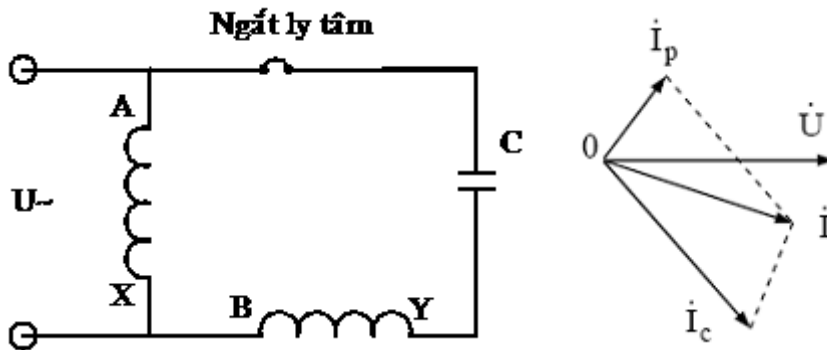
❖ **Ứng dụng :**

- Động cơ này được sử dụng nhiều trong các loại máy bơm nước quạt gió.

b. Động cơ dùng tụ điện mở máy

❖ Nguyên lý hoạt động:

- Khi mở máy pha đề tham gia vào mạch.
- Khi tốc độ đạt 70-80% tốc độ định mức thì công tắc ly tâm sẽ mở ra và cắt pha đề ra khỏi lưới điện.



Hình 3.31: Động cơ một pha dùng tụ điện mở máy

❖ Đặc điểm của pha đề: Do làm việc ngắn hạn nên:

- Cuộn dây pha đề có rất ít vòng dây
- Tụ đề là tụ khởi động có cấu tạo bản cực từ

❖ Đặc điểm động cơ:

- Hệ số $\cos\phi$ thấp $< 0,7$
- Moment mở máy của động cơ này lớn:

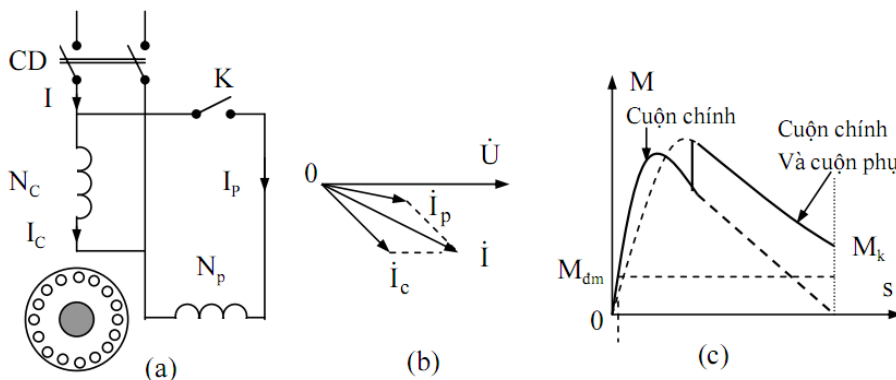
$$M_{mm} = 1,5M_{dm}$$

❖ Ứng dụng: Động cơ này được dùng trong các máy công cụ.

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 ÷ 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 ÷ 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.

3.4.3.2 Mở máy động cơ không đồng bộ một pha 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 ...



Hình 3.32: Động cơ dùng dây quấn phụ

- a) Sơ đồ kết nối; b) Đồ thị vectơ lúc mở máy; c) Đặc tính $M=f(s)$

Các phần chính của loại động cơ này cho trên hình 3.32a gồm có: dây quấn chính N_c (dây quấn làm việc), dây quấn phụ N_p (dây quấn mở máy). Hai cuộn dây này đặt lệch nhau 90° điện trong không gian và rotor lồng sóc.

