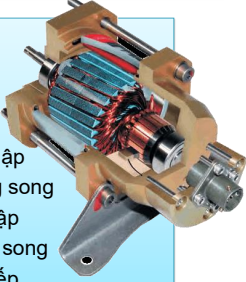


## Chương 8 : MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

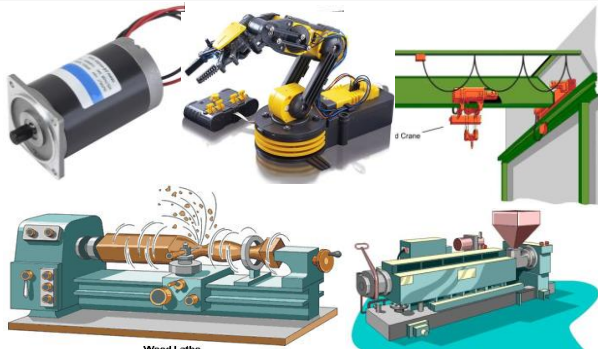
- Giới thiệu - Cấu tạo
- Nguyên lý hoạt động
- Moment điện từ
- Kích từ cho phát điện DC
- Máy phát điện DC kích từ độc lập
- Máy phát điện DC kích từ song song
- Động cơ điện DC kích từ độc lập
- Động cơ điện DC kích từ song song
- Động cơ điện DC kích từ nối tiếp



BMT8D-CSKTD-PVL.org (TCBinh edited 2016)

1

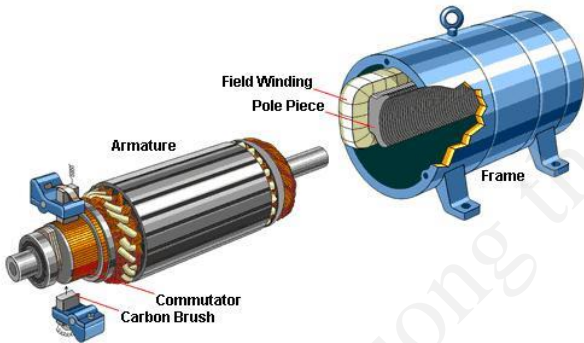
### Giới thiệu - Cấu tạo



BMT8D-CSKTD-PVL.org (TCBinh edited 2016)

4

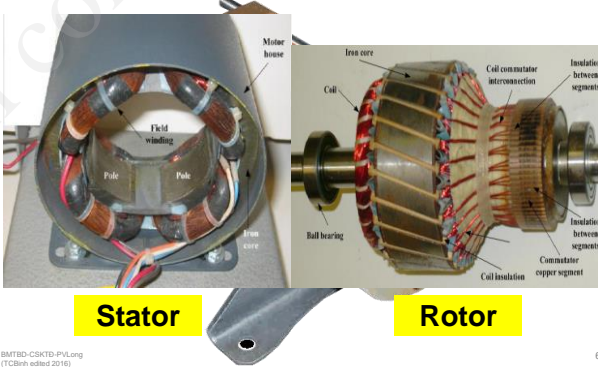
### Giới thiệu - Cấu tạo



BMT8D-CSKTD-PVL.org (TCBinh edited 2016)

5

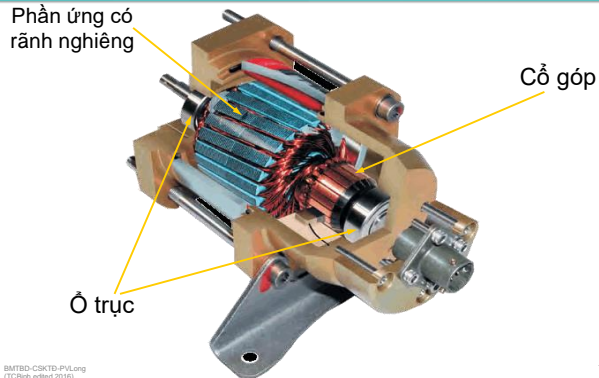
### Giới thiệu - Cấu tạo



BMT8D-CSKTD-PVL.org (TCBinh edited 2016)

6

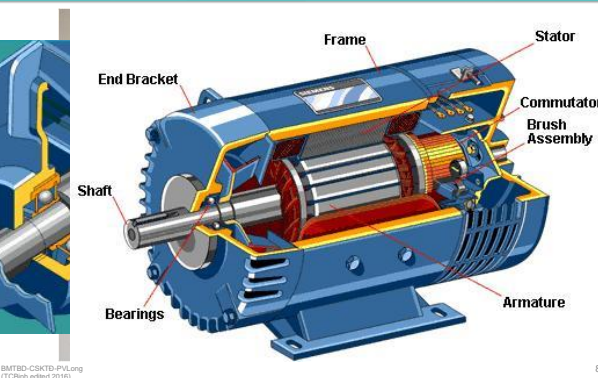
### Giới thiệu - Cấu tạo



BMT8D-CSKTD-PVL.org (TCBinh edited 2016)

7

### Giới thiệu - Cấu tạo



BMT8D-CSKTD-PVL.org (TCBinh edited 2016)

8

## Giới thiệu - Cấu tạo

### ◆ Đặc điểm máy điện một chiều

Sử dụng với nguồn điện một chiều, thiết bị di động

#### Ưu điểm:

- Dễ điều khiển tốc độ.
- Moment khởi động lớn.

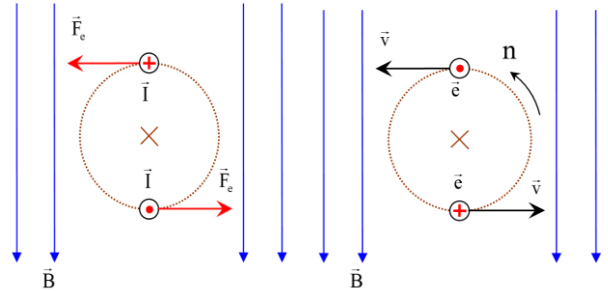
#### Khuyết điểm:

- Giá thành đắt do cấu trúc phức tạp và to lớn  
(so với động cơ không đồng bộ)
- Cần bảo trì thường xuyên
- Không dùng được trong môi trường dễ cháy nổ



❖ Máy điện AC không thể chạy quá tốc độ đồng bộ do bị giới hạn bởi tần số. Nếu tăng tần số thì bị giới hạn vì tổn hao trong sắt từ.

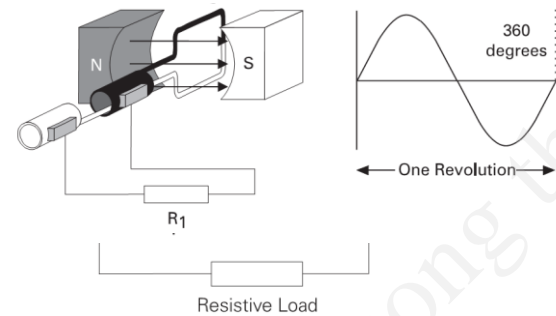
## Nguyên lý hoạt động máy điện một chiều



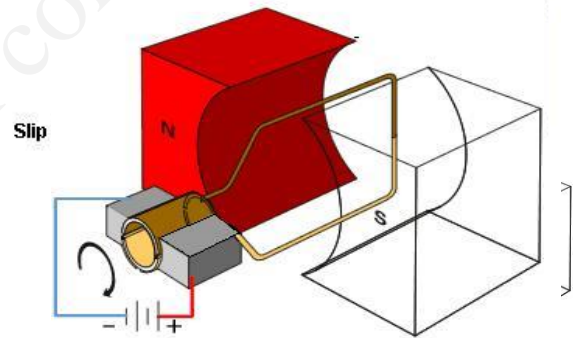
Động cơ

Máy phát .

