

Chương 7

Máy điện không đồng bộ

- 7.1 Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, phân loại
- 7.2 Nguyên lý hoạt động. Các thông số liên quan đến tốc độ quay
- 7.3 Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng
- 7.4 Mạch tương đương một pha
- 7.5 Các quan hệ về công suất
- 7.6 Tính mô men theo mạch tương đương
- 7.7 Các đặc tính mô men – tốc độ
- 7.8 Tóm tắt công thức máy điện có p cực

7.1 Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, phân loại

- 7.1 Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, phân loại
- 7.2 Nguyên lý hoạt động. Các thông số liên quan đến tốc độ quay
- 7.3 Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng
- 7.4 Mạch tương đương một pha
- 7.5 Các quan hệ về công suất
- 7.6 Tính mô men theo mạch tương đương
- 7.7 Các đặc tính mô men – tốc độ
- 7.8 Tóm tắt công thức máy điện có p cực

Chức năng

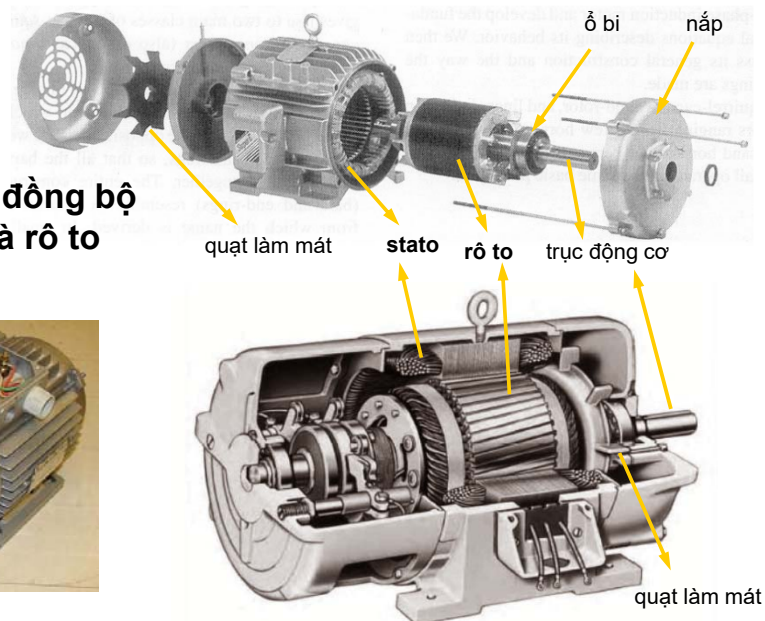
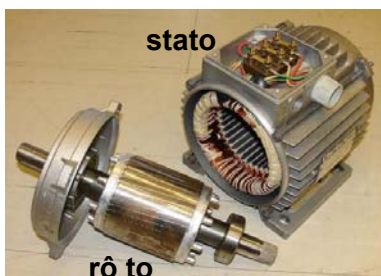
Máy điện không đồng bộ (asynchronous machine) hay máy điện cảm ứng (induction machine) có thể hoạt động như:

- **Động cơ điện:** biến điện năng → cơ năng
 - Dây quấn stato được đấu vào nguồn điện, tạo ra từ trường quay, kéo rô to quay tạo ra công suất cơ có ích trên trục động cơ.
 - Động cơ không đồng bộ (**ĐCKĐB**) ba pha có công suất từ vài trăm Watt đến vài ngàn kí lô Watt.
- **Máy phát điện:** biến cơ năng → điện năng.
Ít được sử dụng do tính năng kém hơn so với máy phát điện đồng bộ.

3

Cấu tạo

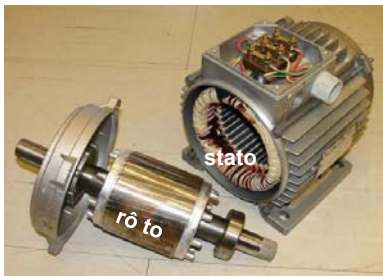
**Máy điện không đồng bộ
bao gồm stato và rô to**



4

Lõi thép stato và rô to

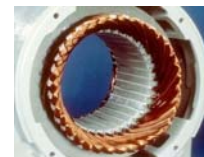
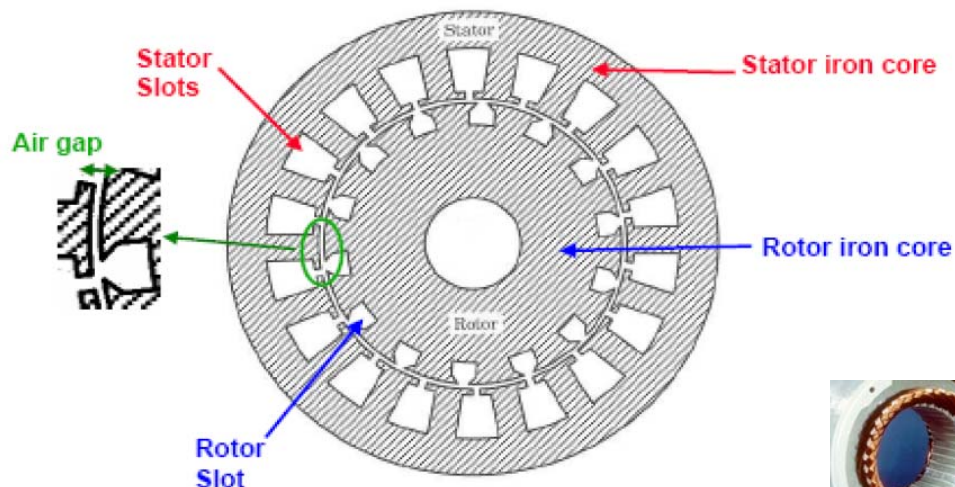
Lõi thép stato và rô to gồm nhiều lá thép kỹ thuật điện được ghép chặt (cách điện) với nhau.



5

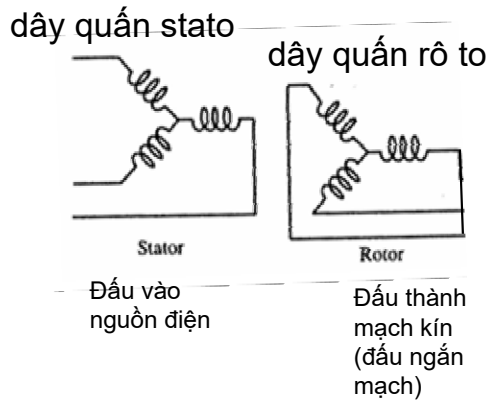
Mạch từ động cơ KĐB

Mạch từ động cơ KĐB bao gồm:
Lõi thép stato và rô to,
Khe hở không khí,
Rãnh stato và rô to.



Dây quấn

Dây quấn máy điện không đồng bộ gồm:



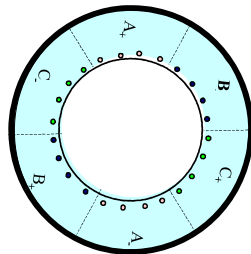
Dây quấn stato và dây quấn rô to có cùng số cực p.



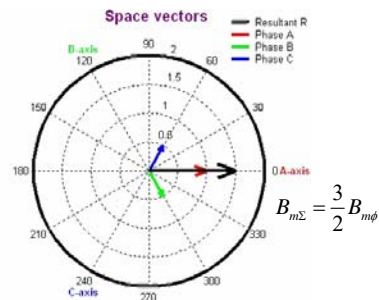
Dây quấn stato

Dây quấn stato có cấu tạo giống như dây quấn của máy điện đồng bộ, nối với nguồn điện xoay chiều có tần số f không đổi

→ từ trường quay có tốc độ đồng bộ $N_s = \frac{120f}{p}$ vòng / phút



Ba cuộn dây pha A, B, C
đầu vào nguồn điện 3 pha
xoay chiều có tần số f

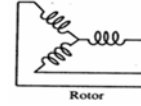


Từ trường quay trong
khe hở không khí có tốc
độ đồng bộ N_s

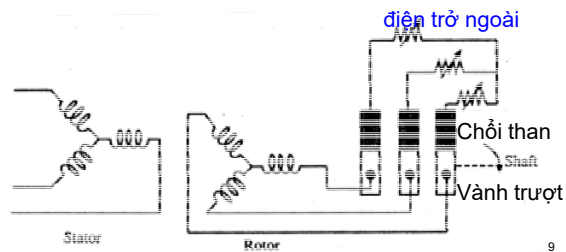
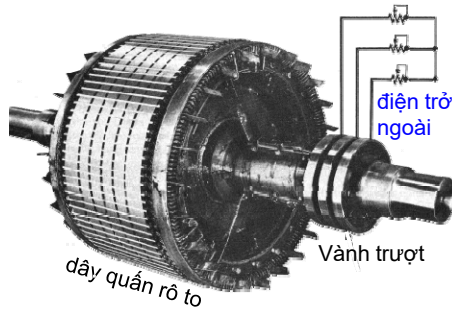
Dây quấn rô to

Rô to có 2 loại (tương ứng với hai loại động cơ):

- **rô to dây quấn:** dây quấn rô to đầu sao,
- 3 đầu ra được đấu ngắn mạch.



