

MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

2.1. CHUẨN ĐẦU RA

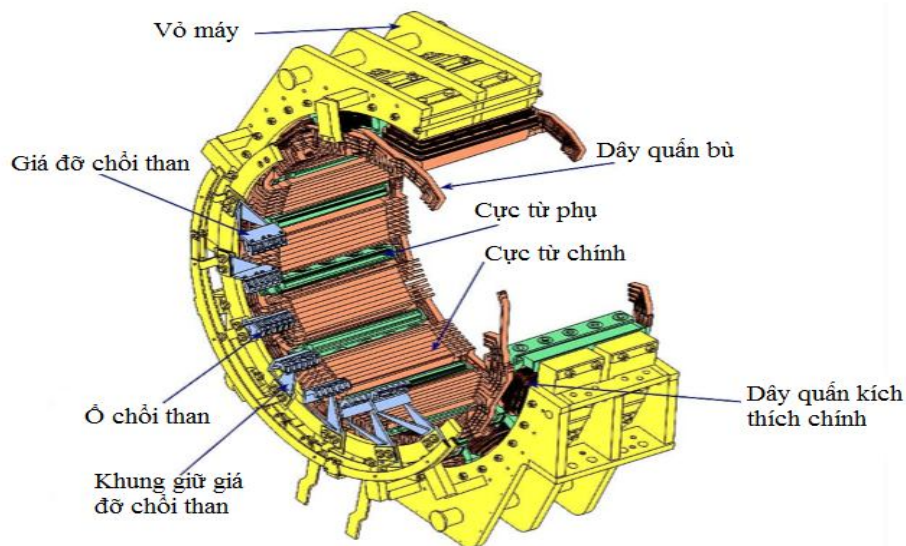
- Trình bày được kết cấu, thông số định mức, nguyên lý làm việc của máy điện một chiều.
- Trình bày được mối quan hệ giữa các đại lượng dòng, áp, sức điện động, mô men, công suất trong máy điện một chiều.
- Tính toán các đại lượng điện từ ở các chế độ làm việc của máy điện một chiều.
- Phân tích được quá trình biến đổi năng lượng, tính công suất, hiệu suất, mô men, đặc tính của máy phát điện một chiều và động cơ điện một chiều.

2.2. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

2.2.1. KẾT CẤU, NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC, TRỊ SỐ ĐỊNH MỨC, TỪ TRƯỜNG LÚC CÓ TẢI CỦA MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

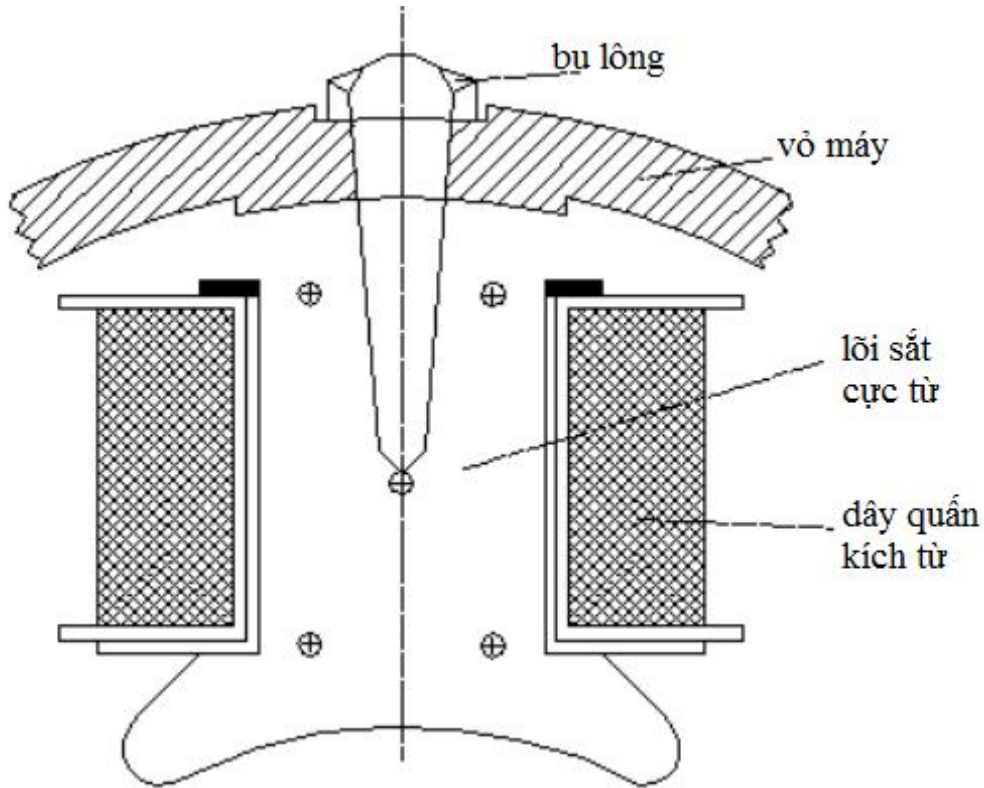
2.2.1.1. Kết cấu

a. Phần tĩnh (Stator)



Hình 2.1. Cấu tạo stato máy điện một chiều.

- Cực từ chính: gồm lõi sắt cực từ và dây quấn kích từ lồng ngoài lõi sắt cực từ.

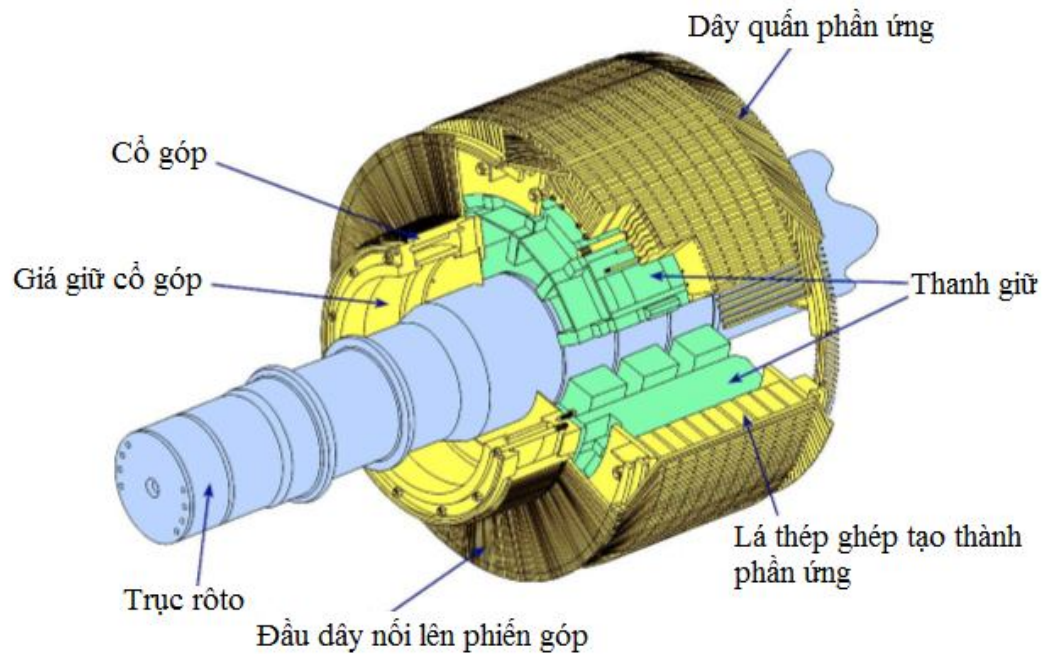


Hình 2.2. Cực từ chính.

- + Nhiệm vụ: tạo từ trường chính.
- + Vật liệu:
 - Lõi thép: thép tấm $0,5 \div 1$ mm.
 - Dây quấn: Cu, Al bọc cách điện.
- Cực từ phụ: được đặt giữa các cực từ chính.
 - + Nhiệm vụ: cải thiện đổi chiều.
 - + Vật liệu: thép khối.
- Gông từ (vỏ máy):
 - + Để làm mạch từ nối liền các cực từ, đồng thời làm vỏ máy.
 - + Vật liệu: thép.

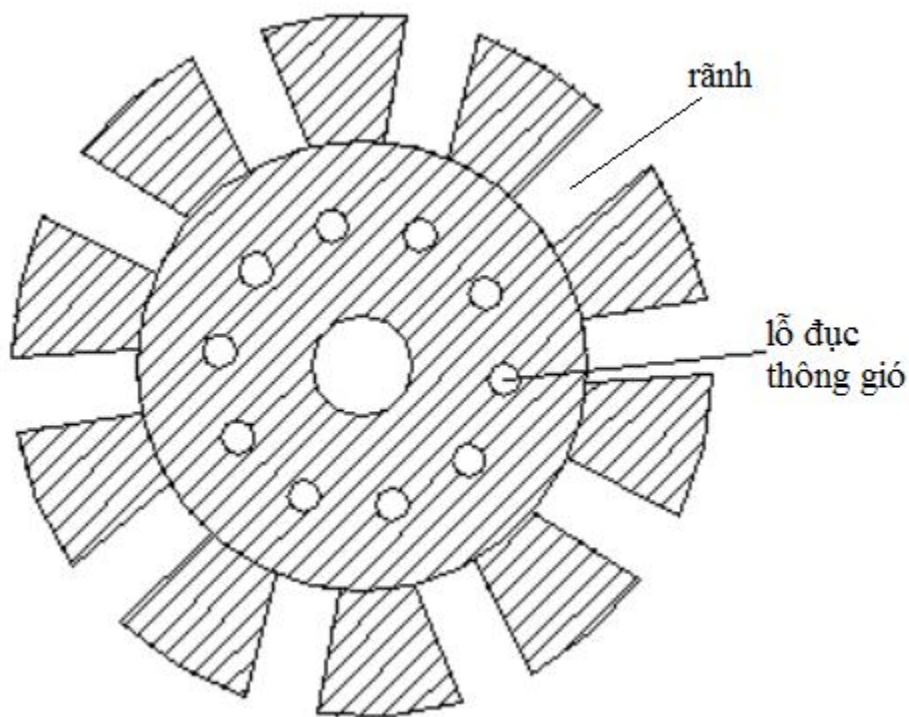
- Các bộ phận khác:
 - + Chổi than và cơ cấu chổi than.
 - + Nắp máy.

b. Phần quay (rôto)



Hình 2.3. Cấu tạo rôto máy điện một chiều.

- Lõi thép phản ứng:



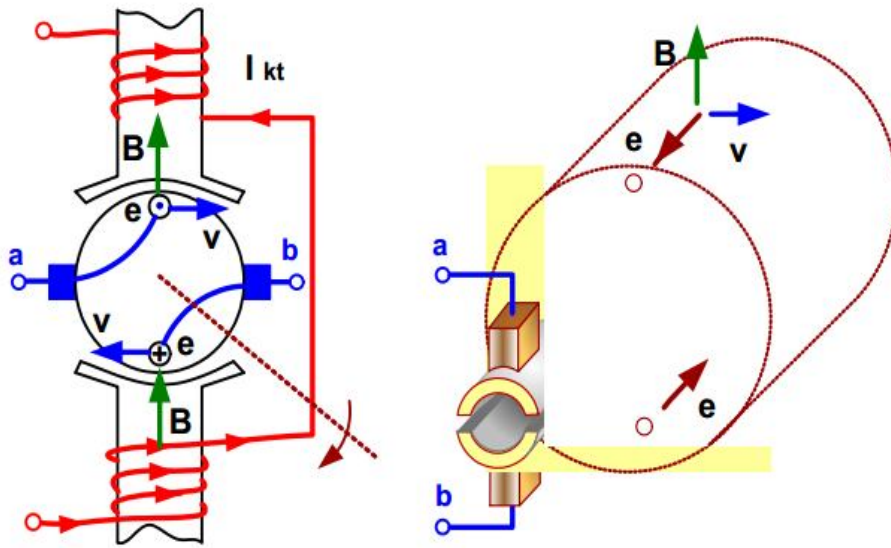
Hình 2.4. Lõi thép phản ứng.

