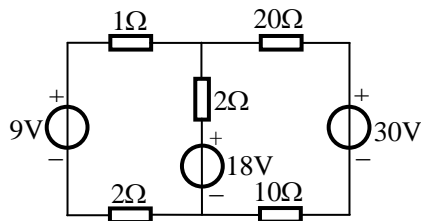


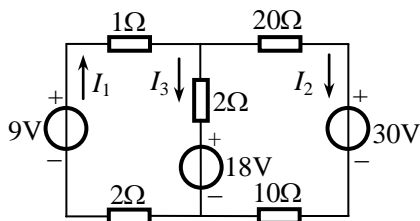
第 3 章 线性电阻电路的一般分析方法

3-1 试用支路电流法求题图 3-1 所示电路中各支路电流。



题图 3-1

解 各支路电流如题图 3-1(a)所示。



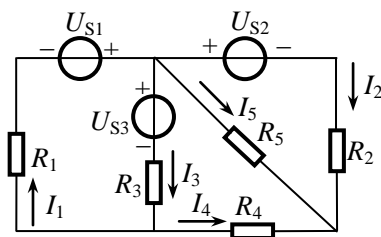
题图 3-1(a)

支路电流方程如下：

$$\begin{cases} -I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ 3I_1 + 2I_3 = -9 \\ 30I_2 - 2I_3 = -12 \end{cases}$$

解得 $I_1 = -2\text{A}$, $I_2 = -0.5\text{A}$, $I_3 = -1.5\text{A}$ 。

3-2 在题图 3-2 所示电路中，各支路电流参考方向如图中所示。试列写求解各支路电流所需的方程组。

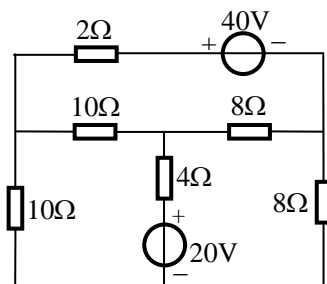


题图 3-2

解 求解支路电流所需的方程组为

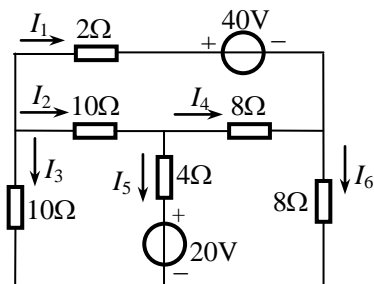
$$\begin{cases} -I_1 + I_2 + I_3 + I_5 = 0 \\ -I_2 - I_4 - I_5 = 0 \\ R_1 I_1 + R_3 I_3 = U_{S1} - U_{S3} \\ -R_3 I_3 - R_4 I_4 + R_5 I_5 = U_{S3} \\ R_2 I_2 - R_5 I_5 = -U_{S2} \end{cases}$$

3-3 试用支路电流法求题图 3-3 所示电路中的各支路电流。



题图 3-3

解 各支路电流如题图 3-3(a)所示。



题图 3-3(a)

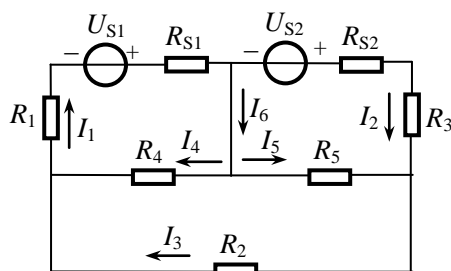
求解支路电流所需的方程组为

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 0 \\ -I_2 + I_4 + I_5 = 0 \\ -I_1 - I_4 + I_5 = 0 \\ 2I_1 - 10I_2 - 8I_4 = -40 \\ 10I_2 - 10I_3 + 4I_5 = -20 \\ 8I_4 - 4I_5 + 8I_6 = 20 \end{cases}$$

解得

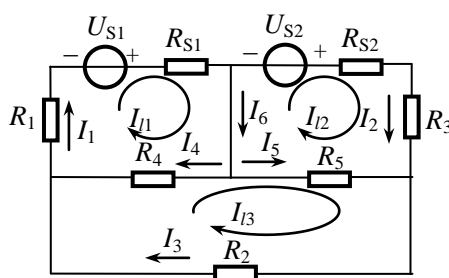
$$\begin{cases} I_1 = -3.64\text{A} \\ I_2 = 1.13\text{A} \\ I_3 = 2.51\text{A} \\ I_4 = 2.68\text{A} \\ I_5 = -1.55\text{A} \\ I_6 = -0.956\text{A} \end{cases}$$

3-4 题图 3-4 电路中, 已知电压源电压 $U_{S1}=12\text{V}$, $U_{S2}=8\text{V}$, 内阻 $R_{S1}=4\Omega$, $R_{S2}=4\Omega$; 电阻 $R_1=20\Omega$, $R_2=40\Omega$, $R_3=28\Omega$, $R_4=8\Omega$, $R_5=16\Omega$ 。试用回路电流法求各支路电流。



题图 3-4

解 回路电流参考方向如题图 3-4(a)所示。



题图 3-4(a)

回路电流方程如下:

$$\begin{cases} (R_1 + R_{S1} + R_4)I_{l1} - R_4I_{l3} = U_{S1} \\ (R_{S2} + R_3 + R_5)I_{l2} - R_5I_{l3} = U_{S2} \\ (R_2 + R_4 + R_5)I_{l3} - R_4I_{l1} - R_5I_{l2} = 0 \end{cases}$$

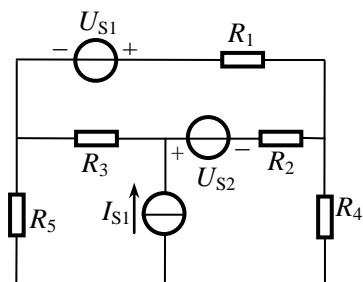
代入参数得

$$\begin{cases} 8I_{l1} - 2I_{l3} = 3 \\ 6I_{l2} - 2I_{l3} = 1 \\ 8I_{l3} - I_{l1} - 2I_{l2} = 0 \end{cases}$$

解得 $I_{l1} = 0.4\text{A}$, $I_{l2} = 0.2\text{A}$, $I_{l3} = 0.1\text{A}$ 。则各支路电流为

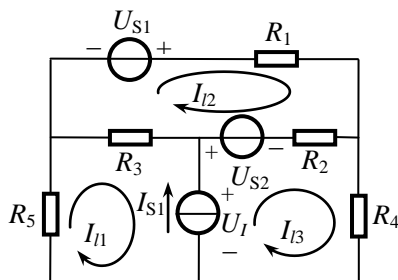
$$\begin{cases} I_1 = I_{l1} = 0.4\text{A} \\ I_2 = I_{l2} = 0.2\text{A} \\ I_3 = I_{l3} = 0.1\text{A} \\ I_4 = I_{l1} - I_{l3} = 0.3\text{A} \\ I_5 = I_{l3} - I_{l2} = -0.1\text{A} \\ I_6 = I_{l1} - I_{l2} = 0.2\text{A} \end{cases}$$

3-5 试列写题图 3-5 所示电路的回路电流方程。



题图 3-5

解法 1 选取题图 3-5(a)所示的回路（网孔）及电压、电流的参考方向。

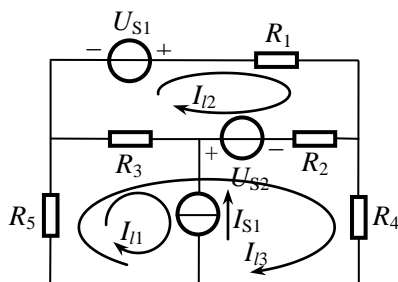


题图 3-5(a)

回路电流方程如下：

$$\begin{cases} (R_3 + R_5)I_{l1} - R_3I_{l2} + U_I = 0 \\ -R_3I_{l1} + (R_1 + R_2 + R_3)I_{l2} - R_2I_{l3} = U_{S1} + U_{S2} \\ -R_2I_{l2} + (R_2 + R_4)I_{l3} - U_I = -U_{S2} \\ I_{l3} - I_{l1} = I_{S1} \end{cases}$$

解法 2 选取题图 3-5(b)所示的网孔（超网孔）电流的参考方向。

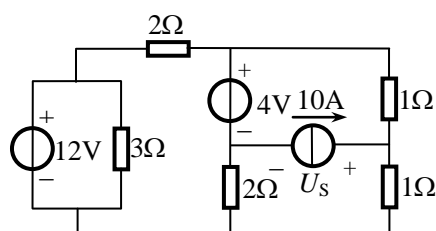


题图 3-5(b)

回路电流方程如下：

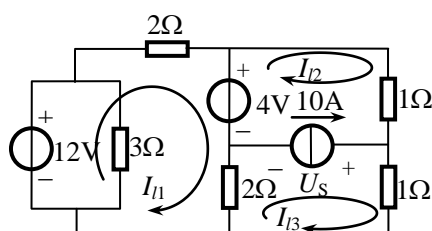
$$\begin{cases} I_{l1} = -I_{S1} \\ -R_3I_{l1} + (R_1 + R_2 + R_3)I_{l2} - (R_2 + R_3)I_{l3} = U_{S1} + U_{S2} \\ (R_3 + R_5)I_{l1} - (R_2 + R_3)I_{l2} + (R_2 + R_3 + R_4 + R_5)I_{l3} = -U_{S2} \end{cases}$$

3-6 试用回路电流法求题图 3-6 所示电路中电流源两端电压 U_S 。



题图 3-6

解 回路电流方向如题图 3-6(a)所示。



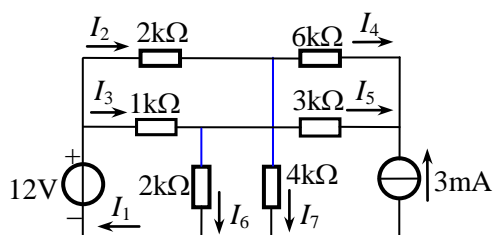
题图 3-6(a)

回路电流方程如下：

$$\begin{cases} 4I_{11} - 2I_{12} = 8 \\ I_{12} + U_S = 4 \\ -2I_{11} + 3I_{13} - U_S = 0 \\ I_{12} - I_{13} = -10 \end{cases}$$

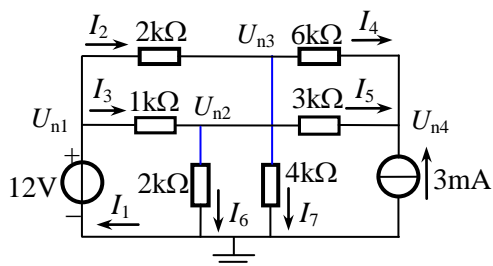
解得 $I_{11} = 5A$ ， $I_{12} = -4A$ ， $I_{13} = 6A$ ， $U_S = 8V$ 。

