

ĐH Bách Khoa TP.HCM – Khoa Điện-Điện Tử – Bộ Môn Thiết Bị Điện

Bài giảng: Biến đổi năng lượng điện cơ

Chương 8:
Máy điện một chiều

Biên soạn: Nguyễn Quang Nam
Cập nhật: Trần Công Bình

NH2012–2013, HK2

Máy điện một chiều

1

Máy điện một chiều – Giới thiệu

- Máy một chiều là một thiết bị đa dụng với các đặc tính cơ ưu việt. Điều khiển tốc độ dễ dàng là một trong những ưu điểm. Cả dây quấn stato (kích từ) lẫn rôto (phần ứng) đều tiêu thụ dòng điện một chiều tại đầu cực.
- Với cùng chỉ tiêu kỹ thuật, các máy một chiều đắt tiền hơn các máy xoay chiều. Dây quấn kích từ trong các máy một chiều nhỏ có thể là nam châm vĩnh cửu.
- Dây quấn kích từ trên stato được kích thích bởi dòng một chiều, hoặc có thể dùng nam châm vĩnh cửu, để tạo một từ trường đứng yên.

Máy điện một chiều

2

Máy điện một chiều – Giới thiệu (tt)

- Dòng điện rôto được cung cấp thông qua các chổi than và bộ cổ góp. Bộ cổ góp sẽ đổi chiều dòng điện trong các cạnh cuộn dây để từ trường rôto và stato luôn vuông góc nhau. Điều này giúp cực đại hóa mômen sinh ra với một dòng điện đã cho, và đơn giản hóa các yêu cầu điều khiển của máy.
- Các động cơ vạn năng cũng có thể làm việc với điện áp AC, mặc dù được phân loại là động cơ DC.

Máy điện một chiều

3

Phân loại

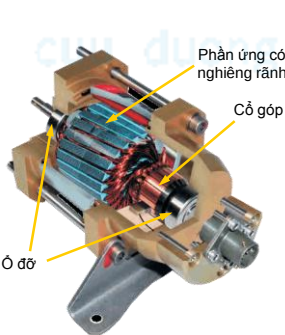
- Thường được phân loại theo cách kích từ: kích từ độc lập, kích từ song song, kích từ nối tiếp, và kích từ hỗn hợp.
- Với máy kích từ độc lập, nguồn kích từ có thể là một nguồn điện, hoặc là một nam châm vĩnh cửu.
- Động cơ vạn năng có thể làm việc với nguồn DC lẫn AC, nhưng bản chất là một động cơ DC kích từ nối tiếp.
- Với những tiến bộ về điện tử công suất, động cơ DC không chổi than đang ngày càng phát triển.

Máy điện một chiều

4

Cấu tạo máy một chiều

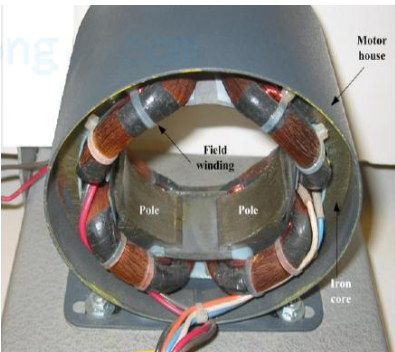
- Mạch từ phản ứng ghép từ nhiều lá mỏng, có các rãnh rôto. Mỗi cạnh cuộn dây được đặt trong một rãnh và nối với một phiến góp. Luôn luôn có 2 cạnh cuộn dây nối vào một phiến góp, để tạo thành dây quấn xếp hoặc sóng.
- Mạch từ phản cảm không cần ghép từ lá mỏng, vì chỉ có kích thích một chiều. Lõi thép này được gắn cố định vào khung máy.



