

Chương 6:  
**MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ**

- Giới thiệu chung: chức năng, cấu tạo, nguyên lý hoạt động
- Moment điện từ
- Mạch điện thay thế.
- Các quan hệ về công suất. Hiệu suất
- Moment điện từ theo mạch điện thay thế
- Đặc tính moment – tốc độ. Moment cực đại

4/2018

Giới thiệu chung (tt)

Cấu tạo:

Stator

Rotor

Power Connections

Giới thiệu chung (tt)

Laminations and Rotor Bars

Motor Frame

End Shield

Core and Coils

Giới thiệu chung (tt)

Motor Frame

End Shield

Core and Coils

Giới thiệu chung (tt)

Stator

Rotor

Giới thiệu chung (tt)

Stator

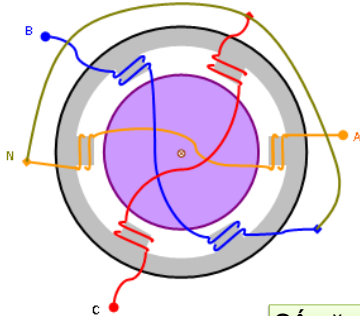
N

A

Số cặp cực: **p = 1**

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)



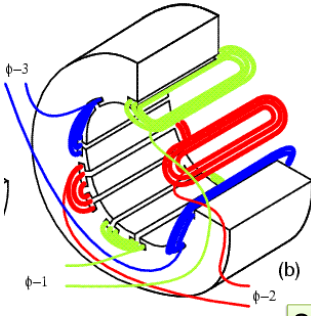
Số cặp cực:  $p = 1$

BMTBĐ-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

11

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)



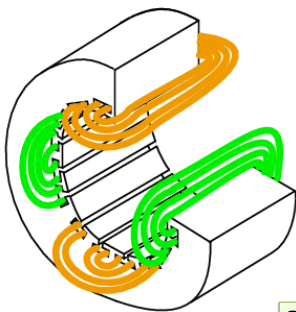
Số cặp cực:  $p = 1$

BMTBĐ-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

12

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)



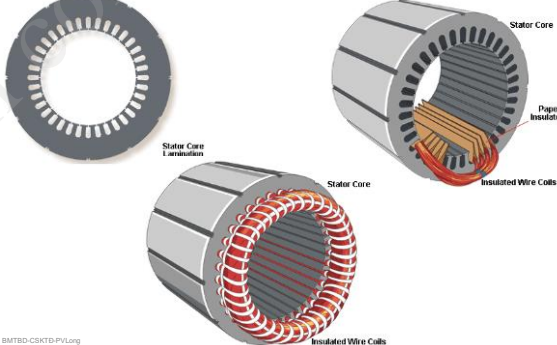
Số cặp cực:  $p = 2$

BMTBĐ-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

13

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)

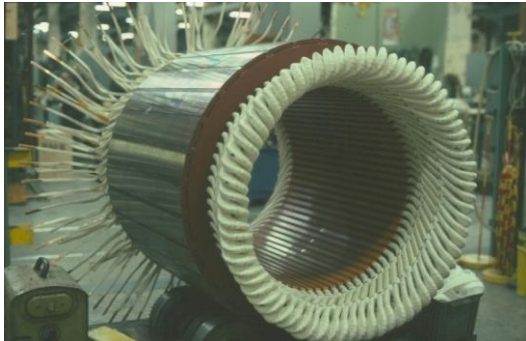


BMTBĐ-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

14

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)

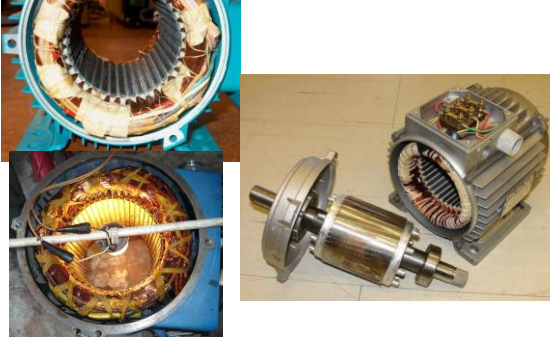


BMTBĐ-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

15

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)

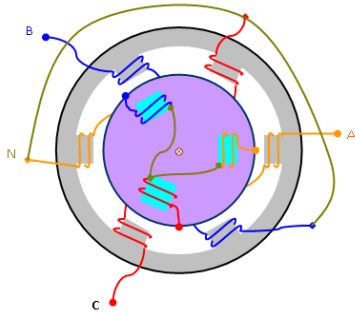


BMTBĐ-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

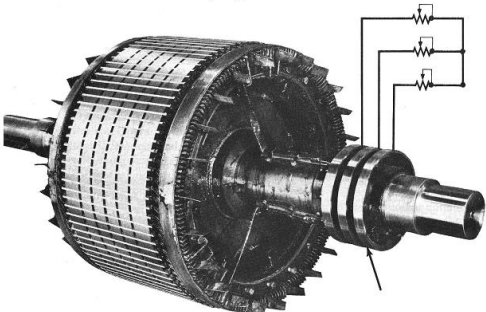
16

**Giới thiệu chung (tt)**

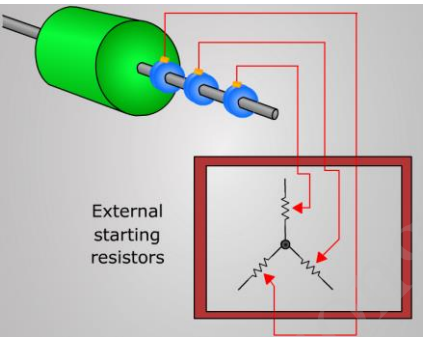
**Rotor**



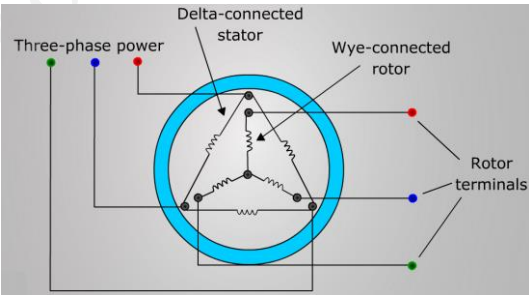
**Giới thiệu chung (tt)**



**Giới thiệu chung (tt)**



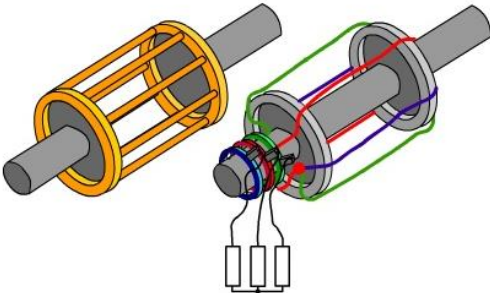
**Giới thiệu chung (tt)**



**Giới thiệu chung (tt)**

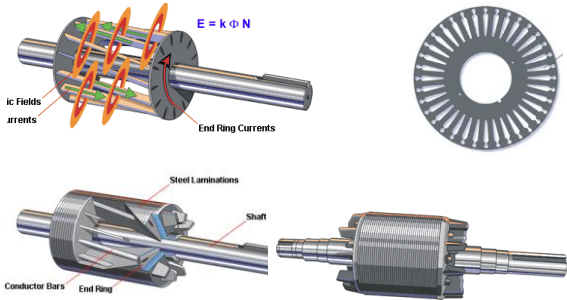


**Giới thiệu chung (tt)**



Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)



BMTBD-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

23

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)



BMTBD-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

24

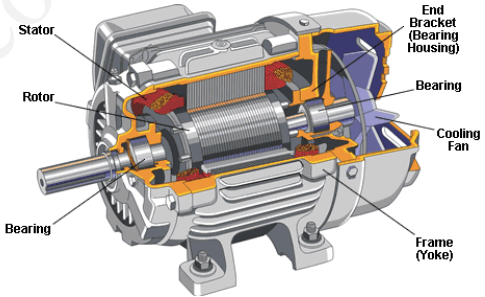


BMTBD-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

25

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)

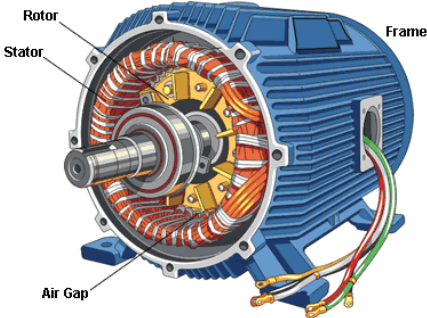


BMTBD-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

26

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)



BMTBD-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

27

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)



BMTBD-CSKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

28



Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)

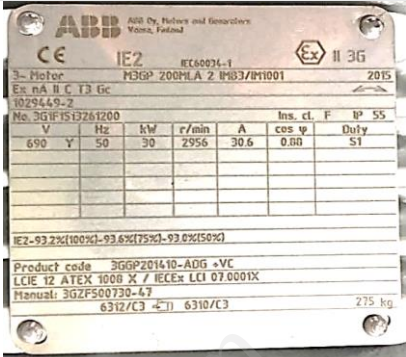


BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

29

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)



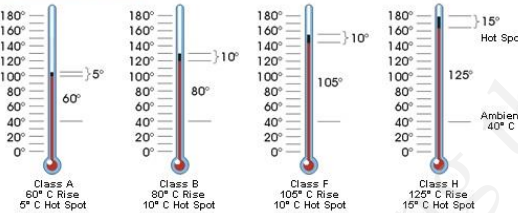
BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

30

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)

Insulation Class



BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

31

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)

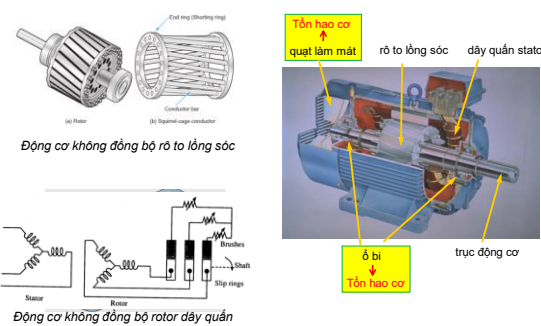
First number : protection against solid objects			Second number : protection against liquids		
IP	Tests	Definition	IP	Tests	Definition
0		No protection	0		No protection
1		Protected against solid objects of over 50 mm (eg: accidental hand contact)	1		Protected against vertically dripping water (condensation)
2		Protected against solid objects of over 12 mm (eg: finger)	2		Protected against water dripping up to 15° from the vertical
3		Protected against solid objects of over 2.5 mm (eg: tools, wire)	3		Protected against rain falling at up to 60° from the vertical
4		Protected against solid objects of over 1 mm (eg: small tools, thin wire)	4		Protected against water splashes from all directions
5		Protected against dust (no deposits of harmful material)	5		Protected against jets of water from all directions

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

32

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)



BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

34

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Giới thiệu chung (tt)

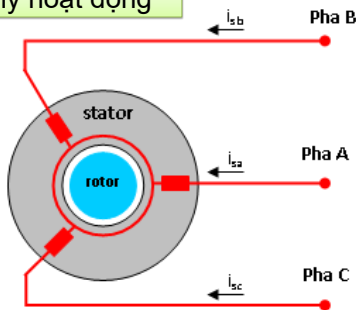


BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

35

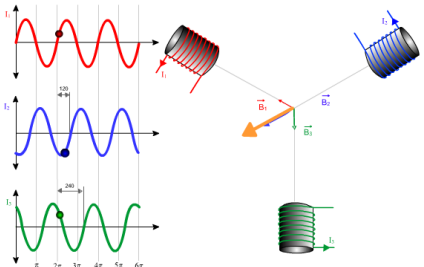
Giới thiệu chung (tt)

Nguyên lý hoạt động



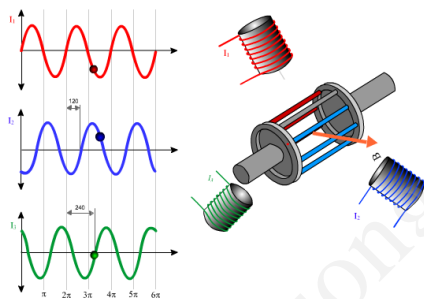
Giới thiệu chung (tt)

Nguyên lý hoạt động



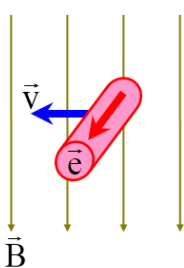
Giới thiệu chung (tt)