3-7 求题图 3-7 所示电路中的各支路电流。



题图 3-7

解 用节点法。各节点如题图 3-7(a)所示。



题图 3-7(a)

节点电压方程如下：

$$\begin{cases} U_{n1} = 12 \\ -\frac{1}{1 \times 10^3} U_{n1} + \left(\frac{1}{1 \times 10^3} + \frac{1}{2 \times 10^3} + \frac{1}{3 \times 10^3} \right) U_{n2} - \frac{1}{3 \times 10^3} U_{n4} = 0 \\ -\frac{1}{2 \times 10^3} U_{n1} + \left(\frac{1}{2 \times 10^3} + \frac{1}{4 \times 10^3} + \frac{1}{6 \times 10^3} \right) U_{n3} - \frac{1}{6 \times 10^3} U_{n4} = 0 \\ -\frac{1}{3 \times 10^3} U_{n2} - \frac{1}{6 \times 10^3} U_{n3} + \left(\frac{1}{3 \times 10^3} + \frac{1}{6 \times 10^3} \right) U_{n4} = 3 \times 10^{-3} \end{cases}$$

整理得

$$\begin{cases} U_{n1} = 12 \\ -6U_{n1} + 11U_{n2} - 2U_{n4} = 0 \\ -6U_{n1} + 11U_{n3} - 2U_{n4} = 0 \\ -2U_{n2} - U_{n3} + 3U_{n4} = 18 \end{cases}$$

解得 $U_{n1} = 12\text{V}$, $U_{n2} = 9.333\text{V}$, $U_{n3} = 9.333\text{V}$, $U_{n4} = 15.33\text{V}$ 。则各支路电流为

$$I_2 = \frac{U_{n1} - U_{n3}}{2 \times 10^3} = 1.33\text{mA}$$

$$I_3 = \frac{U_{n1} - U_{n2}}{1 \times 10^3} = 2.67\text{mA}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 4.00\text{mA}$$

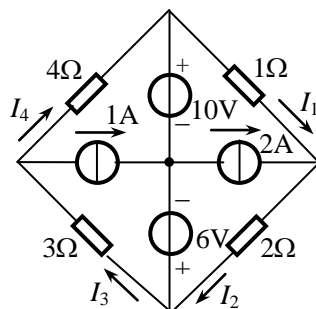
$$I_4 = \frac{U_{n3} - U_{n4}}{6 \times 10^3} = -1.00\text{mA}$$

$$I_5 = \frac{U_{n2} - U_{n4}}{3 \times 10^3} = -2.00\text{mA}$$

$$I_6 = \frac{U_{n2}}{2 \times 10^3} = 4.67\text{mA}$$

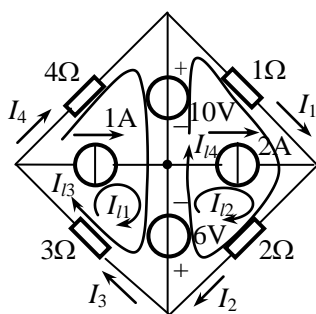
$$I_7 = \frac{U_{n3}}{4 \times 10^3} = 2.33\text{mA}$$

3-8 求题图 3-8 所示电路中的电流 I_1 , I_2 , I_3 和 I_4 。



题图 3-8

解 用回路法。各回路参考方向如题图 3-8(a)所示。



题图 3-8(a)

回路电流方程如下：

$$\begin{cases} I_{l1} = 1 \\ I_{l2} = 2 \\ 3I_{l1} + 7I_{l3} = -4 \\ 2I_{l2} + 3I_{l4} = 4 \end{cases}$$

解得 $I_{l1} = 1\text{A}$, $I_{l2} = 2\text{A}$, $I_{l3} = -1\text{A}$, $I_{l4} = 0$ 。则各支路电流为

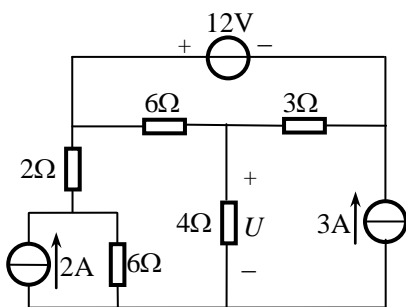
$$I_1 = I_{l4} = 0$$

$$I_2 = I_{l2} + I_{l4} = 2$$

$$I_3 = I_{l1} + I_{l3} = 0$$

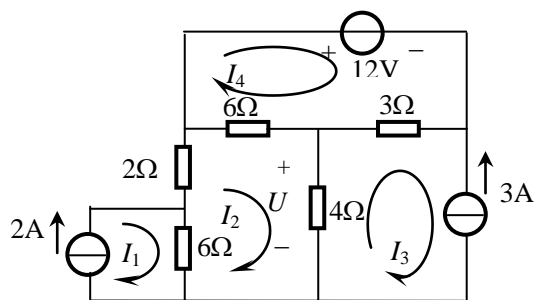
$$I_4 = I_{l3} = -1\text{A}$$

3-9 用回路电流法求题图 3-9 所示电路中的电压 U 。



题图 3-9

解 假设网孔电流分别为 I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , 如题图 3-9(a)所示。



题图 3-9(a)

方程为

$$\begin{cases} I_1 = 2 \\ -6I_1 + 18I_2 - 4I_3 - 6I_4 = 0 \\ I_3 = -3 \\ -6I_2 - 3I_3 + 9I_4 = -12 \end{cases}$$

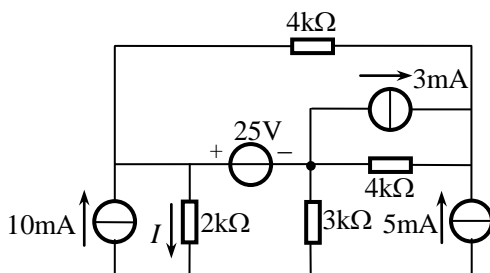
整理得

$$\begin{cases} 18I_2 - 4I_3 = -6 \\ -6I_2 - 3I_3 = 15 \end{cases}$$

解得 $I_1 = 2\text{A}$, $I_2 = -1\text{A}$, $I_3 = -3\text{A}$, $I_4 = -3\text{A}$ 。电压 $U = 4(I_2 - I_3) = 8\text{V}$

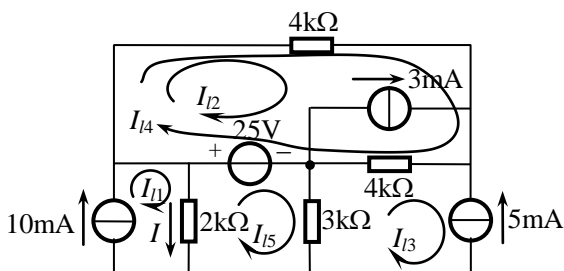
* 本题也可以将 2A 和 6Ω 进行电源等效变换后再按 3 个回路求。

3-10 用回路电流法求题图 3-10 所示电路中的电流 I 。



题图 3-10

解 参考方向如题图 3-10(a) 所示。



题图 3-10(a)

回路电流方程如下：

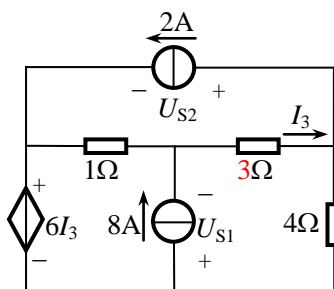
$$\begin{cases} I_{l1} = 10 \times 10^{-3} \\ I_{l2} = -3 \times 10^{-3} \\ I_{l3} = -5 \times 10^{-3} \\ (4 \times 10^3 + 4 \times 10^3)I_{l4} + 4 \times 10^3 I_{l2} - 4 \times 10^3 I_{l3} = 25 \\ (2 \times 10^3 + 3 \times 10^3)I_{l5} - 2 \times 10^3 I_{l1} - 3 \times 10^3 I_{l3} = -25 \end{cases}$$

解得

$$\begin{cases} I_{l1} = 10 \times 10^{-3} \\ I_{l2} = -3 \times 10^{-3} \\ I_{l3} = -5 \times 10^{-3} \\ I_{l4} = 2.125 \text{mA} \\ I_{l5} = -4 \text{mA} \end{cases}$$

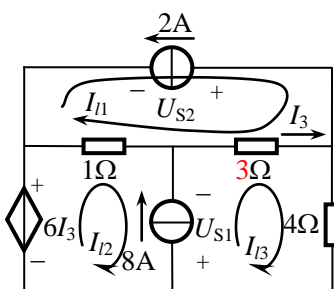
所以 $I = I_{l1} - I_{l5} = 14 \text{mA}$ 。

3-11 用回路电流法求题图 3-11 所示电路中电流 I_3 和电流源两端电压 U_{S1} 和 U_{S2} 。



题图 3-11

解 回路选取如题图 3-11(a)所示。



题图 3-11(a)

列写方程如下：

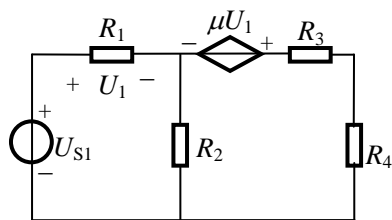
$$\begin{cases} 4I_{l1} - I_{l2} - 3I_{l3} - U_{S2} = 0 \\ -I_{l1} + I_{l2} - 6I_{l3} - U_{S1} = 0 \\ -3I_{l1} + 7I_{l3} + U_{S1} = 0 \\ I_{l1} = -2 \\ I_{l3} - I_{l2} = 8 \\ I_{l3} = I_{l3} - I_{l1} \end{cases}$$

解得

$$\begin{cases} I_{l1} = -2\text{A} \\ I_{l2} = -2\text{A} \\ I_{l3} = 6\text{A} \\ U_{S1} = -48\text{V} \\ U_{S2} = -24\text{V} \end{cases}$$

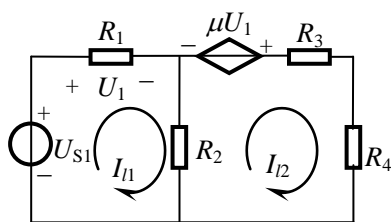
改错： I_3 支路电阻值 1Ω 改为 3Ω 。

3-12 列写题图 3-12 所示电路的回路电流方程式。



题图 3-12

解 回路选取如题图 3-12(a)所示。



题图 3-12(a)

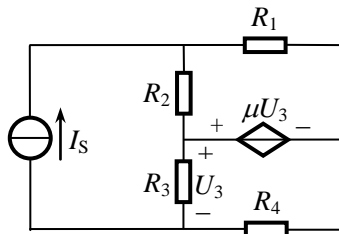
列写方程如下：

$$\begin{cases} (R_1 + R_2)I_{l1} - R_2I_{l2} = U_{S1} \\ -R_2I_{l1} + (R_2 + R_3 + R_4)I_{l2} = \mu U_1 \\ U_1 = R_1I_{l1} \end{cases}$$