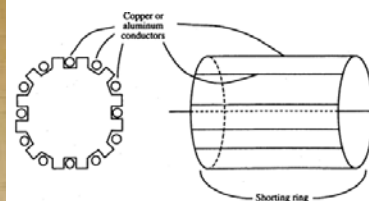
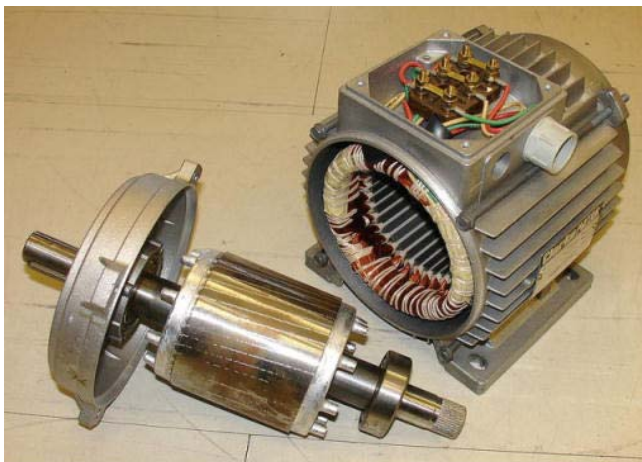
- hoặc 3 đầu ra đấu thành mạch kín với các điện trở bên ngoài thông qua chổi than và vành trượt.



9

Dây quấn rô to

- **rô to lồng sóc:** các thanh dẫn rô to trên rãnh được nối ngắn mạch ở hai đầu.

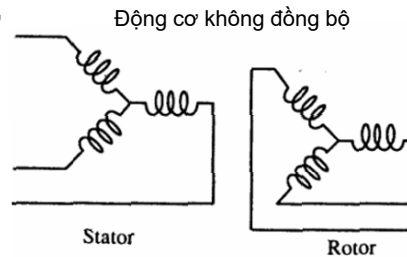


ĐCKĐB rô to lồng sóc (squirrel cage rotor)

10

Dây quấn

Dây quấn rô to không có nguồn kích từ riêng (khác so với máy điện đồng bộ). Dòng điện trong dây quấn rô to được cảm ứng nhờ từ trường quay stato.



Tương tự như máy biến áp

- dây quấn stato (đầu vào nguồn điện) \leftrightarrow dây quấn sơ cấp MBA .
- dây quấn rô to (xuất hiện điện áp/dòng điện cảm ứng) \leftrightarrow dây quấn thứ cấp MBA.

11

7.2 Nguyên lý hoạt động. Các thông số liên quan đến tốc độ quay

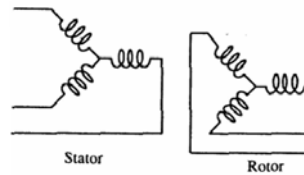
- 7.1 Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, phân loại
- 7.2 Nguyên lý hoạt động. Các thông số liên quan đến tốc độ quay
- 7.3 Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng
- 7.4 Mạch tương đương một pha
- 7.5 Các quan hệ về công suất
- 7.6 Tính mô men theo mạch tương đương
- 7.7 Các đặc tính mô men – tốc độ
- 7.8 Tóm tắt công thức máy điện có p cực

Nhắc lại về từ trường quay

Khi đấu động cơ vào nguồn điện 3 pha cân bằng có tần số f
hay tần số góc điện $\omega_s = 2\pi f$

→ dòng điện ba pha chạy trong dây quấn stato:

$$\begin{cases} i_a = \sqrt{2}I_a \cos \omega_s t \\ i_b = \sqrt{2}I_a \cos(\omega_s t - 120^\circ) \\ i_c = \sqrt{2}I_a \cos(\omega_s t + 120^\circ) \end{cases}$$



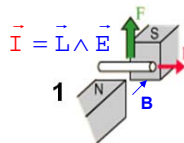
→ từ trường quay với tốc độ đồng bộ N_s .

$$N_s = \frac{120f}{p} \quad \text{vòng / phút}$$

13

Nguyên lý hoạt động của ĐCKĐB

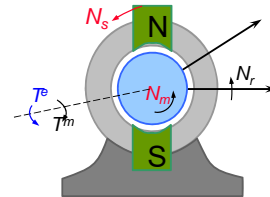
- Từ trường quay stato → sức điện động cảm ứng ($E = B\ell v$) trong dây quấn rô to → dòng điện cảm ứng I .
- Lực Lorentz F tác động lên dòng điện cảm ứng I chạy trong thanh dẫn đặt trong từ trường B .



14

Nguyên lý hoạt động của ĐCKĐB

- Từ trường quay stato cắt các thanh dẫn dây quấn rô to \rightarrow cảm ứng sức điện động xoay chiều.
 \rightarrow dòng điện xoay chiều trong các thanh dẫn rô to.

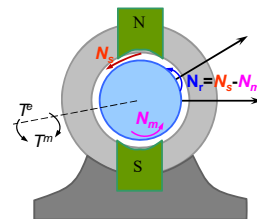


- Mô men điện từ do tác động giữa từ trường quay stato (tốc độ quay N_s) và dòng điện trong các thanh dẫn rô to \rightarrow kéo rô to quay cùng chiều (tốc độ N_m) với từ trường quay stato .

15

Tốc độ quay và tần số góc

- Khi tốc độ quay rô to tăng dần
 \rightarrow tốc độ quay tương đối giữa từ trường quay stato so với rô to ($n_r = N_s - n_m$) giảm dần
 \rightarrow sức điện động và dòng điện cảm ứng trong rô to giảm dần
 \rightarrow mô men điện từ tác động giảm dần cho đến khi cân bằng với mô men tải trên trục động cơ
 \rightarrow tốc độ quay rô to ổn định tại $n_m = N_m$.



Tốc độ ổn định $N_m < N_s \rightarrow$ gọi là động cơ **không** đồng bộ.

16



Tốc độ quay và tần số góc

Ta có quan hệ giữa các tốc độ quay:

$$N_m + N_r = N_s$$

N_s tốc độ quay từ trường quay.

N_m tốc độ quay (cơ học) của rô to.

N_r tốc độ quay tương đối giữa từ trường quay stato so với rô to

ω_s tần số góc điện của dòng điện stato

ω_m tần số góc quay (cơ) của rô to $\omega_m = 2\pi \frac{N_m}{60}$

ω_r tần số góc điện của dòng điện rô to

17

Tốc độ quay và tần số góc

□ Khi động cơ chỉ có 2 cực:

→ Tần số góc điện của dòng điện stato và rô to:

$$\omega_s = 2\pi \frac{N_s}{60} \quad \omega_r = 2\pi \frac{N_r}{60}$$

Tần số góc quay (cơ) của rô to: $\omega_m = 2\pi \frac{N_m}{60}$

Từ quan hệ giữa các tốc độ quay $N_m + N_r = N_s$

Suy ra quan hệ giữa các tần số góc: $\omega_m + \omega_r = \omega_s$

18

Tốc độ quay và tần số góc

- Tổng quát, khi động cơ có p cực, ta có:

$$N_m + N_r = N_s \quad \frac{p}{2} \omega_m + \omega_r = \omega_s$$

$$\omega_m = 2\pi \frac{N_m}{60} \quad \text{tần số góc quay (ơ) của rô to}$$

$$\omega_s = 2\pi \frac{p}{2} \frac{N_s}{60} \quad \text{tần số góc điện của dòng điện stato}$$

$$\omega_r = 2\pi \frac{p}{2} \frac{N_r}{60} \quad \text{tần số góc điện của dòng điện rô to.}$$

- Có thể viết cách khác $\omega_m + \frac{2}{p} \omega_r = \frac{2}{p} \omega_s$

19

Hệ số trượt của ĐCKĐB

Ta có các quan hệ :

$$N_s = \frac{120f}{p} \text{ rpm} \quad \omega_s = 2\pi f = 2\pi \frac{p}{2} \frac{N_s}{60}$$

$$\omega_m = 2\pi \frac{N_m}{60} \quad \omega_r = 2\pi f_r = 2\pi \frac{p}{2} \frac{N_r}{60}$$

$$\frac{p}{2} \omega_m + \omega_r = \omega_s \quad N_m + N_r = N_s$$

Do $N_m \neq N_s$, ta có định nghĩa về hệ số trượt hay độ trượt (slip):

$$s = \frac{N_s - N_m}{N_s}$$

Suy ra các quan hệ khác:

$$s = \frac{\omega_s - \frac{p}{2} \omega_m}{\omega_s} \quad \omega_r = \omega_s - \frac{p}{2} \omega_m = s \omega_s \quad \omega_m = \frac{\omega_s (1-s)}{(p/2)}$$

$$f_r = s f \quad N_m = N_s (1-s)$$

20

Hệ số trượt của ĐCKĐB

Ý nghĩa hệ số trượt $s = \frac{N_s - N_m}{N_s}$

Hệ số trượt giúp đánh giá tốc độ quay của động cơ so với tốc độ đồng bộ, ie đánh giá mức độ “trượt” tốc độ quay rô to đối với tốc độ từ trường quay stato (tùy thuộc vào tải lớn hay nhỏ).

$0 < s < 1$, thông thường $s = 0,01 - 0,1$ hay $1 - 10\%$
(độ trượt tỷ lệ với mô men tải khi s nhỏ)

21

Hệ số trượt của máy phát điện

Trường hợp hoạt động ở chế độ máy phát điện

Dây quấn stato nối với lưới điện, trục rô to được truyền động quay bởi một động cơ sơ cấp.

Động cơ sơ cấp kéo rô to quay với tốc độ $N_m > N_s$

Hệ số trượt: $s = \frac{N_s - N_m}{N_s} < 0$

22

Hệ số trượt của máy phát điện

Trường hợp hoạt động ở chế độ máy phát điện

$$s = \frac{N_s - N_m}{N_s} < 0$$

→ sức điện động rô to đổi chiều → dòng điện rô to đổi chiều → mô men điện từ tác động trên trục động cơ đổi chiều ngược với mô men quay của động cơ sơ cấp (hoặc chiều quay rô to.)

