

第三章 电阻电路的一般分析

§ 3-1 电路的图

§ 3-2 KCL和KVL的独立方程数

§ 3-3 支路电流法

§ 3-4 网孔电流法

§ 3-5 回路电流法

§ 3-6 结点电压法

本章重点:

1. 回路分析法

2. 结点分析法

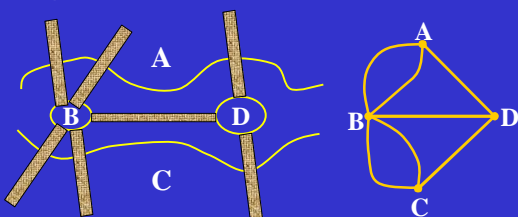
THE END

HOME

BACK

§ 3-1 电路的图

网络图论: 图论是拓扑学的一个分支, 是富有趣味和应用极为广泛的一门学科。
拓扑图



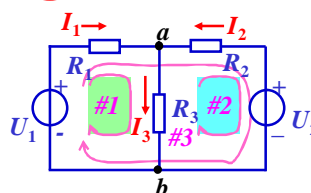
哥尼斯堡七桥难题

HOME

NEXT

名词注释:
 支路: 通过同一电流的分支
 结点: 三个及以上元件的联结点
 回路: 支路组成的闭合路径

例



支路: 共3条

结点: a、b
(共2个)

回路: 共3个

网孔: 共2个

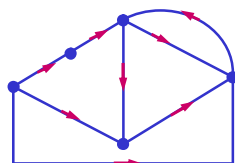
HOME

BACK

NEXT

图G
(Graph):
拓扑图

一个元件作
为一条支路



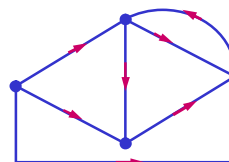
5个结点, 8条支路
有向图

HOME

BACK

NEXT

把串联元件看
成一条支路

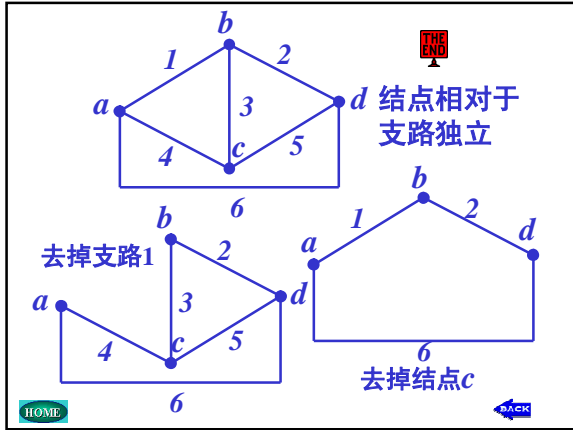
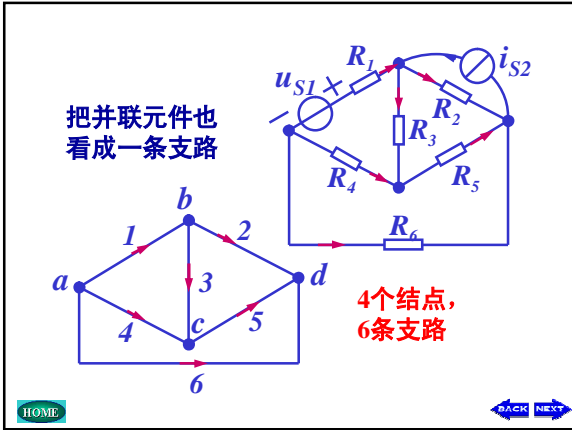


4个结点, 7条支路

HOME

BACK

NEXT



§ 3-2 KCL和KVL的独立方程数

1. KCL的独立方程数

3个独立

$$i_1 - i_4 - i_6 = 0$$

$$-i_1 - i_2 + i_3 = 0$$

$$i_2 + i_5 + i_6 = 0$$

$$-i_3 + i_4 - i_5 = 0$$

具有n个结点的电路, 独立结点数 = $n-1$ 。

HOME BACK NEXT

2. KVL的独立方程数

概念

连通图和非连通图

子图

HOME BACK NEXT

概念 回路

(1, 5, 8)

(2, 5, 6)

(1, 2, 3, 4)

(3, 4, 6, 8)

(1, 2, 3, 7, 8)

(1, 5, 6, 3, 4)

