

异步电机 { 鼠笼型
绕线型 $\rightarrow$ 串入电阻, 改善启动性能/转速

功率因数较差, 总小于1

$\delta \uparrow \rightarrow R_m \uparrow$, 由 $\Phi R_m = NI_0 \uparrow$, 励磁电流较大 (比变压器) $\swarrow$ 减小气隙减小

转差率 $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$, 同步转速 $n_1 = \frac{60f_1}{p}$, 转子转速 n .

n 与 n_1 相差不大

电动机 $0 < n < n_1$; $0 < s < 1$

发电机 $n > n_1$; $s < 0$

电磁制动 $n < 0$; $s > 1$
 $\downarrow$
 n_1 与 n 反向

额定值

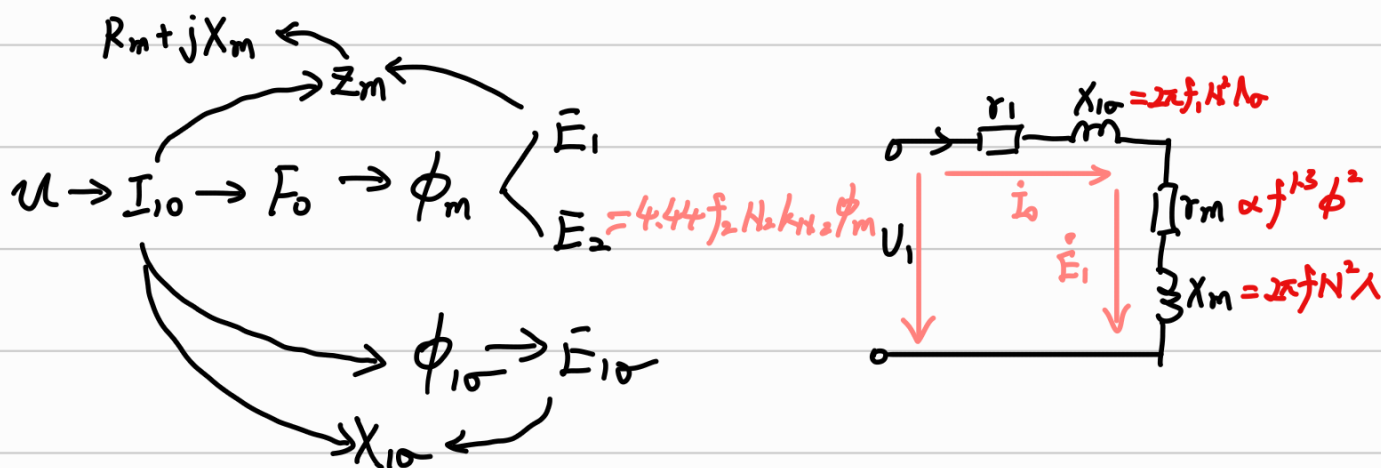
P_N : 机械功率 $P_N = 3U_N I_{N\phi} \cdot \eta_N \cdot \cos\phi_N$

