



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

三相异步电动机的电力拖动

三相异步电动机的机械特性 (1)

主讲：常宇健

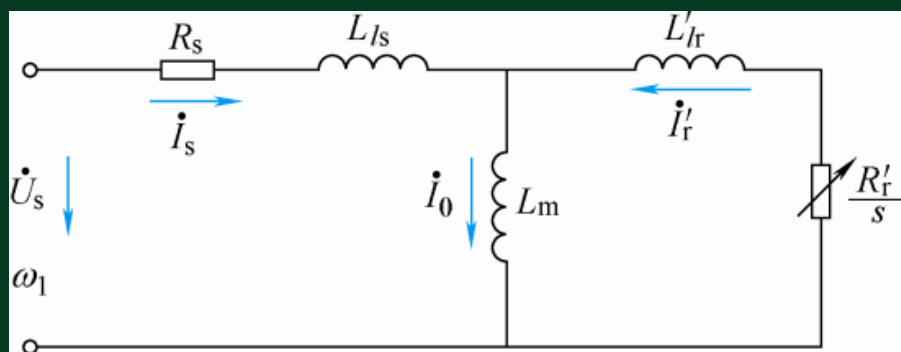
目录



在线开放课程

- 等效电路复习
- 物理表达式
- 参数表达式





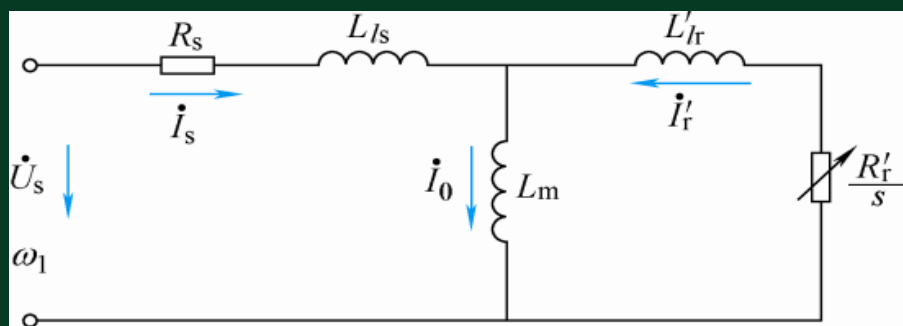
$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1$$

$$\dot{E}'_2 = \dot{I}'_2 \left(\frac{R'_2}{S} + jX'_2 \right)$$

$$\dot{I}'_2 = \frac{S\dot{E}'_2}{\sqrt{R_2'^2 + (SX_2')^2}}$$

$$\cos \phi_2 = \frac{R_2'}{\sqrt{R_2'^2 + (SX_2')^2}}$$

$$\dot{E}_1 = \dot{E}'_2 = -j4.44 f_1 N_1 K_{w1} \Phi_m$$



$$I_1 \approx I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{S})^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \phi_1$$

$$P_e = P_1 - p_{cu1} - p_{Fe} = m_1 E_2' I_2' \cos \phi_2$$

$$= m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{S}$$

$$T_e = \frac{P_e}{\Omega_1} = \frac{m_1 E_2' I_2' \cos \phi_2}{2\pi f_1 / p} = \frac{m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{S}}{2\pi f_1 / p}$$

(一) 物理表达式

$$T_e = \frac{1}{\sqrt{2}} p m_2 N_2 k_{w2} \Phi_m I_2' \cos \varphi_2 = C_T \Phi_m I_2' \cos \varphi_2$$

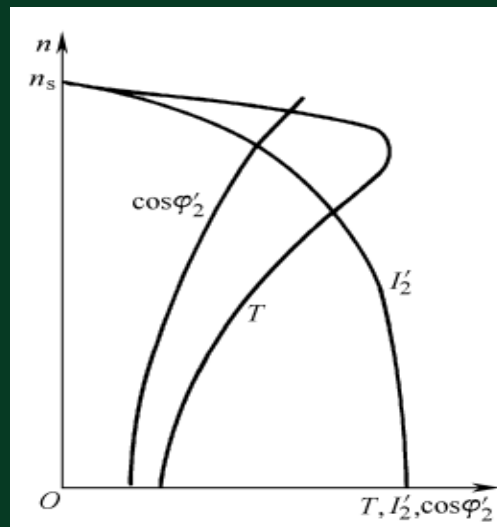
$$\text{转矩常数 } C_T = \frac{1}{\sqrt{2}} p m_2 N_2 k_{w2}$$

$$\cos \varphi_2' = \frac{R_2' / s}{\sqrt{(R_2' / s)^2 + X_2'^2}} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_2'^2 + s^2 X_2'^2}} = \cos \varphi_2$$