- + Dùng để dẫn từ.
- + Vật liệu: thép lá kỹ thuật điện $0,35 \div 0,5$ mm.
- + Rãnh để đặt dây quấn.
- Dây quấn phản ứng:
 - + Là phần sinh ra sức điện động và có dòng điện chạy qua.
 - + Thường làm bằng dây đồng có bọc cách điện.
- Cổ góp:
 - + Dùng để biến đổi dòng điện xoay chiều thành một chiều.
 - + Thường được làm bởi nhiều phiến đồng mỏng được cách điện với nhau bằng những tấm mica dày 0,4 đến 1,2 mm.
- Các bộ phận khác:
 - + Cánh quạt: dùng để quạt gió làm nguội máy.

- + Trục máy: trên đó có đặt lõi thép phần ứng, cổ góp, cánh quạt và ổ bi.
Trục máy thường được làm bằng thép cacbon tốt.

2.2.1.2. Nguyên lý làm việc

a) Máy phát điện



Hình 2.5. Nguyên lý làm việc của máy phát điện một chiều.

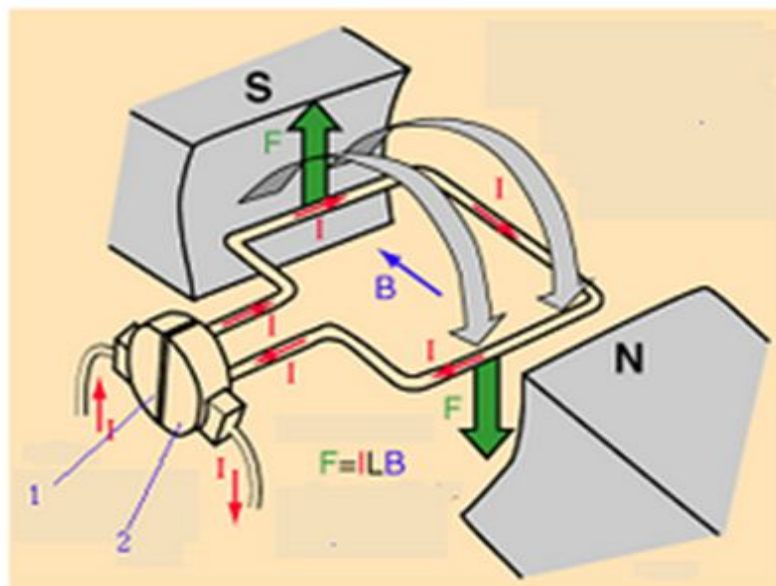
Máy gồm một khung dây hai đầu nối với hai phiến góp. Khung dây và phiến góp được quay quanh trục của nó với một vận tốc không đổi trong từ trường của hai cực nam châm. Các chổi than đặt cố định và luôn tì sát vào phiến góp. Khi cho khung quay theo định luật cảm ứng điện từ, trong thanh dẫn sẽ cảm ứng nên sức điện động

$$e = B \cdot l \cdot v \quad (2.1)$$

Với B là từ cảm nơi thanh dẫn quét qua, l là chiều dài thanh dẫn nằm trong từ trường, v là tốc độ dài của thanh dẫn.

Chiều của sức điện động được xác định theo quy tắc bàn tay phải.

b) Động cơ điện



Hình 2.6. Nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều.

Nếu ta cho dòng điện một chiều đi vào chổi than thì do dòng điện chỉ đi vào thanh dẫn dưới cực N và đi ra ở các thanh dẫn nằm dưới cực S nên dưới tác dụng của từ trường sẽ sinh ra một momen có chiều không đổi làm cho quay máy. Chiều của lực điện từ được xác định theo quy tắc bàn tay trái.

2.2.1.3. Các thông số định mức

- $P_{đm}$: Công suất định mức, [kW].
- $U_{đm}$: Điện áp định mức, [kV].
- $I_{đm}$: Dòng điện định mức, [A].
- $n_{đm}$: Tốc độ định mức, [vòng/phút].
- $\eta_{đm}$: Hiệu suất định mức.
- I_w : Dòng điện phản ứng, [A].
- I : Dòng điện tải, [A].
- I_{kt} : Dòng điện kích từ, [A].
- $I_{kt//}$: Dòng điện kích từ song song, [A].
- I_{ktnt} : Dòng điện kích từ nối tiếp, [A].

- I_{nm} : Dòng điện mở máy, [A].
- R_w : Điện trở phản ứng, [Ω].
- R_{kt} : Điện trở kích từ, [Ω].
- $R_{kt//}$: Điện trở kích từ song song, [Ω].
- R_{ktn} : Điện trở kích từ nối tiếp, [Ω].

2.2.1.4. Từ trường lúc có tải của máy điện một chiều

- Số phụ tải đường trên đơn vị chiều dài A , [A/m]:

$$A = \frac{N \cdot i_w}{\pi D_t} \quad (2.2)$$

Với: $i_w = \frac{I_w}{2a}$ là dòng điện trong thanh dẫn.

$a = m \cdot p$: số đôi mạch nhánh song song.

m là số dây quấn xếp đơn.

D_t : đường kính phản ứng.

- Sức từ động phản ứng:

$$F_{wx} = A \cdot 2x \quad (2.3)$$

- Sức từ động dọc trục:

$$F_{wd} = 2A \cdot b \quad (2.4)$$

- Sức từ động ngang trục:

$$F_{wq} = A(\tau - 2b) \quad (2.5)$$

Với: $\tau = \frac{\pi D_t}{2p}$: bước cực.

2.2.2. QUAN HỆ ĐIỆN TỪ TRONG MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

2.2.2.1. Sức điện động cảm ứng trong dây quấn máy điện một chiều

- Sức điện động cảm ứng trung bình trong một thanh dẫn:

$$e_{tb} = B_{tb} \cdot l \cdot v \quad (2.6)$$

Trong đó:

$B_{tb} = \frac{\phi_{\delta}}{\tau \cdot l}$: từ cảm trung bình trong khe hở.

$\mathbf{v} = \frac{\pi D_t \cdot n}{60}$: tốc độ quay; n là tốc độ quay phần ứng.

$\phi_{\delta} = B_{\delta} l_{\delta} \tau$: từ thông dưới mỗi cực từ trong khe hở không khí.

- Sức điện động cảm ứng của máy điện một chiều:

$$E_u = \frac{N}{2a} e_{tb} = \frac{pN}{60a} \cdot \phi_{\delta} \cdot n = C_E \cdot \phi_{\delta} \cdot n \quad (2.7)$$

Với: $C_E = \frac{pN}{60a}$: hệ số kết cấu của máy điện.

$N = 2Sw_s$: tổng số thanh dẫn phần ứng.

S : số phần tử dây quấn phần ứng.

w_s : số vòng dây của một phần tử dây quấn.

2.2.2.2. Moment và công suất điện từ

- Moment điện từ tác dụng lên dây quấn phần ứng:

$$M_{dt} = B_{\delta} \frac{I_u}{2a} l_{\delta} N \frac{D_t}{2} \quad (2.8)$$

Trong đó: I_u là dòng điện phần ứng [A].

Thay $B_{\delta} = \frac{\phi_{\delta}}{\tau l_{\delta}}$ và $D_t = \frac{2p\tau}{\pi}$ vào (2.26) ta có:

$$M_{dt} = \frac{pN}{2\pi a} \phi_{\delta} I_u = C_M \phi_{\delta} I_u \quad (2.9)$$

Với $C_M = \frac{pN}{2\pi a}$: hệ số kết cấu máy.

- Công suất điện từ của máy điện một chiều:

$$P_{dt} = M_{dt} \cdot \omega = \frac{pN}{2\pi a} \phi_{\delta} I_u \cdot \frac{2\pi n}{60} = E_u I_u \quad (2.10)$$

Với $\omega = \frac{2\pi n}{60}$: tốc độ quay [rad/s].

2.2.2.3. Quá trình năng lượng và các phương trình cân bằng

a. Tổn hao trong máy điện một chiều

❖ Tổn hao cơ $\Delta P_{cơ}$

$$\Delta P_{cơ} = (2 \div 4) \% P_{đm} \quad (2.11)$$

❖ Tổn hao sắt ΔP_{Fe}

$$\Delta P_{Fe} = k_{\delta} P_{(1/50)} \left(\frac{f}{50} \right)^{\beta} B^2 G_c \quad (2.12)$$

Trong đó:

k_{δ} : hệ số kinh nghiệm xét đến sự tăng thêm tổn hao thép do gia công, lắp ghép lõi thép, từ thông phân bố không đều ... thường chọn $k_{\delta} = 3,6$.

$P_{(1/50)}$: suất tổn hao của thép khi $B = 1T, f = 50Hz$.

f : tần số dòng điện; B : từ cảm tính toán.

G_c : trọng lượng của sắt tính bằng kg.

β : số mũ đối với thép hợp kim thấp $\beta = 1,5$; đối với thép hợp kim cao thì $\beta = 1,2 \div 1,3$.

$\Rightarrow$ Tổn hao không tải:

$$P_0 = \Delta P_{cơ} + \Delta P_{Fe} \quad (2.13)$$

$\Rightarrow$ Moment không tải mang tính chất hãm:

$$M_0 = \frac{P_0}{\omega} = 9,55 \frac{P_0}{n} \quad (2.14)$$

❖ Tổn hao đồng ΔP_{Cu}

- Tổn hao đồng trong mạch phản ứng ΔP_w :

$$\Delta P_w = I_w^2 R_w \quad (2.15)$$

Trong đó: $R_w = r_w + r_f + r_{tx}$

r_u : điện trở phản ứng.

r_f : điện trở của dây quấn cực từ phụ.

r_{tx} : điện trở tiếp xúc của chổi than với vành góp.

- Tổn hao đồng trong mạch kích từ ΔP_{kt} :

$$\Delta P_{kt} = U_{kt} I_{kt} = I_{kt}^2 R_{kt} \quad (2.16)$$

Trong đó:

U_{kt} : điện áp đặt trên mạch kích từ.

❖ Tổn hao phụ ΔP_f

$$\Delta P_f = 1\% P_{dm}, \text{ nếu máy không có dây quấn bù.} \quad (2.17)$$

$$\Delta P_f = 0,5\% P_{dm}, \text{ nếu máy có dây quấn bù.}$$

❖ Tổng tổn hao trong máy

$$\sum P = \Delta P_{co} + \Delta P_{Fe} + \Delta P_u + \Delta P_{kt} + \Delta P_f \quad (2.18)$$

$$\Rightarrow P_1 = P_2 + \sum P \quad (2.19)$$

Trong đó:

P_1 là công suất đưa vào máy.

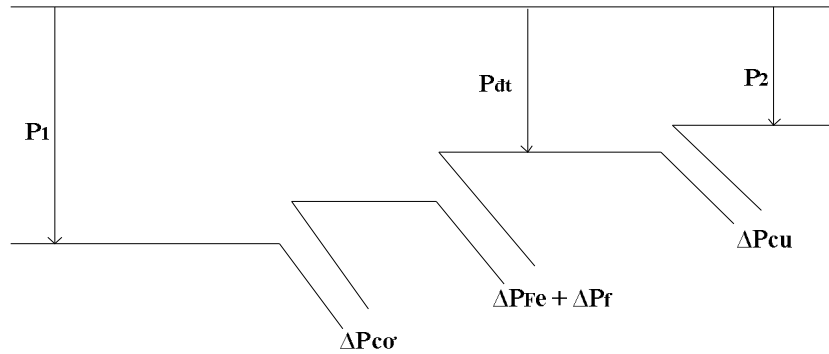
P_2 là công suất đầu ra của máy.