U_N, I_N : 定子绕组线值

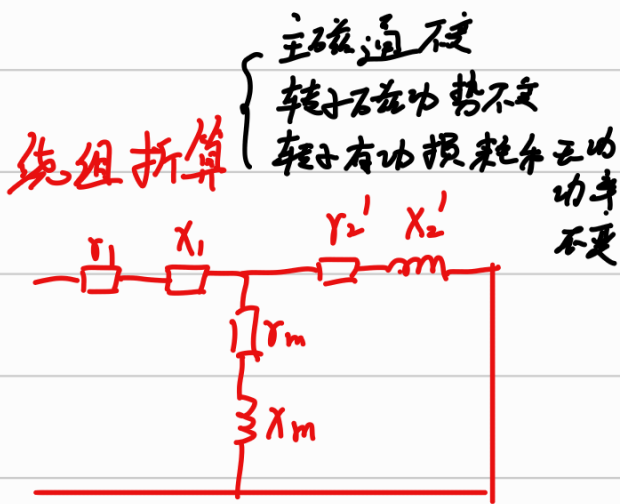
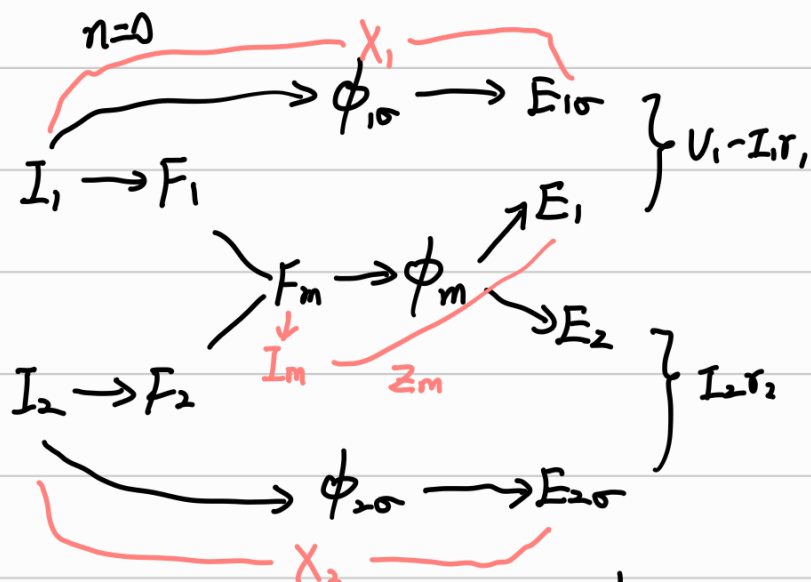
运行原理

转子静止 ($n=0$)

转子开路 $I_2=0$

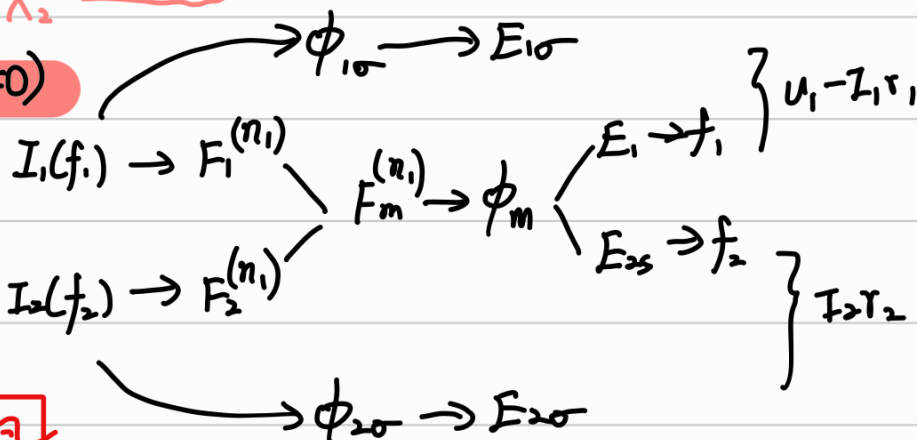


$I_2 \neq 0$ 转子堵转 (降压)



转子旋转 ($n \neq 0$)

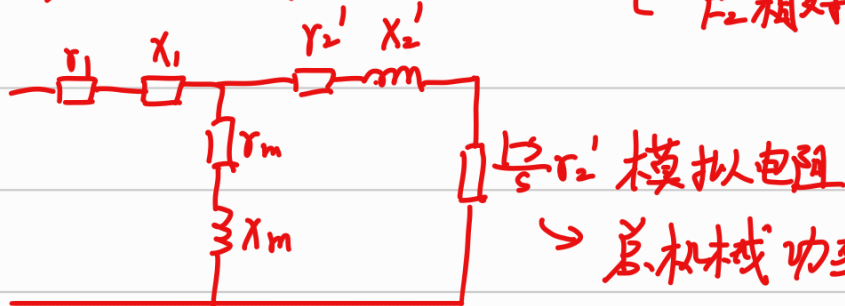
$f_2 = s f_1$
 $E_{2s} = s E$
 $X_{2s} = s X_2$