Máy điện một chiều

5

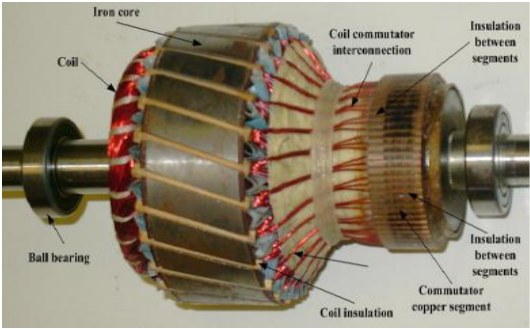
Cấu tạo máy một chiều (ảnh chụp phần cảm)



Máy điện một chiều

6

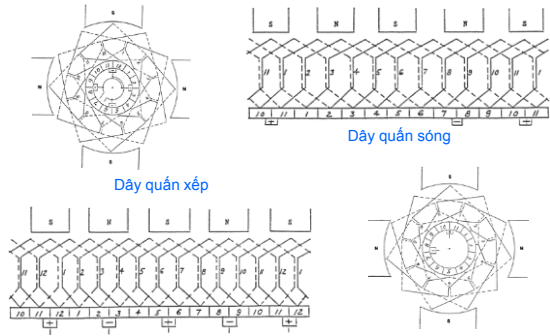
Cấu tạo máy một chiều (ảnh chụp phần ứng)



Máy điện một chiều

7

Dây quấn xếp và dây quấn sóng

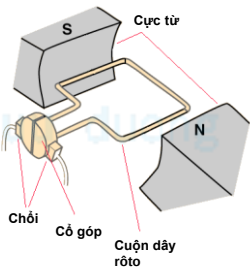


Máy điện một chiều

8

Nguyên tắc hoạt động

- Xét máy một chiều đơn giản nhất với sơ đồ như hình bên phải.
- Mỗi cạnh cuộn dây được nối vào một phiến góp.
- Khi một cạnh cuộn dây chuyển từ cực từ này sang cực từ kia, phiến góp của nó cũng chuyển sang chổi đối diện. Điều này làm đổi chiều dòng điện chạy trong cạnh cuộn dây đó, dẫn đến mômen tác động lên cạnh cuộn dây giống như cũ.
- Từ pp đồng năng lượng, mômen là



$$T^e(i_r, i_s, \theta) = i_r i_s \frac{dL_{sr}(\theta)}{d\theta}$$

Máy điện một chiều

9

Một máy một chiều thực tế hơn

- Các máy một chiều thực có nhiều phiến góp và cuộn dây rôto (Hình 8.4). Phiến góp hoạt động sao cho luôn tạo ra một trục từ phản ứng vuông góc với trục từ kích từ $\Rightarrow$ mômen không đổi.
- Nói chung, mômen sinh ra tỷ lệ với các dòng điện phản ứng và kích từ:

$$T^e = G i_a i_f$$

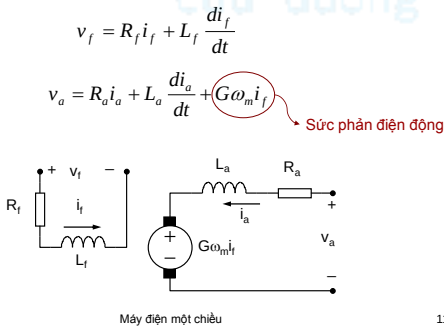
- Dưới đây là mạch tương đương cùng với các phương trình động học:

Máy điện một chiều

10

Một máy một chiều thực tế hơn (tt)

- Mạch tương đương và các phương trình động học:



Máy điện một chiều

11

Một máy một chiều thực tế hơn (tt.)

- Xét điều kiện vận hành với điện áp và tốc độ không đổi, ở trạng thái xác lập, các quan hệ công suất là

Công suất phản ứng $P_a = V_a I_a = R_a I_a^2 + G \omega_m I_a I_f$

Công suất kích từ $P_f = V_f I_f = R_f I_f^2$

Công suất cơ $P_m = T^e \omega_m = G I_a I_f \omega_m$

- Có thể thấy rằng công suất cơ được tạo ra từ công suất phản ứng. Điều này cho phép sử dụng nam châm vĩnh cửu trong dây quấn kích từ của máy nhỏ.