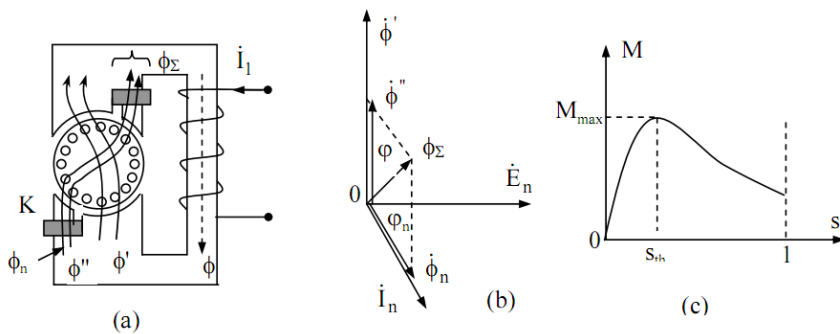
Để có được moment mở máy, người ta tạo ra góc lệch pha giữa dòng điện qua cuộn chính I_c và dòng qua cuộn dây phụ I_p bằng cách mắc thêm một điện trở nối tiếp với cuộn phụ hoặc dùng dây quấn cỡ nhỏ hơn cho cuộn phụ, góc lệch này thường nhỏ hơn 30° . Dòng trong dây quấn chính và trong dây quấn phụ sinh ra từ trường quay để tạo ra momen mở máy. Đồ thị vector lúc mở máy được trình bày trên hình 11.5b.

Khi tốc độ đạt được $70 \div 75$ % 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 momen được trình bày trên hình 3.32c.

3.4.3.3 Động cơ dùng vòng ngắn mạch

Hình 3.33a cho thấy cấu tạo loại động cơ này. 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 rotor lồng sóc.

Dòng điện chạy trong dây quấn stato tạo nên từ thông qua phần cực từ không vòng ngắn mạch và từ thông qua phần cực từ có vòng ngắn mạch. Từ thông cảm ứng trong vòng ngắn mạch sđđ, chậm pha so với từ thông một góc 90° (hình 3.33b). Vòng ngắn mạch có điện trở và điện kháng nên tạo ra dòng điện chậm pha so với sức điện động một góc nhỏ hơn 90° .

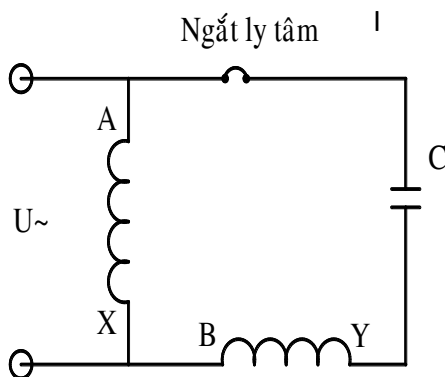


Hình 3.33: Động cơ không đồng bộ một pha có vòng ngắn mạch ở cực từ
a) Cấu tạo; b) Đồ thị vector; c) Đặc tính moment

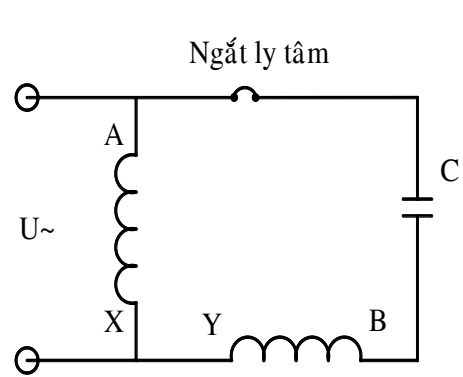
Do từ thông và lệch nhau trong không gian nên chúng tạo ra từ trường quay và làm quay rotor. Loại động cơ này có momen mở máy khá nhỏ $M_k = (0,2-0,5)M_{đm}$, hiệu suất thấp (từ 25 - 40%), thường chế tạo với công suất 20 - 30W, đôi khi cũng có chế tạo công suất đến 300W và hay sử dụng làm quạt bàn, quạt trần, máy quay đĩa ...