Ở chế độ ổn định, **mô men điện từ** cân bằng với mô men quay động cơ sơ cấp → biến cơ năng của động cơ sơ cấp thành điện năng ở stato thông qua từ trường quay.

Để tạo ra từ trường quay, lưới điện phải cung cấp cho máy phát KĐB công suất phản kháng Q → giảm hệ số công suất chung của lưới điện.

23

Ví dụ

Ví dụ 7.1 Cho ĐCKĐB 3 pha, 6 cực, 925 rpm. Tìm độ trượt và tần số của dòng điện rô to với $f=50\text{Hz}$

$$\text{Do } f = \frac{p}{2} \frac{N_s}{60} \rightarrow N_s = \frac{50 \cdot 2 \cdot 60}{6} = 1000 \text{ rpm}$$

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1000 - 925}{1000} = 0,075$$

$$f_r = sf = 0,075 \cdot 50 = 3,75 \text{ Hz}$$

Cách khác

Tốc độ quay tương đối giữa từ trường quay stato so với rô to

$$N_r = N_s - N_m = 1000 - 925 = 75 \text{ rpm}$$

$$\text{Tần số của dòng điện rô to } f_r = \frac{p}{2} \frac{N_r}{60} = \frac{6}{2} \frac{75}{60} = 3,75 \text{ Hz}$$

24

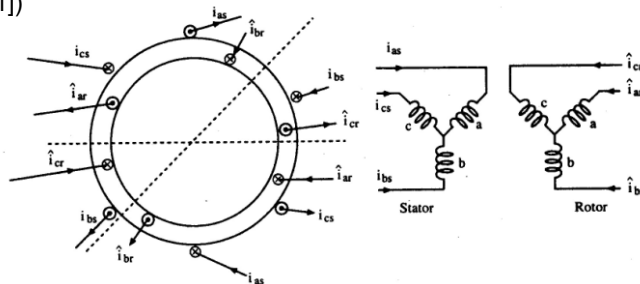
7.3 Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng

- 7.1 Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, phân loại
- 7.2 Nguyên lý hoạt động. Các thông số liên quan đến tốc độ quay
- 7.3 Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng
- 7.4 Mạch tương đương một pha
- 7.5 Các quan hệ về công suất
- 7.6 Tính mô men theo mạch tương đương
- 7.7 Các đặc tính mô men – tốc độ
- 7.8 Tóm tắt công thức máy điện có p cực

Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng

Tính mô men điện từ (xem (7.3) [1])

ĐCKĐB ba pha có ba cuộn dây quấn ở stato và ba cuộn dây quấn ở rô to: 6 cổng điện.



Giải mạch từ gồm stato và rô to tính được:

Từ thông móc vòng
quấn stato và rô to

Với ma trận A

$$\begin{bmatrix} \lambda_{as} \\ \lambda_{bs} \\ \lambda_{cs} \\ \lambda_{ar} \\ \lambda_{br} \\ \lambda_{cr} \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \\ i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} L_s & \frac{-L_{ms}}{2} & \frac{-L_{ms}}{2} & M \cos \theta & M \cos(\theta + 120^\circ) & M \cos(\theta - 120^\circ) \\ \frac{-L_{ms}}{2} & L_{ms} & \frac{-L_{ms}}{2} & M \cos(\theta - 120^\circ) & M \cos \theta & M \cos(\theta + 120^\circ) \\ \frac{-L_{ms}}{2} & \frac{-L_{ms}}{2} & L_{ms} & M \cos(\theta + 120^\circ) & M \cos(\theta - 120^\circ) & M \cos \theta \\ M_r^T & \frac{-L_{mr}}{2} & \frac{-L_{mr}}{2} & L_r & \frac{-L_{mr}}{2} & \frac{-L_{mr}}{2} \\ & \frac{-L_{mr}}{2} & \frac{-L_{mr}}{2} & \frac{-L_{mr}}{2} & L_r & \frac{-L_{mr}}{2} \\ & & & \frac{-L_{mr}}{2} & \frac{-L_{mr}}{2} & L_r \end{bmatrix}$$

(xem (7.3) [1])



Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng

Tính đồng năng lượng $W'_m = \int_0^i \lambda(i, \theta) di$

Sau đó tính mô men điện từ $T^e = \frac{\partial W'_m}{\partial \theta} = -\frac{9}{4} I_{ms} I_{mr} M \sin(\beta + \gamma)$

I_{ms} và I_{mr} là các giá trị đỉnh của dòng điện stato và rô to

β : góc pha ban đầu của dòng điện rô to

γ : góc pha ban đầu của góc quay giữa trục stato và rô to

M: hồ cảm giữa dây quấn stato và dây quấn rô to

$$M = \frac{N_{stato} N_{roto}}{4} \frac{\pi \mu_0 r l}{g}$$

Mô men điện từ T^e tỷ lệ thuận với dòng điện stato, rô to và hồ cảm giữa hai dây quấn.

27

7.4 Mạch tương đương 1 pha

7.1 Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, phân loại

7.2 Nguyên lý hoạt động. Các thông số liên quan đến tốc độ quay

7.3 Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng

7.4 Mạch tương đương một pha

7.5 Các quan hệ về công suất

7.6 Tính mô men theo mạch tương đương

7.7 Các đặc tính mô men – tốc độ

7.8 Tóm tắt công thức máy điện có p cực

Mạch tương đương một pha

Mạch tương đương một pha (xem (7.3) [1])

- ĐCKĐB làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ giống như máy biến áp gồm:
 - dây quấn stato đấu vào nguồn điện xem như dây quấn sơ cấp.
 - dây quấn rô to cảm ứng sức điện động do từ trường quay của dây quấn stato, xem như là dây quấn thứ cấp.
- Xét ĐCKĐB 3 pha cân bằng hoạt động với nguồn điện ba pha cân bằng → đưa về mạch tương đương một pha.

29

Mạch tương đương một pha

- Xây dựng mạch tương đương một pha bằng cách:
 - Tưởng tượng nối dây quấn rô to với dây quấn stato thành một mạch chung như trong trường hợp MBA, nghĩa là thực hiện việc quy đổi dây quấn rô to về dây quấn stato.
 - Điều kiện nối thành mạch chung: cả hai dây quấn phải có cùng điện áp cảm ứng (giá trị hiệu dụng và cả tần số).

30

Mạch tương đương một pha

Ta xét pha a.

Viết các phương trình cân bằng điện áp cho dây quấn stato và rô to ở pha a.

$$\begin{cases} v_{as} = i_{as} R_s + \frac{d\lambda_{as}}{dt} \\ v_{ar} = \hat{i}_{ar} R_r + \frac{d\lambda_{ar}}{dt} \end{cases} \leftrightarrow \begin{cases} v_{as} = i_{as} R_s + \frac{d\lambda_{as}}{dt} \\ v'_{ar} = \hat{i}'_{ar} R'_r + a \frac{d\lambda_{ar}}{dt} \end{cases}$$

Với:

$a = N_{\text{stato}} / N_{\text{rôto}}$: tỷ số giữa số vòng dây quấn hiệu quả của dây quấn stato và rô to.

$$av_{ar} = v'_{ar} \quad \hat{i}_{ar} / a = \hat{i}'_{ar} \quad a^2 R_r = R'_r$$

31

Mạch tương đương một pha

Từ phương trình cân bằng áp dây quấn stato pha a:

$$v_{as} = v_a = i_{as} R_s + \frac{d\lambda_{as}}{dt}$$

Ký hiệu v_a là điện áp nguồn pha a.

Suy ra: (xem (7.3) [1])
$$\bar{V}_a = j\omega_s L_{ls} \bar{I}_a + \left(\frac{j\frac{3}{2}\omega_s aM \left(j\omega_s L'_{lr} + \frac{R'_r}{s} \right)}{j\frac{3}{2}\omega_s aM + \left(j\omega_s L'_{lr} + \frac{R'_r}{s} \right)} \right) \bar{I}_a$$

Hay

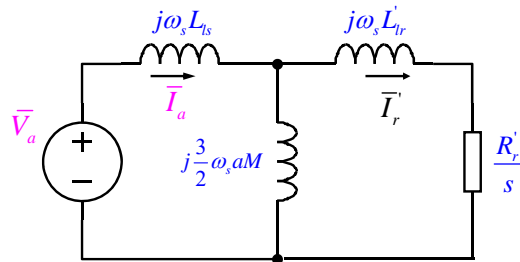
$$\bar{V}_a = \bar{I}_a \times \left[j\omega_s L_{ls} + j\frac{3}{2}\omega_s aM // \left(j\omega_s L'_{lr} + \frac{R'_r}{s} \right) \right]$$

32

Mạch tương đương một pha

$$\bar{V}_a = \bar{I}_a \times \left[j\omega_s L_{ls} + j\frac{3}{2}\omega_s aM // \left(j\omega_s L'_{lr} + \frac{R'_r}{s} \right) \right]$$

→ vẽ được mạch thay thế tương đương một pha



$$X_m = \frac{3}{2}\omega_s aM \quad \text{điện kháng nhánh từ hóa}$$

V_a là điện áp nguồn pha a.

33

Mạch tương đương một pha

Kiểm tra thỏa phương trình cân bằng điện áp dây quấn rô to hay dòng điện rô to ở pha a.

