

电 路 原 理

叠加定理

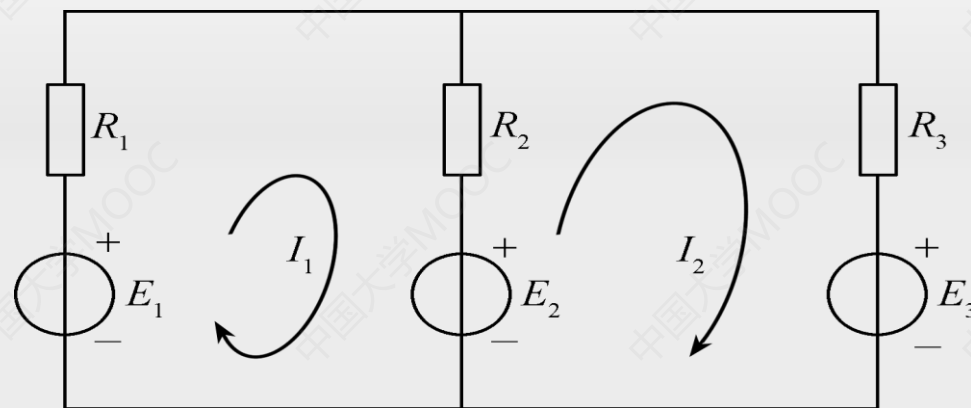
叠加定理

在**线性电路**中，当有两个或两个以上的独立电源作用时，任意支路的**电流或电压**，都是各个**独立电源单独作用**而其他独立电源不作用时，在该支路中产生的**各电流分量或各电压分量**的代数和。

在图示电路中取网孔为独立回路，回路电流为 I_1 和 I_2 。

回路电流方程为

$$\begin{cases} R_{11}I_1 + R_{12}I_2 = E_{11} \\ R_{21}I_1 + R_{22}I_2 = E_{22} \end{cases}$$



$$R_{11} = R_1 + R_2, R_{22} = R_2 + R_3, R_{12} = R_{21} = -R_2$$

$$E_{11} = E_1 - E_2, E_{22} = E_2 - E_3$$

用行列式求解，得

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{D_{11}}{D} E_{11} + \frac{D_{21}}{D} E_{22} \\ &= \frac{D_{11}}{D} (E_1 - E_2) + \frac{D_{21}}{D} (E_2 - E_3) \\ &= \frac{D_{11}}{D} E_1 + \left(-\frac{D_{11}}{D} + \frac{D_{21}}{D} \right) E_2 - \frac{D_{21}}{D} E_3 \end{aligned}$$

式中

$$\begin{aligned} D &= \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{vmatrix} = R_{11}R_{22} - R_{12}R_{21} \\ &= R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1 \\ D_{11} &= (-1)^{1+1} R_{22} = R_2 + R_3 \\ D_{21} &= (-1)^{2+1} R_{12} = -R_{12} = R_2 \end{aligned}$$

由于电路中各电阻是线性的，所以式中 E_1 、 E_2 、 E_3 前面的系数都是常数，回路电流 I_1 为各电动势 E_1 、 E_2 、 E_3 的一次函数。

