



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

直流电动机的电力拖动

他励直流电动机的 机械特性

主讲：常宇健

目录



在线开放课程

- 他励直流电动机的机械特性
- 固有机械特性
- 人为机械特性
- 机械特性的绘制



他励直流电动机的机械特性

电动机的机械特性是指电动机的转速 n 与电磁转矩 T_e 的关系 $n=f(T_e)$

2.1.1 机械特性方程式

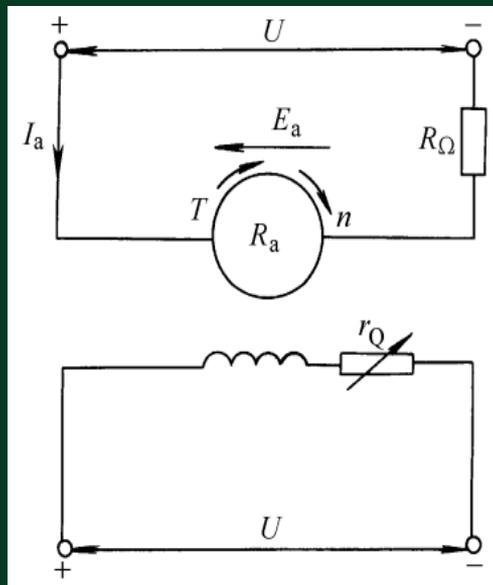
$$T = C_T \Phi I_a \quad E_a = C_e \Phi n$$

$$U = E_a + I_a R \quad n = \frac{U - I_a R}{C_e \Phi}$$

$$n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{R}{C_e C_T \Phi^2} T$$

$$n = n_0 - \beta T$$

$$C_T = 9.55 C_e$$



理想空载转速 $n_0 = \frac{U}{C_e \Phi}$

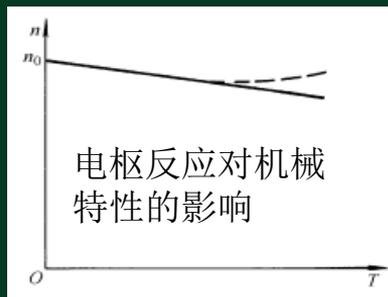
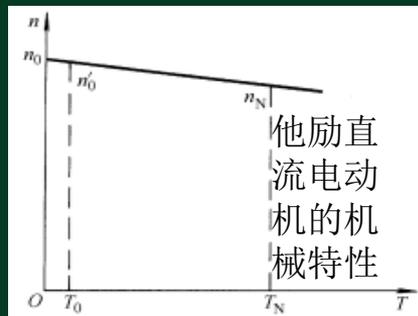
电动机带负载后的转速降（软、硬）

$$\Delta n = \frac{R}{C_e C_T \Phi^2} T_e = \beta T_e$$

$$\Delta n_N \% = \frac{n_0 - n_N}{n_N} \times 100\%$$

电动机实际空载转速 $n'_0 = n_0 - \frac{R}{C_e C_T \Phi^2} T_0$

负载大时呈上翘现象



固有机械特性

当他励电动机**电压及磁通**均为额定值时，电枢**没有串联电阻**时的机械特性称为**固有机械特性**。

$$n = \frac{U_N}{C_e \Phi_N} - \frac{R_a}{C_e C_T \Phi_N^2} T_e$$

固有特性条件：

1. $U=U_N$
2. $\Phi=\Phi_N$
3. $R_\Omega=0$

额定工作点？



人为机械特性：

人为地改变电动机的工作条件，所得到的机械特性。

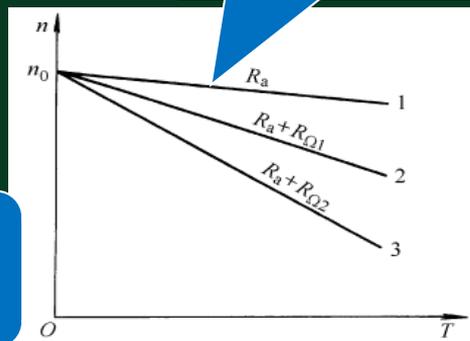
（一）电枢回路串电阻时的人为机械特性

串电阻人为特性条件：

1. $U=U_N$
2. $\Phi=\Phi_N$
3. $R_\Omega \neq 0$

电枢串联电阻时的人为机械特性

他励直流电动机固有机械特性



特点： n_0 不变，电阻越大，特性越软。

$$\Delta n_0 : \Delta n_1 : \Delta n_2 \dots = R_a : (R_a + R_{\Omega 1}) : (R_a + R_{\Omega 2}) \dots$$

