

例5 图示电路， $u_1 = 2V$ ，求电阻R和电流i的值。

$$(5 + 2 + 5)i_{m1} - 2i_{m2} - 5i_{m3} = 13$$

$$-2i_{m1} + 6i_{m2} = -5u_1 = -10$$

$$-5i_{m1} + (5 + R)i_{m3} = 5u_1 = 10$$

$$u_1 = 2(i_{m1} - i_{m2}) = 2$$

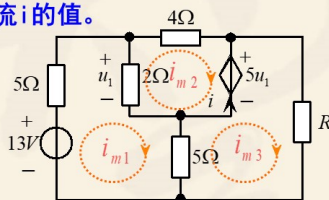
$$i_{m1} = -1A$$

$$i_{m2} = -2A$$

$$i_{m3} = 1A$$

$$R = 0$$

$$i = i_{m3} - i_{m2} = 3A$$



21

### 3.3 节点法

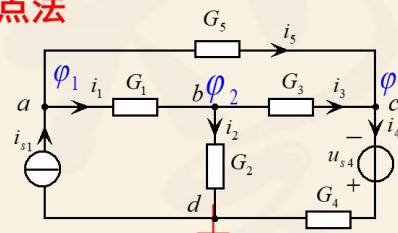
节点电位（节点电压）：

选择电路中的某个节点作为参考节点，其余节点相对参考节点的电压。通常用  $V$  表示，其参考方向为独立节点处为节点电位的参考“+”极。

节点电位具有相对性

支路电压具有绝对性

以节点电位为待求变量，根据KCL和支路伏安关系来分析电路的方法，称之为节点电位法或节点电压法，简称节点法。



若节点电位已知，则各支路电压即可求得

$$u_{ad} = \phi_1$$

$$u_{bd} = \phi_2$$

$$u_{cd} = \phi_3$$

$$u_{ab} = \phi_1 - \phi_2$$

$$u_{bc} = \phi_2 - \phi_3$$

$$u_{ac} = \phi_1 - \phi_3$$

22

对外网孔回路，可列出KVL方程

$$u_{ac} + u_{cd} - u_{ad} = 0$$

$$\phi_1 - \phi_3 + \phi_3 - \phi_1 = 0$$

为一恒等式。指各独立节点电位之间不受约束，彼此独立，不能互求。

节点a:  $i_1 + i_5 = i_{s1}$

节点b:  $-i_1 + i_2 + i_3 = 0$

节点c:  $-i_3 + i_4 - i_5 = 0$

将支路电流用节点电位表示，有

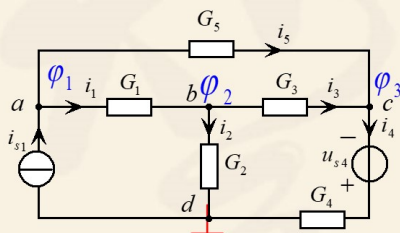
$$i_1 = G_1(\phi_1 - \phi_2)$$

$$i_2 = G_2\phi_2$$

$$i_3 = G_3(\phi_2 - \phi_3)$$

$$i_4 = G_4(\phi_3 + u_{s4})$$

$$i_5 = G_5(\phi_1 - \phi_3)$$



23

节点方程

$$G_{11}\phi_1 + G_{12}\phi_2 + G_{13}\phi_3 = i_{s11}$$

$$G_{21}\phi_1 + G_{22}\phi_2 + G_{23}\phi_3 = i_{s22}$$

$$G_{31}\phi_1 + G_{32}\phi_2 + G_{33}\phi_3 = i_{s33}$$

$$(G_1 + G_5)\phi_1 - G_1\phi_2 - G_5\phi_3 = i_{s1}$$

自电导

互电导

互电导

流入节点电流源电流代数和

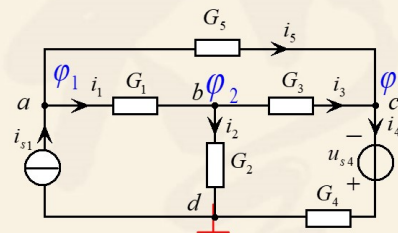
$$-G_1\phi_1 + (G_1 + G_2 + G_3)\phi_2 - G_3\phi_3 = 0$$

$$-G_5\phi_1 - G_3\phi_2 + (G_3 + G_4 + G_5)\phi_3 = -u_{s4}G_4$$

自电导为正值

互电导为负值

求得节点电位，即可求得各支路电压，再根据支路的伏安关系可求出支路电流。



24

## 节点法的解题步骤

节点法的理论依据：KCL、VAR

节点方程的个数：  $n-1$

节点法的一般步骤：

- (1) 画出电路图。
- (2) 选参考节点，并设定各独立节点电位的大小和正负极性。一般都是取各独立节点为“+”极端，参考节点为“-”极端。
- (3) 列写  $n-1$  个节点方程。
- (4) 求解，即可得各独立节点电位。
- (5) 根据所求得独立节点电位，即可求出各支路电压和支路电流。