Φ_m —— 异步机每极磁通

$$T_e = C_T \Phi_m I_2' \cos \varphi_2$$

$$T_e = C_T \Phi_m \frac{SE_2' R_2'}{R_2'^2 + (SX_2')^2}$$



- $s=0$ 时，为理想空载转速， $T=0$
- s 很小时，电抗很小，近似 $T \propto s$ ，呈线性关系
- s 很大时，电阻远小于电抗， $T \propto 1/s$ ，呈反比关系
- $s=1$ 时， $n=0$ ， T 为某特定值

(二) 参数表达式

由于异步电动机的电磁功率为 $P_e = m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{s}$

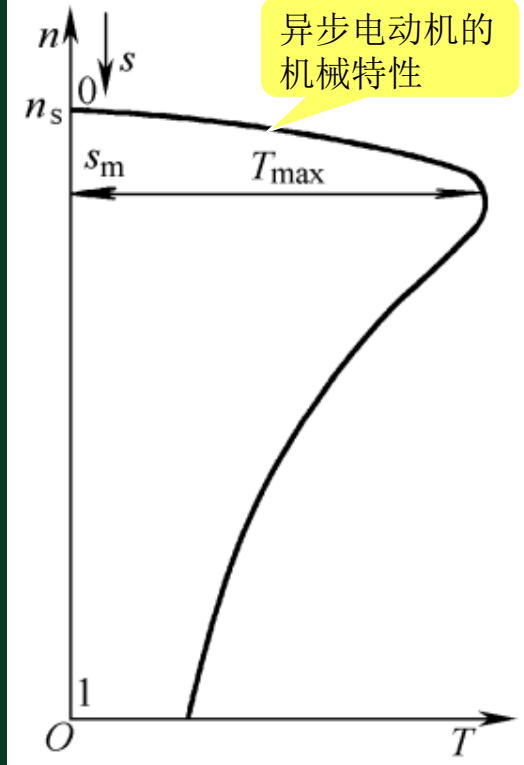
$$T = \frac{P_e}{\Omega_s} \quad \Omega_s = \frac{2\pi n_s}{60} = \frac{2\pi f_1}{p}$$

由异步电动机的近似等效电路

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}}$$

得异步电动机的机械特性参数表达式

$$T_e = \frac{m_1 U_1^2 \frac{R_2'}{s}}{\frac{2\pi n_s}{60} \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]} = \frac{m_1 p U_1^2 \frac{R_2'}{s}}{2\pi f_1 \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]}$$



(1)最大转矩和过载能力

使 $dT/ds = 0$, 即可求得

临界转差率
$$s_m = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

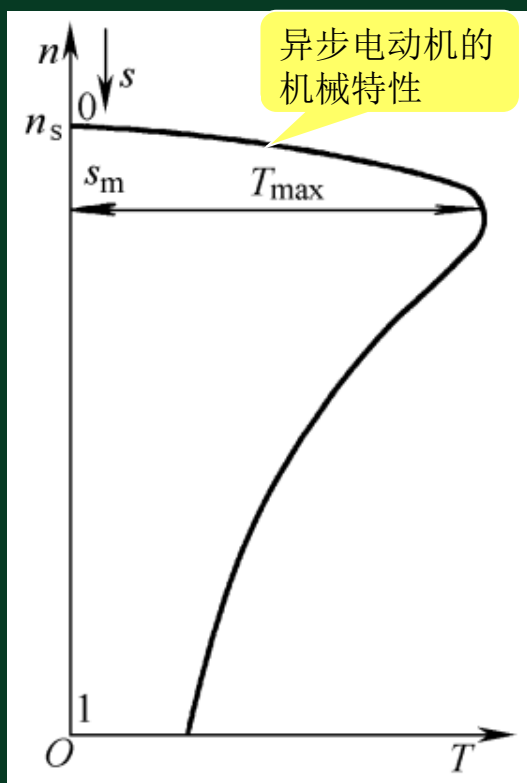
最大转矩
$$T_{\max} = \pm \frac{1}{2} \frac{m_1 p U_1^2}{2\pi f_1 [\pm R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}]}$$

