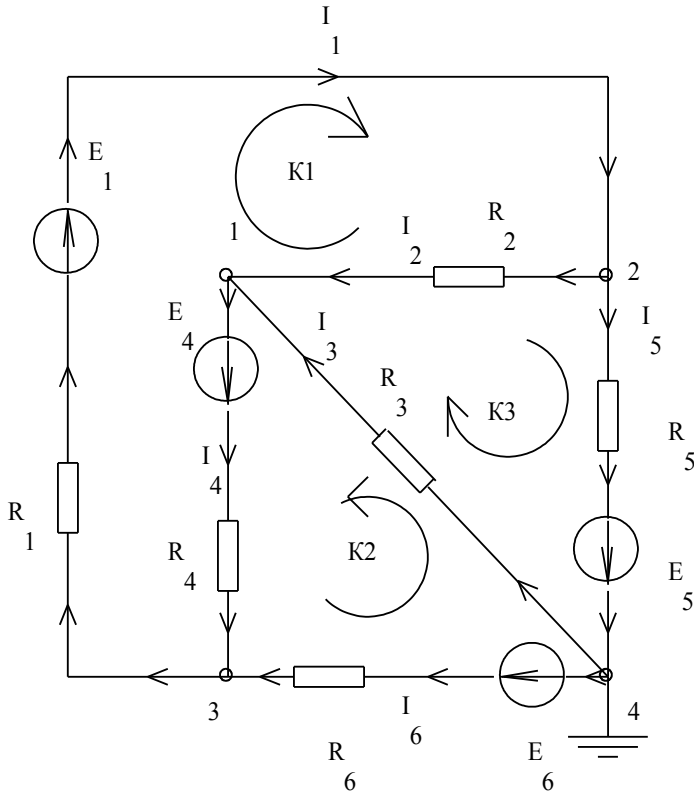


Дано: $R_1=16\text{Ом}$; $R_2=10\text{Ом}$; $R_3=20\text{Ом}$; $R_4=6\text{Ом}$; $R_5=18\text{Ом}$; $R_6=22\text{Ом}$;
 $E_1=80\text{В}$; $E_4=50\text{В}$; $E_5=90\text{В}$; $E_6=30\text{В}$;

Электрическая схема



Решение

1. Законы Кирхгофа

Запишем первый закон Кирхгофа для 3 узлов

$$-I_2 - I_3 + I_4 = 0$$

$$-I_1 + I_2 + I_5 = 0$$

$$I_1 - I_4 - I_6 = 0$$

Запишем второй закон Кирхгофа для 3 контуров

$$I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 + I_4 \cdot R_4 = E_1 + E_4$$

$$I_4 \cdot R_4 - I_6 \cdot R_6 + I_3 \cdot R_3 = E_4 - E_6$$

$$I_5 \cdot R_5 + I_3 \cdot R_3 - I_2 \cdot R_2 = E_5$$

Подставим значения сопротивлений и ЭДС

$$-I_2 - I_3 + I_4 = 0$$

$$-I_1 + I_2 + I_5 = 0$$

$$I_1 - I_4 - I_6 = 0$$

$$16I_1 + 10I_2 + 6I_4 = 130$$

$$20I_3 + 6I_4 - 22I_6 = 20$$

$$-10I_2 + 20I_3 + 18I_5 = 90$$

Решая систему уравнений найдем токи в ветвях:

$$I_1 = 5,611$$

$$I_2 = 1,784$$

$$I_3 = 1,948$$

$$I_4 = 3,732$$

$$I_5 = 3,827$$

$$I_6 = 1,879$$

2. Метод контурных токов.

Запишем систему уравнений в общем виде

$$I_{11} \cdot R_{11} + I_{22} \cdot R_{12} + I_{33} \cdot R_{13} = E_{11}$$

$$I_{11} \cdot R_{21} + I_{22} \cdot R_{22} + I_{33} \cdot R_{23} = E_{22}$$

$$I_{11} \cdot R_{31} + I_{22} \cdot R_{32} + I_{33} \cdot R_{33} = E_{33}$$

Найдем сопротивления и контурные ЭДС

$$R_{11} = R_1 + R_2 + R_4 = 32$$

$$R_{12} = R_4 = 6$$

$$R_{13} = -R_2 = -10$$

$$R_{21} = R_4 = 6$$

$$R_{22} = R_4 + R_6 + R_3 = 48$$

$$R_{23} = R_3 = 20$$

$$R_{31} = -R_2 = -10$$

$$R_{32} = R_3 = 20$$

$$R_{33} = R_5 + R_3 + R_2 = 48$$

$$E_{11} = E_1 + E_4 = 130$$

$$E_{22} = E_4 - E_6 = 20$$

$$E_{33} = E_5 = 90$$

Подставим найденные значения:

$$32I_{11} + 6I_{22} - 10I_{33} = 130$$

$$6I_{11} + 48I_{22} + 20I_{33} = 20$$

$$-10I_{11} + 20I_{22} + 48I_{33} = 90$$

Решив систему, найдем контурные токи

$$I_{11} = 5,610769$$

$$I_{22} = -1,879231$$

$$I_{33} = 3,826923$$

Найдем токи в ветвях

$$I_1 = I_{11} = 5,6107692$$

$$I_2 = I_{11} - I_{33} = 1,7838462$$

$$I_3 = I_{22} + I_{33} = 1,9476923$$

$$I_4 = I_{11} + I_{22} = 3,7315385$$

$$I_5 = I_{33} = 3,8269231$$

$$I_6 = -I_{22} = 1,8792308$$

3. Метод узловых потенциалов

Заземлим узел 4

Запишем систему уравнений в общем виде

$$\varphi_1 \cdot G_{11} + \varphi_2 \cdot G_{12} + \varphi_3 \cdot G_{13} = I_{11}$$

$$\varphi_1 \cdot G_{21} + \varphi_2 \cdot G_{22} + \varphi_3 \cdot G_{23} = I_{22}$$

$$\varphi_1 \cdot G_{31} + \varphi_2 \cdot G_{32} + \varphi_3 \cdot G_{33} = I_{33}$$

Найдем узловые токи и проводимости

$$G_{11} = 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 = 0,316667$$

$$G_{12} = -1/R_2 = -0,1$$

$$G_{13} = -1/R_4 = -0,166667$$

$$G_{22} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_5 = 0,218056$$

$$G_{23} = -1/R_1 = -0,0625$$

$$G_{33} = 1/R_1 + 1/R_4 + 1/R_6 = 0,274621$$

$$I_{11} = -E_4/R_4 = -8,33333$$

$$I_{22} = E_1/R_1 - E_5/R_5 = 0$$

$$I_{33} = -E_1/R_1 + E_4/R_4 + E_6/R_6 = 4,69697$$

Подставим найденные значения:

$$0,31667\varphi_1 - 0,1\varphi_2 - 0,16667\varphi_3 = -8,33333$$

$$-0,1\varphi_1 + 0,21806\varphi_2 - 0,0625\varphi_3 = 0$$

$$-0,16667\varphi_1 - 0,0625\varphi_2 + 0,27462\varphi_3 = 4,697$$

Решив систему, найдем потенциалы узлов

$$\varphi_1 = -38,954$$

$$\varphi_2 = -21,115$$

$$\varphi_3 = -11,343$$

$$\varphi_4 = 0$$

Найдем токи в ветвях

$$I_1 = (\varphi_3 - \varphi_2 + E_1)/R_1 = 5,61077$$

$$I_2 = (\varphi_2 - \varphi_1)/R_2 = 1,78385$$

$$I_3 = (\varphi_4 - \varphi_1)/R_3 = 1,94769$$

$$I_4 = (\varphi_1 - \varphi_3 + E_4)/R_4 = 3,73154$$

$$I_5 = (\varphi_2 - \varphi_4 + E_5)/R_5 = 3,82692$$

$$I_6 = (\varphi_4 - \varphi_3 + E_6)/R_6 = 1,87923$$

4. Баланс мощностей

Мощность нагрузки:

$$I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 + I_6^2 \cdot R_6 = 503,692 + 31,8211 + 75,8701 + 83,5463 + 263,61 + 77,6932 = 1036,24$$

Мощность источников:

$$E_1 \cdot I_1 + E_4 \cdot I_4 + E_5 \cdot I_5 + E_6 \cdot I_6 = 448,862 + 186,577 + 344,423 + 56,3769 = 1036,24$$

Расчет выполнен верно