当电动势 E_1 单独作用时 $E_2=0$ ， $E_3=0$ ，回路电流

$$I_1' = \frac{D_{11}}{D} E_1$$

当电动势 E_2 单独作用时 $E_1=0$ ， $E_3=0$ ，回路电流

$$I_1'' = \left(-\frac{D_{11}}{D} + \frac{D_{21}}{D} \right) E_2$$

当电动势 E_3 单独作用时 $E_1=0$ ， $E_2=0$ ，回路电流

$$I_1''' = -\frac{D_{21}}{D} E_3$$

回路电流 I_1 由三个分量组成：

$$I_1 = I_1' + I_1'' + I_1'''$$

三个电动势共同作用，在回路1中产生的回路电流等于这些电动势单独作用

时，在该回路中产生的回路电流分量的代数和。这个结论对于回路2也成立。

因为支路电流是回路电流的代数和，而支路电压与支路电流是线性关系，所以叠加定理同样适用于计算各支路电流和支路电压。

注意

应用叠加原理，应注意以下几点：

(1) 叠加原理只能用来计算线性电路的电流和电压，对非线性电路不适用。

(2) 叠加时要注意电压和电流的参考方向，求和时要注意各电压分量和电流分量的正负，某电流或电压分量的参考方向与其对应合成电流或电压的参考方向一致时，在迭加式中该项前取“+”号，否则取负号。而各分量的数值则是正值代正，负值代负。