整理成矩阵形式的回路电流方程为

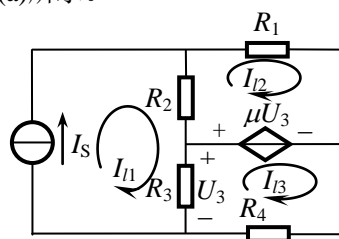
$$\begin{bmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 \\ -\mu R_1 - R_2 & R_2 + R_3 + R_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{l1} \\ I_{l2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_{S1} \\ 0 \end{bmatrix}$$

3-13 列写题图 3-13 所示电路的回路电流方程。



题图 3-13

解 回路选取如题图 3-13(a)所示。

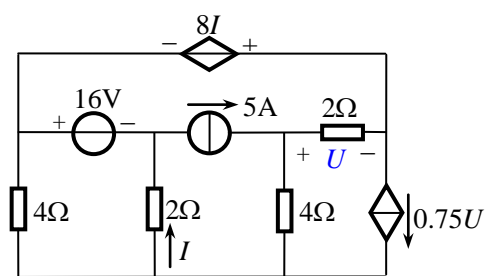


题图 3-13(a)

所需方程如下：

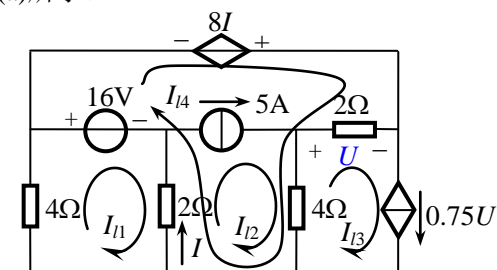
$$\begin{cases} I_{l1} = I_s \\ -R_2 I_{l1} + (R_1 + R_2) I_{l2} = \mu U_3 \\ -R_3 I_{l1} + (R_3 + R_4) I_{l2} = -\mu U_3 \\ U_3 = R_3 (I_{l1} - I_{l3}) \end{cases}$$

3-14 试用回路电流法求题图 3-14 所示电路中的电压 U 。



题图 3-14

解 回路选取如题图 3-14(a)所示。



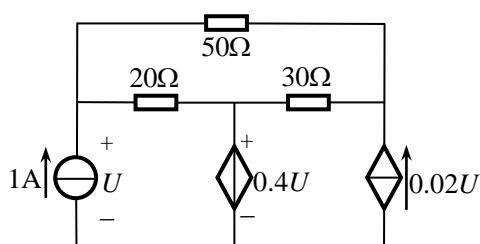
题图 3-14(a)

所需方程如下：

$$\begin{cases} 6I_{l1} - 2I_{l2} - 2I_{l4} = -16 \\ I_{l2} = 5 \\ I_{l3} = 0.75U \\ -2I_{l1} + 6I_{l2} - 6I_{l3} + 8I_{l4} - 8I = 16 \\ I = -I_{l1} + I_{l2} + I_{l4} \\ U = 2(I_{l3} - I_{l4}) \end{cases}$$

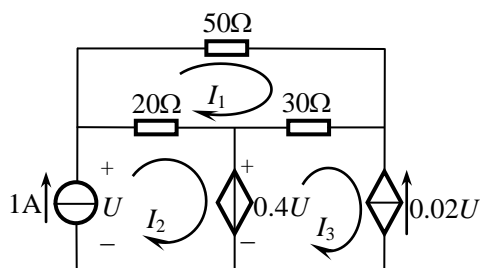
解得 $I_{l1} = -\frac{5}{3}\text{A}$ ， $I_{l2} = 5\text{A}$ ， $I_{l3} = -6\text{A}$ ， $I_{l4} = -2\text{A}$ ， $U = -8\text{V}$ 。

3-15 试用回路电流法求题图 3-15 所示电路中 1A 电流源发出的功率。



题图 3-15

解 设回路电流 I_1 ， I_2 ， I_3 。



题图 3-15

$$\begin{cases} 100I_1 - 20I_2 - 30I_3 = 0 \\ I_2 = 1 \\ I_3 = -0.02U \end{cases}$$

补充控制量与回路电流的关系：

$$U = 20(I_2 - I_1) + 0.4U \Rightarrow U = \frac{100}{3}(I_2 - I_1)$$

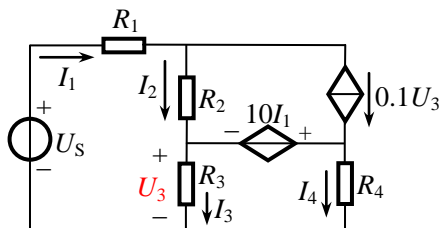
整理得

$$\begin{cases} 10I_1 - 3I_3 = 2 \\ -2I_1 + 3I_3 = -2 \end{cases}$$

解得 $I_1 = 0$ ， $I_3 = -0.667\text{A}$ 。由此可得 $U = 33.3\text{V}$ 。1A 电流源发出的功率为

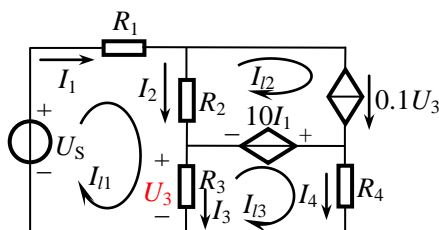
$$P_{\text{发}} = UI_s = 33.3 \times 1 = 33.3\text{W}$$

3-16 题图 3-16 所示电路中, 已知 $U_S=40\text{V}$, $R_1=10\Omega$, $R_2=5\Omega$, $R_3=10\Omega$, $R_4=5\Omega$ 。试求各支路电流及两个受控源发出的功率。



题图 3-16

解 用回路法。回路如题图 3-16(a)所示。



题图 3-16(a)

列方程如下:

$$\begin{cases} 25I_{l1} - 5I_{l2} - 10I_{l4} = 40 \\ I_{l2} = 0.1U_3 \\ -10I_{l1} + 15I_{l3} - 10I_{l1} = 0 \\ U_3 = 10(I_{l1} - I_{l3}) \\ I_1 = I_{l1} \end{cases}$$

解得 $I_{l1}=3\text{A}$, $I_{l2}=-1\text{A}$, $I_{l3}=4\text{A}$ 。则各支路电流分别为

$$I_1 = I_{l1} = 3\text{A}, \quad I_2 = I_{l1} - I_{l2} = 4\text{A}, \quad I_3 = I_{l1} - I_{l3} = -1\text{A}, \quad I_4 = I_{l3} = 4\text{A}。$$

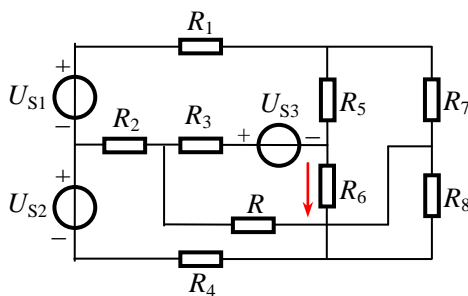
流控电压源发出的功率为

$$P_{1\text{发}} = 10I_1 \times (I_2 - I_3) = 30 \times 5 = 150\text{W}$$

压控电流源发出的功率为

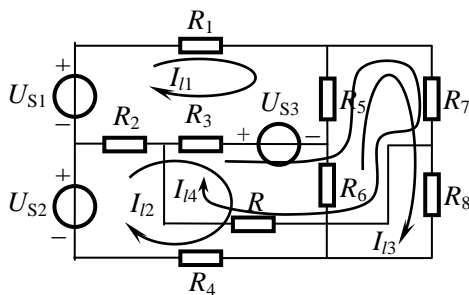
$$P_{2\text{发}} = (10I_1 - 5I_2) \times 0.1U_3 = 10 \times (-1) = -10\text{W}$$

3-17 列写题图 3-17 所示电路的回路电流方程。



题图 3-17

解 回路按题图 3-17(a)所示选取。

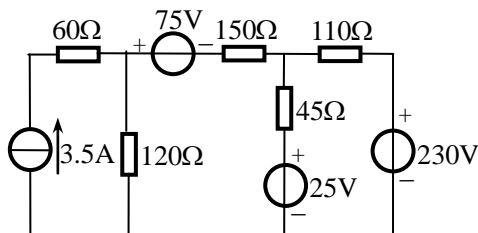


题图 3-17(a)

回路电流方程如下：

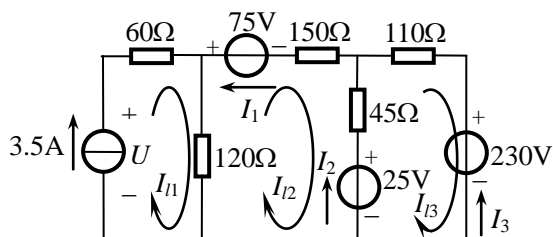
$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_3 + R_5)I_{l1} - (R_2 + R_3)I_{l2} - R_5I_{l3} - (R_3 + R_5)I_{l4} = U_{S1} + U_{S3} \\ -(R_2 + R_3)I_{l1} + (R_2 + R_3 + R_4 + R_6)I_{l2} - R_6I_{l3} + R_3I_{l4} = U_{S2} - U_{S3} \\ -R_5I_{l1} - R_6I_{l2} + (R_5 + R_6 + R_7 + R_8)I_{l3} + (R_5 + R_7)I_{l4} = 0 \\ -(R_3 + R_5)I_{l1} + R_3I_{l2} + (R_5 + R_7)I_{l3} + (R + R_3 + R_5 + R_7)I_{l4} = -U_{S3} \end{cases}$$

3-18 用回路电流法求题图 3-18 所示电路中各电源输出的功率，并核对电源输出的功率是否与电阻消耗的功率相等。



题图 3-18

解 参考方向如题图 3-18(a)所示。



题图 3-18(a)

回路电流方程为

$$\begin{cases} I_{l1} = 3.5 \\ -120I_{l1} + 315I_{l2} - 45I_{l3} = -100 \\ -45I_{l2} + 155I_{l3} = -205 \end{cases}$$