Máy điện một chiều

12

Máy kích từ độc lập

- Các dây quấn kích từ và phần ứng được cung cấp bởi các nguồn riêng biệt. Dây quấn kích từ thường được nối với một nguồn áp không đổi, tạo ra một từ trường không đổi. Tốc độ và mômen của máy được điều khiển bởi dòng điện phần ứng.
- Ở trạng thái xác lập, các quan hệ sau được thỏa mãn

$$B\omega_m = G I_f I_a - T_{load}$$
$$V_a = R_a I_a + G \omega_m I_f$$

dẫn đến

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

$$T^e = G I_f \frac{V_a - G \omega_m I_f}{R_a}$$

Mômen-tốc độ

Máy điện một chiều

13

Đặc tính cơ

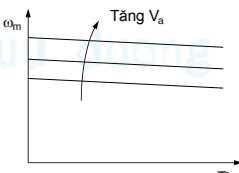
- Đặc tính mômen – tốc độ thường được gọi là đặc tính cơ, là một đường thẳng trong trường hợp máy DC, và dưới một dạng khác
- $$\omega_m = \frac{V_a}{G I_f} - \frac{R_a}{(G I_f)^2} T^e = \omega_{m0} - \frac{R_a}{(G I_f)^2} T^e$$
- Chế độ hãm diễn ra khi công suất được đưa vào máy ở cả phần ứng ($P_a > 0$) lẫn trục máy ($P_m < 0$), và toàn bộ công suất này được tiêu tán trên điện trở phần ứng R_a .

Máy điện một chiều

14

Đặc tính cơ (tt)

- Chế độ máy phát tương ứng với $P_m < 0$ và $P_a < 0$, và chỉ xảy ra khi $\omega_m > V_a/(G I_f)$. Chế độ động cơ xảy ra khi $P_a > 0$ và $P_m > 0$ (Hình 8.7).
 - Bằng cách cho $dP_m/d\omega_m = 0$ và giải theo ω_m , có thể xác định tốc độ ứng với công suất cực đại
- $$\omega_{mp} = \frac{V_a}{2G I_f} \quad \text{và} \quad P_m^{\max} = \frac{V_a^2}{4R_a}$$


- Tốc độ có thể được điều chỉnh nhuyễn bằng cách thay đổi điện áp phần ứng V_a (hình trên).

Máy điện một chiều

15

Ví dụ 8.1

- ✧ Động cơ DC kích từ độc lập có $V_a = 300$ V và dòng phần ứng định mức là 60 A. Điện trở phần ứng là 0,2 Ω, dòng kích từ $I_f = 2$ A và $G = 1,5$ H. Tìm tốc độ và công suất điện từ (tính bằng HP). Tính hiệu suất? Tính tốc độ khi moment còn ½?
 - Từ phương trình điện áp
- $$V_a - R_a I_a = 300 - 60(0,2) = G \omega_m I_f$$
- Suy ra tốc độ động cơ
- $$\omega_m = \frac{300 - 60(0,2)}{1,5(2)} = 96 \text{ rad/s}$$

Máy điện một chiều

16

Ví dụ 8.1 (tt)

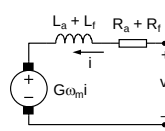
- Tốc độ tính bằng vòng/phút:
- $$n = \frac{60(\omega_m)}{2\pi} = \frac{60(96)}{2\pi} = 916,7 \text{ vòng/phút}$$
- Mômen điện từ:
- $$T^e = G I_f I_a = 1,5(2)(60) = 180 \text{ N.m}$$
- Công suất điện từ tương ứng:
- $$P_m = T^e \omega_m = 180(96) = 17280 \text{ W} = 23,16 \text{ HP}$$

Máy điện một chiều

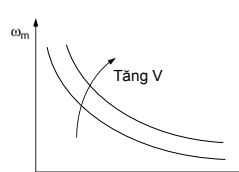
17

Máy kích từ nối tiếp

- Cuộn dây kích từ và phần ứng nằm nối tiếp nhau, tạo thành mạch tương đương đường dưới đây.
- $$v = (R_a + R_f) i + (L_a + L_f) \frac{di}{dt} + G \omega_m i$$
$$T^e = G i^2$$


- Vận hành xác lập với điện áp không đổi được mô tả bởi

$$I = \frac{V}{(R_a + R_f) + G \omega_m}$$
$$T^e = G \frac{V^2}{[(R_a + R_f) + G \omega_m]^2}$$



Máy điện một chiều

18

Ví dụ 8.2

♦ Động cơ DC kích từ nối tiếp 220 V tiêu thụ dòng điện 25 A và quay với tốc độ 300 vòng/phút. Điện trở phần ứng là 0,6 Ω và điện trở kích từ là 0,4 Ω. Tính công suất ra đầu trục để kéo một tải quạt và mômen của máy? Tính hiệu suất? Tính tốc độ khi moment giảm còn ½? Tính dòng điện và moment khởi động?

