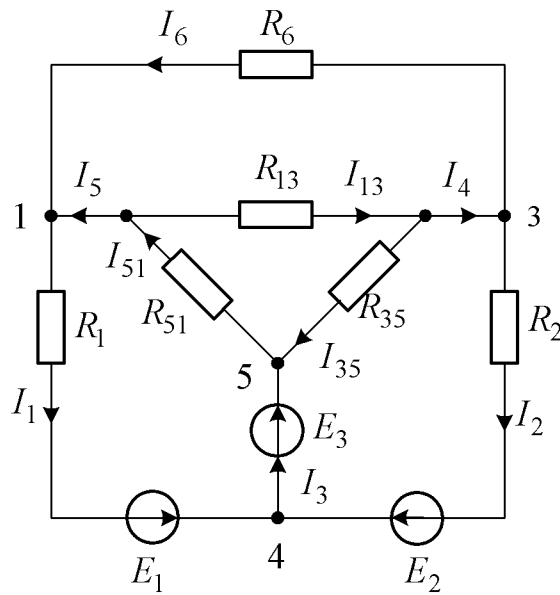


1. Метод узловых потенциалов.



В данной цепи число ветвей, содержащих только независимые источники напряжения $p_{ИН} = 1$, следовательно, число уравнений по методу узловых напряжений, равно числу независимых узлов $-(q - p_{ИН} - 1) = 3$.

Примем потенциал узла 5 за базовый ($\varphi_5 = 0$), и запишем для потенциалов других узлов, систему уравнений по методу узловых потенциалов в общем виде:

$$\begin{cases} G_{11} \cdot \varphi_1 + G_{13} \cdot \varphi_3 + G_{14} \cdot \varphi_4 = J_{10} \\ G_{31} \cdot \varphi_1 + G_{33} \cdot \varphi_3 + G_{34} \cdot \varphi_4 = J_{30} \\ G_{41} \cdot \varphi_1 + G_{43} \cdot \varphi_3 + G_{44} \cdot \varphi_4 = J_{40} \end{cases}$$

здесь

G_{ii} - собственная проводимость i -го узла (сумма всех проводимостей подключенных к узлу),

G_{ij} - взаимная проводимость i -го и j -го узлов (сумма всех проводимостей включенных непосредственно между этими узлами, взятая с противоположным знаком),

J_{i0} - узловой ток (сумма всех источников тока, подключенных к данному узлу).

Потенциал четвертого узла известен $\varphi_4 = -E_3$.

Уравнение для четвертого узла не составляем. Запишем остальные узловые уравнения:

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{51}} + \frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_6} \right) \cdot \varphi_1 - \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_{13}} \right) \cdot \varphi_3 - \frac{1}{R_1} \cdot \varphi_4 = -\frac{E_1}{R_1} \\ -\left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_{13}} \right) \cdot \varphi_1 + \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_{35}} + \frac{1}{R_2} \right) \cdot \varphi_3 - \frac{1}{R_2} \cdot \varphi_4 = -\frac{E_2}{R_2} \end{cases}$$

С учетом $\varphi_4 = -E_3$ получим:

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{51}} + \frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_6} \right) \cdot \varphi_1 - \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_{13}} \right) \cdot \varphi_3 = -\frac{E_1}{R_1} - \frac{1}{R_1} \cdot E_3 \\ -\left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_{13}} \right) \cdot \varphi_1 + \left(\frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_{35}} + \frac{1}{R_2} \right) \cdot \varphi_3 = -\frac{E_2}{R_2} - \frac{1}{R_2} \cdot E_3 \end{cases}$$

Подставляя числовые значения, получим:

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{90} + \frac{1}{90} + \frac{1}{30} \right) \cdot \varphi_1 - \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{90} \right) \cdot \varphi_3 = -\frac{14}{30} - \frac{1}{30} \cdot 38 \\ -\left(\frac{1}{30} + \frac{1}{90} \right) \cdot \varphi_1 + \left(\frac{1}{30} + \frac{1}{90} + \frac{1}{90} + \frac{1}{30} \right) \cdot \varphi_3 = -\frac{24}{30} - \frac{1}{30} \cdot 38 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,089 \cdot \varphi_1 - 0,044 \cdot \varphi_3 = -1,733 \\ -0,044 \cdot \varphi_1 + 0,089 \cdot \varphi_3 = -2,067 \end{cases}$$

Решая систему уравнений, получим неизвестные узловые потенциалы:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= -41,5 \text{ В} \\ \varphi_3 &= -44 \text{ В} \end{aligned}$$

Определим токи ветвей, используя второй закон Кирхгофа и полученные узловые потенциалы:

$$I_1 = \frac{E_1 + \varphi_1 - \varphi_4}{R_1} = \frac{E_1 + \varphi_1 + E_3}{R_1} = \frac{14 + (-41,5) + 38}{30} = 0,35 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{E_2 + \varphi_3 - \varphi_4}{R_2} = \frac{E_2 + \varphi_3 + E_3}{R_2} = \frac{24 + (-44) + 38}{30} = 0,6 \text{ A}$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 0,35 + 0,6 = 0,95 \text{ A}.$$

$$I_{13} = \frac{\varphi_1 - \varphi_3}{R_{13}} = \frac{-41,5 - (-44)}{90} = 0,028 \text{ A}.$$

$$I_{51} = \frac{-\varphi_1}{R_{51}} = \frac{-(-41,5)}{90} = 0,461 \text{ A}.$$

$$I_{35} = \frac{\varphi_3}{R_{35}} = \frac{-44}{90} = -0,489 \text{ A}$$

$$I_4 = I_{13} - I_{35} = 0,028 - (-0,489) = 0,517 \text{ A}$$

$$I_5 = I_{51} - I_{13} = 0,461 - 0,028 = 0,433 \text{ A}$$

$$I_6 = \frac{\varphi_3 - \varphi_1}{R_6} = \frac{-44 - (-41,5)}{30} = -0,083 \text{ A}$$

Отрицательные знаки токов означают, что истинные направления токов противоположны принятым направлениям.