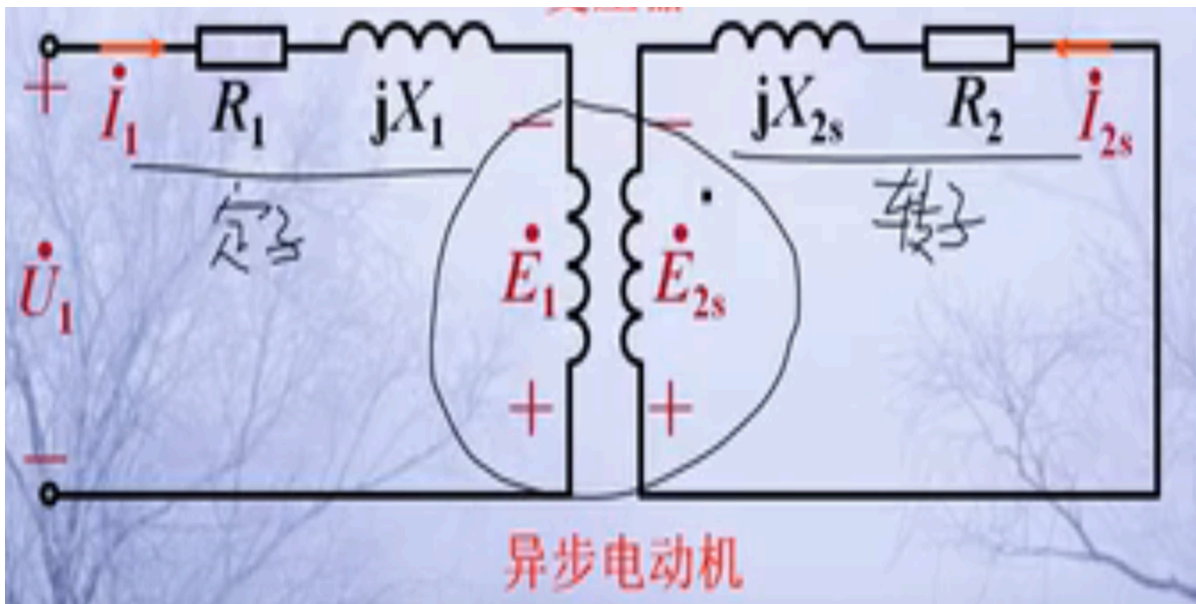


第五章 异步电机(二): 三相异步电动机的运行原理及单相异步电动机

三相异步电动机运行时的电磁过程



定子电路的电动势平衡方程

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + (R_1 + jX_1)\dot{I}_1$$

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

$$\dot{E}_1 = -j4.44k_{w1}N_1f_1\Phi_m$$

- $k_{w1}N_1$: 定子绕组的有效匝数

- f_1 : 定子频率(等于电流频率), $f_1 = \frac{pn_0}{60}$

转子电路的电动势平衡方程式

$$\dot{E}_{2s} = (R_2 + jX_{2s})\dot{I}_{2s}$$

- X_{2s} : 转子绕组漏抗, $X_{2s} = 2\pi f_2 L_2$

转子绕组电动势: $\dot{E}_{2s} = -j4.44k_{w2}N_2f_2\Phi_m$

- f_2 : 转子频率, $f_2 = \frac{p(n_0 - n)}{60} = sf_1$

- 可用于频率归算

三相异步电动机的等效电路及相量图

$$X_{2s} = 2\pi f_2 L_2 = s 2\pi f_1 L_2 = s X_2$$

- X_2 : 折算到静止时的转子漏电抗

$$E_{2s} = 4.44 k_{w2} N_2 f_2 \Phi_m = s 4.44 k_{w2} N_2 f_1 \Phi_m = s E_2$$

- E_2 : 折算到静止时的转子感应电动势

$$\begin{cases} f_2 = s f_1 \\ X_{2s} = s X_2 \\ E_{2s} = s E_2 \end{cases}$$

等效电路

先将频率归算后，再进行绕组归算，可得到异步电机的等效电路

频率归算

$$\dot{I}_{2s} = \frac{s \dot{E}_2}{R_2 + j s X_2} = \frac{\dot{E}_2}{\frac{R_2}{s} + j X_2} = \dot{I}'_2$$

式中 \dot{E}_2, \dot{X}_2 均为静止转子电路中的电动势和漏电抗，因此 \dot{I}'_2 为表示转子电路中电流

用 R_2/s 代替 R_2 ，可保持 \dot{I}_2, F_2 不变的目的

绕组归算

1. 电动势的归算: $\dot{E}'_2 = E_1 = k_e E_2$

$$\circ k_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1 k_{w1}}{N_2 k_{w2}}$$