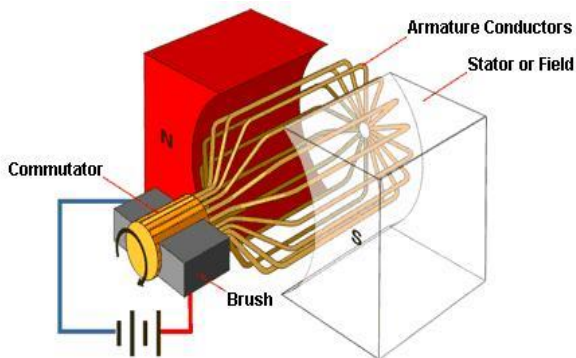
## Nguyên lý hoạt động máy điện một chiều



## Nguyên lý hoạt động máy điện một chiều

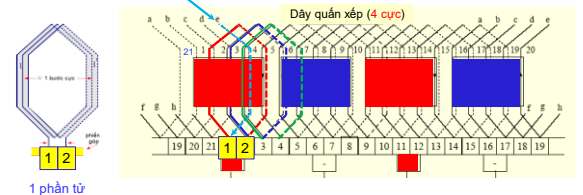


## Nguyên lý hoạt động máy điện một chiều



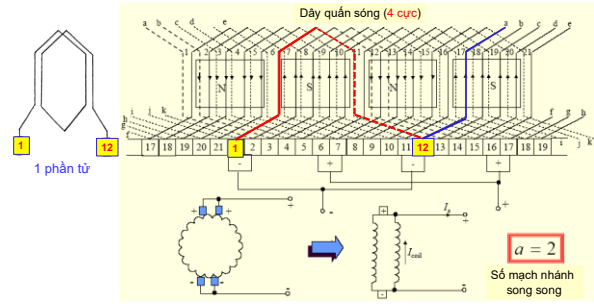
## Dây quấn máy điện một chiều (tt)

- ◆ Dây quấn xếp: Số mạch nhánh song song a = Số cực từ p



## Dây quấn máy điện một chiều (tt)

- ◆ Dây quấn sóng. ◆ Số mạch nhánh song song luôn luôn bằng 2



BMTĐD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

20

## Moment điện từ

- ◆ Khảo sát máy điện DC đơn giản 2 cực, rotor có 1 phần tử → có 2 phiên góp

◆ Dùng đồng năng lượng tính moment điện từ.

Từ thông móc vòng dây quấn phản ứng  $\lambda_a$  (rotor  $\lambda_r$ ) và dây quấn phản cảm  $\lambda_f$  (stator  $\lambda_s$ ):

$$\lambda_a(i_a, i_f, \theta) = L_{af}(\theta)i_f + L_a i_a$$

$$\lambda_f(i_a, i_f, \theta) = L_{af}(\theta)i_a + L_f i_f$$

Do rotor có dạng đối xứng:

Từ cảm  $L_{af}$  không phụ thuộc  $\theta$ .

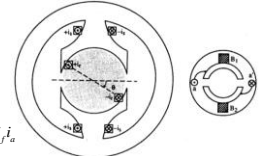
$L_{af}$  phụ thuộc vào  $\theta$  như đồ thị.

Đồng năng lượng:  $W_m = \frac{1}{2} L_a i_a^2 + \frac{1}{2} L_f i_f^2 + L_{af}(\theta) i_f i_a$

Moment điện từ:  $T^e = \frac{\partial W_m}{\partial \theta} = i_f i_a \frac{dL_{af}(\theta)}{d\theta}$

Với máy điện DC được kích thích bởi dòng một chiều vào rotor và stator, nhưng **dây quấn rotor được nối với phiên góp đảo chiều**, nên:

$$i_a = \begin{cases} I_a; & -\pi < \theta \leq 0 \\ -I_a; & 0 < \theta \leq \pi \end{cases}$$



BMTĐD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

23

## Moment điện từ (tt)

Do đó moment điện từ:

$$T^e(\theta) = \begin{cases} I_a I_f \frac{dL_{af}(\theta)}{d\theta} & ; -\pi < \theta \leq 0 \\ -I_a I_f \frac{dL_{af}(\theta)}{d\theta} & ; 0 < \theta \leq \pi \end{cases}$$

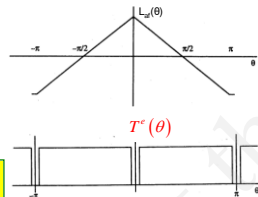
Do  $L_{af}$  phụ thuộc **tuyến tính** với  $\theta$  như đồ thị,

nên:

$$G = \left| \frac{dL_{af}(\theta)}{d\theta} \right| = \text{const}$$

⇒ Moment điện từ

$$T^e(\theta) = G I_a I_f$$



◆ Phương trình cân bằng mô men (dây quấn rotor) ở trạng thái xác lập:

Với máy điện DC được kích thích bởi dòng một chiều vào rotor và stator, nhưng **dây quấn rotor được nối với phiên góp đảo chiều**, nên:

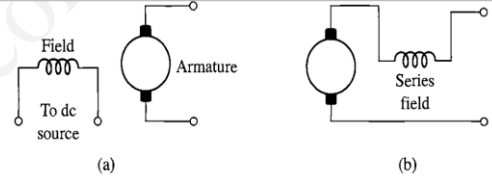
$$i_a = \begin{cases} I_a; & -\pi < \theta \leq 0 \\ -I_a; & 0 < \theta \leq \pi \end{cases}$$

điện áp nguồn phản ứng  
: điện trở dây quấn phản ứng  
=đ/dt vận tốc góc quay rotor

