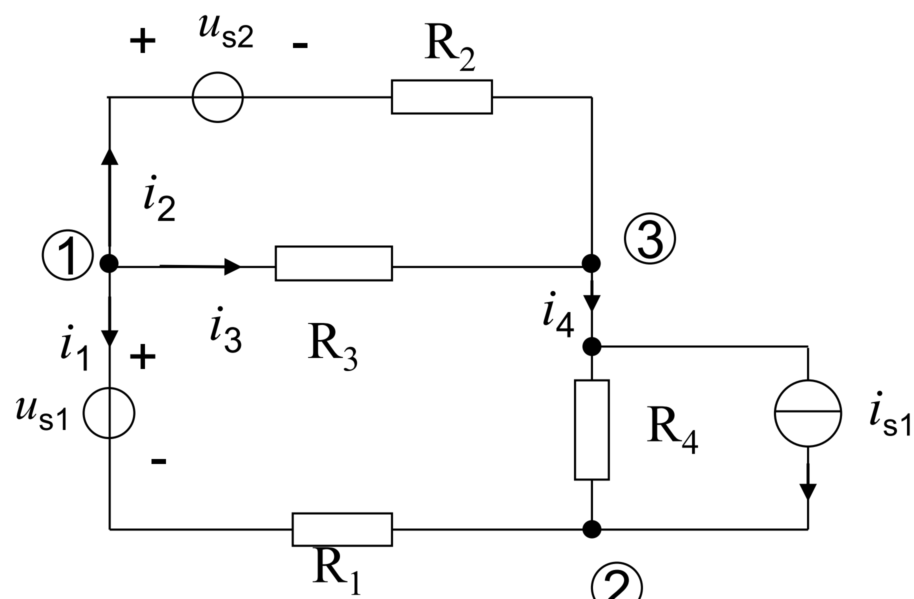
第三章 电阻电路的一般分析方法

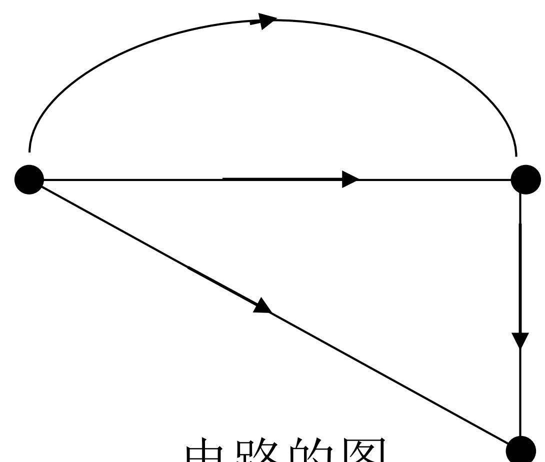
- KCL和KVL的独立方程数
- 支路电流法
- 网孔电流法
- 回路电流法
- 结点电压法

§3-1 电路的图

电路中的每条支路用一条有方向的线段表示，该方向即是支路电流的参考方向，这样即构成电路的图。



电路



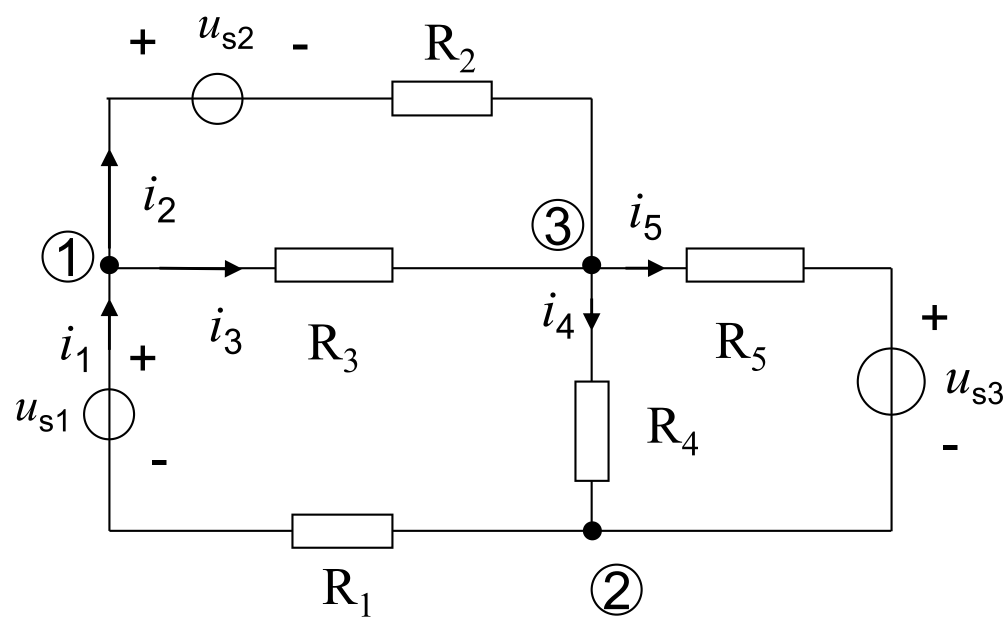
电路的图

§3-2 KCL和KVL的独立方程数

结点1： $i_2 + i_3 - i_1 = 0$ (1)

结点2： $i_1 - i_4 - i_5 = 0$ (2)

结点3： $i_4 + i_5 - i_2 - i_3 = 0$ (3)



(1) + (2) 可以得到 (3)

