

四、互感电压

如果两个耦合的电感 L_1 和 L_2 中有变动的电流，各电感中的磁通链将随电流变动而变动。

设 L_1 和 L_2 的电压和电流分别为 u_1 、 i_1 和 u_2 、 i_2 ，且都取关联参考方向，互感为 M ，则有：

$$u_1 = \frac{d\psi_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt}$$

$$u_2 = \frac{d\psi_2}{dt} = \pm M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

$$\text{令自感电压} \quad u_{11} = L_1 \frac{di_1}{dt} \quad u_{22} = L_2 \frac{di_2}{dt}$$

$$\text{互感电压} \quad u_{12} = M \frac{di_2}{dt} \quad u_{21} = M \frac{di_1}{dt}$$

自感电压 $u_{11} = L_1 \frac{di_1}{dt}$ $u_{22} = L_2 \frac{di_2}{dt}$

互感电压 $u_{12} = M \frac{di_2}{dt}$ $u_{21} = M \frac{di_1}{dt}$

说明

u_{12} 是变动电流 i_2 在 L_1 中产生的互感电压，

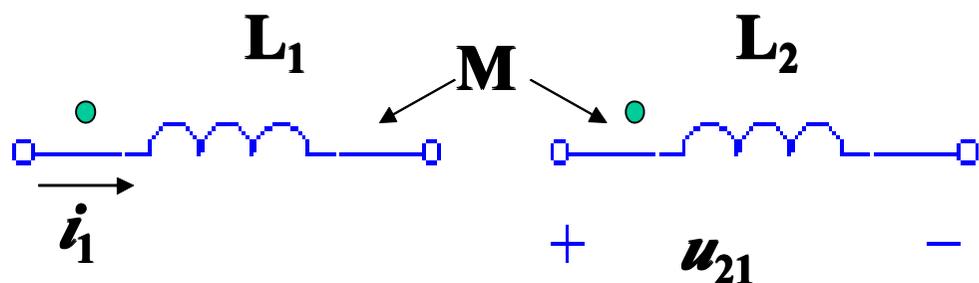
u_{21} 是变动电流 i_1 在 L_2 中产生的互感电压。

所以耦合电感的电压是自感电压和互感电压叠加的结果。

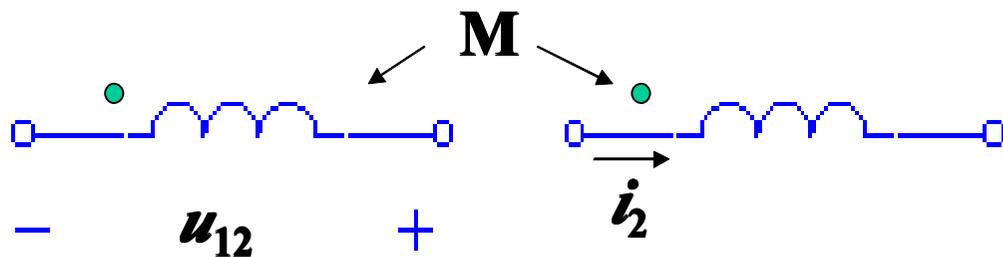
