

ch2.4 回路电流法

杨旭强

哈尔滨工业大学电气工程系

助教信息：张力彬：15145028402

唐英博：15046659018

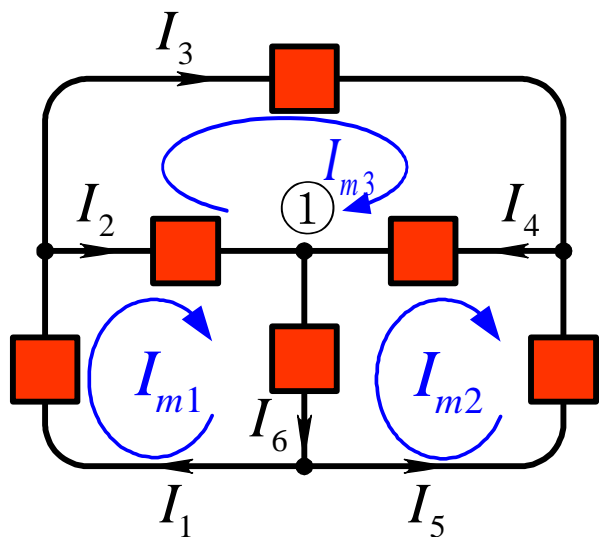


2.4 回路电流法

基本要求：掌握回路电流的概念、回路电流法的原理和列写规则，熟练应用回路电流法解决电路问题。

回路电流法：以 $b-n+1$ 个独立的回路电流为变量，列写独立的KVL方程求解电路的方法。

1. 回路电流



回路电流的概念

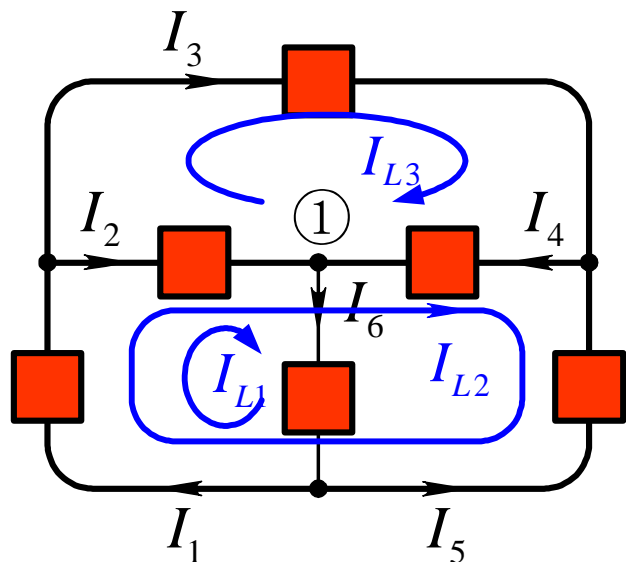
1) 定义：假设在每个独立回路中闭合流动的电流称为**回路电流**。

2) 支路电流与回路电流的关系

$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 = I_{m1} \\ I_3 = I_{m3} \\ I_5 = -I_{m2} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} I_2 = I_{m1} - I_{m3} \\ I_4 = -I_{m2} + I_{m3} \\ I_6 = I_{m1} - I_{m2} \end{array} \right.$$

