

电路

第2章 线性直流电路

开课教师： 王灿

开课单位： 机电学院--电气工程学科



2.3 支路电流法

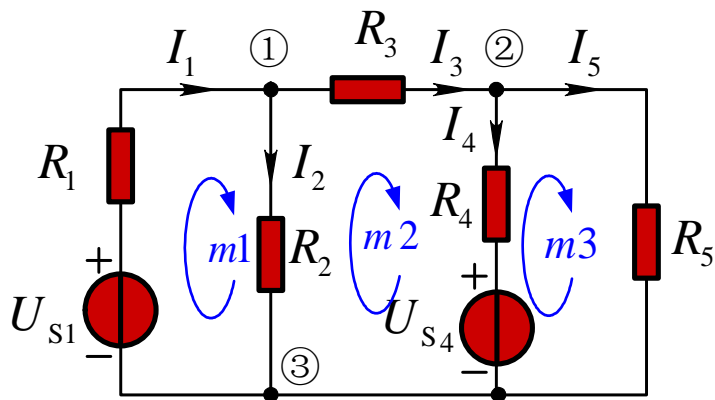
基本要求：熟练掌握支路电流法的原理及方程的列写规则。

设给定的线性直流电路具有 b 条支路、 n 个节点，那么支路电流法就是以 b 个未知的支路电流作为待求量，对 $n-1$ 个节点列出独立的KCL方程，再对 $b-(n-1)$ 个回路列出独立的KVL方程，这 b 个方程联立便可解得 b 个支路电流。

注：为列写独立的KVL方程，就要选取独立的回路，在平面电路中，对全部内网孔列出的KVL方程是一组独立方程。

2.3 支路电流法

【例题2.6】列出图示电路的支路电流方程。



解：对n-1个节点列KCL方程：

$$\text{节点①：} -I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$\text{节点②：} -I_3 + I_4 + I_5 = 0$$

对网孔列KVL方程，其中电阻电压用支路电流来表示：

$$\text{网孔}m1: R_1 I_1 + R_2 I_2 = U_{S1}$$

$$\text{网孔}m2: -R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_4 I_4 = -U_{S4}$$

$$\text{网孔}m3: -R_4 I_4 + R_5 I_5 = U_{S4}$$

2.3 支路电流法

小结:

(1) 支路电流法的一般步骤:

- ① 标定各支路电流（电压）的参考方向
- ② 选定 $n-1$ 个结点，列写其KCL方程
- ③ 选定 $b-(n-1)$ 个独立回路，指定回路绕行方向，结合KVL和支路方程列写

$$\sum R_k i_k = \sum u_k$$

- ④ 求解上述方程，得到 b 个支路电流
- ⑤ 进一步计算，如支路电压等

2.3 支路电流法

小结:

(2) 支路电流法的特点:

支路法列写的是 **KCL** 和 **KVL** 方程,

优点为: 方程列写方便、直观

缺点为: 方程数量较多

宜于在支路数不多的情况下使用。

2.3 支路电流法

【例题2.7】用支路电流法求图中电流 I_1 , I_2 , I_3 。

解：对节点①列KCL方程

$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

对网孔列KVL方程

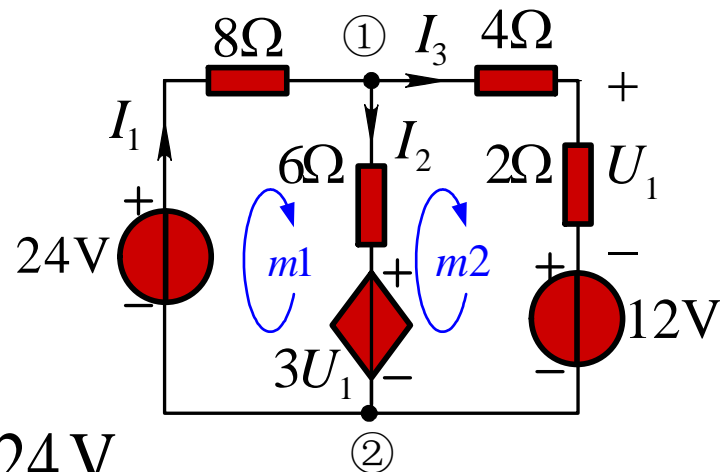
网孔 $m1$: $8\Omega \times I_1 + 6\Omega \times I_2 + 3U_1 = 24\text{V}$