- Từ mạch thay thế tương đương một pha tính được:

$$\bar{I}'_r = \frac{j(3/2)\omega_s aM \bar{I}_a}{\sqrt{(R'_r/s)^2 + (\omega_s L'_{rr})^2}} e^{-j\psi}$$

$$\text{với} \quad L'_{rr} = L'_{lr} + \frac{3}{2}aM$$

- Từ phương trình cân bằng áp dây quấn rô to: $v'_{ar} = \hat{i}'_{ar} R'_r + a \frac{d\lambda_{ar}}{dt} = 0$

Cũng tính được (xem (7.3) [1]):

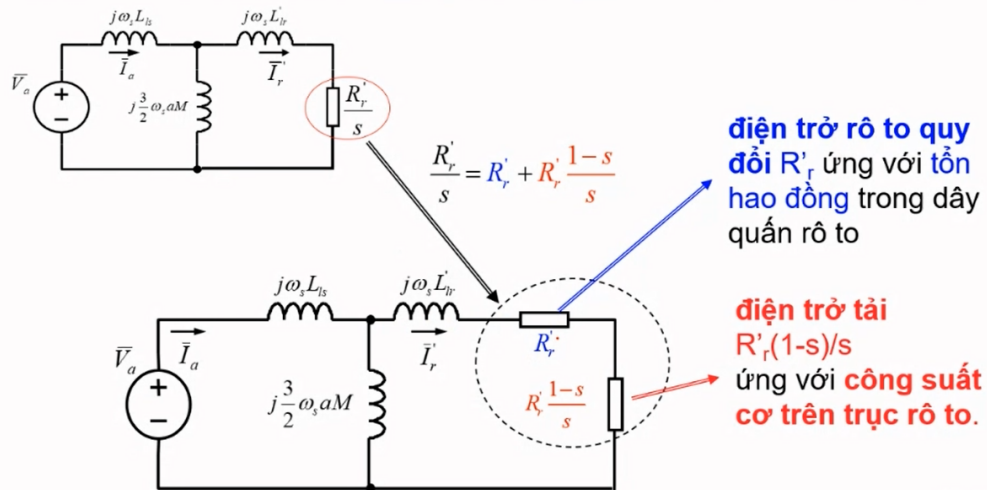
$$\begin{aligned} \hat{i}'_{ar} &= \frac{(3/2)aM \omega_r I_{ms}}{\sqrt{(R'_r)^2 + (\omega_r L'_{rr})^2}} \cos(\omega_r t - \frac{\pi}{2} - \gamma - \psi) \\ &= \frac{(3/2)\omega_s aM I_{ms}}{\sqrt{(R'_r/s)^2 + (\omega_s L'_{rr})^2}} \cos(\omega_r t - \frac{\pi}{2} - \gamma - \psi) \end{aligned}$$

→ Hai kết quả tính i'_r trùng nhau.

34

Mạch tương đương một pha

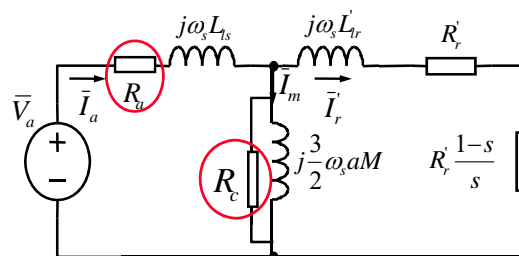
Phân tích R'_r/s thành **điện trở rô to quy đổi** R'_r và **điện trở tải** $R'_r(1-s)/s$



35

Mạch tương đương một pha xét đến tổn hao đồng trên dây quấn stato và tổn hao sắt

- Xét đến tổn hao đồng trên dây quấn stato bằng cách đầu thêm điện trở R_a của dây quấn stato nối tiếp trong mạch.
- Xét đến tổn hao sắt (tổn hao do từ trễ và dòng xoáy) → đầu thêm điện trở R_c song song với nhánh từ hóa X_m .



Mạch tương đương một pha đúng

36

Mạch tương đương một pha đúng

R_a điện trở stato

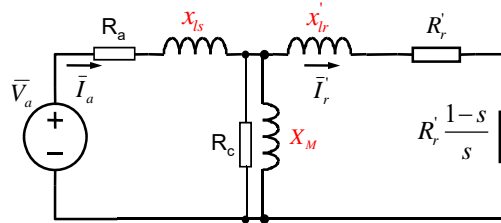
R'_r điện trở rô to quy đổi về stato

R_c điện trở do tổn hao sắt

$X_m = \frac{3}{2} \omega_s a M$ điện kháng từ hóa

$x_{ls} = \omega_s L_{ls}$ điện kháng rò dây quấn stato

$x'_{lr} = \omega_s L'_{lr}$ điện kháng rò dây quấn rô to quy đổi về stato



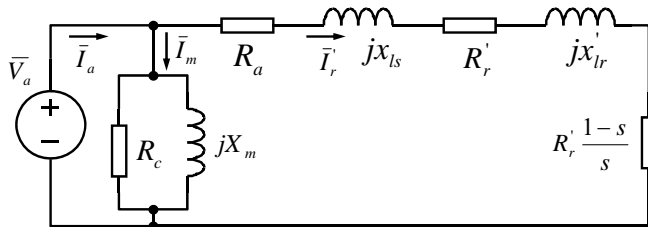
Quy đổi các đại lượng và thông số của dây quấn rô to về dây quấn stato bảo đảm năng lượng/công suất không bị thay đổi khi quy đổi:

$$a v_{ar} = v'_r \quad \hat{i}_{ar} / a = \hat{i}'_r \quad a^2 R_r = R'_r \quad a^2 x_{lr} = x'_{lr}$$

37

Mạch tương đương một pha gần đúng xét đến các tổn hao

Nếu nhánh từ hóa có X_m lớn và R_c lớn so với R_a và $x_{ls} \rightarrow$ dời nhánh từ hóa ra phía nguồn.



$X_m = \frac{3}{2} \omega_s a M$ điện kháng từ hóa

$x_{ls} = \omega_s L_{ls}$ điện kháng rò dây quấn stato

$x'_{lr} = \omega_s L'_{lr}$ điện kháng rò dây quấn rô to quy đổi về stato

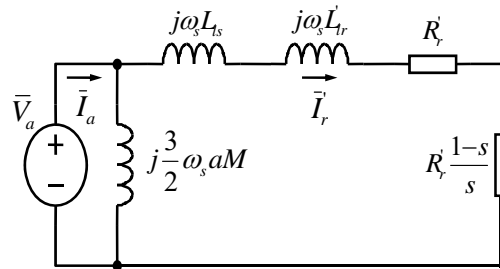
R_a điện trở stato

R'_r điện trở rô to quy đổi về stato

R_c điện trở do tổn hao sắt

38

Mạch tương đương một pha gần đúng bỏ qua các tổn hao (R_a và R_c)



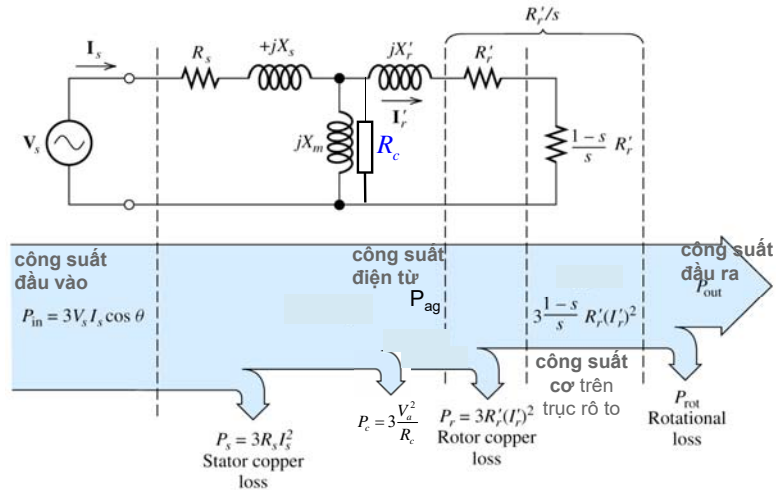
39

7.5 Các quan hệ về công suất

- 7.1 Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, phân loại
- 7.2 Nguyên lý hoạt động. Các thông số liên quan đến tốc độ quay
- 7.3 Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng
- 7.4 Mạch tương đương một pha
- 7.5 Các quan hệ về công suất
- 7.7 Các đặc tính mô men – tốc độ
- 7.8 Tóm tắt công thức máy điện có p cực

40

Giản đồ dòng chảy công suất trong ĐC KĐB



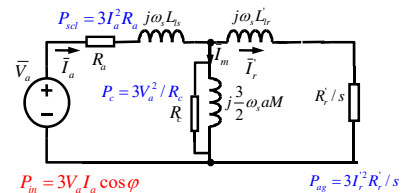
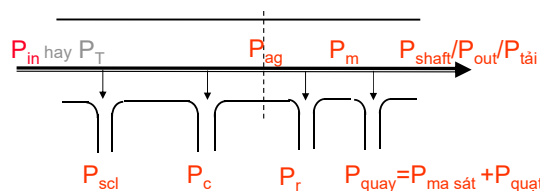
Ký hiệu:

Công suất nhận được từ nguồn điện là P_T hoặc P_{in} hoặc P_a

Công suất định mức ở đầu ra trực động cơ là $P_{trục}$ hoặc P_{out} hoặc $P_{tải}$

41

Giản đồ dòng chảy công suất



- P_{in} hay P_T công suất động cơ nhận được từ nguồn điện
- P_{scl} tổn hao đồng trên dây quấn stato
- P_c tổn hao sắt trên lõi thép stato và rô to
- P_{ag} công suất điện từ (truyền qua khe hở không khí)
- P_r tổn hao đồng trong dây quấn rô to
- P_m công suất cơ trên trục rô to
- $P_{quay} = P_{ma\ s\at{at}} + P_{qu\at{at}}$ tổn hao do quay P_{quay} hay P_{rot} (tổn hao do ma sát trên ổ bi + công suất của quạt làm mát)
- $P_{trục}$ hay $P_{tải}$ (hay P_{shaft} , P_{out}) công suất ở đầu ra trực động cơ

42

Quan hệ về công suất

Tính các công suất

Ký hiệu φ hay θ là góc lệch pha giữa dòng điện và điện áp stato.

