

电工技术与电子技术



结点电压法

主讲教师：王香婷 教授



结点电压法

主讲教师：王香婷 教授





结点电压法

主要内容:

结点电压的概念; 2 结点和多结点结点电压法解题方法。

重点:

2 节点电路的结点电压法求解。



结点电压法

1. 结点电压的概念

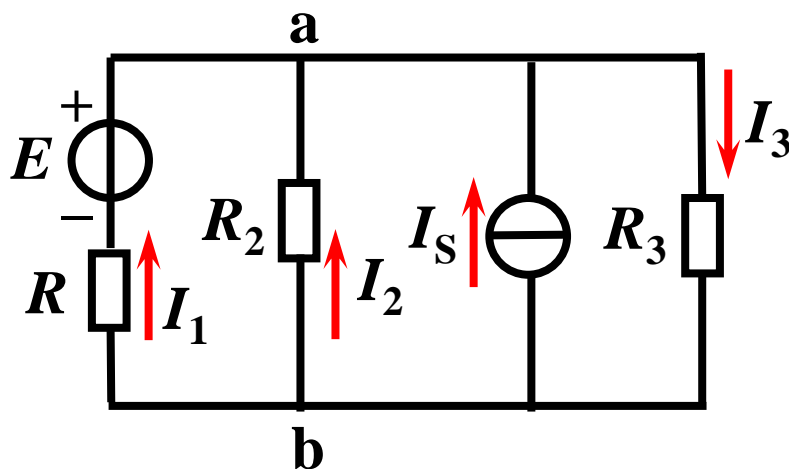
任选电路中某一结点为零电位参考点(用 \perp 表示), 其它各结点对参考点的电压, 称为结点电压。

结点电压的参考方向: 从结点指向参考结点。

结点电压法: 以结点电压为未知量, 列方程求解。

求出结点电压 \rightarrow 应用基尔霍夫定律或欧姆定律求各支路电流或电压。

结点电压法适用于支路数较多, 结点数较少的电路。



在左图电路中只含有两个结点, 若设 b 为参考结点, 则电路中只有一个未知的结点电压。

2. 2个结点的结点电压方程的推导

设: $V_b = 0 \text{ V}$

结点电压为 U , 参考方向从 a 指向 b。

(1) 应用KCL对结点 a 列方程

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

(2) 应用欧姆定律求各支路电流

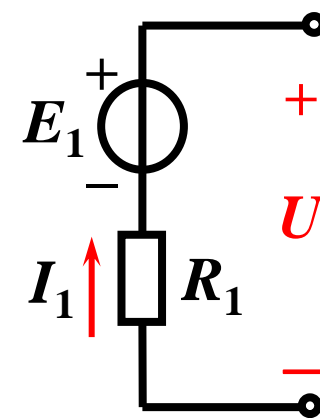
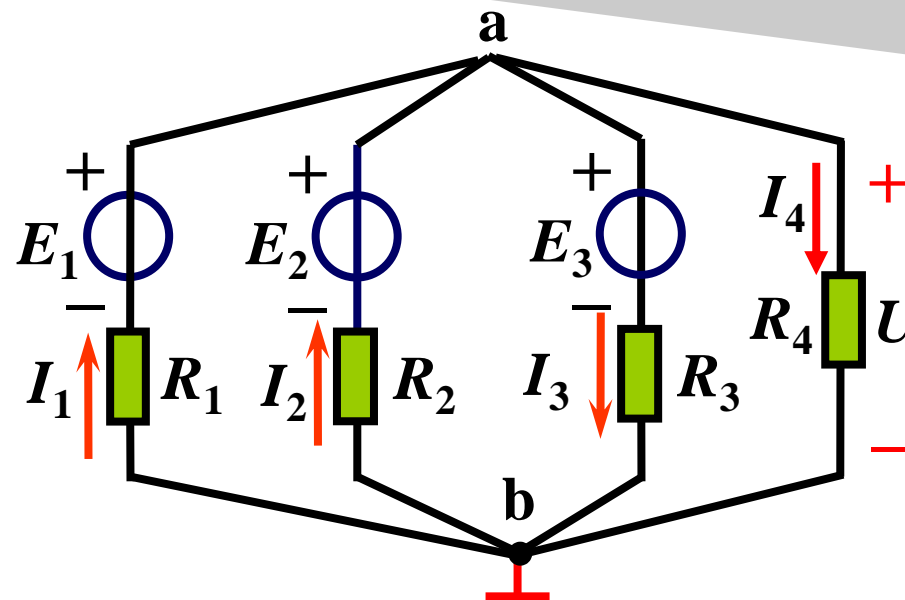
$$I_2 = \frac{E_2 - U}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{-E_3 + U}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{U}{R_4}$$