➤ Từ phương trình điện áp

$$V_a - (R_a + R_f)I = 220 - 25(0,6 + 0,4) = G\omega_m I$$

➤ Công suất do động cơ tạo ra:

$$P_m = (G\omega_m I)I = 195(25) = 4880 \text{ W} = 6,54 \text{ HP}$$

Máy điện một chiều

19

Ví dụ 8.2 (tt)

➤ Tốc độ động cơ tính bằng rad/s:

$$\omega_m = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi(300)}{60} = 31,42 \text{ rad/s}$$

➤ Mômen của động cơ:

$$T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{4880}{31,42} = 155,3 \text{ N.m}$$

Máy điện một chiều

20

Động cơ vạn năng

➤ Các động cơ vạn năng thực chất là các động cơ một chiều kích từ nối tiếp, có thể làm việc với nguồn AC lẫn DC. Khi được cấp nguồn AC, điện cảm của các dây quấn nên được xem xét.

➤ Vận hành xác lập có thể được mô tả bởi

$$I = \frac{V}{\sqrt{(R_a + R_f + G\omega_m)^2 + (L_a + L_f)^2 \omega_e^2}}$$

$$T_{av}^e = GI^2 = \frac{GV^2}{(R_a + R_f + G\omega_m)^2 + (L_a + L_f)^2 \omega_e^2}$$

với ω_e là tần số điện (rad/s).

Máy điện một chiều

21

Động cơ vạn năng (tt)

➤ Với đặc tính cơ của một động cơ kích từ nối tiếp, động cơ vạn năng rất thích hợp cho các máy công cụ, như máy xay, khoan điện, vì dải tốc độ làm việc rất rộng và khả năng thích ứng với các mômen thay đổi rộng, trong khi công suất làm việc gần như không đổi trong dải tốc độ làm việc.

➤ Điện áp vào AC có thể được cắt pha bằng các mạch SCR hay triac để giảm giá trị hiệu dụng của dòng điện, từ đó giảm mômen sinh ra.

Máy điện một chiều

22

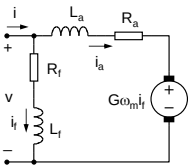
Máy điện kích từ song song – Động cơ DC

➤ Trong các máy kích từ song song, cuộn dây kích từ và phần ứng được nối song song, tạo thành mạch tương đương dưới đây (ở chế độ động cơ).

$$v = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

$$v = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + G\omega_m i_f$$

$$T^e = G i_a i_f$$



Máy điện một chiều

23

Máy kích từ song song (tt)

➤ Khi vận hành xác lập với điện áp ngõ vào không đổi $v = V$,

$$I_f = \frac{V}{R_f}$$

$$I_a = \frac{V - G\omega_m I_f}{R_a}$$

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

➤ Việc điều chỉnh tốc độ được thực hiện tốt nhất bằng cách nối một điện trở với dây quấn kích từ.

Máy điện một chiều

24

Ví dụ 8.3

♦ Động cơ DC kích từ độc lập ở ví dụ 8.1 ($U=300V, I_a=60A, R_a=0,2\Omega, I_f=2A, G=1,5$) được nối thành dạng kích từ song song như hình 8.13, tiêu thụ $30A$ ($/62A$). Điện trở kích từ là 100Ω ($/150\Omega$). Tính tốc độ, công suất điện từ (hp), và mômen của động cơ? Tính dòng điện và moment khởi động (mở máy)?