Nguyên lý hoạt động



Giới thiệu chung (tt)

Nguyên lý hoạt động

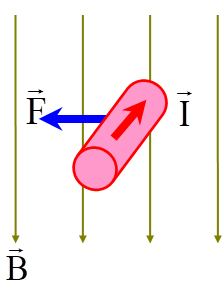


Định luật Faraday

$$\vec{e} = (\vec{v} \times \vec{B}).l$$

Giới thiệu chung (tt)

Nguyên lý hoạt động

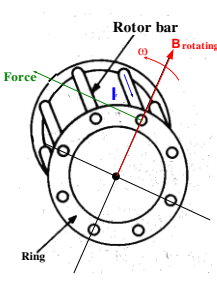


Định luật Bio-Savart

$$\vec{F}_e = I(\vec{l} \times \vec{B})$$

Giới thiệu chung (tt)

Nguyên lý hoạt động



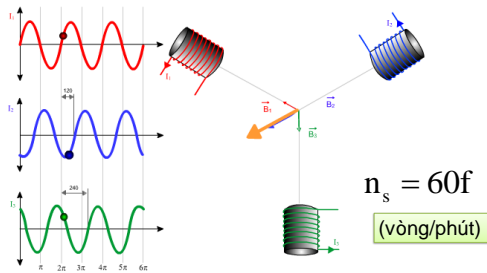
$$n_s = 60f$$

(vòng/phút)

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Giới thiệu chung (tt)

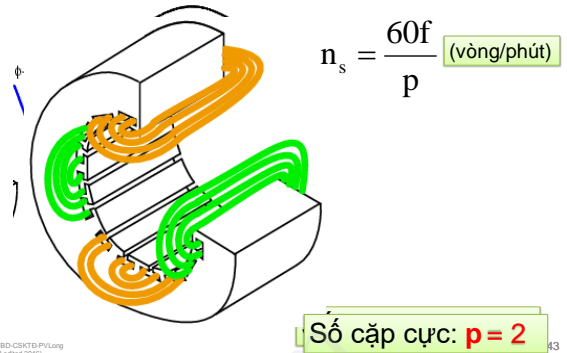
## Nguyên lý hoạt động

BMTBĐ-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)

42

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Giới thiệu chung (tt)

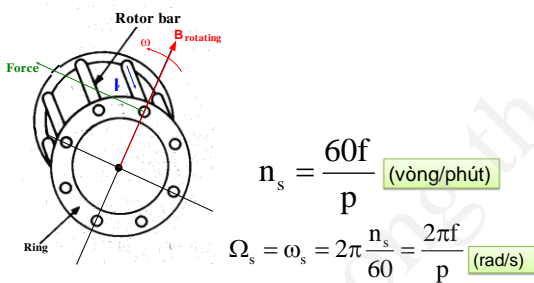
BMTBĐ-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)

43

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Giới thiệu chung (tt)

## Nguyên lý hoạt động

BMTBĐ-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)

44

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Giới thiệu chung (tt)

Tốc độ đồng bộ:  $n_s = \frac{60f}{p}$  (vòng/phút)       $\Omega_s = 2\pi \frac{n_s}{60} = \frac{2\pi f}{p}$

Tốc độ động cơ:  $n = n_s(1-s)$        $\Omega_m = 2\pi \frac{n}{60}$

$n \neq n_s$        $\Omega_m = \Omega_s(1-s)$

Độ trượt  $s$  : (slip) (hệ số trượt):  $s = \frac{n_s - n}{n_s}$        $s = 0 \rightarrow 0,1$

► Khi khởi động hay kẹt tải:  $s=0, s=1$

► Khi không tải:  $s = 0$ , tốc độ góc quay rotor  $\Omega_m = \Omega_s$

BMTBĐ-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)

47

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Giới thiệu chung (tt)

Tốc độ tương đối của rotor so với từ trường:

$$n_r = n_s - n \rightarrow n_r = sn_s$$

Tần số rotor:

$$\rightarrow f_r = s \cdot f$$

► MĐKĐB từ trường rotor quay đồng bộ với từ trường quay stator. Moment được hình thành do sự tương tác giữa từ trường stator và rotor ở mọi trị số của tốc độ, trừ ở tốc độ đồng bộ, được gọi là moment không đồng bộ (moment điện từ)

BMTBĐ-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)

48

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Giới thiệu chung (tt)

Ví dụ: ĐCKĐB 3 pha,  $f = 60\text{Hz}$ , 6 cực, 1125 rpm.

Tìm độ trượt và tần số của dòng điện rotor?

$$n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 60}{3} = 1200 \text{ rpm}$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1200 - 1125}{1200} = 0,0625$$

$$\rightarrow f_r = sf = 0,0625 \times 60 = 3,75 \text{ Hz}$$

BMTBĐ-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)

49

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Moment điện từ

⇒ Cần xác định từ thông móc vòng  $\lambda \rightarrow$  đồng năng lượng  $W'_m \rightarrow$  moment điện từ  $T_e$

\* Khảo sát ĐCKDB ba pha rotor dây quấn

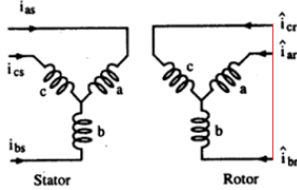
- Khi có dòng điện 3 pha đối xứng chạy trong dây quấn 3 pha đối xứng stator:

$$\hat{i}_{as} = I_m \cos(\omega t) \quad (\text{tương tự cho } i_b, i_c)$$

- Sẽ có dòng điện 3 pha đối xứng chạy trong dây quấn 3 pha đối xứng rotor:

$$\hat{i}_{ar} = I_m \cos(\omega t + \beta) \quad (\text{tương tự cho } i_{br}, i_{cr})$$

Với chiều **dòng điện chạy vào cuộn dây** như hình vẽ, kí hiệu:  $\hat{i}_{as}, \hat{i}_{bs}, \hat{i}_{cs}$



✦ Từ thông móc vòng:

$$[\lambda] = [L][i]$$

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

52

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Moment điện từ (tt)

$$\begin{bmatrix} \lambda_{as} \\ \lambda_{bs} \\ \lambda_{cs} \\ \lambda_{ar} \\ \lambda_{br} \\ \lambda_{cr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_s & -\frac{L_r}{2} & -\frac{L_r}{2} & M \cos \theta & M \cos(\theta + 120^\circ) & M \cos(\theta - 120^\circ) \\ -\frac{L_r}{2} & L_s & -\frac{L_r}{2} & M \cos(\theta - 120^\circ) & M \cos \theta & M \cos(\theta + 120^\circ) \\ -\frac{L_r}{2} & -\frac{L_r}{2} & L_s & M \cos(\theta + 120^\circ) & M \cos(\theta - 120^\circ) & M \cos \theta \\ L_r & \frac{L_r}{2} & \frac{L_r}{2} & L_r & \frac{L_r}{2} & \frac{L_r}{2} \\ \frac{L_r}{2} & \frac{L_r}{2} & \frac{L_r}{2} & \frac{L_r}{2} & L_r & \frac{L_r}{2} \\ \frac{L_r}{2} & \frac{L_r}{2} & \frac{L_r}{2} & \frac{L_r}{2} & \frac{L_r}{2} & L_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \\ i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix}$$

\* Ma trận 3x3 phía trên bên trái là tự cảm và hồ cảm của riêng 3 dây quấn stator, là ma trận đối xứng - đường chéo là tự cảm 1 cuộn dây do tổng từ thông chính (móc vòng với cuộn dây khác  $L_{ms}$ ) và từ thông rò lẫn (chỉ móc vòng riêng cuộn dây đó  $L_{ls}$ ) và từ thông rò lẫn (chỉ móc vòng riêng cuộn dây đó  $L_{ls}$ ).  
 $L_s = L_{ms} + L_{ls}$ ,  $L_{ms} = \left(\frac{N_s}{2}\right) \frac{\pi \mu_r l}{g}$

\* Ma trận 3x3 phía dưới bên phải là tự cảm và hồ cảm của riêng 3 dây quấn rotor, tương tự stator

$$L_r = L_{ms} + L_{lr}, \quad L_{lr} = \left(\frac{N_r}{2}\right) \frac{\pi \mu_r l}{g}$$

\* Hai ma trận 3x3 còn lại  $M$  và  $M^T$  là hồ cảm của 3 dây quấn stator và 3 dây quấn rotor.

$$M = \frac{N_s N_r}{4} \frac{\pi \mu_r l}{g} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos(\theta + 120^\circ) & \cos(\theta - 120^\circ) \\ \cos(\theta - 120^\circ) & \cos \theta & \cos(\theta + 120^\circ) \\ \cos(\theta + 120^\circ) & \cos(\theta - 120^\circ) & \cos \theta \end{bmatrix}$$

- r : bán kính khe hở không khí  
- l : chiều dài lõi thép  
- g : khe hở không khí

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

53

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

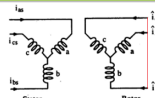
### Moment điện từ (tt)

✦ Từ thông móc vòng: có dạng ma trận:

$$[\lambda_{jk}] = [L][i_{jk}] \quad \begin{cases} j = a, b, c \\ k = r, s \end{cases}$$

✦ Đồng năng lượng: có dạng:

$$W'_m = \sum_{j=1}^6 \int_0^{i_{jk}} \lambda_{jk} di_{jk} \quad \begin{cases} j = a, b, c \\ k = r, s \end{cases}$$



✦ Moment điện từ:

$$T_e = \frac{\partial W'_m}{\partial \theta} = \dots$$

$$T_e = -\frac{9}{4} I_m \hat{i}_{mr} M \sin(\beta + \gamma)$$

→  $\beta$ : góc lệch về thời gian của dòng điện rotor so với stator.  
 $\gamma$ : góc lệch về không gian giữa trục từ trường (vector từ trường quay) stator và trục từ trường (vector từ trường quay) rotor ( $\cong \delta_r$ )

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

54

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Mạch điện thay thế (Phương pháp khác)

✦ ĐCKDB làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ giống như máy biến áp gồm:

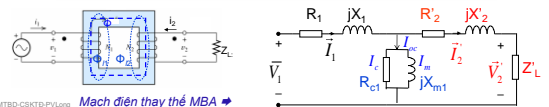
- Dây quấn stator đấu vào nguồn điện - xem như dây quấn sơ cấp (**chỉ số 1**)  
- Dây quấn rotor cảm ứng sức điện động do từ trường quay của dây quấn stator quét qua dây quấn rotor - xem như là dây quấn thứ cấp (**lưu ý khác tần số**) (**chỉ số 2**)

✦ Khảo sát ĐCKDB ba pha đối xứng hoạt động với nguồn điện ba pha cân bằng  
→ Chỉ cần xây dựng mạch điện thay thế một pha (**pha a**).

