

**Министерство образования и науки Украины
Национальный технический университет Украины
“Киевский Политехнический Институт”
Кафедра ТОЭ**

Расчетно-графическая работа

“Расчёт цепей постоянного тока”

Вариант № 305

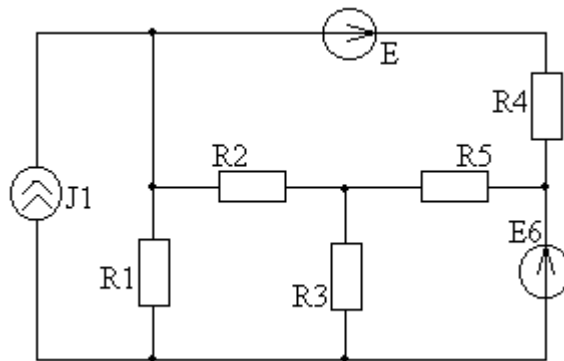
Выполнил: _____

Проверил: _____

Задание:

1. Найти токи в ветках данной электрической цепи методом узловых потенциалов и контурных токов. Проверить расчёт цепи при помощи законов Кирхгофа для каждого узла и независимого контура. Сложить и проверить уравнение баланса мощностей.
2. Построить потенциальную диаграмму для контура данной цепи.
3. Найти токи в ветках методом наложения. Проверить расчеты цепи за законами Кирхгофа.
4. Найти токи в ветвях данной цепи методом эквивалентного генератора.

$$\begin{array}{lllll} R_1 := 25 & R_2 := 40 & R_3 := 50 & R_4 := 5 & R_5 := 10 \\ E := 50 & E_6 := 100 & J_1 := 5 & & \end{array}$$



Метод контурных токов

За вторым законом Кирхгофа составляем систему уравнений. Решая получиную систему уравнений, находим контурные токи.

$$I_{K1} := 1 \quad I_{K2} := 1 \quad I_{K3} := 1$$

Given

$$I_{K1} \cdot (R_1 + R_2 + R_3) - I_{K2} \cdot R_2 - I_{K3} \cdot R_3 - J_1 \cdot R_1 = 0$$

$$-I_{K1} \cdot R_2 + I_{K2} \cdot (R_2 + R_4 + R_5) - I_{K3} \cdot R_5 = E$$

$$-I_{K1} \cdot R_3 - I_{K2} \cdot R_5 + I_{K3} \cdot (R_3 + R_5) = -E_6$$

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \\ I_{K3} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}, I_{K3})$$

$$I_{K1} = 2.434$$

$$I_{K2} = 2.831$$

$$I_{K3} = 0.833$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_1 := J_1 - I_{K1} \quad I_1 = 2.566$$

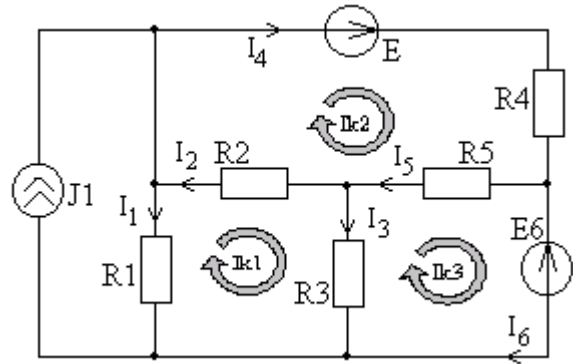
$$I_2 := I_{K2} - I_{K1} \quad I_2 = 0.397$$

$$I_3 := I_{K1} - I_{K3} \quad I_3 = 1.601$$

$$I_4 := I_{K2} \quad I_4 = 2.831$$

$$I_5 := I_{K2} - I_{K3} \quad I_5 = 1.997$$

$$I_6 := I_{K3} \quad I_6 = 0.833$$



Метод узловых потенциалов

Примем потенциал точки 1 равным 0: $\phi_1 := 0$ тогда потенциал точки 3 будет равен: $\phi_3 := \phi_1 + E_6 \quad \phi_3 = 100$

