



浙江大学电气工程学院

电机与拖动

主讲：卢琴芬

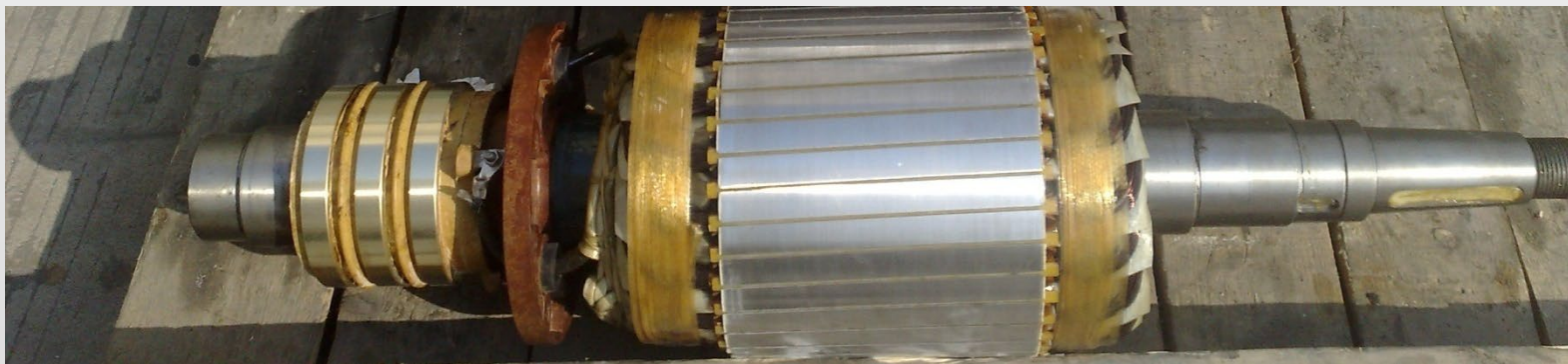
5

三相感应电动机转子静止时的运行分析

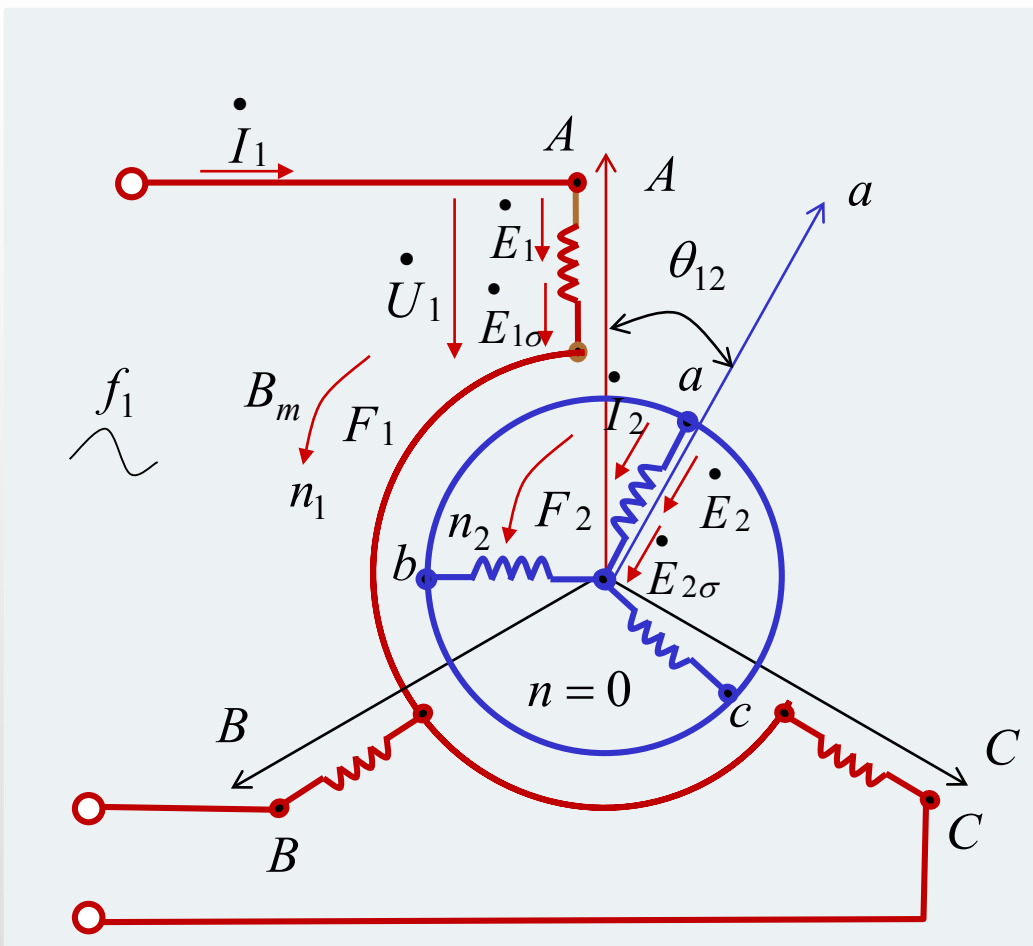
$$\begin{array}{l}
 \text{定子多相绕组 } m_1, N_1, k_{w1}, p_1 \\
 \text{转子多相绕组 } m_2, N_2, k_{w2}, p_2
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} m_1, N_1, k_{w1}, p_1 \\ m_2, N_2, k_{w2}, p_2 \end{array}} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} m_1 \neq m_2, N_1 \neq N_2, \\ k_{w1} \neq k_{w2}, p_1 = p_2 = p \end{array}$$