Đặt  $a =$  tỷ số vòng dây quấn có hiệu quả của dây quấn stator và rotor  
 $N_1 = k_{d1} N_1$  thực tế và rotor  $N_2 = k_{d2} N_2$  thực tế. (MBA dây quấn tập trung trên trụ ĐCKDB dây quấn phân bố rải trong các rãnh, không bằng bước cực).  
 $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{k_{d1} N_1}{k_{d2} N_2}$  thực tế

Cách 2: Dựa vào mạch điện đã xây dựng cho máy biến áp

→ Để xây dựng mạch điện thay thế ta thực hiện 4 bước sau (tương tự MBA)

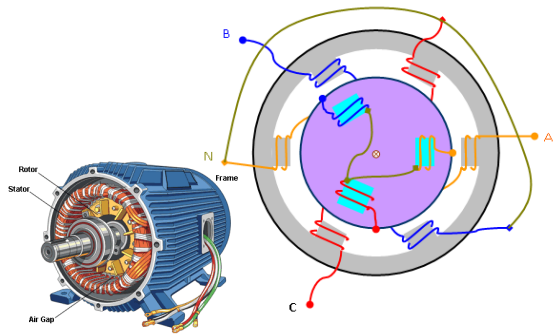


BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

59

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Mạch điện thay thế

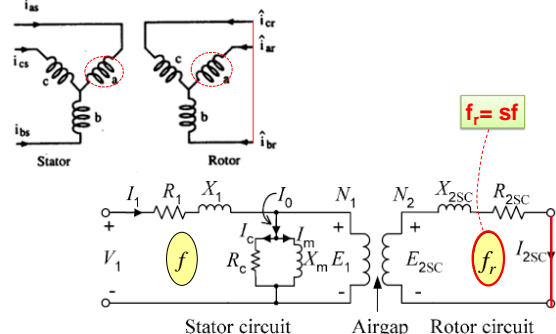


BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

60

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Mạch điện thay thế (Phương pháp khác)



BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

62



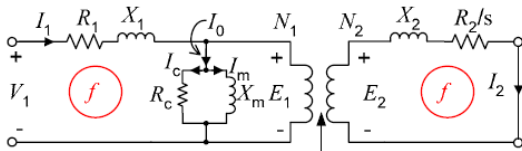
Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Mạch điện thay thế (Phương pháp khác)

$$E_{2SC} = 4,44 f_r \Phi N_2 = 4,44 s f \Phi N_2 = s E_2$$

Với  $\Phi$  : Từ thông tổng hợp ở khe hở

$$I_{2SC} = \frac{E_{2SC}}{R_{2SC} + jX_{2SC}} = \frac{s E_{2SC}}{R_2 + j s X_2} = \frac{E_2}{(R_2/s) + j X_2} = I_2$$



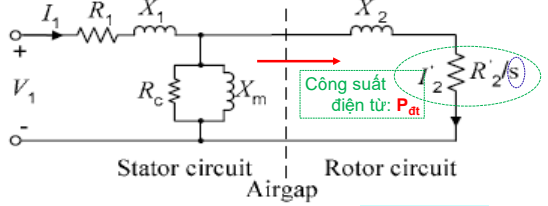
Vừa qui đổi mạch rotor về tần số f (cùng tần số stator)

BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

63

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Mạch điện thay thế (Phương pháp khác)



Vừa qui đổi mạch rotor về stator

$$\begin{aligned} X'_2 &= a^2 X_2 \\ R'_2 &= a^2 R_2 \\ I'_2 &= I_2 / a \end{aligned}$$

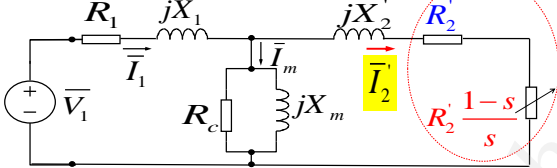
Không có  $V'_2$  như MBA

BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

64

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Mạch điện thay thế (Phương pháp khác)



Mạch điện thay thế ĐCKĐB

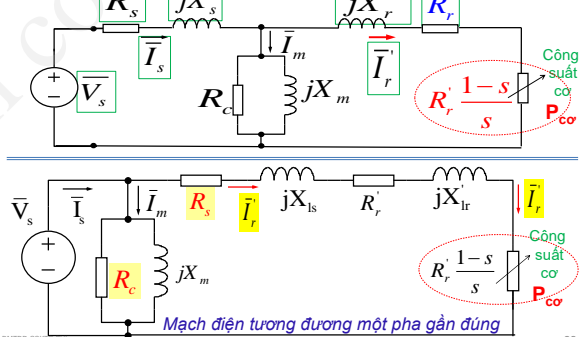
$$\frac{R'_2}{s} = R'_2 + R_2 \frac{(1-s)}{s}$$

BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

65

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Mạch điện thay thế

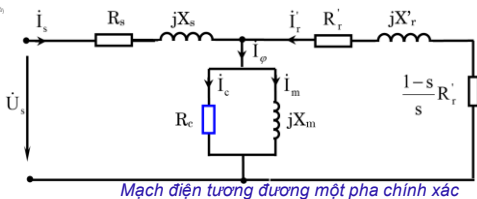


Mạch điện tương đương một pha gần đúng

BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

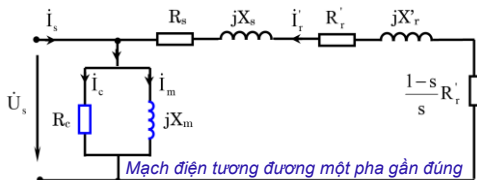
66

Chương 6: Máy



Mạch điện tương đương một pha chính xác

BMTBĐ-CSK  
(TCB edited 2016)

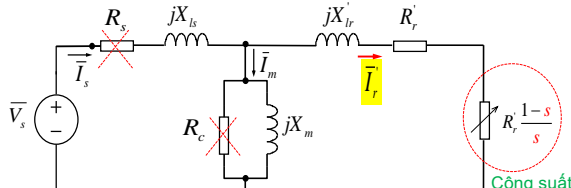
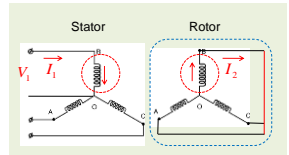


Mạch điện tương đương một pha gần đúng

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Hệ số trượt:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{\Omega_s - \Omega_m}{\Omega_s}$$

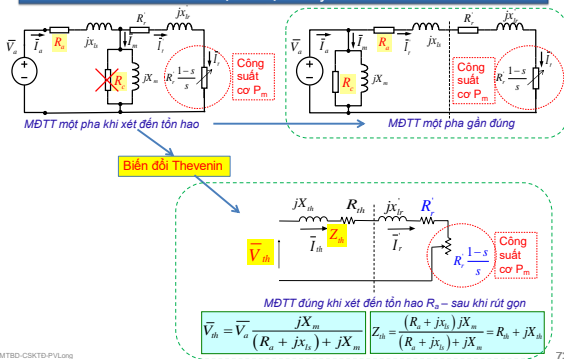


Công suất cơ thay đổi khi tốc độ thay đổi

BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

68

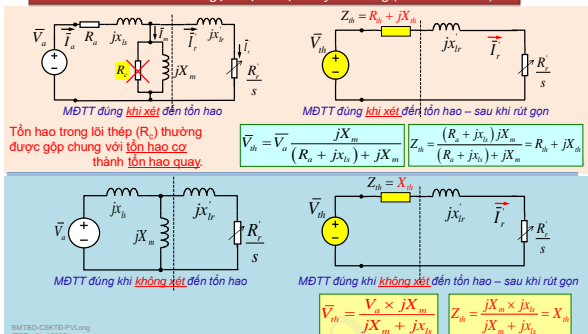
## Mạch điện thay thế

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

73

## Mạch điện thay thế

◆ Biến đổi Thevenin – rút gọn mạch điện thay thế đúng (MĐTT chính xác) :

BMTBD-CSKTĐ-PVLong  
(TCB edited 2016)

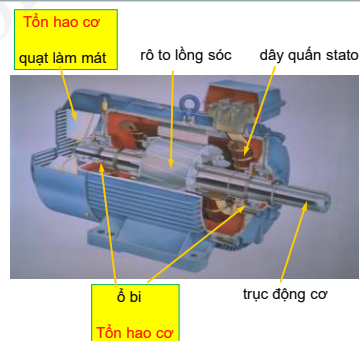
### Ví dụ

Cho động cơ không đồng bộ ba pha, rotor dây quấn, 4 cực, nối  $\Delta$ , 240 V, 50 Hz, 1460 vòng/phút. Thông số động cơ (quy về stato) như sau:  $R_s = 0,075 \, \Omega$ ,  $X_s = 0,17 \, \Omega$ ;  $R'_r = 0,065 \, \Omega$ ,  $X'_r = 0,18 \, \Omega$ ;  $X_m = 7,5 \, \Omega$  song song với  $R_c = 175 \, \Omega$ . Tổn hao cơ là 2 kW.

- Khi động cơ vận hành ở định mức, tính dòng điện tiêu thụ, hệ số công suất (PF) của động cơ?
- Tính dòng điện và PF khởi động? Nhận xét?
- Tính dòng điện và PF khi động cơ không tải? Nhận xét?

76

## Giới thiệu chung (tt)

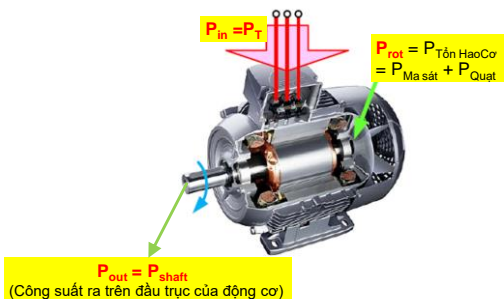


BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

78

## Các quan hệ về công suất.

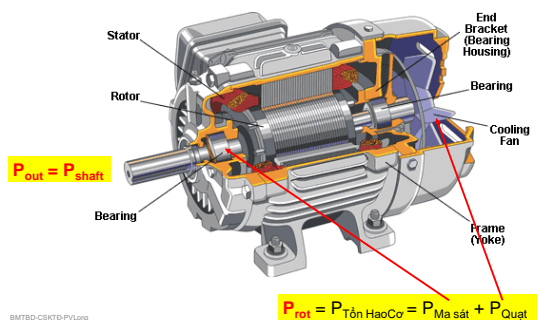
- ♦ Giảm đồ năng lượng ĐCKĐB ba pha.

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

79

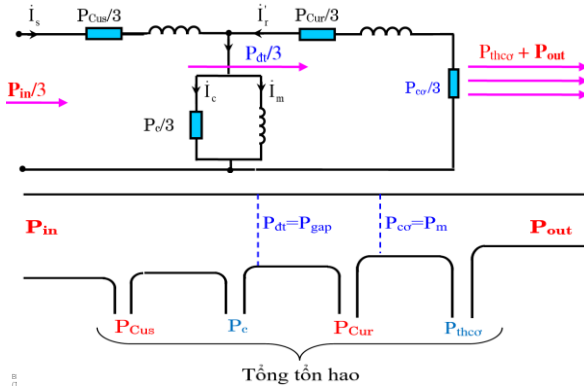
### Các quan hệ về công suất.

- ♦ Giảm đồ năng lượng ĐCKĐB ba pha.

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

80

Chương 6: Máy điện không đồng bộ



B

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Ví dụ

Cho động cơ không đồng bộ ba pha, rotor dây quấn, 4 cực, nối  $\Delta$ , 240 V, 50 Hz, 1460 vòng/phút. Thông số động cơ (quy về stator) như sau:  $R_s = 0,075 \Omega$ ,  $X_{ls} = 0,17 \Omega$ ;  $R'_r = 0,065 \Omega$ ,  $X'_{lr} = 0,18 \Omega$ ;  $X_m = 7,5 \Omega$  song song với  $R_c = 175 \Omega$ . Tổn hao cơ là 2 kW.

a) Khi động cơ vận hành ở định mức, tính dòng điện tiêu thụ, hệ số công suất và **hiệu suất** của động cơ?

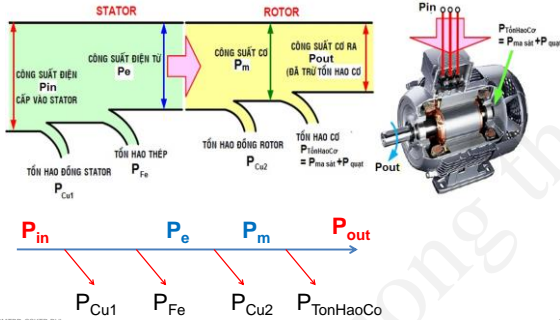
BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edition 2016)

82

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Các quan hệ về công suất.

+ Giảm đồ năng lượng ĐCKDB ba pha.

BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edition 2016)

84

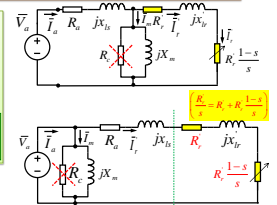
Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Các quan hệ về công suất.

