



浙江大学电气工程学院

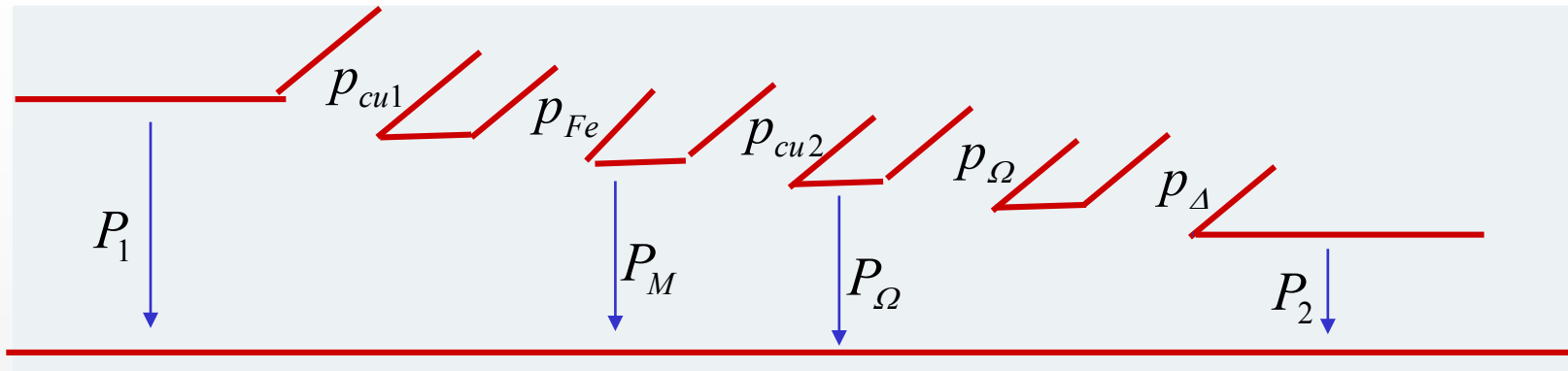
电机与拖动

主讲：卢琴芬



三相感应电动机的功率和转矩

感应电动机的功率平衡方程式



输入功率 $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$

定子铜耗 $p_{cu1} = m_1 I_1^2 r_1$

定子铁耗 $p_{Fe} = m_1 I_0^2 r_m$

因为转子中频率较低，忽略转子铁耗

$$\begin{aligned} \text{电磁功率 } P_M &= P_1 - p_{cu1} - p_{Fe} = m_1 E'_2 I'_2 \cos \varphi_2 \\ &= m_1 I'^2_2 r'_2 + m_1 I'^2_2 \frac{(1-S)r'_2}{S} = p_{cu2} + P_\Omega \end{aligned}$$

输出功率 $P_2 = P_\Omega - p_\Omega - p_\Delta$

$$P_2 = P_{\Omega} - p_{\Omega} - p_{\Delta} = P_1 - p_{cu1} - p_{Fe} - p_{\Omega} - p_{\Delta} - p_{cu2}$$

$$= P_1 - \sum p$$

$$\sum p = p_{cu1} + p_{Fe} + p_{\Omega} + p_{\Delta} + p_{cu2} \quad \text{感应电动机的总损耗}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% = \frac{P_1 - \sum p}{P_1} \times 100\% \quad \text{感应电动机的效率}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{cu2} = m_1 I_2'^2 r_2' = SP_M \quad \text{转子回路的铜耗, 又称滑差功率} \\ P_{\Omega} = m_1 I_2'^2 r_2' \frac{(1-S)}{S} = \frac{1-S}{S} p_{cu2} = P_M - p_{cu2} = (1-S)P_M \end{array} \right.$$

若 $P_M = c, n_1 = c$, 则 $n \downarrow \Rightarrow S \uparrow, P_2 \downarrow, p_{cu2} \uparrow, \eta \downarrow$

$$\text{三个重要关系: } p_{cu2} = SP_m \quad p_{\Omega} = (1-S)P_m \quad p_{\Omega} = \frac{(1-S)}{S} p_{cu2}$$