可以看出，上面三个方程不是独立方程组，由其中任意俩个方程可以得出第三个方程，所以独立方程数为2。

§ 3-2 KCL和KVL的独立方程数

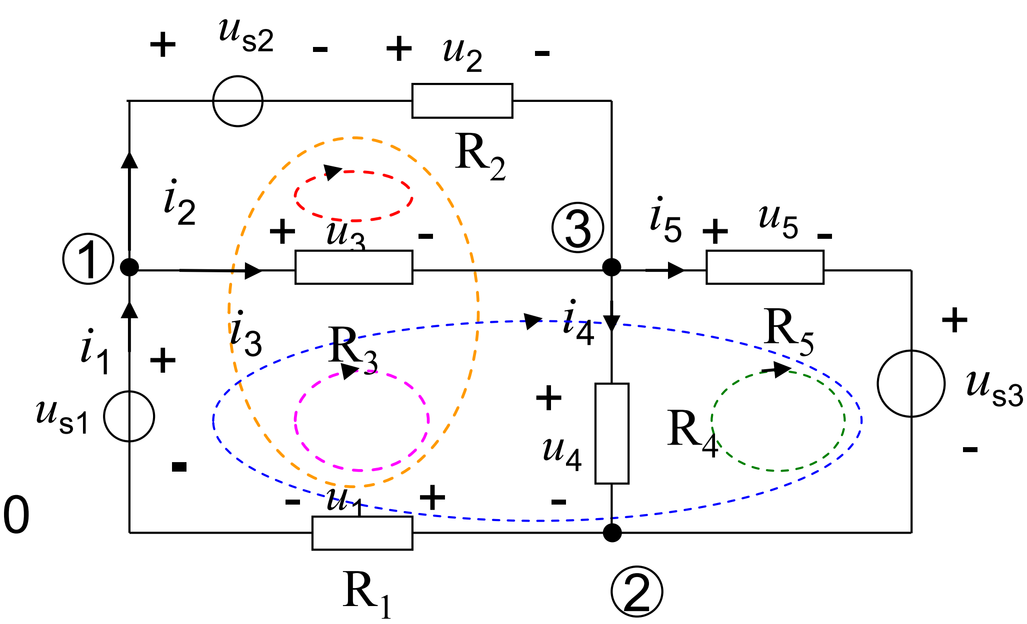
回路1： $u_{s2} + u_2 - u_3 = 0$

回路2： $u_3 + u_4 + u_1 - u_{s1} = 0$

回路3： $u_5 + u_{s3} - u_4 = 0$

回路4： $u_{s2} + u_2 + u_4 + u_1 - u_{s1} = 0$

回路5： $u_3 + u_5 + u_{s3} + u_1 - u_{s1} = 0$



回路1 + 回路2 = 回路4

回路2 + 回路3 = 回路5

可以看出，上面五个方程不是独立方程组，其中回路1，2，3的电压方程是独立的，所以独立方程数为3。

§3-2 KCL和KVL的独立方程数

- 确定独立回路的办法

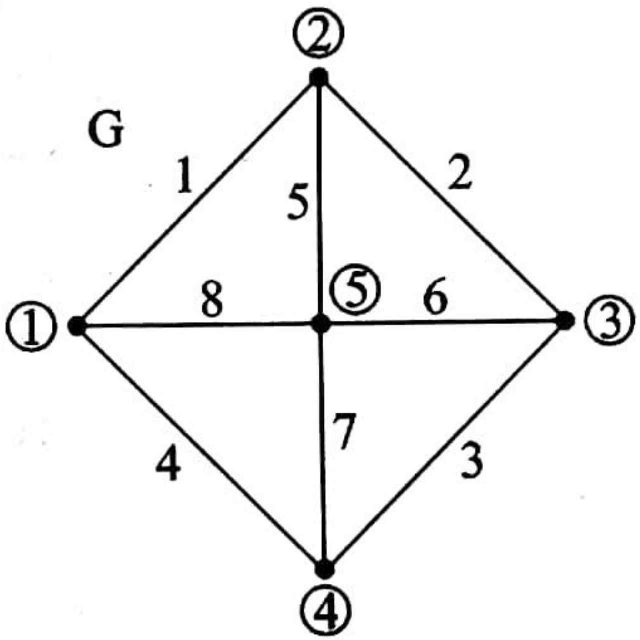


图3－3　回路

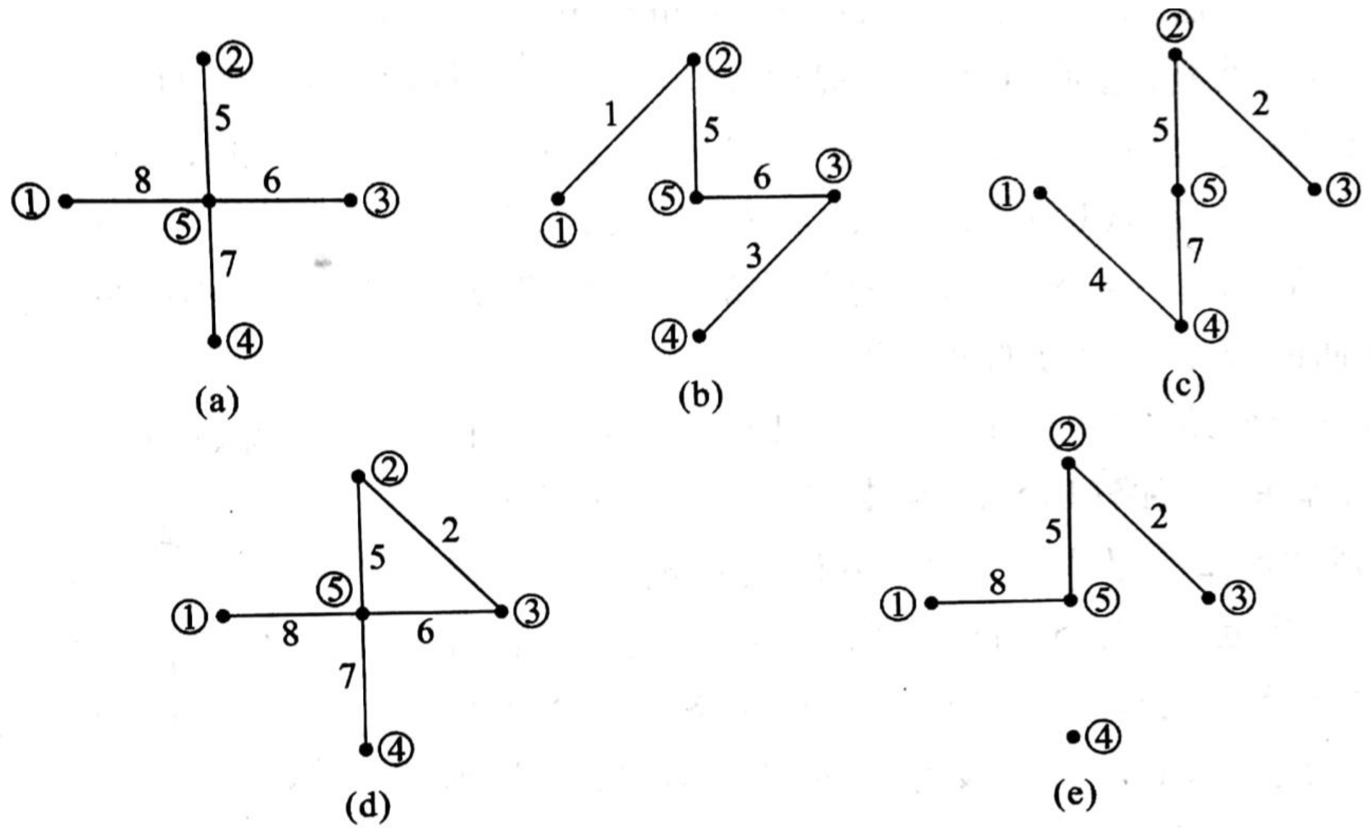


图3－4　树

树：包含G的全部结点且不包含任何回路的连通子图

单连支回路（基本回路）：对G的任意的一个树，加入一个连支形成的回路

§3-2 KCL和KVL的独立方程数

- 确定独立回路的办法

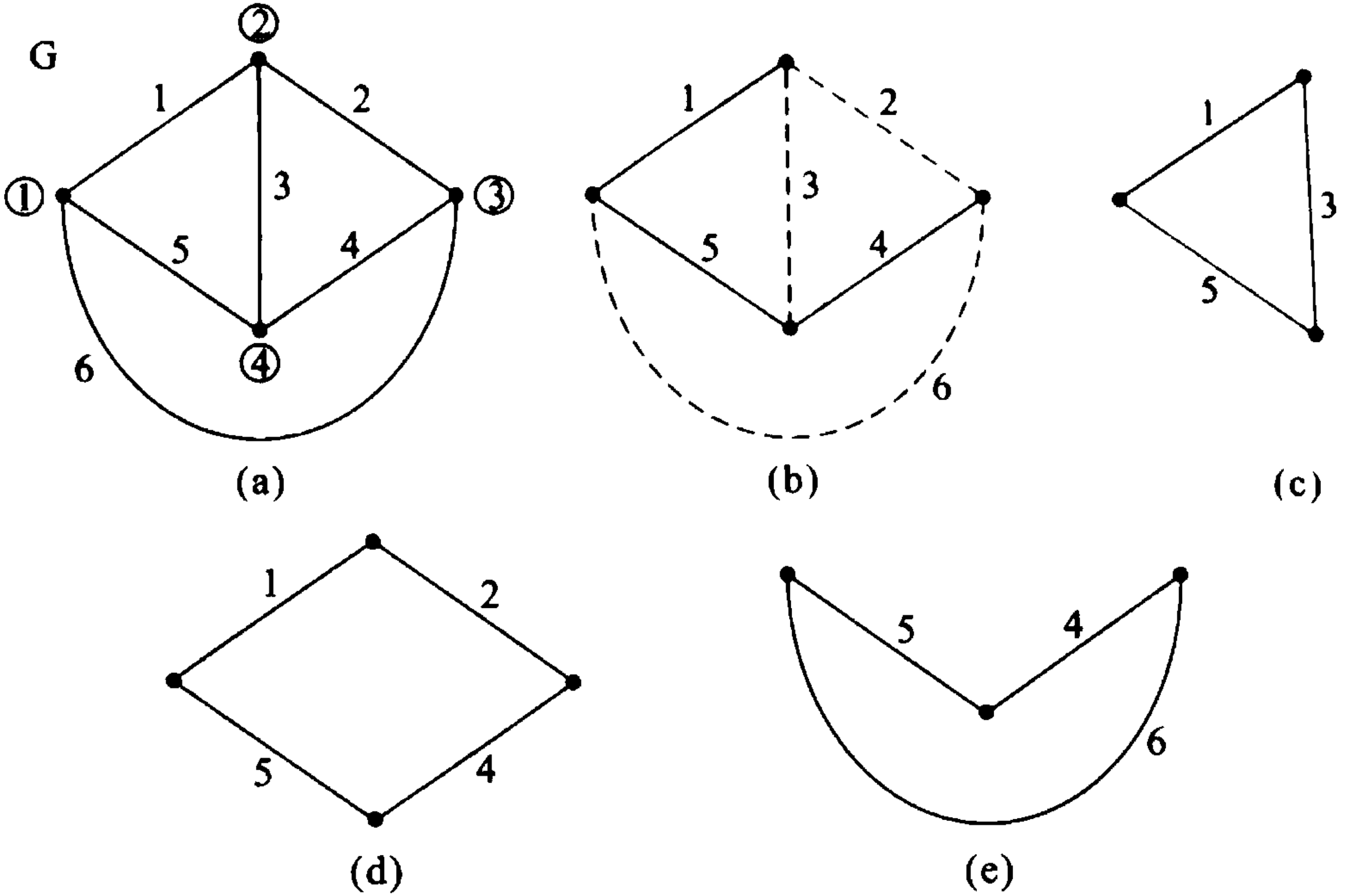


图 3－5　基本回路

§3-2 KCL和KVL的独立方程数

- 确定独立回路的办法

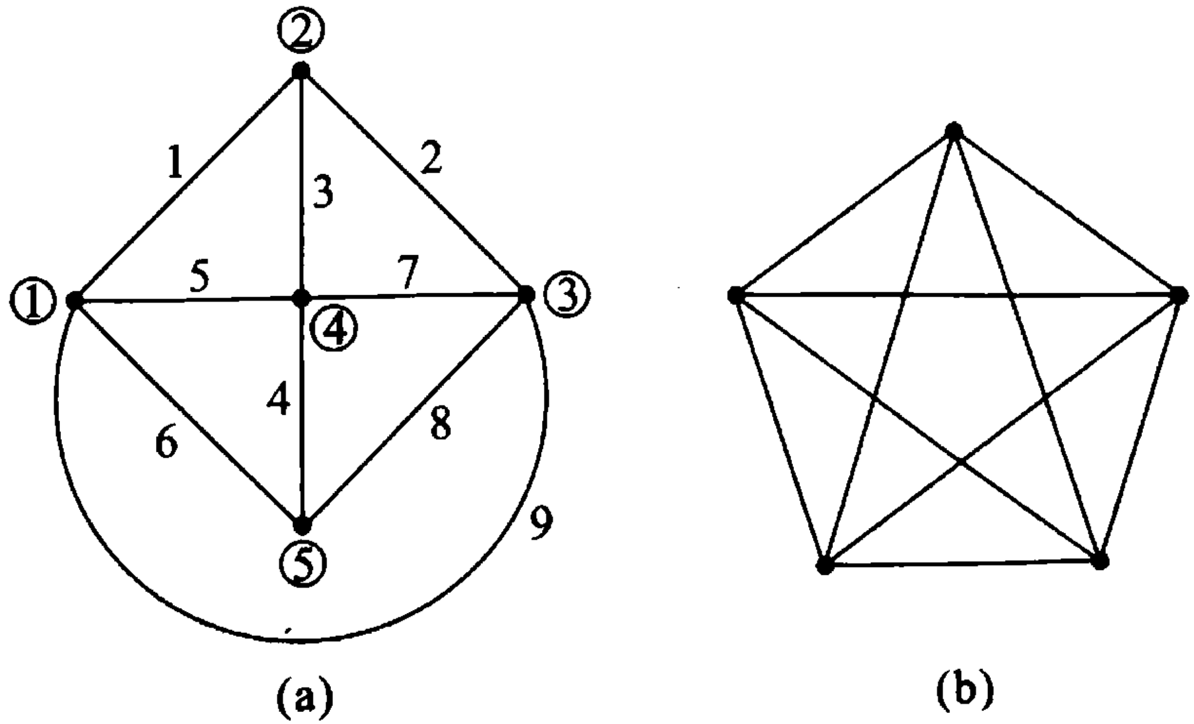


图 3－6　平面图与非平面图

平面图：不出现支路交叉

§3-2 KCL和KVL的独立方程数

- 确定独立回路的办法