互感电压前的“+”或“-”号的正确选取是写出耦合电感端电压的关键，

选取原则可简明地表述如下：

如果互感电压“+”极性端子与产生它的电流流进的端子为一对同名端，互感电压前应取“+”号，反之取“-”号。



$$u_{21} = M \frac{di_1}{dt}$$



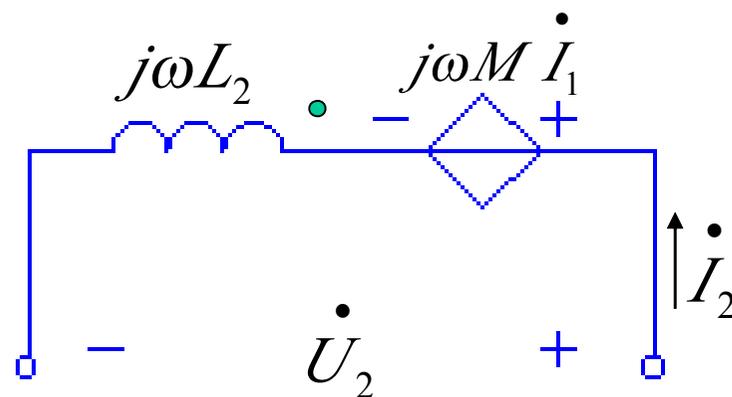
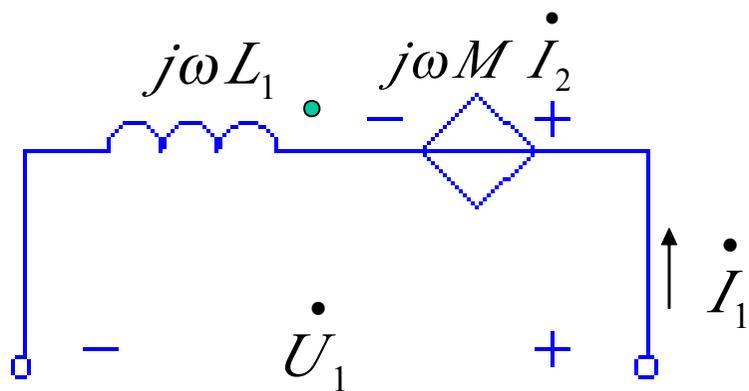
$$u_{12} = -M \frac{di_2}{dt}$$

五、互感电压的等效受控源表示法

当施感电流为同频正弦量时，在正弦稳态情况下，电压、电流方程可用相量形式表示：

$$\dot{U}_1 = j\omega L_1 \dot{I}_1 + j\omega M \dot{I}_2$$

$$\dot{U}_2 = j\omega M \dot{I}_1 + j\omega L_2 \dot{I}_2$$



六、耦合系数

工程上为了定量地描述两个耦合线圈的耦合紧疏程度，把两线圈的互感磁通链与自感磁通链的比值的几何平均值定义为耦合因数，记为 k

$$k \stackrel{\text{def}}{=} \sqrt{\frac{|\psi_{12}| \cdot |\psi_{21}|}{\psi_{11} \psi_{22}}}$$

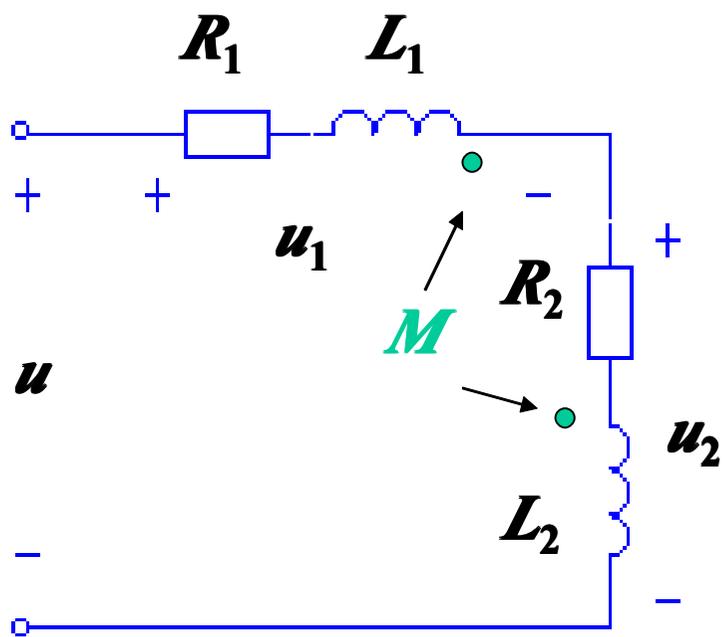
$$k \stackrel{\text{def}}{=} \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \leq 1$$