♦ Công suất điện từ:  
(công suất truyền qua khe hở không khí)

$$P_{dt} = 3I_r^2 \frac{R'_r}{s}$$

$$\rightarrow P_{dt} = 3I_r^2 R'_r + 3I_r^2 R'_r \frac{1-s}{s} = P_{Cur} + P_{Co}$$

Công suất điện từ  $P_{dt}$  gồm hai thành phần:

Tổn hao đồng trong dây quấn rotor

$$P_{Cur} = 3I_r^2 R'_r = s P_{dt}$$

Công suất cơ trên trục rotor

$$P_{Co} = 3I_r^2 R'_r \frac{1-s}{s} = P_{dt} (1-s)$$

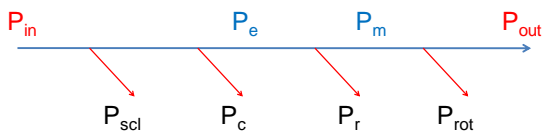
BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edition 2016)

86

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Hiệu suất

+ Hiệu suất của ĐCKDB



$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_m - P_{rot}}{P_{in}} = \frac{P_{in} - (P_{scl} + P_c + P_r + P_{rot})}{P_{in}}$$

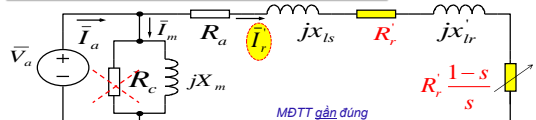
BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edition 2016)

87

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

Moment điện từ (theo MĐTT gần đúng)

1. Tính moment điện từ theo MĐTT gần đúng.

- Dòng điện rotor  $I'_r$ : (theo MĐTT gần đúng)

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

$$\left( \frac{R'_r}{s} = R'_r + R'_r \frac{1-s}{s} \right)$$

- Công suất điện từ  $P_e$ :

$$P_e = 3 \frac{R'_r}{s} I_r'^2 = \frac{3(R'_r/s) V_a^2}{(R_a + R'_r/s)^2 + (x_{ls} + x'_{lr})^2}$$

BMTBĐ-CSKTD-PVLong  
(TCB edition 2016)

91

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Moment điện từ (theo MĐTT gần đúng)

## 1. Tính moment điện từ theo MĐTT gần đúng.

→ Moment điện từ  $T^e$

$$T^e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_a^2 R_r' / s}{\left[ (R_a + R_r' / s)^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2 \right]}$$

Tốc độ đồng bộ:

$$\Omega_s = 2\pi \frac{n_s}{60}$$

- Công suất cơ:  $P_m = P_e (1 - s)$

- Vận tốc góc rotor:  $\Omega_m = \Omega_s (1 - s)$

→ Moment cơ  $T_m$ :

$$T^e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{P_m}{\Omega_m} = T_m$$

BM

(TCB)

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ

Cho động cơ không đồng bộ ba pha, rotor dây quấn, 4 cực, nối  $\Delta$ , 240 V, 50 Hz, 1460 vòng/phút. Thông số động cơ (quy về stator) như sau:  $R_s = 0,075 \Omega$ ,  $X_{ls} = 0,17 \Omega$ ;  $R_r' = 0,065 \Omega$ ,  $X_{lr}' = 0,18 \Omega$ ;  $X_m = 7,5 \Omega$  song song với  $R_c = 175 \Omega$ . Tổn hao cơ là 2 kW.

a) Khi động cơ vận hành ở định mức, tính dòng điện tiêu thụ, hệ số công suất, moment điện từ, moment đầu trục và hiệu suất của động cơ?

b) Tính dòng điện, PF và moment khởi động?

BMTĐ-CBKTD-PV/Luong

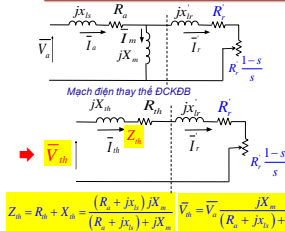
(TCB edited 2016)

94

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Moment điện từ theo MĐTT đúng (MĐTT chính xác)

## 2. Tính moment điện từ theo MĐTT đúng - Dùng định lý Thevenin rút gọn MĐTT đúng.

- Dòng điện rotor  $I_r$ :

$$I_r = \frac{\bar{V}_{th}}{(R_{th} + R_r' / s) + j(X_{th} + x_{lr}')}$$

- Công suất cơ trên trục rotor:

$$P_m = 3I_r^2 R_r' \frac{1-s}{s} = \frac{3V_{th}^2 R_r' (1-s) / s}{(R_{th} + R_r' / s)^2 + (X_{th} + x_{lr}')^2}$$

- Công suất điện từ:  $P_e = \frac{P_m}{(1-s)}$

- Vận tốc góc rotor (p cực từ):  $\Omega_m = \Omega_s (1-s)$

→ Moment điện từ  $T^e$  (= Moment cơ  $T_m$ ) của ĐCKĐB có p cực từ:

$$T^e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{P_m}{\Omega_m} = \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_{th}^2 R_r' / s}{\left[ (R_{th} + R_r' / s)^2 + (X_{th} + x_{lr}')^2 \right]}$$

Tốc độ đồng bộ:  $\Omega_s = 2\pi \frac{n_s}{60}$

BMTĐ-CBKTD-PV/Luong

(TCB edited 2016)

96

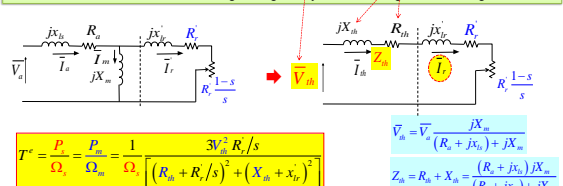
Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Moment điện từ

## 1. Tính moment điện từ theo MĐTT gần đúng.

$$T^e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{P_m}{\Omega_m} = \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_a^2 R_r' / s}{\left[ (R_a + R_r' / s)^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2 \right]}$$

## 2. Tính moment điện từ theo MĐTT đúng - Dùng định lý Thevenin rút gọn MĐTT đúng.



$$T^e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{P_m}{\Omega_m} = \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_{th}^2 R_r' / s}{\left[ (R_{th} + R_r' / s)^2 + (X_{th} + x_{lr}')^2 \right]}$$

$$V_{th} = \bar{V}_a \frac{jX_m}{(R_a + jX_{ls}) + jX_m}$$

$$Z_{th} = R_{th} + jX_{th} = \frac{(R_a + jX_{ls}) jX_m}{(R_a + jX_{ls}) + jX_m}$$

BMTĐ-CBKTD-PV/Luong

(TCB edited 2016)

97

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Đặc tính moment – tốc độ.

Đã có biểu thức moment trên trục động cơ: (với p là số cực từ) (theo MĐTT gần đúng)

$$T^e = T_m = \frac{P_m}{\Omega_m} = \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_a^2 R_r' / s}{\left[ (R_a + R_r' / s)^2 + (x_{ls} + x_{lr}')^2 \right]}$$

Tốc độ đồng bộ:  $\Omega_s = 2\pi \frac{n_s}{60}$

• Nếu xem điện áp nguồn  $V_a = \text{const}$ ,  $f = \text{const}$  và bỏ qua điện trở dây quấn stator  $R_a$ ,

• Khi độ trượt s có giá trị nhỏ ( $s \approx 0$ ) (tốc độ gần bằng với tốc độ đồng bộ) (khi không tải)

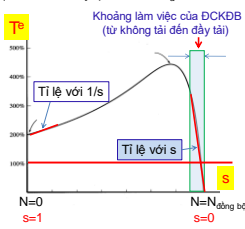
$$T^e \approx \frac{3V_a^2}{\Omega_s} \frac{s}{R_r'}$$

$s \approx 0 \rightarrow$  Moment tỷ lệ thuận với độ trượt

• Khi s lớn (tốc độ gần bằng không) (khi mở máy) Khi  $R_r' = 0$  và  $(X_{ls} + X_{lr}') \gg R_r' / s$

$$T^e \approx \frac{3V_a^2}{\Omega_s} \frac{R_r'}{(x_{ls} + x_{lr}')^2} \frac{s}{s} \quad \text{Tỷ lệ với } 1/s$$

$s \approx 1 \rightarrow$  Moment tỷ lệ nghịch với độ trượt



Đặc tính Moment – tốc độ.  $T_s = f(s)$

BMTĐ-CBKTD-PV/Luong

(TCB edited 2016)

10

1

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ

Cho động cơ không đồng bộ ba pha, rotor dây quấn, 4 cực, nối  $\Delta$ , 240 V, 50 Hz, 1460 vòng/phút. Thông số động cơ (quy về stator) như sau:  $R_s = 0,075 \Omega$ ,  $X_{ls} = 0,17 \Omega$ ;  $R_r' = 0,065 \Omega$ ,  $X_{lr}' = 0,18 \Omega$ ;  $X_m = 7,5 \Omega$  song song với  $R_c = 175 \Omega$ . Tổn hao cơ là 2 kW.

a) Khi động cơ vận hành ở định mức, tính dòng điện tiêu thụ, hệ số công suất, moment điện từ, moment đầu trục và hiệu suất của động cơ?

b) Tính dòng điện, PF và moment khởi động?

c) Khi động cơ vận hành ở moment điện từ bằng 1/4 moment điện từ định mức: tính lại câu a?

BMTĐ-CBKTD-PV/Luong

(TCB edited 2016)

10

2

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Moment cực đại (theo MĐTT gần đúng)

Đã có biểu thức moment trên trục động cơ: (với p là số cực từ) (theo MĐTT gần đúng)

$$T^e = T_m = \frac{P_m}{\Omega_s} = \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_a^2 R_r / s}{(R_a + R_r / s)^2 + (x_{ls} + x_{lr})^2}$$

Tốc độ đồng bộ  $\Omega_s = 2\pi \frac{f}{p}$

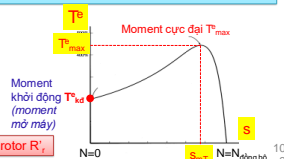
♦ Giá trị cực đại của moment trên trục động cơ theo s được xác định theo biểu thức:

$$\frac{dT^e}{ds} = \frac{d}{ds} \left( \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_a^2 R_r / s}{(R_a + R_r / s)^2 + (x_{ls} + x_{lr})^2} \right) = 0 \quad \text{Suy ra: } \frac{R_r'}{s} = \sqrt{R_a^2 + (x_{ls} + x_{lr})^2}$$

-Độ trượt ứng với moment cực đại: (theo MĐTT gần đúng)

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

♦ Độ trượt  $s_{mT}$  (max Torque) tỉ lệ với điện trở rotor  $R_r'$ .



BMTBD-CBKTD-PVLong (TCB edited 2016)

10 3

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Moment cực đại (theo MĐTT gần đúng)

$$T_{\max}^e = \frac{3}{2} \frac{1}{\Omega_s} \frac{V_a^2}{R_a + \sqrt{R_a^2 + (x_{ls} + x_{lr})^2}}$$

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

- Khi bỏ qua điện trở dây quấn stato  $R_a = 0$ : (theo MĐTT gần đúng)

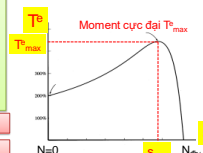
$$s_{mT} = \frac{R_r'}{x_{ls} + x_{lr}}$$

♦ Biểu thức moment cực đại đơn giản hơn:

$$T_{\max}^e = \frac{3}{2} \frac{V_a^2}{\Omega_s (x_{ls} + x_{lr})}$$

♦ Moment cực đại không phụ thuộc vào điện trở rotor  $R_r'$ .

♦ Độ trượt  $s_{mT}$  tỉ lệ với điện trở rotor  $R_r'$ .



BMTBD-CBKTD-PVLong (TCB edited 2016)

10 4

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ

Cho động cơ không đồng bộ ba pha, rotor dây quấn, 4 cực, nối  $\Delta$ , 240 V, 50 Hz, 1460 vòng/phút. Thông số động cơ (quy về stator) như sau:  $R_s = 0,075 \Omega$ ,  $X_{ls} = 0,17 \Omega$ ;  $R_r' = 0,065 \Omega$ ,  $X_{lr}' = 0,18 \Omega$ ;  $X_m = 7,5 \Omega$  song song với  $R_c = 175 \Omega$ . Tổn hao cơ là 2 kW.

- Khi động cơ vận hành ở định mức, tính dòng điện tiêu thụ, hệ số công suất, moment điện từ, moment đầu trục và hiệu suất của động cơ?
- Tính dòng điện, PF và moment khởi động?
- Khi động cơ vận hành ở moment điện từ bằng 1/4 moment điện từ định mức: tính lại câu a?
- Tính **tốc độ tới hạn và moment cực đại**? Tính dòng điện khi đó? So sánh với moment khởi động?

BMTBD-CBKTD-PVLong (TCB edited 2016)

5

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Moment cực đại

**Nhận xét:**

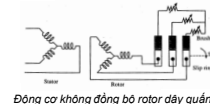
- Độ trượt ứng với moment cực đại  $s_{mT}$  phụ thuộc vào điện trở rotor  $R_r'$ .
- Moment cực đại không phụ thuộc vào điện trở rotor  $R_r'$ .

♦ ĐCKDB rotor dây quấn.

Nói thêm điện trở ngoài vào mạch dây quấn rotor

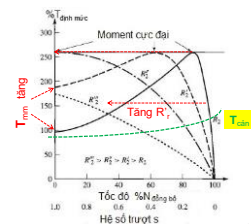
→ Tăng độ trượt ứng với moment cực đại  $s_{mT}$

→ Tăng moment khi mở máy  $T_{\max}$  (khởi động,  $s=1$ ) của ĐCKDB rotor dây quấn.



