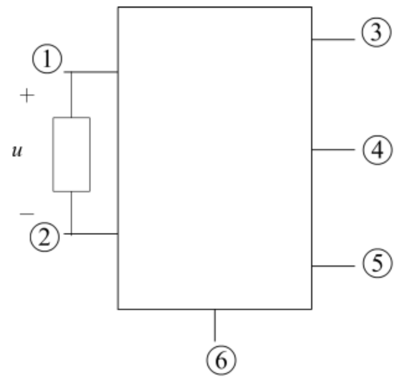
3-2 结点电压法

1、结点电压法

以结点电压为独立变量列写电路方程的分析方法。

结点电压:任意选择某一结点为参考结点,

其他结点为独立结点。



结点电压：独立结点与参考结点之间的电压。

参考极性：以独立结点为正。参考结点为负。

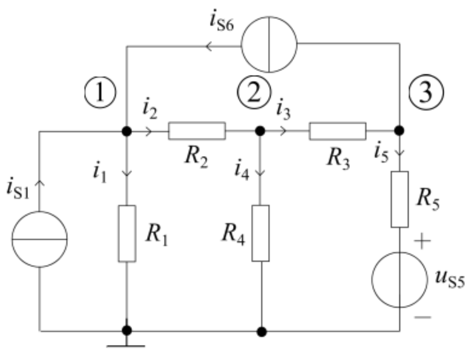
由KVL可知,支路电压就是两个结点电压之差。

$$u = u_{n1} - u_{n2}$$

所有的支路电压都可用结点电压表示。KVL 自动满足。

支路电流可用结点电压来表示。

结点电压法：以结点电压为独立变量，列写独立结点的KCL方程，共有（*n*-1）个独立方程，称为结点电压方程。



$G_{12} = G_{21} = -G_2$ 结点1 与结点2之间的互电导。

$G_{23} = G_{32} = -G_3$ 结点2与结点3之间的互电导。

互电导为两结点之间所有支路的电导之和，总为负值。

$i_{Sn1} = i_{S1} + i_{S6}$ 流入结点1的电流源电流的代数和。

$i_{Sn3} = -i_{S6} + \dfrac{U_{S5}}{R_5}$ 流入结点3的电流源电流的代数和。

$$G_{11}u_{n1} + G_{12}u_{n2} + G_{13}u_{n3} = i_{Sn1}$$

$$G_{21}u_{n1} + G_{22}u_{n2} + G_{23}u_{n3} = i_{Sn2}$$

$$G_{31}u_{n1} + G_{32}u_{n2} + G_{33}u_{n3} = i_{Sn3}$$

流入结点电流源电流前取正号

流出结点电流源电流前取负号

$G_{11} = G_1 + G_{12}$ 结点1的自电导

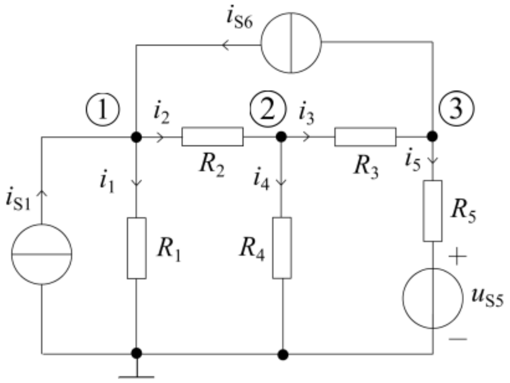
$G_{22} = G_2 + G_3 + G_4$ 结点2 的自电导

$G_{33} = G_3 + G_5$ 结点3的自电导

求出结点电压后，可求得支路电压。

支路电流可用结点电压求出。

2、 结点电压方程的列写



把支路电流用结点电压表示

$$\frac{u_{n1}}{R_1}+\frac{u_{n1}-u_{n2}}{R_2}=i_{S1}+i_{S6}$$