❖ Hiệu suất của máy tính theo %

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} \cdot 100 \quad (2.20)$$

b. Quá trình năng lượng trong máy điện một chiều và các phương trình cân bằng

❖ Máy phát điện



Hình 2.7. Giảm đồ năng lượng của MP điện một chiều kích từ độc lập.

- Công suất điện từ:

$$P_{đt} = E_u I_u = P_1 - (\Delta P_{cơ} + \Delta P_{Fe} + \Delta P_f) \quad (2.21)$$

- Công suất có ích do máy phát điện đưa vào lưới:

$$P_2 = P_{đt} - \Delta P_u = E_u I_u - I_u^2 R_u \quad (2.22)$$

- Phương trình cân bằng sức điện động của máy phát điện:

$$U = E_u - I_u R_u \quad (2.23)$$

- Phương trình cân bằng moment của máy phát điện:

$$M_1 = M_{đt} + M_0 \quad (2.24)$$

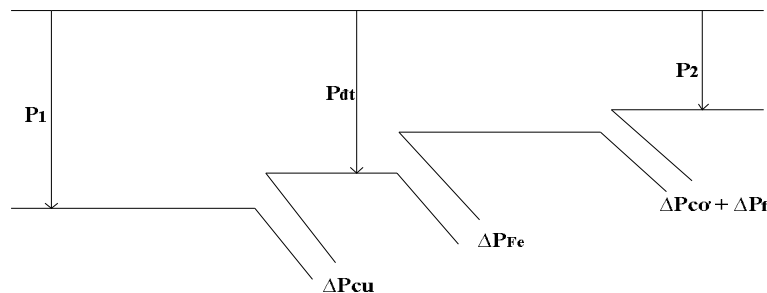
Trong đó:

M_0 : moment không tải.

M_1 : moment cơ đưa vào trục máy phát điện.

$M_{đt}$: moment điện từ phát ra của máy phát điện.

❖ Động cơ điện



Hình 2.8. Giảm đồ năng lượng của ĐCD một chiều kích từ song song.

- Công suất điện mà động cơ nhận từ lưới vào:

$$P_1 = U(I_w + I_{kt}) \quad (2.25)$$

- Công suất điện từ:

$$P_{đt} = P_1 - \Delta P_w - \Delta P_{kt} \quad (2.26)$$

- Công suất đưa ra ở đầu trục động cơ:

$$P_2 = P_{đt} - \Delta P_{c\sigma} - \Delta P_{Fe} - \Delta P_f \quad (2.27)$$

- Phương trình cân bằng sức điện động của động cơ điện:

$$U = E_w + I_w R_w \quad (2.28)$$

- Phương trình cân bằng moment của động cơ điện:

$$M_2 = M_{đt} - M_0 \quad (2.29)$$

Với: M_2 là moment đưa ra đầu trục.

2.2.3. ĐỔI CHIỀU

2.2.3.1. Đại cương

- Bước góp (bề rộng của phiến góp):

$$b_G = \frac{\pi D_G}{G} \quad (2.30)$$

Trong đó: G là số phiến góp.

D_G là đường kính của vành góp.

- Tốc độ dài của vành góp:

$$V_G = \pi D_G . n = b_G . G . n \quad (2.31)$$

- Chu kì đổi chiều của dây quấn xếp đơn:

$$T_{đc} = \frac{b_c}{V_G} = \frac{b_c}{b_G . G . n} = \beta_G \frac{1}{G . n} \quad (2.32)$$

Trong đó: $\beta_G = \frac{b_c}{b_G}$

b_c là bề rộng chổi than.

- Chu kì đổi chiều của dây quấn xếp phức tạp:

$$T_{dc} = \frac{b_c - (m-1)b_G}{V_G} = \frac{\beta_G - \left(\frac{a}{p} - 1\right)}{G \cdot n} \quad (2.33)$$

1.2.3.2. Xác định các sức điện động trong phần tử đổi chiều

a. Sức điện động tự cảm

$$e_L = -L \frac{di}{dt} \quad (2.34)$$

Giá trị trung bình của sức điện động tự cảm:

$$e_{L.tb} = L \frac{2i_w}{T_{dc}} = 2w_s \cdot l_\delta \cdot \lambda_L \frac{N \cdot i_w}{\pi D_t} \cdot V_w = 2w_s \cdot l_\delta \cdot \lambda_L \cdot A \cdot V_w \quad (2.35)$$

Trong đó: w_s : số vòng của một phần tử.

$\lambda_L = \frac{\lambda_{L1}}{2l_\delta}$: suất dẫn từ theo một đơn vị chiều dài.

λ_{L1} : dẫn suất từ tản của một phần tử (có trị số bằng từ thông móc vòng của 1 vòng dây khi có dòng điện $i_w = 1A$ chạy qua).

$L = 2\lambda_L \cdot l_\delta \cdot w_s^2$: hệ số tự cảm của phần tử.

$V_w = \pi D_t \cdot n$: tốc độ dài trên mặt phần ứng.

b. Sức điện động hồ cảm

$$e_{M.tb} = \frac{2i_w}{T_{dc}} \sum M_n = 2w_s \cdot l_\delta \cdot A \cdot V_w \cdot \sum \lambda_M \quad (2.36)$$

Với: M_n là hệ số hồ cảm giữa phần tử đang xét và phần tử thứ n.

λ_M là suất dẫn từ do hồ cảm trên đơn vị dài của cạnh tác dụng của phần tử.

c. Sức điện động phản kháng

$$e_{pk.tb} = e_{L.tb} + e_{M.tb} = 2w_s \cdot l_\delta \cdot A \cdot V_u \left(\lambda_L + \sum \lambda_M \right) \quad (2.37)$$

d. Sức điện động đổi chiều

$$e_{dc} = 2B_{dc} \cdot w_s l_{dc} \cdot V_u \quad (2.38)$$

Trong đó: l_{dc} : Chiều dài của thanh dẫn cắt đường sức của từ trường đổi chiều.

B_{dc} : Từ cảm tổng hợp của từ trường cực từ phụ và từ trường phản ứng ở vùng trung tính.

2.2.3.3. Các phương pháp cải thiện đổi chiều

a. Cực từ phụ

- Sức từ động cần thiết của cực từ phụ:

$$F_f = A \cdot \tau + \frac{2}{\mu_0} B_{dc} \cdot \delta_f \cdot k_{\delta_f} \quad (2.39)$$

Trong đó: $B_{dc} = \frac{l_\delta}{l_{dc}} A (\lambda_L + \sum \lambda_M)$

δ_f : Chiều rộng khe hở không khí giữa cực từ phụ và rôto.

- Số vòng dây của một cực từ phụ:

$$w_f = \frac{F_f}{2I_u} \quad (2.40)$$

b. Xê dịch chổi than khỏi vùng trung tính hình học

- Khi máy làm việc ở chế độ máy phát thì ta phải xê dịch chổi than một góc $\beta = \alpha + \gamma$ từ đường trung tính hình học theo chiều quay của phần ứng.
- Khi máy làm việc ở chế độ động cơ thì ta phải xê dịch chổi than một góc $\beta = \alpha + \gamma$ từ đường trung tính hình học ngược chiều quay của phần ứng.

c. Dây quấn bù

- Sức từ động cần thiết của dây quấn bù dưới một mặt cực:

$$F_b = \alpha_\delta \cdot F_{uq} = \alpha_\delta \cdot A \cdot \tau = b' \cdot A \quad (2.41)$$

- Số vòng dây của dây quấn bù dưới một cực:

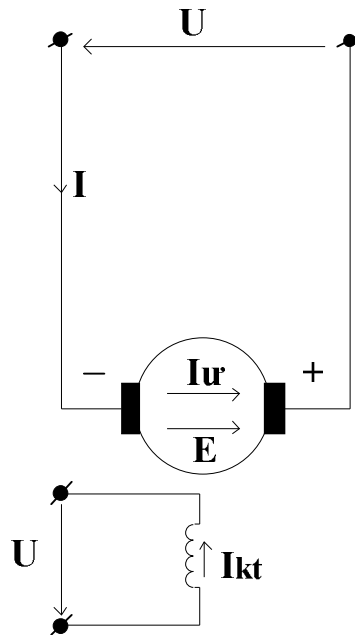
$$w_b = \frac{F_b}{2I_{\text{ur}}} \quad (2.42)$$

2.2.4. MÁY PHÁT ĐIỆN MỘT CHIỀU

2.2.4.1. Phân loại

Theo phương pháp kích từ, máy điện một chiều được phân thành:

- Máy phát điện một chiều kích từ độc lập.



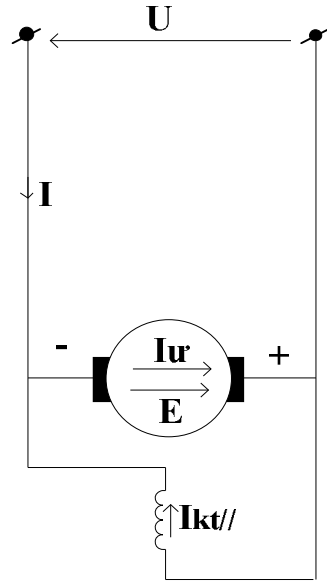
Hình 2.9. Sơ đồ điện máy phát điện kích từ độc lập.

- Phương trình mô tả máy phát điện một chiều kích từ độc lập:

$$U = E_{\text{ur}} - I_{\text{ur}} R_{\text{ur}} \text{ và } I = I_{\text{ur}} \quad (2.43)$$

Gồm :

- + Máy phát điện một chiều kích từ bằng điện từ.
- + Máy phát điện một chiều kích từ bằng nam châm vĩnh cửu.
- Máy phát điện một chiều tự kích:
 - + Máy phát điện một chiều kích từ song song.



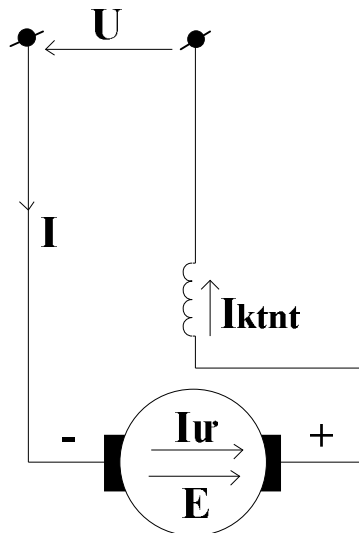
Hình 2.10. Sơ đồ điện máy phát điện kích từ song song.

- Phương trình mô tả máy phát điện một chiều kích từ song song:

$$\mathbf{U} = \mathbf{E}_{\text{ur}} - \mathbf{I}_{\text{ur}} \mathbf{R}_{\text{ur}} \text{ và } \mathbf{I}_{\text{ur}} = \mathbf{I} + \mathbf{I}_{\text{kt//}} \quad (2.44)$$

Với điều kiện phải có từ dư.

+ Máy phát điện một chiều kích từ nối tiếp.



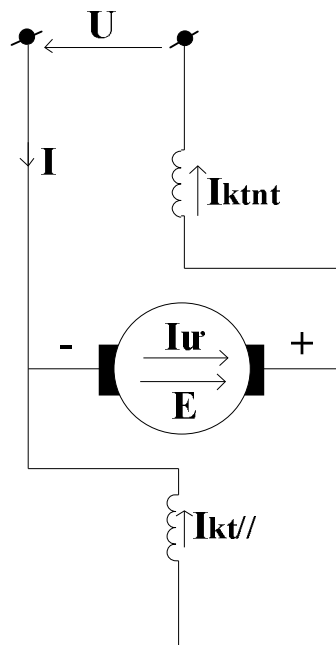
Hình 2.11. Sơ đồ điện máy phát điện kích từ nối tiếp.