3.4.4 ĐẢO CHIỀU ĐỘNG CƠ MỘT PHA

Đảo chiều hai đầu cuộn chạy hoặc hai đầu cuộn đề



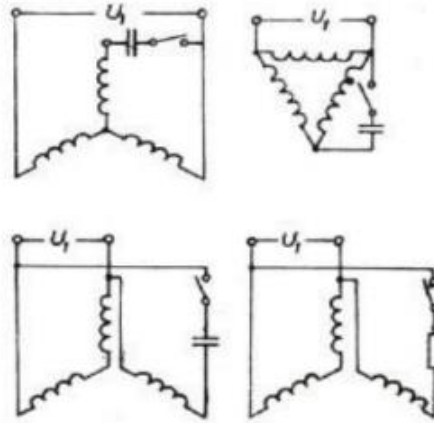
Hình 3.34: Quay chiều thuận



Hình 3.35: Quay chiều ngược

3.4.5 Động cơ ba pha làm việc trong lưới điện một pha

Có nhiều trường hợp người ta dùng động cơ điện ba pha ở lưới điện một pha. Lúc đó chỉ cần đặt một điện áp một pha vào hai dây quấn pha nối tiếp, dây quấn pha còn lại được nối thêm điện dung làm thành dây quấn phụ (hình 11.6) để mở máy và tăng cường moment lúc làm việc.



Hình 3.36: Một vài phương pháp mở máy động cơ điện ba pha trên lưới điện một pha

Kinh nghiệm và tính toán cho thấy rằng, đổi động cơ điện ba pha thành động cơ điện một pha kiểu điện dung thì đặc tính của động cơ một pha có kém đi, giá điện dung đắt, do đó thương đổi động cơ điện ba pha công suất không quá 1,7 kW thành động cơ điện một pha kiểu điện dung.

❖ **Câu hỏi và bài tập**

Câu hỏi

1. Trình bày cấu tạo của máy điện không đồng bộ.
2. Phân loại máy điện không đồng bộ.
3. Các đại lượng định mức trong máy điện không đồng bộ.
4. Trình bày sự hình thành từ trường quay trong dây quấn 3 pha.
5. Trình bày đặc điểm của từ trường quay.
6. Trình bày nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ.
7. Trình bày nguyên lý làm việc của máy phát không đồng bộ.
8. Trình bày cấu tạo của động cơ không đồng bộ một pha.
9. Trình bày nguyên lý hoạt động của động cơ không đồng bộ một pha.
10. Trình bày các phương pháp mở máy động cơ không đồng bộ một pha.
11. Trình bày yêu cầu mở máy đối với động cơ không đồng bộ ba pha.
12. Trình bày các phương pháp mở máy động cơ không đồng bộ ba pha.
13. Trình bày các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ ba pha.
14. Công suất trong máy điện không đồng bộ? Giảm tổn hao năng lượng trong máy điện không đồng bộ? Hiệu suất của máy?
15. Thiết lập sơ đồ thay thế động cơ không đồng bộ.
16. Đặc tính cơ động cơ không đồng bộ: thiết lập biểu thức tính momen quay, xây dựng đặc tính cơ?

Bài tập

1. Cho động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc, $P_{đm}=10$ kW, $f=50$ Hz, $U:220/380$ V, $\cos \varphi_{đm}=0,8$, $\eta_{đm}=0,9$, $n_{đm}=2850$ v/p; $2p=2$; $U_{đL}=380$ (V)

$$\frac{I_{mn}}{I_{đm}} = 5; \frac{M_{mn}}{M_{đm}} = 1,5$$

$M_C=0,5M_{đm}$, áp dụng pp mở máy bằng biến áp tự ngẫu. Tính tỷ số biến áp lớn nhất mà động cơ vẫn mở máy được.