Công suất động cơ nhận được

từ nguồn điện: $P_{in} = 3V_a I_a \cos \varphi$

Mặt khác, theo sơ đồ thay thế

$$P_{in} = 3I_r'^2 \frac{R_r'}{s} + 3I_r'^2 R_a + 3 \frac{V_a^2}{R_c} = P_{ag} + P_{scl} + P_c$$

$P_{ag} = 3I_r'^2 \frac{R_r'}{s}$ công suất điện từ (công suất truyền qua khe hở không khí)

$P_{scl} = 3I_a'^2 R_a \cong 3I_r'^2 R_a$ tổn hao đồng trên dây quấn stato

$P_c = 3 \frac{V_a^2}{R_c}$ tổn hao sắt trên lõi thép stato và rô to

43

Quan hệ về công suất

Công suất điện từ P_{ag}

$$P_{ag} = 3I_r'^2 \frac{R_r'}{s} = 3I_r'^2 R_r' \frac{1-s}{s} + 3I_r'^2 R_r'$$
$$P_{ag} = P_m + P_r$$

→ Công suất điện từ P_{ag} bao gồm hai thành phần:

$P_m = 3I_r'^2 R_r' \frac{1-s}{s} = P_{ag} (1-s)$ công suất cơ trên trục rô to

$P_r = 3I_r'^2 R_r' = sP_{ag}$ tổn hao đồng trong dây quấn rô to

44

Quan hệ về công suất

Công suất cơ trên trục rô to P_m bao gồm công suất ở đầu ra trục động cơ P_{out} , và tổn hao do ma sát trên ổ bi và công suất của quạt làm mát.

$$P_m = P_{out} + \underbrace{\text{tổn hao ma sát} + \text{công suất làm mát}}_{\text{tổn hao do quay}}$$

45

Hiệu suất của ĐCKĐB

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{in} - \sum_i P_{\text{tổn hao}}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum_i P_{\text{tổn hao}}}$$

46

7.6 Tính mô men theo mạch tương đương

- 7.1 Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, phân loại
- 7.2 Nguyên lý hoạt động. Các thông số liên quan đến tốc độ quay
- 7.3 Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng
- 7.4 Mạch tương đương một pha
- 7.5 Các quan hệ về công suất
- 7.6 Tính mô men theo mạch tương đương
- 7.7 Các đặc tính mô men – tốc độ
- 7.8 Tóm tắt công thức máy điện có p cực

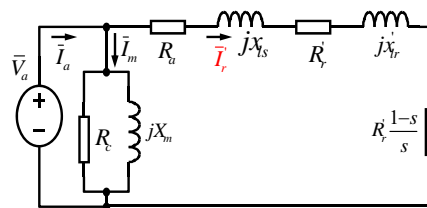
Tính mô men trên trục rô to theo mạch thay thế

□ Tính theo mạch thay thế gần đúng

Tính công suất cơ trên trục rô to

- Tính dòng điện rô to I_r' từ sơ đồ thay thế tương đương gần đúng:

$$\bar{I}_r' = \frac{\bar{V}_a}{(R_a + R_r'/s) + j(x_{ls} + x_{lr}')$$



- Công suất cơ trên trục rô to

$$P_m = 3I_r'^2 R_r' \frac{1-s}{s} = \frac{3V_a^2 R_r' (1-s)/s}{(R_a + R_r'/s)^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2} \rightarrow \text{công suất trên điện trở tải } R_r'(1-s)/s$$

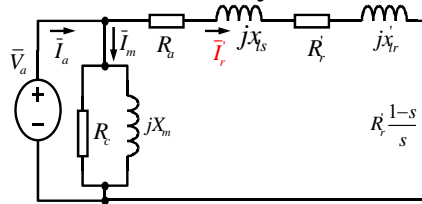
Tính mô men trên trục rô to theo mạch thay thế

□ Tính theo mạch thay thế gần đúng

Tính mô men trên trục động cơ

- Tốc độ góc của rô to: $\omega_m = \frac{\omega_s(1-s)}{(p/2)}$
- Mô men trên trục động cơ:

$$T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{P_m}{\frac{\omega_s(1-s)}{(p/2)}} = \frac{p}{2} \frac{1}{\omega_s} \frac{3V_a^2 R_r'/s}{(R_a + R_r'/s)^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2}$$



Tính mô men điện từ

Tốc độ góc của từ trường quay khi máy có p cực:

$$\omega_s/(p/2) = 2\pi f/(p/2)$$

Mô men điện từ

Quan hệ mô men trên trục động cơ và mô men điện từ?

$$T^{ag} = \frac{P_{ag}}{\omega_s/(p/2)}$$

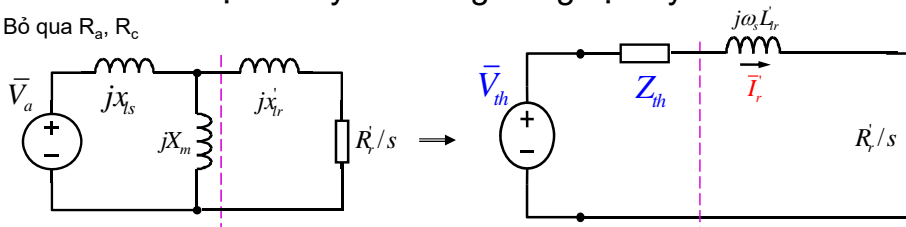
$$T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{P_{ag}(1-s)}{\omega_s(1-s)/(p/2)} = \frac{P_{ag}}{\omega_s/(p/2)} = T^{ag}$$

→ Mô men trên trục động cơ = Mô men điện từ

Tính mô men trên trục rô to theo mạch thay thế

□ Tính theo mạch thay thế đúng dùng định lý Thevenin

Bỏ qua R_a, R_c



Tính mô men từ sơ đồ thay thế tương đương đúng bằng cách dùng định lý Thevenin:

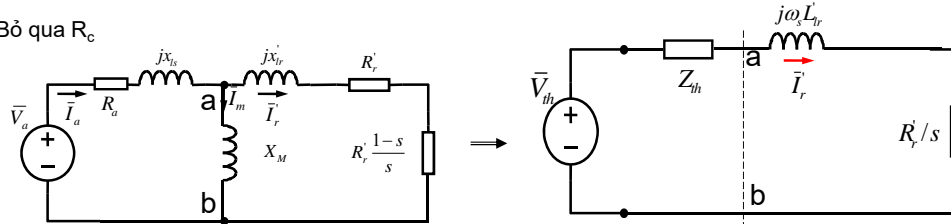
$$\bar{V}_{th} = \frac{V_a \cdot jX_m}{jX_m + jX_{ls}} \quad Z_{th} = \frac{jX_m \cdot jX_{ls}}{jX_m + jX_{ls}} \quad \bar{I}_r' = \bar{V}_{th} / \left(\frac{R_r'}{s} + Z_{th} + jX_{lr}' \right)$$

$$P_{ag} = 3\bar{I}_r'^2 \frac{R_r'}{s} \quad P_m = 3\bar{I}_r'^2 R_r' \frac{1-s}{s} = P_{ag}(1-s) \quad T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{P_m}{\frac{\omega_s(1-s)}{(p/2)}}$$

Tính mô men trên trục rô to theo mạch thay thế

□ Tính theo mạch thay thế đúng dùng **định lý Thevenin**

Bỏ qua R_c



$$\bar{V}_{th} = \bar{V}_a \frac{jx_M}{R_a + j(x_{ls} + x_M)} \quad Z_{th} = \frac{(R_a + jx_{ls})jx_M}{R_a + j(x_{ls} + x_M)}$$

$$\bar{I}_r' = \frac{\bar{V}_{th}}{Z_{th} + \frac{R_r'}{s} + jx_{lr}'} \quad P_{ag} = 3\bar{I}_r'^2 \frac{R_r'}{s}, \quad P_m = 3\bar{I}_r'^2 R_r' \frac{1-s}{s} = P_{ag}(1-s), \quad T^e = \frac{P_m}{\omega_m}$$

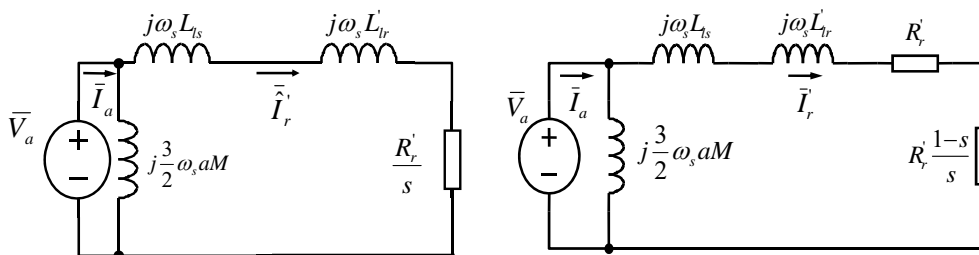
$$\bar{I}_r' = \frac{\bar{V}_a - \bar{V}_{ab}}{R_a + jx_{ls}} = \frac{\bar{V}_a - (R_r'/s + jx_{lr}')\bar{I}_r'}{R_a + jx_{ls}}$$

51

Ví dụ 7.2

ĐCKĐB 3 pha, 866V, đấu sao, 60Hz, 2 cực. Tìm mô men (cơ trên trục động cơ) khi $s=0,05$ và công suất phức động cơ tiêu thụ từ lưới điện (công suất phức đầu vào). Bỏ qua R_a và R_c .