⇒ 转子绕组可以用一个 m_1, N_1, k_{w1} 定子绕组来等效代替

⇒ 分析以 $m_2 = m_1$ 的三相绕线式感应电机为例



转子被堵住时的转子基波磁动势



定子

幅值 $F_1 = \frac{m_1}{2} 0.9 \frac{N_1 k_{w1}}{p} I_1$

转速 $n_1 = \frac{60f_1}{p}$

转向：逆时针

转子

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

转速 $n_2 = \frac{60f_2}{p}$

转向：逆时针

$$f_1 = f_2 = f$$

F_1 、 F_2 转向一致，转速相等，同步旋转，相对静止

矢量相加，得到一个
合成基波磁动势 F_m

$$F_1 + F_2 = F_m$$

定子磁动势

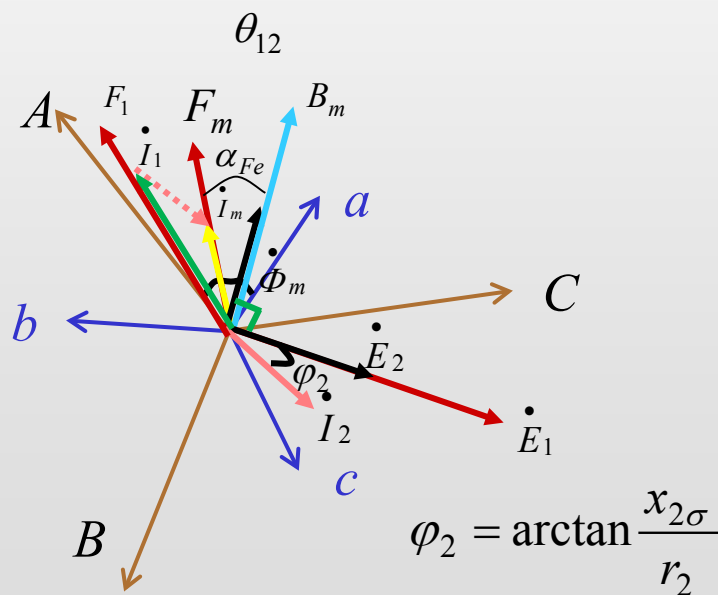
转子磁动势

励磁磁动势

$$F_m = \frac{m_1}{2} 0.9 \frac{N_1 k_{w1}}{p} I_m$$

励磁电流

确定 F_2 的
空间相位方法



转子 F_2 滞后于 B_m 为 $(90^\circ + \varphi_2)$,
即 F_2 在空间的位置仅决定于 φ_2 ,
与 θ_{12} 无关

转子被堵住时的三相感应电动机的基本方程式

1、磁动势平衡方程式的电流形式

$$F_1 \text{ 与 } \dot{I}_1, F_2 \text{ 与 } \dot{I}_2, F_m \text{ 与 } \dot{I}_m$$

$$\frac{m_1}{2} 0.9 \frac{N_1 k_{w1}}{p} \dot{I}_1 + \frac{m_2}{2} 0.9 \frac{N_2 k_{w2}}{p} \dot{I}_2 = \frac{m_1}{2} 0.9 \frac{N_1 k_{w1}}{p} \dot{I}_m$$

$$\Rightarrow \dot{I}_1 + \frac{\dot{I}_2}{k_i} = \dot{I}_m \text{ 或 } \dot{I}_1 = \dot{I}_m + \left(-\frac{\dot{I}_2}{k_i} \right) = \dot{I}_m + \dot{I}_{1L}$$

负载分量

励磁电流分量

$$\text{式中: } k_i = \frac{m_1 N_1 k_{w1}}{m_2 N_2 k_{w2}} \quad \text{感应电机的电流变比}$$