解得 $I_{l1} = 3.5\text{A}$ ， $I_{l2} = 0.8627\text{A}$ ， $I_{l3} = -1.072\text{A}$ 。所以有

$$U = 60 \times I_{11} + 120(I_{11} - I_{12}) = 526.5\text{V}$$

$$I_1 = -I_{12} = -0.8627\text{A}$$

$$I_2 = I_{13} - I_{12} = -1.935\text{A}$$

$$I_3 = -I_{13} = 1.072\text{A}$$

3.5A 电流源、75V 电压源、25V 电压源和 230V 电压源输出的功率分别为

$$P_{1\text{发}} = U \times 3.5 = 526.5 \times 3.5 = 1.84\text{kW}$$

$$P_{2\text{发}} = 75 \times I_1 = 75 \times (-0.8627) = -64.7\text{W}$$

$$P_{3\text{发}} = 25 \times I_2 = 25 \times (-1.935) = -48.4\text{W}$$

$$P_{4\text{发}} = 230 \times I_3 = 230 \times 1.072 = 247\text{W}$$

所有独立电源输出功率为

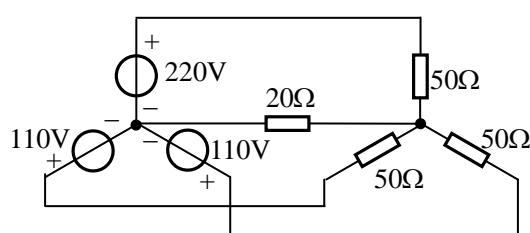
$$P_{\text{发}} = P_{1\text{发}} + P_{2\text{发}} + P_{3\text{发}} + P_{4\text{发}} = 1.97\text{kW}$$

各电阻吸收的功率总和为

$$P_{\text{吸}} = 60 \times 3.5^2 + 120 \times (3.50 - 0.8627)^2 + 150 \times 0.8627^2 + 45 \times 1.935^2 + 110 \times 1.072^2 \\ = 1.98\text{kW}$$

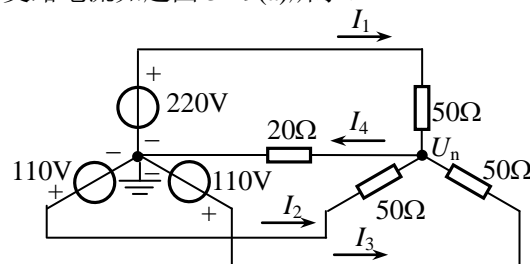
可见， $P_{\text{发}} \approx P_{\text{吸}}$ ，差别是由误差引起。

3-19 用节点电压法求题图 3-19 所示电路各支路电流。



题图 3-19

解 节点电压和各支路电流如题图 3-19(a)所示。



题图 3-19(a)

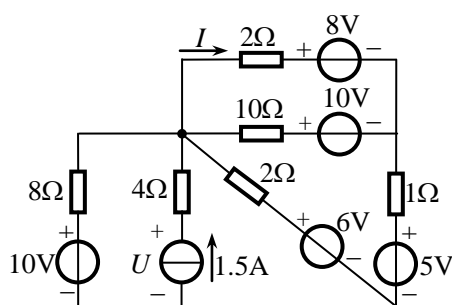
节点电压方程为

$$\left(\frac{1}{50} + \frac{1}{50} + \frac{1}{50} + \frac{1}{20}\right)U_n = \frac{220}{50} + \frac{110}{50} + \frac{110}{50}$$

整理得 $5.5U_n = 440$ ，解得 $U_n = 80V$ 。则各支路电流分别为

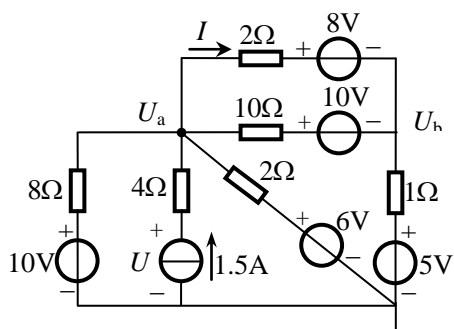
$$I_1 = \frac{220-80}{50} = 2.8\text{A}, \quad I_2 = I_3 = \frac{110-80}{50} = 0.6\text{A}, \quad I_4 = \frac{80}{20} = 4\text{A}$$

3-20 试用节点法求题图 3-20 所示电路中的电流 I 和电流源两端电压 U 。



题图 3-20

解 在原电路中, 设最下方的节点为参考节点, 其余两个节点的电压从左至右设为 U_a 、 U_b , 对这两个节点分别列写 KCL 方程:



题图 3-20(a)

节点方程为

$$\begin{cases} (\frac{1}{8} + \frac{1}{2} + \frac{1}{10} + \frac{1}{2})U_a - (\frac{1}{2} + \frac{1}{10})U_b = \frac{10}{8} + 1.5 + \frac{6}{2} + \frac{10}{10} + \frac{8}{2} \\ -(\frac{1}{2} + \frac{1}{10})U_a + (\frac{1}{2} + \frac{1}{10} + \frac{1}{1})U_b = -\frac{10}{10} - \frac{8}{2} + \frac{5}{1} \end{cases}$$

整理得

$$\begin{cases} 1.225U_a - 0.6U_b = 10.75 \\ -0.6U_a + 1.6U_b = 0 \end{cases}$$

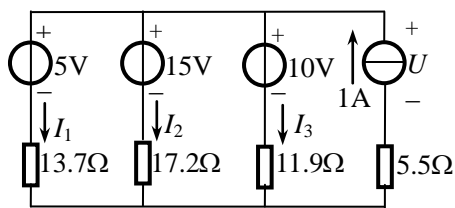
解方程得, $U_a = 10.75\text{V}$, $U_b = 4.03\text{V}$ 。电流

$$I = \frac{U_a - U_b - 8}{2} = -0.64 \text{ A}$$

电流源两端的电压

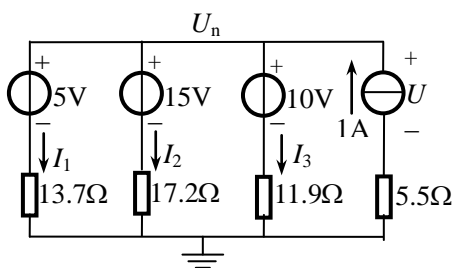
$$U = U_a + 4 \times 1.5 = 16.75 \text{ V}$$

3-21 试用节点电压法求电流源两端电压 U 和各支路电流。



题图 3-21

解 节点如题图 3-21(a)所示。



题图 3-21(a)

节点方程为

$$\left(\frac{1}{13.7} + \frac{1}{17.2} + \frac{1}{11.9} \right) U_n = \frac{5}{13.7} + \frac{15}{17.2} + \frac{10}{11.9} + 1$$

整理得 $0.2152U_n = 3.077$ ，解得 $U_n = 14.30\text{V}$ 。则电压 U 为

$$U = U_n + 5.5 \times 1 = 19.8\text{V}$$

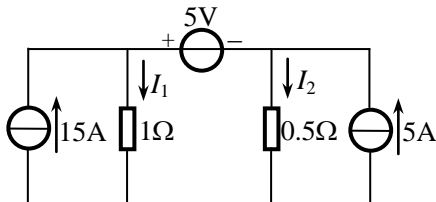
各电流分别为

$$I_1 = \frac{U_n - 5}{13.7} = 0.679\text{A}$$

$$I_2 = \frac{U_n - 15}{17.2} = -0.0407\text{A}$$

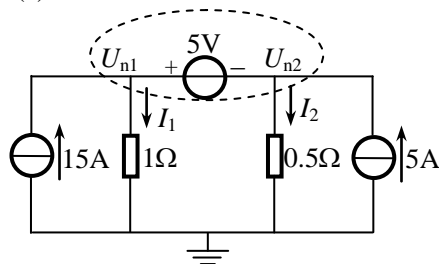
$$I_3 = \frac{U_n - 10}{11.9} = 0.361\text{A}$$

3-22 试用节点电压法求题图 3-22 所示电路中的电流 I_1 ， I_2 。



题图 3-22

解 节点如题图 3-22(a)所示。



题图 3-22(a)

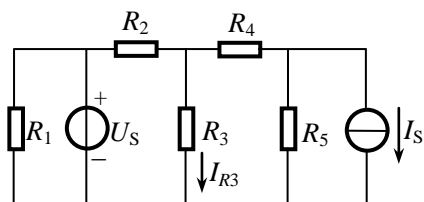
列写图中超节点方程，有

$$-15 + \frac{U_{n1}}{1} + \frac{U_{n1} - 5}{0.5} - 5 = 0$$

解得 $U_{n1} = 10\text{V}$ 。则 $U_{n2} = 5\text{V}$ ，电路中的电流

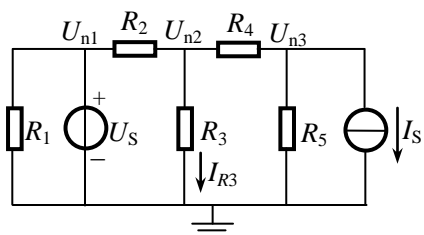
$$I_1 = \frac{U_{n1}}{1} = 10\text{A}, \quad I_2 = \frac{U_{n2}}{0.5} = 10\text{A}$$

3-23 题图 3-23 所示电路中，已知 $U_S = 10\text{V}$ ， $I_S = 1\text{A}$ ， $R_1 = 10\Omega$ ， $R_2 = 1\Omega$ ， $R_3 = 3\Omega$ ， $R_4 = 2\Omega$ ， $R_5 = 5\Omega$ 。试求电阻 R_3 中的电流。



题图 3-23

解 各节点和节点电压如题图 3-23 (啊) 所示。



题图 3-23(a)

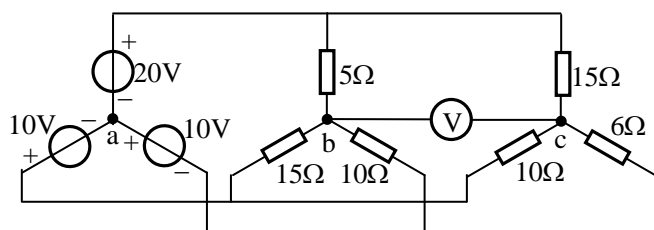
列写节点电压方程如下：

$$\begin{cases} U_{n1} = 10 \\ -\frac{1}{1}U_{n1} + \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2}\right)U_{n2} - \frac{1}{2}U_{n3} = 0 \\ -\frac{1}{2}U_{n2} + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{5}\right)U_{n3} = -1 \end{cases}$$

解得 $U_{n1} = 10\text{V}$ ， $U_{n2} = 6.325\text{V}$ ， $U_{n3} = 4.661\text{V}$ 。则电阻 R_3 中的电流

$$I_{R3} = \frac{U_{n2}}{R_3} = \frac{6.325}{3} = 2.11\text{A}$$

3-24 求题图 3-24 所示电路中电压表的读数。



题图 3-24

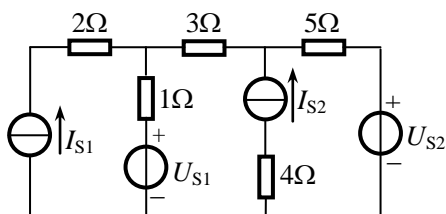
解 以节点 a 为参考节点，则节点 b 的节点电压为 U_b ，节点 c 的节点电压为 U_c 。

则节点电压方程如下：

$$\begin{cases} \frac{U_b - 20}{5} + \frac{U_b - 10}{15} + \frac{U_b + 10}{10} = 0 \\ \frac{U_c - 20}{15} + \frac{U_c - 10}{10} + \frac{U_c + 10}{6} = 0 \end{cases}$$