- Phương trình mô tả máy phát điện một chiều kích từ nối tiếp:

$$U = E_{\text{ur}} - I_{\text{ur}}R_{\text{ur}} - I_{\text{ktnt}}R_{\text{ktnt}} \text{ và } I_{\text{ur}} = I = I_{\text{nt}} \quad (2.45)$$

Với điều kiện phải có từ dư.

+ Máy phát điện một chiều kích từ hỗn hợp.



Hình 2.12. Sơ đồ điện máy phát điện kích từ hỗn hợp.

➤ Phương trình mô tả máy phát điện một chiều kích từ hỗn hợp:

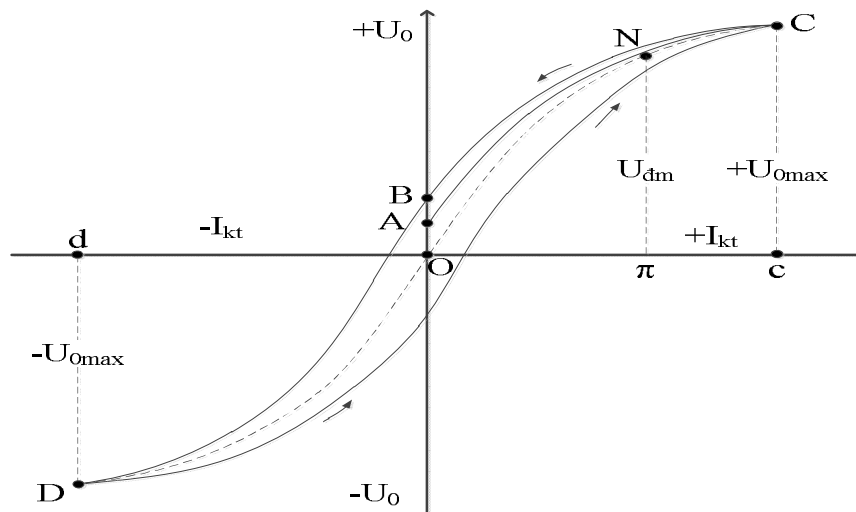
$$U = E_{\text{ur}} - I_{\text{ur}}R_{\text{ur}} - I_{\text{ktnt}}R_{\text{ktnt}} \quad (2.46)$$

và $I_{\text{ur}} = I + I_{\text{kt//}} = I_{\text{ktnt}} + I_{\text{kt//}}$

Với điều kiện phải có từ dư.

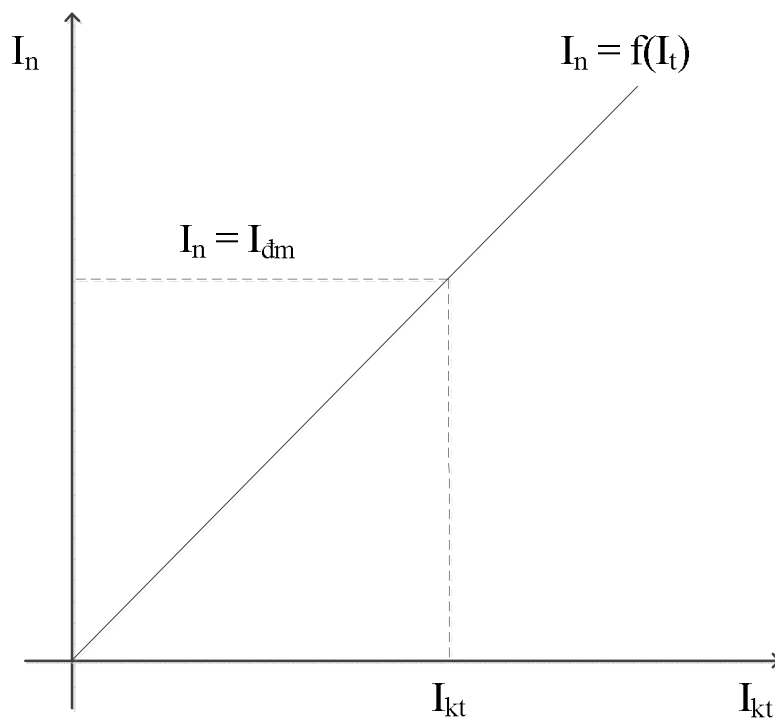
2.2.4.2. Các đặc tính của máy phát điện một chiều

- Đặc tính không tải $U_0 = E_0 = f(I_{\text{kt}})$ khi $I = 0, n = \text{const}$.



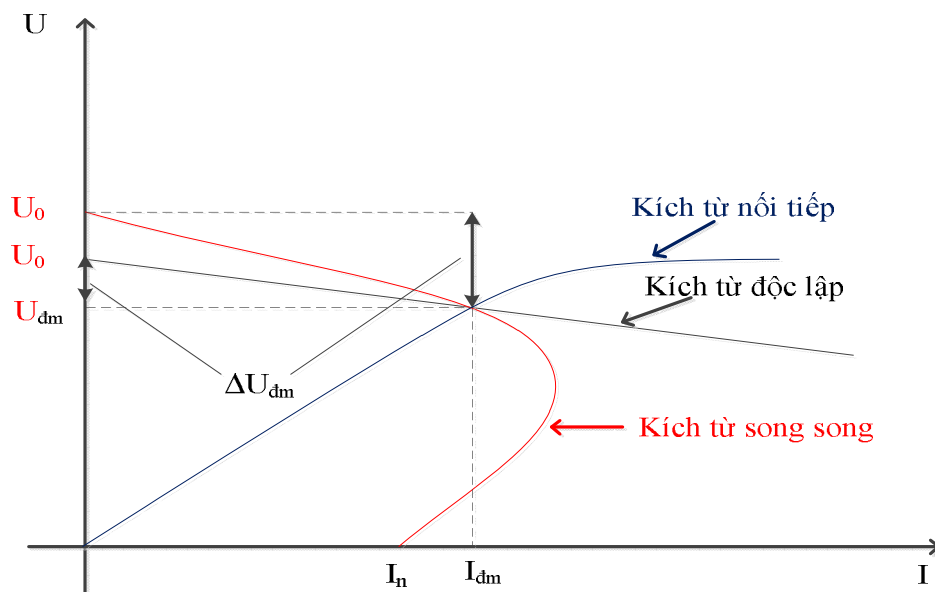
Hình 2.13. Đặc tính không tải của MP điện một chiều kích từ độc lập.

- Đặc tính ngắn mạch $I_n = f(I_{kt})$ khi $U = 0, n = const$.



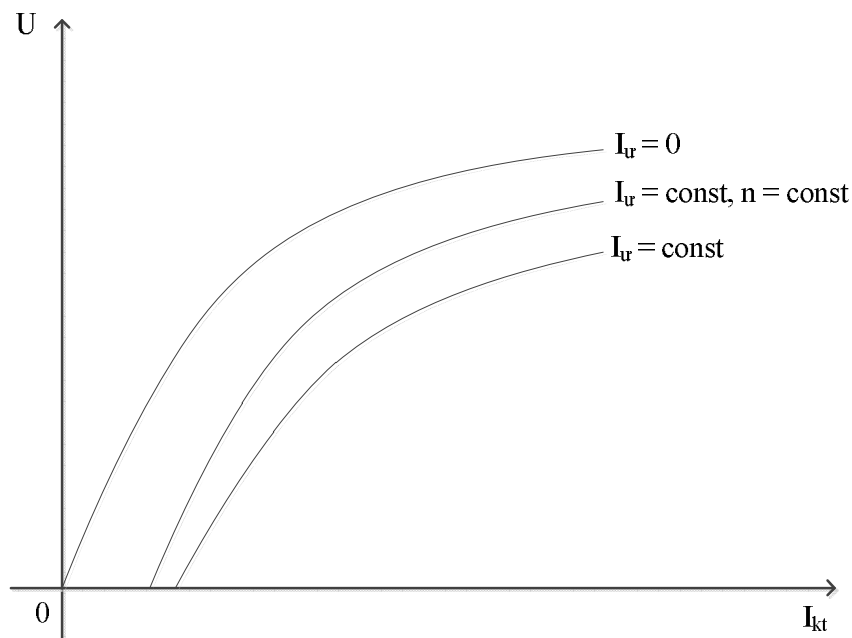
Hình 2.14. . Đặc tính ngắn mạch của máy phát điện một chiều.

- Đặc tính ngoài $U = f(I)$ khi $I_{kt} = \text{const}, n = \text{const}$.



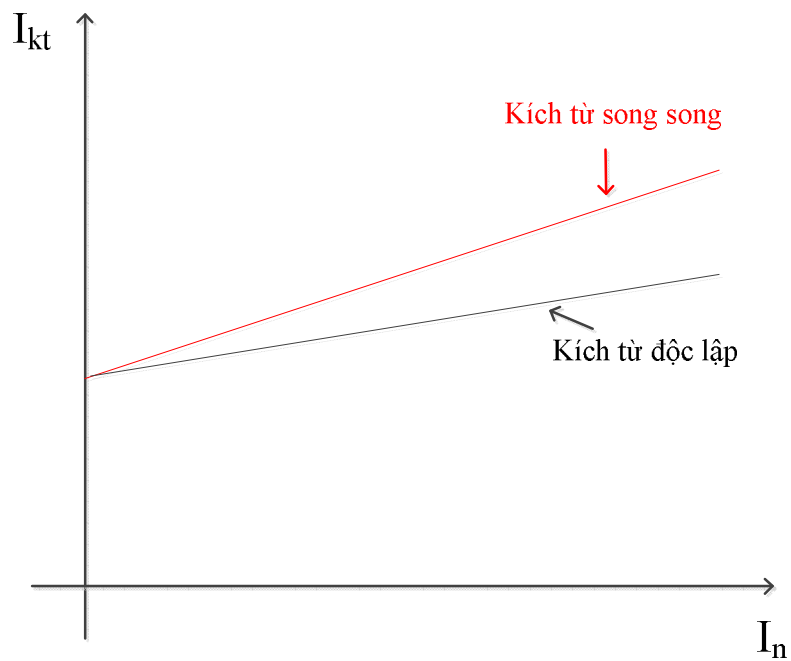
Hình 2.15. . Đặc tính ngoài của máy phát điện một chiều.

- Đặc tính tải $U = f(I_{kt})$ khi $I = \text{const}, n = \text{const}$.



Hình 2.16. Đặc tính tải của máy phát điện một chiều kích từ độc lập.

- Đặc tính điều chỉnh $I_{kt} = f(I)$ khi $U = const, n = const$.

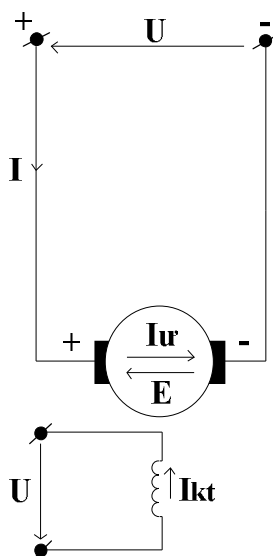


Hình 2.17. Đặc tính điều chỉnh của MP điện một chiều kích từ độc lập.

2.2.5. ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU

2.2.5.1. Phân loại

- Động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

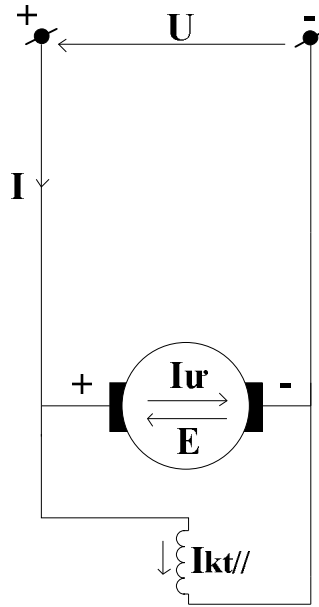


Hình 2.18. Sơ đồ điện động cơ điện một chiều kích từ độc lập

- Phương trình mô tả động cơ điện một chiều kích từ độc lập:

$$U = E_{\text{v}} + I_{\text{v}} R_{\text{v}} \text{ và } I_{\text{v}} = I \quad (2.47)$$

- Động cơ điện một chiều kích từ song song.