$$\text{当空载时 } (\dot{I}_2 \approx 0), \dot{I}_0 \approx \dot{I}_m$$

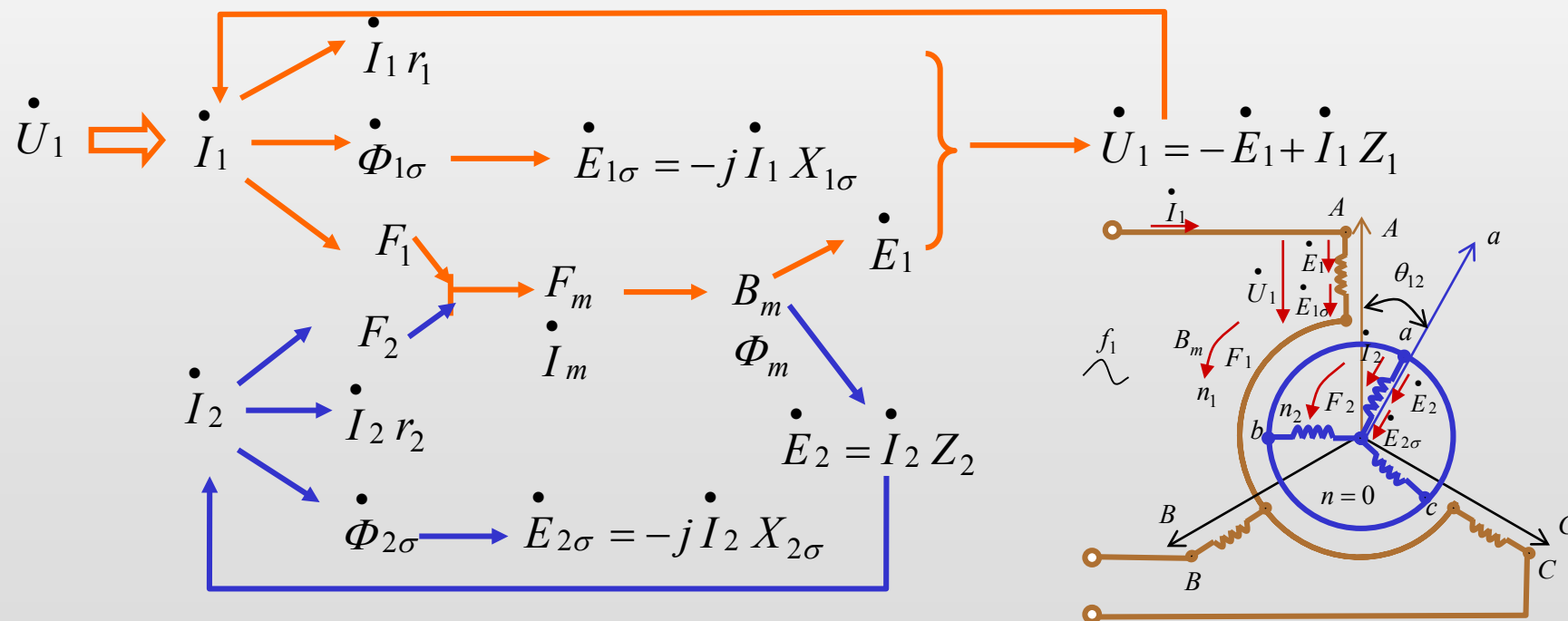
2、电动势平衡方程式

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{1\sigma} + \dot{I}_1 r_1 = -\dot{E}_1 + j\dot{I}_1 X_{1\sigma} + \dot{I}_1 r = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1$$

定子一相绕
组的漏阻抗

$$\begin{cases} 0 = \dot{E}_2 + \dot{E}_{2\sigma} - \dot{I}_2 r_2 = \dot{E}_2 - j\dot{I}_2 X_{2\sigma} - \dot{I}_2 r_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 Z_2 \\ \dot{E}_2 = \dot{I}_2 Z_2 = \dot{I}_2 (r_2 + jX_{2\sigma}) \end{cases}$$

转子静止时一相
绕组的漏阻抗



3、主电动势表达式

$$\begin{aligned}\dot{E}_1 &= -j4.44f_1N_1k_{w1}\dot{\Phi}_m \\ \dot{E}_2 &= -j4.44f_2N_2k_{w2}\dot{\Phi}_m = -j4.44f_1N_2k_{w2}\dot{\Phi}_m\end{aligned}\quad \Rightarrow \quad \frac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2} = \frac{N_1k_{w1}}{N_2k_{w2}} = k_e$$