Cho biết: $\frac{3}{2}\omega_s aM = 50 \Omega$ $\omega_s L_{ls} = 0,5 \Omega$ $\omega_s L_{lr}' = 0,5 \Omega$ $R_r' = 0,1 \Omega$



52

Ví dụ 7.2

Giải:

- Tính các thông số chung:

$$V_a = \frac{866}{\sqrt{3}} = 500 \text{ V} \quad \frac{R'_r}{s} = 2\Omega$$

$$\omega_m = \frac{\omega_s(1-s)}{(p/2)} = \frac{2\pi \cdot 60 \cdot (1-0,05)}{(2/2)} = 357,96 \text{ rad/s}$$

Dòng điện rô to quy đổi:

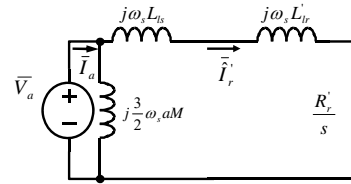
$$\bar{I}_r = \frac{\bar{V}_a}{(R_a + R'_r/s) + j(x_{ls} + x'_{lr})} = \frac{500\angle 0^\circ}{(0+2) + j(0,5+0,5)} = 223,61\angle -26,57^\circ \text{ A}$$

Dòng điện stato:

$$\bar{I}_a = \bar{I}_r + \frac{\bar{V}_a}{j\frac{3}{2}\omega_s aM} = 223,61\angle -26,57^\circ + \frac{500\angle 0^\circ}{j50} = (200 - j110) \text{ A}$$

Activi
Go to S

53



Ví dụ 7.2

- Tính công suất cơ:

$$P_m = 3\bar{I}_r'^2 \frac{R'_r}{s} (1-s) = \frac{3 \cdot 223,61^2 \cdot 0,1(1-0,05)}{0,05} = 285\,008 \text{ W}$$

- Tính mô men cơ:

$$T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{285\,008}{357,96} = 796,2 \text{ N.m}$$

- Công suất phức động cơ tiêu thụ từ lưới điện

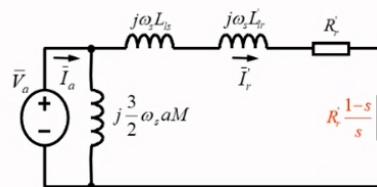
$$\bar{S}_T = 3\bar{S}_\phi = 3\bar{V}_a \bar{I}_a^* = 3 \cdot 500(200 + j110) = (300 + j165) \text{ kVA}$$

□ Kiểm tra tổn hao trong động cơ:

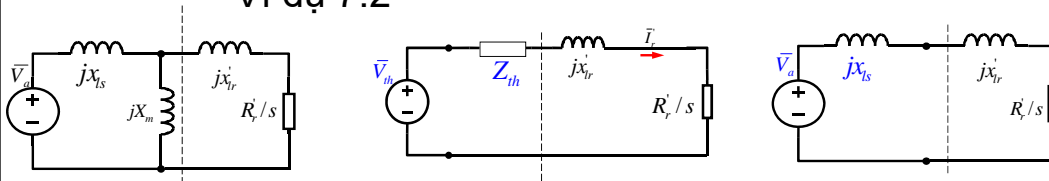
$$\begin{aligned} P_r &= 3\bar{I}_r'^2 R'_r = 3 \cdot 223,61^2 \cdot 0,1 = 15 \text{ kW} \\ P_T - P_r &= 300 - 15 = 285 \text{ kVA} \\ &\cong P_m = T^e \cdot \omega_m = 796,2 \cdot 357,96 = 285 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Activate Windo
Go to Settings to acti

12



Ví dụ 7.2



Tính mô men từ sơ đồ thay thế tương đương đúng:

Dùng định lý Thevenin:

$$\bar{V}_{th} = \frac{V_a \times jX_m}{jX_m + jX_{ls}} = 495,05 \text{ V} \quad Z_{th} = \frac{jX_m \times jX_{ls}}{jX_m + jX_{ls}} = j0,495 \Omega$$

$$\bar{I}'_r = \bar{V}_{th} / \left[\frac{R'_r}{s} + Z_{th} + jX'_{lr} \right] = 221,61 \angle -26,45^\circ \text{ A} \quad P_m = 3I_r'^2 \frac{R'_r}{s} (1-s)$$

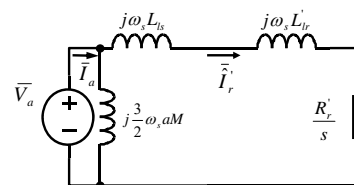
$$T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = 781,64 \text{ N.m} \quad \% \text{ sai so} = \frac{781,64 - 796,2}{781,64} \times 100 = -1,86\%$$

Nhận xét: Sai số rất nhỏ

55

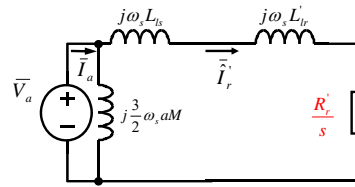
Ví dụ 7.3

Như 7.2, tính véc tơ dòng điện rô to, công suất điện từ P_{ag} , công suất cơ tổng trên trục P_m , công suất tổn hao trên điện trở rô to P_r và mô men cơ trên trục động cơ T^e .



56

Ví dụ 7.3



Giải:

Dòng điện rô to quy đổi:
$$\vec{I}_r' = \frac{\vec{V}_a}{(R_a + R'_r/s) + j(x_{ls} + x'_{lr})}$$

- Công suất tổn hao trên điện trở rô to $P_r = 3I_r'^2 R'_r = sP_{ag} = 15 \text{ kW}$
- Công suất điện từ $P_{ag} = 3I_r'^2 \frac{R'_r}{s} = 300 \text{ kW}$
- Công suất cơ trên trục động cơ $P_m = 3I_r'^2 R'_r \frac{1-s}{s} = P_{ag}(1-s) = 285 \text{ kW}$
- Mô men trên trục động cơ $T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{P_m}{\omega_s(1-s)/(p/2)} = 795,76 \text{ Nm}$

57

7.7 Các đặc tính mô men - tốc độ

- 7.1 Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, phân loại
- 7.2 Nguyên lý hoạt động. Các thông số liên quan đến tốc độ quay
- 7.3 Tính mô men điện từ theo phương pháp đồng năng lượng
- 7.4 Mạch tương đương một pha
- 7.5 Các quan hệ về công suất
- 7.6 Tính mô men theo mạch tương đương
- 7.7 Các đặc tính mô men – tốc độ
- 7.8 Tóm tắt công thức máy điện có p cực

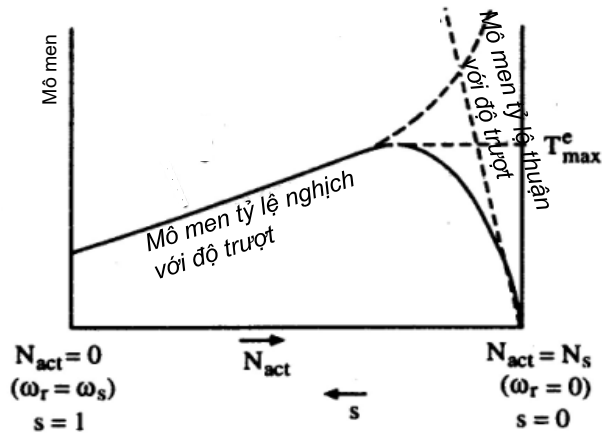
Đặc tính mô men – tốc độ

Nếu xem điện áp nguồn

$V_a = \text{const}$ và $R_a \approx 0$

Mô men trên trục động cơ

$$T^e \cong \frac{p}{2\omega_s} \frac{3V_a^2 (R_r'/s)}{(R_r'/s)^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2}$$



59

Mô men cực đại

Khi xét điện trở dây quấn stato R_a :

Tìm giá trị cực đại của mô men trên trục động cơ theo s :

$$\frac{dT^e}{ds} = \frac{d}{ds} \left(\frac{p}{2\omega_s} \frac{3V_a^2 R_r'/s}{(R_a + R_r'/s)^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2} \right) = 0$$

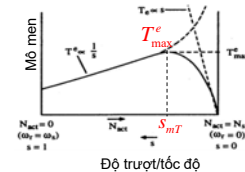
Suy ra $\frac{R_r'}{s} = \sqrt{R_a^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2}$

→ Độ trượt s_{mT} ứng với mô men cực đại:

$$s_{mT} = \frac{R_r'}{\sqrt{R_a^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2}}$$

Công suất cơ tại s_{mT} : $P_m = 3I_r'^2 R_r' (1 - s_{mT}) / s_{mT}$

Mô men cực đại: $T_{\max}^e = \frac{P_m}{\omega_{mT}} = \frac{3I_r'^2 R_r' (1 - s_{mT}) / s_{mT}}{\omega_s (1 - s_{mT}) / (p/2)}$



60

Mô men cực đại

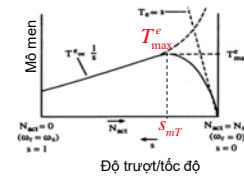
□ Khi bỏ qua điện trở dây quấn stato ($R_a=0$):