(3)叠加时，当一个独立电源作用，其他独立电源不作用，是

1): 将电压源短接，因为电压源不作用是指它的电动势为零；

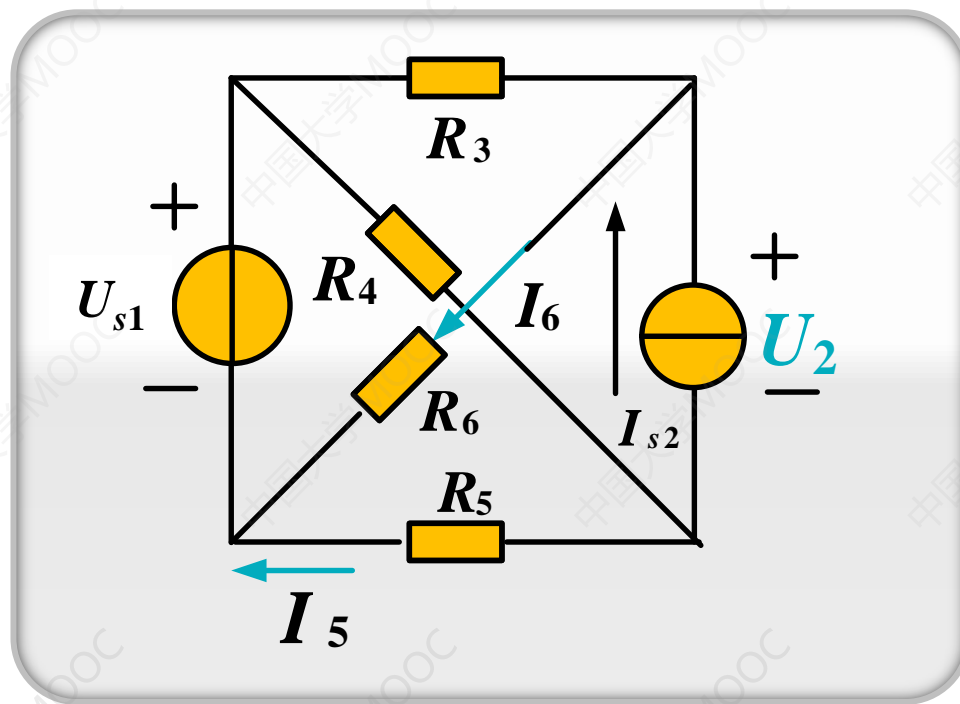
2): 将电流源断开，因为电流源不作用是指它的电流为零。

(4)功率不是电压和电流的一次函数，所以不能仿照叠加定理的方法计算功率。

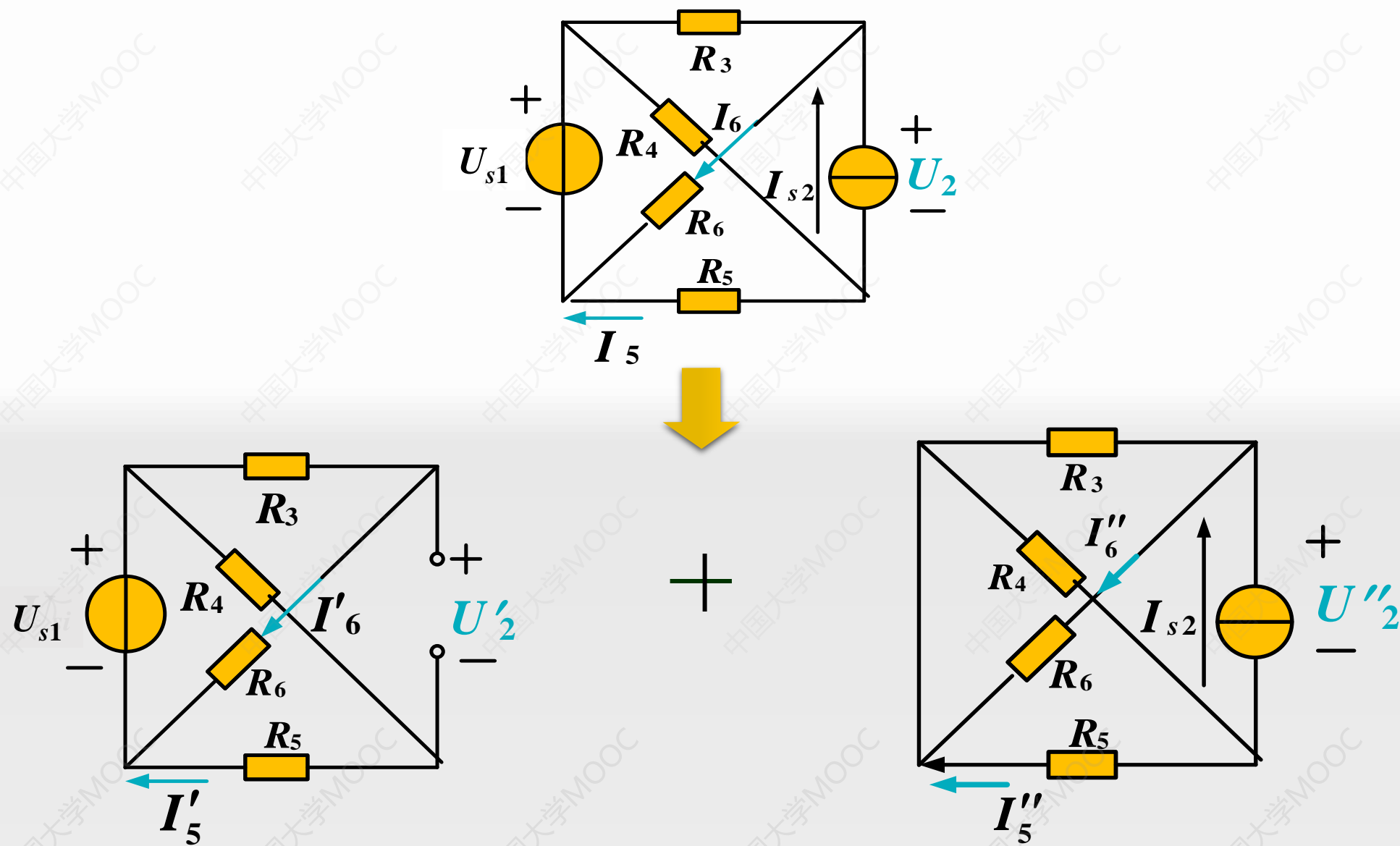
(5)对含受控源电路应用叠加定理时，只对独立电源作用结果进行叠加,独立源置零时，受控源仍保留在电路中。

例： 电路如图。已知： $R_3 = 2\Omega$ ， $R_4 = 3\Omega$ ， $R_5 = 2\Omega$ ， $R_6 = 3\Omega$ ， $U_{s1} = 10\text{V}$ ， $I_{s2} = 2\text{A}$

