



电机与拖动**课件**之五

异步 电机

胡梦月、韩谷静

纺大电子电气



章节目录

4.1 三相异步电动机的工作原理和结构

4.2 交流电机的绕组

4.3 交流电机绕组的感应电动势

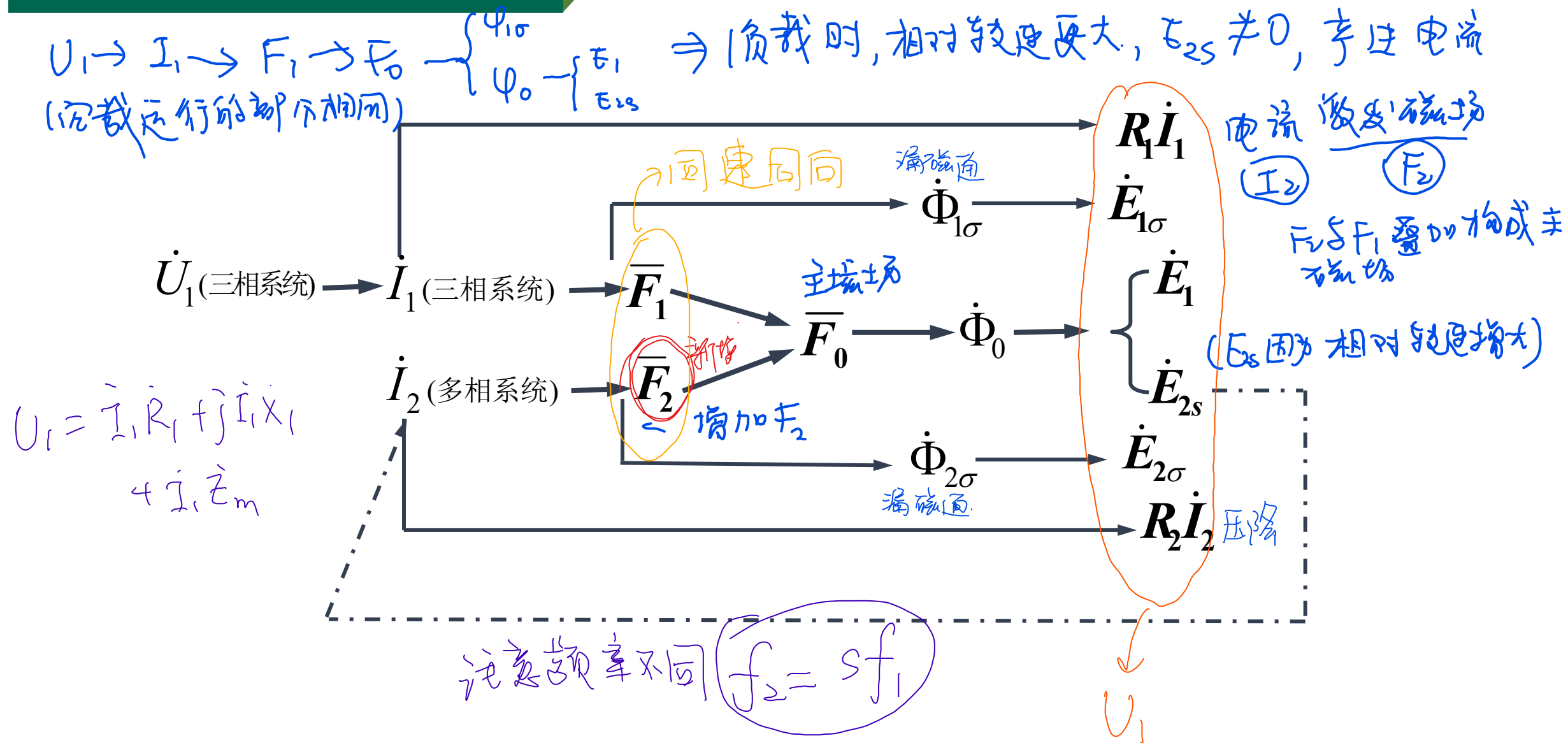
4.4 交流电机绕组的磁动势

4.5 三相异步电动机的空载运行

4.6 三相异步电动机的负载运行

4.7 三相异步电动机的等效电路和相量图

4.8 三相异步电动机的功率平衡、转矩平衡



一、转子电动势的频率

➤ 感应电动势的频率正比于导体与磁场的相对切割速度,故转子电动势的频率为:

$$f_2 = \frac{p(n_1 - n)}{60} = \frac{n_1 - n}{n_1} \times \frac{pn_1}{60} = sf_1$$