F_1 与 F_2 转速相同 均为 n_1

功率折算 $f_2 \neq f_1$

F_2 相对转子 $n_2 = s n_1 = \Delta n$
 转子相对定子 n
 F_2 相对定子 $n + \Delta n = n_1$



$\rightarrow$ 总机械功率的等效电阻

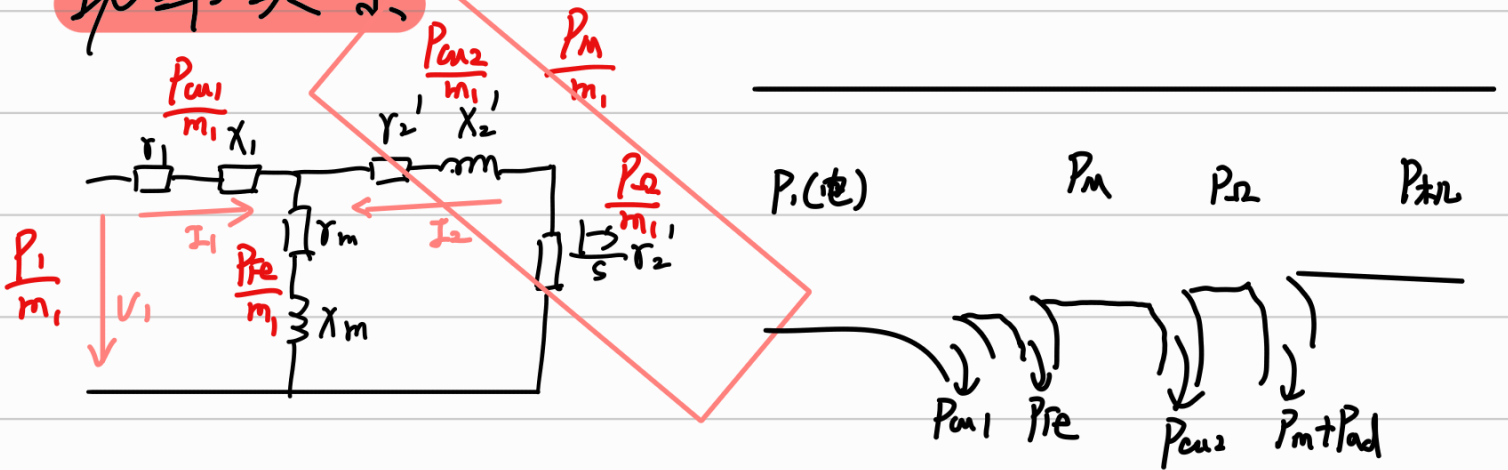
以牺牲转速, 换取更大的 T/P. $\left(\begin{matrix} n \downarrow & s \uparrow & \frac{1}{s} r_2' \downarrow \\ T/P \uparrow \end{matrix} \right)$

滞后, 吸收感性无功 $X_{m\frac{*}{\frac{1}{2}}} < X_{m\frac{*}{\frac{1}{2}}}$ $X_{0\frac{*}{\frac{1}{2}}} > X_{0\frac{*}{\frac{1}{2}}}$

