

转子转速与角速度之间的折算

将电机转子转速记为 n ，其单位为 $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ ，那么1秒中电机转子旋转圈数为 $\frac{n}{60}$ 。将电机转

子角速度记为 ω_r ，其单位为 $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ，那么1秒中电机转子旋转圈数为 $\frac{\omega_r}{2\pi}$ 。由此得到式(1):

$$\frac{n}{60} = \frac{\omega_r}{2\pi} \quad (1)$$

由式(1)可以分别得到式(2)和(3):

$$\omega_r = \frac{\pi}{30} n \quad (2)$$

$$n = \frac{30}{\pi} \omega_r \quad (3)$$

式(2)和(3)给出了电机转子转速与角速度之间的折算关系。

额定稳态工况下，它励直流电动机转子 d 轴磁链的求取

式(4)给出了它励直流电动机在稳态工况下的电压方程:

$$u_q = \omega_r \psi_d + R_a i_q \quad (4)$$

在额定稳态工况下，将它励直流电动机的转子 q 轴绕组电压记为 U_N ，电流记为 $I_{a,N}$ ，转子角速度记为 $\omega_{r,N}$ ，再根据式(4)可以得到式(5):

$$\begin{aligned} U_N &= \omega_{r,N} \psi_d + R_a I_{a,N} \\ \omega_{r,N} \psi_d &= U_N - R_a I_{a,N} \\ \psi_d &= \frac{U_N}{\omega_{r,N}} - \frac{R_a}{\omega_{r,N}} I_{a,N} \end{aligned} \quad (5)$$

把式(2)代入式(5)，得到式(6)

$$\psi_d = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{U_N}{n_N} - \frac{30}{\pi} \cdot \frac{R_a}{n_N} I_{a,N} \quad (6)$$

式(6)基于它励直流电动机的铭牌参数和额定稳态工况下的状态量，实现了转子 d 轴磁链的求取。

它励直流电动机的固有机电特性

式(7)给出了它励直流电动机在稳态工况下的电压方程:

$$u_q = \omega_r \psi_d + R_a i_q \quad (7)$$

式(8)给出了它励直流电动机的电磁转矩:

$$T_e = \psi_d i_q \quad (8)$$

由式(8)可以得到式(9):

$$i_q = \frac{1}{\psi_d} T_e \quad (9)$$

将式(9)代入式(7)，得到式(10):

$$\begin{aligned} u_q &= \omega_r \psi_d + \frac{R_a}{\psi_d} T_e \\ \omega_r \psi_d &= u_q - \frac{R_a}{\psi_d} T_e \end{aligned}$$

$$\omega_r = \frac{u_q}{\psi_d} - \frac{R_a}{\psi_d^2} T_e \quad (10)$$

将式(2)代入式(10), 得到式(11):

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{30} n &= \frac{u_q}{\psi_d} - \frac{R_a}{\psi_d^2} T_e \\ n &= \frac{30}{\pi} \cdot \frac{u_q}{\psi_d} - \frac{30}{\pi} \cdot \frac{R_a}{\psi_d^2} T_e \end{aligned} \quad (11)$$

根据式(11)可知, 它励直流电动机的转速 n 是其电磁转矩 T_e 的线性函数.

进一步考虑它励直流电动机转子 q 轴绕组电压 u_q 为额定电压 U_N , 由式(11)得到式(12):

$$n(T_e) = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{U_N}{\psi_d} - \frac{30}{\pi} \cdot \frac{R_a}{\psi_d^2} T_e \quad (12)$$

将它励直流电动机在电磁转矩 T_e 为 0 的工况下的转子转速 n 定义为理想空载转速, 并记为 n'_0 , 式(13)给出了 n'_0 的定义:

$$n'_0 = n(0) \quad (13)$$

将它励直流电动机转子转速 n 对电磁转矩 T_e 的导数的负值定义为固有机机械特性的斜率, 并记为 α , 式(14)给出了 α 的定义:

$$\alpha = -\frac{dn(T_e)}{dT_e} \quad (14)$$

将式(12)代入式(13), 得到式(15):

$$n'_0 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{U_N}{\psi_d} \quad (15)$$

将式(12)代入式(14), 得到式(16):

$$\alpha = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{R_a}{\psi_d^2} \quad (16)$$

将式(15)和(16)代入式(12), 得到式(17):

$$n(T_e) = n'_0 - \alpha \cdot T_e \quad (17)$$

式(17)描述了它励直流电动机的固有机机械特性.

9-12 一台它励直流电动机的额定数据为 $P_N = 75 \text{ kW}$, $U_N = 220 \text{ V}$, $n_N = 750 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, $I_{a,N} = 387 \text{ A}$, 电枢回路总电阻为 $R_a = 0.028 \Omega$. 若忽略电枢反应的影响, 求机械特性的两个重要参数: 理想空载转速 n'_0 和固有机机械特性的斜率 α .

解: a) 它励直流电动机各参数的取值和数学模型

式(1)刻画了它励直流电动机理想空载转速 n'_0 :

$$n'_0 = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{U_N}{\psi_d} \quad (1)$$

式(2)刻画了它励直流电动机固有机机械特性的斜率 α :

$$\alpha = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{R_a}{\psi_d^2} \quad (2)$$

式(3)基于额定工况下它励直流电动机各参数和状态量, 求取了 d 轴转子磁链 ψ_d :

$$\psi_d = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{U_N}{n_N} - \frac{30}{\pi} \cdot \frac{R_a}{n_N} I_{a,N} \quad (3)$$

式(4), (5), (6)和(7)根据题设条件给出了它励直流电动机各参数的取值:

$$U_N = 220 \text{ V} \quad (4)$$

$$R_a = 0.028 \Omega \quad (5)$$

$$n_N = 750 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1} \quad (6)$$

$$I_{a,N} = 374 \text{ A} \quad (7)$$

将式(4), (5), (6)和(7)代入式(3), 得到式(8):

$$\begin{aligned} \psi_d &= \frac{30}{\pi} \cdot \frac{220}{750} - \frac{30}{\pi} \cdot \frac{0.028}{750} \times 374 \\ \psi_d &= 2.663159 \text{ Wb} \end{aligned} \quad (8)$$

b) 理想空载转速 n'_0

将式(4)和(8)代入式(1), 得到式(9):

$$\begin{aligned} n'_0 &= \frac{30}{\pi} \cdot \frac{220}{2.663159} = 788.8545 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1} \\ n'_0 &\approx 788.9 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1} \end{aligned} \quad (9)$$

式(9)说明它励直流电动机理想空载转速 n'_0 为 $788.9 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$.

c) 固有机械特性的斜率 α

将式(5)和(8)代入式(2), 得到式(10):

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{30}{\pi} \cdot \frac{0.028}{2.663159^2} = 0.03769946 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \\ \alpha &\approx 0.03770 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \end{aligned} \quad (10)$$

式(10)说明它励直流电动机固有机械特性的斜率 α 为 $0.03770 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.