Độ trượt ứng với mô men cực đại:

$$s_{mT} \cong \frac{R'_r}{x_{ls} + x'_{lr}}$$

Mô men cực đại:

$$T_{\max}^e \cong \frac{p}{2} \frac{3V_a^2}{2\omega_s (x_{ls} + x'_{lr})}$$



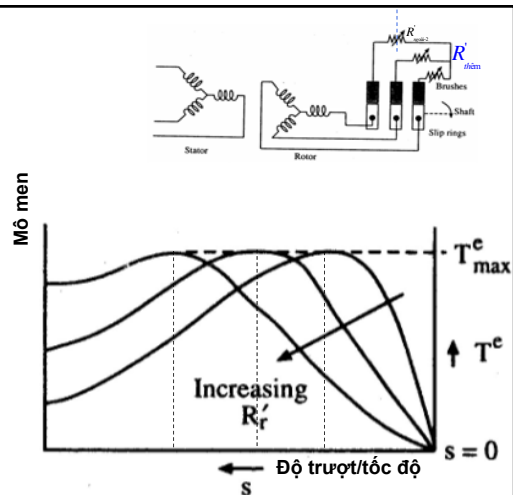
61

Mô men cực đại

Độ trượt: $s_{mT} \cong \frac{R'_r + R'_{\text{ngoài}}}{x_{ls} + x'_{lr}}$

Mô men cực đại:

$$T_{\max}^e \cong \frac{p}{2} \frac{3}{2\omega_s} \frac{V_a^2}{(x_{ls} + x'_{lr})} = \text{const}$$



- Độ trượt s_{mT} phụ thuộc vào điện trở mạch rô to ($R'_r + R'_{\text{ngoài-1,2}}$) nhưng mô men cực đại không phụ thuộc vào điện trở này.
- Mô men khởi động lớn khi điện trở mạch rô to lớn
→ Đưa thêm điện trở vào dây quấn rô to để thay đổi đặc tính mô men- tốc độ trong động cơ rô to dây quấn.
Đặc biệt, dùng để khởi động các tải có mô men khởi động lớn.

62

Ví dụ 7.4

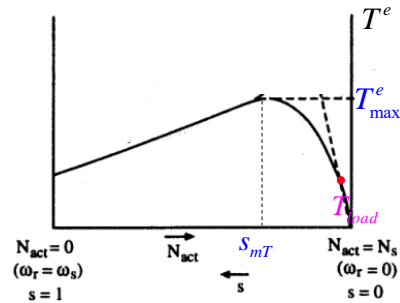
Như 7.2, tìm giá trị s để có mô men cực đại và tính mô men này.

Giải:

$$s_{mT} = \frac{R_r'}{\sqrt{R_a^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2}} \cong \frac{R_r'}{x_{ls} + x_{lr}'} = 0,1$$

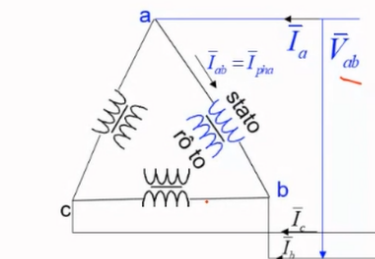
$$T_{\max}^e \cong \frac{p}{2} \frac{3}{2} \frac{V_a^2}{\omega_s (x_{ls} + x_{lr}')} = 994,5 \text{ N.m}$$

$$T_{\max}^e / T^e = 994,5 / 796,2 = 1,25$$



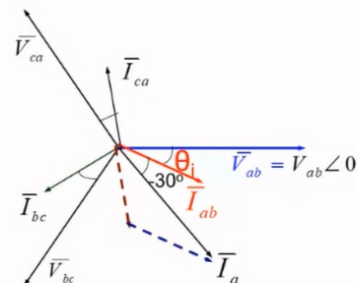
ĐC KĐB 3 pha đấu tam giác

Tính cho pha ab. Tương tự cho pha bc và ca.



$$\bar{V}_{ab} = jx_s \bar{I}_{ab} + \bar{E}_{abr}$$

$$\bar{I}_a = \sqrt{3} I_{ab} \angle (\theta_i - 30^\circ)$$



$\theta = \theta_v - \theta_i = 0 - \theta_i = -\theta_i$: góc lệch pha dòng điện pha i_1 và điện áp pha v_{ab} hay **góc hệ số công suất** hay là **góc của tổng trở tải pha**.

Activate Windo
Go to Settings to acti

Tóm tắt công thức máy điện có p cực

Các quan hệ về tần số góc

f : tần số nguồn điện hay dòng điện stato

$$\omega_s = 2\pi f$$

tần số góc dòng
điện stato

$$N_s = 120 f / p$$

tốc độ quay
đồng bộ

$$\omega_s = 2\pi \frac{p}{2} \frac{N_s}{60}$$

$$\omega_m = \frac{\omega_s (1-s)}{(p/2)}$$

tần số góc cơ

$$N_m = N_s (1-s)$$

tốc độ quay rô to

$$\omega_m = 2\pi \frac{N_m}{60}$$

$$s = \frac{N_s - N_m}{N_s} = \frac{\omega_s - \frac{p}{2} \omega_m}{\omega_s}$$

hệ số trượt hay độ trượt

$$f_r = sf$$

tần số dòng
điện rô to

$$\omega_r = \omega_s - \frac{p}{2} \omega_m = s\omega_s$$

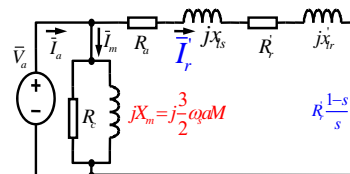
tần số góc
(dòng) điện rô to

$$\omega_r = 2\pi \frac{p}{2} \frac{N_r}{60} = 2\pi f_r$$

65

Tóm tắt công thức máy điện có p cực

Dòng điện – Công suất – Mô men



• Dòng điện rô to $\bar{I}'_r = \frac{\bar{V}_a}{(R_a + R'_r/s) + j(x_{ls} + x'_{lr})}$

• Công suất cơ trên trục rô to $P_m = 3I_r'^2 R'_r \frac{1-s}{s}$

• Mô men cơ trên trục rô to $T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{3I_r'^2 R'_r \frac{1-s}{s}}{\frac{\omega_s (1-s)}{(p/2)}} = \frac{1}{\omega_s / (p/2)} 3I_r'^2 R'_r / s$

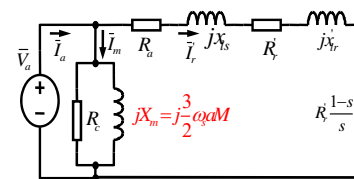
$$T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{P_{ag}}{\omega_s} = T^{ag}$$

66

Tóm tắt công thức máy điện có p cực

Mô men cực đại

□ dùng sơ đồ thay thế gần đúng



• Mô men cực đại và độ trượt **khi $R_a=0$**

$$s_{mT} \cong \frac{R_r'}{x_{ls} + x_{lr}'} \quad \bar{I}_r' = \frac{\bar{V}_a}{R_r'/s_{mT} + j(x_{ls} + x_{lr}')}$$

$$T_{\max}^e = \frac{P_m}{\omega_{mT}} = 3I_r'^2 R_r' \frac{1-s_{mT}}{s_{mT}} / \left(\frac{\omega_s(1-s_{mT})}{(p/2)} \right) \cong \frac{p}{2} \frac{3V_a^2}{2\omega_s(x_{ls} + x_{lr}')}^2$$

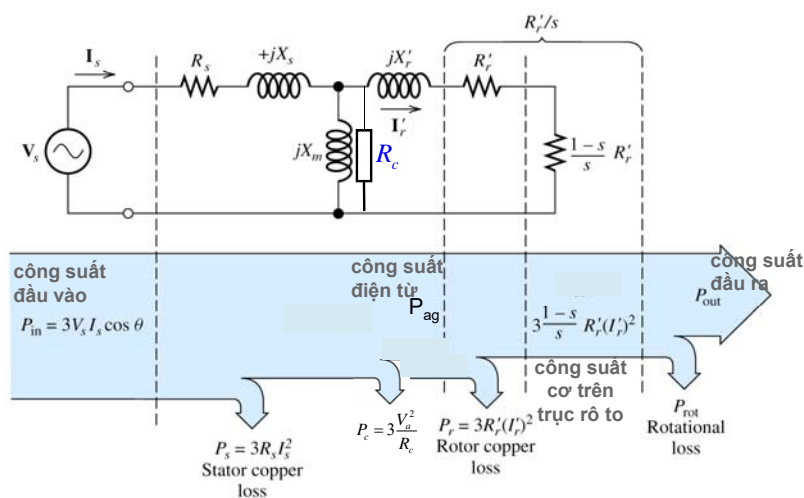
• Mô men cực đại và độ trượt **khi $R_a \neq 0$**

$$s_{mT} = \frac{R_r'}{\sqrt{R_a^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2}} \quad \bar{I}_r' = \frac{\bar{V}_a}{(R_a + R_r'/s_{mT}) + j(x_{ls} + x_{lr}')$$

$$T_{\max}^e = \frac{P_m}{\omega_{mT}} = 3I_r'^2 R_r' \frac{1-s_{mT}}{s_{mT}} / \left(\frac{\omega_s(1-s_{mT})}{(p/2)} \right) = \frac{p}{2} \frac{1}{s_{mT} \omega_s} \frac{3V_a^2 R_r'}{(R_a + R_r'/s_{mT})^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2}$$

67

Giản đồ dòng chảy công suất ĐC KĐB



Ký hiệu:

Công suất nhận được từ nguồn điện là P_T hoặc P_{in}

Công suất định mức ở đầu ra trực động cơ là $P_{trực}$ hoặc P_{out}

68

Bài tập 7.1

ĐCKĐB 3 pha, 60Hz, 6 cực, nhận công suất 240 kW từ nguồn điện. Tính tần số rô to, tổn hao đồng trên dây quấn rô to, tốc độ quay (rô to) động cơ, công suất cơ đầu ra. Cho hệ số trượt $s=0,05$.