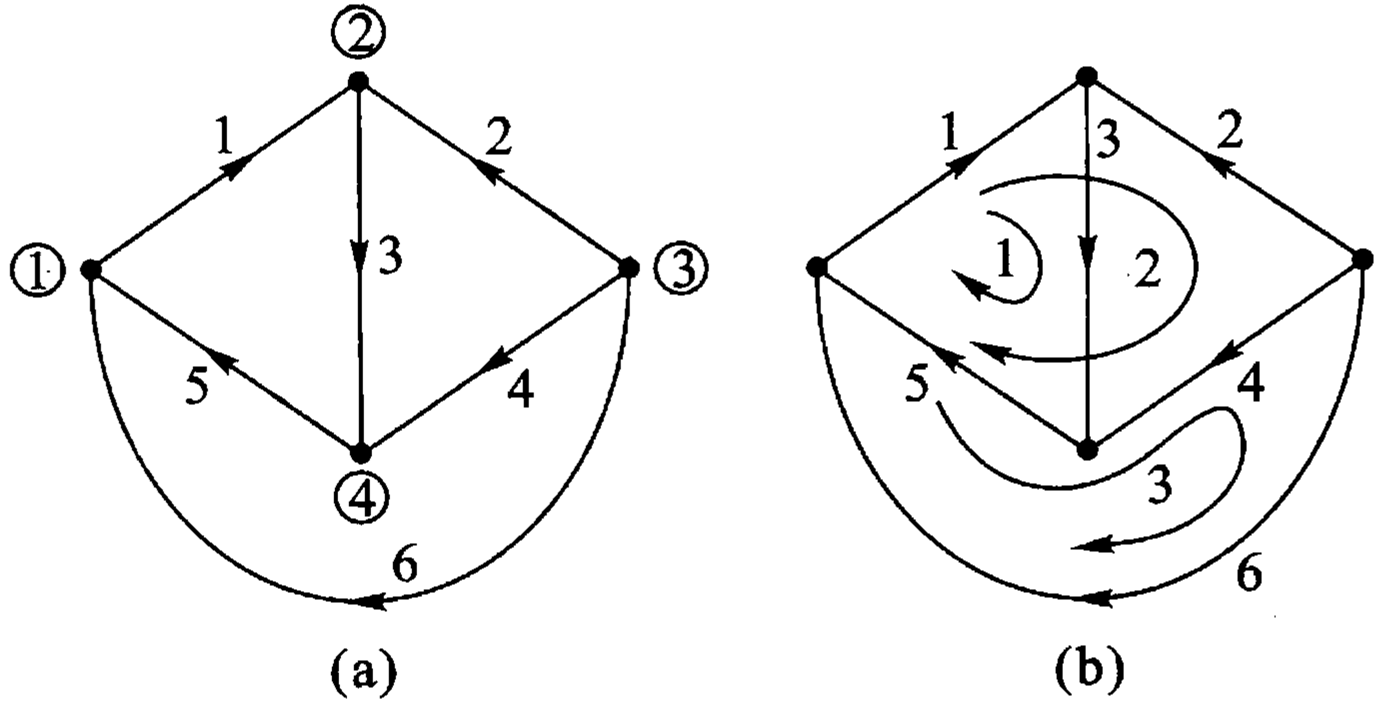


图 3－7　基本回路的 KVL 方程

树支：$n-1$

连支：$b-(n-1)=b-n+1$

连支数=独立回路数

*

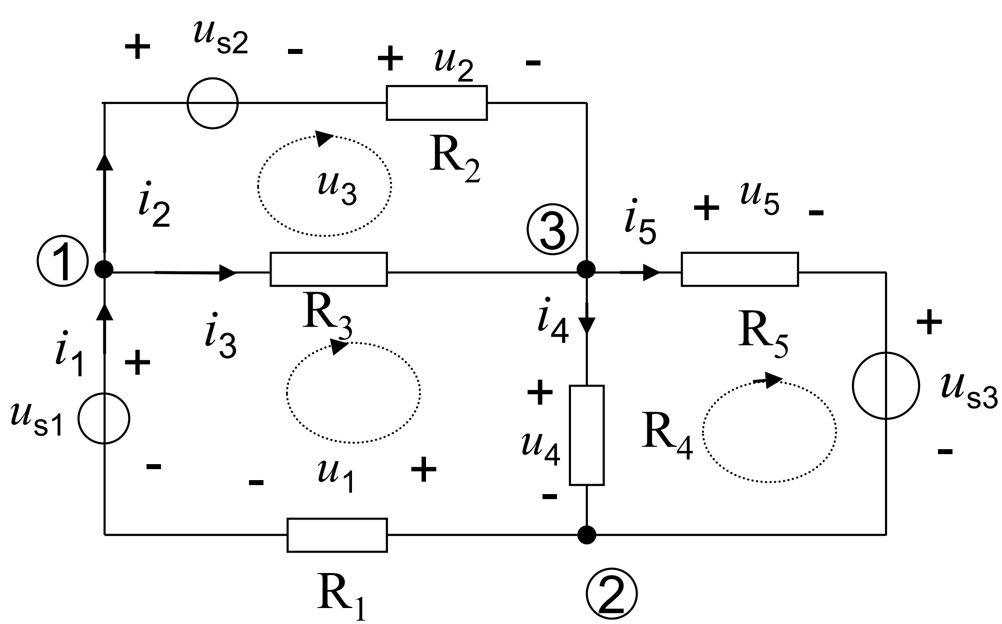
§3-2 KCL和KVL的独立方程数

- 具有n个结点b个支路的电路，其独立的KCL方程数为n-1；独立的KVL方程数为b-n+1。

- 列写KCL方程组时，一般先指定一个结点为参考结点，列写其他n-1个结点的电流方程，即构成一组独立的KCL方程组；

- 列写KVL方程组，一般先指定一个回路，列写KVL方程，然后增加回路方程，并且新增加的回路中有一个新的支路（即此支路在前面的所有回路中都没有出现过），直到电路中所有的支路都被列入回路方程，这样即构成了一组对的KVL方程组；

§3-2 KCL和KVL的独立方程数



b条支路，n个结点。

KCL独立方程：n-1

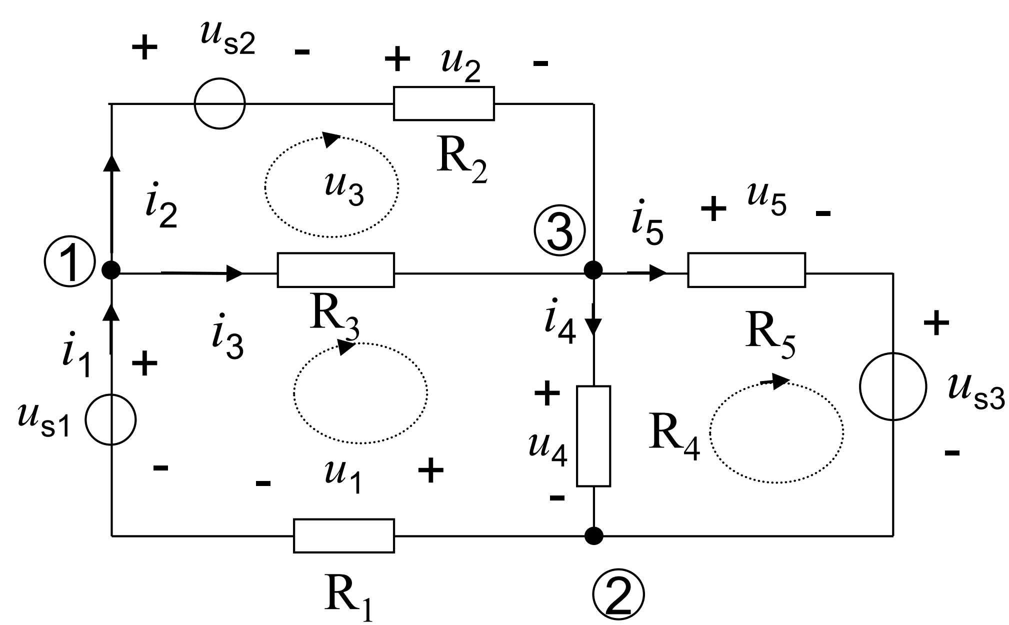
KVL独立方程：b-(n-1)

VCR方程：b

共2b个未知量（每条之路一个电流、一个电压）

§3-3 支路电流法

以支路电流为变量，利用独立的结点KCL方程，回路KVL方程来求解电路的方法。



结点1： $i_2 + i_3 - i_1 = 0$

结点3： $i_4 + i_5 - i_2 - i_3 = 0$

回路1： $u_{s2} + R_2\, i_2 - R_3 i_3 = 0$

回路2： $R_3\, i_3 + R_4\, i_4 + R_1\, i_1 - u_{s1} = 0$

回路3： $R_5\, i_5 + u_{s3} - R_4\, i_4 = 0$

b条支路，n个结点。

KCL独立方程：n-1

KVL独立方程：b-(n-1)