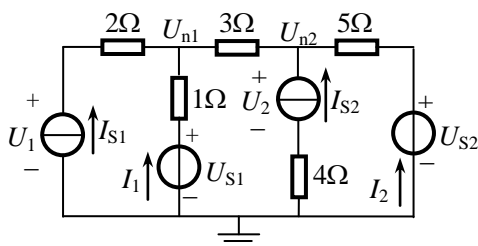
解得 $U_b = 10\text{V}$ ， $U_c = 2\text{V}$ 。由此可知电压表的读数为 $U_b - U_c = 8\text{V}$ 。

3-25 题图-25 所示电路中，已知 $U_{S1}=50\text{V}$ ， $U_{S2}=5\text{V}$ ， $I_{S1}=1\text{A}$ ， $I_{S2}=2\text{A}$ 。试求各电源发出的功率。



题图 3-25

解 用节点法。各节点和电压、电流参考方向如题图 3-25(a)所示。



题图 3-25(a)

列写节点电压方程如下：

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{3}\right)U_{n1} - \frac{1}{3}U_{n2} = 1 + \frac{50}{1} \\ -\frac{1}{3}U_{n1} + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{5}\right)U_{n2} = 2 + \frac{5}{5} \end{cases}$$

整理得

$$\begin{cases} 4U_{n1} - U_{n2} = 153 \\ -5U_{n1} + 8U_{n2} = 45 \end{cases}$$

解得

$$U_{n1} = \frac{\begin{vmatrix} 153 & -1 \\ 45 & 8 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 4 & -1 \\ -5 & 8 \end{vmatrix}} = \frac{1269}{27} = 47\text{V}$$

$$U_{n2} = \frac{\begin{vmatrix} 4 & 153 \\ -5 & 45 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 4 & -1 \\ -5 & 8 \end{vmatrix}} = \frac{945}{27} = 35\text{V}$$

则

$$U_1 = 2 \times 1 + U_{n1} = 49\text{V}$$

$$U_2 = U_{n2} + 4 \times 2 = 43\text{V}$$

$$I_1 = \frac{U_{s1} - U_{n1}}{1} = 3\text{A}$$

$$I_2 = \frac{U_{s2} - U_{n2}}{5} = -6\text{A}$$

所以，电源 I_{s1} 、 I_{s2} 、 U_{s1} 和 U_{s2} 发出的功率分别为

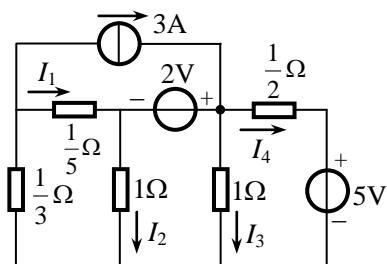
$$P_{I1\text{发}} = U_1 I_{s1} = 49 \times 1 = 49\text{W}$$

$$P_{I2\text{发}} = U_2 I_{s2} = 43 \times 2 = 86\text{W}$$

$$P_{U1\text{发}} = U_{s1} I_1 = 50 \times 3 = 150\text{W}$$

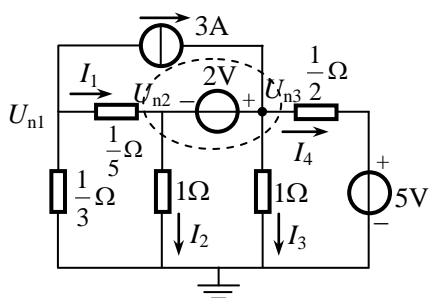
$$P_{U2\text{发}} = U_{s2} I_1 = 5 \times (-6) = -30\text{W}$$

3-26 求题图 3-26 所示电路中的电流 I_1 , I_2 , I_3 和 I_4 。



题图 3-26

解 各节点如题图 3-26(a)所示。



题图 3-26(a)

列写节点或超节点方程如下：

$$\begin{cases} (3+5)U_{n1} - 5U_{n2} = -3 \\ -5U_{n1} + (5+1)U_{n2} + (1+2)U_{n3} = 3+5 \times 2 \\ U_{n3} = U_{n2} + 2 \end{cases}$$

解得 $U_{n1} = 0.1702\text{V}$, $U_{n2} = 0.8723\text{V}$, $U_{n3} = 2.872\text{V}$ 。则所求各电流分别为

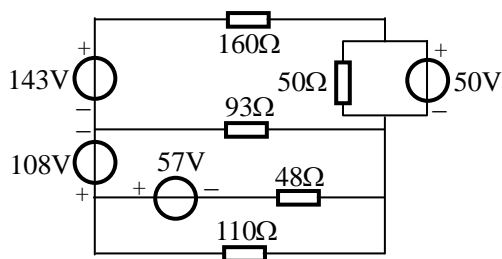
$$I_1 = \frac{U_{n1} - U_{n2}}{1/5} = -3.51\text{A}$$

$$I_2 = \frac{U_{n2}}{1} = 0.872\text{A}$$

$$I_3 = \frac{U_{n3}}{1} = 2.87\text{A}$$

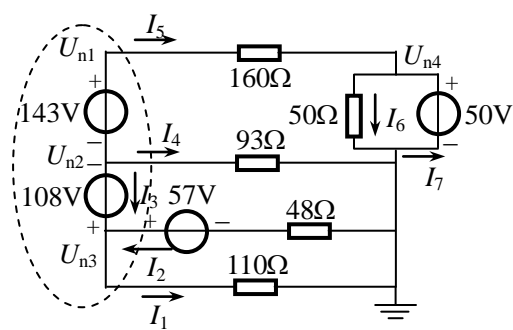
$$I_4 = \frac{U_{n3} - 5}{1/2} = -4.26\text{A}$$

3-27 求题图 3-27 所示电路中各支路电流。



题图 3-27

解 各节点及电压、电流参考方向如题图 3-27(a)所示。



题图 3-27(a)

列写节点电压方程如下：

$$\begin{cases} \frac{1}{160}U_{n1} - \frac{1}{160}U_{n4} + \frac{1}{93}U_{n2} + \left(\frac{1}{48} + \frac{1}{110}\right)U_{n3} = \frac{57}{48} \\ U_{n4} = 50 \\ U_{n2} = U_{n1} - 143 \\ U_{n3} = U_{n2} + 108 \end{cases}$$

解得 $U_{n1} = 87.06\text{V}$ ， $U_{n2} = -55.94\text{V}$ ， $U_{n3} = 52.06\text{V}$ ， $U_{n4} = 50\text{V}$ 。则各支路电流为

$$I_1 = \frac{U_{n3}}{110} = 0.473\text{A}$$

$$I_2 = \frac{57 - U_{n3}}{48} = 0.103\text{A}$$

$$I_3 = I_1 - I_2 = 0.370\text{A}$$

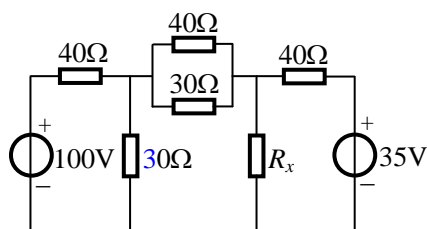
$$I_4 = \frac{U_{n2}}{93} = -0.602\text{A}$$

$$I_5 = \frac{U_{n1} - U_{n4}}{160} = 0.232\text{A}$$

$$I_6 = \frac{50}{50} = 1\text{A}$$

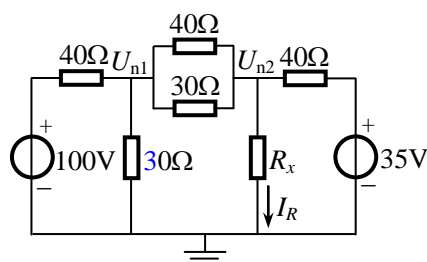
$$I_7 = I_6 - I_5 = 0.768\text{A}$$

3-28 题图 3-28 所示电路中 R_x 为可变电阻。若要使流经 35V 电压源中的电流为零，试问 R_x 的值应为多大？



题图 3-28

解 用节点法。参考方向如题图 3-28(a)所示。当流经 35V 电压源中的电流为零时，有 $U_{n2} = 35V$ 。



题图 3-28(a)

列写方程为

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{30} + \frac{1}{40} + \frac{1}{30} \right) U_{n1} - \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{30} \right) U_{n2} = \frac{100}{40} \\ U_{n2} = 35 \end{cases}$$

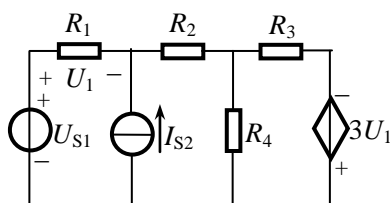
解得 $U_{n1} = 38.93V$ 。则

$$I_R = \frac{U_{n1} - U_{n2}}{40} + \frac{U_{n1} - U_{n2}}{30} = 0.2293A$$

所以

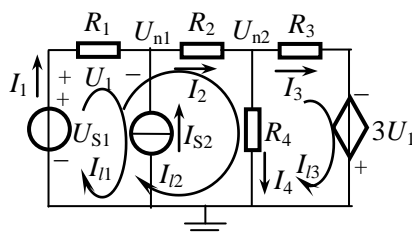
$$R_x = \frac{35}{I_R} = 153\Omega$$

3-29 已知题图 3-29 所示电路中， $R_1 = R_3 = 2\Omega$ ， $R_2 = R_4 = 1\Omega$ ， $U_{S1} = 3V$ ， $I_{S2} = 1A$ 。分别用回路电流法、节点电压法求解各支路电流。



题图 3-29

解 回路和节点的选取如题图 3-29(a)所示。



题图 3-29(a)

(1) 回路法。

$$\begin{cases} I_{l1} = -1 \\ 2I_{l1} + 4I_{l2} - I_{l3} = 3 \\ -I_{l2} + 3I_{l3} - 3U_1 = 0 \\ U_1 = 2(I_{l1} + I_{l2}) \end{cases}$$

解得 $I_{l1} = -1\text{A}$, $I_{l2} = 1.8\text{A}$, $I_{l3} = 2.2\text{A}$ 。则各支路电流为

$$I_1 = I_{l1} + I_{l2} = 0.8\text{A}$$

$$I_2 = I_{l2} = 1.8\text{A}$$

$$I_3 = I_{l3} = 2.2\text{A}$$

$$I_4 = I_{l2} - I_{l3} = -0.4\text{A}$$

(2) 节点法。

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{1}\right)U_{n1} - \frac{1}{1}U_{n2} = \frac{3}{2} + 1 \\ -\frac{1}{1}U_{n1} + \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1}\right)U_{n2} = -\frac{3U_1}{2} \\ U_1 = 3 - U_{n1} \end{cases}$$