(二) 改变电枢电压时的人为机械特性

降压人为特性的条件：

1. $U \neq U_N$
2. $\Phi = \Phi_N$
3. $R_\Omega = 0$

特点：

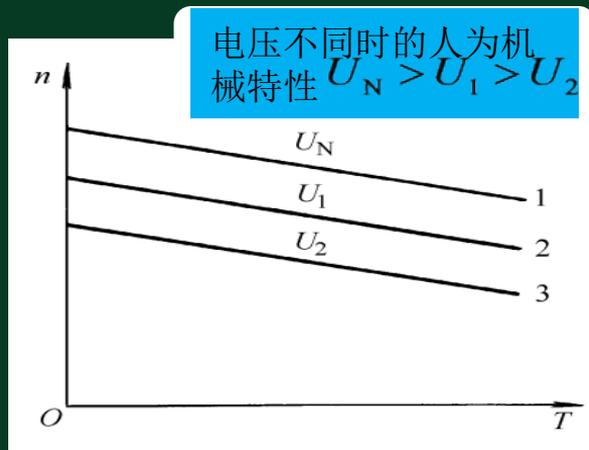
1. n_0 正比于 U_N
2. 一组平行的特性，斜率不变， Δn 不变

特殊特性：

- $U=0$ 时， $n_0=0$ ，特性过原点

注意事项：

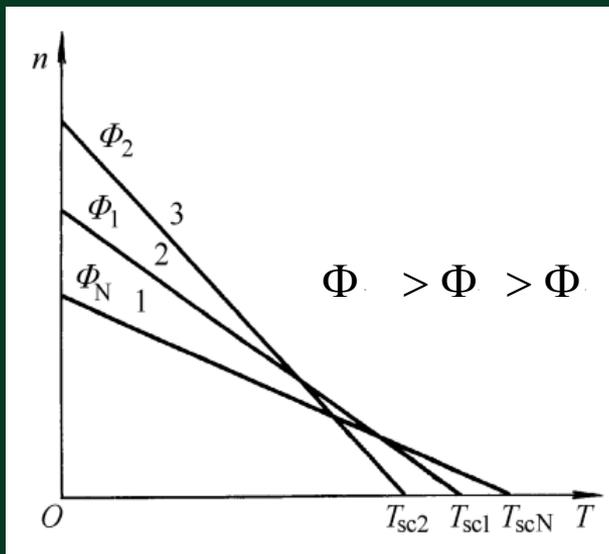
- U 的变化范围： $+U_N \sim -U_N$



(三) 减弱磁通时的人为机械特性

弱磁人为特性的条件

- ：
1. $U = U_N$
 2. $R_\Omega = 0$
 3. $\Phi < \Phi_N$



特点：

- n_0 上升；
- β 与 Φ^2 成反比；特性软

弱磁升速

机械特性的绘制

(一) 固有机械特性的绘制

计算步骤:

估算或实测 R_a
$$R_a = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3} \right) \frac{U_N I_N - P_N}{I_N^2}$$

计算 $C_e \Phi_N$
$$C_e \Phi_N = \frac{E_N}{n_N} = \frac{U_N - I_N R_a}{n_N}$$

求 n_0
$$n_0 = \frac{U_N}{C_e \Phi_N}$$

计算 T_N
$$T_{eN} = C_T \Phi_N I_N$$

计算 β_N
$$\Delta n = \frac{R}{C_e C_T \Phi^2} T_e = \beta T_e$$

依两点画特性

(二) 人为机械特性的绘制

[例] 一台Z₂型他励直流电动机的铭牌数据为:

$$P_N = 22\text{kW} \quad n_N = 1500\text{r/min} \quad U_N = 220\text{V} \quad I_N = 116\text{A} \quad \text{在线开放课程}$$

试计算其固有机械特性。

解

$$R_a = \frac{2}{3} \left(\frac{U_N I_N - P_N}{I_N^2} \right) = \frac{2}{3} \times \frac{220 \times 116 - 22000}{116^2} \Omega = 0.174 \Omega$$

$$C_e \Phi_N = \frac{U_N - I_N R_a}{n_N} = \frac{220 - 116 \times 0.174}{1500} \text{V}/(\text{r}/\text{min}) = 0.133 \text{V}/(\text{r}/\text{min})$$

理想空载点

$$T = 0 \quad n = n_0 = \frac{U_N}{C_e \Phi_N} = \frac{220}{0.133} \text{r}/\text{min} = 1650 \text{r}/\text{min}$$

额定点

$$T_e = T_{eN} = 9.55 C_e \Phi_N I_N = 9.55 \times 0.133 \times 116 \text{N} \cdot \text{m} = 147.3 \text{N} \cdot \text{m}$$

小结



在线开放课程

- 固有机械特性
- 人为机械特性
- 机械特性的绘制