VCR方程：b

共2b个未知量（每条之路一个电流、一个电压）

§ 3- 3 支路电流法

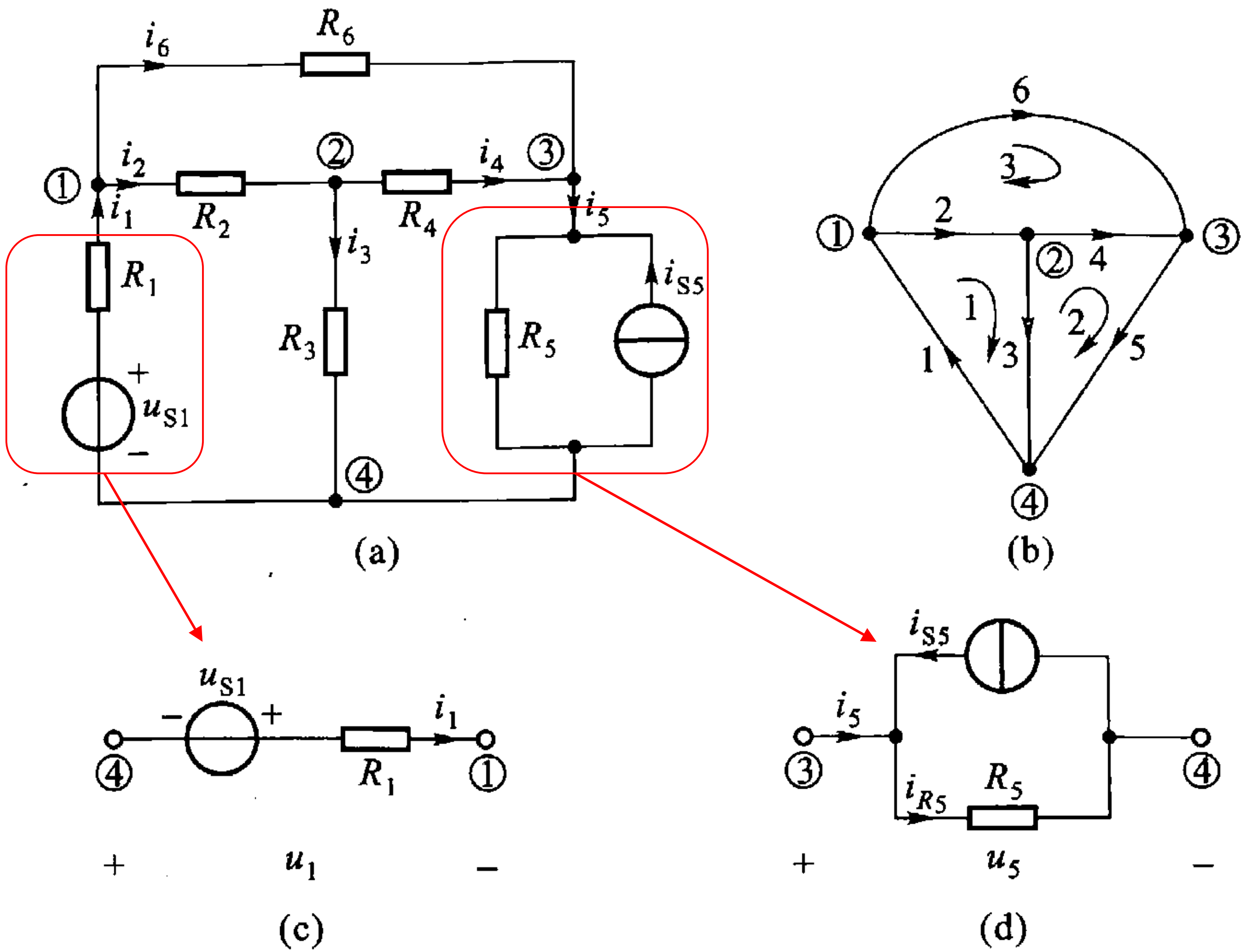
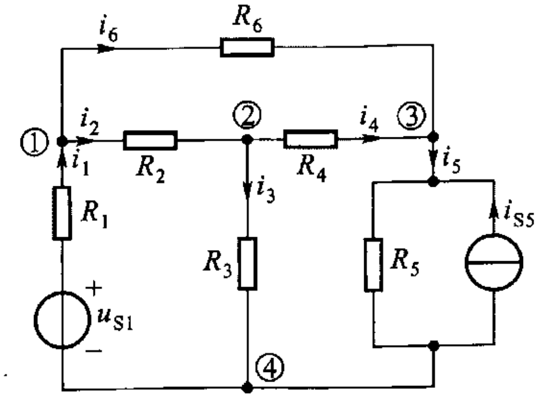


图 3－8 支路电流法

§ 3-3 支路电流法



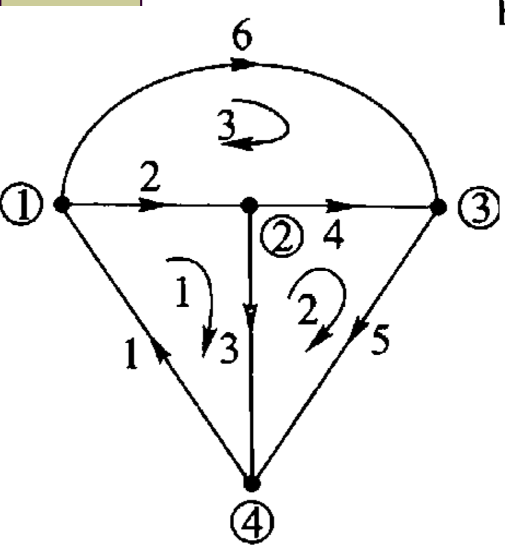
(a)

$$\left.\begin{aligned} u_1 + u_2 + u_3 &= 0 \\ -u_3 + u_4 + u_5 &= 0 \\ -u_2 - u_4 + u_6 &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (3-2)$$

1)代入式(3－2),得

$$\left.\begin{aligned} -u_{S1} + R_1 i_1 + R_2 i_2 + R_3 i_3 &= 0 \\ -R_3 i_3 + R_4 i_4 + R_5 i_5 + R_5 i_{S5} &= 0 \\ -R_2 i_2 - R_4 i_4 + R_6 i_6 &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (3-3)$$

把上式中的 u_{S1} 和 $R_5 i_{S5}$ 项移到方程的右边后,与在独立结点①、②、③处列出的KCL 方程联列,就组成了支路电流法的全部方程



$$\left.\begin{aligned} -i_1 + i_2 + i_6 &= 0 \\ -i_2 + i_3 + i_4 &= 0 \\ -i_4 + i_5 - i_6 &= 0 \\ R_1 i_1 + R_2 i_2 + R_3 i_3 &= u_{S1} \\ -R_3 i_3 + R_4 i_4 + R_5 i_5 &= -R_5 i_{S5} \\ -R_2 i_2 - R_4 i_4 + R_6 i_6 &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (3-4)$$

式(3－4)中的 KVL 方程可归纳为

$$\sum R_k i_k = \sum u_{Sk} \qquad (3-5)$$

§3-4 网孔电流法

结点1： $i_2 - i_3 - i_1 = 0$

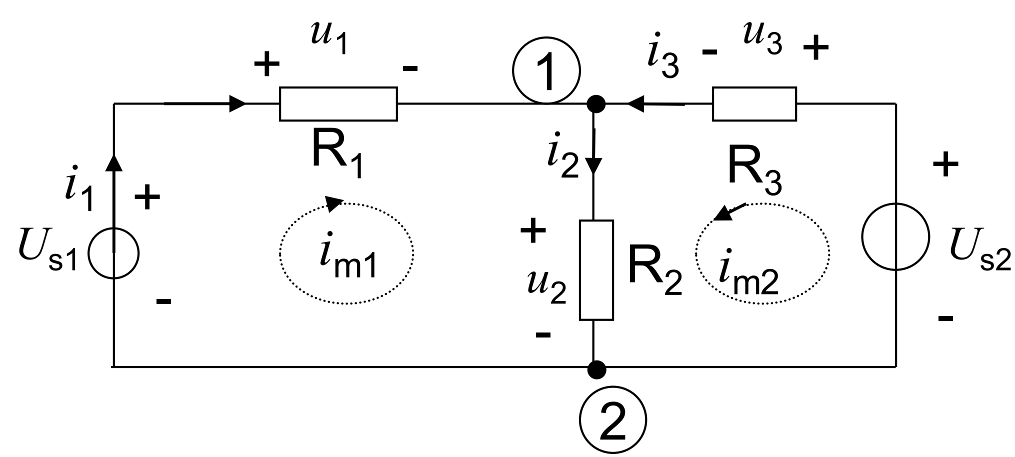
$$i_2 = i_3 + i_1$$

假设回路电流 i_{m1}, i_{m2}

$$i_1 = i_{m1}$$

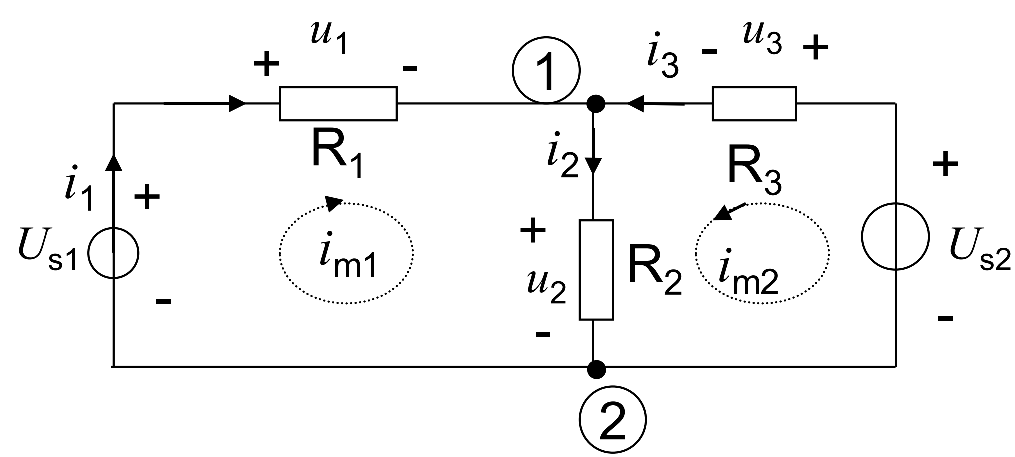
$$i_3 = i_{m2}$$

$$i_2 = i_{m1} + i_{m2}$$



§3-4 网孔电流法

以网孔电流为变量，列出每一个
网孔回路的电压方程



回路1： $R_1\, i_{m1} + R_2(i_{m1}+ i_{m2}) - u_{s1} = 0$

回路2： $R_3\, i_{m2} + R_2(i_{m1}+ i_{m2}) - u_{s2} = 0$

整理两方程得：

回路1： $(R_1+R_2)\, i_{m1} + R_2\, i_{m2} = u_{s1}$

回路 2： $R_2 i_{m1} + (R_2+R_3)\, i_{m2} = u_{s2}$

自阻：回路中所有电阻之和，自阻总为正，例如R_1+R_2， R_2+R_3

互阻：两个回路的共有电阻，例如R_2, 互阻可能为正，也可能为负。

如果两个回路电流流过互阻的方向相同，则互阻为正；

如果两个回路电流流过互阻的方向相反，则互阻为负。

§ 3-4 网孔电流法

网孔电流方程的一般形式：

$$R_{11}i_{\mathrm{m1}}+R_{12}i_{\mathrm{m2}}+R_{13}i_{\mathrm{m3}}+\cdots+R_{1m}i_{\mathrm{m}m}=u_{\mathrm{S11}}$$