HOME BACK NEXT

概念

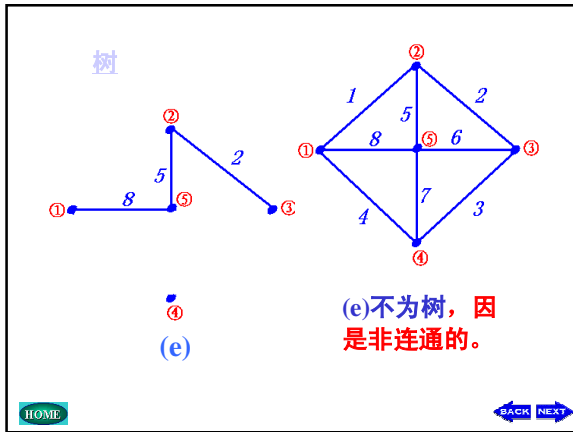
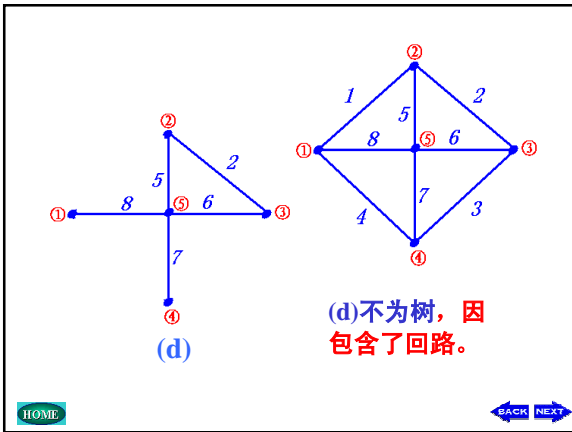
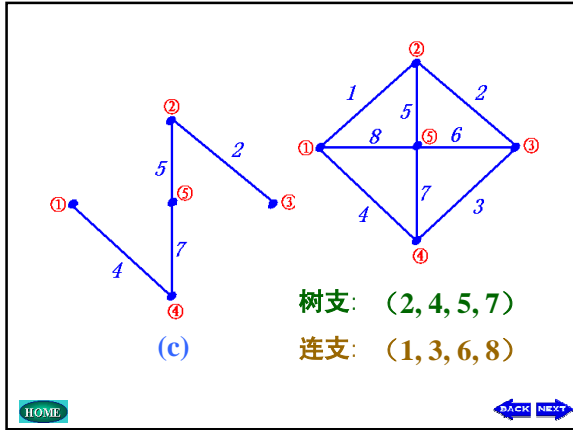
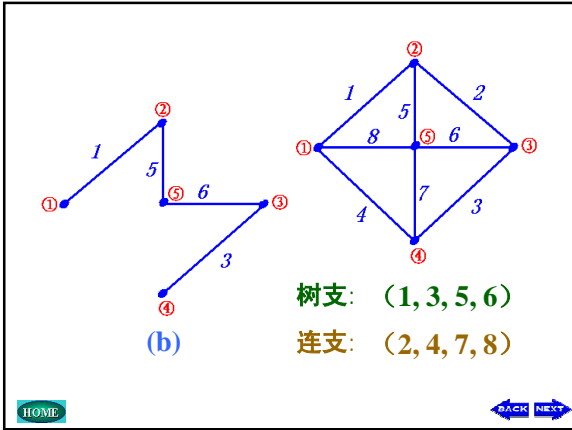
树: 含原图中所有结点但不包含回路的连通子图

树枝: (5, 6, 7, 8)

连支: (1, 2, 3, 4)

(a)

HOME BACK NEXT



树枝数的确定
任意两结点有且只有一条路径相连

结点数	树枝数
2	1
3	2
4	3
5	4
...	...
n	$n-1$

连支数目: $b - n + 1$

概念 对于G的任意一个树, 加入一个连支后, 就会形成单连支回路或基本回路。

基本回路

对(a)图取支路 (1, 4, 5) 为树, 其相应的连支为 (2, 3, 6)。对应于这一树的基本回路是 (1, 3, 5)、(1, 2, 4, 5) 和 (4, 5, 6)。