解得 $U_{n1} = 1.4\text{V}$, $U_{n2} = -0.4\text{V}$, $U_1 = 1.6\text{V}$ 。则各支路电流为

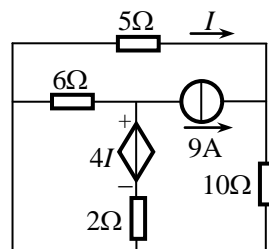
$$I_1 = \frac{U_{s1} - U_{n1}}{2} = 0.8\text{A}$$

$$I_2 = \frac{U_{n1} - U_{n2}}{R_2} = 1.8\text{A}$$

$$I_3 = \frac{U_{n2} + 3U_1}{R_3} = 2.2\text{A}$$

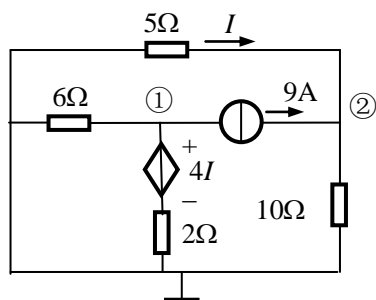
$$I_4 = \frac{U_{n2}}{R_4} = -0.4\text{A}$$

3-30 列写题图 3-30 所示电路的节点电压方程式，并求出电流 I 。



题图 3-30

解 节点编号如题图 3-30(a)所示。



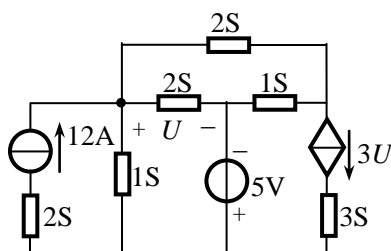
题图 3-30(a)

列节点方程如下：

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{2}\right)U_{n1} = 2I - 9 \\ \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{5}\right)U_{n2} = 9 \\ I = -\frac{1}{5}U_{n2} \end{cases}$$

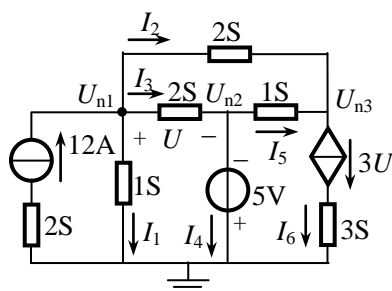
解得 $U_{n1} = -31.5\text{V}$, $U_{n2} = 30\text{V}$, $I = -6\text{A}$ 。

3-31 试用节点电压法求题图所示电路中的各支路电流。



题图 3-31

解 各节点和电压、电流参考方向如题图 3-31(a)所示。



题图 3-31(a)

列方程如下：

$$\begin{cases} 5U_{n1} - 2U_{n2} - 2U_{n3} = 12 \\ U_{n2} = -5 \\ -2U_{n1} - U_{n2} + 3U_{n3} = -3U \\ U = U_{n1} - U_{n2} \end{cases}$$

整理得

$$\begin{cases} 5U_{n1} - 2U_{n3} = 2 \\ U_{n1} + 3U_{n3} = -20 \end{cases}$$

解得 $U_{n1} = -2\text{V}$, $U_{n3} = -6\text{V}$ 。各支路电流为

$$I_1 = 1 \times U_{n1} = -2\text{A}$$

$$I_2 = 2(U_{n1} - U_{n3}) = 8\text{A}$$

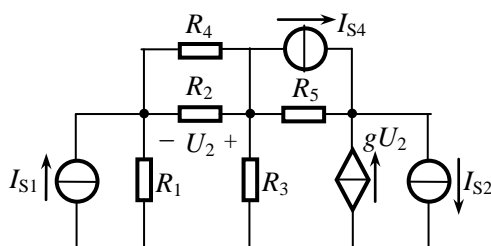
$$I_3 = 2(U_{n1} - U_{n2}) = 6\text{A}$$

$$I_5 = 1 \times (U_{n2} - U_{n3}) = 1\text{A}$$

$$I_4 = I_3 - I_5 = 5\text{A}$$

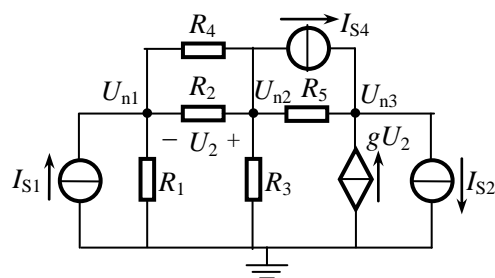
$$I_6 = 3U = 3(U_{n1} - U_{n2}) = 9\text{A}$$

3-32 试列写题图 3-32 所示电路的节点电压方程式。



题图 3-32

解 节点如题图 3-32(a)所示。



题图 3-32(a)

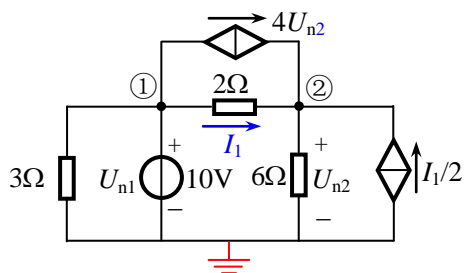
列写方程如下：

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right) U_{n1} - \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right) U_{n2} = I_{S1} \\ - \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right) U_{n1} + \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) U_{n2} - \frac{1}{R_5} U_{n3} = -I_{S4} \\ - \frac{1}{R_5} U_{n2} + \frac{1}{R_5} U_{n3} = -I_{S3} + I_{S4} + gU_2 \\ U_2 = U_{n2} - U_{n1} \end{cases}$$

整理成矩阵形式为

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_4} & 0 \\ -\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_4} & \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} & -\frac{1}{R_5} \\ g & -\frac{1}{R_5} - g & \frac{1}{R_5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{n1} \\ U_{n2} \\ U_{n3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{S1} \\ -I_{S4} \\ -I_{S3} + I_{S4} \end{bmatrix}$$

3-33 试列写题图 3-33 所示电路的节点电压方程式。



题图 3-33

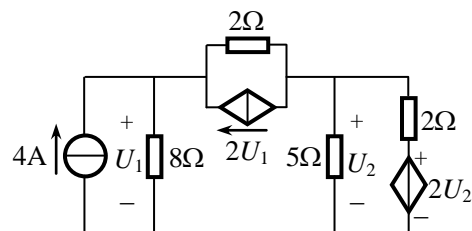
解 方程如下：

$$\begin{cases} U_{n1} = 10 \\ -\frac{1}{2}U_{n1} + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{6}\right)U_{n2} = \frac{I_1}{2} + 4U_{n2} \\ I_1 = \frac{U_{n1} - U_{n2}}{2} \end{cases}$$

整理得

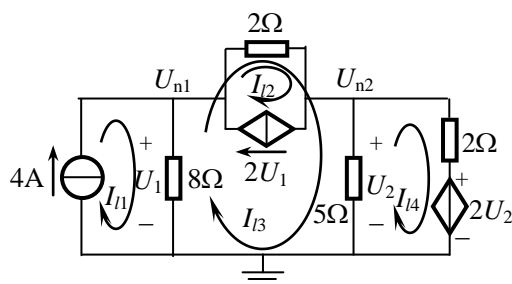
$$\begin{cases} U_{n1} = 10 \\ 9U_{n1} + 37U_{n2} = 0 \end{cases}$$

3-34 列写题图 3-34 所示电路的回路电流方程和节点电压方程式。



题图 3-34

解 回路和节点的选取如题图 3-34(a)所示。



题图 3-34(a)

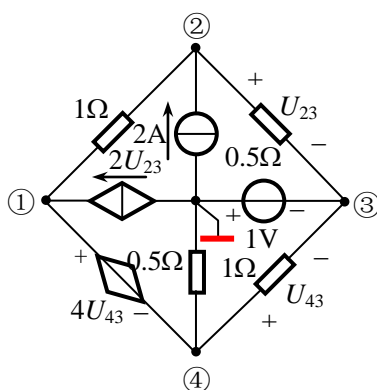
(1) 回路电流方程为

$$\begin{cases} I_{l1} = 4 \\ I_{l2} = 2U_1 \\ -8I_{l1} + 2I_{l2} + 15I_{l3} - 5I_{l4} = 0 \\ -5I_{l3} + 7I_{l4} = -2U_2 \\ U_1 = 8(I_{l1} - I_{l3}) \\ U_2 = 5(I_{l3} - I_{l4}) \end{cases}$$

(2) 节点电压方程为

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{2}\right)U_{n1} - \frac{1}{2}U_{n2} = 4 + 2U_1 \\ -\frac{1}{2}U_{n1} + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{2}\right)U_{n2} = -2U_1 \\ U_1 = U_{n1} \\ U_2 = U_{n2} \end{cases}$$

3-35 求题图 3-35 所示电路中各节点的电压 U_1 , U_2 , U_3 和 U_4 。



题图 3-35

解 列方程如下：

$$\begin{cases} \frac{1}{1}U_1 - \frac{1}{1}U_2 = 2U_{23} + I_{41} \\ -\frac{1}{1}U_1 + \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{0.5}\right)U_2 - \frac{1}{0.5}U_3 = 2 \\ U_3 = -1 \\ -\frac{1}{1}U_3 + \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{0.5}\right)U_4 = -I_{41} \\ U_{23} = U_2 - U_3 \\ U_{43} = U_4 - U_3 \\ U_1 - U_4 = 4U_{43} \end{cases}$$

解得 $U_1 = \frac{17}{3} = 5.67\text{V}$, $U_2 = \frac{17}{9} = 1.89\text{V}$, $U_3 = \frac{17}{9} = -1\text{V}$, $U_4 = \frac{1}{3} = 0.333\text{V}$ 。

* 检查书中电路图参考点。

3-36 (1) 已知某电路的回路方程式为

$$\begin{cases} (R_1 + R_2)I_1 - R_2I_2 = U_s \\ -R_2I_1 + (R_2 + R_3 + R_4)I_2 - R_4I_3 = 0 \\ -R_4I_2 + (R_4 + R_5)I_3 = 0 \end{cases}$$

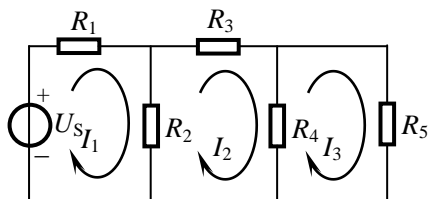
试绘出该电路图。

(2) 已知一组节点电压方程为

$$\begin{cases} 5U_1 - 4U_2 = -3 \\ -4U_1 + 17U_2 - 8U_4 = 3 + I_6 \\ 17U_3 - 10U_4 = 3 - I_6 \\ -8U_2 - 10U_3 + 27U_4 = -12 \\ U_2 - U_3 = 6 \end{cases}$$