BMTĐD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

24

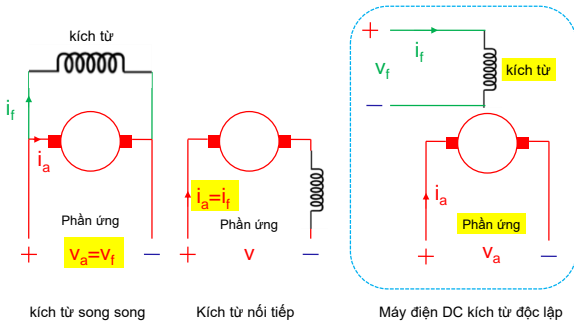
## KÍCH TỪ MÁY ĐIỆN DC



BMTĐD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

32

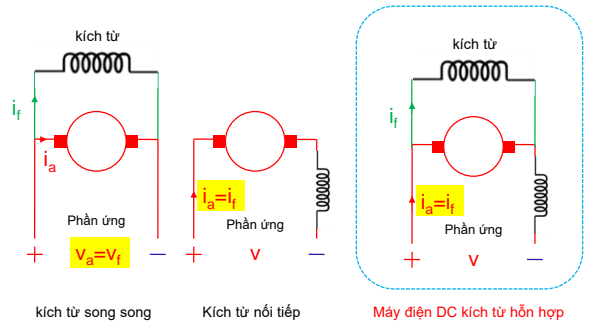
## KÍCH TỪ MÁY ĐIỆN DC



BMTĐD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

33

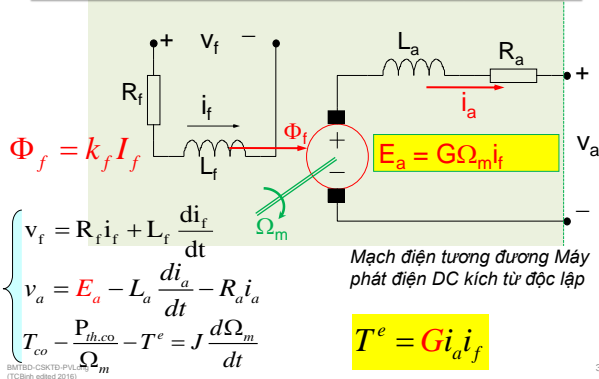
## KÍCH TỪ MÁY ĐIỆN DC



BMTĐD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

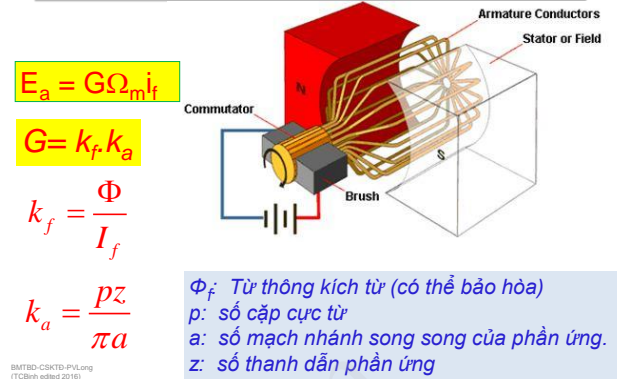
34

MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ độc lập



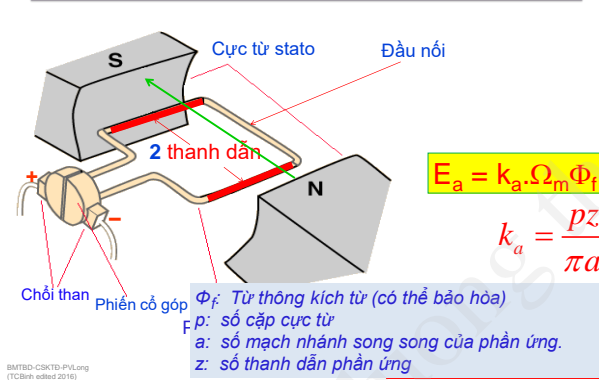
35

MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ độc lập

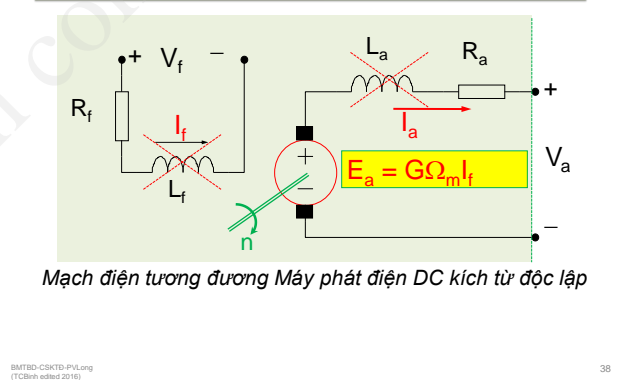


36

Nguyên lý hoạt động máy điện một chiều

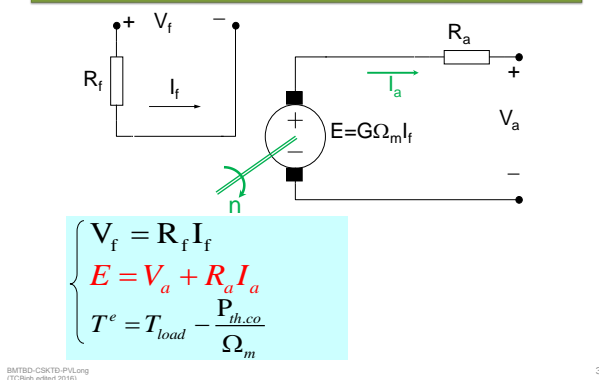


MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ độc lập



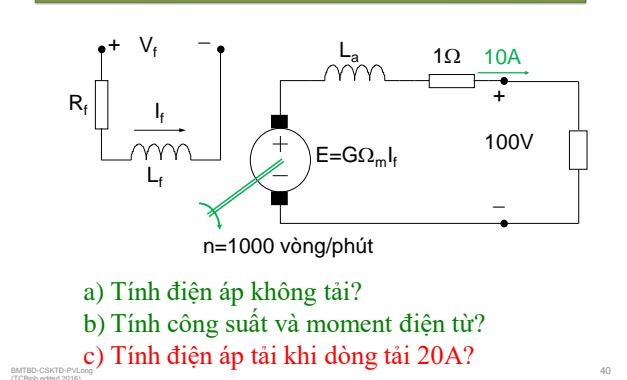
38

MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ độc lập



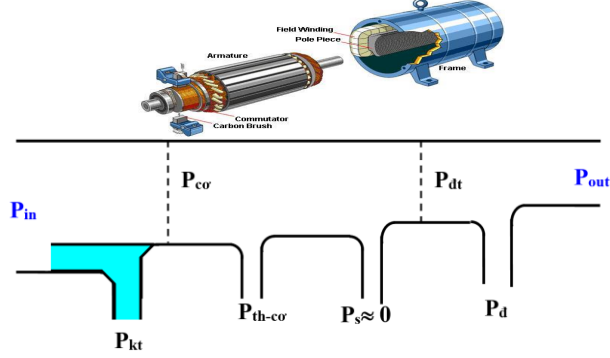
39

MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ độc lập



40

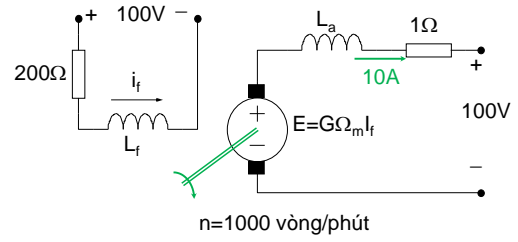
### MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ độc lập



BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

41

### MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ độc lập



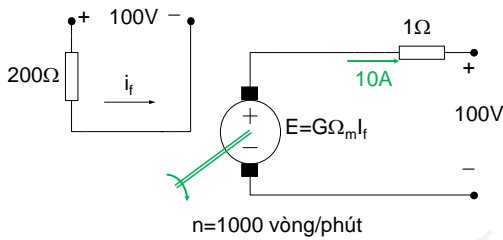
Biết tổn hao cơ 80W.

- Tính hiệu suất của máy phát?
- Tính moment cơ kéo máy phát?

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

42

### MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ độc lập



Biết tổn hao cơ 80W.

- Tính hiệu suất của máy phát?
- Tính moment cơ kéo máy phát?

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

43

### MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ độc lập

Một máy phát DC kích từ độc lập có điện áp không tải 120V, điện trở phản ứng 0,5Ω. Ở định mức, dòng kích từ là 2,1A, tốc độ là 1600 vòng/phút, dòng phản ứng 5A, tổn hao quay 40W:

- Tính công suất điện từ định mức?
- Tính công suất và moment cơ định mức của máy phát?
- Tính hiệu suất ở định mức? Điện trở kích từ là 10 Ω.

Mạch từ tuyến tính, tính sức điện động của máy phát khi:

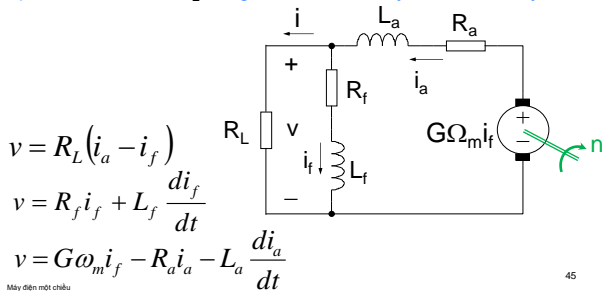
- Dòng kích từ tăng lên 2,8A?
- Dòng kích từ tăng lên 2,5A và tốc độ giảm xuống còn 1450 vòng/phút?

Máy điện một chiều

44

### MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ song song

➢ Một máy kích từ song song có thể vận hành như một máy phát, với một tải  $R_L$  nối giữa các cực máy như dưới đây.



Máy điện một chiều

45

### MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ song song

➢ Khi vận hành xác lập với điện áp ngõ ra không đổi  $v = V$ :

$$I = I_a + I_f$$

$$V = I_f R_f$$

$$V = R_L I$$

$$V = E_a - R_a I_a$$

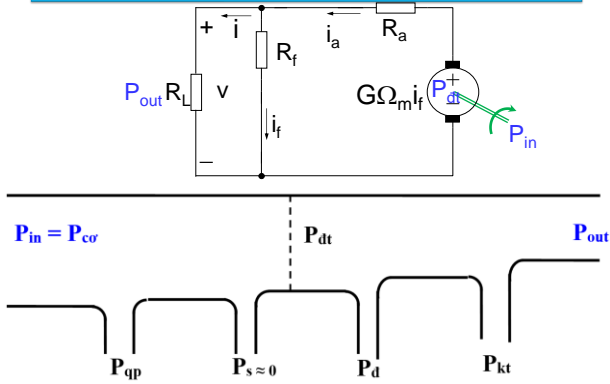
$$P_m = P_e = E_a I_a = T^e \Omega_m$$

$$T^e = G I_a I_f = E_a I_a$$

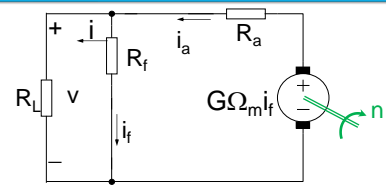
Máy điện một chiều

46

### MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ song song



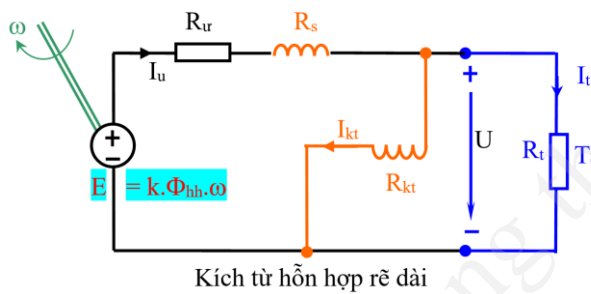
### MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ song song



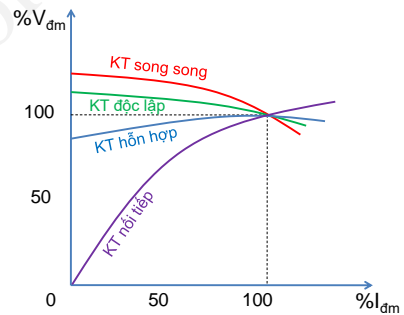
Máy phát DC kích từ song song phát công suất định mức 200kW ở điện áp 600V. Máy có điện trở phản cảm là 250Ω, điện trở phản ứng là 0,234Ω. *Biết tốc độ quay luôn không đổi và bằng 1000 vòng/phút.*

- Tính sức điện động của máy phát ở định mức?
- Tính moment điện từ kéo máy phát?
- Tính hiệu suất của máy phát? Tổn hao cơ 10 kW.