笼形转子

极数 = 定子极数 相数 = 导条数 匝数 0.5 绕组系数 1

功率关系



$$P_m : P_{cu2} : P_{\Omega} = 1 : s : 1-s$$

转矩关系

$$T_2 = T_m - T_0$$

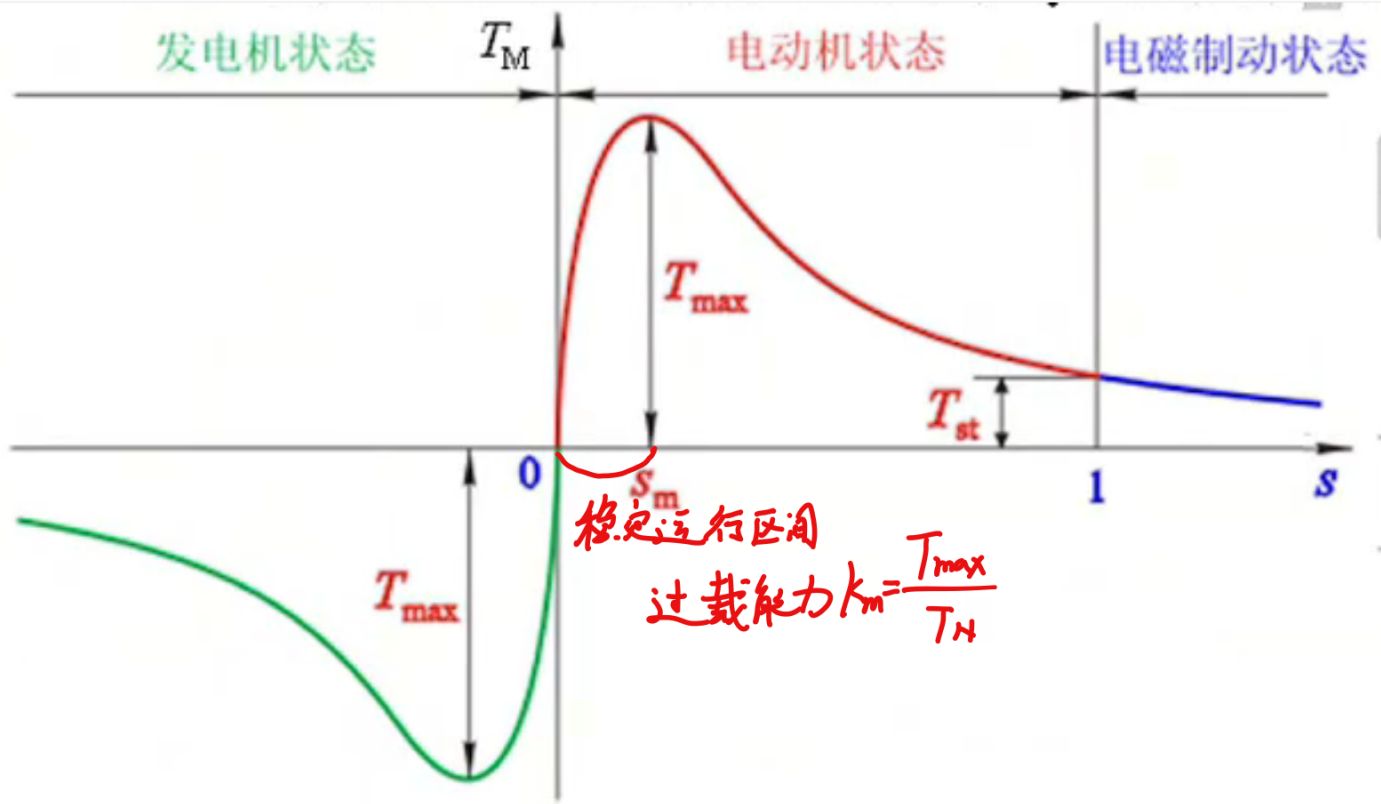
$$T = \frac{P}{\Omega}, \quad \Omega = \frac{2\pi n}{60}$$

$$= 9.55 \frac{P}{n}$$

$$T_m = \frac{9.55 P_m}{n_1} = \frac{9.55 P_{\Omega}}{n}$$

$$\left\{ \begin{aligned} &= C_m \phi_m I_2 \cos \psi_2 \quad \text{基本表达式} \\ &= \frac{m_1 p U_1^2 \frac{r_2'}{s}}{2\pi f_1 \left[\left(r_1 + \frac{r_2'}{s} \right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]} \quad \text{参数表达式} \end{aligned} \right.$$

$$\frac{T_m}{T_{max}} = \frac{2}{\frac{s_m}{s} + \frac{s}{s_m}} \quad \text{实用表达式}$$