$$R_{21}i_{\mathrm{m1}}+R_{22}i_{\mathrm{m2}}+R_{23}i_{\mathrm{m3}}+\cdots+R_{2m}i_{\mathrm{m}m}=u_{\mathrm{S22}}$$

$$R_{31}i_{\mathrm{m1}}+R_{32}i_{\mathrm{m2}}+R_{33}i_{\mathrm{m3}}+\cdots+R_{3m}i_{\mathrm{m}m}=u_{\mathrm{S33}}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$R_{m1}i_{\mathrm{m1}}+R_{m2}i_{\mathrm{m2}}+R_{m3}i_{\mathrm{m3}}+\cdots+R_{mm}i_{\mathrm{m}m}=u_{\mathrm{S}mm}$$

下标m表示网孔（mesh）

下标m（斜体的）表示第m个网孔

双下标的电阻R_{11}、R_{22}、R_{33}、R_{mm}是各网孔的自阻

不同下标的电阻R_{12}、R_{13}、R_{21}是网孔间的互阻

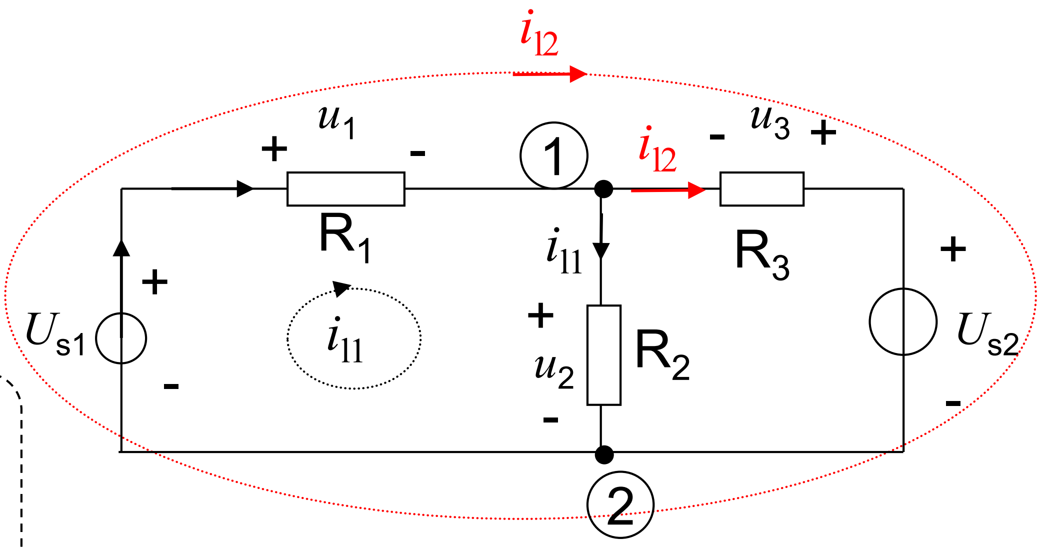
i_{m1}、i_{m2}、$i_{\mathrm{m}m}$是各网孔的电流

§ 3-5 回路电流法

以回路电流为变量，列出回路电压方程的分析方法。

回路1： $R_1(i_{l1}+i_{l2})+R_2 i_{l1}-u_{s1}=0$

回路2： $R_1(i_{l1}+i_{l2})+R_3 i_{l2}+u_{s2}-u_{s1}=0$



整理两方程得：

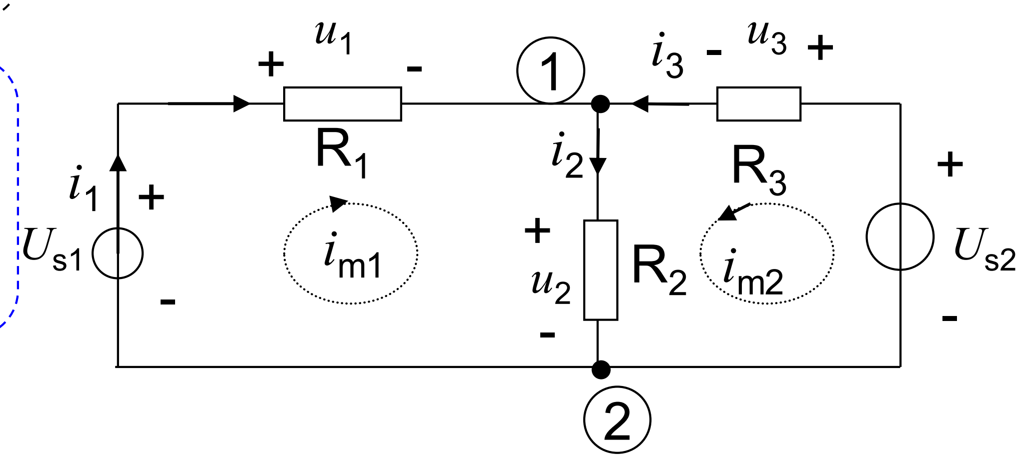
回路1： $(R_1+R_2)i_{l1}+R_1 i_{l2}=u_{s1}$

回路2： $R_1 i_{l1}+(R_1+R_3)i_{l2}=u_{s1}-u_{s2}$

与网孔电流法对比：

网孔1： $(R_1+R_2)i_{m1}+R_2 i_{m2}=u_{s1}$

网孔 2： $R_2 i_{m1}+(R_2+R_3)i_{m2}=u_{s2}$



$i_{m1}=i_{l1}+i_{l2}$ $i_{m2}=-i_{l2}$

回路电流法与网孔电流法结果相同

回路电流法中的自阻、互阻的定义与网孔电流法相同

§3-5 回路电流法

回路电流方程的一般形式：

$$R_{11}i_{l1}+R_{12}i_{l2}+R_{13}i_{l3}+\cdots+R_{1l}i_{ll}=u_{S11}$$

$$R_{21}i_{l1}+R_{22}i_{l2}+R_{23}i_{l3}+\cdots+R_{2l}i_{ll}=u_{S22}$$

$$R_{31}i_{l1}+R_{32}i_{l2}+R_{33}i_{l3}+\cdots+R_{3l}i_{ll}=u_{S33}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$R_{l1}i_{l1}+R_{l2}i_{l2}+R_{l3}i_{l3}+\cdots+R_{ll}i_{ll}=u_{Sll}$$

下标l表示回路（loop）

下标*l*（斜体的）表示第*l*条回路

双下标的电阻R_{11}、R_{22}、R_{33}、R_{ll}是各回路的自阻

不同下标的电阻R_{12}、R_{13}、R_{21}是回路间的互阻

i_{l1}、i_{l2}、i_{ll}是各回路的电流

§3-4 网孔电流法§3-5 回路电流法

相同点：

- 自阻、互阻的概念与正负取值规则相同
- 各网孔、回路中电压源的取值规则相同

不同点：

- 网孔电流：沿网孔连续流动的假想电流

  回路电流：在回路中连续流动的假想电流
- 网孔电流法仅适用于平面电路

  回路电流法适用于平面或非平面电路

§3-4 网孔电流法 §3-5 回路电流法

- 备注：

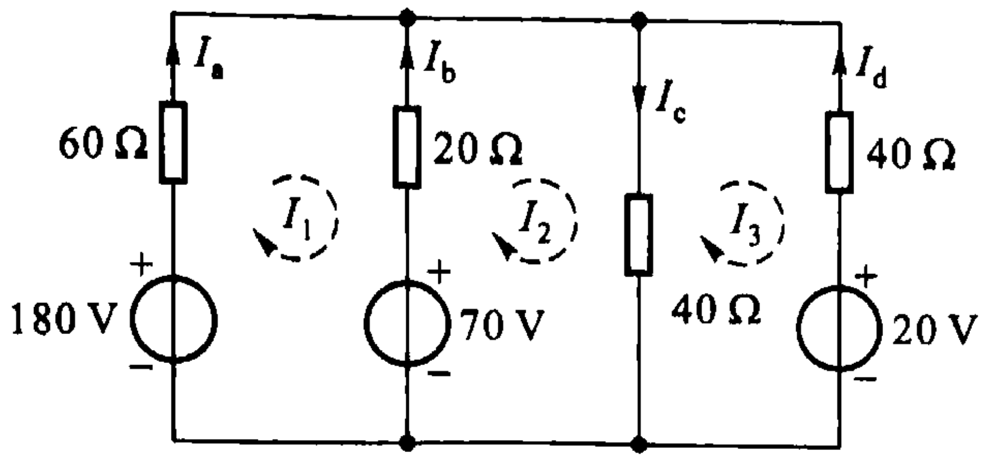
1、含无伴电流源支路的电路，应用回路电流法进行分析时，把电流源两端的电压作为附加变量，列入KVL方程，同时增加电流源支路的电流源电流与回路电流的关系方程。