KVL独立方程数

基本回路组是独立回路组。对于一个结点数
为 n ，支路数为 b 的连通图，其独立回路数

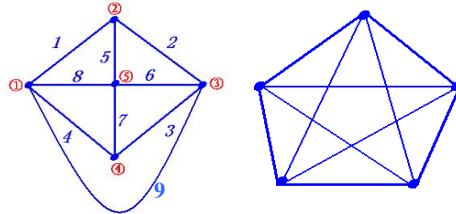
$$l = b - (n - 1) = b - n + 1$$

平面图网孔数也就是独立回路数。

HOME

BACK NEXT

平面图：把一个图画在平面上，能够使它的各条支路除连接的结点外不再交叉，这样的图称为平面图。否则称**非平面图**。



平面图

非平面图

HOME

BACK NEXT

结 论

设：电路中有 n 个节点， b 条支路

则：独立的节点电流方程有 $(n - 1)$ 个

独立的回路电压方程有 $(b - n + 1)$ 个



HOME

BACK

§ 3-3 支路电流法

电路方程法的基本思路：

- 1、选择适合的变量为待求的未知量。
- 2、按规律列出方程组，个数为未知量的个数。
- 3、求解方程组得到未知量的值。
- 4、求出电路中的其余变量。

HOME

NEXT

支路电流法

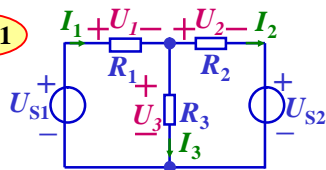
未知量：各支路电流

$n - 1$ 个KCL方程

2b法： $b - n + 1$ 个KVL方程 实列 b 个方程

b 个VCR方程

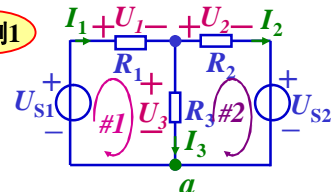
补例1



HOME

BACK NEXT

补例1



KCL: $I_1 - I_2 - I_3 = 0$

KVL: $R_1 I_1 + R_3 I_3 = U_{S1}$

$R_2 I_2 - R_3 I_3 = -U_{S2}$

HOME

BACK NEXT

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad I_1 = \frac{D_1}{D} \quad I_2 = \frac{D_2}{D}$$

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = U_{S1}$$

$$R_2 I_2 - R_3 I_3 = -U_{S2} \quad I_3 = \frac{D_3}{D}$$

$$D = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 \\ R_1 & 0 & R_3 \\ 0 & R_2 & -R_3 \end{vmatrix} \quad D_1 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & -1 \\ U_{S1} & 0 & R_3 \\ -U_{S2} & R_2 & -R_3 \end{vmatrix}$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ R_1 & U_{S1} & R_3 \\ 0 & -U_{S2} & -R_3 \end{vmatrix} \quad D_3 = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 \\ R_1 & 0 & U_{S1} \\ 0 & R_2 & -U_{S2} \end{vmatrix}$$

HOME BACK NEXT

先把受控源看成独立源列方程，再补充控制量和未知量的关系式

KCL:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$
KVL:

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = U_{S1}$$

$$R_2 I_2 - R_3 I_3 = -rU_1$$

补充:

$$U_1 = R_1 I_1$$

HOME BACK NEXT

补例2 求: i 和独立电压源供出的功率 P

解: 电路中有一个电流源, 支路电流法的未知量就减少一个。

列KVL方程:

$$2(i-1) + 2i + 3(i-4) + (i-2) + 2(i+2) = 8$$

解得: $i = 2A$

电压源供出的功率为: $P = 8 * (i-2) = 0$

HOME BACK NEXT

§ 3-4 网孔电流法
§ 3-5 回路电流法

电路方程法的基本思路:

- 1、选择适合的变量为待求的未知量。
- 2、按规律列出方程组, 个数为未知量的个数。
- 3、求解方程组得到未知量的值。
- 4、其它分析。

HOME BACK NEXT

网孔电流法
回路电流法

相似点:
未知量都是在回路中连续流动的假想电流

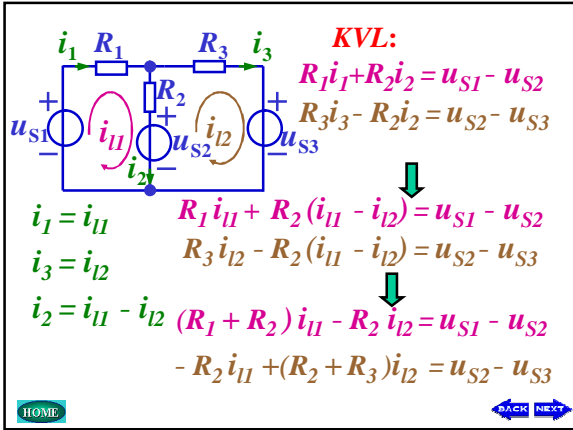
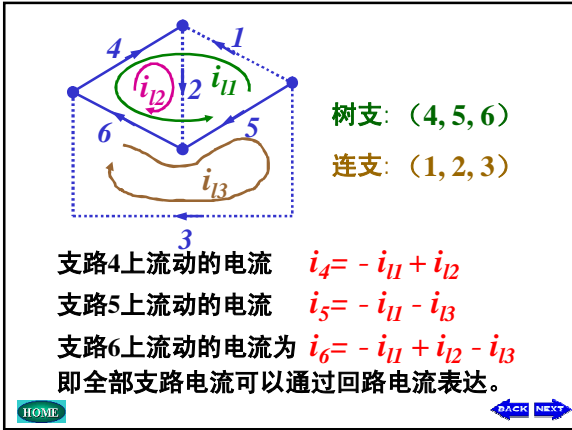
不同点:
网孔电流法方程针对网孔列写, 仅适用于平面电路; 而回路电流法方程针对独立回路列写, 还可应用于非平面电路。

HOME BACK NEXT

树枝: (4, 5, 6)
连支: (1, 2, 3)

把连支电流 i_1 、 i_2 、 i_3 分别作为各自单连支回路中流动的假想回路电流 i_{11} 、 i_{12} 、 i_{13} 。

HOME BACK NEXT



b 条支路、 n 个结点，独立回路数 $l = b - (n - 1) = b - n + 1$ ，回路电流方程的一般表达式为：

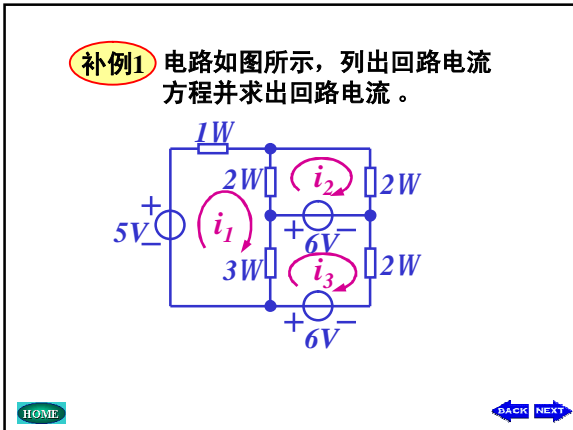
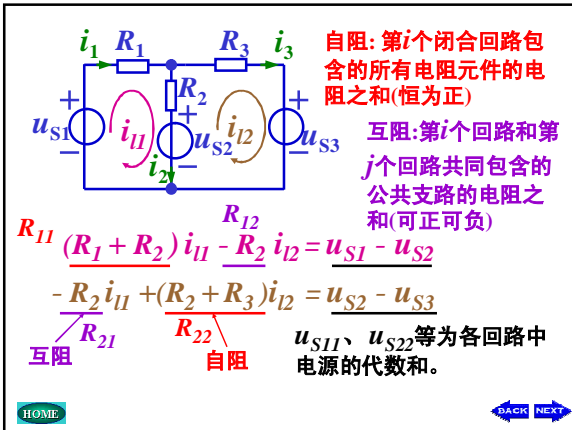
$$\begin{cases} R_{11} i_{l1} + R_{12} i_{l2} + R_{13} i_{l3} + \dots + R_{1l} i_{ll} = u_{s11} \\ R_{21} i_{l1} + R_{22} i_{l2} + R_{23} i_{l3} + \dots + R_{2l} i_{ll} = u_{s22} \\ \dots \\ R_{l1} i_{l1} + R_{l2} i_{l2} + R_{l3} i_{l3} + \dots + R_{ll} i_{ll} = u_{sll} \end{cases}$$

网孔电流方程只需把所有的下标 l (loop) 改成 m (mesh)

自阻，第 i 个闭合回路包含的所有电阻元件的电阻之和(恒为正)
互阻，第 i 个回路和第 j 个回路共同包含的公共支路的电阻之和(可正可负)