因为 $U = E_1 - I_1 R_1$

所以 $I_1 = \frac{E_1 - U}{R_1}$



将各电流代入KCL方程则有

$$\frac{E_1 - U}{R_1} + \frac{E_2 - U}{R_2} - \frac{-E_3 + U}{R_3} - \frac{U}{R_4} = 0$$

结点电压公式

整理得:

$$U = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

$$U = \frac{\sum \frac{E}{R}}{\sum \frac{1}{R}}$$

弥尔曼定理

注意:

- (1) 上式仅适用于两个结点的电路。
- (2) 分母是各支路电导之和, 恒为正值; 分子中各项可为正, 也可为负。
- (3) 当电动势 E 与结点电压的参考方向相反时取正号, 相同时则取负号, 而与各支路电流的参考方向无关。

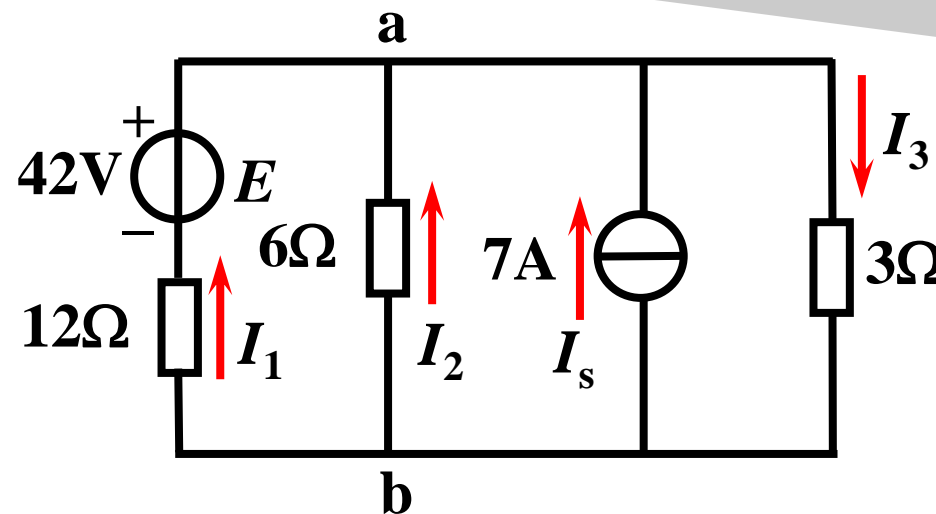
例1： 试求各支路电流。

解： (1) 求结点电压 U_{ab}

电路中有一条支路是理想电流源，故结点电压公式

$$U_{ab} = \frac{\frac{E}{R} + I_s}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$\therefore U_{ab} = \frac{\frac{42}{12} + 7}{\frac{1}{12} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3}} \text{ V} = 18 \text{ V}$$



I_s 与 U_{ab} 的参考方向相反取正号，反之取负号。

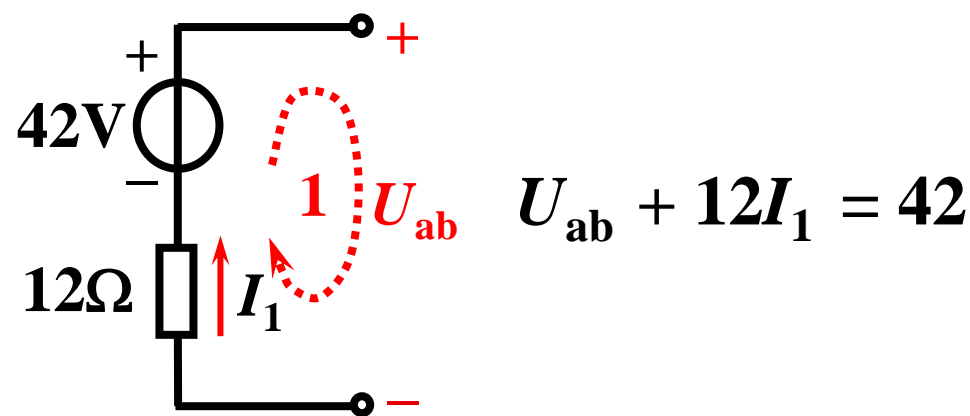
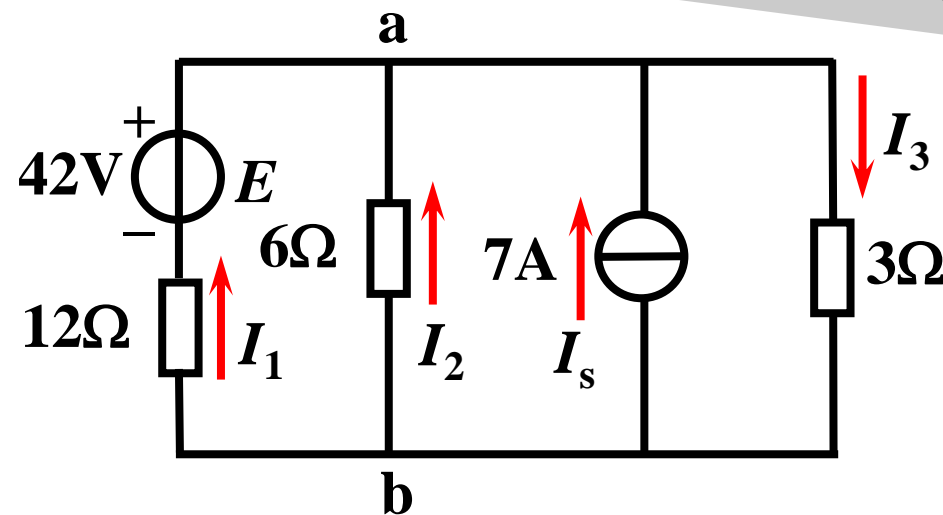
例1: 试求各支路电流。