应用叠加原理计算图示电路的支路电流 I_5 、 I_6 和电压 U_2 。



用叠加定理求解的过程：

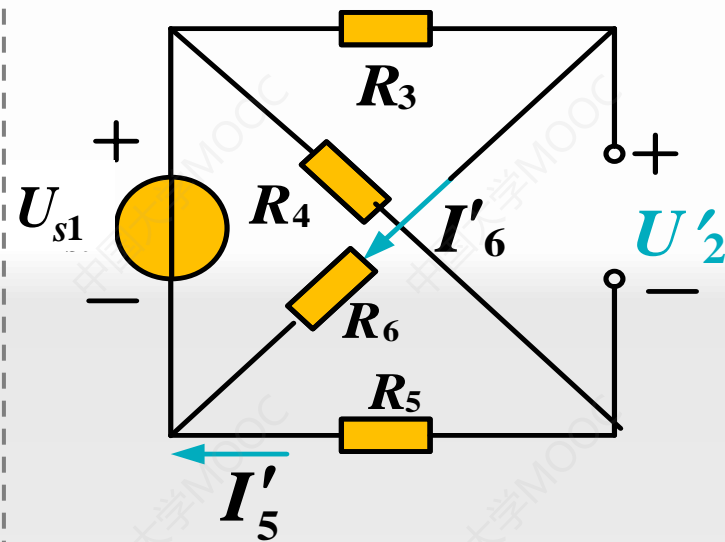


(1) 电压源单独作用：将电流源开路

$$I'_6 = \frac{U_{s1}}{R_3 + R_6} = \frac{10}{2 + 3} = 2\text{A}$$

$$I'_5 = \frac{U_{s1}}{R_4 + R_5} = \frac{10}{3 + 2} = 2\text{A}$$

$$U'_2 = R_6 I'_6 - R_5 I'_5 = 3 \times 2 - 2 \times 2 = 2\text{V}$$

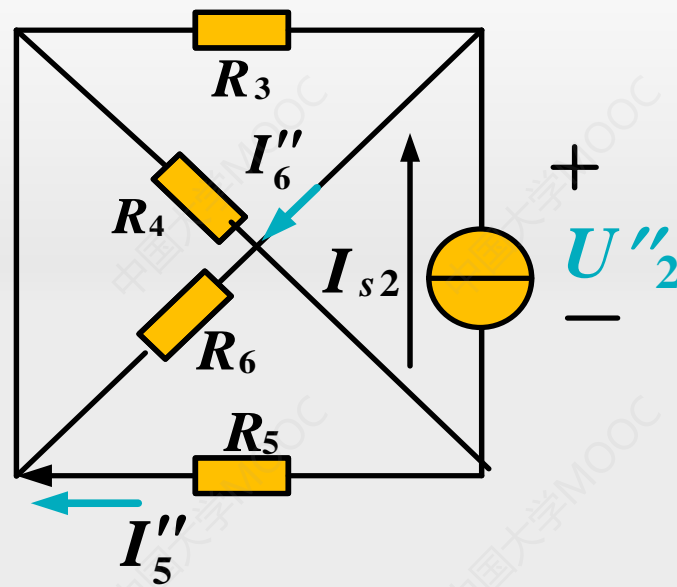


(2) 电流源单独作用：将电压源短路

$$I_5'' = -I_{s2} \times \frac{R_4}{R_4 + R_5} = -1.2\text{A}$$

$$I_6'' = I_{s2} \times \frac{R_3}{R_3 + R_6} = 0.8\text{A}$$

$$U_2'' = R_6 I_6'' - R_5 I_5'' = 4.8\text{V}$$



(3) 将各分量叠加

$$\mathbf{I}_5 = \mathbf{I}'_5 + \mathbf{I}''_5 = \mathbf{0.8A}$$

$$\mathbf{I}_6 = \mathbf{I}'_6 + \mathbf{I}''_6 = \mathbf{2.8A}$$

$$\mathbf{U}_2 = \mathbf{U}'_2 + \mathbf{U}''_2 = \mathbf{6.8V}$$