### MÁY PHÁT ĐIỆN DC – Kích từ hỗn hợp



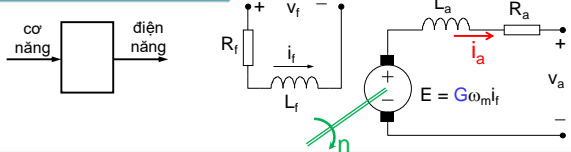
### MÁY PHÁT ĐIỆN DC



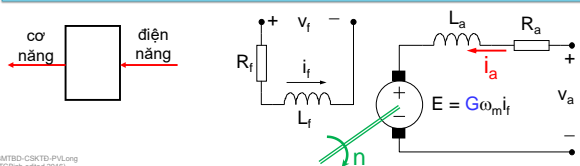
Đặc tính V-A của máy phát DC

### Máy điện DC

#### \* Chế độ máy phát điện

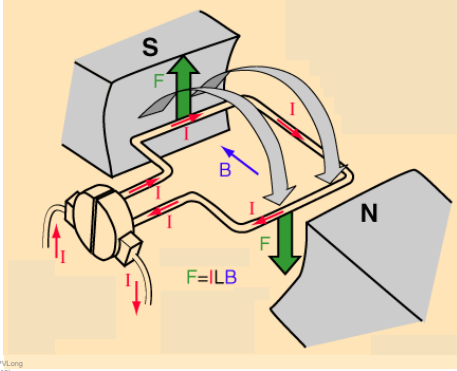


#### \* Chế độ động cơ điện



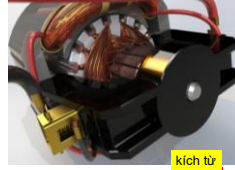
### ĐỘNG CƠ ĐIỆN DC

## Nguyên lý hoạt động Động cơ điện một chiều

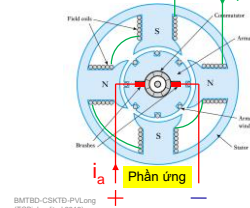


BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

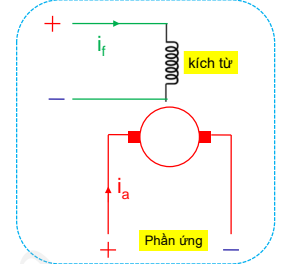
54



## Máy điện DC kích từ độc lập

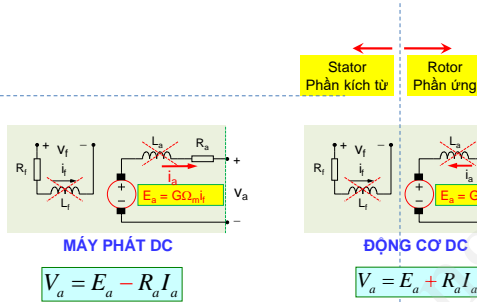


BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)



55

## Máy điện DC kích từ độc lập



BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

56

## Máy điện DC kích từ độc lập

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

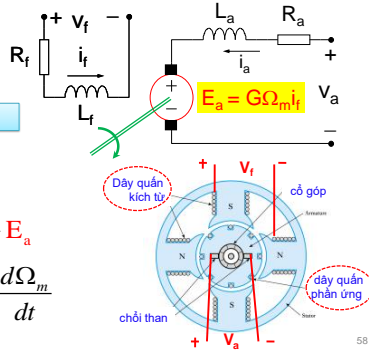
57

## Động cơ DC kích từ độc lập

♦ Sơ đồ đấu dây: Cuộn cảm và cuộn dây phản ứng nối vào hai nguồn điện DC độc lập.

♦ Phương trình trạng thái:

$$\begin{cases} v_f = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt} \\ v_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + E_a \\ T_e - \frac{P_{thco}}{\Omega_m} - T_{load} = J \frac{d\Omega_m}{dt} \end{cases}$$



BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

58

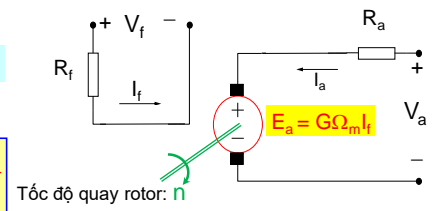
## Động cơ DC kích từ độc lập

$$v_f = V_f = \text{const} \quad v_a = V_a = \text{const} \quad \Omega_m, I_f, I_a : \text{const}$$

♦ Phương trình ở chế độ xác lập:

$$\begin{cases} V_f = R_f I_f \\ V_a = R_a I_a + E_a \end{cases}$$

$$\Omega_m = \frac{V_a - R_a I_a}{G I_f}$$

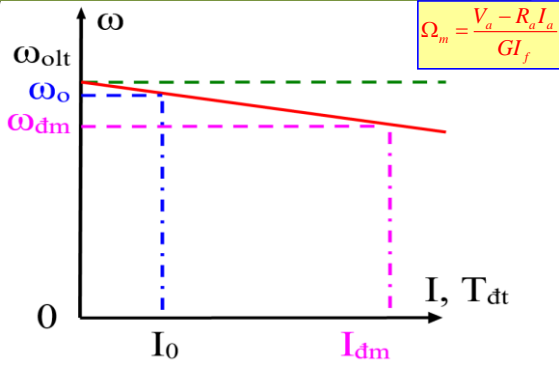


$$\Omega_m = 2\pi \frac{n}{60} \left[ \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \leftrightarrow n = \frac{60\Omega_m}{2\pi} [\text{rpm}] \left[ \frac{\text{vòng}}{\text{phút}} \right]$$

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

59

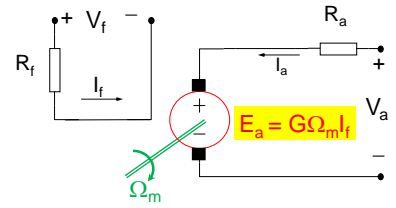
Động cơ DC kích từ độc lập (tt)



Động cơ DC kích từ độc lập (tt)

- Công suất điện từ:  
(= công suất cơ)

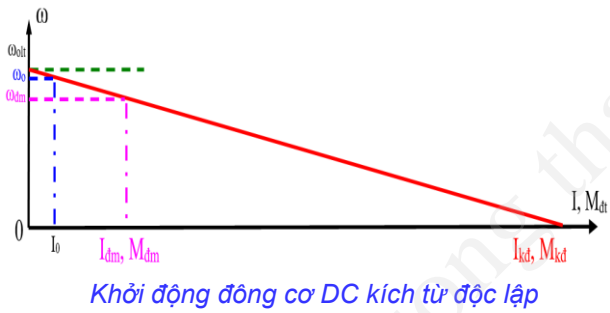
$$P_e = E I_a \approx P_m$$



- Moment điện từ:  
(= Moment cơ)

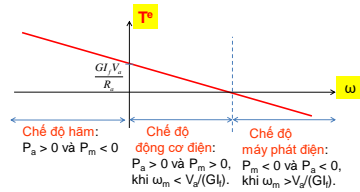
$$T^e = G I_f I_a = \frac{P_e}{\Omega_m}$$

Động cơ DC kích từ độc lập



Động cơ DC kích từ độc lập (tt)

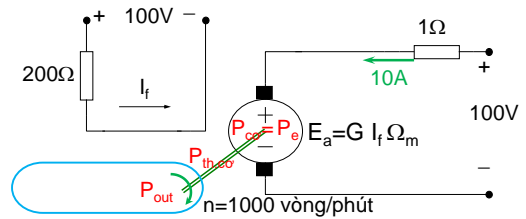
♦ Đặc tính moment - tốc độ



Ở chế độ hãm, máy điện nhận công suất điện từ nguồn điện vào và phản ứng và công suất cơ trên trục động cơ → chuyển thành năng lượng nhiệt Joule tiêu tán trên điện trở phản ứng  $R_a$ .

Động cơ DC kích từ độc lập

Động cơ DC kích từ độc lập



- Tính công suất và moment điện từ?
- Tính moment trên tải? Biết tổn hao cơ 80W.
- Tính hiệu suất của động cơ?
- Tính dòng điện và moment khởi động?
- Tính lại tốc độ động cơ nếu moment điện từ còn 1/2?