解: (2) 应用欧姆定律求各电流

$$I_1 = \frac{42 - U_{ab}}{12} = \frac{42 - 18}{12} \text{ A} = 2 \text{ A}$$

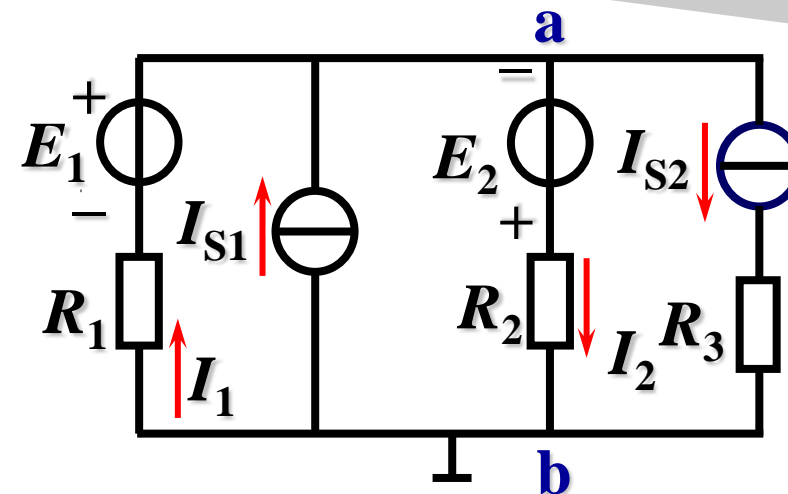
$$I_2 = -\frac{U_{ab}}{6} = -\frac{18}{6} \text{ A} = -3 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{U_{ab}}{3} = \frac{18}{3} = 6 \text{ A}$$



例2: 电路如图, 已知: $E_1 = 50\text{ V}$ 、 $E_2 = 30\text{ V}$ 、 $I_{S1} = 7\text{ A}$ 、 $I_{S2} = 2\text{ A}$ 、 $R_1 = 2\ \Omega$ 、 $R_2 = 3\ \Omega$ 、 $R_3 = 5\ \Omega$ 。试求: 节点电压 U_{ab}

解: 求结点电压 U_{ab}



$$U_{ab} = \frac{\frac{E_1}{R_1} - \frac{E_2}{R_2} + I_{S1} - I_{S2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{\frac{50}{2} - \frac{30}{3} + 7 - 2}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3}} \text{ V}$$