支路电流可由回路电流线性表示

2.4 回路电流法



回路电流的概念

$$I_3 = I_{L3}, \quad I_5 = -I_{L2}, \quad I_6 = I_{L1}$$

$$I_1 = I_{L1} + I_{L2}, \quad I_2 = I_{L1} + I_{L2} - I_{L3},$$

$$I_4 = -I_{L2} + I_{L3},$$

3) 回路电流的特点

以回路电流作为待求量，可以自动地满足KCL方程。

$$\text{节点 ①} \quad -I_2 - I_4 + I_6 = 0$$

若用回路电流表示支路电流得：

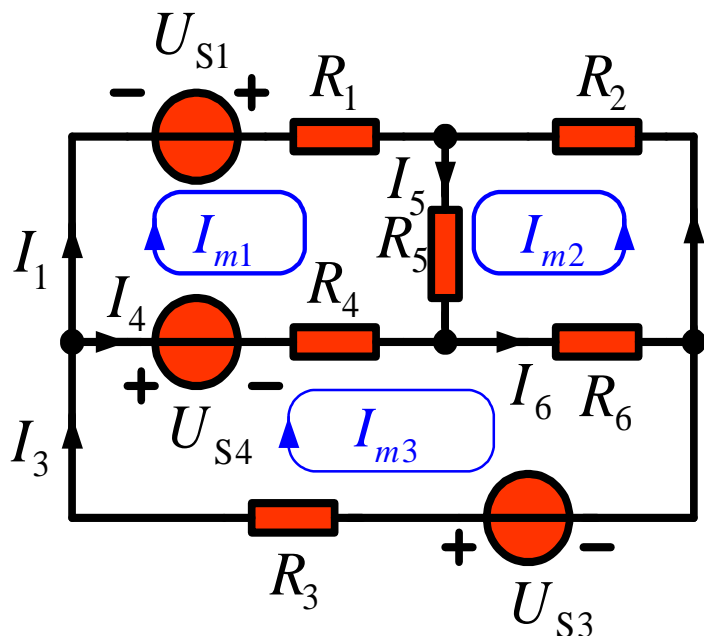
$$-I_{L1} - I_{L2} + I_{L3} + I_{L2} - I_{L3} + I_{L1} = 0$$

2.4 回路电流法

2. 回路电流法方程的列写

以各回路电流为待求量，对**b-(n-1)**个独立回路列写**KVL**方程。

$$\left. \begin{aligned} \text{回路1: } R_1 I_{m1} + R_5(I_{m1} + I_{m2}) - R_4(-I_{m1} + I_{m3}) &= U_{S1} + U_{S4} \\ \text{回路2: } R_2 I_{m2} + R_5(I_{m1} + I_{m2}) + R_6(I_{m2} + I_{m3}) &= 0 \\ \text{回路3: } R_4(-I_{m1} + I_{m3}) + R_6(I_{m2} + I_{m3}) + R_3 I_{m3} &= U_{S3} - U_{S4} \end{aligned} \right\}$$



标准形式

$$\left. \begin{aligned} R_{11} I_{m1} + R_{12} I_{m2} + R_{13} I_{m3} &= \sum_{\text{网孔1}} U_S \\ R_{21} I_{m1} + R_{22} I_{m2} + R_{23} I_{m3} &= \sum_{\text{网孔2}} U_S \\ R_{31} I_{m1} + R_{32} I_{m2} + R_{33} I_{m3} &= \sum_{\text{网孔3}} U_S \end{aligned} \right\}$$

2.4 回路电流法

列写回路电流方程的结论：

1 $R_{11} = R_1 + R_4 + R_5$, $R_{22} = R_2 + R_5 + R_6$, $R_{33} = R_3 + R_4 + R_6$
分别是组成回路1、2、3的各支路电阻之和，称为回路的**自阻**，且**自阻恒为正**。

2 $R_{12} = R_{21} = R_5$, $R_{13} = R_{31} = -R_4$, $R_{23} = R_{32} = R_6$

分别对应两个回路间公共支路上的电阻，称为相邻两回路之间的**互阻**。如果这两个回路电流在此公共支路上的**方向相同**，**互阻为正；否则为负**。

注：在只含独立电源和电阻的电路中，互阻

$$R_{ij} = R_{ji}$$

3 $\sum_{\text{回路1}} U_S = U_{S1} + U_{S4}$, $\sum_{\text{回路2}} U_S = 0$, $\sum_{\text{回路3}} U_S = U_{S3} - U_{S4}$