### Động cơ DC kích từ độc lập – Ví dụ

Động cơ một chiều kích từ độc lập, điện áp và dòng điện định mức phản ứng  $V_a = 300\text{VDC}$  và  $I_a = 60\text{A}$ , điện trở phản ứng  $R_a = 0,2\Omega$ .  
Dòng điện kích từ (phản cảm)  $I_f = 2\text{A}$  và hằng số  $G = 1,5\text{H}$ .  
Tính **tốc độ vòng/phút, công suất và moment** của động cơ?

$$V_a = R_a I_a + G \Omega_m I_f$$

Tốc độ góc:

$$\Omega_m = \frac{V_a - I_a R_a}{G I_f} = \frac{300 - 60 \times 0,2}{1,5 \times 2} = 96 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Tốc độ:

$$\Omega_m = 2\pi \frac{n}{60} \rightarrow n = \frac{60 \Omega_m}{2\pi} = \frac{60 \times 96}{2\pi} = 916,73 \text{ rpm}$$

Moment cơ:

$$T^e = G I_f I_a = 1,5 \times 2 \times 60 = 180 \text{ Nm}$$

(=Moment điện từ)

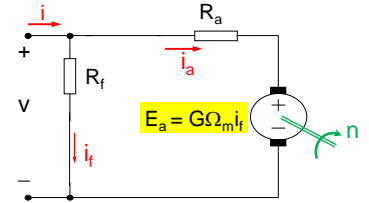
Công suất cơ trên trục động cơ:

$$P_m = T^e \Omega_m = 180 \times 96 = 17280 \text{ W} \text{ hoặc } \left( \frac{17280}{746} \right) = 23,16 \text{ hp}$$

### Động cơ DC kích từ song song

♦ Ở chế độ xác lập:

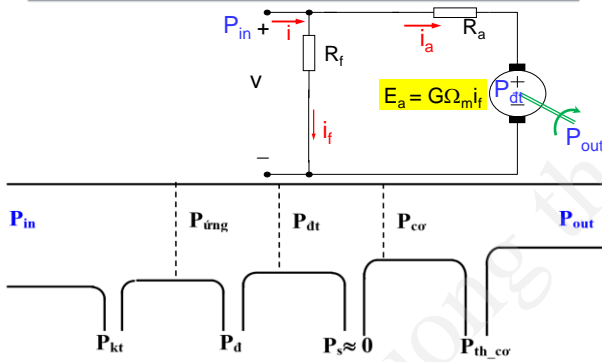
$$\begin{cases} V = R_f I_f \\ V = R_a I_a + E_a \\ I = I_f + I_a \end{cases}$$



- Moment điện từ:

$$T^e = G I_f I_a = G V^2 \frac{R_f - G \Omega_m}{R_f^2 R_a}$$

### Động cơ DC kích từ song song



### Động cơ DC kích từ song song. Ví dụ

Động cơ một chiều kích từ song song, hằng số  $G = 1,5\text{H}$ . Khi điện áp nguồn cung cấp cho động cơ là  $300\text{VDC}$  thì dòng điện là  $30\text{A}$ , điện trở phản kích từ (phản cảm) là  $100\Omega$ , điện trở phản ứng là  $0,2\Omega$ .  
Tính **tốc độ vòng/phút, công suất, moment và hiệu suất** của động cơ?

♦ Ở chế độ xác lập:

$$I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{300}{100} = 3 \text{ A}$$

$$\text{- Dòng điện phản ứng: } I_a = I - I_f = 30 - 3 = 27 \text{ A}$$

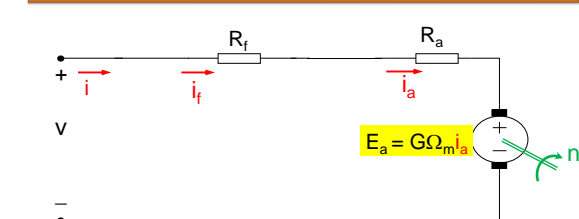
$$\text{- Phương trình cân bằng áp: } V = R_a I_a + E_a = R_a I_a + G \Omega_m I_f$$

$$\rightarrow E_a = G \Omega_m I_f = 300 - (27)(0,2) = 294,6 \text{ V}$$

$$\text{- Vận tốc góc: } \Omega_m = \frac{E_a}{G I_f} = \frac{294,6}{(1,5)(3)} = 65,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 2\pi \frac{n}{60} \rightarrow n = \frac{60 \Omega_m}{2\pi} = 625 \frac{\text{vòng}}{\text{phút}}$$

$$\text{- Công suất cơ (=công suất điện từ) } P_m = E_a I_a = (294,6)(27) = 7954,2 \text{ W}$$

### Động cơ DC kích từ nối tiếp

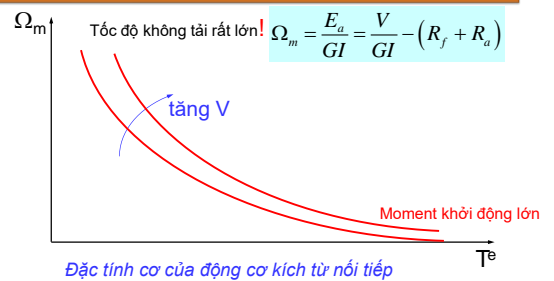


♦ Ở chế độ xác lập:  $V = (R_a + R_f) I + E_a$

- Moment điện từ:

$$T^e = G I_a I_f = G I^2$$

### Động cơ DC kích từ nối tiếp

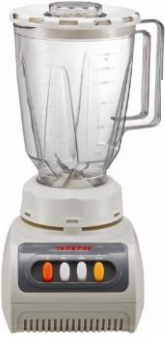


- Moment điện từ:

$$T^e = G I_a I_f = G I^2$$

## Động cơ vạn năng

$$T^e = G I_a I_f = G I^2$$



BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)



## Động cơ vạn năng

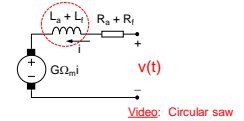
Động cơ vạn năng là trường hợp động cơ DC kích từ nối tiếp nhưng nguồn điện có thể là nguồn một chiều hoặc xoay chiều.

- Sơ đồ đấu dây
- Khảo sát trường hợp nguồn AC:

$$v(t) = \sqrt{2}V \cos \omega t$$

với  $\omega$ : tần số góc của nguồn điện AC

$$i(t) = \sqrt{2}I \cos \omega t + \theta_i$$



Ví dụ: Circular saw

Với nguồn điện xoay chiều, dòng điện phản cảm và phản ứng cùng đối chiều  
→ Chiều quay của động cơ không đổi.

- Dòng điện phản ứng:  $I = \frac{V}{\sqrt{(R_a + R_f + G\Omega_m)^2 + (L_a + L_f)^2 \omega^2}}$  (ở trạng thái xác lập)
- Moment điện từ tức thời:  $T^e = G I^2(t) = 2G I^2 \cos^2(\omega t + \theta_i) = G I^2 [1 + \cos(2\omega t + 2\theta_i)]$

$$\text{Moment điện từ trung bình: } T_{\text{avg}}^e = G I^2 = \frac{G V^2}{(R_a + R_f + G\Omega_m)^2 + (L_a + L_f)^2 \omega^2}$$

Điện áp nguồn AC được chỉnh lưu có điều khiển bằng SCR, triac... để giảm giá trị hiệu dụng dòng điện → dẫn đến giảm moment

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

## Động cơ DC kích từ nối tiếp – Ví dụ

Động cơ một chiều kích từ nối tiếp. Khi nối vào nguồn 220VDC thì dòng điện phản ứng là 25 A, và tốc độ là 300 rpm. Cho điện trở dây quấn phản ứng  $R_a = 0,6\Omega$  và điện trở cuộn cảm (kích từ)  $R_f = 0,4\Omega$ . Tìm công suất cơ và moment cơ trên trục động cơ.