2. 电流的折算: $\dot{I}'_2 = \frac{m_2 N_2 k_{w2}}{m_1 N_1 k_{w1}} \dot{I}_2 = \frac{1}{k_i} \dot{I}_2$

$$\circ K_i = \frac{m_1 N_1 k_{w1}}{m_2 N_2 k_{w2}}$$

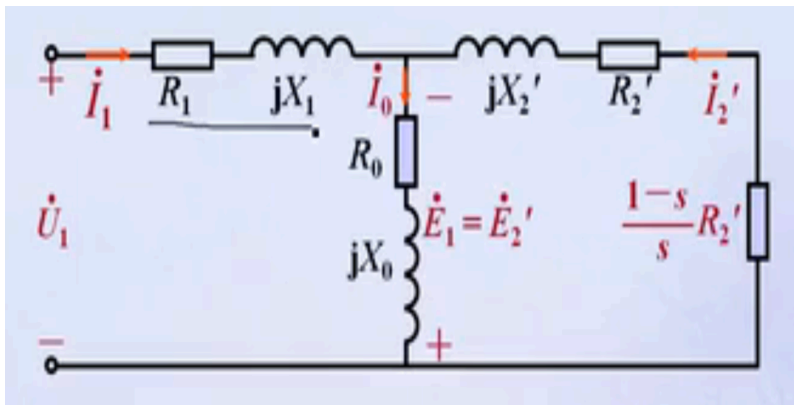
3. 阻抗的折算:

$$\circ R'_2 = k_e k_i R_2$$

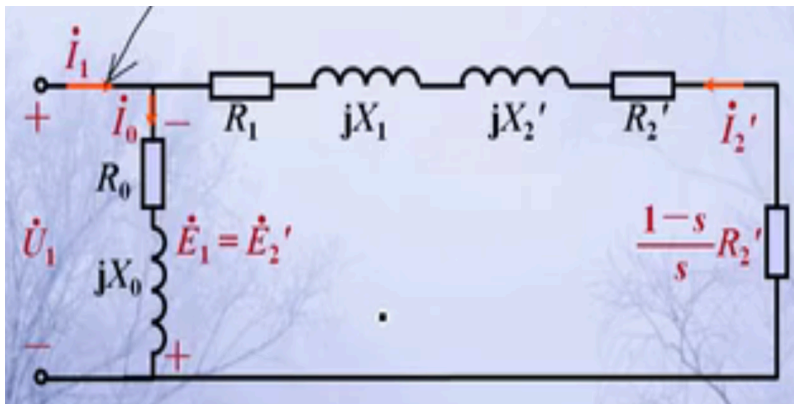
- $X_2' = k_e k_i X_2$
- $L_{2\sigma}' = k_e k_i L_{2\sigma}$

经过频率和绕组归算后,可得等效电路:

$$\begin{cases} E_{2s} = sE_2 \\ X_{2s} = sX_2 \\ E_2' = k_e E_2 \\ I_2' = \frac{1}{k_i} I_2 \\ R_2'' = \frac{k_e k_i R_2}{s} \\ X_2' = k_e k_i X_2 \\ L_{2\sigma}' = k_e k_i L_{2\sigma} \end{cases}$$



该近似电路在任意工作情况下都能使用:



计算

1. 定子功率因数 $\cos \phi_1$: 定子电流滞后/超前定子电压的角度的余弦值
2. 输入功率: $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \phi_1$