Найдем узловые и межузловые проводимости и узловые токи:

$$G_{22} := \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} \quad G_{22} = 0.145 \quad G_{44} := \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \quad G_{44} = 0.265$$

$$G_{21} := \frac{1}{R_3} \quad G_{21} = 0.02$$

$$G_{23} := \frac{1}{R_5} \quad G_{23} = 0.1$$

$$G_{24} := \frac{1}{R_2} \quad G_{24} = 0.025$$

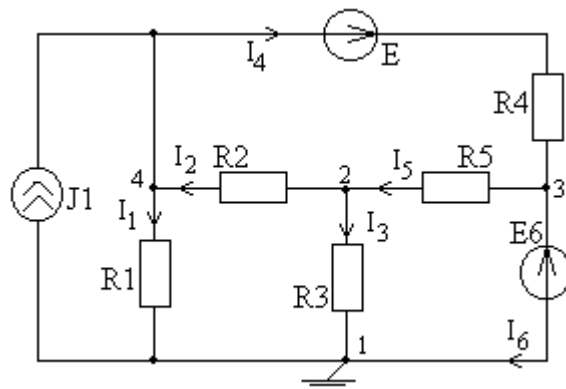
$$G_{41} := \frac{1}{R_1} \quad G_{41} = 0.04$$

$$G_{42} := \frac{1}{R_2} \quad G_{42} = 0.025$$

$$G_{43} := \frac{1}{R_4} \quad G_{43} = 0.2$$

$$J_{B2} := 0 \quad J_{B2} = 0$$

$$J_{B4} := J_1 - \frac{E}{R_4} \quad J_{B4} = -5$$



Подставив найденные значения проводимостей и узловых токов в расчетную систему уравнений и найдем искомые потенциалы узлов 2 и 4:

$$\phi_2 := 1 \quad \phi_4 := 1$$

Given

$$-G_{21} \cdot \phi_1 + G_{22} \cdot \phi_2 - G_{23} \cdot \phi_3 - G_{24} \cdot \phi_4 = J_{B2}$$

$$-G_{41} \cdot \phi_1 - G_{42} \cdot \phi_2 - G_{43} \cdot \phi_3 + G_{44} \cdot \phi_4 = J_{B4}$$

$$\begin{pmatrix} \phi_2 \\ \phi_4 \end{pmatrix} := \text{Find}(\phi_2, \phi_4)$$

$$\phi_2 = 80.026$$

$$\phi_4 = 64.153$$

Токи ветвей схемы находим за законом Ома:

$$I_1 := \frac{\phi_4 - \phi_1}{R_1} \quad I_1 = 2.566$$

$$I_2 := \frac{\phi_2 - \phi_4}{R_2} \quad I_2 = 0.397$$

$$I_3 := \frac{\phi_2 - \phi_1}{R_3} \quad I_3 = 1.601$$

$$I_4 := \frac{\phi_4 - \phi_3 + E}{R_4} \quad I_4 = 2.831$$

$$I_5 := \frac{\phi_3 - \phi_2}{R_5} \quad I_5 = 1.997$$

$$I_6 := I_4 - I_5 \quad I_6 = 0.833$$

Проверка:

За 1-м законом Кирхгофа:

$$I_6 + I_5 - I_4 = 0$$

$$I_1 - I_2 + I_4 - J_1 = -1.51 \times 10^{-13}$$

$$I_3 + I_2 - I_5 = 5.662 \times 10^{-14}$$

$$I_1 + I_3 + I_6 - J_1 = -9.415 \times 10^{-14}$$

За 2-м законом Кирхгофа:

$$E - E_6 = -50$$

$$I_4 \cdot R_4 - I_1 \cdot R_1 = -50$$

$$I_4 \cdot R_4 + I_5 \cdot R_5 + I_2 \cdot R_2 = 50$$

$$E = 50$$

$$-I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 - I_1 \cdot R_1 = 0$$

$$I_5 \cdot R_5 + I_3 \cdot R_3 = 100$$

$$E_6 = 100$$

Баланс мощностей:

$$E \cdot I_4 - E_6 \cdot I_6 + J_1 \cdot (I_1 \cdot R_1) = 378.968$$

$$I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 = 378.968$$

Потенциальная диаграмма

$$\phi_1 = 0$$

$$\phi_3 := \phi_1 + E_6$$

$$\phi_3 = 100$$

$$\phi_5 := \phi_3 + I_4 \cdot R_4$$

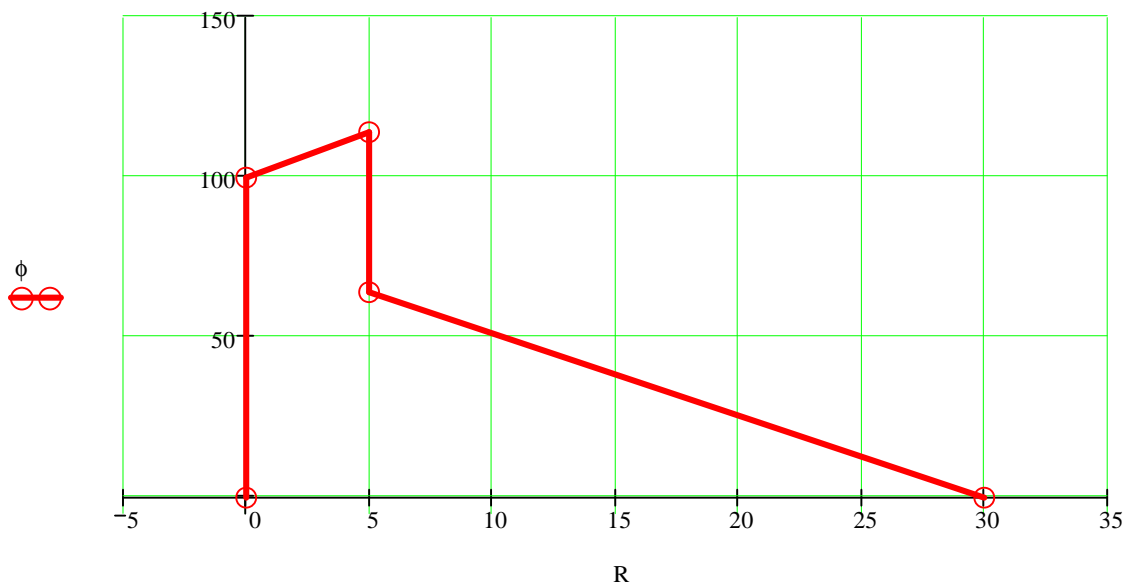
$$\phi_5 = 114.153$$

$$\phi_4 := \phi_5 - E$$

$$\phi_4 = 64.153$$

$$\phi_1 := \phi_4 - I_1 \cdot R_1$$

$$\phi_1 = 0$$



Метод наложения

В цепи действует только E:

$$I_{K1} := 1 \quad I_{K2} := 1 \quad I_{K3} := 1$$

Given

$$I_{K1} \cdot (R_1 + R_2 + R_3) - I_{K2} \cdot R_2 - I_{K3} \cdot R_3 = 0$$

$$-I_{K1} \cdot R_2 + I_{K2} \cdot (R_2 + R_4 + R_5) - I_{K3} \cdot R_5 = E$$

$$-I_{K1} \cdot R_3 - I_{K2} \cdot R_5 + I_{K3} \cdot (R_3 + R_5) = 0$$

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \\ I_{K3} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}, I_{K3})$$

$$I_{K1} = 1.534$$

$$I_{K2} = 2.328$$

$$I_{K3} = 1.667$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_{1E} := I_{K1} \quad I_{1E} = 1.534$$