Động cơ không đồng bộ rotor dây quấn

♦ Với cách nối thêm điện trở ngoài vào mạch dây quấn rotor có thể sử dụng để điều chỉnh tốc độ động cơ nhưng phạm vi điều chỉnh không rộng và hiệu suất thấp.



BMTBD-CBKTD-PVLong (TCB edited 2016)

10 7

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ 2

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

- Moment ở tốc độ 1755 rpm (dùng mạch điện thay thế gần đúng)
- Độ trượt  $s_{mT}$  và momen cực đại (dùng mạch điện thay thế gần đúng)
- Moment ở tốc độ 1755 rpm, độ trượt  $s_{mT}$  và moment cực đại dùng mạch thay thế đúng.

Bỏ qua tổn hao trên điện trở dây quấn stator và các tổn hao trong lõi thép. Cho biết:

$$X_m = \frac{3}{2} \omega_s a M = 20 \Omega; \quad x_{ls} = \omega_s L_{ls} = 0,5 \Omega; \quad x_{lr}' = \omega_s L_{lr}' = 0,2 \Omega; \quad R_r' = 0,1 \Omega$$

BMTBD-CBKTD-PVLong (TCB edited 2016)

10 8

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ 2

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

- Moment ở tốc độ 1755 rpm (dùng mạch điện thay thế gần đúng)
- Độ trượt  $s_{mT}$  và momen cực đại (dùng mạch điện thay thế gần đúng)

Bỏ qua tổn hao trên điện trở dây quấn stator và các tổn hao trong lõi thép.

Cho biết:

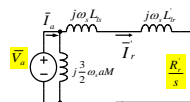
$$X_m = \frac{3}{2} \omega_s a M = 20 \Omega; \quad x_{ls} = \omega_s L_{ls} = 0,5 \Omega; \quad x_{lr}' = \omega_s L_{lr}' = 0,2 \Omega; \quad R_r' = 0,1 \Omega$$

a/ Tính các thông số mạch điện thay thế 1 pha:

$$\text{Điện áp pha: } V_a = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230,9 \text{ V}$$

$$s_r = \frac{60f}{p} = 1800 \text{ rpm} \rightarrow s = \frac{n_s - n}{n_s} = 0,025$$

$$\rightarrow \frac{R_r'}{s} = 4 \Omega$$



MĐTT gần đúng (một pha)

BMTBD-CBKTD-PVLong (TCB edited 2016)

10 9



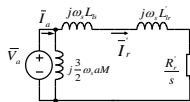
Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ 2 (tt)

Moment điện từ (= Moment cơ trên trục)

$$T^e = \frac{1}{\Omega_s} \left[ \frac{3V_a^2 R_r / s}{(R_s + R_r / s)^2 + (x_s + x_r)^2} \right]$$

$$T^e = \frac{1}{\left( \frac{2\pi 60}{2} \right)} \frac{3 \cdot (230,9)^2 \cdot (0,1 / 0,025)}{(1 + 4)^2 + (0,5 + 0,2)^2} = 205,83 \text{ N.m} \quad \text{MĐTT gần đúng (một pha)}$$

b/ Độ trượt  $s_{mT}$  và moment cực đại (dùng mạch thay thế gần đúng)

$$s_{mT} = \frac{R_r'}{\sqrt{R_s^2 + (x_s + x_r')^2}} = \frac{R_r'}{x_s + x_r'} = 0,143$$

$$T_{\max}^e = \frac{3}{2} \frac{V_a^2}{\Omega_s (x_s + x_r')} = \left( \frac{3}{2} \right) \frac{(230,9)^2}{\left( \frac{2\pi 60}{2} \right) (0,5 + 0,2)} = 606,09 \text{ N.m}$$

BMTBD-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)11  
0

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ 2 (tt)

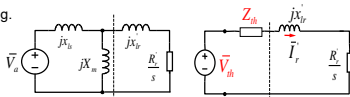
c/ Sử dụng mạch thay thế đúng. Tính moment ở tốc độ 1755 rpm, độ trượt  $s_{mT}$  và moment cực đại.BMTBD-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)11  
1

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ 2 (tt)

c/ Dùng mạch điện thay thế đúng.

- Dùng định lý Thevenin biến đổi mạch điện thay thế hình a sang hình b:



$$\vec{V}_{th} = V_a \frac{jX_m}{jX_m + jX_r} = 230,9 \frac{(j20)}{j20,5} = 225,37 \angle 0^\circ \text{ V} \quad Z_{th} = \frac{jX_m \times jX_r}{jX_m + jX_r} = \frac{(j20)(j0,5)}{j20,5} = j0,4878 \Omega$$

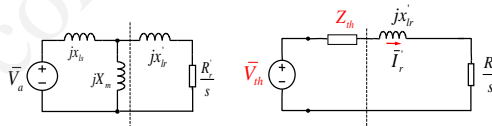
$$\rightarrow I_r' = \frac{V_{th}}{\left| \frac{R_r}{s} + Z_{th} + jX_r' \right|} = \frac{225,37}{\sqrt{4^2 + (0,4878 + 0,2)^2}} = 55,528 \text{ A}$$

$$\text{Moment điện từ: } T^e = \frac{P_r}{\Omega_s} = \dots = 196,29 \text{ N.m} \quad \text{Với: } P_{ag} = 3I_r'^2 \frac{R_r}{s} = \dots$$

BMTBD-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)11  
2

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ 2 (tt)

- Tương tự dùng  $V_{th}$  và  $Z_{th}$  để tính  $s_{mT}$  và moment cực đại:

$$s_{mT} = \frac{R_r'}{\left| Z_{th} + jX_r' \right|} = \frac{0,1}{\left| j0,4878 + j0,2 \right|} = 0,145$$

$$T_{\max}^e = \frac{3}{2} \frac{V_{th}^2}{\Omega_s (Z_{th} + x_r')} = \frac{3}{2} \frac{2}{2\pi 60} \frac{(225,37)^2}{0,4878 + 0,2} = 587,61 \text{ N.m}$$

BMTBD-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)11  
3

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ 3

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 moment điện từ  $T^e=160 \text{ N.m}$ . Tính:

a/ Độ trượt  $s$ , tốc độ  $n$  và tần số của dòng điện rotor  $f_r$ .

b/ Moment cực đại và moment khởi động.

Cho biết:

$$X_m = 13,5 \Omega \quad x_{ls} = 1,5 \Omega \quad x_{lr}' = 1,15 \Omega \quad R_r' = 0,6 \Omega$$

BMTBD-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)11  
4

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

## Ví dụ 3 (tt)

a/ Sử dụng mạch thay thế gần đúng

$$I_r' = \frac{V_a}{\left| \frac{R_r}{s} + jx_{ls} + jx_{lr}' \right|} = \frac{500}{\left| \frac{0,6}{s} + j1,5 + j1,15 \right|} = \frac{500}{\sqrt{\left( \frac{0,6}{s} \right)^2 + 2,65^2}} \text{ A}$$

$$T^e = \frac{P_r}{\Omega_s} = 3 \times \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{R_r}{s} \times I_r'^2 = 160 \text{ N.m}$$

$$= 3 \times \frac{3}{377} \times \frac{0,6}{s} \times \frac{500^2}{\left( \left( \frac{0,6}{s} \right)^2 + 2,65^2 \right)} = 160 \text{ N.m}$$

Công suất điện từ của 1 pha

Độ trượt khi  $T^e=160 \text{ N.m}$ ?

$$\rightarrow s=0,016$$

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

$$n = n_s(1-s) = 1180,8 \text{ rpm}$$

→ Moment cực đại:

$$T_{\max}^e = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_a^2}{2(x_{ls} + x_{lr}')} = 1126 \text{ N.m}$$

→ Moment khởi động khi  $s=1$ 

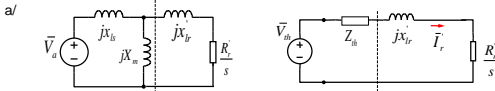
$$T_{\text{Khởi động}}^e = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_a^2 R_r'}{(x_{ls} + x_{lr}')^2 + R_r'^2} = 485 \text{ N.m}$$

Sử dụng mạch thay thế đúng ???

BMTBD-CSKTD-PV/Lang  
(TCB edited 2016)11  
5

Ví dụ 3 (tt)

Sử dụng mạch thay thế đúng



- Dùng định lý Thévenin biến đổi mạch điện thay thế hình a sang hình b:

$$\bar{V}_{th} = V_a \frac{jX_m}{jX_m + jX'_m} = (500 \angle 0^\circ) \frac{j13,5}{j13,5 + j1,5} = 450 \angle 0^\circ \text{ V} \quad Z_{th} = \frac{jX_m \times jX'_m}{jX_m + jX'_m} = \frac{j13,5 \times j1,5}{j13,5 + j1,5} = j1,35 \Omega$$

$$\bar{I}'_r = \frac{\bar{V}_{th}}{\frac{R'_r}{s} + Z_{th} + jX'_r} = \frac{450}{\frac{0,6}{s} + j1,35 + j1,15} = \frac{450}{\sqrt{\left(\frac{0,6}{s}\right)^2 + 2,5^2}} \text{ A}$$

$$T^e = \frac{P_r}{\Omega_s} = 3 \times \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{R'_r}{s} \times \frac{450^2}{\left(\left(\frac{0,6}{s}\right)^2 + 2,5^2\right)} = 160 \text{ N.m} \rightarrow s=0,02 \text{ và } 2,88 \rightarrow \text{chọn } s=0,02 < 1$$

$$f_r = sf_s = 0,02 \times 60 = 1,2 \text{ Hz} \quad n = n_s(1-s) = 1176 \text{ rpm}$$

Ví dụ 3 (tt)

b/ - Moment cực đại.

$$\text{Hệ số trượt ứng với moment cực đại: } s_{mT} = \frac{R'_r}{Z_{th} + jX'_r} = 0,145$$

$$\rightarrow T^e_{\max} = \frac{1}{s_{mT} \Omega_s} \times \frac{3V_a^2 R'_r / s}{\left[ \frac{R'_r}{s} + Z_{th} + jX'_r + R'_r / s_{mT} \right]^2} \quad \text{với: } Z_{th} = R_{th} + jX_{th} = jX_{th}$$

$$\text{Hoặc: } T^e_{\max} = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_a^2}{2(X_{th} + X'_r)} = 966,8 \text{ N.m}$$

- Moment khởi động khi s=1

$$T^e_{\text{khởi động}} = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_a^2 R'_r / s}{\left[ \left( \frac{R'_r}{s} + R_{th} + R'_r / s \right)^2 + (X_{th} + X'_r)^2 \right]} = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_a^2 R'_r}{(X_{th} + X'_r)^2 + R_r^2}$$

$$= \frac{3}{2\pi \times 60} \times \frac{3 \times 450^2 \times 0,6}{2,5^2 + 0,6^2} = 438,82 \text{ N.m}$$

Bài tập: ĐCKDB

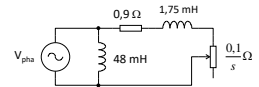
- Tốc độ (vòng/phút), độ trượt, số cực, tần số...
- Xây dựng mạch điện thay thế ĐCKDB: hiểu ý nghĩa các thông số trên MĐTT
  - Mạch điện thay thế đúng (hình T)
  - (Dùng định lý Thévenin → để dàng xác định được các thông số trên rotor, lõi sắt)
  - (Giải trực tiếp mạch hình T → xác định được trực tiếp các thông số trên stator)
  - Mạch điện thay thế gần đúng (hình T').
- Giải MĐTT khi ĐCKDB mang tải, tính:
  - Dòng điện stator, rotor..., tốc độ (độ trượt s)
  - Hiệu suất: Công suất tổn hao trên stator, rotor, sắt từ...  $R_s, R_r, R_m$
  - Moment điện từ (cực đại), moment cơ, moment hữu ích trên đầu trục, moment khởi động (mở máy)...
- Giản đồ năng lượng.
- Thay đổi chế độ làm việc (tải) của động cơ → Xác định các thông số liên quan.