2、含无伴电流源支路的电路，应用回路电流法进行分析时，如果电流源支路只包含在一个回路中，则该回路电流就是电流源的电流。

3、当电路中含有受控电源时，把它们按独立电源处理。

(1) 选取网孔电流 I_1、I_2、I_3，如图 3-10 所示。

例3-1



$R_{11}=(60+20)\ \Omega=80\ \Omega$

$R_{22}=(20+40)\ \Omega=60\ \Omega$

$R_{33}=(40+40)\ \Omega=80\ \Omega$

$R_{12}=R_{21}=-20\ \Omega$

$R_{13}=R_{31}=0$

$R_{23}=R_{32}=-40\ \Omega$

$U_{S11}=(180-70)\ \text{V}=110\ \text{V}$

$U_{S22}=70\ \text{V}$

$U_{S33}=-20\ \text{V}$

网孔电流方程为

$$80I_1-20I_2=110$$

$$-20I_1+60I_2-40I_3=70$$

$$-40I_2+80I_3=-20$$

(3) 用消去法或行列式法，解得

$$I_1=2\ \text{A}$$

$$I_2=2.5\ \text{A}$$

$$I_3=1\ \text{A}$$

(4) 指定各支路电流如图 3-10 所示，有

$$I_a=I_1=2\ \text{A}$$

$$I_b=-I_1+I_2=0.5\ \text{A}$$

$$I_c=I_2-I_3=1.5\ \text{A}$$

$$I_d=-I_3=-1\ \text{A}$$

例 3－2　给定直流电路如图 3－12(a)所示，其中 $R_1=R_2=R_3=1\ \Omega$，$R_4=R_5=R_6=2\ \Omega$，$u_{S1}=4\ \text{V}$，$u_{S5}=2\ \text{V}$。试选择一组独立回路，并列出回路电流方程。

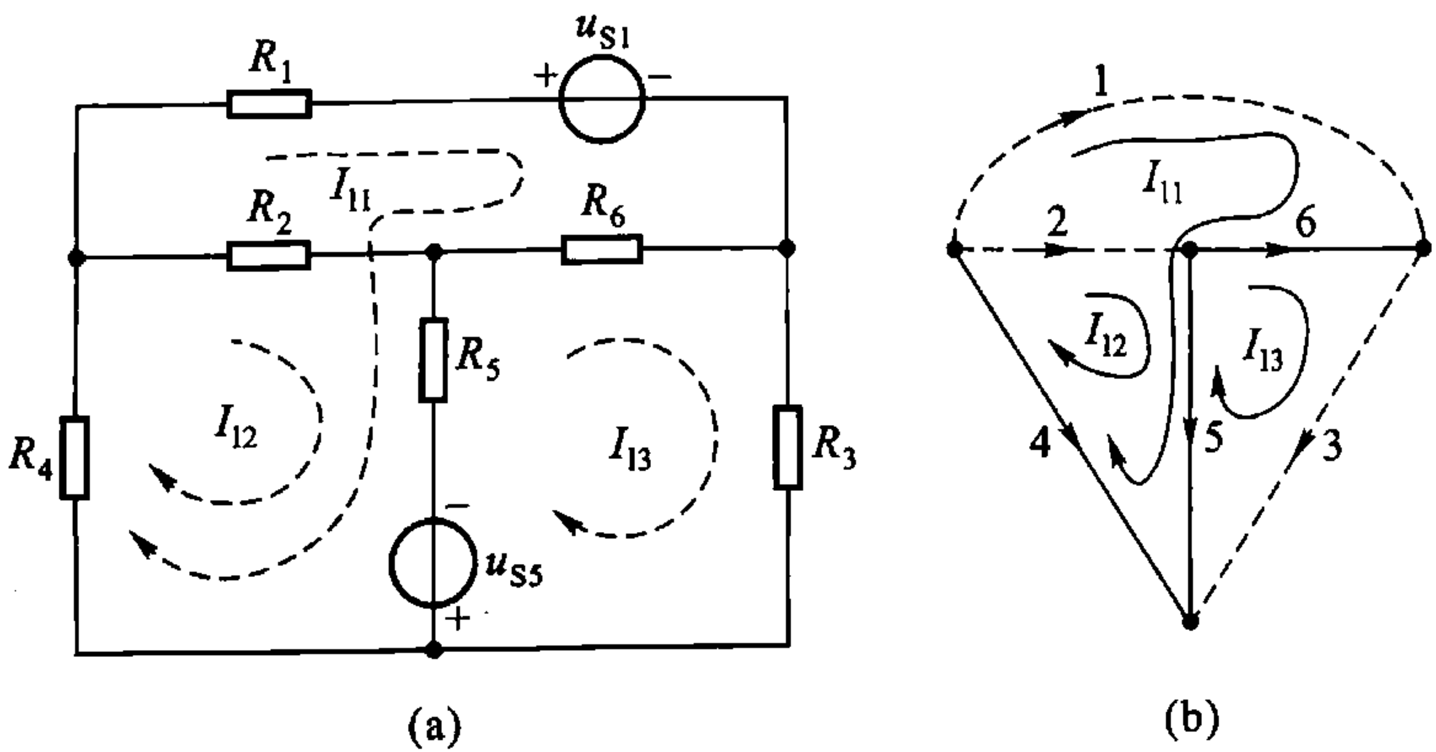


图 3－12　例 3－2 图

解　电路的图如图 3－12(b)所示，选择支路 4、5、6 为树，3 个独立回路(基本回路)绘于图中。连支电流 I_1、I_2、I_3 即为回路电流 I_{l1}、I_{l2}、I_{l3}。在三个基本回路列出以回路电流 I_{l1}、I_{l2}、I_{l3} 为变量的 KVL 方程分别为

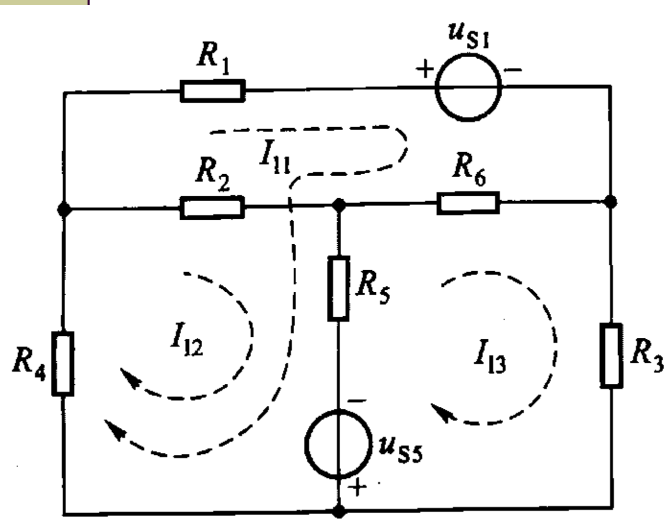
例3-2

$$\left.\begin{aligned}&R_1 I_{l1} + u_{S1} + R_6(I_{l1} - I_{l3}) + R_5(I_{l1} + I_{l2} - I_{l3}) - u_{S6} + R_4(I_{l1} + I_{l2}) = 0\\&R_2 I_{l2} + R_5(I_{l2} + I_{l1} - I_{l3}) - u_{S6} + R_4(I_{l1} + I_{l2}) = 0\\&R_6(I_{l3} - I_{l1}) + R_3 I_{l3} + u_{S6} + R_5(I_{l3} - I_{l1} - I_{l2}) = 0\end{aligned}\right\} \tag{3-9}$$

代入数字，并经整理后，可得

$$\left.\begin{aligned}7I_{l1} + 4I_{l2} - 4I_{l3} &= -2\\4I_{l1} + 5I_{l2} - 2I_{l3} &= 2\\-4I_{l1} - 2I_{l2} + 5I_{l3} &= -2\end{aligned}\right\} \tag{3-10}$$

解出 I_{l1}、I_{l2}、I_{l3}后，可根据以下各式计算支路电流



$$I_1 = I_{l1}$$

$$I_2 = I_{l2}$$

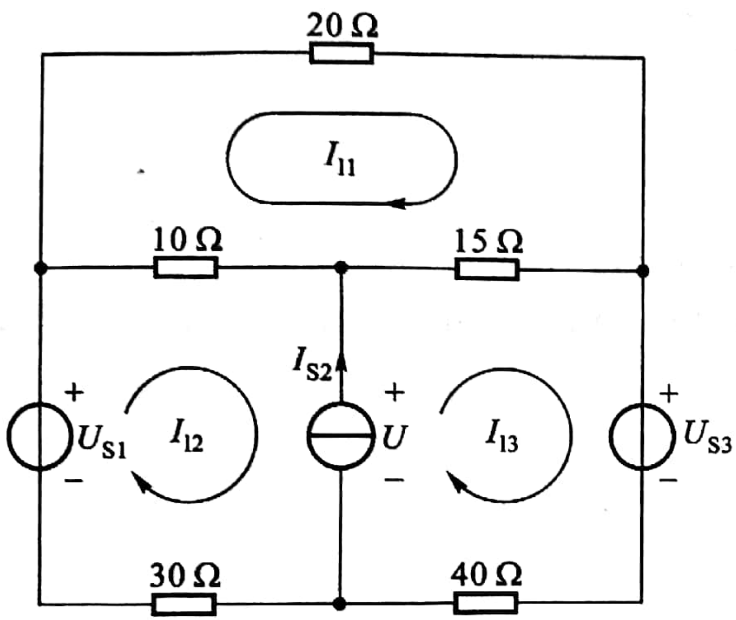
$$I_3 = I_{l3}$$

$$I_4 = I_{l1} - I_{l2}$$

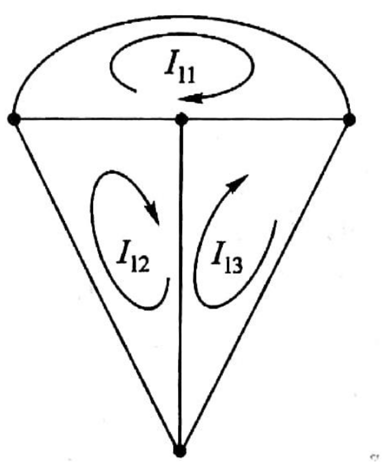
$$I_4 = I_{l1} + I_{l2} - I_{l3}$$

$$I_6 = -I_{l1} + I_{l3}$$

例 3－3 图 3－13 所示电路中 $U_{S1}=50\ \text{V}$，$U_{S3}=20\ \text{V}$，$I_{S2}=1\ \text{A}$，此电流源为无伴电流源。试用回路法列出电路的方程。



$$
\left.\begin{aligned}
(20+15+10)I_{l1}-10I_{l2}-15I_{l3}&=0\\
-10I_{l1}+(10+30)I_{l2}+U&=50\\
-15I_{l1}-U+(40+15)I_{l3}&=-20
\end{aligned}\right\}
$$