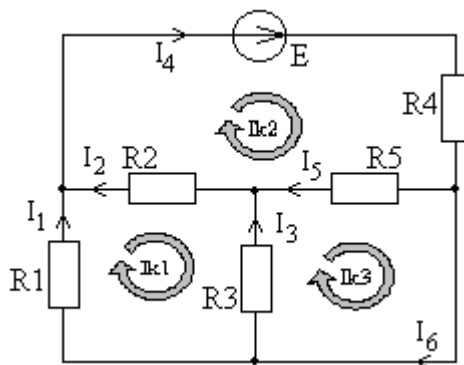
$$I_{2E} := I_{K2} - I_{K1} \quad I_{2E} = 0.794$$

$$I_{3E} := I_{K3} - I_{K1} \quad I_{3E} = 0.132$$

$$I_{4E} := I_{K2} \quad I_{4E} = 2.328$$

$$I_{5E} := I_{K2} - I_{K3} \quad I_{5E} = 0.661$$

$$I_{6E} := I_{K3} \quad I_{6E} = 1.667$$



В цепи действует только Е6:

$$I_{K1} := 1 \quad I_{K2} := 1 \quad I_{K3} := 1$$

Given

$$I_{K1} \cdot (R_1 + R_2 + R_3) - I_{K2} \cdot R_2 - I_{K3} \cdot R_3 = 0$$

$$-I_{K1} \cdot R_2 + I_{K2} \cdot (R_2 + R_4 + R_5) - I_{K3} \cdot R_5 = 0$$

$$-I_{K1} \cdot R_3 - I_{K2} \cdot R_5 + I_{K3} \cdot (R_3 + R_5) = -E_6$$

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \\ I_{K3} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}, I_{K3})$$

$$I_{K1} = -3.333$$

$$I_{K2} = -3.333$$

$$I_{K3} = -5$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_{1E6} := -I_{K1} \quad I_{1E6} = 3.333$$

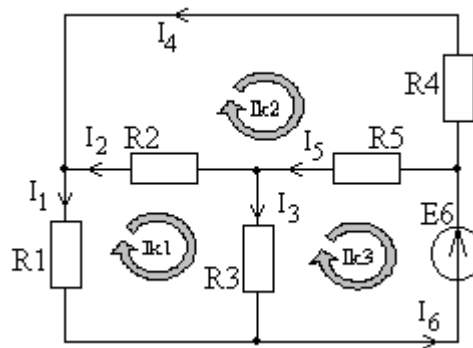
$$I_{2E6} := I_{K2} - I_{K1} \quad I_{2E6} = 0$$

$$I_{3E6} := I_{K1} - I_{K3} \quad I_{3E6} = 1.667$$

$$I_{4E6} := -I_{K2} \quad I_{4E6} = 3.333$$

$$I_{5E6} := I_{K2} - I_{K3} \quad I_{5E6} = 1.667$$

$$I_{6E6} := -I_{K3} \quad I_{6E6} = 5$$



В цепи действует только J1:

$$I_{K1} := 1 \quad I_{K2} := 1 \quad I_{K3} := 1$$

Given

$$I_{K1} \cdot (R_1 + R_2 + R_3) - I_{K2} \cdot R_2 - I_{K3} \cdot R_3 - J_1 \cdot R_1 = 0$$

$$-I_{K1} \cdot R_2 + I_{K2} \cdot (R_2 + R_4 + R_5) - I_{K3} \cdot R_5 = 0$$

$$-I_{K1} \cdot R_3 - I_{K2} \cdot R_5 + I_{K3} \cdot (R_3 + R_5) = 0$$

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \\ I_{K3} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2}, I_{K3})$$

$$I_{K1} = 4.233$$

$$I_{K2} = 3.836$$

$$I_{K3} = 4.167$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_{1J1} := J_1 - I_{K1} \quad I_{1J1} = 0.767$$