感应电动机的转矩平衡方程式

$$T = T_0 + T_2 = T_z$$

空载转矩

总的负载转矩

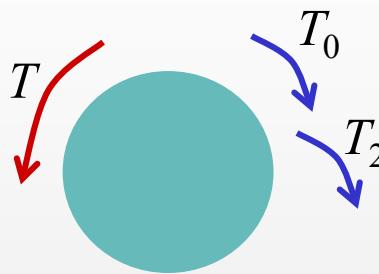
$$T_0 = T_{\Omega} + T_{\Delta}$$

$$\frac{P_{\Omega}}{\Omega} = \frac{P_2}{\Omega} + \frac{p_{\Omega} + p_{\Delta}}{\Omega} = T_2 + T_0 = T$$

$$T = \frac{P_{\Omega}}{\Omega} = \frac{P_{\Omega}}{(1-S)\Omega_1} = \frac{P_M}{\Omega_1}$$

转子机械角速度

同步机械角速度



例题

$P_N = 7.5\text{kW}, U_N = 380\text{V}, f_N = 50\text{Hz}, n_N = 962\text{r/min}, \cos\varphi_N = 0.827, \Delta$ 接法,
额定运行时: $p_{cu1} = 470\text{W}, p_{Fe} = 234\text{W}, p_{\Omega} = 45\text{W}, p_{\Delta} = 80\text{W}$,
求(1) f_2 ; (2) η ; (3) I_N ; (4) T

$$\text{解: } S_N = \frac{n_1 - n_N}{n_1} = \frac{1000 - 962}{1000} = 0.038 \quad f_2 = S_N f_1 = 0.038 \times 50 = 1.9\text{Hz}$$

$$P_{\Omega} = P_2 + p_{\Omega} + p_{\Delta} = 7500 + 45 + 80 = 7625\text{W}$$

$$p_{cu2} = S_N P_M = S_N \frac{P_{\Omega}}{1 - S_N} = \frac{0.038}{1 - 0.038} 7625 = 301.2\text{W}$$

$$P_1 = P_M + p_{Fe} + p_{cu1} = \frac{P_{\Omega}}{1 - S_N} + p_{Fe} + p_{cu1} = 8630.2\text{W}$$

$$\eta = \frac{P_N}{P_{1N}} 100\% = \frac{7500}{8630.2} 100\% = 87\%$$

$$I_N = \frac{P_{1N}}{\sqrt{3}U_N \cos\varphi_N} = \frac{P_N}{\sqrt{3}U_N \eta_N \cos\varphi_N} \quad T = \frac{P_M}{\Omega_1} = \frac{P_{\Omega}}{\Omega} = \frac{P_M}{\frac{2\pi n_1}{60}}$$

8

三相感应电动机的工作特性

额定电压、额定频率、额定接法及定转子回路不接阻抗的情况下，
从空载到额定负载的运行范围 $n, I_1, T, \cos \varphi, \eta = f(P_2)$

中小型电机：直接负载法测出。

大型电机：空载与短路实验测出电机的参数，利用等值电路来计算

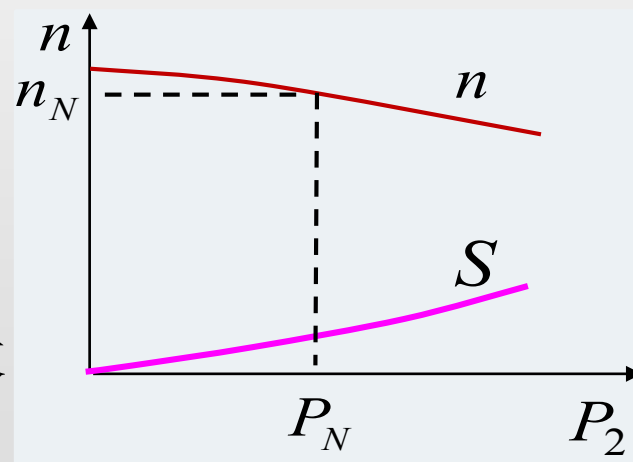
一、转速特性

$$P_2 \approx 0, n \approx n_1, S \approx 0$$

$$P_2 = T_2 \Omega \uparrow, T \uparrow, \Delta n = S n_1 \uparrow, n \downarrow$$