MĐDB → MPDB:

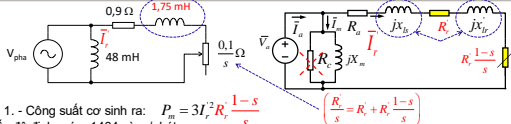
- Tính:
  - Điện áp cảm ứng  $E_m$ , góc tải  $\delta$ ,
  - Dòng điện, hệ số công suất máy phát ra, công suất cực đại
- Thay đổi chế độ làm việc: Thay đổi độc lập 2 phần:
  - Công suất động cơ sơ cấp kéo máy phát.
  - Dòng điện DC cấp cho cuộn dây kích từ rotor

1 Bài tập

- Một động cơ không đồng bộ 4 cực có mạch thay thế gần đúng thể hiện trong hình vẽ, được cấp nguồn 220 V (điện áp dây), 50 Hz. Tốc độ định mức của động cơ là 1464 vòng/phút.
- Xác định công suất cơ được tạo ra ở độ trượt định mức, tính bằng HP (1 HP = 746 W)
  - Tìm độ trượt mà ở đó mômen đạt giá trị lớn nhất
  - Tính giá trị mômen lớn nhất đó
- Nếu động cơ trên sử dụng ở nguồn điện 3 pha 240 V, 60 Hz.
- Xác định độ trượt mà ở đó mômen đạt giá trị lớn nhất
  - Tính giá trị mômen lớn nhất tương ứng



1 Bài tập (tt)



- Công suất cơ sinh ra:  $P_m = 3I_r'^2 R'_r \frac{1-s}{s}$   
ở tốc độ định mức: 1464 vòng/phút.
  - Tốc độ đồng bộ:  $n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ vòng/phút}$
  - Độ trượt định mức:  $s = \frac{1500 - 1464}{1500} = 0,024$
  - Dòng điện rotor:  $\bar{I}_r = \frac{220 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{(0,9 + 0,1/0,024) + j\sqrt{1,75 \times 10^{-3} \times 2\pi \times 50}} = 24,78 - j2,688 = 24,92 \angle -6,193^\circ \text{ A}$
  - $\rightarrow P_m = 3 \times 24,92^2 \times 0,1 \times \frac{1-0,024}{0,024} = 7576 \text{ W} = 10,15 \text{ HP}$

- Độ trượt ở moment cực đại:  $s_{mT} = \frac{R'_r}{\sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X'_r)^2}} = \frac{0,1}{\sqrt{0,9^2 + 0,5498^2}} = 0,0948$

1 Bài tập (tt)

3. - Moment cực đại tương ứng:

$$T^e = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_a^2 R'_r / s}{\left[ \left( \frac{R'_r}{s} + R_{th} + R'_r / s \right)^2 + (X_{th} + X'_r)^2 \right]}$$

$$T^e = T^e_{\max} \text{ khi } s = s_{mT} \quad \left( \frac{R'_r}{s} = R'_r + R'_r \frac{1-s}{s} \right)$$

$$T^e_{\max} = \frac{2}{2\pi \times 50} \times \frac{3 \times (220/\sqrt{3})^2}{\left[ (0,9 + 0,1/0,0948)^2 + 0,5498^2 \right]} \times \frac{0,1}{0,0948} = 78,82 \text{ Nm}$$

4. - Độ trượt ở moment cực đại:  $x_{th} + x'_r = 2\pi \times 60 \times (1,75 \times 10^{-3}) = 0,6597 \Omega$   
khi  $V_{dây} = 240 \text{ V}$ ,  $f = 60 \text{ Hz}$

$$s_{mT} = \frac{R'_r}{\sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X'_r)^2}} \quad s_{\max T(60)} = \frac{0,1}{\sqrt{0,9^2 + 0,6597^2}} = 0,0896$$

5. - Moment cực đại tương ứng:  
khi  $V_{dây} = 240 \text{ V}$ ,  $f = 60 \text{ Hz}$

$$T^e_{\max} = \frac{2}{2\pi \times 60} \times \frac{3 \times (240/\sqrt{3})^2}{\left[ (0,9 + 0,1/0,0896)^2 + 0,5498^2 \right]} \times \frac{0,1}{0,0896} = 75,79 \text{ Nm}$$

## 3 Bài tập

Một động cơ cảm ứng 3 pha 460V, 25HP, 60 Hz, 4 cực nối Y có các thông số qui về stator:

$$R_1 = 0,641\Omega \quad R'_2 = 0,332\Omega \\ X_1 = 1,106\Omega \quad X'_2 = 0,464\Omega \quad X_m = 26,3\Omega \\ \text{Tổn hao quay là } 1100\text{W không thay đổi theo tải.}$$

Khi độ trượt là 2,2%, với điện áp và tần số bằng định mức, tính:

1. Tốc độ động cơ
2. Dòng điện stator, hệ số công suất.
3. Công suất điện từ, công suất cơ hữu ích trên đầu trục.
4. Moment điện từ, moment tải cơ.
5. Hiệu suất.

## Bài tập (tt)

3. - Công suất nhận từ nguồn điện:

$$P_m = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta = \sqrt{3} \times 460 \times 18,88 \times 0,833 = 12530 \text{ W}$$

- Công suất tổn hao đồng trên dây quấn stator:

$$P_{\text{Cui}} = 3 I_1^2 R_1 = 3 (18,88)^2 \times 0,641 = 685 \text{ W}$$

- Công suất điện từ qua khe hở không khí:

$$P_e = P_m - P_{\text{Cui}} = 12530 - 685 = 11845 \text{ W}$$

- Công suất cơ trên trục:

$$P_m = (1-s) P_e = (1-0,022)(11845) = 11585 \text{ W}$$

- Công suất cơ hữu ích trên đầu trục động cơ:

$$P_{\text{out}} = P_m - P_{\text{rot}} = 11585 - 1100 = 10485 \text{ W} = \frac{10485}{746} = 14,1 \text{ HP} \quad (\text{Nhỏ hơn } 25\text{HP})$$

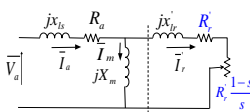
## 4 Bài tập

Một động cơ không đồng bộ 3 pha, 22 kW, nối Y, 50 Hz, 400 V, 4 cực, có các tham số của mạch tương đương một pha chính xác như sau:

$$R_a = 0,2\Omega; \quad x_a = 0,6\Omega; \quad x'_r = 0,25\Omega; \quad X_m = 25\Omega; \quad R'_r = 0,12\Omega$$

Tổng **tổn hao cơ** (do ma sát...) và **tổn hao lõi thép** là 990 W và được coi là không đổi trong các câu a và b dưới đây.

- Ở độ trượt  $s = 0,03$ , xác định tốc độ của động cơ, moment hữu ích đầu trục, và hệ số công suất động cơ.
- Xác định tốc độ định mức, moment định mức và hiệu suất định mức của động cơ. Biết công suất điện từ khi đó là 23459 W.
- Xác định tốc độ ứng với moment điện từ cực đại, và giá trị moment cực đại đó.



## Bài tập (tt)

$$1. \quad N_{\text{đb}} = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ vòng/phút}$$

$$N = (1-s)N_{\text{đb}} = (1-0,022) \times 1800 = 1760 \text{ vòng/phút}$$

$$2. \quad Z'_2 = \frac{R'_2}{s} + jX'_2 = \frac{0,332}{0,022} + j0,464 = 15,09 + j0,464 = 15,1 \angle 1,76^\circ \Omega$$

$$Z_f = \frac{1}{1/jX_m + 1/Z'_2} = \frac{1}{-j0,038 + j0,0662 \angle -1,76^\circ} = 12,94 \angle 31,1^\circ \Omega$$

Tổng trở tương đương nhìn từ nguồn:

$$Z = Z_1 + Z_f = 0,641 + j1,106 + 12,94 \angle 31,1^\circ \Omega = 11,72 + j7,79 = 14,07 \angle 33,6^\circ \Omega$$

Dòng điện stator của động cơ

$$I_1 = \frac{V_\phi}{Z} = \frac{460 \angle 0^\circ}{14,07 \angle 33,6^\circ} = 18,88 \angle -33,6^\circ \text{ A}$$

$$PF = \cos 33,6^\circ = 0,833 \text{ chậm pha}$$

## Bài tập (tt)

- Công suất điện từ qua khe hở không khí:

$$P_e = P_m - P_{\text{Cui}} = 12530 - 685 = 11845 \text{ W}$$

- Công suất cơ trên trục:

$$P_m = (1-s) P_e = (1-0,022)(11845) = 11585 \text{ W}$$

- Công suất cơ hữu ích trên đầu trục động cơ:

$$P_{\text{out}} = P_m - P_{\text{rot}} = 11585 - 1100 = 10485 \text{ W} = \frac{10485}{746} = 14,1 \text{ HP} \quad (\text{Nhỏ hơn } 25\text{HP})$$

$$4. \quad \text{Moment điện từ} \quad T_e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{11845}{2\pi \times 1800/60} = 62,8 \text{ N.m}$$

$$\text{Moment tải cơ} \quad T_{\text{out}} = \frac{P_{\text{out}}}{\Omega_m} = \frac{10485}{2\pi \times 1760/60} = 56,9 \text{ N.m}$$

$$5. \quad \text{Hiệu suất} \quad \eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_m} \times 100\% = \frac{10485}{11585} \times 100\% = 83,7\%$$

## 4 Bài tập

Nguồn Thevenin một pha tương đương

$$\vec{V}_{th} = \vec{V}_a \frac{jX_m}{R_a + j(x_a + x_m)} = \frac{400}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \frac{j25}{0,2 + j(0,6 + 25)} = 225,5 \angle 0,4476^\circ$$

$$Z_{th} = \frac{(R_a + jx_a)jX_m}{R_a + j(x_a + x_m)} = 0,1907 + j0,5874$$

- a) Tốc độ của động cơ:

$$n = (1-s)n_s = (1-s) \frac{60f}{p} = 1455 \text{ vòng/phút}$$

$$\vec{I}_r = \frac{\vec{V}_{th}}{Z_{th} + \frac{R'_r}{s} + jx'_r} = 52,77 \angle -10,85^\circ$$

$$P_m = 3R'_r \frac{(1-s)}{s} (I_r')^2 = 32415 \text{ W}$$

$$P_{\text{out}} = P_m - (P_{\text{Tổn hao cơ}} + P_{\text{Lõi thép}}) = 32415 - 990 = 31425 \text{ W}$$

Động cơ quá tải ( $P_{\text{đm}} = 22\text{KW}$ )

a. Ở độ trượt  $s = 0,03$ , xác định tốc độ của động cơ, moment hữu ích đầu trục, và hệ số công suất động cơ.

$$T_{\text{out}} = \frac{P_{\text{out}}}{\Omega_m} = ???$$

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Bài tập (tt)

Moment hữu ích đầu trục:

$$T_{out} = \frac{P_{out}}{\Omega_m} = \frac{P_{out}}{2\pi n / 60} = 206,2 Nm$$

Điện áp trên hai đầu nhánh từ hóa:

$$\vec{V}_{ab} = \left( \frac{R'_a}{s} + jX'_{lr} \right) \vec{I}_r = 211,5 \angle -7,277^\circ V$$

Dòng điện ngõ vào:

$$\vec{I}_a = \vec{I}_m + \vec{I}'_r = \frac{\vec{V}_{ab}}{jX_M} + \vec{I}_r = 53,96 \angle -19,85^\circ A$$

Hệ số công suất động cơ:  $PF = \cos(19,85^\circ) = 0,94$  trễ

a. Ở độ trượt  $s = 0,03$ , xác định tốc độ của động cơ, moment hữu ích đầu trục, và hệ số công suất động cơ.

BMTBD-CKKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

12  
9

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Bài tập (tt)

b) Ở chế độ làm việc định mức, công suất cơ đầu trục là 22 kW. Nếu công suất điện từ đã biết, ta có  $P_e(1-s_{dm}) = P_m = P_{2dm} + (P_{TồnHaoCo} + P_{LoiThep})$

$$23459(1-s_{dm}) = 22000 + 990$$

$$\rightarrow s_{dm} = 0,02 \rightarrow n_{dm} = (1-s_{dm})n_s = 1470 \text{ vong/phut}$$

$$\text{Moment định mức: } T_{out, dm} = \frac{P_{out, dm}}{2\pi n_{dm} / 60} = 142,9 Nm$$

$$\vec{I}_a = \frac{\vec{V}_a}{\left( \frac{R'_a}{s_{dm}} + jX'_{lr} \right) + \left( \frac{R'_r}{s_{dm}} + jX'_{lr} + jX_M \right)} = 37,46 \angle -20,63^\circ A$$

$$P_{m, dm} = 3R'_r(I_a)^2 + P_{e, dm} = 24301 W$$

Hiệu suất định mức:

$$\eta_{dm} = \frac{P_{out, dm}}{P_{m, dm}} = 0,9049 = 90,5\%$$

Nhận xét: Cầu a:  $s = 0,03 > s_{dm} = 0,02$   
→ động cơ quá tải:  $P_2 = 31,425 kW > P_{dm} = 22 kW$   
b. Xác định tốc độ định mức, moment định mức và hiệu suất định mức của động cơ.  
Biết công suất điện từ khi đó là 23459 W.