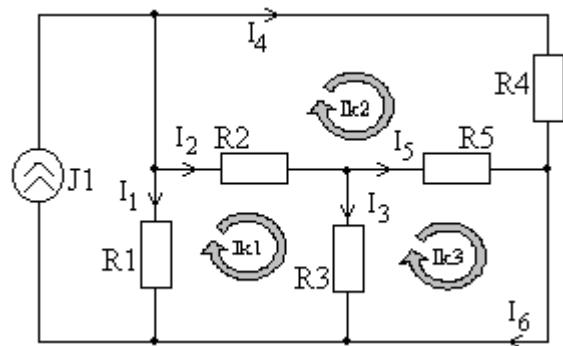
$$I_{2J1} := I_{K1} - I_{K2} \quad I_{2J1} = 0.397$$

$$I_{3J1} := I_{K1} - I_{K3} \quad I_{3J1} = 0.066$$

$$I_{4J1} := I_{K2} \quad I_{4J1} = 3.836$$

$$I_{5J1} := I_{K3} - I_{K2} \quad I_{5J1} = 0.331$$

$$I_{6J1} := I_{K3} \quad I_{6J1} = 4.167$$



В основной цепи действуют токи:

$$\begin{aligned} I_1 &:= -I_{1E} + I_{1E6} + I_{1J1} & I_1 &= 2.566 \\ I_2 &:= I_{2E} + I_{2E6} - I_{2J1} & I_2 &= 0.397 \\ I_3 &:= -I_{3E} + I_{3E6} + I_{3J1} & I_3 &= 1.601 \\ I_4 &:= I_{4E} - I_{4E6} + I_{4J1} & I_4 &= 2.831 \\ I_5 &:= I_{5E} + I_{5E6} - I_{5J1} & I_5 &= 1.997 \\ I_6 &:= I_{6E} - I_{6E6} + I_{6J1} & I_6 &= 0.833 \end{aligned}$$

Проверка:

За 1-м законом Кирхгофа:

$$I_6 + I_5 - I_4 = 0 \qquad I_1 - I_2 + I_4 - J_1 = 0$$

$$I_3 + I_2 - I_5 = 0 \qquad I_1 + I_3 + I_6 - J_1 = 0$$

Метод эквивалентного генератора

Вырезавши из выходной схемы ветку с сопротивлением R_4 и источником питания E , получаем схему. В выходной схеме ток I_4 направленный от узла 4 к узлу 3, такое же направление выберем и для напряжения холостого хода U_{1x} .

Для нахождения напряжения U_{1x} сначала надо найти ток в ветви с сопротивлением R_2, R_5 . Для этого воспользуемся методом контурных токов:

$$I_{K1} := 1 \qquad I_{K2} := 1$$

Given

$$I_{K1} \cdot (R_1 + R_2 + R_3) - I_{K2} \cdot R_3 - J_1 \cdot R_1 = 0$$

$$-I_{K1} \cdot R_3 + I_{K2} \cdot (R_3 + R_5) = -E_6$$

$$\begin{pmatrix} I_{K1} \\ I_{K2} \end{pmatrix} := \text{Find}(I_{K1}, I_{K2})$$

$$I_{K1} = 0.568 \qquad I_{K2} = -1.193$$

Искомое напряжение холостого хода равно:

$$U_{1X} := -I_{K1} \cdot R_2 - I_{K2} \cdot R_5 \qquad U_{1X} = -10.795$$

Эквивалентное сопротивление цепи равно:

$$R_{235} := \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_5} + R_2 \qquad R_E := \frac{R_{235} \cdot R_1}{R_{235} + R_1} \qquad R_E = 16.477$$

Искомый ток, вырезанной ветки, равен:

$$I_1 := \frac{E - U_{1X}}{R_E + R_4} \qquad I_1 = 2.831$$