25

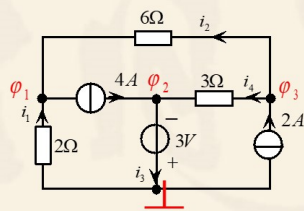
节点法对平面电路与非平面电路均适用。

节点法的理论依据是KCL及支路的伏安关系。

如果电路含有受控源，则与独立源同样处理，将控制变量用待求的节点电位表示，作为辅助方程。

26

例1 求支路电流  $i_1, i_2, i_3, i_4$ 。



节点电位法

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{6}\right)\phi_1 - \frac{1}{6}\phi_3 &= -4 \\ \phi_2 &= -3V \\ -\frac{1}{6}\phi_1 - \frac{1}{3}\phi_2 + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6}\right)\phi_3 &= 2 \end{aligned} \right\}$$

$$i_1 = -\frac{\phi_1}{2}, i_2 = \frac{\phi_3 - \phi_1}{6}$$

$$i_4 = \frac{\phi_3 - \phi_2}{3}$$

$$i_3 = i_4 + 4$$

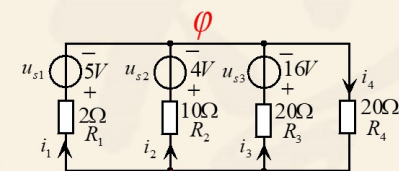
$$i_1 = 3A, i_2 = 1A, i_3 = 5A, i_4 = 1A$$

27

例2 . 求图示电路的各支路电流。

解：

该电路的特点是只有两个节点，用节点法求解最为方便，设独立节点的电位



$$\phi = 3V$$

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)\phi = -\frac{u_{s1}}{R_1} - \frac{u_{s2}}{R_2} - \frac{u_{s3}}{R_3} - \frac{0}{R_4}$$

$$\phi = \frac{\sum_{k=1}^4 \frac{u_{sk}}{R_k}}{\sum_{k=1}^4 \frac{1}{R_k}} \quad (\text{弥尔曼定理})$$

$$i_1 = \frac{u_{s1} - \phi}{R_1} = \frac{5 - 3}{2} = 1A$$

$$i_2 = \frac{u_{s2} - \phi}{R_2} = \frac{4 - 3}{10} = 0.1A$$

$$i_3 = \frac{-u_{s3} - \phi}{R_3} = \frac{-16 - 3}{20} = -\frac{19}{20}A$$

$$i_4 = \frac{\phi}{R_4} = \frac{3}{20}A$$

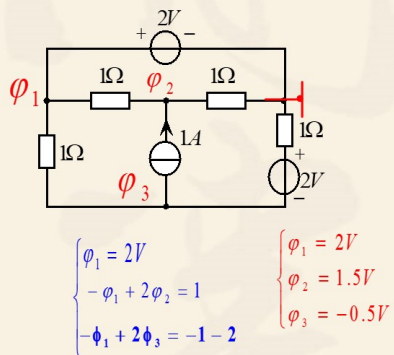
28



例3 图示电路，用节点法求各独立节点电位。

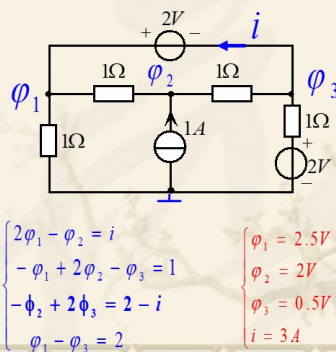
解法1:

选择理想电压源的一端为参考节点。



解法2:

设流过理想电压源的电流



29

## 节点法的应用 (含受控源)

30

例4 图示电路，用节点法求受控源发出的功率。

解:

$$\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{3}\right)\varphi = 4 + \frac{1}{2}u$$

$$u = \frac{1}{1+2}\varphi \quad (\text{辅助方程})$$

$$\varphi = 12V, u = 4V$$

故受控源发出的功率:

$$P = \frac{1}{2}u\varphi = 24W$$

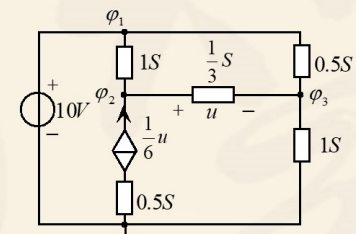
31

例5 求图示电路的节点电位。

解:

本题的特点:

含有理想电压源支路; 含有受控的电流源支路。

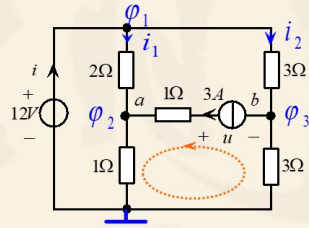


$$\begin{cases} \varphi_1 = 10V \\ -\varphi_1 + (1 + \frac{1}{3})\varphi_2 - \frac{1}{3}\varphi_3 = \frac{1}{6}u \\ -0.5\varphi_1 - \frac{1}{3}\varphi_2 + (0.5 + \frac{1}{3} + 1)\varphi_3 = 0 \\ \varphi_2 - \varphi_3 = u \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varphi_1 = 4.8V \\ \varphi_2 = 9.2V \\ \varphi_3 = 4.4V \\ u = 4.8V \end{cases}$$

32

例6 求图示电路中电流*i*，电压*u*及ab支路吸收的功率*P*。



解：

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= 12V \\ -\frac{1}{2}\varphi_1 + \left(\frac{1}{2} + 1\right)\varphi_2 &= 3 \\ -\frac{1}{3}\varphi_1 + \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)\varphi_3 &= -3 \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 12V \\ \varphi_2 &= 6V \\ \varphi_3 &= 1.5V \end{aligned}$$

$$i_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = 3A$$

$$i_2 = \frac{\varphi_1 - \varphi_3}{3} = 3.5A$$

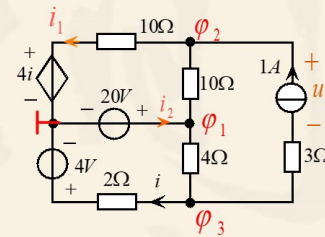
$$u = 3 \times 1 + \varphi_2 - \varphi_3 = -1.5V$$

$$P_{ab} = -3u_{ab} = -3(\varphi_2 - \varphi_3) = -13.5W$$

$$i = i_1 + i_2 = 6.5A$$

33

例7 求图示电路中各个独立源发出的功率及受控源吸收的功率。



$$\varphi_1 = 20V$$

$$\left. \begin{aligned} -\frac{1}{10}\varphi_1 + \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{10}\right)\varphi_2 &= 1 + \frac{4i}{10} \\ -\frac{1}{4}\varphi_1 + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)\varphi_3 &= -1 + \frac{4}{2} \end{aligned} \right\}$$

$$\varphi_3 = 2i + 4$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &= 20V \\ \varphi_2 &= 19V \\ \varphi_3 &= 8V \\ i &= 2A \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} i_1 &= \frac{\varphi_2 - 4i}{10} = 1.1A \\ i_2 &= i + i_1 = 3.1A \\ u_0 &= \varphi_2 - \varphi_3 + 3 \times 1 = 14V \end{aligned}$$

$$P_{4V} = -4i = -8W$$

$$P_{20V} = 20i_2 = 62W$$

$$P_{1A} = 1 \times u_0 = 14W$$

$$P_{4I} = 4i \times i_1 = 8.8W$$

34

## 主要内容

### 1 网孔法：

待求量：网孔回路电流

依据：KVL、VAR

方程数=内网孔数

特点：方程数目较少

适用：线性平面电路

### 2 节点法：

待求量：节点电位

依据：KCL、VAR

方程数=独立节点数

特点：方程数目较少

适用：线性电路

### 3 支路电流法：

待求量：支路电流

依据：KCL、KVL、VAR

方程数=支路数

特点：待求量物理意义清楚、概念明确；方程数目多。  
适宜计算机辅助分析求解。

适用：集中参数电路  
(线性、非线性；时变、时不变；  
具有耦合元件电路等)。

35