无伴电流源所在支路有 I_{l2} 和 I_{l3} 通过，故附加方程为

$$I_{l3}-I_{l2}=1$$

方程数和未知变量数相等。

§ 3-6 结点电压法

KCL方程 $\left\{\begin{array}{l} \dfrac{u_{n1}-u_{s1}}{R_1}+\dfrac{u_{n1}-u_{n2}}{R_3}+\dfrac{u_{n1}-u_{s2}-u_{n3}}{R_2}=0 \\ \dfrac{u_{n2}}{R_4}+\dfrac{u_{n2}-u_{n3}}{R_5}=\dfrac{u_{n1}-u_{n2}}{R_3} \end{array}\right.$

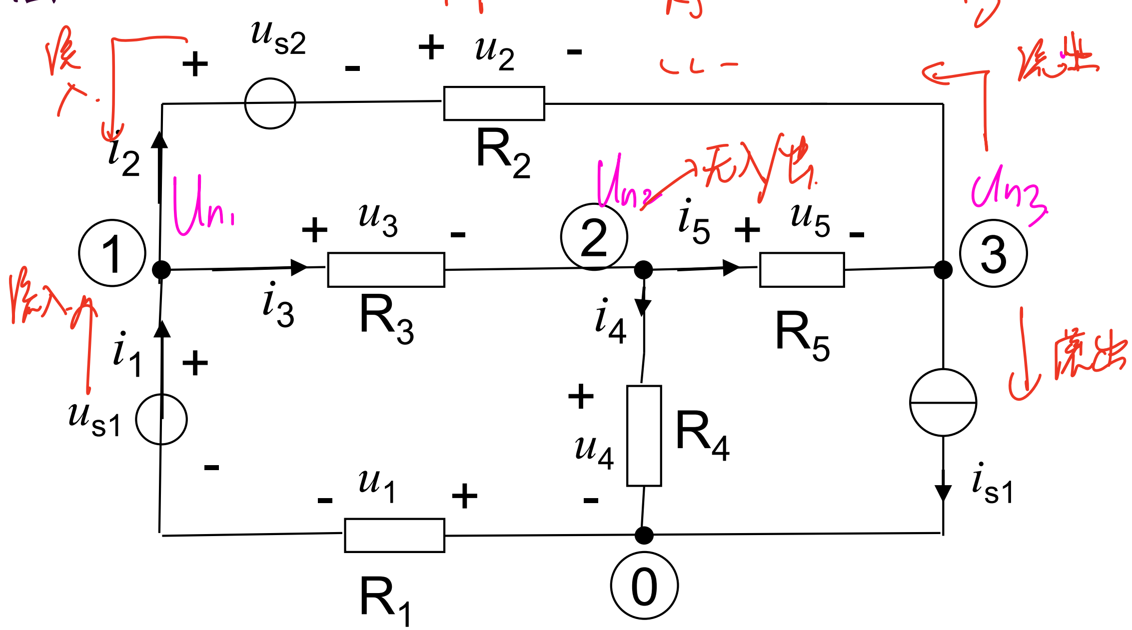
电压差

以结点电压为变量的电路分析方法。

结点1： $i_2 + i_3 - i_1 = 0$

结点2： $i_4 + i_5 - i_3 = 0$

结点3： $-i_2 - i_5 + i_{s1} = 0$



取结点0作为参考，结点1、2、3的结点电压为u_{n1}、u_{n2}、u_{n3}，代入上面的结点KCL方程：

$$① \quad \left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)u_{n1}-\frac{1}{R_3}u_{n2}-\frac{1}{R_2}u_{n3}=\frac{u_{s1}}{R_1}+\frac{u_{s2}}{R_2}$$

$$② \quad -\frac{1}{R_3}u_{n1}+\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}\right)u_{n2}-\frac{1}{R_5}u_{n3}=0$$

$$③ \quad -\frac{1}{R_2}u_{n1}-\frac{1}{R_5}u_{n2}+\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_5}\right)u_{n3}=-\frac{u_{s2}}{R_2}-i_{s1}$$

自导：结点所连接所有电导之和，总为正；

互导：两个独立结点之间的电导，总为负。

§ 3-6 结点电压法

结点电压方程的一般形式：

$$G_{11}u_{\mathrm{n}1}+G_{12}u_{\mathrm{n}2}+G_{13}u_{\mathrm{n}3}+\cdots+G_{1(n-1)}u_{\mathrm{n}(n-1)}=i_{\mathrm{S}11}$$

$$G_{21}u_{\mathrm{n}1}+G_{22}u_{\mathrm{n}2}+G_{23}u_{\mathrm{n}3}+\cdots+G_{2(n-1)}u_{\mathrm{n}(n-1)}=i_{\mathrm{S}22}$$

$$\cdots\cdots\ \cdots\ \cdots$$

$$G_{(n-1)1}u_{\mathrm{n}1}+G_{(n-1)2}u_{\mathrm{n}2}+G_{(n-1)3}u_{\mathrm{n}3}+\cdots+G_{(n-1)(n-1)}u_{\mathrm{n}(n-1)}=i_{\mathrm{S}(n-1)(n-1)}$$

下标n表示结点（node）

下标n（斜体的）表示第n个结点

双下标的电导G_{11}、G_{22}、G_{33}、$G_{(n-1)(n-1)}$是各结点的自导，总为正

不同下标的电导G_{12}、G_{13}、G_{21}是结点间的互导，总为负

等式右边$i_{\mathrm{S}11}$、$i_{\mathrm{S}22}$、$i_{\mathrm{S}(n-1)(n-1)}$是流向结点的电流源的代数和，流入取+，流出取-

§ 3-6 结点电压法

- 备注：

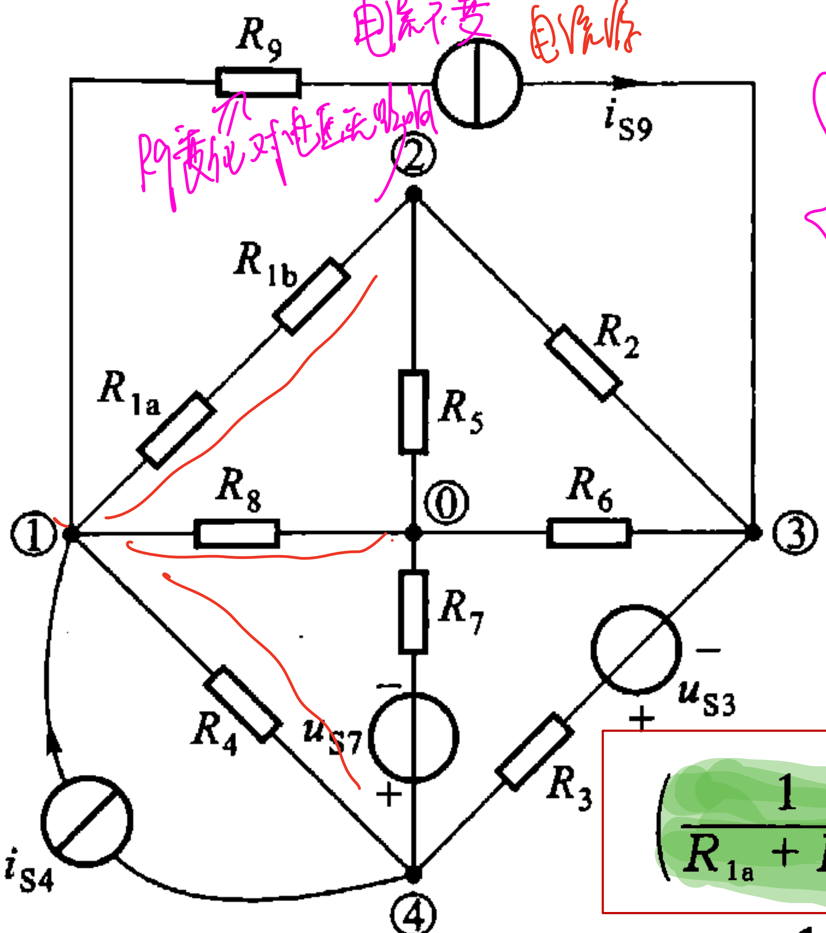
1、含无伴电压源支路的电路，应用结点法进行分析时，如果电压源的低电位端就是参考结点时，那么电压源另一端的结点电压就是电压源的值。

2、含无伴电压源支路的电路，应用结点法进行分析时，如果电压源的两端都不是参考结点时，增加电压源支路的电流作为附加变量，列入KCL方程，同时增加电压源支路两端结点电压与电压源电压的关系方程。

3、当电路中含有受控电源时，把它们按独立电源处理。

例 3－5 列出图 3－17 所示电路的结点电压方程。

解 指定参考结点，并对其他结点编号，设结点电压为 u_{n1}、u_{n2}、u_{n3} 与 u_{n4}。



① $\left(\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_8}\right)u_{n1}-\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}u_{n2}-\frac{1}{R_4}u_{n4}=-i_{S9}+i_{S4}$

② $-\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}u_{n1}+\left(\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_5}\right)u_{n2}-\frac{1}{R_2}u_{n3}=0$

③ $-\frac{1}{R_2}u_{n2}+\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_6}\right)u_{n3}-\frac{1}{R_3}u_{n4}=i_{S9}-\frac{u_{S3}}{R_3}$