- Công suất cơ (= công suất điện từ) trên trục động cơ:

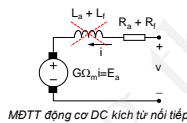
$$P_m = E I = (G\Omega_m I) I = (V - (R_a + R_f) I) I$$

$$= (220 - (0,6 + 0,4) \times 25) 25 = 4875 \text{ W}$$

$$P_m = \frac{4875}{746} = 6,54 \text{ Hp}$$

- Moment cơ: (= Moment điện từ)  $T^e = \frac{P_m}{\Omega_m} = \frac{4875}{10\pi} = 155,18 \text{ N.m}$

$$\text{Với vận tốc góc: } \Omega_m = 2\pi \frac{n}{60} = 2\pi \frac{300}{60} = 10\pi \text{ rad/s}$$



MôTT động cơ DC kích từ nối tiếp

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

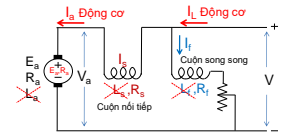
## Động cơ DC kích từ hỗn hợp

Ở chế độ xác lập:

$$V_a = E_a + I_a R_a$$

$$V = E_a + I_a (R_a + R_s)$$

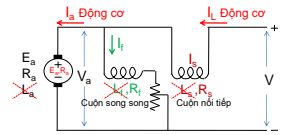
$$I_L = I_a + I_f$$



Máy điện DC kích từ hỗn hợp rẽ dài

$$\text{Với: } E_a = G\Omega_m I_f$$

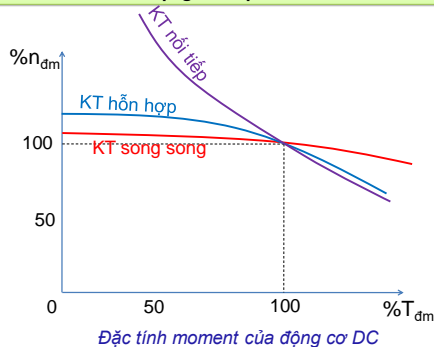
$$G I_f = K_a \Phi_f$$



Máy điện DC kích từ hỗn hợp rẽ ngắn

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

## Động cơ điện DC



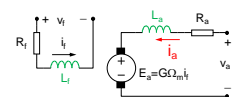
Đặc tính moment của động cơ DC

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

## 1 Bài tập

Động cơ DC kích từ độc lập với dòng điện kích từ là hằng số. Có điện trở phản ứng  $R_a = 0,1\Omega$ . Điện áp nguồn cung cấp  $V = 120V$ . Khi chạy ở tốc độ 1045 vòng/phút thì dòng điện phản ứng là 50A.

Khi tải thay đổi, ứng với dòng điện phản ứng là 95A. Xác định tốc độ tương ứng với tải đó?



MôTT Động cơ DC kích từ độc lập

BMTBD-CSKTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

## Bài tập

$V_{a1} = 120V$ ,  $I_{a1} = 50A$ ,  $N_{m1} = 1045 \text{ rpm}$   
 Tải thay đổi  $V_{a2} = 120V$ ,  $I_{a2} = 95A$ ,  $N_{m2} = ?$

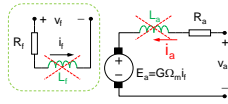
- Phương trình cân bằng áp trên dây quấn phản ứng ở chế độ xác lập:

$$\begin{aligned} V_{a1} &= I_{a1}R_a + E_{a1} \rightarrow E_{a1} = 120 - 50(0,1) = 115V \\ V_{a2} &= I_{a2}R_a + E_{a2} \rightarrow E_{a2} = 120 - 95(0,1) = 110,5V \end{aligned}$$

- Sức điện động phản ứng:

$$\begin{aligned} E_{a1} &= G\Omega_{m1}I_f \rightarrow \frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{\Omega_{m1}}{\Omega_{m2}} = \frac{n_1}{n_2} \\ E_{a2} &= G\Omega_{m2}I_f \end{aligned}$$

$$\rightarrow \text{Tốc độ: } n_2 = \frac{E_{a2}}{E_{a1}} n_1 = \frac{110,5}{115} 1045 = 1004 \text{ rpm}$$



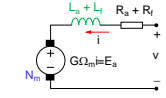
MĐTT Động cơ DC kích từ độc lập

## 2 Bài tập

Động cơ DC kích từ nối tiếp có: 2 cực,  $R_a = 0,1\Omega$ ,  $R_f = 0,15\Omega$ , **tổn hao thép và tổn hao cơ là 650W** (bỏ qua phản ứng phần ứng, điện áp rơi trên tiếp xúc chổi than và cổ góp).  
 Khi điện áp nguồn cung cấp là 230V thì dòng điện là 48A và tốc độ là 720 vòng /phút.

Xác định:

- 1- Moment và công suất điện từ của động cơ?
- 2- Moment và công suất hữu ích trên **đầu trục** động cơ?
- 3- Hiệu suất động cơ?



MĐTT động cơ DC kích từ nối tiếp

## Bài tập

1- Moment cơ (=moment điện từ):  $T^e = GI^2$   $\begin{cases} I = 48A \\ G = ? \end{cases}$

$$V = (R_a + R_f)I + E_a = (R_a + R_f)I + G\Omega_{m1}I$$

$$\rightarrow G = \frac{V - (R_a + R_f)I}{\Omega_{m1}I} = \frac{230 - (0,1 + 0,15)48}{(24\pi/60)48} = 0,0602$$

$$\rightarrow T^e = GI^2 = 0,0602 \cdot 48^2 = 138,7 Nm$$

Công suất cơ trên trục (=công suất điện từ):

$$P_m = T^e \Omega_m = 138,7 \cdot 24\pi = 10458 W$$

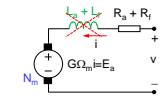
2- Công suất hữu ích trên **đầu trục** động cơ:

$$P_{\text{cơ}} = P_m - P_{\text{tổn hao}} = 10458 - 650 = 9808 W$$

3- Hiệu suất:  $\eta = \frac{P_{\text{cơ}}}{P_m} = \frac{9808}{11040} = 0,89$

Với công suất điện tiêu thụ bởi động cơ:

$$P_m = VI = 230 \cdot 48 = 11040 W$$



MĐTT động cơ DC kích từ nối tiếp

$$\begin{aligned} i &= i_a = i_f \\ v &= v_a + v_f \end{aligned}$$

Với tốc độ  $N_{m1} = 720$  vòng /phút

$$\begin{aligned} \rightarrow \Omega_m &= 2\pi \frac{n}{60} \\ &= 2\pi \frac{720}{60} = 24\pi \text{ rad/giay} \end{aligned}$$

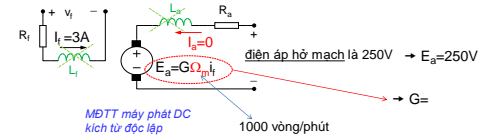
## 3 Bài tập

Máy điện DC có: 2 cực,  $R_a = 2\Omega$ ,  $R_f = 10\Omega$ .

Khi hoạt động ở chế độ **máy phát DC kích từ độc lập** với dòng điện kích từ 3A và tốc độ 1000 vòng/phút thì **điện áp hở mạch** là 250V.

1- Nếu máy điện được nối như một **động cơ DC kích từ nối tiếp** và nối vào nguồn cung cấp 350VDC. Xác định moment của động cơ ở chế độ xác lập khi tốc độ là 2000 vòng /phút.

2- Nếu tải của động cơ là 10 N.m . Xác định điện áp nguồn cung cấp cho động cơ để tốc độ là 800 vòng/phút.



MĐTT máy phát DC kích từ độc lập

## Bài tập

- Tốc độ:  $\Omega_m = 2\pi \frac{n}{60} = 2\pi \frac{1000}{60} = \frac{100\pi}{3} \text{ rad/giay}$

$$\rightarrow \text{Hằng số máy điện: } G = \frac{E}{\Omega_m I_f} = \frac{250}{(100\pi/3)3} = \frac{2,5}{\pi}$$

1- Moment động cơ DC kích từ nối tiếp:  $T^e = GI^2$

với  $V = 350V$  và  $N_m = 2000$  vòng/phút hay  $\Omega_m = \frac{200\pi}{3} \text{ rad/giay}$

$$V = (R_a + R_f)I + E_a = (R_a + R_f)I + G\Omega_{m1}I$$

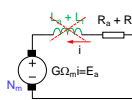
$$I = \frac{V}{R_a + R_f + G\Omega_m} = \frac{350}{10 + 2 + (2,5/\pi)(200\pi/3)} = 1,96A$$

$$\rightarrow T^e = GI^2 = (2,5/\pi)(1,96)^2 = 3,057 Nm$$

2- Điện áp cần thiết để tốc độ động cơ là 800 vòng/phút hay  $\Omega_m = \frac{80\pi}{3} \text{ rad/giay}$  với tải  $T = 10 Nm$

$$T^e = GI^2 \rightarrow I^2 = \frac{10}{(2,5/\pi)} = 4\pi \rightarrow I = 2\sqrt{\pi} = 3,545 A$$

$$V = (R_a + R_f)I + G\Omega_m I = \left(10 + 2 + \frac{2,5}{\pi} \frac{80\pi}{3}\right) 3,545 = 278,87 V$$



MĐTT động cơ DC kích từ nối tiếp

## 4 Bài tập

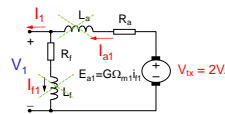
Một **máy phát DC** kích từ song song có:  $P_{dm} = 27KW$ ,  $V_{dm} = 115V$ ,  $N_{dm} = 1150$  vòng/phút, dòng điện kích từ  $I_f = 5A$ . Điện trở mạch phản ứng

$R_a = 0,02\Omega$ , điện áp tiếp xúc trên 2 chổi than  $V_{tx} = 2V$ .