转子不转时, $n = 0$, $s = 1$, $f_2 = f_1$ 理想空载时, $n \approx n_1$, $s \approx 0$, $f_2 \approx 0$

二、转子绕组的感应电动势

➤ 转子旋转时的感应电动势: $E_{2s} = 4.44 f_2 N_2 k_{w2} \Phi_0$

➤ 转子不转时的感应电动势: $E_2 = 4.44 f_1 N_2 k_{w2} \Phi_0$

➤ 二者关系为: $E_{2s} = sE_2$



三、转子绕组的漏阻抗

电抗与频率成正比，转子旋转时转子漏电抗： $X_{2s} = 2\pi f_2 L_2$

转子不转时转子漏电抗： $X_2 = 2\pi f_1 L_2$

二者关系： $X_{2s} = sX_2$

转子绕组的漏阻抗： $Z_{2s} = R_2 + jX_{2s} = R_2 + jsX_2$

四、转子绕组的电流

转子绕组为闭合绕组，转子电流为
$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_{2s}}{Z_{2s}} = \frac{\dot{E}_{2s}}{R_2 + jX_{2s}} = \frac{s\dot{E}_2}{R_2 + jsX_2}$$

当转速降低时，转差率增大，转子电流也增大。



五、转子绕组的功率因数

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + X_s^2}} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}}$$

转子功率因数与转差率有关，当转差率增大时，转子功率因数则减小。

六、转子旋转磁动势

转子绕组流过三相或多相对称电流时产生圆形旋转磁动势。

1)幅值
$$F_2 = \frac{m_2}{2} 0.9 \frac{N_2 k_{w2}}{p} I_2$$

2)转向 转子电流相序与定子旋转磁动势方向相同，转子旋转磁动势的方向与转子电流相序一致。

转子旋转磁动势相对定子的速度为

$$n_2 + n = (n_1 - n) + n = n_1$$

➤ 可见，无论转子转速怎样变化，定、转子磁动势总是以同速、同向在空间旋转，两者在空间上总是保持相对静止。



磁动势的平衡方程为: $\bar{F}_1 + \bar{F}_2 = \bar{F}_0$

→ 磁动势平衡方程

可以改写为: $\bar{F}_1 = \bar{F}_0 + (-\bar{F}_2) = \bar{F}_0 + \bar{F}_{1L}$

→ 维持主磁场不变

➤ 表明: 定子旋转磁动势包括两个分量: 一个是励磁磁动势 \bar{F}_0 , 它用来产生气隙磁通 Φ_0 ; 另一个是负载分量 \bar{F}_{1L} , 它用来平衡转子磁动势 \bar{F}_2 , 即用来抵消转子磁动势对主磁通的影响。

写成磁动势幅值公式: $\frac{m_1}{2} 0.9 \frac{N_1 k_{w1}}{p} \dot{I}_1 + \frac{m_2}{2} 0.9 \frac{N_2 k_{w2}}{p} \dot{I}_2 = \frac{m_1}{2} 0.9 \frac{N_1 k_{w1}}{p} \dot{I}_0$

两边除以电流变比 $k_i = \frac{m_1 N_1 k_{w1}}{m_2 N_2 k_{w2}}$ 有: $\dot{I}_1 + \frac{\dot{I}_2}{k_i} = \dot{I}_0$



根据基尔霍夫电压定律可写出定、转子侧电动势平衡方程：

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 R_1 + j\dot{I}_1 X_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \mathbf{Z}_1$$

→ 一次侧平衡方程

$$0 = \dot{E}_{2s} - \dot{I}_2 R_2 - j\dot{I}_2 X_{2s} = \dot{E}_{2s} - \dot{I}_2 \mathbf{Z}_{2s}$$