分别为沿回路1、2、3电压源电位升的代数 and，沿回路电位升取正号，沿回路电位降取负号。

2.4 回路电流法

列写回路电流方程的列写步骤：

1、适当的选取一组独立回路，设变量

1) 全部内网孔；2) 按两条要求任选回路

2、按回路法标准形式，填写左边的自阻和互阻

要点：自阻：自己回路全部电阻之和，永为正

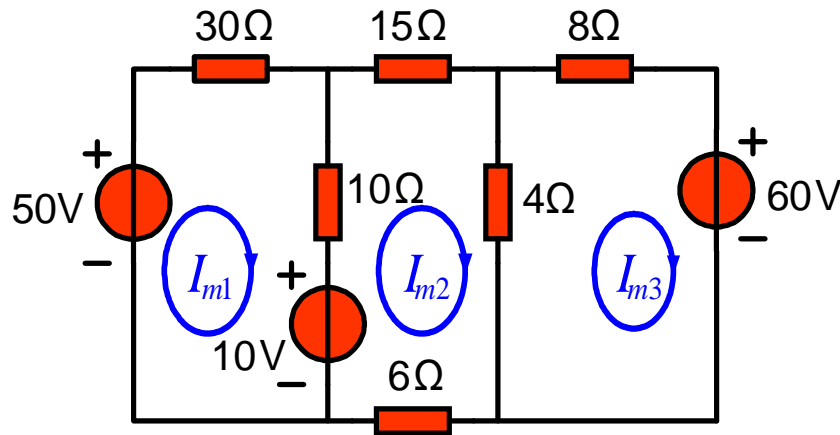
互阻：相邻回路公用电阻之和，正负看流向，同向正反向负，且一般沿主对角线对称

3、填写方程右边为沿回路电源电压升高的代数 and；
即满足左边电阻电压降的代数 and = 右边电源电压升之代数 and

4、如有必要适当补充方程

2.4 回路电流法

【例题2.9】列图示电路的回路电流方程。

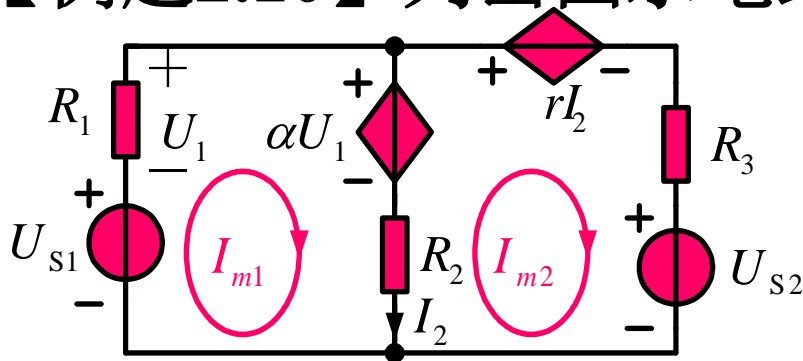


解：

$$(30\Omega + 10\Omega)I_{m1} - 10\Omega I_{m2} = 50V - 10V$$
$$-10\Omega I_{m1} + (10\Omega + 15\Omega + 4\Omega + 6\Omega)I_{m2} - 4\Omega I_{m3} = 10V$$
$$-4\Omega I_{m2} + (4\Omega + 8\Omega)I_{m3} = -60V$$

2.4 回路电流法

【例题2.10】列出图示电路的回路电流方程。



- 1) 首先将受控源按独立电源处理
- 2) 用回路电流来表示受控源的控制量

选网孔为独立回路，如图所示，列方程：

$$\begin{cases} (R_1 + R_2)I_{m1} - R_2I_{m2} = U_{S1} - \alpha U_1 \\ -R_2I_{m1} + (R_2 + R_3)I_{m2} = -U_{S2} + \alpha U_1 - rI_2 \end{cases}$$

