

电工技术与电子技术



第6章 磁路与铁心线圈电路

主讲教师：徐瑞东



变压器的三个变换作用

主讲教师：徐瑞东





变压器的三个变换作用

主要内容:

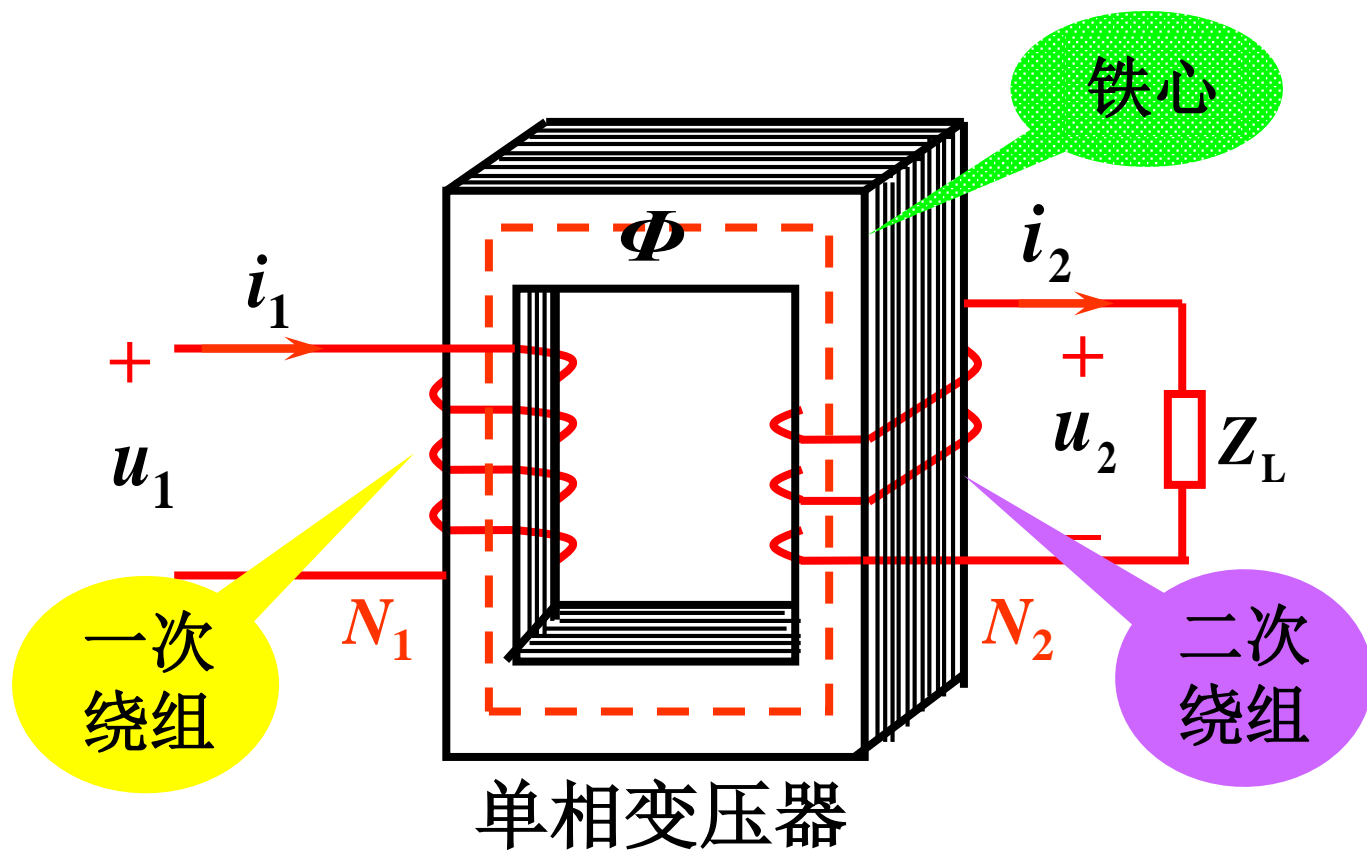
变压器的电磁关系；变压器的原副边电压、电流以及阻抗变换关系。

重点难点:

变压器原副边三个变换关系。



变压器的三个变换作用

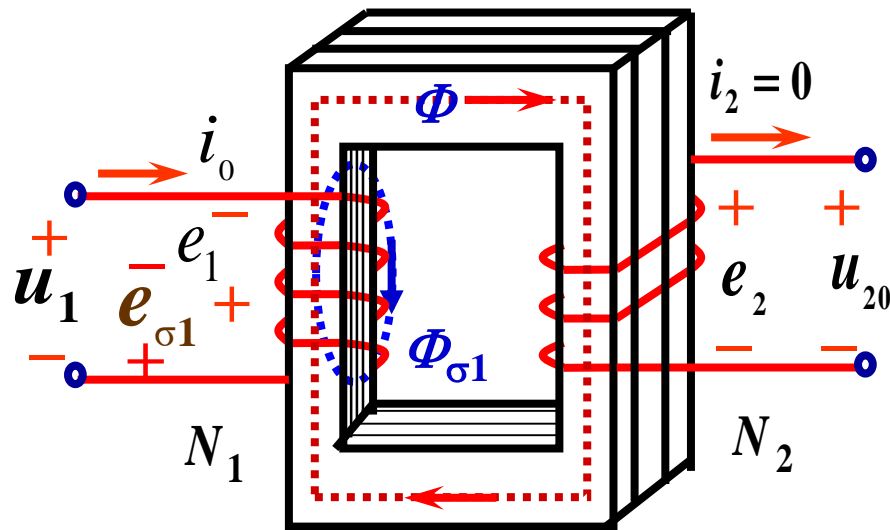


一次、二次绕组互不相连，能量的传递靠磁耦合。

1. 电磁关系

(1) 空载运行情况

一次侧接交流电源，二次侧开路。



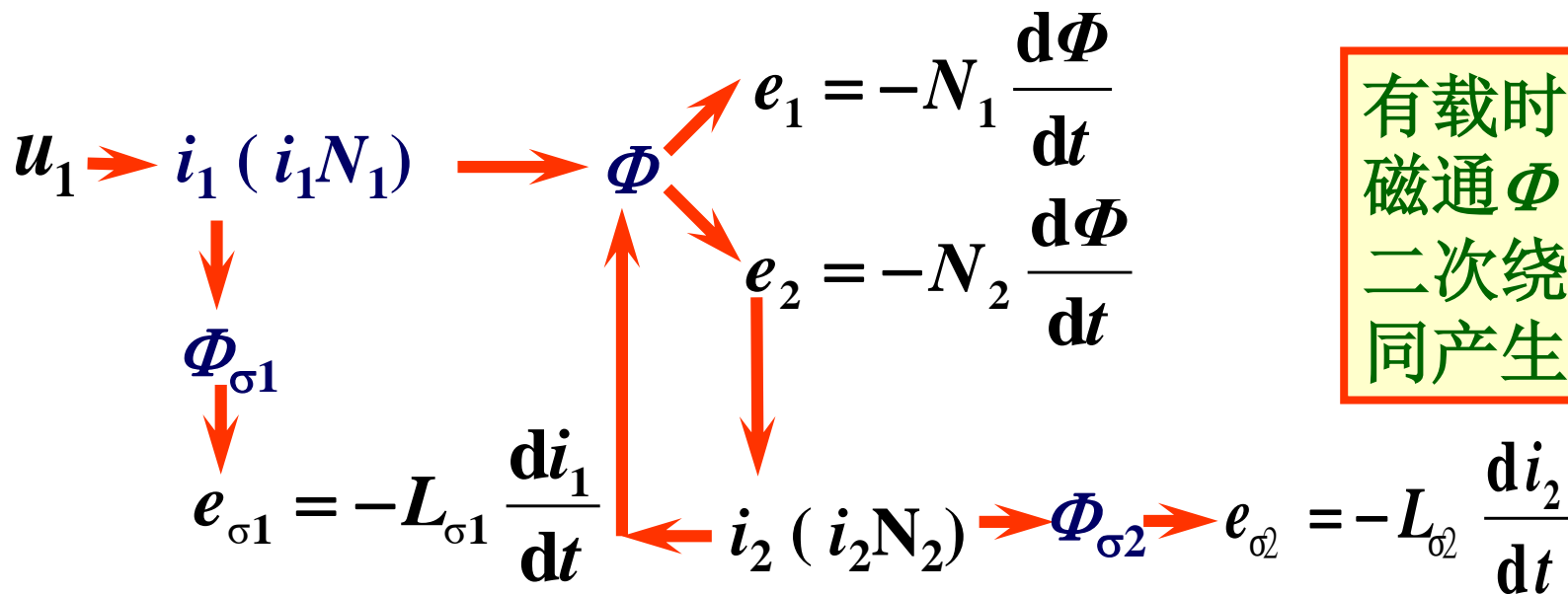
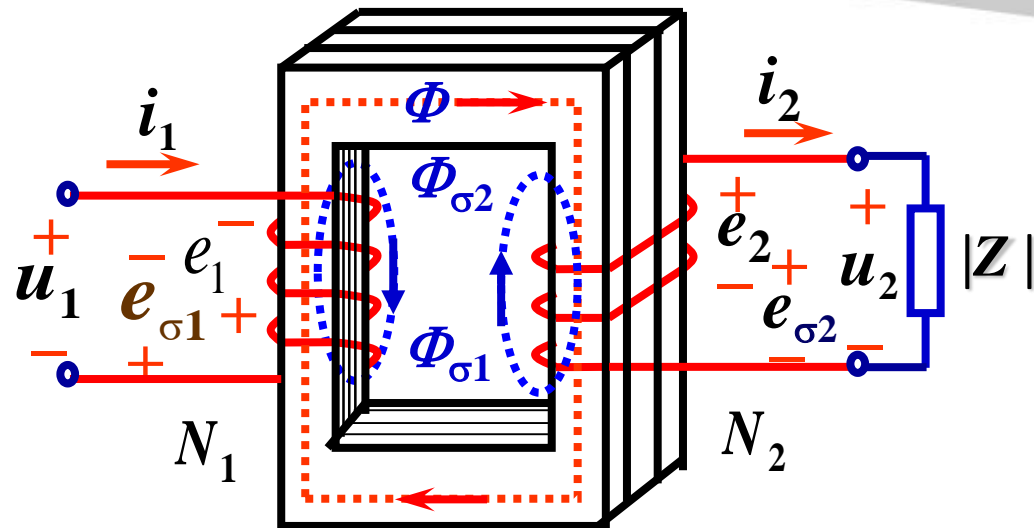
$$\begin{aligned} u_1 &\rightarrow i_0 (i_0 N_1) \rightarrow \Phi \\ &\downarrow \\ &\Phi_{\sigma 1} \\ &\downarrow \\ e_{\sigma 1} &= -L_{\sigma 1} \frac{di_0}{dt} \end{aligned} \quad \begin{aligned} &\nearrow e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \\ &\searrow e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \end{aligned}$$