k 的大小与两个线圈的结构、相互位置以及周围磁介质有关。改变或调整它们的相互位置有可能改变耦合因数的大小。

含有耦合电感电路的计算

一、两个互感线圈的串联

1、反向串联（互感起“削弱”作用）



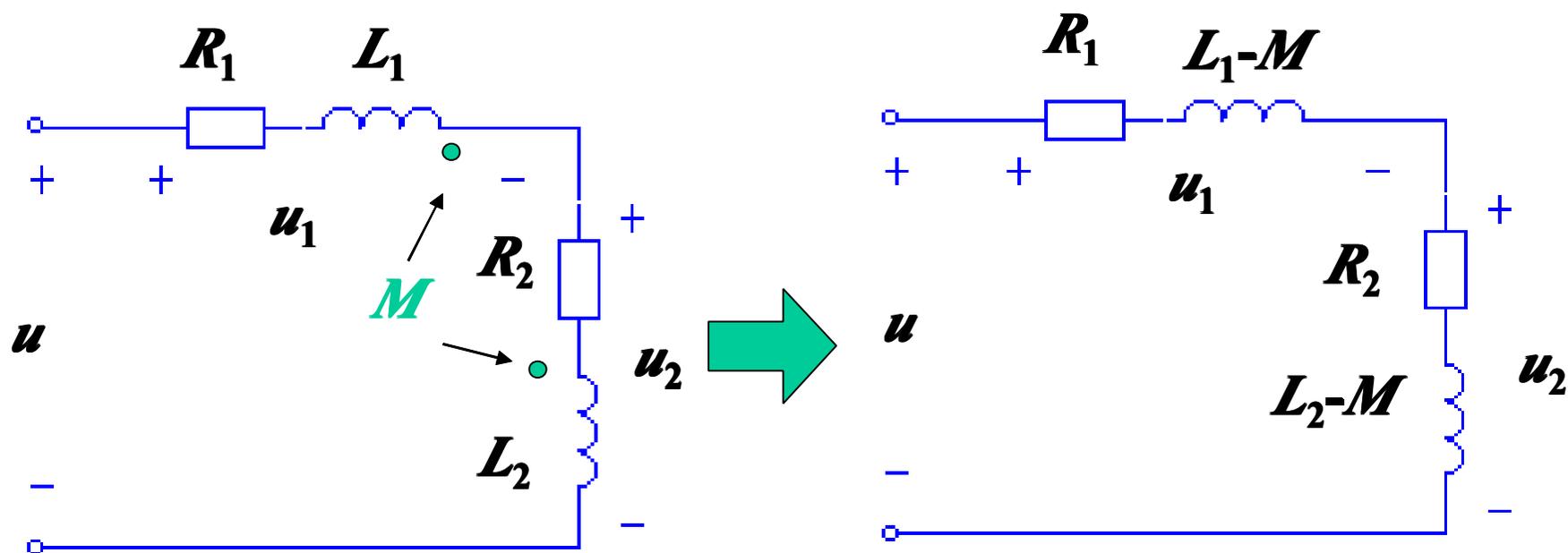
$$u_1 = R_1 i + \left(L_1 \frac{di}{dt} - M \frac{di}{dt} \right)$$

$$= R_1 i + (L_1 - M) \frac{di}{dt}$$

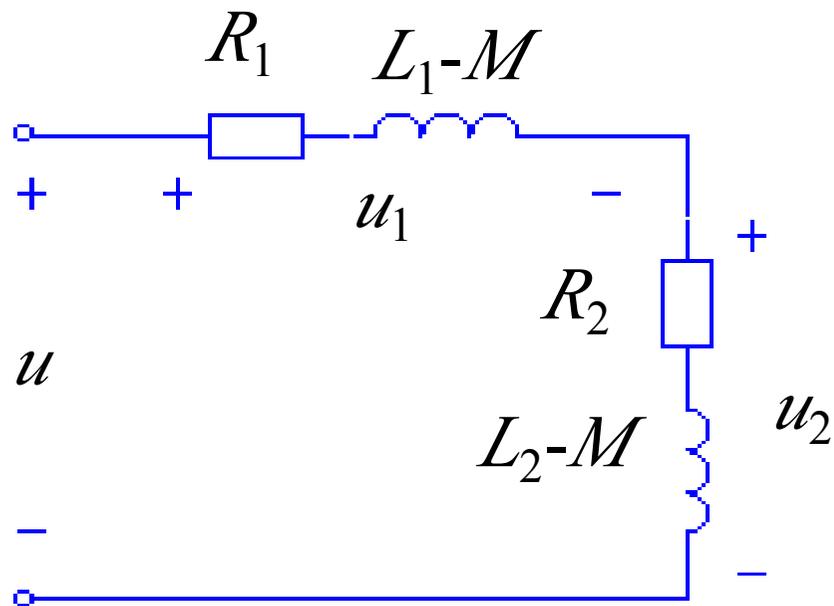
$$u_2 = R_2 i + \left(L_2 \frac{di}{dt} - M \frac{di}{dt} \right)$$