补充：

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= -R_1I_{m1} \\ I_2 &= I_{m1} - I_{m2} \end{aligned} \right\}$$

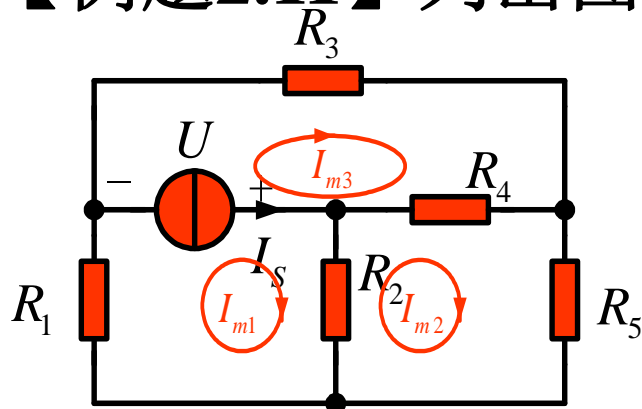
??? 整理后系数矩阵有啥变化

整理：

$$\left. \begin{aligned} (R_1 + R_2 - \alpha R_1)I_{m1} - R_2I_{m2} &= U_{S1} \\ (-R_2 + \alpha R_1 + r)I_{m1} + (R_2 + R_3 - r)I_{m2} &= -U_{S2} \end{aligned} \right\}$$

2.4 回路电流法

【例题2.11】列出图示含有电流源电路的回路电流方程。



能否利用电流源
电流这个已知条
件来减少方程数？

解：以网孔作为独立回路。

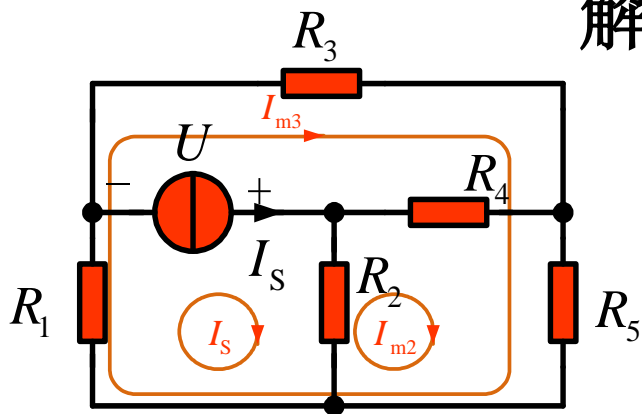
$$\left. \begin{aligned} (R_1 + R_2)I_{m1} - R_2I_{m2} - U &= 0 \\ -R_2I_{m1} + (R_2 + R_4 + R_5)I_{m2} - R_4I_{m3} &= 0 \\ -R_4I_{m2} + (R_3 + R_4)I_{m3} + U &= 0 \end{aligned} \right\}$$

补充： $I_{m1} - I_{m3} = I_S$

2.4 回路电流法

【例题2.11】列出图示含有电流源电路的回路电流方程。

解：将电流源的源电流作为回路电流



$$\begin{aligned}
 (R_1 + R_2)I_S - R_2I_{m2} + R_1I_{m3} - U &= 0 \\
 = R_2I_S + (R_2 + R_4 + R_5)I_{m2} + R_1I_{m3} - U &= 0 \\
 R_1R_2I_S + R_5R_2I_{m2} + (R_1R_2 + R_3R_2 + R_5R_2)I_{m3} - U &= 0
 \end{aligned}$$

可见若直接将已知的 I_S 设为回路电流即少一个变量可少列一个方程

2.4 回路电流法-小结

牢记回路电流法的列写步骤，注意体会以下事项：

目的：求解支路电流

方法：用回路电流表示支路电流

本质：**KVL**

要点：1、选取回路要独立且完备

2、尽量把已知的和待求的电流设为回路电流

易犯错误：

1、回路选取不独立或不完备

2、不会列写标准的回路电流法方程

3、不会省事