空载时，铁心中主磁通 Φ 是由一次绕组磁通势产生的。

1. 电磁关系

(2) 带负载运行情况

一次侧接交流电源，二次侧接负载。



有载时，铁心中主磁通 Φ 是由一次、二次绕组磁通势共同产生的合成磁通。



2. 电压变换（设加正弦交流电压）

(1) 一次、二次侧主磁通感应电动势

主磁通按正弦规律变化，设为 $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ ，则

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = -N_1 \frac{d}{dt}(\Phi_m \sin \omega t)$$

$$= -N_1 \omega \Phi_m \cos \omega t$$

$$= E_{1m} \sin(\omega t - 90^\circ)$$

有效值： $E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f N_1 \Phi_m}{\sqrt{2}}$

$$E_1 = 4.44 f \Phi_m N_1$$

同理： $e_2 = E_{2m} \sin(\omega t - 90^\circ)$

$$E_2 = 4.44 f \Phi_m N_2$$





(2) 一次、二次侧电压

变压器一次侧等效电路如图

绕组电阻 R_1 和漏磁通较小，其两端的电压也较小，忽略不计，则

$$\dot{U}_1 \approx -\dot{E}_1 \rightarrow U_1 \approx E_1 = 4.44 f \Phi_m N_1$$

变压器空载时：

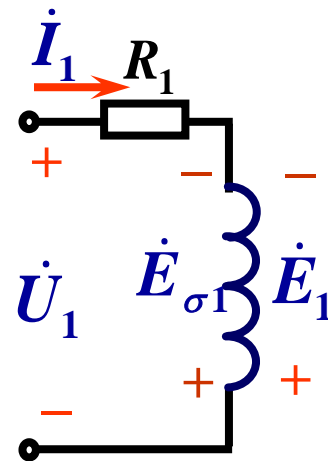
$$I_2 = 0, U_2 = U_{20} = E_2 = 4.44 f \Phi_m N_2$$

└──────────┘ 变压器空载电压

故有

$$\frac{U_1}{U_{20}} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K$$

K 为变比（匝比）



结论：改变匝数比，就能改变输出电压。





变比在变压器的名牌上标注，它表示一、二次绕组的额定电压值比，例如：

$$\text{“6000 / 400V” (K=15)}$$

表明一次绕组的额定电压 (一次绕组上应加的电源电压)

$$U_{1N} = 6000V$$

二次绕组的额定电压 (指一次绕组加额定电压时，二次绕组的空载电压)

$$U_{2N} = 400V$$

由于变压器有内阻抗压降，所以，二次绕组的空载电压一般应较满载时的电压高5%~10%。



3. 电流变换

有载运行

$$Z_2 \rightarrow I_2 = \frac{\dot{U}_2}{Z_2}$$

$$\text{由 } U_1 \approx E_1 = 4.44 f \Phi_m N_1$$

当 U_1 、 f 不变，则 Φ_m 基本不变，近于常数。

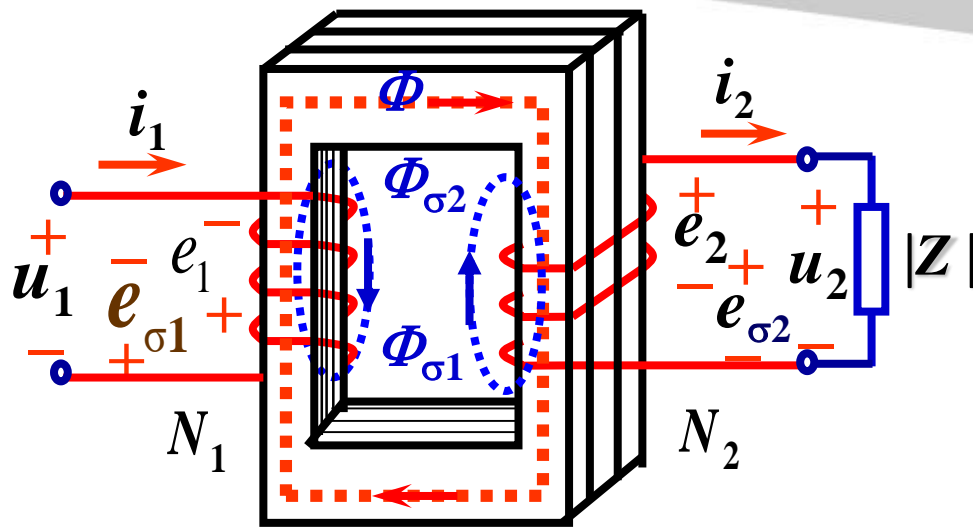
$$\text{空载: } i_0 N_1 \rightarrow \Phi_m$$