BMTBD-CKKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

13  
1

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Bài tập (tt)

c) Tốc độ ứng với moment điện từ cực đại:

$$s_{max} = \frac{R'_r}{\sqrt{R_b^2 + (X_b + X'_{lr})^2}} = 0,1397$$

Giá trị moment cực đại:

$$T_{max}^e = \frac{3}{2} \frac{1}{\Omega_s} \left[ \frac{V_b^2}{R_b + \sqrt{R_b^2 + (X_b + X'_{lr})^2}} \right] = 462,7 Nm$$

c. Xác định tốc độ ứng với moment điện từ cực đại, và giá trị moment cực đại đó.

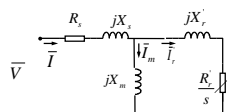
BMTBD-CKKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

13  
2

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### 5 Bài tập

Một ĐCKĐB 3 pha, 4 cực, 208V, 60Hz, có các thông số trên mạch điện thay thế:  $R_b = 0,12\Omega$ ,  $R'_r = 0,1\Omega$ ,  $X_b = X'_r = 0,25\Omega$ ,  $X_m = 10\Omega$ . Có **tổn hao cơ 400W, bỏ qua tổn hao trên lõi thép**. Ở chế độ định mức có độ trượt 5% xác định: Tốc độ định mức, dòng điện định mức, công suất định mức và hiệu suất của động cơ.



BMTBD-CKKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

13  
3

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Bài tập (tt)

Động cơ đang hoạt động ở chế độ định mức

- Tốc độ đồng bộ:  $n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 60}{2} = 1800 \text{ vong/phut}$

Hoặc: Vận tốc góc đồng bộ  $\Omega_s = \frac{1800}{60} 2\pi = 188,5 \text{ rad/giay} = \left( \frac{\omega}{p} \right)$

- Tốc độ định mức của động cơ:

$$n_{dm} = n_s(1-s_{dm})$$

$$n = 1800(1-0,05) = 1710 \text{ vong/phut}$$

Tổng trở tương đương nhìn từ nguồn:

$$Z = 0,12 + j0,25 + \frac{j10(2 + j0,25)}{j10 + (2 + j0,25)} = 2,1314 \angle 23,55^\circ \Omega$$

- Dòng điện tiêu thụ của động cơ ở chế độ định mức: (Dòng điện định mức)

$$\vec{I} = \frac{\vec{V}}{Z} = \frac{120,1 \angle 0^\circ}{2,1314 \angle 23,55^\circ} = 56,35 \angle -23,55^\circ A$$

BMTBD-CKKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

13  
5

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Bài tập (tt)

Động cơ đang hoạt động ở chế độ định mức

Tổng trở tương đương nhìn từ nguồn:

$$Z = 0,12 + j0,25 + \frac{j10(2 + j0,25)}{j10 + (2 + j0,25)} = 2,1314 \angle 23,55^\circ \Omega$$

- Dòng điện tiêu thụ của động cơ ở chế độ định mức: (Dòng điện định mức)

$$\vec{I} = \frac{\vec{V}}{Z} = \frac{120,1 \angle 0^\circ}{2,1314 \angle 23,55^\circ} = 56,35 \angle -23,55^\circ A$$

- Công suất nhận từ nguồn định:

$$P_{in} = 3VI \cos \theta = 3(120,1)(56,35) \cos 23,55^\circ = 18611 W$$

- Công suất tổn hao đồng trên dây quấn stator:

$$P_s = 3R_s I^2 = 3(0,12)(56,35)^2 = 1143 W$$

BMTBD-CKKTD-PV/Long  
(TCB edited 2016)

13  
6

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Bài tập (tt)

- Công suất điện từ qua khe hở không khí:  
Đã bỏ qua tổn hao trong lõi thép  
 $P_e = P_{in} - P_{sc} = 18611 - 1143 = 17468 \text{ W}$

- Công suất tổn hao đồng trên dây quấn rotor:  
 $P_r = sP_e = 0,05(17468) = 873,4 \text{ W}$

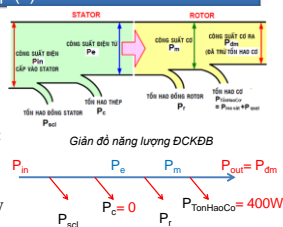
- Công suất cơ trên trục:  
 $P_m = (1-s)P_e = 0,95(17468) = 16595 \text{ W}$

- Công suất cơ hữu ích trên đầu trục động cơ ở chế độ định mức: (Công suất định mức)  
 $P_{dm} = P_m - P_{T\text{onHaoCo}} = 16595 - 400 = 16195 \text{ W}$

- Hiệu suất:  $\eta = \frac{P_{dm}}{P_{in}} = \frac{16195}{18611} = 0,8702$

BMTBĐ-CKKTĐ-PVLong  
(TCB edited 2016)

13  
7



Giản đồ năng lượng ĐCKĐB

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### 6 Bài tập

Một động cơ KĐB 3 pha có các thông số định mức (ghi trên nhãn máy):  
 $P = 15 \text{ KW}$ , nối Y,  $V = 380V$ ,  $f = 50\text{Hz}$ ,  $I = 28,5A$ ,  $\cos\theta = 0,88$ , số cực  $p = 6$ ,  
tốc độ  $N = 970\text{vòng/phút}$ .

a. Khi động cơ hoạt động ở chế độ định mức (nguồn và tải có giá trị định mức), hãy xác định:

Tốc độ đồng bộ  $N_s$  tính bằng vòng/phút, hệ số trượt của động cơ.  
Moment tải cơ trên đầu trục  $T_{dm}$ , hiệu suất  $\eta_{dm}$  của động cơ.

b. Nếu moment tải bằng 75% giá trị của moment tải định mức  $T_{dm}$ . Tính tốc độ  $N$  của động cơ.

BMTBĐ-CKKTĐ-PVLong  
(TCB edited 2016)

13  
8

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### 6 Bài tập

Một động cơ KĐB 3 pha có các thông số định mức (ghi trên nhãn máy):  $P = 15\text{KW}$ , nối Y,  $V = 380V$ ,  
 $f = 50\text{Hz}$ ,  $I = 28,5A$ ,  $\cos\theta = 0,88$ , số cực  $p = 6$ , tốc độ  $N = 970\text{vòng/phút}$ .

a. Khi động cơ hoạt động ở chế độ định mức (nguồn và tải có giá trị định mức),  
hãy xác định: Tốc độ đồng bộ  $N_s$  tính bằng vòng/phút, hệ số trượt của động cơ.  
Moment tải cơ trên đầu trục  $T_{dm}$ , hiệu suất  $\eta_{dm}$  của động cơ.

b. Nếu moment tải bằng 75% giá trị của moment tải định mức. Tính tốc độ  $N$  của động cơ.

a.  $N_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ (vòng / phút)}$   $s_{dm} = \frac{n_s - n_{dm}}{n_s} = \frac{1000 - 970}{1000} = 0,03$

$T_{dm} = \frac{P_{dm}}{\omega_{dm}} = \frac{P_{dm}}{2\pi n_{dm}} = \frac{15000 \cdot 60}{2\pi \cdot 970} = 147,67 \text{ (Nm)}$

$P_{in, dm} = \sqrt{3} V_{s, dm} I_{s, dm} \cos\theta_{dm} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 28,5 \cdot 0,88 = 16507 \text{ (W)}$

$\eta_{dm} = \frac{P_{dm}}{P_{in, dm}} \cdot 100 = \frac{15000}{16507} \cdot 100 = 90,87\%$

b. Ở chế độ làm việc bình thường (từ không tải đến tải định mức, hệ số trượt nhỏ)  
có thể coi độ trượt tỉ lệ thuận với moment của động cơ, do đó:

$T^e = 0,75T_{dm}^e \rightarrow s = 0,75s_{dm} = 0,0225 \rightarrow n = 1000 \cdot (1 - 0,0225) = 977,5 \text{ (vòng / phút)}$

BMTBĐ-CKKTĐ-PVLong  
(TCB edited 2016)

13  
9

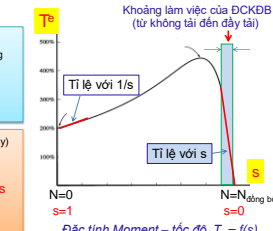
Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### 6 Bài tập

$T^e = T_m = \frac{P_m}{\Omega_m} = \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_s^2 R_r / s}{(R_r + R_r / s)^2 + (x_{lr} + x_{lr})^2}$

• Khi độ trượt  $s$  có giá trị nhỏ  $s \approx 0$   
(tốc độ gần bằng với tốc độ đồng bộ) (khi không tải)  
 $T_r \approx \frac{3V_s^2}{\Omega_s} \frac{s}{R_r}$  Tỉ lệ với  $s$

• Khi  $s$  lớn (tốc độ gần bằng không) (khi mở máy)  
Khi  $R_r = 0$  và  $(X_{lr} + X_{lr}) \gg R_r / s$   
 $T_r \approx \frac{3V_s^2}{\Omega_s} \frac{R_r}{(x_{lr} + x_{lr})^2 s}$  Tỉ lệ với  $1/s$



b. Ở chế độ làm việc bình thường (từ không tải đến tải định mức, hệ số trượt nhỏ)  
có thể coi độ trượt tỉ lệ thuận với moment của động cơ, do đó:

$T^e = 0,75T_{dm}^e \rightarrow s = 0,75s_{dm} = 0,0225 \rightarrow n = 1000 \cdot (1 - 0,0225) = 977,5 \text{ (vòng / phút)}$

BMTBĐ-CKKTĐ-PVLong  
(TCB edited 2016)

14  
0

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Bài tập

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 moment điện từ  $T_e = 160 \text{ N.m}$ . Tính:

a/ Độ trượt  $s$ , tốc độ  $N$  và tần số của dòng điện rotor  $f_r$ .

b/ Moment cực đại và moment khởi động.

Cho biết:

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

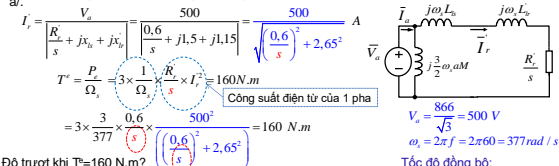
BMTBĐ-CKKTĐ-PVLong  
(TCB edited 2016)

14  
1

Chương 6: Máy điện không đồng bộ

### Bài tập

Sử dụng mạch thay thế gần đúng



Độ trượt khi  $T_e = 160 \text{ N.m}$ ?

$\rightarrow s = 0,016$

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

b/  $n = n_s (1-s) = 1180,8 \text{ rpm}$

$\rightarrow$  Moment cực đại:

$T_{max} = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_s^2}{2(x_{lr} + x'_{lr})} = 1126 \text{ N.m}$

$\rightarrow$  Moment khởi động khi  $s = 1$

$T_{Khởi\ động} = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_s^2 R'_r}{(x_{lr} + x'_{lr})^2 + R_r^2} = 485 \text{ N.m}$

Sử dụng mạch thay thế đúng ???

