



电机与拖动**课件**之二

直流电机

胡梦月、韩谷静

纺大电子电气



章节目录

1.1 直流电机的基本工作原理与结构

1.2 直流电机电枢绕组简介

1.3 直流电机的电枢反应

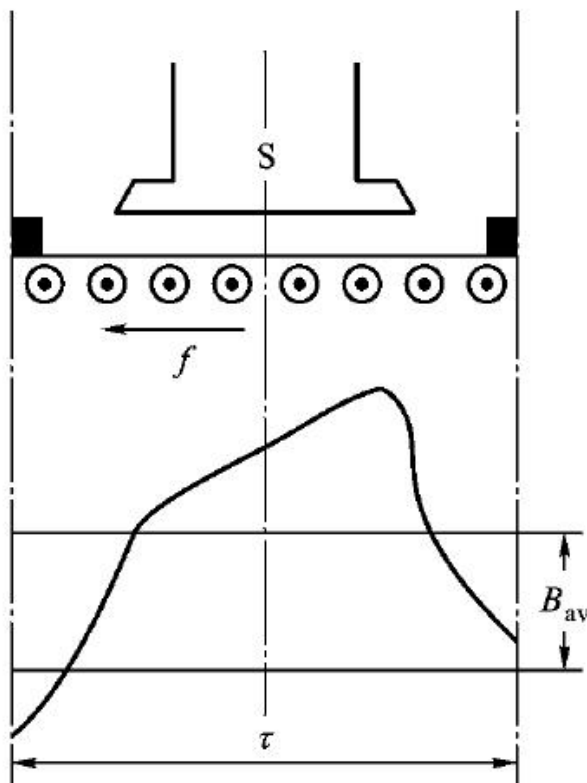
1.4 直流电机的电枢电动势和电磁转矩

1.5 直流电机的换向

1.6 直流发电机

1.7 直流电动机

- 直流电机电枢绕组的感应电动势指直流电机正负电刷之间的感应电动势，也就是电枢绕组里每条并联支路的感应电动势。



取一个极下气隙磁通密度的平均值为 B_{av} ，则一根导体的在一个极距范围内所产生的平均电动势 e_{av} 为：

$$e_{av} = B_{av} l v$$

式中， l 为电枢导体的有效长度（槽内部分）； v 为电枢表面的线速度
平均磁感应强度

$$\text{由 } B_{av} = \frac{\Phi}{\tau l} \quad v_{av} = \frac{n}{60} 2 p \tau$$

$$\text{故 } e_{av} = \frac{\Phi}{\tau l} l \frac{n}{60} 2 p \tau = \frac{2 p}{60} \Phi n \quad \rightarrow \text{转速}$$

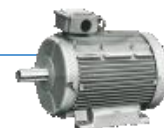


设电枢绕组总的导体数为 N , $N=2SN_c$, 则每一条并联支路总的串联导体数为 $N/2a$,因而电枢绕组的感应电动势为:

$$E_a = \frac{N}{2a} e_{av} = \frac{N}{2a} \frac{2p}{60} \Phi n = \frac{pN}{60a} \Phi n = C_e \Phi n$$

式中 $C_e = \frac{pN}{60a} \longrightarrow$ **直流电机的电动势常数**

每极磁通 Φ 的单位用Wb, 转速单位用r/min, 电动势 E_a 的 单位为V



→ 磁极对数 $p = 2$

例：已知一台10kW, 4极, 2800r/min的直流发电机, 电枢绕组是单波绕组, 整个电枢总导体数为380。当发电机发出的电动势 $E_a = 250\text{V}$ 时, 求这时气隙每极磁通量 Φ 是多少? $a=1$, 只有两条并联支路

解：该直流电机的磁极对数 $p=2$, 又单波绕组的并联支路对数 $a=1$, 故:

$$C_e = \frac{pN}{60a} = \frac{2 \times 380}{60 \times 1} = 12.67$$

磁极对数 p 指向分子中的 p 。
电枢总导体数 N 指向分子中的 N 。
并联支路对数 a 指向分母中的 a 。

则气隙每极磁通 Φ 为:

$$\Phi = \frac{E_a}{C_e n} = \frac{250}{12.67 \times 2800} \text{Wb} = 7.047 \times 10^{-3} \text{Wb}$$



➤ **定义：**电枢绕组中有电枢电流流过时,在磁场内受电磁力的作用,该力与电枢铁心半径之积称为电磁转矩。

电机电枢绕组中的载流导体受到磁场的安培力 f 作用, f 的方向由左手定则确定

$$f_x = B_x l i_a$$

一根导体所受电磁力的大小:

$$\tau = \frac{\pi D}{2p}$$

将气隙合成磁场看成均匀的, 气隙磁通密度用平均值 B_{av} 表示, 则每根导体所受电磁力的平均值为:

每根导体所受电磁力形成的电磁转矩, 其大小

$$f_{av} = B_{av} l i_a$$

$$T_{av} = f_{av} \frac{D}{2}$$

D 为电枢外径



➤ 电枢绕组的电磁转矩:

$$T = NT_{av} = NB_{av} l i_a \frac{D}{2} = N \frac{\Phi}{\tau l} l \frac{I_a}{2a} \frac{1}{2} \frac{2p\tau}{\pi} = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_a = C_T \Phi I_a$$

➤ 式中:

$$C_T = \frac{pN}{2\pi a}$$

直流电机的转矩常数

➤ 每极磁通 Φ 的单位为Wb, 电流单位用A时, 电磁转矩 T 的单位为 N_m

➤ 电动势常数 C_e 和转矩常数 C_T 之间的关系

$$C_T = \frac{60a}{2\pi a} C_e = 9.55 C_e$$

$$C_e = \frac{2\pi a}{60a} C_T = 0.105 C_T$$



例：已知一台四极直流电动机额定功率为100kW，额定电压为330V，额定转速为720r/min，额定效率为0.915，单波绕组，电枢总导体数为186，额定每极磁通为 $6.98 \times 10^{-2} \text{Wb}$ ，求额定电磁转矩？

解：转矩常数

$$C_T = \frac{pN}{2a\pi} = \frac{2 \times 186}{2 \times 1 \times 3.1416} = 59.2$$

额定电流

$$I_N = \frac{P_N}{U_N \eta_N} = \frac{100 \times 10^3}{330 \times 0.915} \text{A} = 331 \text{A}$$

额定电磁转矩

$$T_N = C_T \Phi_N I_N = 59.2 \times 6.98 \times 10^{-2} \times 331 \text{Nm} = 1367.7 \text{Nm}$$

磁极对数

电枢总导体数

并联支路数

电动机额定功率

$$P_N = I_N U_N \eta_N$$

电动机



小结

电枢电动势 $E_a = \frac{pN}{60a} \Phi n = C_E \Phi n$

电磁转矩 $T_{em} = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_a = C_T \Phi I_a$