电动势之比

参照变压器 $\dot{E}_1 = -\dot{I}_m Z_m = -\dot{I}_m(r_m + jx_m)$

励磁阻抗

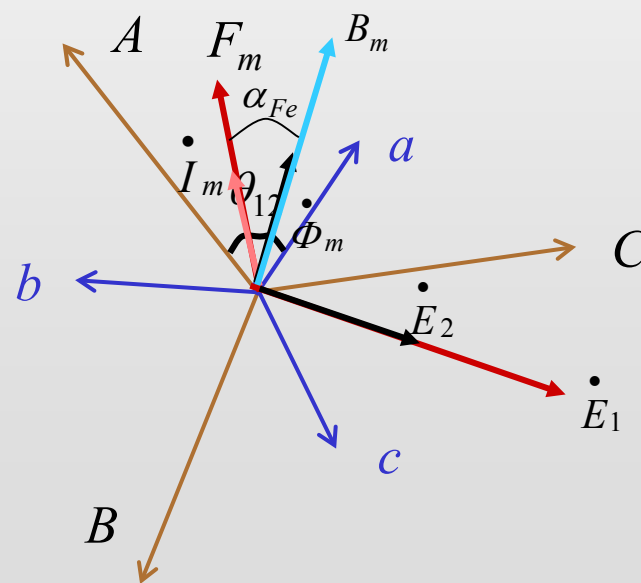
r_m 励磁电阻，反映铁耗大小的一个等效电阻

$$p_{Fe} = m_1 I_m^2 r_m$$

X_m 励磁电抗，主磁通在定子一相绕组中产生的电抗

若不计铁耗 $X_m \approx \frac{E_1}{I_m} = \frac{4.44f_1N_1k_{w1}\Phi_m}{I_m}$