BMTBĐ-CKKTĐ-PVLong  
(TCB edited 2016)

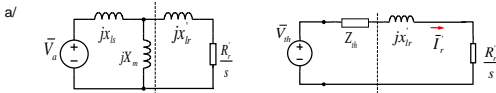
14  
2



Chương 8: Máy điện không đồng bộ

## Bài tập (Vd3)

Sử dụng mạch thay thế đúng



- Dùng định lý Thevenin biến đổi mạch điện thay thế hình a sang hình b:

$$\vec{V}_{th} = V_a \frac{jX_m}{jX_m + jX_r} = (500 \angle 0^\circ) \frac{j13,5}{j13,5 + j1,5} = 450 \angle 0^\circ \text{ V} \quad Z_{th} = \frac{jX_m \times jX_r}{jX_m + jX_r} = \frac{j13,5 \times j1,5}{j13,5 + j1,5} = j1,35 \Omega$$

$$\vec{I}_r = \frac{V_{th}}{\left| \frac{R_l}{s} + Z_{th} + jX_r \right|} = \frac{450}{\left| \frac{0,6}{s} + j1,35 + j1,15 \right|} = \frac{450}{\sqrt{\left(\frac{0,6}{s}\right)^2 + 2,5^2}} \text{ A}$$

$$T^e = \frac{P_r}{\Omega_s} = 3 \times \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{R_l}{s} \times \frac{450^2}{\left(\left(\frac{0,6}{s}\right)^2 + 2,5^2\right)} = 160 \text{ N.m} \rightarrow s=0,02 \text{ và } 2,88 \rightarrow \text{chọn } s=0,02 < 1$$

$$f_r = s f_s = 0,02 \times 60 = 1,2 \text{ Hz}$$

$$n = n_s(1-s) = 1176 \text{ rpm}$$

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)14  
3

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

## Bài tập (Vd3)

b/ - Moment cực đại.

$$\text{Hệ số trượt ứng với moment cực đại: } s_{mT} = \frac{R_r}{Z_{th} + jX_r} = 0,145$$

$$\rightarrow T_{\max}^e = \frac{P}{s_{mT} \Omega_s} \times \frac{3V_a^2 R_r'}{\left[ Z_{th} + jX_r + R_r/s_{mT} \right]^2} \quad \text{với: } Z_{th} = R_{th} + jX_{th} = jX_{th}$$

$$\text{Hoặc: } T_{\max}^e = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_a^2}{2(X_{th} + X_r')} = 966,8 \text{ N.m}$$

- Moment khởi động khi s=1

$$T_{\text{khởi động}}^e = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_a^2 R_r'/s}{\left[ (R_{th} + R_r/s)^2 + (X_{th} + X_r')^2 \right]} = \frac{1}{\Omega_s} \times \frac{3V_a^2 R_r'}{(X_{th} + X_r')^2 + R_r'^2}$$

$$= \frac{3}{2\pi 60} \times \frac{3 \times 450^2 \times 0,6}{2,5^2 + 0,6^2} = 438,82 \text{ N.m}$$

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)14  
4

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

## 8 Bài tập

Một động cơ không đồng bộ rotor dây quấn 3 pha 460V, 25HP, 60 Hz, 4 cực nối Y có các thông số qui về stator:

$$R_s = 0,641 \Omega \quad R'_2 = 0,332 \Omega$$

$$X_s = 1,106 \Omega \quad X'_2 = 0,464 \Omega \quad X_m = 26,3 \Omega$$

Sử dụng MĐTT đúng.

1. Tìm giá trị moment cực đại và tốc độ tương ứng với moment cực đại
2. Tìm giá trị moment khởi động.
3. Nếu điện trở rotor tăng gấp đôi.

Tính giá trị moment cực đại và tốc độ tương ứng với moment cực đại.

Tính moment khởi động

4. Vẽ phác thảo đặc tính Moment-độ trượt trong 2 trường hợp.

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

147

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

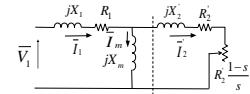
## 8 Bài tập (tt)

Biến đổi Thevenin MĐTT của DCKDB

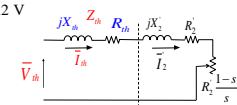
$$V_{th} = V_1 \frac{X_m}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_m)^2}} = \frac{460}{\sqrt{3}} \frac{26,3}{\sqrt{(0,641)^2 + (1,106 + 26,3)^2}} = 255,2 \text{ V}$$

$$R_{th} \approx R_1 \left( \frac{X_m}{X_1 + X_m} \right)^2 \approx (0,641) \left( \frac{26,3}{1,106 + 26,3} \right)^2 = 0,590 \Omega$$

$$X_{th} \approx X_1 = 1,106 \Omega$$



Mạch điện thay thế DCKDB



MĐTT sau khi biến đổi Thevenin

$$Z_{th} = \frac{(R_1 + jX_1)jX_m}{(R_1 + jX_1) + jX_m} = R_{th} + jX_{th}$$

$$\vec{V}_{th} = \vec{V}_1 \frac{jX_m}{(R_1 + jX_1) + jX_m}$$

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

148

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

## 8 Bài tập (tt)

1. Giá trị moment cực đại và tốc độ tương ứng với moment cực đại:

$$s_{r_{\max}} = \frac{R'_2}{\sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X'_2)^2}} = \frac{0,332}{\sqrt{(0,590)^2 + (1,106 + 0,464)^2}} = 0,198$$

$$n_{db} = 1800 \text{ vòng / phút} \rightarrow n = (1-s)n_s = (1-0,198) \times 1800 = 1444 \text{ vòng / phút}$$

$$T_{\max} = \frac{3}{2} \frac{1}{\Omega_s} \left( \frac{V_{th}^2}{R_{th} + \sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X'_2)^2}} \right)$$

$$T_{\max} = \frac{3}{2} \frac{1}{\Omega_s} \left( \frac{V_{th}^2}{R_{th} + \sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X'_2)^2}} \right) = \frac{3}{2} \frac{1}{\left( 2\pi \frac{1800}{60} \right)} \frac{(255,2)^2}{[0,590 + \sqrt{(0,590)^2 + (1,106 + 0,464)^2}]}$$

$$= 229 \text{ N.m}$$

Tốc độ đồng bộ:

$$\frac{\omega_s}{p} = \omega_{db} = 2\pi \frac{N_{db}}{60}$$

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

149

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

## 8 Bài tập (tt)

2. Moment khởi động (s=1)

$$T_{\text{khởi động}} = T_{s=1} = \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_{th}^2 \left( \frac{R'_2}{s} \right)}{\left( R_{th} + \frac{R'_2}{s} \right)^2 + (X_{th} + X'_2)^2} \Bigg|_{s=1}$$

$$= \frac{1}{\Omega_s} \frac{3V_{th}^2 R'_2}{\left[ (R_{th} + R'_2)^2 + (X_{th} + X'_2)^2 \right]}$$

$$= \frac{1}{\left( 2\pi \frac{1800}{60} \right)} \frac{3 \times (255,2)^2 \times (0,332)}{[(0,590 + 0,332)^2 + (1,106 + 0,464)^2]}$$

$$= 104 \text{ N.m}$$

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

150

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

### 8 Bài tập (tt)

3. Khi điện trở rotor tăng gấp đôi.

$$s_{T_{\max}} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (X_{2s} + X_2)^2}} = 0,396$$

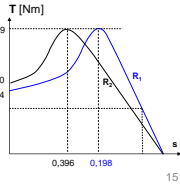
$$n = (1 - s)n_{\text{đb}} = (1 - 0,396) \times 1800 = 1087 \text{ vòng/phút}$$

- Moment cực đại vẫn giữ giá trị như câu 1: 229 Nm

- Moment khởi động:

$$T_{\text{khởi động}} = \frac{3 \times (255,2)^2 \times (0,664)}{1800 \times \frac{2\pi}{60} \times [(0,590 + 0,664)^2 + (1,106 + 0,464)^2]} = 170 \text{ N.m}$$

4. Vẽ phác thảo  $T = f(s)$



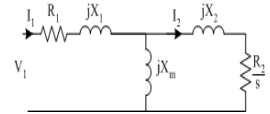
BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

151

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

### 9 Bài tập

- ♦ ĐCKĐB 3 pha nối  $\Delta$ , 480V, 60 Hz, 6-cực, có các thông số qui về stator trên MĐTT của dây quấn 1 pha:  
 $R_1=0.461 \Omega$ ,  $R_2=0.258 \Omega$ ,  $X_1=0.507 \Omega$ ,  $X_2=0.309 \Omega$ ,  $X_m=30.74 \Omega$   
 Tổn hao quay 2450W. Động cơ mang tải cơ với tốc độ 1170 rpm. Tính:  
 1. Tốc độ đồng bộ (rpm). Độ trượt.  
 2. Dòng điện, công suất điện nhận từ nguồn, công suất điện từ, moment điện từ.  
 3. Côngsuất ra trên đầu trục, hiệu suất



BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

15  
2

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

### 9 Bài tập (tt)

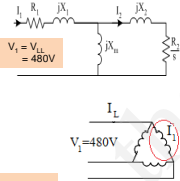
1. Tốc độ đồng bộ:  $n_{\text{đồng bộ}} = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 60}{3} = 1200 \text{ vòng/phút}$

$$\text{Độ trượt: } s = (1200 - 1170) / 1200 = 0.025$$

2. Dòng điện:

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_{\text{in}}} \quad \text{Với} \quad Z_{\text{in}} = R_1 + jX_1 + \frac{jX_m \left( \frac{R_2}{s} + jX_2 \right)}{s + j(X_2 + X_m)}$$

$$Z_{\text{in}} = 9,57 + j3,84 \Omega$$



$$\text{Nối } \Delta \rightarrow V_1 = V_{LL} = 480V \rightarrow I_1 = 43,1 \cdot j17,4 \text{ A.}$$

$$\rightarrow |I_1| = 46,6 \text{ A, } \theta = -21,9^\circ$$

$$\rightarrow \text{Dòng điện nhận từ nguồn: } I_L = \sqrt{3} \times 46,6 = 80,6 \text{ A}$$

- Công suất điện nhận từ nguồn:  $P_m = \sqrt{3} V_{LL} I_L \cos \theta = 3 V_1 I_1 \cos \theta = 62,2 \text{ KW}$

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

15  
3

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

### 9 Bài tập (tt)

- Công suất điện nhận từ nguồn:  $P_m = \sqrt{3} V_{LL} I_L \cos \theta = 3 V_1 I_1 \cos \theta = 62,2 \text{ KW}$   
 - Công suất điện từ:  $P_s = P_m - 3 I_1^2 R_1 = 62,2 - (3)(46,6)^2 (0,461) = 59,2 \text{ KW}$

$$\text{Hoặc: } P_s = 3 I_2^2 \frac{R_2}{s} \quad \text{Với: } I_2 = \frac{jX_m}{s + j(X_2 + X_m)} I_1$$

$$I_2 = \frac{jX_m}{s + j(X_2 + X_m)} I_1 \rightarrow I_2 = 43,7 \text{ A.} \rightarrow P_s = 59,2 \text{ kW}$$

→ Moment điện từ:

$$T^e = \frac{P}{\Omega_s} = 471 \text{ Nm} \quad (T^e = T_m: \text{Moment cơ})$$

3. - Côngsuất ra trên đầu trục:

$$P_{\text{out}} = P_m - P_{\text{Tổn hao Quay}} = (1 - s) P_m - P_{\text{Tổn hao Quay}} = 55,3 \text{ KW} = 74,1 \text{ HP}$$

- Hiệu suất:  $\eta = 55,3 / 62,2 = 88,9\%$

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

15  
4

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

### 10 Bài tập

Một ĐCKĐB: 4 cực, 50Hz, 20Hp. Khi hoạt động ở điện áp và tần số định mức thì moment khởi động và moment cực đại bằng 150% và 200% moment khi đầy tải (định mức).

- Xác định tốc độ khi moment cực đại và tốc độ động cơ khi đầy tải (tải định mức)

Bỏ qua điện trở dây quấn stator và tổn hao quay (tổn hao thép và tổn hao cơ), xem điện trở rotor là hằng số

Chương 8: Máy điện không đồng bộ

### 10 Bài tập

Một ĐCKĐB: 4 cực, 50Hz, 20Hp. Khi hoạt động ở điện áp và tần số định mức thì moment khởi động và moment cực đại bằng 150% và 200% moment khi đầy tải (moment định mức). Xác định tốc độ khi moment cực đại và tốc độ động cơ khi đầy tải (tải định mức). Bỏ qua điện trở dây quấn stator và tổn hao quay (tổn hao thép và tổn hao cơ), xem điện trở rotor là hằng số.

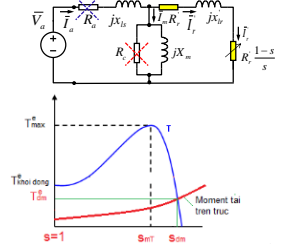
$$T^e = f(s)$$

$$T_{\text{max}}^e = f(s_{mT})$$

$$\frac{T^e}{T_{\text{max}}^e} = f(s, s_{mT}) \quad (*)$$

- Khi khởi động khi  $s = 1$ .

$$\text{Theo (*)} \rightarrow \frac{T_{\text{khởi động}}}{T_{\text{max}}^e} = f(1, s_{mT}) \rightarrow s_{mT}$$



BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

15  
8

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCB edited 2016)

15  
9