④ $-\frac{1}{R_4}u_{n1}-\frac{1}{R_3}u_{n3}+\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_7}\right)u_{n4}=-i_{S4}+\frac{u_{S7}}{R_7}+\frac{u_{S3}}{R_3}$

$$\boxed{\left(\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_8}\right)u_{n1}}-\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}u_{n2}-\frac{1}{R_4}u_{n4}=i_{S4}-i_{S9}$$

$$-\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}u_{n1}+\left(\frac{1}{R_{1a}+R_{1b}}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_5}\right)u_{n2}-\frac{1}{R_2}u_{n3}=0$$

$$-\frac{1}{R_2}u_{n2}+\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_6}\right)u_{n3}-\frac{1}{R_3}u_{n4}=i_{S9}-\frac{u_{S3}}{R_3}$$

$$-\frac{1}{R_4}u_{n1}-\frac{1}{R_3}u_{n3}+\left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_7}\right)u_{n4}=-i_{S4}+\frac{u_{S7}}{R_7}+\frac{u_{S3}}{R_3}$$

例3-6

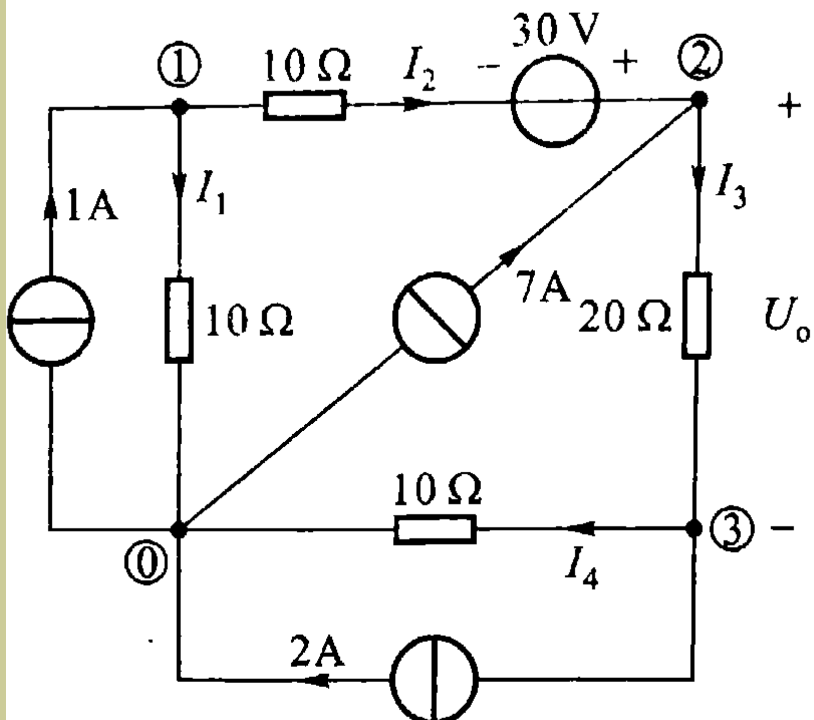


图 3－18　例 3－6 图

$$
\left.\begin{aligned}
&\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{10}\right)U_{n1}-\frac{1}{10}U_{n2}=1-\frac{30}{10}\\
&-\frac{1}{10}U_{n1}+\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{20}\right)U_{n2}-\frac{1}{20}U_{n3}=7+\frac{30}{10}\\
&-\frac{1}{20}U_{n2}+\left(\frac{1}{10}+\frac{1}{20}\right)U_{n3}=-2
\end{aligned}\right\}
$$

$$0.2U_{n1}-0.1U_{n2}=-2$$

$$-0.1U_{n1}+0.15U_{n2}-0.05U_{n3}=10$$

$$-0.05U_{n2}+0.15U_{n3}=-2$$

$$U_{n1}=40\ \text{V}$$

$$U_{n2}=100\ \text{V}$$

$$U_{n3}=20\ \text{V}$$

例3-7

例 3－7 图 3－19 所示电路中，u_{S1} 为无伴电压源的电压。试列出此电路的结点电压方程。

解 设无伴电压源支路的电流为 i，电路的结点电压方程为

$$(G_1+G_3)u_{n1}-i-G_3u_{n2}=0$$

$$-G_3u_{n1}+(G_2+G_3)u_{n2}=i_{S2}$$

补充的约束关系为

$$u_{n1}=u_{S1}$$

由上列 3 个方程，可以联立解得 u_{n1}、u_{n2} 和 i。

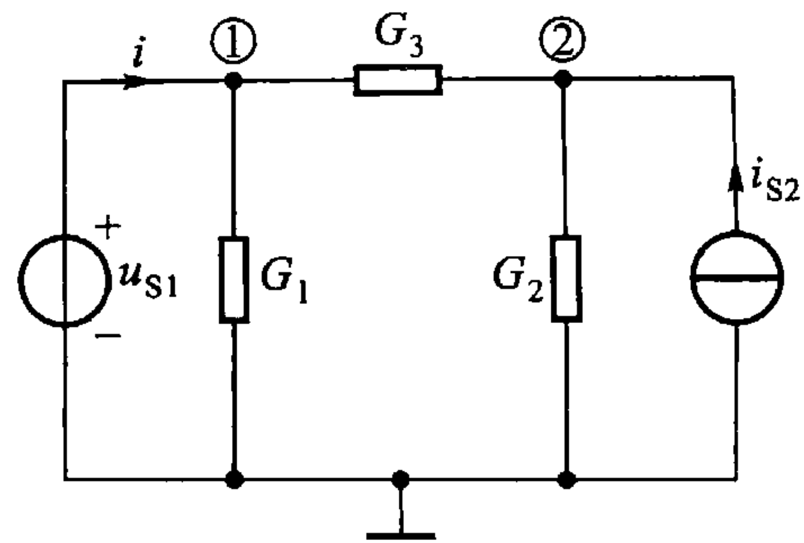


图 3－19 例 3－7 图

例 3－8 图 3－20 电路中独立源与 CCVS 都是无伴电压源。试列出其结点电压方程。

解 选择参考结点及标明独立结点，结点电压分别为 U_{n1}、U_{n2}、U_{n3}。独立电压源一端为参考结点，故结点①不列方程；对 CCVS 两端作包含结点②与③的封闭面 S，对 S 列 KCL 方程为

$$\frac{U_{n2}-U_{n1}}{R_1}+\frac{U_{n2}}{R_2}-g_m U+\frac{U_{n3}}{R_3}=0$$

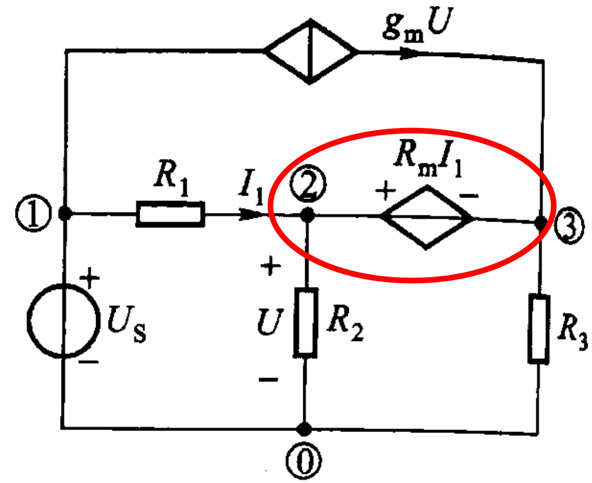


图 3－20 例 3－8 图

附加方程

$$U_{n1}=U_S$$

$$U_{n2}-U_{n3}=R_m I_1$$

其中控制量 U 与 I_1 可以结点电压来表示，即

$$U=U_{n2}$$

$$I_1=\frac{U_{n1}-U_{n2}}{R_1}$$

经整理可得 3 变量方程组

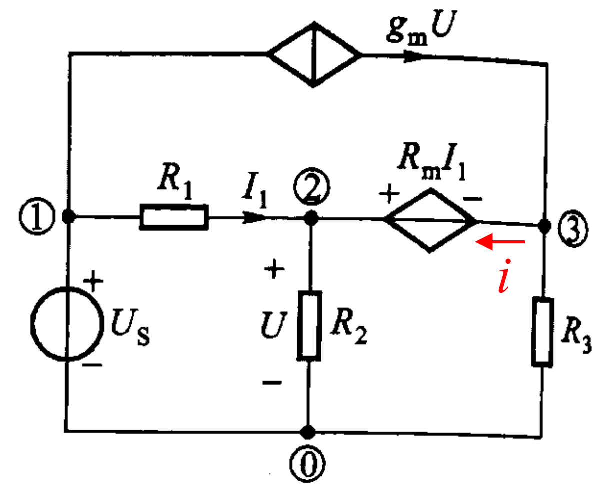
$$-\frac{1}{R_1}U_{n1}+\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}-g_m\right)U_{n2}+\frac{1}{R_3}U_{n3}=0$$

$$U_{n1}=U_S$$

$$-\frac{R_m}{R_1}U_{n1}+\left(1+\frac{R_m}{R_1}\right)U_{n2}-U_{n3}=0$$

例3-8

- 方法二（结点电压法）：



结点1：$u_{n1} = U_S$ (1)

结点2：$-\frac{1}{R_1}u_{n1} + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)u_{n2} = i$ (2)

结点3：$\frac{1}{R_3}u_{n3} = g_mU - i$ (3)

附加 $U = u_{n2}$ (4)

$u_{n2} - u_{n3} = R_mI_1 = R_m\frac{u_{n1}-u_{n2}}{R_1}$ （结点2、3之间的电压关系） (5)

将(3)和(4)带入(2)，得 $-\frac{1}{R_1}u_{n1} + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} - g_m\right)u_{n2} + \frac{1}{R_3}u_{n3} = 0$

由(5)，得 $-\frac{R_m}{R_1}u_{n1} + \left(1 + \frac{R_m}{R_1}\right)u_{n2} - u_{n3} = 0$

课后作业

- P76
  - 3-5
  - 3-7
  - 3-8
  - 3-12
  - 3-14
  - 3-18
  - 3-23