$$= R_2 i + (L_2 - M) \frac{di}{dt}$$

无互感等效电路



$$u = u_1 + u_2 = (R_1 + R_2)i + (L_1 + L_2 - 2M) \frac{di}{dt}$$

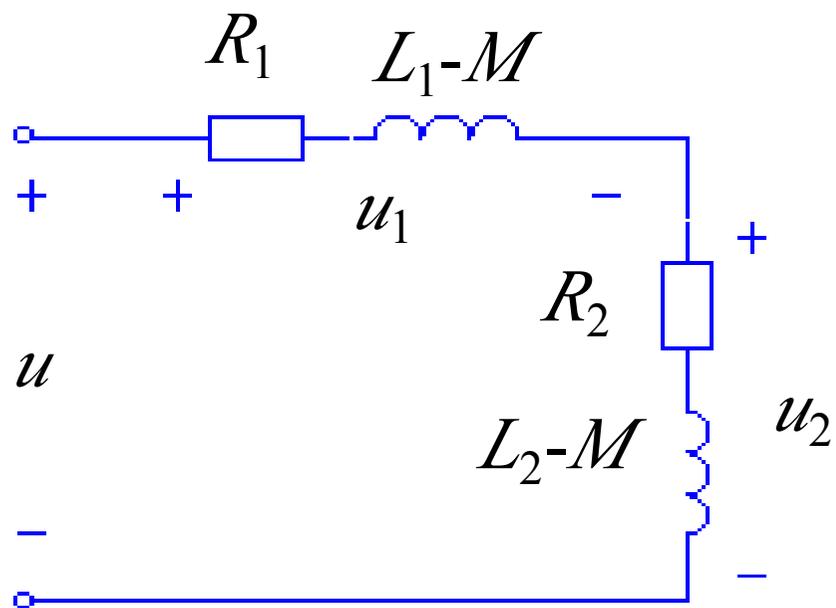


$$u = u_1 + u_2 = (R_1 + R_2)i + (L_1 + L_2 - 2M)\frac{di}{dt}$$

对正弦稳态电路，可采用相量形式表示为

$$\dot{U}_1 = [R_1 + j\omega(L_1 - M)]\dot{I} \quad \dot{U}_2 = [R_2 + j\omega(L_2 - M)]\dot{I}$$

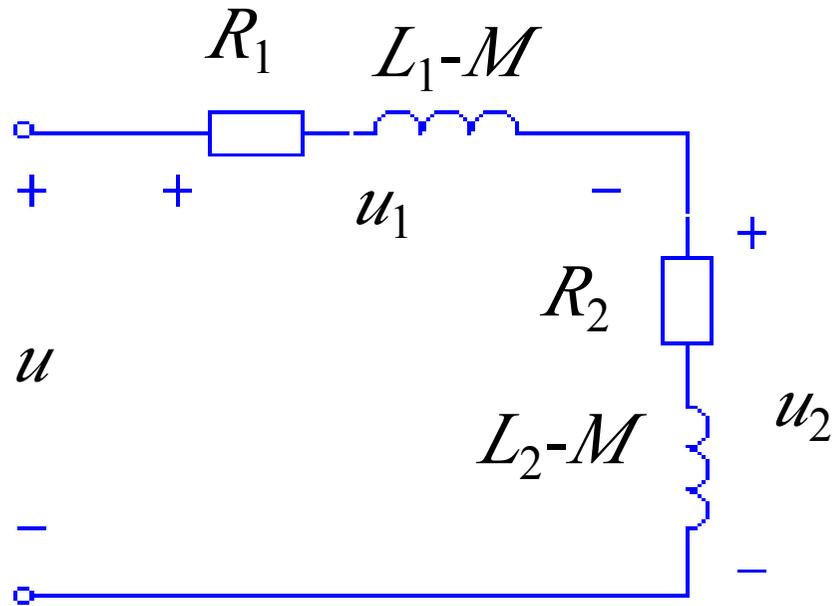
$$\dot{U} = [R_1 + R_2 + j\omega(L_1 + L_2 - 2M)]\dot{I}$$



$$\dot{U} = [R_1 + R_2 + j\omega(L_1 + L_2 - 2M)] \dot{I}$$

电流 \dot{I} 为

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{R_1 + R_2 + j\omega(L_1 + L_2 - 2M)}$$



每一条耦合电感支路的阻抗和电路的输入阻抗分别为：

$$Z_1 = R_1 + j\omega(L_1 - M)$$

$$Z_2 = R_2 + j\omega(L_2 - M)$$

$$Z = Z_1 + Z_2 = R_1 + R_2 + j\omega(L_1 + L_2 - 2M)$$