为了提高 η , 要求 $p_{cu2} = S P_M \downarrow$, 因此 S 很小,
一般 $S_N \approx (0.015 \sim 0.05)$, 空载到满载, n_1 到 n_N 变化不大

$$n_N \approx (0.985 \sim 0.95) n_1$$



二、定子电流特性

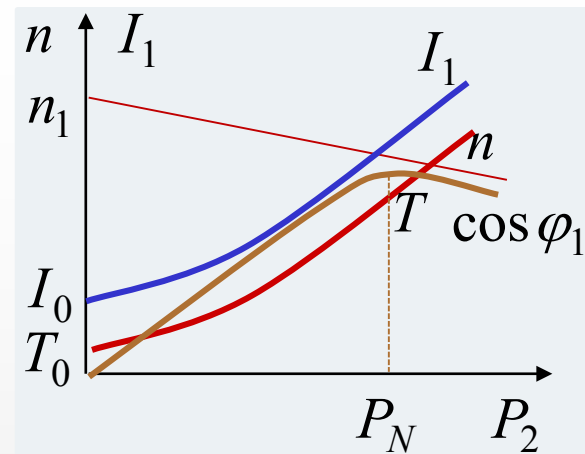
空载时: $I_1 \approx I_m$

负载时: $\dot{I}_1 = \dot{I}_m - \dot{I}_2'$, P_2 增加, S 增加, I_2' 增加

三、电磁转矩特性

Φ_m 与 n 基本不变, p_0 保持不变, T_0 视为不变.

$T_2 = P_2 / \Omega$ 的近似于随 P_2 正比地增加.



四、定子功率因数特性

空载时, $\dot{I} \approx \dot{I}_m$, 基上是无功电流, $\cos \varphi_{10} < 0.2$

负载增加: 定子电流有功分量增加, $\cos \varphi_1$ 增加

$P_2 > P_N \Rightarrow n \downarrow \Rightarrow S \uparrow \Rightarrow \varphi_2 = \tan^{-1} \frac{X_{2\sigma}}{(r_2/S)} \uparrow \Rightarrow \cos \varphi_2 \downarrow \Rightarrow \cos \varphi_1 \downarrow$

转子电流 ↑ 无功分量 ↑ 定子电流 ↑ 无功分量 ↑

五、效率特性

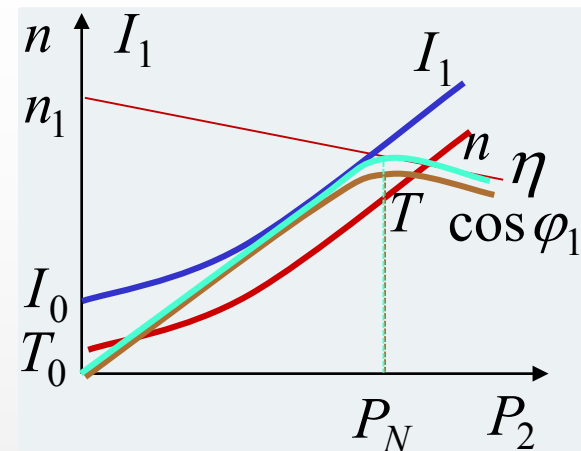
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + \underbrace{(p_{\Omega} + p_{Fe} + p_{\Delta})}_{\text{不变损耗}} + \underbrace{(p_{cu1} + p_{cu2})}_{\text{可变损耗}}}$$

当 $P_2 = 0$ 时, $\eta = 0$

当 $P_2 \uparrow, \eta \uparrow$, 当不变损耗 = 可变损耗时, $\eta_{\max}$

一般感应电动机额定工作时: $\cos \varphi_1$ 及 η 达到最大值

感应电动机若长期在低负荷下运行, 很不经济。选用电动机时应使电动机的容量与机械负载相匹配。





浙江大学电气工程学院

T H A N K S

主讲：浙江大学卢琴芬