网孔 $m2$: $-6\Omega \times I_2 + (4 + 2)\Omega \times I_3 - 3U_1 = -12\text{V}$

补充受控源控制量方程，在支路电流方程中要用支路电流表示控制量。

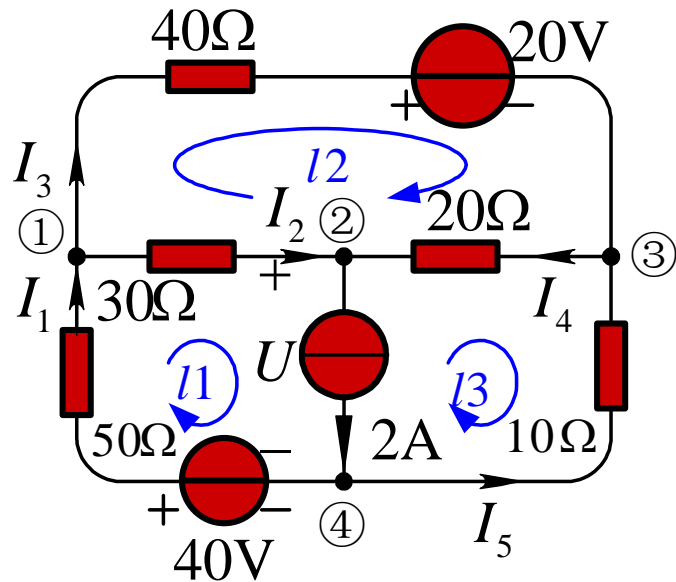
$$U_1 = 2\Omega \times I_3$$

解得 $I_1 = \frac{12}{7}\text{A}, I_2 = 2\text{A}, I_3 = -\frac{2}{7}\text{A}$



2.3 支路电流法

【例题2.8】列写图示含电流源电路的支路电流方程。



解：对节点列写KCL方程时。

$$\text{节点①: } -I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$\text{节点②: } I_2 + I_4 = 2\text{A}$$

$$\text{节点③: } -I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

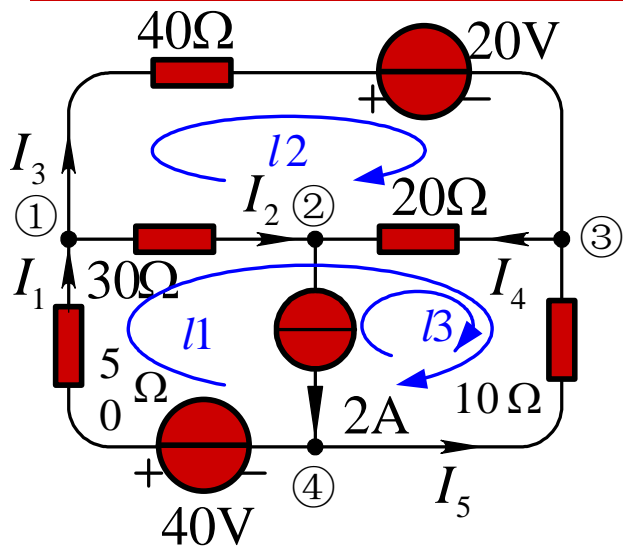
对包含电流源的回路列KVL方程，特别的对未知的电流源的两端电压，要作为变量列入到方程中。

$$\text{网孔}I_1: 50\Omega \times I_1 + 30\Omega \times I_2 + U = 40\text{V}$$

$$\text{网孔}I_2: -30\Omega \times I_2 + 40\Omega \times I_3 + 20\Omega \times I_4 = -20\text{V}$$

$$\text{网孔}I_3: -20\Omega \times I_4 - 10\Omega \times I_5 - U = 0$$

2.3 支路电流法



讨论：在列方程时能否避开电流源的两端电压？

节点①： $-I_1 + I_2 + I_3 = 0$

节点②： $I_2 + I_4 = 2A$

节点③： $-I_3 + I_4 - I_5 = 0$

网孔 l_1 ： $50\Omega \times I_1 + 30\Omega \times I_2 - 20\Omega \times I_4 - 10\Omega \times I_5 = 40V$