→ 二次侧平衡方程

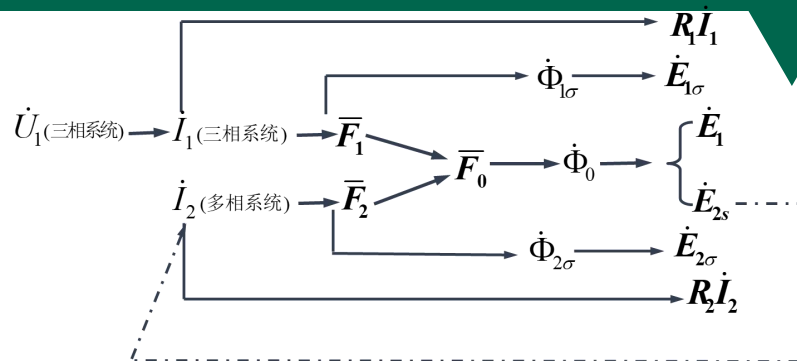
其中， E_1 与转子不转时电动势 E_2 之比称为电动势比 k_e ：

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

电动势变比



小结



电磁关系

转子绕组各电磁量

$$f_2 = s f_1$$

$$f_2 = \frac{p(n_1 - n)}{60} = \frac{n_1 - n}{n_1} \times \frac{p n_1}{60} = s f_1 \quad \text{转子不转时, } n=0, s=1, f_2 = f_1 \quad \text{理想空载时, } n \approx n_1, s \approx 0, f_2 \approx 0$$

➤ 转子旋转时的感应电动势: $E_{2s} = 4.44 f_2 N_2 k_{w2} \Phi_0$

➤ 转子不转时的感应电动势: $E_2 = 4.44 f_1 N_2 k_{w2} \Phi_0$

➤ 二者关系为: $E_{2s} = s E_2$

电抗与频率成正比, 转子旋转时转子漏电抗: $X_{2s} = 2\pi f_2 L_2$

转子不转时转子漏电抗: $X_2 = 2\pi f_1 L_2$

二者关系: $X_{2s} = s X_2$

转子绕组的漏阻抗: $Z_{2s} = R_2 + jX_{2s} = R_2 + jsX_2$

转子绕组为闭合绕组, 转子电流为 $I_2 = \frac{\dot{E}_{2s}}{Z_{2s}} = \frac{\dot{E}_{2s}}{R_2 + jX_{2s}} = \frac{s \dot{E}_2}{R_2 + jsX_2}$

$$\cos \varphi_2 = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + X_{2s}^2}} = \frac{R_2}{\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} \quad F_2 = \frac{m_2}{2} 0.9 \frac{N_2 k_{w2}}{p} I_2 \quad \text{转子旋转磁动势相对定子的速度为 } n_2 + n = (n_1 - n) + n = n_1$$

磁动势平衡 $\bar{F}_1 + \bar{F}_2 = \bar{F}_0 \quad \bar{F}_1 = \bar{F}_0 + (-\bar{F}_2) = \bar{F}_0 + \bar{F}_{1L}$

$$\frac{m_1}{2} 0.9 \frac{N_1 k_{w1}}{p} \dot{I}_1 + \frac{m_2}{2} 0.9 \frac{N_2 k_{w2}}{p} \dot{I}_2 = \frac{m_1}{2} 0.9 \frac{N_1 k_{w1}}{p} \dot{I}_0 \quad k_i = \frac{m_1 N_1 k_{w1}}{m_2 N_2 k_{w2}} \quad \text{有: } \dot{I}_1 + \frac{\dot{I}_2}{k_i} = \dot{I}_0$$

电动势平衡

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 R_1 + j \dot{I}_1 X_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1 \\ 0 &= \dot{E}_{2s} - \dot{I}_2 R_2 - j \dot{I}_2 X_{2s} = \dot{E}_{2s} - \dot{I}_2 Z_{2s} \end{aligned} \quad k_e = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1 k_{w1}}{N_2 k_{w2}}$$

负载运行