• Nếu dùng máy như 1 **động cơ DC** kích từ song song với:  $P_{dm} = 25KW$  (Công suất cơ trên đầu trục),  $V_{dm} = 110V$ ,  $\eta_{dm} = 0,86$ .

Tính: 1. Tốc độ định mức (khi tải  $P_{dm}$ )

2. Tốc độ khi không tải (xem tổn hao cơ do ma sát... bằng không)



1. MĐTT máy phát DC kích từ song song

### Bài tập

- Khi làm việc ở chế độ máy phát. (Chế độ xác lập)

$$E_{a1} = V_1 + R_a I_{a1} + V_{ik} \text{ với: } E_{a1} = G \Omega_{m1} I_{f1} \quad (1)$$

Với:  $V_1 = 115V$ ,  $P = 27kW$ ,  $R_a = 0,02\Omega$ ,  $V_{ik} = 2V$ ,  $I_{a1} = ?$ .

$$I_{a1} = I_1 + I_{f1} = \frac{P_{dm}}{V_{dm}} + 5 = \frac{27000}{115} + 5 = 239,78A$$

$$E_{a1} = ? \rightarrow E_{a1} = 115 + (0,02)(239,78) + 2 = 121,7956 = 121,8V$$

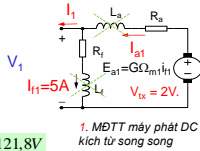
- Khi làm việc ở chế độ động cơ. (Chế độ xác lập)

$$E_{a2} = V_2 - R_a I_{a2} - V_{ik} \text{ với: } E_{a2} = G \Omega_{m2} I_{f2} \quad (2)$$

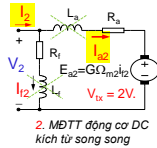
Với:  $V_2 = 110V$ ,  $P = 25kW$ ,  $\eta_{dm} = 0,86$ ,  $R_a = 0,02\Omega$ ,  $V_{ik} = 2V$ ,  $I_{a2} = ?$ .

$$I_{a2} = I_2 - I_{f2} = \frac{P_{dm2}}{\eta_{dm2} V_{dm2}} - \frac{V_{dm1}}{V_{dm2}} \cdot 5 = \frac{25000}{(0,86)110} - \frac{110}{115} \cdot 5 = 264,27 - 4,78 = 259,49A$$

$$E_{a2} = ? \rightarrow E_{a2} = 110 - (0,02)(259,49) - 2 = 102,8V$$



1. MDTT máy phát DC kích từ song song



2. MDTT động cơ DC kích từ song song

94

### Bài tập

$$E_{a1} = G \Omega_{m1} I_{f1} \quad (1)$$

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{\Omega_{m1} I_{f1}}{\Omega_{m2} I_{f2}} = \frac{n_1 I_{f1}}{n_2 I_{f2}} \Rightarrow n_2 = n_1 \frac{I_{f1} E_{a2}}{I_{f2} E_{a1}}$$

$$E_{a2} = G \Omega_{m2} I_{f2} \quad (2)$$

→ Tốc độ định mức  $N_2$  của động cơ DC (khi tải  $P_{dm} = 15kW$ )

$$\Rightarrow n_2 = 1150 \frac{5 \cdot 102,8}{4,78 \cdot 121,8} = 1015 \text{ vòng/phút}$$

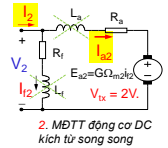
$$\rightarrow E_{a1} = 115 + (0,02)(239,78) + 2 = 121,7956 = 121,8V$$

2• Tốc độ khi động cơ không tải  $N_{20}$ .

- Khi động cơ không tải → dòng điện phản ứng  $I_a = 0$   
→  $V_{dm2} = E_{a20}$ .

$$\frac{E_{a20}}{E_{a2}} = \frac{V_{dm2}}{E_{a2}} = \frac{\Omega_{m20} I_{f2}}{\Omega_{m2} I_{f2}} = \frac{n_{20}}{n_2}$$

$$\Rightarrow n_{20} = \frac{V}{E_{a2}} \rightarrow E_{a2} = 110 - (0,02)(259,49) - 2 = 102,8V$$



2. MDTT động cơ DC kích từ song song

95

### 5 Bài tập

Một động cơ DC kích từ độc lập (bởi nam châm vĩnh cửu) có tốc độ là 3000vòng/phút khi dòng điện phản ứng là 5 A. Điện áp đặt vào đầu cực phản ứng là 24 V. Điện trở mạch phản ứng là  $R_a = 0,24 \Omega$

1. Tính giá trị dòng điện mở máy lý thuyết khi đóng điện trực tiếp vào động cơ, ứng với tải nói trên
2. Xác định giá trị của điện trở ngoài cần thêm vào mạch phản ứng để giới hạn dòng điện mở máy là 12 A
3. Nếu mômen tải được tăng gấp đôi so với tải nói trên, hãy xác định tốc độ của động cơ ở tải mới này
4. Giả sử một bộ biến đổi công suất được dùng để thay đổi điện áp đặt vào phản ứng của động cơ theo ý muốn, hãy tính điện áp ngõ ra của bộ biến đổi để động cơ có tốc độ là 1500 vòng/phút ở cùng điều kiện tải với câu 3

BMTĐ-C&KTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

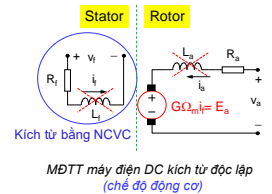
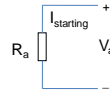
96

### Bài tập

1. Dòng điện mở máy lý thuyết

Khi mở máy  $\omega_m = 0 \rightarrow E_a = 0$

$$I_{starting} = \frac{24}{0,24} = 100A$$

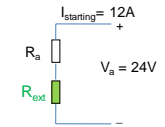


2. Tổng điện trở mạch phản ứng để giới hạn dòng điện mở máy ở 12 A

$$R_{starting} = \frac{24}{12} = 2\Omega$$

→ Như vậy, điện trở ngoài thêm vào là:

$$R_{ext} = 2 - 0,24 = 1,76\Omega$$



BMTĐ-C&KTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

97

### Bài tập

Một động cơ DC kích từ độc lập (bởi nam châm vĩnh cửu) có tốc độ là 3000 vòng/phút khi dòng điện phản ứng là 5 A. Điện áp đặt vào đầu cực phản ứng là 24 V. Điện trở mạch phản ứng là  $R_a = 0,24 \Omega$ .

1. Tính giá trị dòng điện mở máy lý thuyết khi đóng điện trực tiếp vào động cơ, ứng với tải nói trên
2. Xác định giá trị của điện trở ngoài cần thêm vào mạch phản ứng để giới hạn dòng điện mở máy là 12 A
3. Nếu mômen tải được tăng gấp đôi so với tải nói trên, hãy xác định tốc độ của động cơ ở tải mới này
4. Giả sử một bộ biến đổi công suất được dùng để thay đổi điện áp đặt vào phản ứng của động cơ theo ý muốn, hãy tính điện áp ngõ ra của bộ biến đổi để động cơ có tốc độ là 1500 vòng/phút ở cùng điều kiện tải với câu 3

BMTĐ-C&KTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

98

### Bài tập

3. Moment  $T' = G I_f I_a$

Vì kích từ không thay đổi, dòng điện phản ứng sẽ tỷ lệ thuận với mômen.

Do đó, khi mômen tải tăng gấp đôi thì dòng điện phản ứng cũng sẽ tăng gấp đôi, nghĩa là:  $I_{a2} = 5 \times 2 = 10A$

Sức điện động mới ứng với dòng điện phản ứng này:  $E_{a2} = V_a - R_a I_{a2} = 24 - 0,24 \times 10 = 21,6V$

Sức điện động ứng với dòng điện phản ứng trước khi tăng mômen:  $E_{a1} = 24 - 0,24 \times 5 = 22,8V$

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{G \Omega_{m1} I_{f1}}{G \Omega_{m2} I_{f2}} \rightarrow \frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{\Omega_{m1}}{\Omega_{m2}} = \frac{n_1}{n_2}$$

Tốc độ mới của động cơ là:  $n_2 = n_1 \times \frac{E_{a1}}{E_{a2}} = 3000 \times \frac{22,8}{21,6} = 2842 \text{ vòng/phút}$

4. Sức điện động sẽ tỷ lệ thuận với tốc độ, vì kích từ không thay đổi.  $\frac{E_{a3}}{E_{a2}} = \frac{n_3}{n_2}$

Do đó, sức điện động ứng với tốc độ  $N_3 = 1500 \text{ vòng/phút}$  sẽ là

$$E_{a3} = \frac{n_3}{n_2} \times E_{a2} = \frac{1500}{2842} \times 21,6 = 11,4V$$

Điện áp đặt vào phản ứng (cũng chính là điện áp ngõ ra của bộ biến đổi):

$$V_3 = E_{a3} + R_a I_{a2} \rightarrow V_3 = 11,4 + 0,24 \times 10 = 13,8V$$

BMTĐ-C&KTD-PVLong  
(TCBinh edited 2016)

99

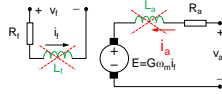
## 6 Bài Tập

Máy điện một chiều 25 kW, 125 V kích từ độc lập. Điện trở phần ứng  $R_a = 0,02 \Omega$ . Máy đang làm việc ở tốc độ 3000 vòng/phút với dòng kích từ sao cho điện áp phần ứng khi hở mạch là 125 V.

a/ Tính dòng phần ứng, công suất điện tiêu thụ (trên phần ứng), công suất điện từ và moment điện từ khi điện áp cung cấp ở đầu cực máy điện là 128 V?