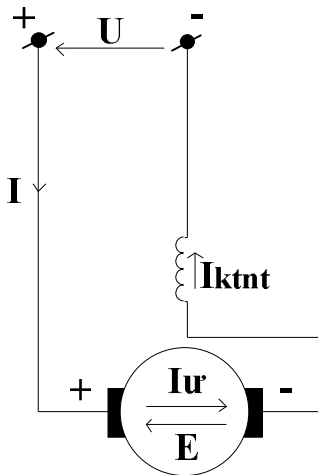


Hình 2.19. Sơ đồ điện động cơ điện kích từ song song.

- Phương trình mô tả động cơ điện một chiều kích từ song song:

$$U = E_{\text{r}} + I_{\text{r}} R_{\text{r}} \text{ và } I_{\text{r}} = I - I_{\text{kt} //} \quad (2.48)$$

- Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp.

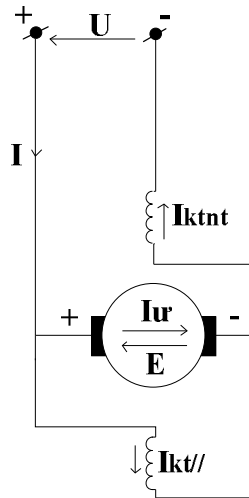


Hình 2.20. Sơ đồ điện động cơ điện kích từ nối tiếp.

- Phương trình mô tả động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp:

$$U = E_{\text{r}} + I_{\text{r}} R_{\text{r}} + I_{\text{ktnt}} R_{\text{ktnt}} \text{ và } I_{\text{r}} = I = I_{\text{ktnt}} \quad (2.49)$$

- Động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp.



Hình 2.21. Sơ đồ điện động cơ điện kích từ hỗn hợp.

- Phương trình mô tả động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp:

$$U = E_a + I_a R_a + I_{kct} R_{kct} \quad (2.50)$$

và $I_a = I - I_{kct} = I_{kct} - I_{kct}$

2.2.5.2. Mở máy động cơ điện một chiều

a. Mở máy trực tiếp

$$I_a = I_{nm} = \frac{U_{dm} - E_a}{R_a} = \frac{U_{dm}}{R_a} \quad (2.51)$$

b. Mở máy nhờ biến trở

$$I_a = \frac{U_{dm} - E_a}{R_a + \sum R_{nmi}} \quad (2.52)$$

Với: i là chỉ số ứng với thứ tự các bậc của điện trở.

c. Mở máy bằng điện áp thấp

$$U_{nm} < U_{dm} \quad (2.53)$$

2.2.5.3. Đặc tính của động cơ điện một chiều

a. Động cơ điện một chiều kích từ song song hoặc động cơ điện một chiều kích từ độc lập

❖ Đặc tính cơ

- Phương trình đặc tính tốc độ của động cơ:

$$n = \frac{U}{C_E \phi_\delta} - \frac{R_w}{C_E \phi_\delta} I_w \quad (2.54)$$

Trong đó:

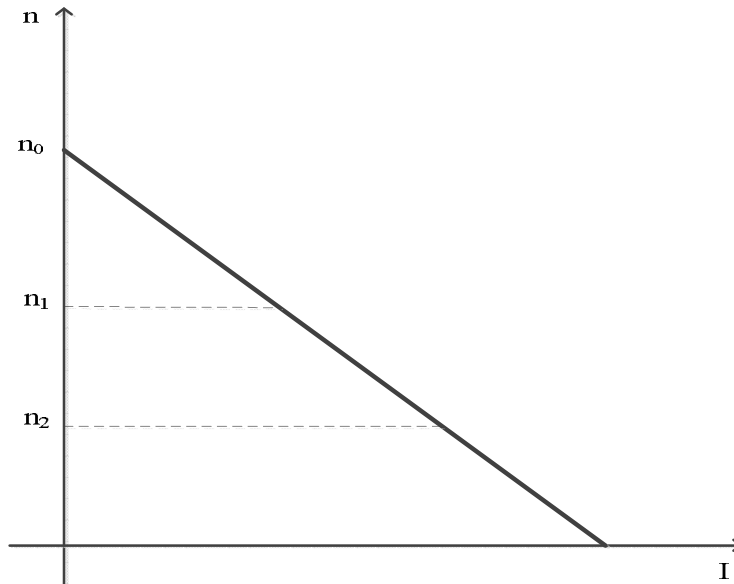
$$R_w = R_b + R_{tx} + R_f$$

R_w : điện trở phần ứng.

R_b : điện trở dây quấn bù.

R_{tx} : điện trở tiếp xúc của chổi than với vành góp.

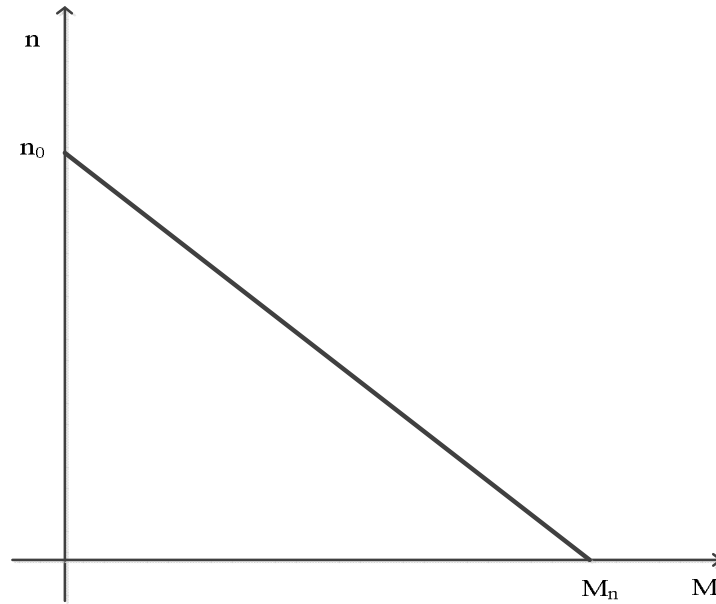
R_f : điện trở dây quấn cực từ phụ.



Hình 2.22. Đặc tính tốc độ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

- Phương trình đặc tính cơ của động cơ:

$$n = \frac{U}{C_E \phi_\delta} - \frac{R_w}{C_E C_M \phi_\delta^2} M \quad (2.55)$$



Hình 2.23. Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

- Tốc độ không tải lý tưởng:

$$n_0 = \frac{U}{C_E \phi_\delta} \quad (2.56)$$

- Hệ số góc của đặc tính tốc độ:

$$\tan \alpha' = \frac{R_w}{C_E \phi_\delta} \quad (2.57)$$

- Hệ số góc của đặc tính cơ:

$$\tan \alpha = \frac{R_w}{C_E C_M \phi_\delta^2} \quad (2.58)$$

- Độ sụt tốc độ của đặc tính tốc độ:

$$\Delta n' = \frac{R_w}{C_E \phi_\delta} I_w \quad (2.59)$$

- Độ sụt tốc độ của đặc tính cơ:

$$\Delta n = \frac{R_w}{C_E C_M \phi_\delta^2} M \quad (2.60)$$

- Điều kiện làm việc ổn định của động cơ:

$$\frac{dM_D}{dn} < \frac{dM_C}{dn} \quad (2.61)$$

- Điều kiện làm việc không ổn định của động cơ:

$$\frac{dM_D}{dn} > \frac{dM_C}{dn} \quad (2.62)$$

❖ Điều chỉnh tốc độ

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông.
- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện trở phụ trên mạch phản ứng.

$$n = n_0 - \frac{(R_u + R_f)}{C_E C_M \phi_\delta^2} M \quad (2.63)$$

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp.

b. Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp

❖ Đặc tính cơ

- Phương trình đặc tính tốc độ của động cơ:

$$n = \frac{U}{C_E k_\phi I_u} - \frac{R_u}{C_E k_\phi} = \frac{A}{I_u} - B \quad (2.64)$$

$$\text{Với: } A = \frac{U}{C_E k_\phi I_u}; B = \frac{R_u}{C_E k_\phi}$$

- Phương trình đặc tính cơ của động cơ:

$$n = \frac{C}{\sqrt{M}} - B \quad (2.65)$$

$$\text{Với: } C = \text{const} = A \cdot \sqrt{C_M k_\phi}.$$

❖ Điều chỉnh tốc độ

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông:

$$I_{kt2} = k \cdot I_{kt1} \quad (2.66)$$

Trong đó:

I_{kt1}, I_{kt2} lần lượt là dòng điện kích từ trước và sau khi hiệu chỉnh.

k là hệ số hiệu chỉnh:

+ Nếu mắc sun dây quấn:

$$k = \frac{R_{sun}}{R_{kt} + R_{sun}} < 1$$

Với R_{sun} là điện trở sun.

+ Nếu thay đổi số vòng dây của dây quấn kích từ:

$$k = \frac{w'_{kt}}{w_{kt}} < 1$$

- Thêm điện trở phụ vào mạch phản ứng:

Dòng điện phản ứng sau khi đặt thêm điện trở phụ R_f :

$$I'_x = \frac{U}{C'_E n + (R_x + R_f)} \quad (2.67)$$

Với: $C'_E = C_E k_\phi$.

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp.

2.2.6. MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU ĐẶC BIỆT CÔNG SUẤT NHỎ

2.2.6.1. Động cơ một chiều không chổi than

Cấu tạo động cơ điện một chiều không chổi than gồm 3 thành phần chính:

- Stato và rôto, trên stato được ghép bằng các lá thép kỹ thuật điện có xẻ rãnh, bên trong có đặt cuộn ứng m pha và rôto được làm bằng nam châm vĩnh cửu.
- Cảm biến vị trí đặt cùng trục với động cơ có chức năng cảm nhận vị trí của rôto và biến đổi tín hiệu đó thành tín hiệu điều khiển xác định thời điểm và thứ tự đổi chiều.
- Bộ phận đổi chiều không chổi than cấu tạo bằng các linh kiện điện tử thực hiện đổi chiều dòng điện của các cuộn cảm trên stato động cơ theo tín hiệu điều khiển từ cảm biến vị trí.

2.2.6.2. Động cơ chấp hành một chiều

a. Đặc điểm

Động cơ chấp hành thường đáp ứng các yêu cầu cơ bản sau:

- Đặc tính làm việc ổn định ở mọi vận tốc.
- Điều chỉnh tốc độ quay dễ dàng, bằng phẳng kinh tế và có phạm vi điều chỉnh rộng.
- Dừng tức thời (động cơ phải dừng ngay lập tức khi mất tín hiệu điều khiển).
- Đáp ứng nhanh.
- Điều khiển tải công suất lớn gắn trên trục với tín hiệu điều khiển bé.

b. Các phương pháp điều khiển động cơ chấp hành một chiều

❖ Điều khiển phản ứng

- Từ thông cuộn kích từ:

$$\phi_{kt} = C_{\phi} \cdot U_{kt} \quad (2.68)$$

Với: C_{ϕ} là hệ số khuếch đại.