➤ Dòng điện kích từ:

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

➤ Dòng điện phần ứng:

$$I_a = I - I_f = 30 - 3 = 27 \text{ A}$$

Máy điện một chiều

25

Ví dụ 8.3 (tt)

➤ Từ phương trình điện áp

$$V_a - R_a I_a = 300 - 27(0,2) = G \omega_m I_f$$

➤ Suy ra, tốc độ của động cơ:

$$\omega_m = \frac{300 - 27(0,2)}{1,5(3)} = 65,5 \text{ rad/s}$$

➤ Do đó:

$$n = \frac{60(\omega_m)}{2\pi} = \frac{60(65,5)}{2\pi} = 625 \text{ vòng/phút}$$

Máy điện một chiều

26

Ví dụ 8.3 (tt)

➤ Công suất điện từ của động cơ:

$$P_m = (G \omega_m I_f) I_a = (294,6)27 = 7954 \text{ W}$$

➤ Mômen điện từ của động cơ:

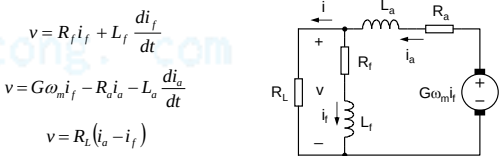
$$T^e = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{7954}{65,5} = 121,4 \text{ N.m}$$

Máy điện một chiều

27

Máy phát 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.



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

$$V = I_f R_f = G \omega_m I_f - R_a I_a = R_L (I_a - I_f)$$

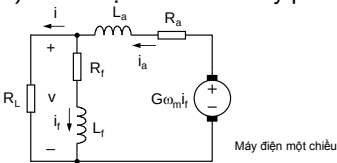
Máy điện một chiều

28

Máy phát 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 phần cảm là 250Ω , điện trở phần ứng là $0,234\Omega$. *Biết tốc độ quay luôn không đổi và bằng 1000 vòng/phút.*

- a) Tính sức điện động của máy phát khi dòng điện tải bằng dòng định mức?
b) Tính moment điện từ kéo máy phát?
c) Tính hiệu suất của máy phát? Bỏ qua tổn hao cơ.



Máy điện một chiều

29

Máy kích từ hỗn hợp và vấn đề mở máy

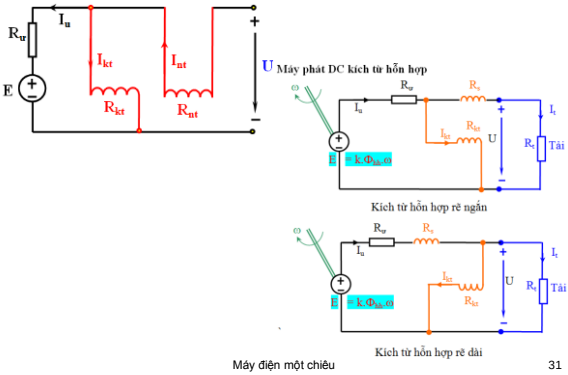
➤ Trong một máy kích từ hỗn hợp, một phần dây quấn kích từ nằm nối tiếp với phần ứng, và phần còn lại thì song song với phần ứng. Có 4 tổ hợp khác nhau của hai phần dây quấn kích từ.

➤ Lý do chính của việc sử dụng dây quấn kích từ hỗn hợp là để giới hạn dòng điện phần ứng ở tốc độ thấp (bao gồm cả trạng thái mở máy).

Máy điện một chiều

30

Máy kích từ hỗn hợp và vấn đề mở máy



Máy điện một chiều 31

Máy kích từ hỗn hợp và vấn đề mở máy

- Khi mở máy hay chạy ở tốc độ thấp, sức phản điện động của máy nhỏ hơn nhiều so với điện áp đặt vào, do đó dòng điện rất lớn sẽ chạy qua phần ứng, và chỉ bị giới hạn bởi điện trở phần ứng. Có thể dùng một điện trở ngoài để giảm dòng điện đến mức chấp nhận được với cái giá phải trả là lãng phí năng lượng trên điện trở này.
- Một cách tốt hơn để mở máy động cơ là dùng các bộ biến đổi công suất để điều chỉnh điện áp phần ứng, thông qua kỹ thuật điều chế độ rộng xung (PWM).

Máy điện một chiều 32

cuu duong than cong. com

cuu duong than cong. com