69

Ví dụ 7.5

ĐCKĐB 3 pha, 400V, đấu sao, 60Hz, 4 cực. Tính

a/ Tính công suất điện từ P_{ag} , công suất cơ tổng trên trục P_m , công suất tổn hao trên điện trở rô to P_r

b/ Công suất phức động cơ tiêu thụ từ lưới điện (công suất phức đầu vào).

c/ Mô men ở tốc độ 1755 rpm (dùng mạch thay thế gần đúng)

d/ Độ trượt s_{mT} và momen cực đại dùng mạch thay thế gần đúng

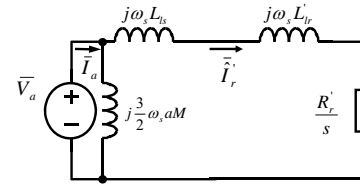
e/ Độ trượt s_{mT} và momen cực đại dùng mạch thay thế đúng.

Bỏ qua R_a và các tổn hao trong lõi thép.

Cho biết: $\frac{3}{2}\omega_s aM=20 \Omega$ $\omega_s L_{ts}=0,5 \Omega$ $\omega_s L'_{tr}=0,2 \Omega$ $R'_r=0,1 \Omega$

70

Ví dụ 7.5



Giải:

Tính các thông số chung:

$$V_a = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230,9 \text{ V} \quad N_s = \frac{120f}{p} = 1800 \text{ rpm}$$

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} = 0,025 \quad \frac{R'_r}{s} = 4\Omega$$

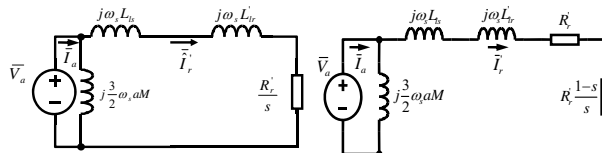
$$\omega_m = \frac{\omega_s(1-s)}{(p/2)} = \frac{2\pi \cdot 60 \cdot (1-0,025)}{(4/2)} = 58,5\pi \text{ rad/s}$$

Dòng điện rô to:

$$\vec{I}_r = \frac{\vec{V}_a}{(R_a + R'_r/s) + j(x_{ls} + x'_{lr})} = \frac{230,9 \angle 0^\circ}{(0+4) + j(0,5+0,2)} = 56,86 \angle -9,93^\circ \text{ A}$$

71

Ví dụ 7.5



a/ Tính P_{ag} , P_m , P_r

- Công suất điện từ

$$P_{ag} = 3I_r'^2 \frac{R'_r}{s} = 3 \cdot 56,86^2 \cdot 4 = 38,80 \text{ kW}$$

- Công suất cơ tổng trên trục

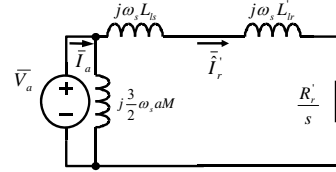
$$P_m = P_{ag}(1-s) = 3I_r'^2 \frac{R'_r}{s}(1-s) = 3 \cdot 56,86^2 \cdot 4 \cdot (1-0,025) = 37827 \text{ W}$$

- Công suất tổn hao trên điện trở rô to

$$P_r = 3I_r'^2 R'_r = sP_{ag} = 0,97 \text{ kW}$$

72

Ví dụ 7.5



b/ Công suất phức động cơ tiêu thụ từ lưới điện.

Dòng điện stato:

$$\bar{I}_a = \bar{I}_r + \frac{\bar{V}_a}{j\frac{3}{2}\omega_s aM} = 56,86 \angle -9,93^\circ + \frac{230,9 \angle 0^\circ}{j20} = 56,01 - j9,81 - j11,55 = (56,01 - j21,36) \text{ A}$$

Công suất phức động cơ tiêu thụ từ lưới điện

$$\bar{S}_T = 3\bar{S}_\phi = 3\bar{V}_a \bar{I}_a^* = 3.230,9.(56,01 + j21,36) = (38,80 + j14,80) \text{ kVA}$$

73

Ví dụ 7.5

c/ Mô men ở tốc độ 1755 rpm (dùng mạch thay thế gần đúng)

Mô men cơ $T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{37827}{58,5.\pi} = 205,83 \text{ N.m}$

74

Ví dụ 7.5

d/ **Độ trượt s_{mT} và momen cực đại** dùng mạch thay thế gần đúng

$$s_{mT} \cong \frac{R_r'}{x_{ls} + x_{lr}'} = 0,143$$

$$T_{\max}^e \cong \frac{p}{2} \frac{3}{2} \frac{V_a^2}{\omega_s (x_{ls} + x_{lr}')} = \frac{4}{2} \frac{3}{2} \frac{230,9^2}{\omega_s (0,5 + 0,2)} = 606,09 \text{ N.m}$$

75

Ví dụ 7.5

e/ Tính mô men cơ từ **sơ đồ thay thế tương đương đúng**
Dùng định lý Thevenin:

76

Ví dụ 7.6

ĐCKĐB 3 pha, 866V, đấu sao, 60Hz, 6 cực. Bỏ qua R_a và các tổn hao trong lõi thép. Động cơ hoạt động ở điện áp định mức với mô men điện từ (hay mô men trên trục động cơ) $T^e = 160 \text{ N.m}$. Dùng mạch thay thế gần đúng tìm:

a/ độ trượt s , tốc độ quay rô to N_m và tần số của dòng điện rô to f_r .

b/ momen cực đại và mô men khởi động.

c/ tính lại a/ và b/ nhưng dùng mạch thay thế đúng

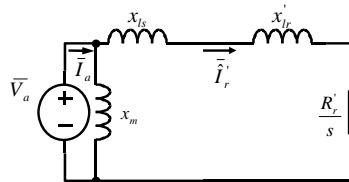
Cho biết:

$$X_m = 13,5 \, \Omega \quad x_{ls} = 1,5 \, \Omega \quad x'_{lr} = 1,15 \, \Omega \quad R'_r = 0,6 \, \Omega$$

77

Ví dụ 7.6

Giải:



a/ Độ trượt s , tốc độ N_m và tần số của dòng điện rô to f_r .

Tính các thông số mạch thay thế:

$$V_a = \frac{866}{\sqrt{3}} = 500 \text{ V} \quad N_s = \frac{120f}{p} = 1200 \text{ rpm} \quad \omega_s = 2\pi f = 377 \text{ rad/s}$$

Từ quan hệ

$$T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{p}{2} \frac{P_m}{\omega_s(1-s)} = \frac{p}{2} \frac{1}{\omega_s} 3 \frac{R'_r}{s} I_r'^2 = \frac{6}{2} \frac{1}{377} 3 \frac{0,6}{s} \frac{500^2}{\left(\left(\frac{0,6}{s} \right)^2 + 2,65^2 \right)} = 160 \text{ N.m}$$

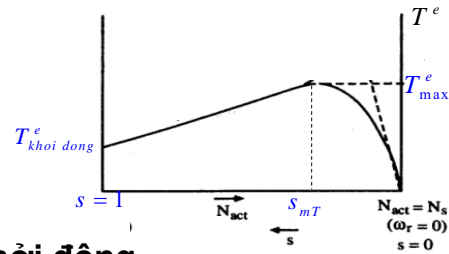
$$\rightarrow s = 0,016$$

$$f_r = sf_s = 0,016 \times 60 = 0,97 \text{ Hz}$$

$$N_m = N_s(1-s) = 1180,8 \text{ rpm}$$

78

Ví dụ 7.6



b/ momen cực đại và mô men khởi động.

momen cực đại: $s=s_{mT}$

$$T_{\max}^e = \frac{p}{2} \frac{1}{s_{mT} \omega_s} 3I_r'^2 R_r' = \frac{p}{2} \frac{1}{s_{mT} \omega_s} \frac{3V_a^2 R_r'}{|jx_{ls} + jx_{lr}' + R_r'/s_{mT}|^2} = \frac{p}{2} \frac{1}{\omega_s} \frac{3V_{th}^2}{2(x_{ls} + x_{lr}')^2} = 1126 \text{ N.m}$$

$$\text{Do } s_{mT} = \frac{R_r'}{\sqrt{R_a^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2}}$$

momen khởi động: $s=1$

$$T_{\text{khoi dong}}^e = \frac{p}{2} \frac{1}{s_{kd} \omega_s} 3I_r'^2 R_r' = \frac{p}{2} \frac{1}{\omega_s} \frac{3V_a^2 R_r'}{(0 + R_r'^2/1)^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2} = 485 \text{ N.m}$$

79

Ví dụ 7.7

Chứng minh $\frac{T_{\text{khoi dong}}^e}{T_{\max}^e} = \frac{2s_{mT}}{1 + s_{mT}^2}$

$$\frac{T_{\text{khoi dong}}^e}{T_{\max}^e} = \frac{\frac{p}{2} \frac{1}{\omega_s} \frac{3V_a^2 R_r'}{|jx_{ls} + jx_{lr}' + R_r'/1|^2}}{\frac{p}{2} \frac{1}{\omega_s} \frac{3V_a^2}{2(x_{ls} + x_{lr}')^2}} = \frac{2(x_{ls} + x_{lr}') R_r'}{|jx_{ls} + jx_{lr}' + R_r'/1|^2} = \frac{2(x_{ls} + x_{lr}') R_r'}{R_r'^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2} = \frac{2R_r'/(x_{ls} + x_{lr}')}{R_r'^2/(x_{ls} + x_{lr}')^2 + 1}$$

Khi $R_a=0$ $s_{mT} \cong \frac{R_r'}{x_{ls} + x_{lr}'}$

Suy ra: $\frac{T_{\text{khoi dong}}^e}{T_{\max}^e} = \frac{2s_{mT}}{1 + s_{mT}^2}$

80