- Sức điện động cảm ứng của cuộn dây điều khiển:

$$E_{dk} = C_E \cdot \phi_{kt} \cdot n = C_E \cdot C_{\phi} \cdot U_{kt} \cdot n$$

- Moment quay:

$$\begin{aligned} M &= C_M \cdot C_{\phi} \cdot U_{kt} \cdot I_{kt} \\ &= \frac{C_M \cdot C_{\phi} \cdot U_{kt} \cdot U_{dk} - C_E \cdot C_M \cdot C_{\phi}^2 \cdot U_{kt}^2 \cdot n}{r_{dk}} \\ &= \frac{C_M \cdot C_{\phi} \cdot \alpha \cdot U_{kt}^2 - C_E \cdot C_M \cdot C_{\phi}^2 \cdot U_{kt}^2 \cdot n}{r_{dk}} \end{aligned} \quad (2.69)$$

Với: $\alpha = \frac{U_{dk}}{U_{kt}}$; hệ số tín hiệu.

r_{dk} là điện trở của mạch điện phản ứng.

U_{dk} là điện áp điều khiển.

- Moment mở máy:

$$M_{nm} = M_{(n=0; \alpha=1)} = \frac{C_M \cdot C_\phi \cdot U_{kt}^2}{r_{dk}} \quad (2.70)$$

❖ Điều khiển cực

- Từ thông cuộn dây điều khiển:

$$\phi_{dk} = C_\phi \cdot U_{dk} = C_\phi \cdot \alpha \cdot U_{kt} \quad (2.71)$$

- Sức điện động cảm ứng trong cuộn dây kích từ:

$$E_{kt} = C_E \cdot \phi_{dk} \cdot n = C_E \cdot C_\phi \cdot U_{dk} \cdot n \quad (2.72)$$

- Dòng điện kích từ:

$$I_{kt} = \frac{U_{kt} - E_{kt}}{r_{kt}} \quad (2.73)$$

- Moment quay:

$$\begin{aligned} M &= C_M \cdot \phi_{dk} \cdot I_{kt} \\ &= \frac{C_M \cdot C_\phi \cdot \alpha \cdot U_{kt}^2 - C_E \cdot C_M \cdot C_\phi^2 \cdot \alpha^2 U_{kt}^2 \cdot n}{r_{kt}} \end{aligned} \quad (2.74)$$

- Moment mở máy:

$$M_{nm} = M_{(n=0; \alpha=1)} = \frac{C_M \cdot C_\phi \cdot U_{kt}^2}{r_{kt}} \quad (2.75)$$

2.2.6.3. Máy phát tốc một chiều

- Dòng điện phản ứng:

$$I_F = \frac{U_F}{R_{kt}} \quad (2.76)$$

- Phương trình cân bằng điện áp:

$$U_F = E_F - I_F \cdot r_F - \Delta U_{ch} \quad (2.77)$$

Với: E_F là sức điện động phản ứng.

I_F là dòng điện phản ứng.

r_F là điện trở cuộn ứng.

ΔU_{ch} là điện áp rơi trên chổi than.

- Điện áp ra:

$$U_F = \frac{C_E \cdot \phi \cdot n - \Delta U_{ch}}{1 + \frac{r_F}{R_{kt}}} \quad (2.78)$$

2.3. BÀI TẬP ỨNG DỤNG

2.3.1. BÀI TẬP CÓ LỜI GIẢI

Bài 1. Máy phát điện một chiều có $P_{dm} = 85 \text{ kW}$, $U_{dm} = 230 \text{ V}$, tốc độ $n_{dm} = 1470 \text{ vg/ph}$, hiệu suất $\eta_{dm} = 0,895$. Tính dòng điện, moment cơ và tổng tổn hao công suất của động cơ sơ cấp ở chế độ định mức.

GIẢI:

Với máy phát điện ta có dòng điện định mức:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{85 \times 10^3}{230} = 369,5 \text{ [A]}$$

Công suất cơ của động cơ sơ cấp là:

$$P_{cc} = \frac{P_{dm}}{\eta_{dm}} = \frac{85 \times 10^3}{0,895} = 95 \text{ [kW]}$$

Moment cơ của động cơ sơ cấp theo (2.28):

$$M_{cc} = \frac{P_{cc}}{\omega_{dm}} = \frac{P_{cc}}{\frac{2\pi \times n_{dm}}{60}} = \frac{95 \times 10^3}{153,9} = 0,62 \text{ [kNm]}$$

Tổng tổn hao công suất động cơ sơ cấp:

$$\Delta P = P_{cc} - P_{dm} = 95 - 85 = 10 \text{ [kW]}$$

Bài 2. Máy phát điện một chiều kích từ song song có công suất định mức $P_{dm} = 25 \text{ kW}$, điện áp định mức $U_{dm} = 115 \text{ V}$, điện trở dây quấn kích từ song song $R_{kt} = 12,5 \Omega$, $R_u = 0,02 \Omega$, số đôi mạch nhánh song song $a = 2$, số cực $2p = 4$, tổng số thanh dẫn $N = 300$, tốc độ quay $n = 1300 \text{ vg/ph}$.

a. Tính sức điện động E_u và từ thông ϕ .

b. Khi I_{kt} là hằng số, tính điện áp đầu cực máy phát khi dòng điện giảm xuống đến giá trị $I = 80 \text{ A}$ (bỏ qua phản ứng phần ứng).

GIẢI:

a. Sức điện động E_u và từ thông Φ

Dòng điện định mức chạy trong dây quấn stato:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{25 \times 10^3}{115} = 217,4 \text{ [A]}$$

Do kích từ song song nên điện áp kích từ chính bằng điện áp trên hai đầu cực của máy phát nên dòng điện kích từ là:

$$I_{kt//} = \frac{U_{dm}}{R_{kt//}} = \frac{115}{12,5} = 9,2 \text{ [A]}$$

Vì máy phát kích từ song song nên ta có:

$$I_u = I_{kt//} + I = 217,4 + 9,2 = 226,6 \text{ [A]}$$

Theo phương trình mô tả máy điện một chiều kích từ song song ta có sức điện động:

$$E_u = U + I_u R_u = 115 + (226,6 \times 0,02) = 119,5 \text{ [V]}$$

Từ thông Φ tính theo công thức (2.8):

$$\Phi = \frac{60 \cdot a \cdot E}{p \cdot N \cdot n} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 119,5}{2 \cdot 300 \cdot 1300} = 0,018 \text{ [Wb]}$$

b. Khi dòng điện giảm xuống còn 80 A thì

Dòng điện phần ứng:

$$I_u = 80 + 9,2 = 89,2 \text{ [A]}$$

Từ phương trình cân bằng điện áp suy ra:

$$U_{dm} = E_u - I_u R_u = 119,5 - (89,2 \times 0,02) = 117,7 \text{ [V]}$$

Bài 3. Một máy phát điện một chiều kích từ hỗn hợp có dòng điện phụ tải $I = 100$ A, điện áp 220 V, điện trở phần ứng $R_u = 0,07 \Omega$, điện trở mạch kích từ $R_{ktnt} = 0,05 \Omega$, $R_{kt//} = 20 \Omega$.

- Tính E_u trong dây quấn phần ứng máy phát.
- Xác định các tổn hao ΔP_u , ΔP_{ktnt} , $\Delta P_{kt//}$.
- Xác định công suất đầu ra của máy phát và hiệu suất của nó.

GIẢI:

- Tính E_u trong dây quấn phần ứng máy phát

Từ sơ đồ mạch tương đương của phần ứng máy phát điện như Hình 2.8 ta có:

$$U - (I_{ktnt} \times R_{ktnt}) = I_{kt//} \times R_{kt//}$$

Suy ra:

$$I_{kt//} = \frac{U - (I_{ktnt} \times R_{ktnt})}{R_{kt//}} = \frac{220 - (100 \times 0,05)}{20} = 10,7 \text{ [A]}$$

Vì máy điện một chiều kích từ hỗn hợp nên :

$$I_u = I_{kt//} + I = 10,7 + 100 = 110,7 \text{ [A]}$$

$$E_u = U + I_u R_u + I_{ktnt} R_{ktnt} = 232,7 \text{ [V]}$$

- Các tổn hao ΔP_u , ΔP_{ktnt} , $\Delta P_{kt//}$

Tổn hao trong dây quấn phần ứng:

$$\Delta P_u = I_u^2 R_u = 110,7^2 \times 0,07 = 858 \text{ [W]}$$

Tổn hao dây quấn kích từ song song và nối tiếp:

$$\Delta P_{kt//} = I_{kt//}^2 \times R_{kt//} = 10,7^2 \times 20 = 2289,8 \text{ [W]}$$

$$\Delta P_{ktnt} = I_{ktnt}^2 \times R_{ktnt} = 100^2 \times 0,05 = 500 \text{ [W]}$$

- Công suất đầu ra của máy phát và hiệu suất

$$P_2 = U \times I = 220 \times 100 = 22 \text{ [kW]}$$

Theo công thức (2.18) ta có hiệu suất:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{\text{ur}} + \Delta P_{\text{ktnc}} + \Delta P_{\text{kt//}}} = \frac{22000}{22000 + 858 + 500 + 2289,8} = 0,86$$

Bài 4. Một máy phát điện một chiều kích từ nối tiếp có dòng điện mạch ngoài $I = 25 \text{ A}$, điện áp 220V , hiệu suất điện $0,92$. Tính:

- Tổng trở $R_{\text{ur}} + R_{\text{kt}}$.
- Sức điện động phản ứng E_{ur} .

GIẢI:

- Tổng trở $R_{\text{ur}} + R_{\text{kt}}$

Do máy phát điện được kích từ nối tiếp nên:

$$I_{\text{ur}} = I = I_{\text{kt}}$$

Từ công thức (2.18) ta có:

$$\Delta P_{\text{ur}} + \Delta P_{\text{ktnc}} = \frac{P_2 \times (1 - \eta)}{\eta}$$

Tổng điện trở mạch phản ứng:

$$R_{\text{ur}} + R_{\text{kt}} = \frac{P_2 \times (1 - \eta)}{I \times \eta} = \frac{220 \times 25 \times (1 - 0,92)}{25^2 \times 0,92} = 0,76 [\Omega]$$

- Sức điện động phản ứng E_{ur} .

Từ phương trình (2.43) ta có:

$$E_{\text{ur}} = U + I_{\text{ur}}(R_{\text{ur}} + R_{\text{ktnc}}) = 220 + (25 \times 0,76) = 239 [\text{V}]$$

Bài 5. Một động cơ điện một chiều kích từ song song có số liệu như sau: $U_{\text{dm}} = 220\text{V}$, $R_{\text{ur}} = 0,4 \Omega$, dòng điện định mức của động cơ $I_{\text{dm}} = 52 \text{ A}$, điện trở mạch kích từ $R_{\text{kt}} = 110 \Omega$ và tốc độ không tải lý tưởng $n_0 = 1100 \text{ vg/ph}$.

- Tính sức điện động phản ứng lúc tải định mức.
- Tốc độ động cơ lúc tải định mức.
- Công suất điện từ và moment điện từ lúc tải định mức, biết $I_{\text{dm}} = I_{\text{ur}} + I_{\text{kt}}$.

GIẢI:

- Sức điện động phản ứng lúc tải định mức

Động cơ kích từ song song nên điện áp kích từ bằng điện áp phần ứng.