$$-\frac{u_{n1}-u_{n2}}{R_2}+\frac{u_{n2}-u_{n3}}{R_3}+\frac{u_{n2}}{R_4}=0$$

$$-\frac{u_{n2}-u_{n3}}{R_3}+\boxed{\frac{u_{n3}-u_{S5}}{R_5}}=-i_{S6}$$

① 选定参考结点，标明（n-1）个独立结点编号。

将方程整理得

② 列KCL方程：

$$i_1+i_2=i_{S1}+i_{S6}$$

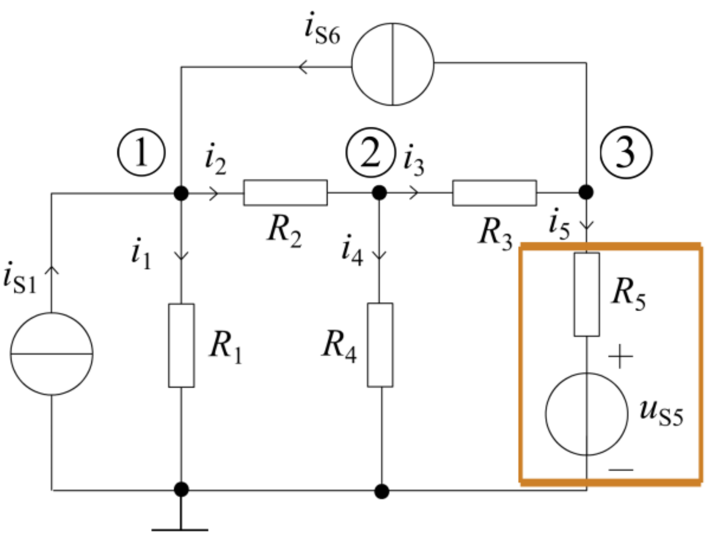
$$-i_2+i_3+i_4=0$$

$$-i_3+i_5=-i_{S6}$$

$$(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2})u_{n1}-\frac{1}{R_2}u_{n2}=i_{S1}+i_{S6}$$

$$-\frac{1}{R_2}u_{n1}+(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4})u_{n2}-\frac{1}{R_3}u_{n3}=0$$

$$-\frac{1}{R_3}u_{n2}+(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_5})u_{n3}=-i_{S6}+\frac{1}{R_5}u_{S5}$$



$$(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2})u_{n1}-\frac{1}{R_2}u_{n2}=i_{S1}+i_{S6}$$

$$-\frac{1}{R_2}u_{n1}+(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4})u_{n2}-\frac{1}{R_3}u_{n3}=0$$

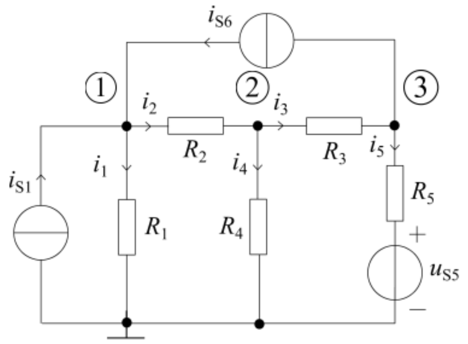
$$-\frac{1}{R_3}u_{n2}+(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_5})u_{n3}=-i_{S6}+\boxed{\frac{1}{R_5}u_{S5}}$$