网孔 l_2 ： $-30\Omega \times I_2 + 40\Omega \times I_3 + 20\Omega \times I_4 = -20V$

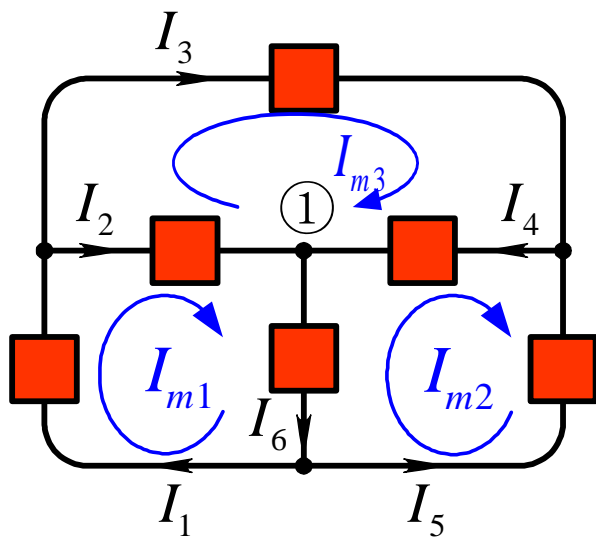
~~网孔 l_3 ： $-20\Omega \times I_4 - 10\Omega \times I_5 - U = 0$~~

适当的选取回路，使电流源支路只包含在一个回路中，如果不求电流源两端的电压时，包含电流源回路的KVL方程就可以不列写了，这样便**减少了方程的数目**

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，并能熟练的应用回路电流法解决电路问题。

1. 回路电流



回路电流的概念

1) 概念：假设在每个独立回路中闭合流动的电流。

2) 支路电流与回路电流的关系

$$I_1 = I_{m1}$$

$$I_3 = I_{m3}$$

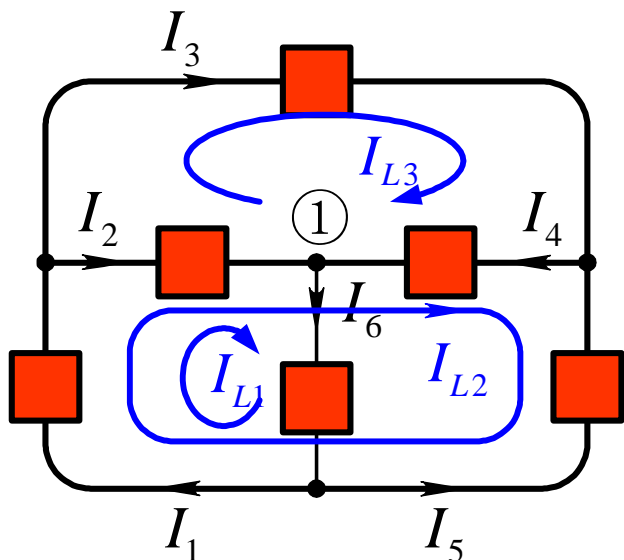
$$I_5 = -I_{m2}$$

$$I_2 = I_{m1} - I_{m3}$$

$$I_4 = -I_{m2} + I_{m3}$$

$$I_6 = I_{m1} - I_{m2}$$

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**。

节点 ① $-I_2 - I_4 + I_6 = 0$

若用回路电流表示支路电流得：

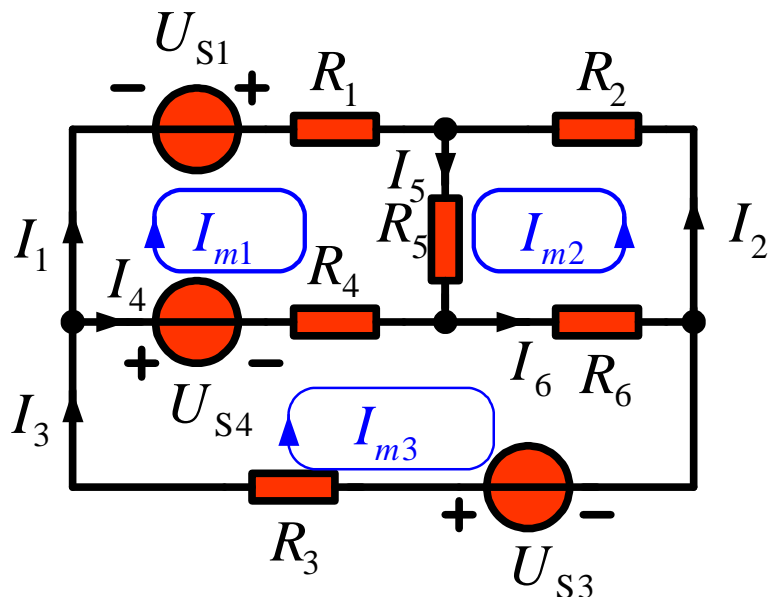
$$-I_{L1} - I_{L2} + I_{L3} + I_{L2} - I_{L3} + I_{L1} = 0$$