HD

Moment định mức

$$M_{đm} = 9,55 \frac{P_{đm}}{n_{đm}} = 9,55 \frac{10 \times 1000}{2850} = 33,5 (Nm)$$

Khi áp dụng phương pháp mở máy dùng biến áp tự ngẫu

$$M'_{mm} = \frac{M_{mm}}{k_t^2}$$

Theo đề:

$$M_{mm} = 1,5M_{dm}$$

Suy ra:

$$M'_{mm} = \frac{M_{mm}}{k_t^2} = \frac{1,5M_{dm}}{k_t^2}$$

Moment cản tối đa mà động cơ vẫn mở máy được:

$$M_{C\max} \leq M'_{mm} \Leftrightarrow 0,5M_{dm} \leq \frac{1,5M_{dm}}{k_t^2}$$

Suy ra:

$$k_t \leq \sqrt{\frac{1,5}{0,5}} = \sqrt{3}$$

2. Cho động cơ điện không đồng bộ ba pha Rotor lồng sóc, $P_{dm}=30 \text{ Hp}$, $f=50\text{Hz}$, $U:380/660\text{V}$, $\cos\varphi=0,8$, $\eta_{dm} = 0,9$, $n_{dm}= 1450 \text{ v/p}$, $2p=4$, $\frac{I_{mm}}{I_{dm}} = 5$; $\frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 1,5$; $U_{dL}=380(\text{V})$ ($1\text{Hp}=746\text{w}$)

Tính M_C tối đa mà động cơ có thể mở máy được khi áp dụng phương pháp mở máy Y/D?

Đs

$$M_{C\max} \leq 0,5M_{dm}$$

3. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha $P_{dm} = 14 \text{ kW}$, $f = 50\text{Hz}$; $Y/\Delta = 380/220$; $I_{mm}/I_{dm} = 6$; $M_{mm}/M_{dm} = 1,5$; $\cos\varphi_{dm} = 0,85$; $\eta_{dm} = 0,91$; $n_{dm} = 960$ vòng/phút; động cơ làm việc với lưới điện có $U_d = 220\text{V}$.

Moment cản $M_C = 0,55 M_{dm}$. Dùng máy biến áp tự ngẫu với $K_{ba} = 1,6$ có thể mở máy được động cơ không?

Đs

Có thể mở máy được.

4. Động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc có các thông số sau: $P_{dm} = 2,8\text{Kw}$, $U_{dm} = 380\text{V}$, $f_{dm} = 50\text{Hz}$, 4 cực, $n_{dm} = 1350 \text{ v/p}$, Động cơ được đấu vào nguồn có $U_d = 380\text{V}$. Tính

a) Moment định mức của động cơ.

b) Tốc độ động cơ với tần số $f = 40 \text{ Hz}$, moment tải không đổi.

c) Tốc độ động cơ với điện áp $U = 300 \text{ V}$, moment tải không đổi.

Đs

$$\text{Tốc độ từ trường: } n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ v/p}$$

$$\text{Hệ số trượt: } s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{1500 - 1350}{1500} = 0,1$$

Moment định mức:

$$M_{dm} = 9,55 \frac{P_{dm}}{n_{dm}} = 9,55 \frac{2,8 \times 10^3}{1350} = 19,8 \text{ (Nm)}$$

Độ giảm tốc (tần số 50Hz): $\Delta n = n_1 - n = 1500 - 1350 = 150 \text{ v/p}$

Tải không đổi, do đó độ giảm tốc này không đổi khi tần số thay đổi:

$$\text{Độ giảm tốc (tần số 40Hz): } \Delta n = n_1 - n = \frac{60 \times 40}{2} - n = 150 \text{ v/p}$$

Tốc độ động cơ ở tần số 40Hz: $n = 1050 \text{ v/p}$

Tốc độ động cơ khi $U = 300 \text{ V}$

$$n = (1 - s)x^2 n_1 = (1 - 0,1 \times 1,26^2) \times 1500 = 1261,4 \text{ (v/p)}$$

$$\text{Với } x = \frac{U_{dm}}{U} = \frac{380}{300} = 1,26$$

1. Một động cơ không đồng bộ ba pha, rotor dây quấn, $R_1 = 0,46(\Omega)$, $X_1 = 2,24(\Omega)$, $K_{dq1} = 0,932$, $W_1 = 192$ vòng, $R_2 = 0,02(\Omega)$, $X_2 = 0,08(\Omega)$, $K_{dq2} = 0,955$, $W_2 = 36$ vòng. Dây quấn stator đấu tam giác, mạng điện $U_p = 220\text{V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, số pha $m_1 = m_2 = 3$.