Dòng điện kích từ:

$$I_{kt//} = \frac{U_{đm}}{R_{kt//}} = \frac{220}{110} = 2 [A]$$

Dòng điện phần ứng động cơ điện một chiều:

$$I_u = I_{đm} - I_{kt//} = 52 - 2 = 50 [A]$$

Vì động cơ điện kích từ song song nên sức điện động phần ứng là:

$$E_u = U - I_u R_u = 220 - (50 \times 0,4) = 200 [V]$$

b. Tốc độ động cơ lúc tải định mức

Theo công thức (2.5) ta có sức điện động phần ứng lúc không tải:

$$E_{0u} = C_E \cdot \phi_g \cdot n_0$$

Và lúc tải định mức phần ứng có sức điện động:

$$E_{đm} = C_E \cdot \phi_g \cdot n_{đm}$$

Lập tỉ số sức điện động giữa hai phương trình trên:

$$\frac{E_{0u}}{E_{đm}} = \frac{C_E \cdot \phi_g \cdot n_0}{C_E \cdot \phi_g \cdot n_{đm}}$$

Suy ra tốc độ lúc tải định mức là:

$$n_{đm} = n_0 \times \frac{E_{đm}}{E_{0u}} = 1100 \times \frac{200}{220} = 1000 [vg/ph]$$

c. Công suất điện từ và moment điện từ lúc tải định mức, biết $I_{đm} = I_u + I_{kt}$

Suy ra:

$$I_u = I_{đm} - I_{kt//} = 52 - 2 = 50 [A]$$

Công suất điện từ:

$$P_{đt} = E_u \times I_u = 200 \times 50 = 10 [kW]$$

Moment điện từ lúc tải định mức tính theo công thức (2.8):

$$M_{dt} = \frac{10 \times 10^3}{\frac{2 \times \pi \times 1000}{60}} = 95,5 [Nm]$$

Bài 6. Một động cơ điện một chiều kích từ song song công suất định mức $P_{dm} = 5,5 \text{ kW}$, $U_{dm} = 110 \text{ V}$, $I_{dm} = 58 \text{ A}$, $n_{dm} = 1470 \text{ vg/ph}$. Điện trở phần ứng $R_u = 0,15 \Omega$, điện trở mạch kích từ $R_{kt} = 137 \Omega$, điện áp giáng trên chổi than $2\Delta U_{tx} = 2 \text{ V}$. Tính sức điện động phần ứng, dòng điện phần ứng và moment điện từ.

GIẢI:

Dòng điện kích từ:

$$I_{kt//} = \frac{U}{R_{kt//}} = \frac{110}{137} = 0,8 [A]$$

Dòng điện phần ứng:

$$I_u = I_{dm} - I_{kt//} = 58 - 0,8 = 57,2 [A]$$

Vậy sức điện động phần ứng:

$$E_u = U - I_u R_u - 2\Delta U_{tx} = 110 - (57,2 \times 0,15) - 2 = 99,4 [V]$$

Moment điện từ theo công thức (2.8):

$$M_{dt} = \frac{99,4 \times 57,2}{\frac{2\pi \times 1470}{60}} = 36,9 [Nm]$$

Bài 7. Một máy phát điện một chiều kích từ song song, điện áp định mức $U_{dm} = 115 \text{ V}$, cung cấp dòng điện $I = 98,3 \text{ A}$ cho tải. Điện trở phần ứng $R_u = 0,0735 \Omega$, điện trở dây quấn kích từ song song $R_{kt//} = 19 \Omega$. Tổn hao cơ, sắt từ và phụ bằng 4% công suất điện.

a. Xác định E_u và η của máy ở chế độ tải trên.

b. Tính dòng điện ngắn mạch khi ngắn mạch hai đầu cực máy phát. Cho biết từ thông dư bằng 3% từ thông của máy ở chế độ tải trên và tốc độ của máy không đổi.

GIẢI:

a. Dòng điện kích từ:

$$I_{kt//} = \frac{U}{R_{kt//}} = \frac{115}{19} = 6,05 [A]$$

Dòng điện phản ứng:

$$I_u = I + I_{kt//} = 98,3 + 6,05 = 104,35 [A]$$

Suất điện động phản ứng:

$$E_u = U + I_u R_u = 115 + 104,35 \times 0,0735 = 122,7 [V]$$

Tổn hao trong dây quấn kích từ song song:

$$\Delta P_{kt//} = I_{kt//}^2 \times R_{kt//} = 6,05^2 \times 19 = 695 [W]$$

Tổn hao trong dây quấn phản ứng:

$$\Delta P_u = I_u^2 \times R_u = 104,35^2 \times 0,0735 = 800 [W]$$

Tổn hao phụ:

$$\Delta P_f = 4\%P = 0,04 \times 115 \times 98,3 = 452 [W]$$

Hiệu suất:

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_1}{\Delta P_u + \Delta P_{kt//} + \Delta P_f + P_1} = 0,853$$

b. Khi ngắn mạch đầu cực, dòng điện ngắn mạch chạy trong dây quấn phản ứng:

$$I_u = \frac{E_u}{R_u} = \frac{3,7}{0,0735} = 50 [A]$$

Trong đó:

$$E_u = k_e n \phi_{du} = 0,03 k_e n \phi_{m\grave{a}y} = 0,03 E_u = 0,03 \times 122,7 = 3,7 V$$

Ở máy phát kích từ song song, dòng điện ngắn mạch nhỏ hơn dòng điện định mức.

Bài 8. Một máy điện kích từ song song, công suất định mức $P_{dm} = 25 \text{ kW}$, điện áp định mức $U_{dm} = 115 \text{ V}$, có các thông số sau: điện trở dây quấn phản ứng $R_u = 0,0238 \Omega$, $R_{kt//} = 12,5 \Omega$, số đôi nhánh $a = 2$, số đôi cực từ $p = 2$, số thanh dẫn $N = 300$, tốc độ quay $n = 1300 \text{ vg/ph}$.

a. Xác định E_u và ϕ .

b. Giả sử dòng điện kích từ không đổi, bỏ qua phản ứng phần ứng. Hãy xác định điện áp đầu cực máy khi dòng điện giảm xuống $I = 80,8A$.

GIẢI:

a. Xác định E_u và ϕ .

Dòng điện định mức:

$$I_{dm} = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{25}{115} = 217,4 [A]$$

Dòng điện kích từ:

$$I_{kt//} = \frac{U_{dm}}{R_{kt//}} = \frac{115}{12,5} = 9,2 [A]$$

Dòng điện phản ứng:

$$I_u = I_{dm} + I_{kt} = 217,4 + 9,2 = 226,6 [A]$$

Suất điện động của máy:

$$E_u = U + I_u R_u = 115 + 226,6 \times 0,0238 = 120,4 [V]$$

Từ thông:

$$\phi = \frac{60 \times a \times E_u}{PNn} = 1,85 \times 10^{-3} [Wb]$$

b. Dòng điện phản ứng:

$$I_u = I + I_{kt//} = 80,8 + 9,2 = 90 [A]$$

Điện áp đầu cực:

$$U = E_u - I_u R_u = 120,4 - 90 \times 0,0238 = 118,3 [V]$$

Bài 9: Một động cơ điện một chiều kích từ song song có $U_{dm} = 220V$, $R_u = 0,4\Omega$, $I_{dm} = 52A$, $R_{kt} = 110\Omega$, tốc độ không tải $n_0 = 1100$ vg/ph. Hãy tính:

a. E_u lúc tải định mức.

b. Tốc độ lúc tải định mức.

c. P_{dt} , M_{dt} lúc tải định mức.

GIẢI:

a. Tính E_u

Theo công thức (2.48) ta có dòng điện phần ứng:

$$I_u = I_{dm} - I_{kt//} = I_{dm} - \frac{U_{dm}}{R_{kt//}} = 52 - \frac{220}{110} = 50 \text{ A}$$

Theo công thức (2.48) ta có sức điện động phần ứng:

$$E_u = U - I_u R_u = 220 - 50 \times 0,4 = 200 \text{ V}$$

b. Tính tốc độ tải định mức

Dòng kích từ không thay đổi nên từ thông không đổi.

Theo công thức (2.7) ta có:

$$\frac{E_0}{E_u} = \frac{C_E \phi_{\delta} n_0}{C_E \phi_{\delta} n_{dm}} = \frac{n_0}{n_{dm}}$$
$$\Rightarrow n_{dm} = n_0 \frac{E_u}{E_0} = n_0 \frac{E_u}{U_{dm}} = 1100 \times \frac{200}{220} = 1000 \text{ vg/ph}$$

c. Tính P_{dt} , M_{dt} lúc tải định mức

Công suất điện từ:

$$P_{dt} = E_u I_u = 200 \times 50 = 10000 \text{ W} = 10 \text{ kW}$$

Moment điện từ:

$$M_{dt} = 9,55 \frac{P_{dt}}{n_{dm}} = 9,55 \frac{10000}{1000} = 95,5 \text{ N.m}$$

Bài 10: Một động cơ điện một chiều kích từ hỗn hợp có $R_u = 0,06\Omega$; $R_{kt//} = 125\Omega$; $R_{knt} = 0,04\Omega$ khi làm việc với điện áp $U = 250\text{V}$, dòng điện $I = 200\text{A}$, mômen định mức $M_{dt} = 696\text{Nm}$. Hãy tính:

a. Công suất động cơ điện tiêu thụ.

b. Tốc độ n của động cơ.

GIẢI:

a. Tính công suất động cơ điện tiêu thụ

Công suất động cơ điện tiêu thụ:

$$P = UI = 250 \times 200 = 50000 \text{ W} = 50 \text{ kW}$$

b. Tính tốc độ của động cơ

Theo công thức (2.50) ta có dòng điện phản ứng:

$$I_{\text{ur}} = I - I_{\text{kt//}} = I - \frac{U}{R_{\text{kt//}}} = 200 - \frac{250}{125} = 198 \text{ A}$$

Từ công thức (2.50) suy ra sức điện động phản ứng:

$$\begin{aligned} E_{\text{ur}} &= U - I_{\text{ur}}R_{\text{ur}} - I_{\text{ktmt}}R_{\text{ktmt}} = 250 - 198 \times 0,06 - 200 \times 0,04 \\ &= 230,12 \text{ V} \end{aligned}$$

Công suất điện từ:

$$P_{\text{đt}} = E_{\text{ur}}I_{\text{ur}} = 230,12 \times 198 = 45563,76 \text{ W}$$

Từ công thức (2.14) suy ra tốc độ của động cơ:

$$n = 9,55 \frac{P_{\text{đt}}}{M_{\text{đt}}} = 9,55 \times \frac{45563,76}{696} = 625,2 \text{ vg/ph}$$

2.3.2. BÀI TẬP CÓ ĐÁP SỐ

Bài 1. Một động cơ điện một chiều kích từ song song có số liệu sau: $P_{\text{đm}} = 96 \text{ kW}$, $U_{\text{đm}} = 440 \text{ V}$, $R_{\text{ur}} = 0,078 \Omega$, $I_{\text{đm}} = 255 \text{ A}$, dòng điện mạch kích từ $I_{\text{kt}} = 5 \text{ A}$, $n_{\text{đm}} = 500 \text{ vg/ph}$. Xác định các thông số sau:

a. Moment định mức ở đầu trục M_2 .

b. Moment điện từ khi tải định mức.

c. Tốc độ quay không tải lý tưởng ($I_{\text{ur}} = 0$) biết $I_{\text{đm}} = I_{\text{urđm}} + I_{\text{ktđm}}$.

Đáp số: a. $M_2 = 1833,6 \text{ [Nm]}$.

b. $M_{\text{đt}} = 2007,9 \text{ [Nm]}$.

c. $n_0 = 500 \text{ [vg/ph]}$.

Bài 2. Máy phát điện một chiều có số đôi cực $2p = 6$, số phần tử dây quấn phần ứng $S = 100$, mỗi phần tử có $w_s = 2$ vòng, từ thông dưới mỗi cực từ $\Phi = 0,012 \text{ Wb}$, tốc độ quay $n = 1000 \text{ vg/ph}$. Xác định:

- Sức điện động phần ứng nếu dây quấn phần ứng có dạng dây quấn xếp đơn giản.
- Sức điện động phần ứng nếu dây quấn phần ứng có dạng dây quấn sóng đơn giản.

Đáp số: a. $E_{u1} = 80 \text{ [V]}$; b. $E_{u2} = 240 \text{ [V]}$.