$$\text{有载: } i_1 N_1 + i_2 N_2 \rightarrow \Phi_m$$

$$\text{磁势平衡式: } \underline{i_1 N_1 + i_2 N_2} = \underline{i_0 N_1}$$

有载磁势

空载磁势





磁势平衡式: $i_1 N_1 + i_2 N_2 = i_0 N_1$

或: $\dot{I}_1 N_1 = \dot{I}_0 N_1 - \dot{I}_2 N_2$

一般情况下: I_0 一般为 $10\% I_{1N}$ 以内很小可忽略。

所以 $\dot{I}_1 N_1 \approx -\dot{I}_2 N_2$

或: $I_1 N_1 \approx I_2 N_2$

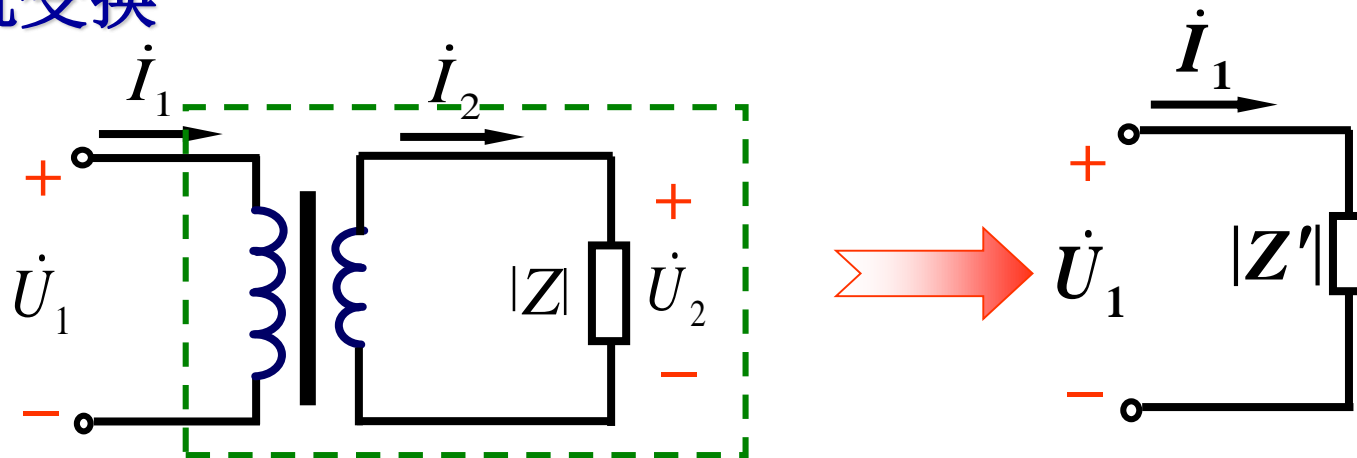


$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{K}$$

结论: 一次、二次侧电流与匝数成反比。



4. 阻抗变换



由图可知：

$$|Z'| = \frac{U_1}{I_1} = \frac{KU_2}{I_2/K} = K^2 \frac{U_2}{I_2} = K^2 |Z| \quad |Z'| = K^2 |Z|$$

结论： 变压器一次侧的等效阻抗模，为二次侧所带负载的阻抗模的 K^2 倍。



小 结

1. 变压器的原副边的电磁关系
2. 变压器的三个变换作用

电压变换

$$\frac{U_1}{U_{20}} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K$$

电流变换

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{K}$$

阻抗变换

$$|Z'| = K^2 |Z|$$