- Tính hệ số quy đổi sức điện động K_e và hệ số quy đổi dòng điện K_i
- Tính điện trở mở máy mắc vào mạch rotor để moment mở máy đạt cực đại.
- Tính dòng điện stator và dòng điện rotor khi có điện trở mở máy.
- Tính dòng điện stator và dòng điện rotor khi mở máy trực tiếp.

HD

- Hệ số quy đổi sức điện động

$$K_e = \frac{W_1 K_{dq1}}{W_2 K_{dq2}} = \frac{192 \cdot 0,932}{36 \cdot 0,955} = 5,2$$

Hệ số quy đổi dòng điện

$$K_i = \frac{m_1 W_1 K_{dq1}}{m_2 W_2 K_{dq2}} = \frac{3 \cdot 192 \cdot 0,932}{3 \cdot 36 \cdot 0,955} = 5,2$$

- Hệ số quy đổi tổng trở

$$K = K_e \cdot K_i = 5,2 \cdot 5,2 = 27,04$$

Điện trở rotor quy đổi về stator

$$R_2' = K_e \cdot K_e R_2 = 5,2 \cdot 5,2 \cdot 0,02 = 0,54(\Omega)$$

Điện kháng rotor quy đổi về stator

$$X_2' = K_e \cdot K_e X_2 = 5,2 \cdot 5,2 \cdot 0,08 = 2,163(\Omega)$$

Để moment mở máy cực đại thì

$$s_{th} = \frac{R_2' + R_f'}{X_1 + X_2'} = 1$$

Từ đó có $R_f' = 3,88(\Omega)$

Điện trở phụ chưa quy đổi

$$R_f = \frac{R_f'}{K_e \cdot K_e} = 0,1436(\Omega)$$

- Dòng điện pha stator khi mở máy bằng điện trở phụ ở mạch rotor:

$$I_{mmp} = \frac{U_p}{\sqrt{(R_1 + R_2' + R_f')^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$I_{mmp} = \frac{220}{\sqrt{(0,46 + 0,54 + 3,88)^2 + (2,24 + 2,163)^2}} = 33,47(A)$$

Dòng điện dây lúc mở máy (stator đấu tam giác)

$$I_{mm} = \sqrt{3} \cdot I_{mmp} = \sqrt{3} \cdot 33,47 = 58(A)$$

Dòng điện rotor khi mở máy (rotor đấu sao)

$$I_2 = K_i \cdot I_1 = K_i \cdot I_{mmp} = 5,2 \cdot 33,47 = 174(A)$$

- Dòng điện pha stator khi mở máy trực tiếp

$$I_{mmp} = \frac{U_p}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$I_{mmp} = \frac{220}{\sqrt{(0,46+0,54)^2 + (2,24+2,163)^2}} = 48,786(A)$$

Dòng điện dây stator khi mở máy trực tiếp

$$I_{mm} = \sqrt{3} \frac{U_p}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$I_{mm} = \sqrt{3} \frac{220}{\sqrt{(0,46+0,54)^2 + (2,24+2,163)^2}} = 84,4(A)$$

Dòng điện rotor khi mở máy trực tiếp (rotor đấu sao)

$$I_2 = K_i \cdot I_1 = K_i \cdot I_{mmp} = 5,248,786 = 253,687(A)$$

2. Cho động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc, $P_{đm}=10 \text{ kW}, f=50\text{Hz}, U:220/380\text{V}, \cos \varphi_{đm}=0,8, \eta_{đm}=0,9, n_{đm}=2850\text{v/p}; 2p=2; U_{dL}=380(\text{V})$

$$\frac{I_{mm}}{I_{đm}} = 5; \frac{M_{mm}}{M_{đm}} = 1,5$$

- Dòng điện định mức của động cơ.
- Moment định mức của động cơ.
- Hệ số trượt định mức.