试绘出相应的电路图。

解 (1) 由方程可见, 回路电流方程的系数矩阵是对称的, 所以电路中含受控源, 其相应的电路图可如题图 3-36(a)所示。

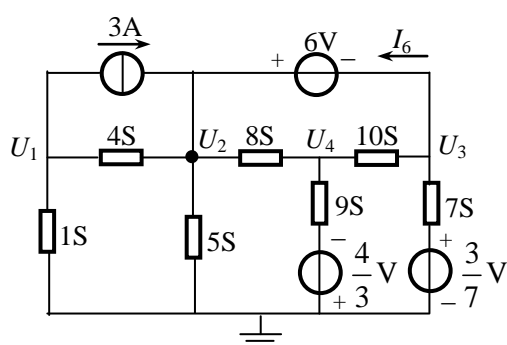


题图 3-36(a)

(2) 由节点电压方程可知, 节点 2 和节点 3 之间是一 6V 的理想电压源。节点电压方程可改写如下:

$$\begin{cases} (4+1)U_1 - 4U_2 = -3 \\ -4U_1 + (4+8+5)U_2 - 8U_4 = 3 + I_6 \\ (10+7)U_3 - 10U_4 = 7 \times \frac{3}{7} - I_6 \\ -8U_2 - 10U_3 + (8+10+9)U_4 = -9 \times \frac{12}{9} \\ U_2 - U_3 = 6 \end{cases}$$

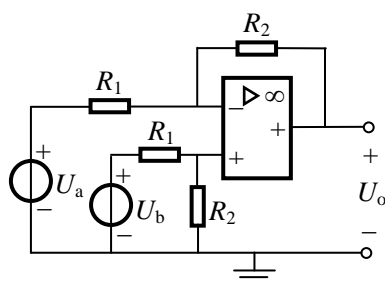
由此可画出相应的电路图如题图 6-36(b)所示。



题图 3-36(b)

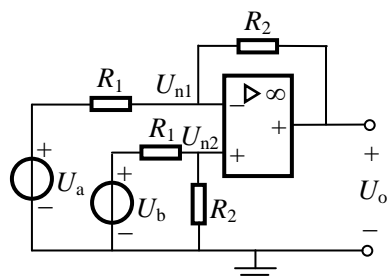
说明: 由方程绘制电路图的结果不唯一。

3-37 求题图 3-37 所示运算放大器电路的输出电压 U_o 。



题图 3-37

解 节点如题图 3-37(a)所示。



题图 3-37(a)

列写节点电压方程如下：

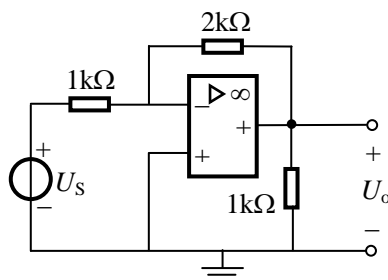
$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) U_{n1} - \frac{1}{R_2} U_o = \frac{U_a}{R_1} & (\text{利用虚断条件}) \\ \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) U_{n2} = \frac{U_b}{R_1} & (\text{利用虚断条件}) \\ U_{n1} = U_{n2} & (\text{利用虚短条件}) \end{cases}$$

解得

$$U_o = -\frac{R_2}{R_1} (U_a - U_b)$$

3-38 题图 3-38 所示电路中，电压 $U_s=2V$ 。

- (1) 求每个电阻吸收的功率；
- (2) 求电源输出的功率；
- (3) 为什么电源输出的功率与电阻吸收的功率不等？运算放大器吸收的功率是多少？



题图 3-38

解 这是反相比例器，输出一输入关系为

$$U_o = -\frac{2 \times 10^3}{1 \times 10^3} U_s = -4V$$

- (1) 三个电阻吸收的功率分别为

$$P_{1\text{吸}} = \frac{U_s^2}{1 \times 10^3} = 4\text{mW}, \quad P_{2\text{吸}} = \frac{U_o^2}{2 \times 10^3} = 8\text{mW}, \quad P_{3\text{吸}} = \frac{U_o^2}{1 \times 10^3} = 16\text{mW}$$

- (2) 电源输出的功率为

$$P_{s\text{发}} = U_s \cdot \frac{U_s}{1 \times 10^3} = 4\text{mW}$$

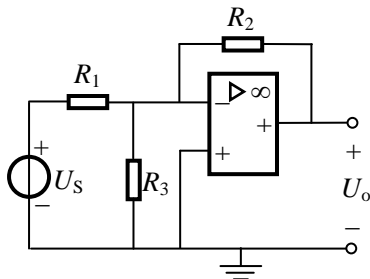
(3) 由 (1)、(2) 可见，电源输出的功率值小于电阻吸收的功率值，原因是运算放大器为有源器件，它输出的功率为

$$P_{\text{op发}} = U_o \left(\frac{U_o}{1 \times 10^3} + \frac{U_o}{2 \times 10^3} \right) = 24\text{mW}$$

即运算放大器吸收的功率为 -24mW 。

3-39 运算放大器电路如图 3-39 所示。

- (1) 求电压增益 U_o/U_s ;
- (2) 求由电压源 U_s 两端看进去的等效电阻;
- (3) 当 $R_3 = \infty$ 时, 重求 (1) 和 (2)。



题图 3-39

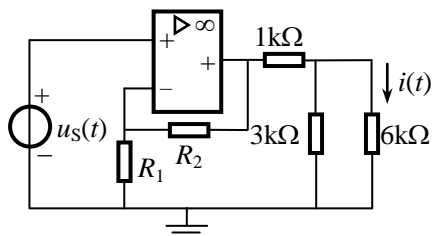
解 (1) 电压增益为

$$\frac{U_o}{U_s} = -\frac{R_2}{R_1}$$

(2) 由电压源 U_s 两端看进去的等效电阻为 $R_{in} = R_1$ 。

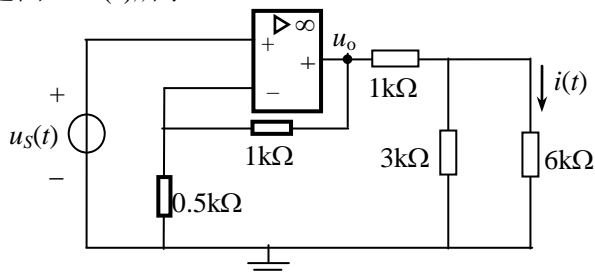
(3) R_3 的值不影响上述结果, 所以当 $R_3 = \infty$ 时, 电压增益和等效电阻不变。

3-40 已知题图 3-40 所示电路中, 电压源 $u_s(t) = 3\cos 4t$ V, 电阻 $R_2 = 2R_1 = 1\text{k}\Omega$ 。求电流 $i(t)$ 。



题图 3-40

解 参考方向如题图 3-40(a)所示。



题图 3-40(a)

方程如下:

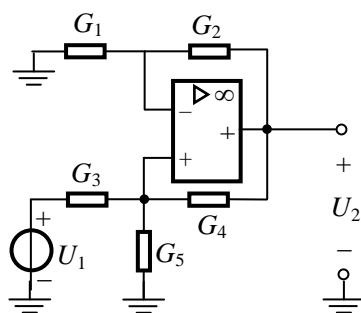
$$u_s = \frac{0.5 \times 10^3}{1 \times 10^3 + 0.5 \times 10^3} u_o = \frac{1}{3} u_o$$

解得 $u_a = 3u_s$ 。所求电流为

$$i = \frac{u_o}{1 \times 10^3 + 3 \times 10^3 // 6 \times 10^3} \times \frac{3 \times 10^3}{3 \times 10^3 + 6 \times 10^3} = \frac{1}{9} u_o = \frac{1}{3} u_s = \cos 4t \text{ mA}$$

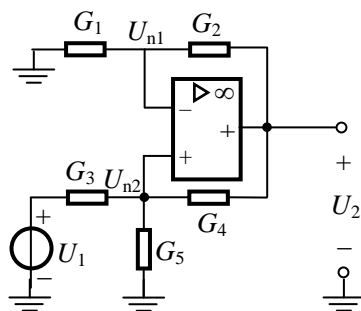
3-41 电路如题图 3-41 所示。试证明

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{G_3(G_1 + G_2)/(G_2 G_4)}{(G_3 + G_5)/G_4 - G_1/G_2}$$



题图 3-41

解 参考方向如题图 3-41(a)所示。



题图 3-41(a)

列写节点电压方程组如下：

$$\begin{cases} (G_1 + G_2)U_{n1} - G_2U_2 = 0 \\ (G_3 + G_4 + G_5)U_{n2} - G_4U_2 = G_3U_1 \\ U_{n1} = U_{n2} \end{cases}$$

整理有

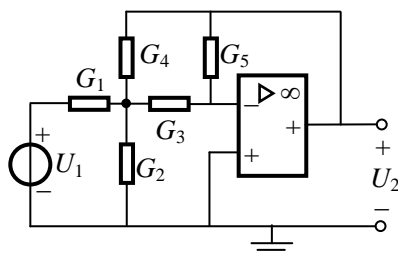
$$(G_3 + G_4 + G_5) \cdot \frac{G_2}{G_1 + G_2} U_2 - G_4 U_2 = G_3 U_1$$

所以

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{G_3(G_1 + G_2)/(G_2 G_4)}{(G_3 + G_5)/G_4 - G_1/G_2}$$

证毕。

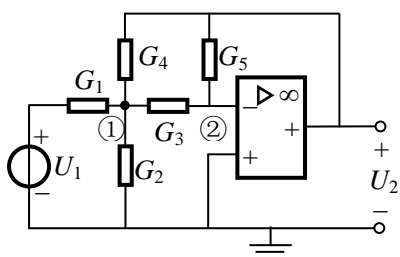
3-42 试求题图 3-42 所示电路中的电压比 U_2/U_1 。



题图 3-42

解 节点如题图 3-42(a)所示, 设节点①的节点电压为 U_{n1} , 节点②的节点电压为 U_{n2} ,

且 $U_{n2} = 0$ 。



题图 3-42(a)

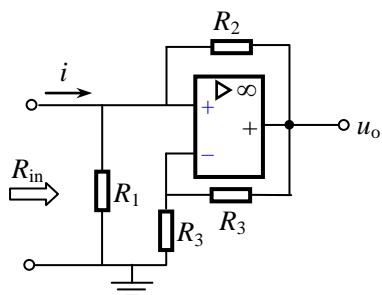
列写节点电压方程:

$$\begin{cases} (G_1 + G_2 + G_3 + G_4)U_{n1} - G_3U_{n2} - G_4U_2 = G_1U_1 \\ -G_3U_{n1} + (G_3 + G_5)U_{n2} - G_5U_2 = 0 \\ U_{n2} = 0 \end{cases}$$