与T相比，存在两个气隙，励磁电抗小，空载电流比T大，一般为 I_N 的20~40%。



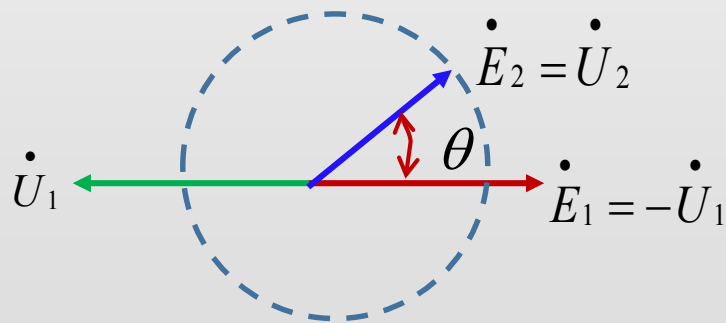
转子静止且转子短接时的基本方程式：

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

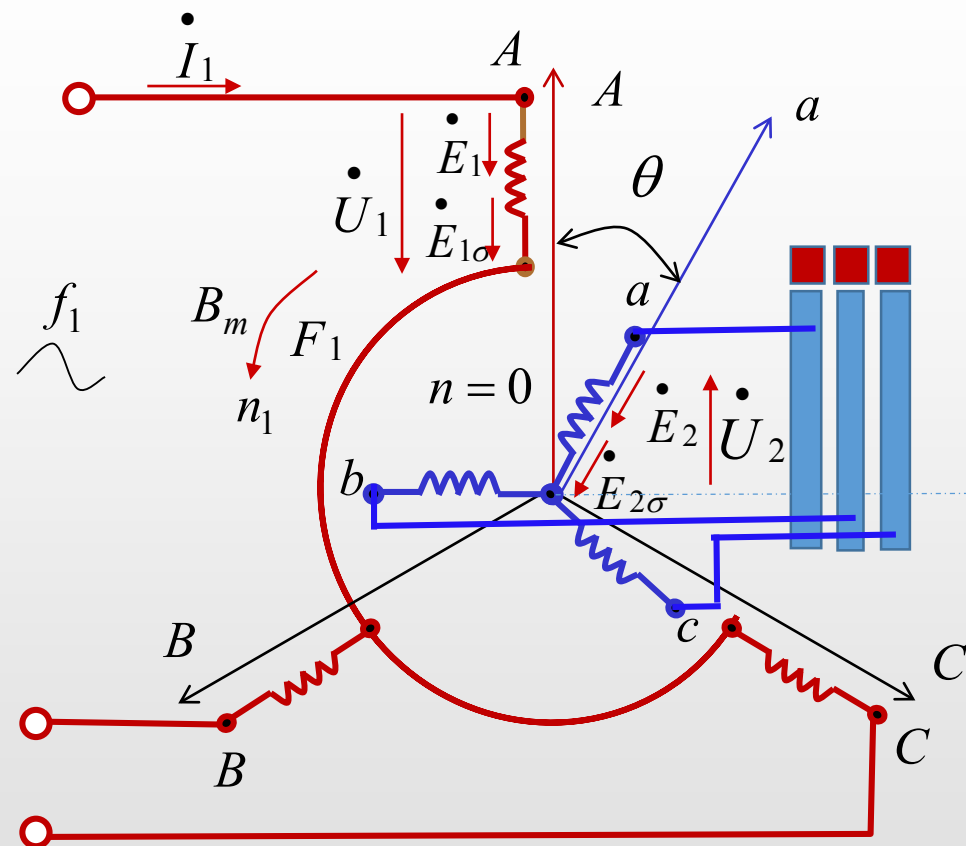
$$\dot{E}_1 = k_e \dot{E}_2 = -\dot{I}_m Z_m = -j4.44 f_1 N_1 k_{w1} \dot{\Phi}_m$$