Đs

- 21,1 A
- 35,5 N.m
- $S_{đm} = 0,05$

3. Cho động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc, $P_{đm}=30 \text{ Hp}, f=50\text{Hz}, U:380/660\text{V}, \cos \varphi=0,8, \eta_{đm}=0,9, n_{đm}=1450(\text{v/p}), 2p=4, \frac{I_{mm}}{I_{đm}}=5; \frac{M_{mm}}{M_{đm}}=1,5; U_{dL}=380(\text{V})$

(1Hp=746w)

- Động cơ đấu kiểu gì? (Vẽ hình sơ đồ đấu thực tế)
- Dòng điện định mức của động cơ?
- Moment định mức của động cơ?
- Hệ số trượt định mức?

Đs

- Đấu tam giác
- $I = 47,2 \text{ A}$
- $M = 147,4 \text{ N.m}$
- $S = 0,03$

4. Một động cơ điện không đồng bộ ba pha $P_{đm} = 14 \text{ kW}, f = 50\text{Hz}; Y/\Delta = 380/220; \frac{I_{mm}}{I_{đm}} = 6 \frac{M_{mm}}{M_{đm}}=1,5; \cos \varphi_{đm} = 0,85; \eta_{đm} = 0,91; n_{đm} = 960 \text{ v/p};$ động cơ làm việc với lưới điện có $U_d = 220\text{V}.$

a) Xác định cách đấu dây động cơ, tính tốc độ đồng bộ, hệ số trượt và tần số dòng điện rotor?

- Tính $I_{đm}, I_{mm}, M_{đm}, M_{mm}$

Đs

- Đấu tam giác, $n_1 = 1000 \text{ v/p}, s = 0,04, f_2 = 2 \text{ Hz}$
- $I_{đm} = 47,5 \text{ A}, I_{mm} = 285 \text{ A}, M_{đm} = 139,27 \text{ N.m}, M_{mm} = 208,9 \text{ N.m}$

5. Một động cơ KHÔNG ĐỒNG BỘ 3 pha có $p=2, f=50\text{Hz}, P_1=3,2\text{KW}, \Delta P_{fe}=200\text{W}, \Delta P_{đ1} + \Delta P_{đ2} = 300\text{W}, R_2' = 1,5\Omega, I_2' = 5\text{A}.$ Bỏ qua các tổn hao phụ, tổn hao cơ. Tính:

- Tốc độ của rotor.
- Moment điện từ.

Đs

- a) $n = 1440$ v/p
- b) $M = 18$ N.m

17. Một động cơ không đồng bộ ba pha bốn cực được cấp điện từ nguồn 50 Hz.

- a) Tính vận tốc đồng bộ
- b) Trên nhãn động cơ có ghi vận tốc định mức là 1425 vòng/phút. Tính hệ số trượt định mức
- c) Giả sử tải của động cơ giảm xuống và hệ số trượt còn 0.02. tính vận tốc mới của động cơ.
- d) Tính vận tốc trượt trong hai trường hợp trên.

Đs

- a) 1500 v/p
- b) 0,05
- c) 1470 v/p
- d) 75 v/p; 30 v/p

18. Cho động cơ điện không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc, $P_{đm}=10$ kW, $f=50$ Hz, $U:220/380$ V, $\cos \varphi_{đm}=0,8$, $\eta_{đm}=0,9$, $n_{đm}= 2850$ v/p; $2p=2$; $U_{đL}= 380$ (V)

$$\frac{I_{mm}}{I_{đm}} = 5; \frac{M_{mm}}{M_{đm}} = 1,5$$

- a) Dòng điện định mức của động cơ.
- b) Hệ số trượt định mức.

Đs

- a) $I_{đm} = 21,1$ A
- b) $S = 0,05$