R_{ij} $\begin{cases} i = j: \\ i \neq j: \end{cases}$

u_{S11}, u_{S22} 等为各回路中电压源的代数和。



$R_{11} = 1 + 2 + 3 = 6W$
 $R_{22} = 2 + 2 = 4W$
 $R_{33} = 3 + 2 = 5W$

$\begin{cases} \dot{i} R_{11}i_1 + R_{12}i_2 + R_{13}i_3 = u_{S11} \\ \dot{i} R_{21}i_1 + R_{22}i_2 + R_{23}i_3 = u_{S22} \\ \dot{i} R_{31}i_1 + R_{32}i_2 + R_{33}i_3 = u_{S33} \end{cases}$

HOME BACK NEXT

$R_{12} = R_{21} = -2W$
 $R_{13} = R_{31} = -3W$
 $R_{23} = R_{32} = 0$

$\begin{cases} \dot{i} R_{11}i_1 + R_{12}i_2 + R_{13}i_3 = u_{S11} \\ \dot{i} R_{21}i_1 + R_{22}i_2 + R_{23}i_3 = u_{S22} \\ \dot{i} R_{31}i_1 + R_{32}i_2 + R_{33}i_3 = u_{S33} \end{cases}$

HOME BACK NEXT

$u_{S11} = 5V$
 $u_{S22} = 6V$
 $u_{S33} = 6 - 6 = 0$

$\begin{cases} \dot{i} R_{11}i_1 + R_{12}i_2 + R_{13}i_3 = u_{S11} \\ \dot{i} R_{21}i_1 + R_{22}i_2 + R_{23}i_3 = u_{S22} \\ \dot{i} R_{31}i_1 + R_{32}i_2 + R_{33}i_3 = u_{S33} \end{cases}$

HOME BACK NEXT

解得:

$\begin{cases} \dot{i} 6i_1 - 2i_2 - 3i_3 = 5 \\ \dot{i} - 2i_1 + 4i_2 = 6 \\ \dot{i} - 3i_1 + 5i_3 = 0 \end{cases}$

$i_1 = 2.5A,$
 $i_2 = 2.75A,$
 $i_3 = 1.5A$

HOME BACK NEXT

补例2 电路如图所示，用回路电流法求 U 和 I 。

HOME BACK NEXT

解：电路中**包含**电流源时，有两种选择回路的方法，第一种是直接选取网孔作为独立回路

补充： $i_1 - i_3 = 7A$

$\begin{cases} \dot{i} 3i_1 - i_2 - 2i_3 = 7 - U \\ \dot{i} - i_1 + 6i_2 - 3i_3 = 0 \\ \dot{i} - 2i_1 - 3i_2 + 6i_3 = U \end{cases}$

$i_1 = 9A, i_2 = 2.5A,$
 $i_3 = 2A, U = -13.5V,$
 $I = i_1 = 9A。$

HOME BACK NEXT

第二种是使电流源只包含在一个独立回路之内，该回路电流就是电流源的电流。

$$\begin{aligned} \dot{i}_1 &= 7 & U &= 1 \cdot (i_2 - i_1) + 7 - 2 \cdot 7 \\ \dot{i}_1 - i_1 + 6i_2 + 2i_3 &= 0 & &= -135V \\ \dot{i}_1 2i_2 + 3i_3 &= 7 & I &= i_1 + i_3 = 9A \end{aligned}$$

解得: $i_1 = 7A, i_2 = 0.5A, i_3 = 2A$

HOME BACK NEXT

补例3 !!! 先把受控源看成独立源列方程，再补充控制量和未知量的关系式

解

$$\begin{aligned} (R_S + R_1 + R_4)i_1 - R_1i_2 - R_4i_3 &= U_S \\ -R_1i_1 + (R_1 + R_2)i_2 &= 5U \\ -R_4i_1 + (R_3 + R_4)i_3 &= -5U \end{aligned}$$

补充: $U = R_3i_3$

HOME BACK NEXT

补例4 列写回路方程 解 $i_1 = i_S$

$$\begin{aligned} R_1i_1 + (R_1 + R_2 + R_4)i_2 + R_4i_3 &= -mU_1 \\ -R_3i_1 + R_4i_2 + (R_3 + R_4 + R_5)i_3 - R_5i_4 &= 0 \end{aligned}$$

$$i_4 = gU_1$$

补充: $U_1 = -R_1(i_1 + i_2)$

HOME BACK NEXT

注意

回路（网孔）电流法：含电流源，含受控源，选择独立回路。

THE END

HOME BACK