Bài 3. Động cơ điện một chiều kích từ độc lập, dây quấn phần ứng dạng sóng đơn có số thanh dẫn $N = 800$, điện trở $R_u = 0,4 \Omega$, số cực $2p = 4$, từ thông dưới mỗi cực từ $\Phi = 0,05 \text{ Wb}$, điện áp đặt vào động cơ $U = 500 \text{ V}$, dòng điện phụ tải $I = 100 \text{ A}$.
Tính :

- Tốc độ quay.
- Moment quay.

Đáp số: a. 345 [vg/ph] ; b. $1273,3 \text{ [Nm]}$.

Bài 4. Cho một máy phát điện kích từ song song có $P_{dm} = 27 \text{ kW}$, $U_{dm} = 115 \text{ V}$, $n_{dm} = 1150 \text{ vg/ph}$, $I_{kt//} = 5 \text{ A}$, hiệu suất $\eta_{dm} = 86\%$. Điện trở trong mạch phần ứng $R_u = 0,02 \Omega$, $2\Delta U_{tx} = 2 \text{ V}$.

- Nếu sử dụng làm động cơ điện (bỏ qua tác dụng phản ứng phần ứng) với $U_{dm} =$

110 V , $P_{dm} = 25 \text{ kW}$, $\eta = 0,86$ và tỉ lệ $\frac{\Phi_D}{\Phi_F} = \frac{4,7}{5}$. Hãy tính tốc độ n .

- Sự biến đổi của tốc độ từ tải đầy đến không tải.

Đáp số: a. $n = 1032 \text{ [vg/ph]}$.

b. $n_0 = 1104 \text{ [vg/ph]}$.

Câu 5: Một máy phát một chiều kích từ song song, điện trở dây quấn phần ứng bằng $0,25 \Omega$, điện trở mạch kích từ bằng 44Ω , điện trở tải bằng 4Ω . Điện áp đặt lên tải 220 V . Tính:

- Dòng điện phần ứng.

b. Sức điện động của máy.

Đáp số: a. $I_{\text{ur}} = 60 \text{ [A]}$.

b. $E_{\text{ur}} = 235 \text{ [v]}$.

2.4. CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

Câu 1. Phản ứng phần ứng trong máy điện một chiều sẽ làm? Hãy chọn câu đúng trong các lựa chọn sau:

- a. Giảm từ trường trong máy.
- b. Giảm tốc độ động cơ.
- c. Giảm điện áp máy phát phát ra.
- d. Tất cả các câu trên.

Câu 2. Dây quấn xếp đơn trong máy điện một chiều có số đôi cực từ và số đôi mạch nhánh song song thế nào? Hãy chọn câu đúng trong các lựa chọn sau:

- | | |
|-------------|------------|
| a. $a = 2p$ | c. $a < p$ |
| b. $a = p$ | d. $a > p$ |

Câu 3. Để khắc phục hậu quả của phản ứng phần ứng trong máy điện một chiều người ta? Hãy chọn câu đúng nhất trong các lựa chọn sau:

- a. Dùng cực từ phụ và dây quấn bù mắc nối tiếp dây quấn phần ứng.
- b. Dây quấn bù mắc nối tiếp dây quấn phần ứng.
- c. Dùng cực từ phụ và dây quấn bù mắc nối tiếp dây quấn phần ứng, nhưng từ trường ngược chiều với từ trường phần ứng.
- d. Dùng cực từ phụ và dây quấn bù mắc nối tiếp dây quấn phần ứng, nhưng từ trường cùng chiều với từ trường phần ứng.

Câu 4. Để điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều người ta dùng biện pháp? Hãy chọn câu đúng nhất trong các lựa chọn sau:

- a. Thay đổi điện áp đặt vào dây quấn phần ứng.
- b. Thay đổi từ thông.

- c. Thay đổi điện trở phụ trên mạch phản ứng.
- d. Tất cả các phương pháp trên.

Câu 5. Máy phát điện một chiều loại nào có thể dùng làm máy hàn điện? Hãy chọn câu đúng nhất trong các lựa chọn sau:

- a. Máy phát một chiều kích từ độc lập.
- b. Máy phát một chiều kích từ song song.
- c. Máy phát một chiều kích từ nối tiếp.
- d. Máy phát một chiều kích từ hỗn hợp.

Câu 6. Động cơ điện một chiều loại nào có đường đặc tính cơ dạng Hypecbol? Hãy chọn câu đúng trong các lựa chọn sau:

- a. Kích từ độc lập.
- b. Kích từ song song.
- c. Kích từ nối tiếp.
- d. Kích từ hỗn hợp.

Câu 7. Khi máy điện một chiều làm việc ở chế độ máy phát điện thì:

- a. Moment điện từ và tốc độ ngược chiều.
- b. Moment điện từ và dòng điện cùng chiều.
- c. Tốc độ quay và sức điện động cùng chiều.
- d. Dòng điện và sức điện động ngược chiều.

Câu 8. Dây quấn sóng đơn trong máy điện một chiều có số đôi mạch nhánh song song là :

- a. $a = 2$
- b. Tất cả đều sai.
- c. $a = 3$
- d. $a = 1$

Câu 9. Sức điện động của máy điện một chiều được tính bằng công thức nào sau đây ?

a. $E = \frac{P \times N}{60a} \times \Phi .$

b. $E = \frac{P \times N}{60a} \times n \times \Phi .$

c. $E = \frac{P \times N}{60na} \times \Phi.$

d. Tất cả đều đúng.

Câu 10. Hiệu suất của máy phát điện một chiều là:

a. $\eta = \frac{P_1}{P_2}$

b. $\eta = \frac{P_{dt}}{P_2}$

c. $\eta = \frac{P_2}{P_1}$

d. Tất cả đều đúng.

Câu 11. Nguyên nhân gây ra tia lửa điện trong động cơ điện một chiều khi Roto quay là:

- a. Phản ứng phần ứng khi có tải làm từ trường phân bố không đều, cục bộ.
- b. Vật liệu cơ cấu chổi than không đồng nhất với kết cấu cổ góp.
- c. Lực ép chổi than và cổ góp không phù hợp.
- d. Tất cả đều đúng.

Câu 12. Công suất điện từ của động cơ điện một chiều được tính:

a. $P_{dt} = E_u \times I_u$

b. $P_{dt} = U \times I$

c. $P_{dt} = M \times \omega$

d. Tất cả đều đúng.

Câu 13. Khi máy điện một chiều làm việc ở trạng thái máy phát thì:

a. $I_u = \frac{E_u - U}{R_u} > 0$ và E_u , I_u cùng chiều.

b. $I_u = \frac{E_u - U}{R_u} > 0$ và E_u , I_u ngược chiều.

c. $I_u = \frac{E_u - U}{R_u} < 0$ và E_u , I_u cùng chiều.

d. $I_u = \frac{E_u - U}{R_u} < 0$ và E_u , I_u ngược chiều.

Câu 14. Điều kiện để các máy phát điện một chiều làm việc song song với nhau là:

- a. Điện áp giữa các máy phát và lưới phải cùng cực tính.
- b. Điện áp không tải của máy phát điện bằng điện áp lưới.
- c. Phải có dây nối cân bằng nếu là máy kích từ hỗn hợp.

d. Tất cả đều đúng.

Câu 15. Khi máy điện một chiều làm việc ở trạng thái động cơ thì:

a. $I_u = \frac{E_u - U}{R_u} > 0$ và E_u , I_u cùng chiều.

b. $I_u = \frac{E_u - U}{R_u} < 0$ và E_u , I_u ngược chiều.

c. $I_u = \frac{E_u - U}{R_u} > 0$ và E_u , I_u ngược chiều.

d. Tất cả đều sai.

Câu 16. Các phương pháp cải thiện đổi chiều trong máy điện một chiều:

a. Sử dụng cực từ phụ.

b. Sử dụng dây quấn bù.

c. Xê dịch chổi than khỏi vùng trung tính hình học.

d. Tất cả đều đúng.

Câu 17. Các phương pháp mở máy động cơ điện một chiều gồm? Hãy lựa chọn câu đúng trong các đáp án sau :

a. Mở máy trực tiếp.

b. Mở máy dùng biến trở.

c. Mở máy dùng biến áp tự ngẫu.

d. Cả câu a và b đều đúng.

Câu 18. Trong máy phát điện một chiều kích từ song song thì:

a. $U = E - I_u R_u$ và $I_u = I + I_{kt//}$.

b. $U = E + I_u R_u$ và $I_u = I + I_{kt//}$.

c. $U = E - I_u R_u$ và $I_u = I = I_{kt//}$.

d. Cả a và c đều đúng.

Câu 19. Máy phát điện một chiều có dòng ngắn mạch nhỏ hơn dòng định mức là?

Hãy chọn câu đúng trong các lựa chọn sau:

a. Máy phát kích từ độc lập.

- b. Máy phát kích từ song song.
- c. Máy phát kích từ nối tiếp.
- d. Máy phát kích từ hỗn hợp.

Câu 20. Điều kiện làm việc ổn định của động cơ điện một chiều là:

- a. $\frac{dM_D}{dn} < \frac{dM_C}{dn}$
- b. $\frac{dM_D}{ds} < \frac{dM_C}{ds}$
- c. $\frac{dM_D}{dn} < \frac{dM_C}{dn}$
- d. Tất cả đều đúng.

Câu 21. Công suất định mức ghi trên nhãn của máy phát, động cơ một chiều được hiểu là :

- a. Công suất điện phát ra nếu là máy phát, công suất điện nhận vào nếu là động cơ.
- b. Công suất điện phát ra nếu là máy phát, công suất cơ đầu trục nếu là động cơ.
- c. Công suất cơ nhận vào nếu là máy phát, công suất điện nhận vào nếu là động cơ.
- d. Công suất cơ nhận vào nếu là máy phát, công suất cơ đầu trục nếu là động cơ.

Câu 22. Dây quấn phần ứng máy điện một chiều gồm :

- a. Dây quấn xếp, dây quấn sóng, dây quấn hỗn hợp.
- b. Dây quấn xếp đơn, dây quấn xếp phức tạp.
- c. Dây quấn sóng đơn, dây quấn sóng phức tạp.
- d. Tất cả các trường hợp trên.

Câu 23. Từ trường tản cực từ trong máy điện một chiều thường chiếm:

- a. Từ 1% đến 5% từ trường cực từ do dòng kích từ sinh ra.
- b. Từ 10% đến 25% từ trường cực từ do dòng kích từ sinh ra.
- c. Từ 25% đến 50% từ trường cực từ do dòng kích từ sinh ra.
- d. Từ 1% đến 30% từ trường cực từ do dòng kích từ sinh ra.

Câu 24. Tính chất của từ trường phần ứng trong máy điện một chiều:

- a. Là từ trường tĩnh (đứng yên) có trục trùng với trục của chổi than và do dòng điện trong dây quấn phần ứng sinh ra.
- b. Là từ trường tĩnh (đứng yên) có trục trùng với đường trung tính hình học và do dòng điện trong dây quấn phần ứng sinh ra.
- c. Là từ trường tĩnh (đứng yên) có trục trùng với trục cực và do dòng điện trong dây quấn phần ứng sinh ra.
- d. Là từ trường quay và do dòng điện trong dây quấn phần ứng sinh ra.

Câu 25. Phản ứng phần ứng dọc trục khử từ trong máy điện một chiều xuất hiện khi nào:

- a. Khi chổi than nằm trên đường trung tính hình học.
- b. Khi chổi than nằm lệch khỏi đường trung tính hình học.
- c. Khi chổi than nằm lệch khỏi đường trung tính hình học theo chiều quay của máy phát hoặc ngược chiều quay của động cơ.
- d. Khi chổi than nằm lệch khỏi đường trung tính hình học theo chiều quay của động cơ hoặc ngược chiều quay của máy phát.