异步电机的 $T_M - s$ 曲线

$$s_m = \pm \frac{r_2'}{x_1 + x_2'} = \frac{r_2'}{2\pi f_1 (L_1 + L_2)} \quad T_{max} = \pm \frac{m_1 p U_1^2}{4\pi f_1 (x_1 + x_2')} \propto \frac{U_1^2}{f_1}$$

$$x = 2\pi f L$$

起动转矩($s=1$ 时), 最初先增后减

工作特性

$$n = f(P_2)$$

转速特性 $n \downarrow \rightarrow s \uparrow \rightarrow P_2 \uparrow$ 向下倾斜, 特性较硬

$$I_1 = f(P_2)$$

定子电流特性 $P_2 \uparrow \rightarrow I_2 \uparrow \rightarrow I_1 \uparrow$ 上升曲线

功率因数特性 $\cos \varphi_1 = f(P_2)$ 先上升后下降

转矩特性 $T_2 = f(P_2) = \frac{P_2}{\frac{2\pi n}{60}}$ 稍微上翘曲线

效率特性 $\eta = f(P_2)$ 先上升后下降

损耗 = 可变 ~ 时最大

电动机启动

希望启动电流小, 启动转矩大

笼型异步电动机

全压启动 功率因数很低, 主磁通较正常工作小

降压启动 { 电抗器启动 (分压)
自耦变压器启动

启动电流, 转矩均下降 "星-三角" 启动 { 启动时, γ → 正常运行时 ^{定子} 为 Δ
启动后, Δ

	U_x/U_{pN}	I_{st}/I_{stN}	T_{st}/T_{stN}
电抗器启动	$\frac{1}{a}$	$\frac{1}{a}$	$\frac{1}{a}$
自耦变压器启动	$\frac{1}{a}$ 可调	$\frac{1}{a^2}$	$\frac{1}{a^2}$
"星-三角" 启动	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$

绕线异步电动机

转子串电阻: 启动电流小, 启动转矩大均满足

方法: 转子串电阻分级启动

转子串频敏变阻器启动

每相串入电阻 $R_{st} = \frac{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}}{k\epsilon k_i} - r_1$

制动: 反接制动 回馈制动 能耗制动

调速

异步 { 优: 简单, 便宜, 可靠, 高效, 响应快. 不受环境限制
缺: 不易实现连续平滑

直流 { 优: 易实现 性能个范围宽, 方便操作 平滑调速
缺: 成本高, 不易维护. 使用环境与结构发展受限

方法: $n = (1-s)n_1 = (1-s) \frac{60f_1}{p}$

改变 n_1 { 改变 p
改变 f

改变 s { 改变电源电压
转子串电阻
转子串附加电动势

变极调速: 笼形 { 缺: 有级调速, 平滑性差
优: 简单, 稳定

变频调速 保持 ϕ_m 不变, 采用 $\frac{U}{f}$ 降压降频 (向下调)

恒转矩负载
↑ 载

$U = E = 4.44fN\phi$ $f \uparrow$ 向上调, U, ϕ_m 不变
恒功率负载

{ 优: 稳定性好, 调速范围大, 无极调速, 平滑性好
缺: 贵

转子串电阻

绕线型: $\frac{r_2'}{s_1} = \frac{r_2' + r_t'}{s_2}$, 定转子电流
输入功率 均不变
气隙磁场
电磁功率

电阻 $\uparrow$, 损耗 $\uparrow$, 不经济 ; 效率低, 范围小, 有级调速