令$G_K=1/R_K$，K=1,2,3……. 上式简记为：

$$G_{11}u_{n1}+G_{12}u_{n2}+G_{13}u_{n3}=i_{Sn1}$$

$$G_{21}u_{n1}+G_{22}u_{n2}+G_{23}u_{n3}=i_{Sn2}$$

$$G_{31}u_{n1}+G_{32}u_{n2}+G_{33}u_{n3}=i_{Sn3}$$



$G_{12}=G_{21}=-G_2$ 结点1 与结点2之间的互电导。

$G_{23}=G_{32}=-G_3$ 结点2与结点3之间的互电导。

互电导为两结点之间所有支路的电导之和，总为负值。

$i_{Sn1}=i_{S1}+i_{S6}$ 流入结点1的电流源电流的代数和。

$i_{Sn3}=-i_{S6}+\dfrac{U_{S5}}{R_5}$ 流入结点3的电流源电流的代数和。

$$G_{11}u_{n1}+G_{12}u_{n2}+G_{13}u_{n3}=i_{Sn1}$$

$$G_{21}u_{n1}+G_{22}u_{n2}+G_{23}u_{n3}=i_{Sn2}$$

$$G_{31}u_{n1}+G_{32}u_{n2}+G_{33}u_{n3}=i_{Sn3}$$

流入结点电流源电流前取正号

流出结点电流源电流前取负号

$G_{11}=G_1+G_2$ 结点1的自电导

$G_{22}=G_2+G_3+G_4$ 结点2 的自电导

$G_{33}=G_3+G_5$ 结点3的自电导

求出结点电压后，可求得支路电压。

支路电流可用结点电压求出。

所以，自电导等于接在该结点上所有支路的电导之和。自导总为正。

结点电压法的一般步骤：

1、选定参考结点，标定(*n*-1)个独立结点编号。

2、对(*n*-1)个独立结点，以结点电压为独立变量，列结点电压方程。

3、求解结点电压方程，得到(*n*-1)个结点电压。

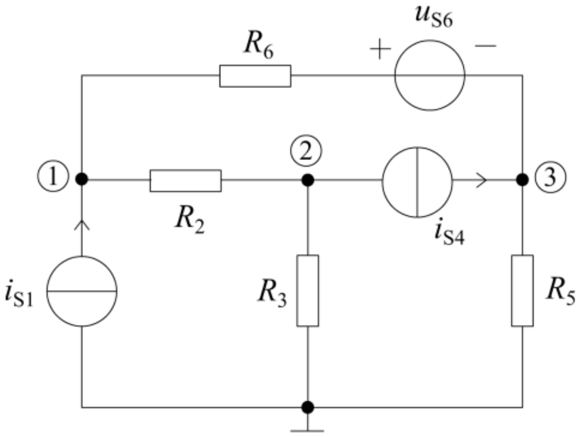
4、通过结点电压求各支路电流。

5、其他分析。

其中步骤1和2是关键。

结点电压方程是KCL方程。

例：



结点1：

$$(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_6})u_{n1}\boxed{-\frac{1}{R_2}}u_{n2}-\frac{1}{R_6}u_{n3}=i_{S1}+\frac{U_{S6}}{R_6}$$

结点2：

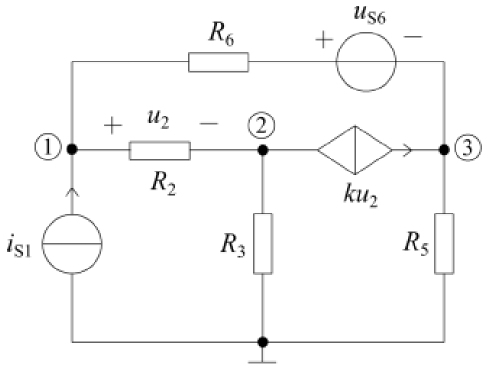
$$\boxed{-\frac{1}{R_2}}u_{n1}+(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3})u_{n2}=-i_{S4}$$

结点3：

$$-\frac{1}{R_6}u_{n1}+(\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_6})u_{n3}=i_{S4}-\frac{U_{S6}}{R_6}$$

通过这个例题可以看出，当没有受控源时，$G_{kj}=G_{jk}$

3、 含有受控源的结点电压方程：



将受控源看作独立源列方程。

结点1： $(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_6})u_{n1}-\frac{1}{R_2}u_{n2}-\frac{1}{R_6}u_{n3}=i_{S1}+\frac{U_{S6}}{R_6}$

结点2： $-\frac{1}{R_2}u_{n1}+(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3})u_{n2}=-k(u_{n1}-u_{n2})$

结点3： $-\frac{1}{R_6}u_{n1}+(\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_6})u_{n3}=\quad-\frac{U_{S6}}{R_6}$

$k(u_{n1}-u_{n2})$

将受控源控制量用结点电压表示。 将含有结点电压的项移到方程左端并整理。

$ku_2=k(u_{n1}-u_{n2})$

将此式代入结点电压方程。

$$(k-\frac{1}{R_1})u_{n1}+(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}-k)u_{n3}=0$$

$$-(k+\frac{1}{R_6})u_{n1}+ku_{n2}+(\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_6})u_{n3}=-\frac{U_{S6}}{R_5}$$