Tốc độ của máy điện bây giờ là 2950 vòng/phút, với dòng kích từ có giá trị không đổi như giá trị trong câu trên.

b/ Điện áp cung cấp ở đầu cực máy điện bây giờ là 125 V, tính dòng điện phần ứng, công suất điện tiêu thụ và moment điện từ, khi ấy máy làm việc ở chế độ máy phát hay động cơ?



Máy điện DC  
kích từ độc lập

## Bài Tập

1. Phương trình cân bằng áp phần ứng (dây quấn rotor) ở trạng thái xác lập:

$$V_a = R_a I_a + E_a = R_a I_a + G \Omega_m I_f$$

Dòng điện phần ứng:

$$I_a = \frac{V_a - E_a}{R_a} = \frac{128 - 125}{0,02} = 150 \text{ A}$$

- Công suất điện cung cấp cho phần ứng:

$$V_a I_a = 128 \cdot 150 = 19200 \text{ W} = 19,2 \text{ kW}$$

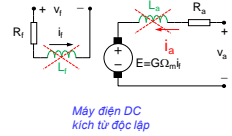
- Công suất điện từ:

$$P_{\text{điện từ}} = E_a I_a = 125 \cdot 150 = 18750 \text{ W} = 18,75 \text{ kW}$$

- Moment điện từ:

$$T = \frac{P_{\text{điện từ}}}{\Omega_m} = \frac{E_a I_a}{\frac{2\pi n}{60}} = \frac{18750}{\frac{2\pi \cdot 3000}{60}} = 59,7 \text{ Nm}$$

Nhận xét: Máy điện hoạt động ở chế độ động cơ. Công suất điện từ 12,783kW nhỏ hơn công suất điện nhận vào 13kW do có tổn hao trên điện trở dây quấn phần ứng.



Máy điện DC  
kích từ độc lập

## Bài Tập

2. Sức điện động tỉ lệ với tốc độ  $E_a = G \Omega_m I_f$

Sức điện động khi  $n = 2950$  vòng/phút:  $E_a = 125 \frac{2950}{3000} = 122,92 \text{ V}$

Phương trình cân bằng áp phần ứng (dây quấn rotor) ở trạng thái xác lập:

$$V_a = R_a I_a + E_a = R_a I_a + G \Omega_m I_f$$

Dòng điện phần ứng:  $V_a = 125 \text{ V}$

$$I_a = \frac{V_a - E_a}{R_a} = \frac{125 - 122,92}{0,02} = 104 \text{ A}$$

- Công suất điện cung cấp cho phần ứng:

$$V_a I_a = 125 \cdot 104 = 13000 \text{ W} = 13 \text{ kW}$$

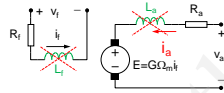
- Công suất điện từ (=Công suất cơ trên trục):

$$P_{\text{điện từ}} = E_a I_a = (122,92) (104) = 12783 \text{ W} = 12,783 \text{ kW}$$

- Moment điện từ:

$$T = \frac{P_{\text{điện từ}}}{\Omega_m} = \frac{E_a I_a}{\frac{2\pi n}{60}} = \frac{12783}{\frac{2\pi \cdot 2950}{60}} = 41,38 \text{ Nm}$$

Tốc độ của máy điện bây giờ là 2950 vòng/phút, với dòng kích từ có giá trị không đổi như giá trị trong câu trên.  
b/ Điện áp cung cấp ở đầu cực máy điện bây giờ là 125 V, tính dòng điện phần ứng, công suất điện tiêu thụ và moment điện từ, khi ấy máy làm việc ở chế độ máy phát hay động cơ?



Máy điện DC  
kích từ độc lập

## Bài Tập

2. Sức điện động tỉ lệ với tốc độ  $E_a = G \Omega_m I_f$

Sức điện động khi  $n = 2950$  vòng/phút:  $E_a = 125 \frac{2950}{3000} = 122,92 \text{ V}$

Phương trình cân bằng áp phần ứng (dây quấn rotor) ở trạng thái xác lập:

$$V_a = R_a I_a + E_a = R_a I_a + G \Omega_m I_f$$

Dòng điện phần ứng:  $V_a = 125 \text{ V}$

$$I_a = \frac{V_a - E_a}{R_a} = \frac{125 - 122,92}{0,02} = 104 \text{ A}$$

- Công suất điện cung cấp cho phần ứng:

$$V_a I_a = 125 \cdot 104 = 13000 \text{ W} = 13 \text{ kW}$$

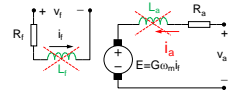
- Công suất điện từ (=Công suất cơ trên trục):

$$P_{\text{điện từ}} = E_a I_a = (122,92) (104) = 12783 \text{ W} = 12,783 \text{ kW}$$

- Moment điện từ:

$$T = \frac{P_{\text{điện từ}}}{\Omega_m} = \frac{E_a I_a}{\frac{2\pi n}{60}} = \frac{12783}{\frac{2\pi \cdot 2950}{60}} = 41,38 \text{ Nm}$$

Công suất điện từ 12,783kW nhỏ hơn công suất điện nhận vào 13kW  
→ Máy điện hoạt động ở chế độ động cơ



Máy điện DC  
kích từ độc lập

## 7. Bài Tập

Một động cơ DC kích từ độc lập 18 kW, 110 V, 4400 vòng/phút, có dòng điện kích từ được điều chỉnh để tạo ra từ thông ứng với điều kiện định mức. Động cơ có điện trở phần ứng  $R_a = 17 \text{ m}\Omega$ . Khi không tải, phần ứng của động cơ tiêu thụ dòng điện 7,45 A. Giả sử tổng tổn hao quay và tổn hao lõi thép là không đổi trong điều kiện hoạt động từ không tải đến định mức. Động cơ đang làm việc ở điện áp định mức.

a) Xác định dòng điện phần ứng định mức.

b) Xác định tốc độ không tải của động cơ.

c) Xác định giá trị điện trở thêm vào mạch phần ứng, để hạn chế dòng điện mở máy có giá trị tối đa bằng 2 lần dòng điện định mức.

## Bài Tập

a) Tổn hao quay và lõi thép được tính từ điều kiện làm việc không tải:

$$V_{a0} = 110 (7,45) = 819,5 \text{ W}$$

Suy ra, công suất điện từ định mức  $18000 + 819,5 = 18819,5 \text{ W}$

(tính từ công suất định mức và tổn hao quay và lõi thép)

Ta có:  $P_{\text{điện từ}} = E_a I_a$  Với:  $E_a = V_a - R_a I_a$ ,  $V_a = 110 \text{ V}$ ,  $R_a = 17 \text{ m}\Omega$

Từ đó, thành lập được phương trình bậc hai theo  $I_a$ , giải ra được hai nghiệm:

$$I_a = 6295 \text{ A (loại, vì quá lớn)}$$

$$I_{a, \text{đm}} = 176 \text{ A (đây là dòng điện phần ứng định mức)}$$

b) Sức điện động khi không tải:  $E_{a0} = V_a - R_a I_{a0} = 109,9 \text{ V}$

Sức điện động định mức:  $E_{a, \text{đm}} = V_a - R_a I_{a, \text{đm}} = 107 \text{ V}$

$$\text{Tốc độ không tải: } n_0 = n_{\text{đm}} \times \frac{E_{a, \text{đm}}}{E_{a0}} = 4519 \text{ vòng / phút}$$

c) Dòng điện phần ứng cho phép tối đa khi mở máy:  $I_a = 2 \times 176 = 352 \text{ A}$

$$\text{Suy ra điện trở cần thêm vào mạch phần ứng: } \frac{110}{352} - 0,017 = 0,2955 \Omega$$