解得

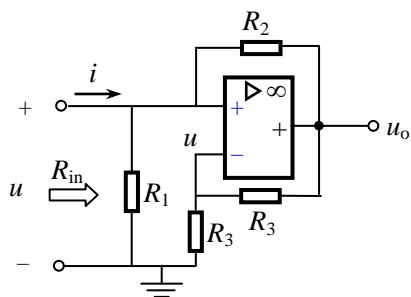
$$\frac{U_2}{U_1} = -\frac{G_1G_3}{(G_1 + G_2 + G_3 + G_4)G_5 + G_3G_4}$$

3-43 求题图 3-43 所示运算放大器电路的输入电阻 R_{in} 。



题图 3-43

解 参考方向如题图 3-43(a)所示。



题图 3-43(a)

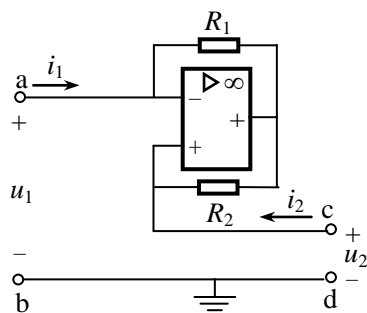
$$u_o = \frac{R_3 + R_3}{R_3} u = 2u$$

$$i = \frac{u}{R_1} + \frac{u - u_o}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) u$$

输入电阻为

$$R_{in} = \frac{u}{i} = \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

3-44 试证明题图 3-44 所示电路中，无论 cd 端口接何种负载，总有 $i_2 = \frac{R_1}{R_2} i_1$ 。



题图 3-44

解 令运算放大器的输出电压为 u_o ，则有方程

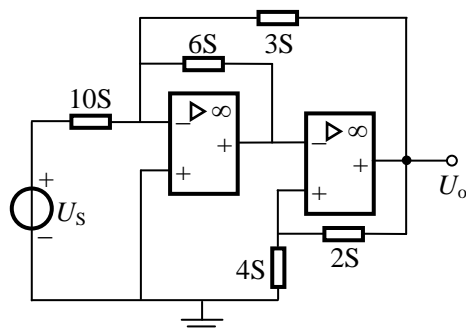
$$u_1 = u_2, \quad i_1 = \frac{u_1 - u_o}{R_1}, \quad i_2 = \frac{u_2 - u_o}{R_2}$$

整理得

$$i_2 = \frac{R_1}{R_2} i_1$$

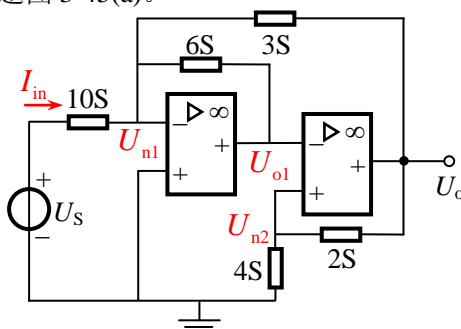
证毕。

3-45 对题图 3-45 所示的运算放大器电路：(1) 求电压增益 U_o/U_s ；(2) 求从电压源 U_s 看进去的入端电阻 R_{in} 。



题图 3-45

解 (1) 参考方向见题图 3-45(a)。



题图 3-45(a)

节点电压方程如下：

$$\begin{cases} (10 + 6 + 3)U_{n1} - 6U_{o1} - 3U_o = 10U_s \\ (4 + 2)U_{n2} - 2U_o = 0 \\ U_{n1} = 0 \\ U_{o1} = U_{n2} \end{cases}$$

解得 $U_o = -2U_s$ ，所以 $\frac{U_o}{U_s} = -2$ 。

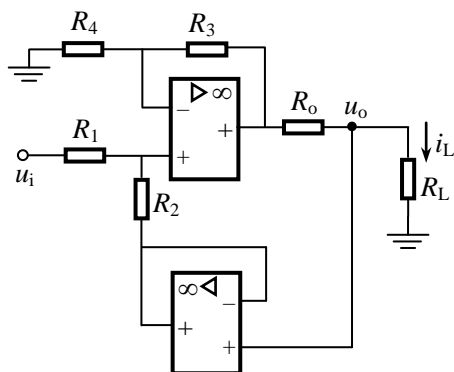
(2) 输入电流为

$$I_{in} = 10(U_s - U_{n1}) = 10U_s$$

所以，输入电阻为

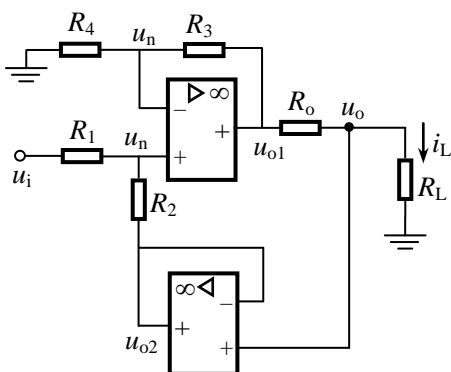
$$R_{in} = \frac{U_s}{I_{in}} = 0.1\Omega$$

3-46 题图 3-46 所示电路中, 已知 $R_1=R_2=R_3=R_4=R_o=R_L$ 。求在输入电压 u_i 作用下的负载电流 i_L 。



题图 3-46

解 参考方向如题图 3-46(a)所示。



题图 3-46(a)

列节点电压方程如下:

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) u_n - \frac{1}{R_2} u_{o2} = \frac{1}{R_1} u_i \\ \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) u_n - \frac{1}{R_4} u_{o1} = 0 \\ \left(\frac{1}{R_o} + \frac{1}{R_L} \right) u_o - \frac{1}{R_o} u_{o1} = 0 \\ u_o = u_{o2} \end{cases}$$

整理得

$$\frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_o}{R_L} \right) u_o - u_o = \frac{R_2}{R_1} u_i$$

即 $u_o = u_i$ 。所以

$$i_L = \frac{u_o}{R_L} = \frac{u_i}{R_L}$$

第3章 线性电阻电路的一般分析方法习题参考答案

3-1 $I_1 = -2\text{A}$, $I_2 = -0.5\text{A}$, $I_3 = -1.5\text{A}$

3-3 $I_1 = -3.64\text{A}$, $I_2 = 1.13\text{A}$, $I_3 = 2.51\text{A}$, $I_4 = 2.68\text{A}$, $I_5 = -1.55\text{A}$, $I_6 = -0.956\text{A}$

3-4 $I_1 = 0.4\text{A}$, $I_2 = 0.2\text{A}$, $I_3 = 0.1\text{A}$, $I_4 = 0.3\text{A}$, $I_5 = -0.1\text{A}$, $I_6 = 0.2\text{A}$

3-6 $U_S = 8\text{V}$

3-7 $I_1 = 4\text{mA}$, $I_2 = 1.33\text{mA}$, $I_3 = 2.67\text{mA}$, $I_4 = -1\text{mA}$, $I_5 = -2\text{mA}$, $I_6 = 4.67\text{mA}$, $I_7 = 2.33\text{mA}$

3-8 $I_1 = 0\text{A}$, $I_2 = 2\text{A}$, $I_3 = 0$, $I_4 = -1\text{A}$

3-9 $U = 8\text{V}$

3-10 $I = 14\text{mA}$

3-11 $I_3 = 8\text{A}$, $U_{S1} = -48\text{V}$, $U_{S2} = -24\text{V}$

3-14 $U = -8\text{V}$

3-15 1A 电流源发出 $P = 33.3\text{W}$

3-16 $I_1 = 3\text{A}$, $I_2 = 4\text{A}$, $I_3 = -1\text{A}$, $I_4 = 4\text{A}$, 受控电压源发出 $P_1 = 150\text{W}$, 受控电流源发出 $P_2 = -10\text{W}$

3-18 3.5A 电流源发出 1.84kW , 75V 电压源发出 -64.5W , 25V 电压源发出 -48.3W , 230V 电压源发出 246W

3-19 $I_1 = 2.8\text{A}$, $I_2 = 0.6\text{A}$, $I_3 = 0.6\text{A}$, $I_4 = 4\text{A}$

3-20 $I = -0.645\text{A}$, $U = 16.7\text{V}$

3-21 $U = 19.8\text{V}$, $I_1 = 0.68\text{A}$, $I_2 = 0.04\text{A}$, $I_3 = 0.36\text{A}$

3-22 $I_1 = 10\text{A}$, $I_2 = 10\text{A}$

3-23 $I_{R3} = 2.1\text{A}$

3-24 电压表读数为 8V

3-25 各支路电流为 $I_1 = 1\text{A}$, $I_2 = 3\text{A}$, $I_3 = 4\text{A}$, $I_4 = 2\text{A}$, $I_5 = -6\text{A}$; I_{S1} 发出 49W , U_{S1} 发出 150W , I_{S2} 发出 86W , U_{S2} 发出 -30W

3-26 $I_1 = -3.51\text{A}$, $I_2 = 0.87\text{A}$, $I_3 = 2.87\text{A}$, $I_4 = -4.26\text{A}$

3-27 $I_1 = 0.473\text{A}$, $I_2 = 0.103\text{A}$, $I_3 = 0.370\text{A}$, $I_4 = -0.602\text{A}$, $I_5 = 0.232\text{A}$, $I_6 = 1\text{A}$, $I_7 = 0.768\text{A}$

3-28 $R_x = 153\Omega$

3-29 $I_1 = 0.8\text{A}$, $I_2 = 1.8\text{A}$, $I_3 = 2.2\text{A}$, $I_4 = 0.4\text{A}$, $I_5 = 1\text{A}$

3-30 $I = -6\text{A}$

3-31 $I_1 = -2\text{A}$, $I_2 = 8\text{A}$, $I_3 = 6\text{A}$, $I_4 = 5\text{A}$, $I_5 = 1\text{A}$, $I_6 = 9\text{A}$

3-35 $U_{n1} = 5.67\text{V}$, $U_{n2} = 1.89\text{V}$, $U_{n3} = -1\text{V}$, $U_{n4} = 0.333\text{V}$

3-37 $U_o = -\frac{R_2}{R_1}(U_a - U_b)$

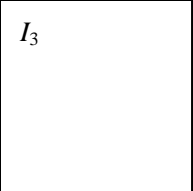
- 3-38 (1) 电阻吸收的功率分别为 8mW , 16mW , 4mW ; (2) 电压源发出 4mW ;
(3) 运算放大器是有源元件。运放吸收的功率为 -24mW

3-39 (1) $U_o / U_S = -R_2 / R_1$; (2) $R_{in} = R_1$; (3) 与 (1) 和 (2) 的结果相同。

3-40 $i(t) = \cos 4t \text{ mA}$

3-42 $\frac{U_2}{U_1} = -\frac{G_1 G_3}{G_3 G_4 + (G_1 + G_2 + G_3 + G_4) G_5}$

3-43 $R_{in} = \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$



$$3-45 \quad (1) \frac{U_o}{U_s} = -2; \quad (2) \quad R_{in} = 0.1\Omega$$

$$3-46 \quad i_L = \frac{u_o}{R_L} = \frac{u_i}{R_L}$$