由于 $R_1 \ll (X_1 + X'_2)$

$$s_m \approx \pm \frac{R'_2}{X_1 + X'_2} \quad T_{\max} \approx \pm \frac{m_1 p U_1^2}{4\pi f_1 (X_1 + X'_2)}$$

过载能力

$$\lambda_m = \frac{T_{\max}}{T_N}$$



说明分析：

- 1) 当 f_1 及参数一定时，最大转矩 T_{\max} 与外施电压 U_1 的平方成正比；
- 2) 最大转矩 T_{\max} 的大小与转子回路电阻 R_2 无关；
- 3) 临界转差率 s_m 与转子回路电阻 R_2 成正比，与漏电阻成反比，与电压大小无关；
- 4) 当电源电压 U_1 和频率 f_1 一定时，最大转矩 T_{\max} 与漏电阻成反比；
- 5) 当电源电压 U_1 和参数一定时，最大转矩 T_{\max} 随频率 f_1 的增加而减小。

(2) 起动转矩和起动转矩倍数

当 $S=1$ 时

起动转矩:

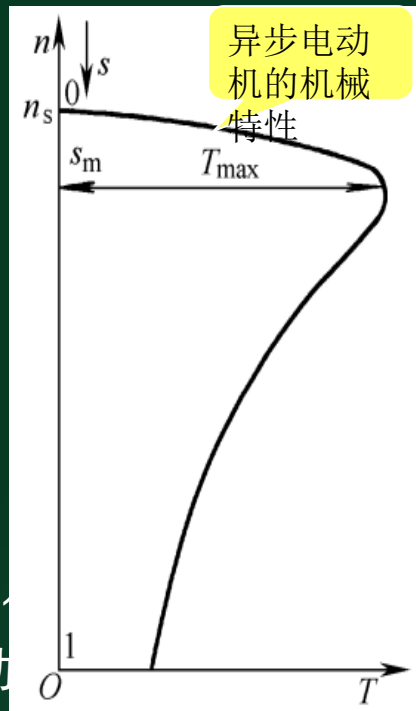
$$T_{st} = \frac{m_1 p U_1^2 R'_2}{2\pi f_1 [(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2]}$$

说明分析:

- 1) 当电源频率 f_1 和参数一定时, 起动转矩 T_{st} 与外施电压 U_1 的平方成正比。
- 2) 当电源频率 f_1 和电压 U_1 一定时, 漏电抗越大, 则起动转矩 T_{st} 越小。
- 3) 当转子回路电阻(包括外加电阻)与电动机的漏电抗相等时, $S_m = 1$, 起动转矩 T_{st} (= T_{max}) 为最大。可见, 对于绕线式转子异步电动机, 在转子回路串入适当附加电阻, 可提高起动转矩。
- 4) 起动转矩 T_{st} 随电源频率 f_1 的提高而减小。

起动转矩倍数

$$K_{st} = T_{st} / T_N$$



(三) 实用表达式

$$T = \frac{2T_{\max} \left(1 + s_m \frac{R_1}{R_2'} \right)}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s} + 2s_m \frac{R_1}{R_2'}}$$

因为一般 $s_m = 0.1 \sim 0.2$

所以忽略 s_m 得机械特性的实用表达式

$$T = \frac{2T_{\max}}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}}$$



可以求出

$$s_m = s \left[\lambda_m \frac{T_N}{T_e} + \sqrt{\lambda_m^2 \left(\frac{T_N}{T_e} \right)^2 - 1} \right] = s \left[\frac{T_m}{T_e} + \sqrt{\left(\frac{T_m}{T_e} \right)^2 - 1} \right]$$

$$= s_N (\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1})$$

$$\left(\text{式中 } s_N = \frac{n_s - n_N}{n_s} \right) \quad T_N = \frac{2T_{\max}}{\frac{s_N}{s_m} + \frac{s_m}{s_N}}$$

小结



在线开放课程

- 等效电路复习
- 物理表达式的意义
- 参数表达式的分析