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。

$$\left. \begin{aligned} (R_1 + R_4 + R_5)I_{m1} + R_5I_{m2} - R_4I_{m3} &= U_{S1} + U_{S4} \\ R_5I_{m1} + (R_2 + R_5 + R_6)I_{m2} + R_6I_{m3} &= 0 \\ -R_4I_{m1} + R_6I_{m2} + (R_3 + R_4 + R_6)I_{m3} &= U_{S3} - U_{S4} \end{aligned} \right\}$$



标准形式:

$$R_{11}I_{m1} + R_{12}I_{m2} + R_{13}I_{m3} = \sum_{\text{网孔1}} U_S$$

$$R_{21}I_{m1} + R_{22}I_{m2} + R_{23}I_{m3} = \sum_{\text{网孔2}} U_S$$

$$R_{31}I_{m1} + R_{32}I_{m2} + R_{33}I_{m3} = \sum_{\text{网孔3}} U_S$$

2.4 回路电流法

列写回路电流方程的一般规则：

1、 $R_{11} = R_1 + R_4 + R_5$, $R_{22} = R_2 + R_5 + R_6$, $R_{33} = R_3 + R_4 + R_6$
分别回路1、2、3中各支路上电阻之和，称为回路的**自阻**，**自阻为正**。

2、 $R_{12} = R_{21} = R_5$, $R_{13} = R_{31} = -R_4$, $R_{23} = R_{32} = R_6$
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**电压源的代数和**，**沿回路电位升取正号、电位降取负号**。

2.4 回路电流法

小结:

(1) 回路电流法的一般步骤:

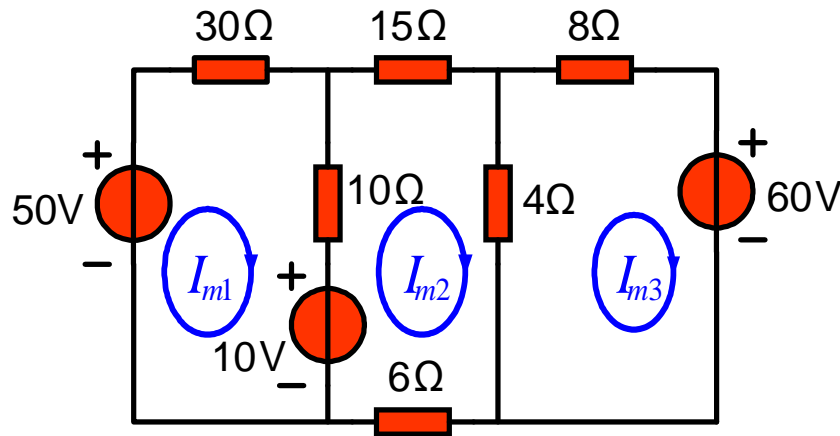
- ① 选定 $b-(n-1)$ 个独立回路，并确定其绕行方向
- ② 对 $b-(n-1)$ 个独立回路，以回路电流为未知量，列写其KVL方程
- ③ 求解方程，得到 $b-(n-1)$ 个回路电流
- ④ 求支路电流
- ⑤ 进一步计算其它未知量

(2) 回路电流法的特点:

- ① 通过灵活的选取回路，可以减少计算量
- ② 互阻的识别难度加大，符号易错，易遗漏

2.4 回路电流法

【例题2.9】列图示电路的回路电流方程。

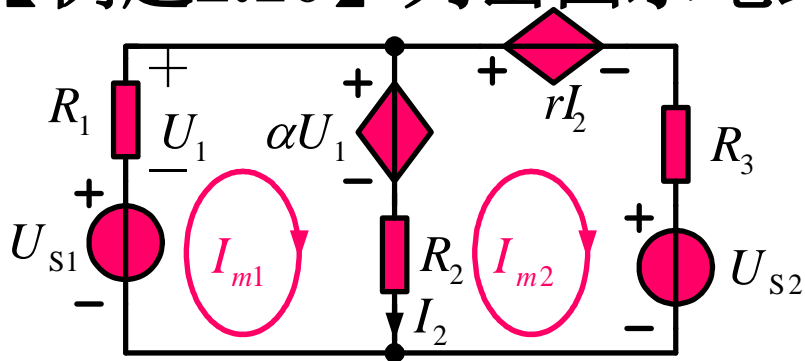


解：

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

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，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：

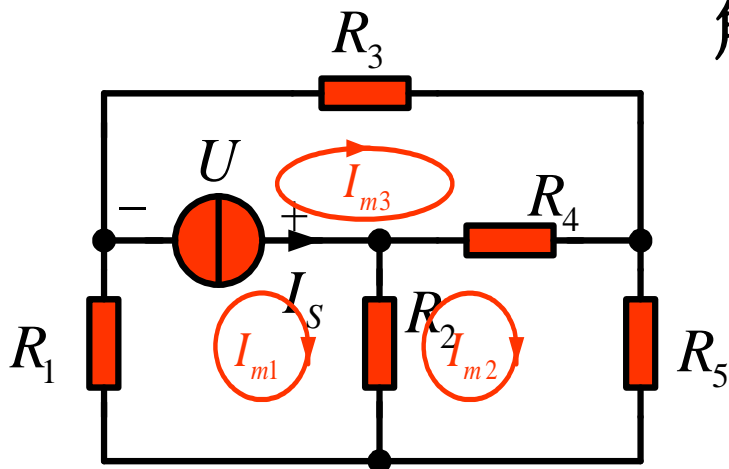
$$\left. \begin{aligned} U_1 &= -R_1I_{m1} \\ I_2 &= I_{m1} - I_{m2} \end{aligned} \right\}$$

整理：

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

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。



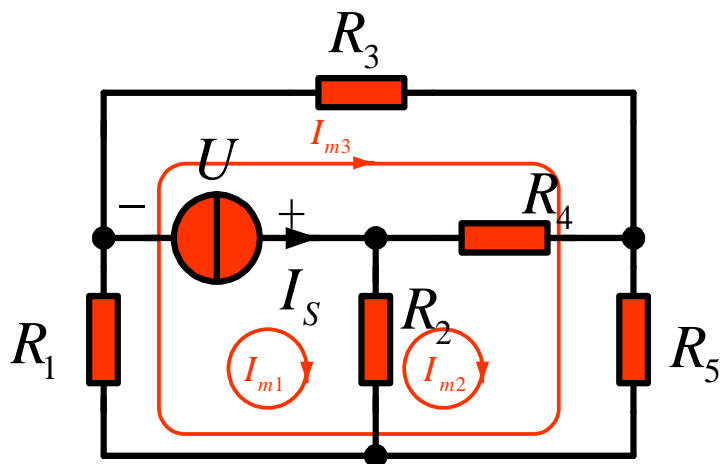
解：以网孔作为独立回路。

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

补充： $I_{m1} - I_{m3} = I_S$

$$\begin{aligned} (R_1 + R_2)I_S - R_2I_{m2} + R_1I_{m3} - U &= 0 \\ -R_2I_S + (R_2 + R_4 + R_5)I_{m2} + R_5I_{m3} &= 0 \\ R_1I_S + R_5I_{m2} + (R_1 + R_3 + R_5)I_{m3} &= 0 \end{aligned}$$

2.4 回路电流法



能否利用电流源电流已知的条件，**减少**方程数？

重选回路：

$$(R_1 + R_2)I_S - R_2I_{m2} + R_1I_{m3} - U = 0$$

$$-R_2I_S + (R_2 + R_4 + R_5)I_{m2} + R_5I_{m3} = 0$$

$$R_1I_S + R_5I_{m2} + (R_1 + R_3 + R_5)I_{m3} = 0$$

注：对**含电流源**的电路列回路电流方程时，可**适当**选取回路，使**电流源**中只流过一个回路电流，从而**减少**待求量个数。



谢

谢！