$$= 24\text{V}$$

注意: 恒流源支路的电阻 R_3 对电流不起作用。

例3: 计算电路中A、B两点的电位。C点为参考点。

解: (1) 应用KCL对结点A和B列方程

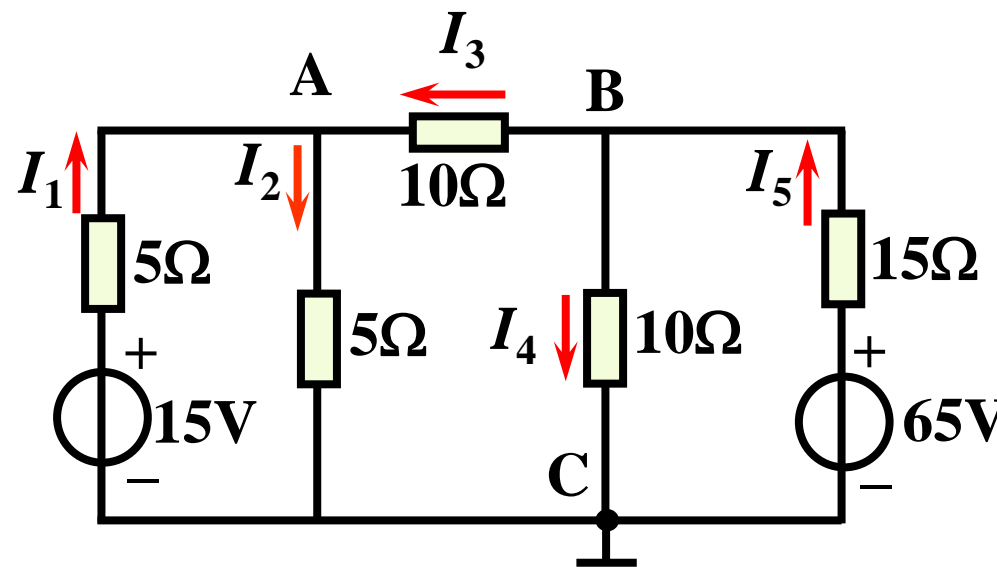
$$\begin{cases} I_1 - I_2 + I_3 = 0 \\ I_5 - I_3 - I_4 = 0 \end{cases}$$

(2) 列写各电流欧姆定律表达式

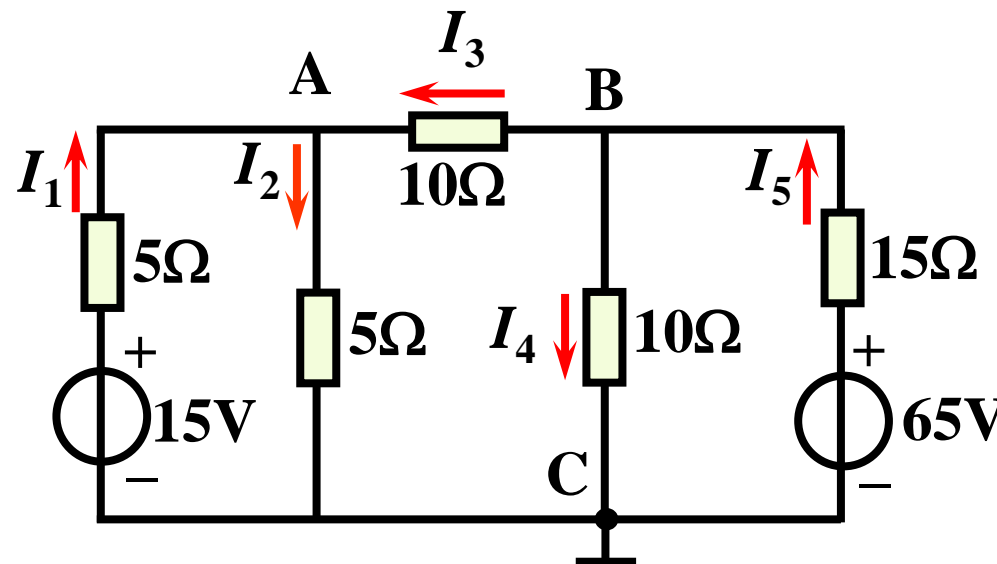
$$I_1 = \frac{15 - V_A}{5} \quad I_2 = \frac{V_A}{5}$$

$$I_3 = \frac{V_B - V_A}{10} \quad I_4 = \frac{V_B}{10}$$

$$I_5 = \frac{65 - V_B}{15}$$



例2: 计算电路中A、B两点的电位。C点为参考点。



解: (3) 将各电流代入KCL方程, 整理得

$$5V_A - V_B = 30$$

$$-3V_A + 8V_B = 130$$

解得: $V_A = 10V$, $V_B = 20V$

小 结

1. 重点掌握 2 节点电路的结点电压的求解。

2个结点的结点电压方程

$$U = \frac{\sum \frac{E}{R} + \sum I_s}{\sum \frac{1}{R}}$$

2. 解题方法

- (1) 利用弥尔曼定理求节点电压；（2 结点电路）
 - (2) 应用基尔霍夫定律或欧姆定律求出各支路的电流或电压。
3. 适用于求解支路数较多，结点数较少的电路。