$$\dot{I}_m = \dot{I}_1 + \frac{\dot{I}_2}{k_i}$$

$$\dot{E}_2 = \dot{I}_2 Z_2$$



移相器

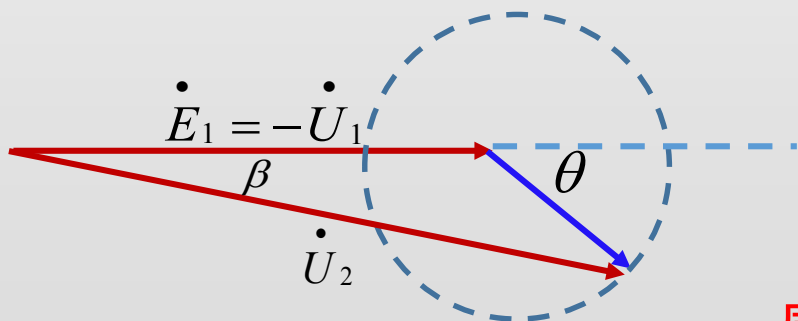


$$\dot{U}_2 \approx \dot{E}_2 = \frac{\dot{E}_1}{k} e^{j\theta}$$

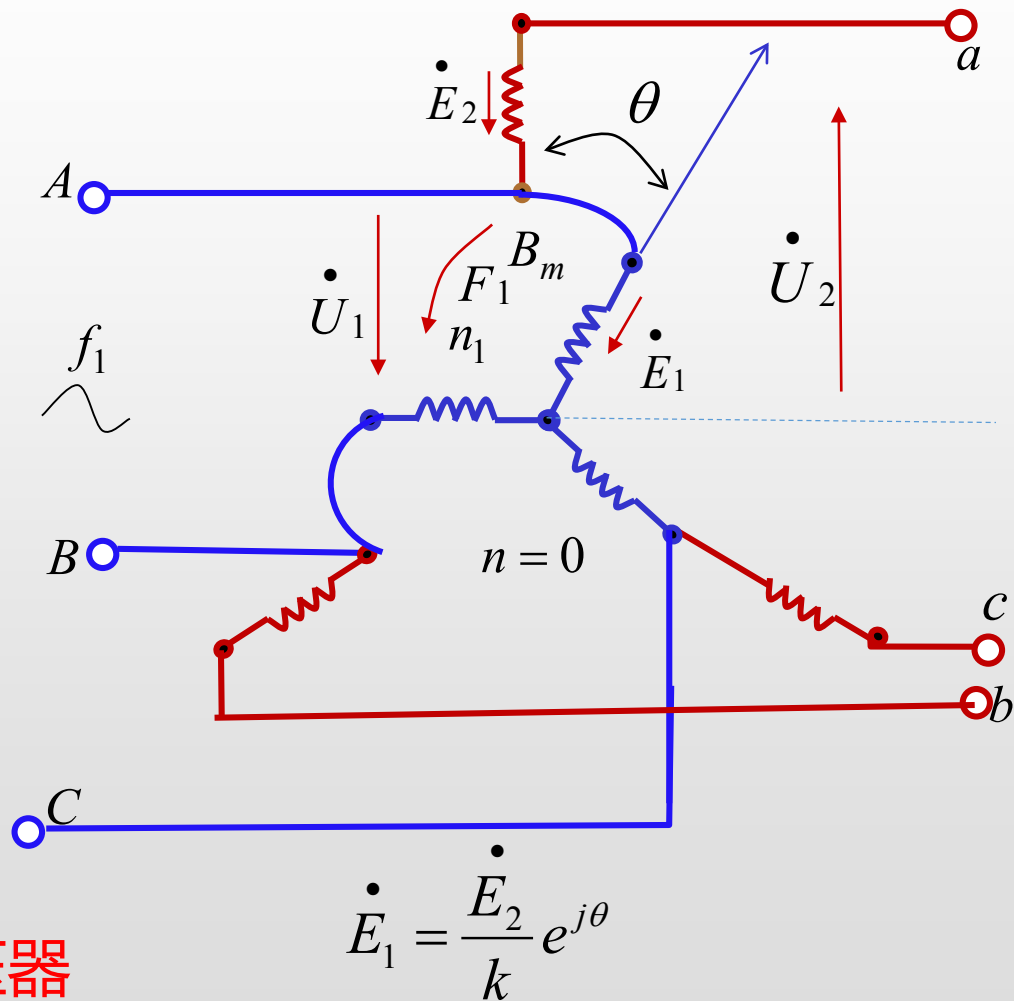
转子静止且转子短接时的基本方程式：

$$\overset{\bullet}{E}_1 = k_e \overset{\bullet}{E}_2 = -\overset{\bullet}{I}_m \overset{\bullet}{Z}_m = -j4.44 f_1 N_1 k_{w1} \overset{\bullet}{\Phi}_m$$

$$\overset{\bullet}{E}_2 = \overset{\bullet}{I}_2 \overset{\bullet}{Z}_2$$



感应调压器



主讲：浙江大学卢琴芬



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