★线电压线电流，相电压相电流

线电压:两相之间的电压

相电压:相与零线之间的电压

线电流:从电源引出三根导线中的电流

相电流:三相电源中流过每相负载的电流

相量图

主磁通 $\dot{\Phi}_m$:画在垂直位置(或水平位置)，定为参考相量

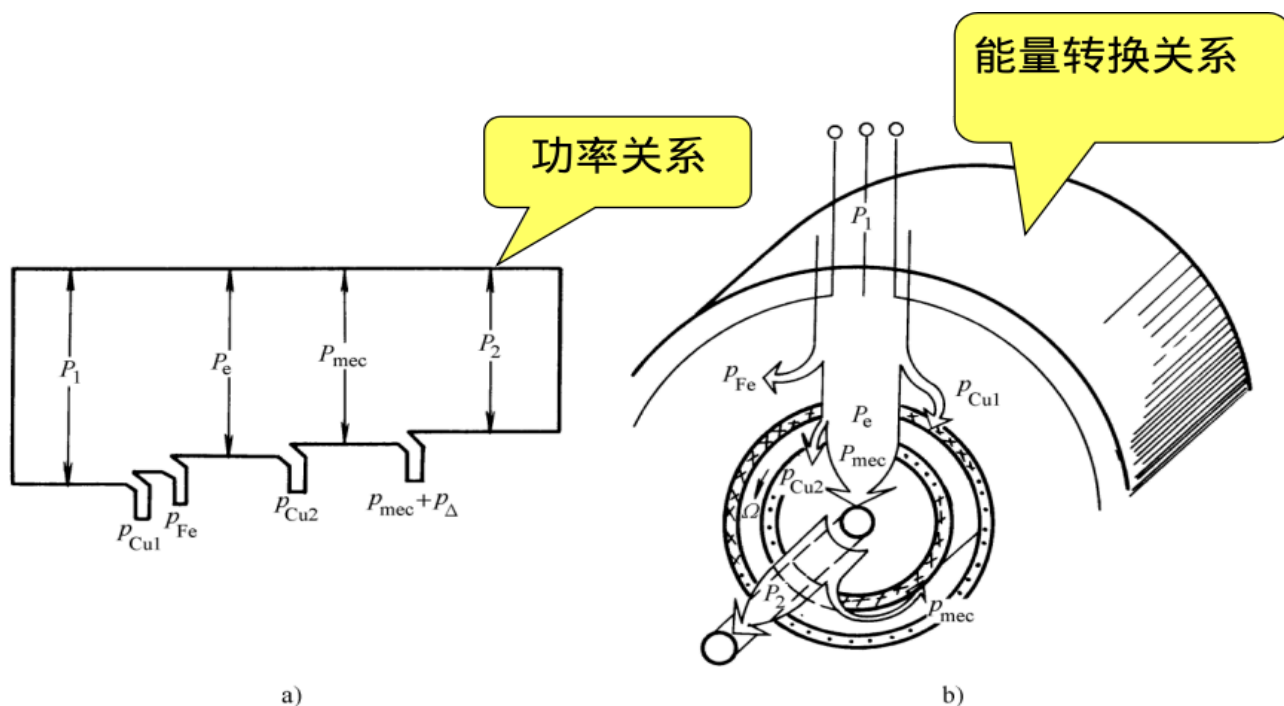
\dot{E}_1, \dot{E}_2' :均滞后于 $\dot{\Phi}_m$ 90度电角度

励磁电流 \dot{I}_m :超前 $\dot{\Phi}_m$ 一个 α_{Fe} 的电角度

根据阻抗性质来画出其他相量

三相异步电动机的功率和转矩

功率转换过程



功率方程式

$$(1) P_1 - p_{Cu1} - p_{Fe} = P_e$$

$$(2) \begin{cases} P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \phi_1 \\ p_{Cu1} = m_1 I_1^2 R_1 \\ p_{Fe} = m_1 I_m^2 R_m \\ P_e = m_1 E'_2 I'_2 \cos \phi'_2 = m_1 I_2'^2 \frac{R'_2}{s} \end{cases}$$

U_1 : 定子相电压

I_1 : 定子相电流

ϕ_1 : 定子功率因数角

ϕ'_2 : 转子功率因数角

$$(3) \begin{cases} p_{Cu2} = m_1 (I'_2)^2 R'_2 \\ P_e - p_{Cu2} = P_{mech} \\ P_{mech} - (p_{mech} + p_\Delta) = P_2 \end{cases}$$

P_{mech} : 总机械功率

P_Δ : 附加损耗

(4) 转子铜耗: $p_{Cu2} = sP_e$

sP_e : 转差功率

(5) 总机械功率: $P_{mech} = P_e - p_{Cu2} = (1 - s)P_e$

(6) ★ $P_e = m_1 (I'_2)^2 \frac{R'_2}{s}$

转矩方程式

$$T_e = T_2 + T_{mech} + T_\Delta \approx T_2 + T_0$$

T_2 : 电动势输出的机械转矩, $T_2 = \frac{P_2}{\Omega}$

T_{mech} : 机械损耗转矩

T_Δ : 附加损耗转矩

T_0 : 空载转矩, $T_0 = \frac{p_{mech} + p_\Delta}{\Omega}$

T_e : 电磁转矩

电磁转矩公式

$$T_e = \frac{P_e}{\Omega_s} = \frac{p}{2\pi f_1} m_1 E'_2 I'_2 \cos \phi'_2$$

Ω_s : 同步角速度

$$\Omega_s = 2\pi \frac{n_s}{60}$$

$$T_e = \frac{P_{mech}}{\Omega}$$

Ω : 转子本身的机械角速度

$$\Omega = 2\pi \frac{n}{60}$$

$$P_e = m_1 E'_2 I'_2 \cos \phi'_2$$