

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

Расчетно-графическая работа

“Расчёт цепей постоянного тока”

Вариант № 214

Выполнил:_____

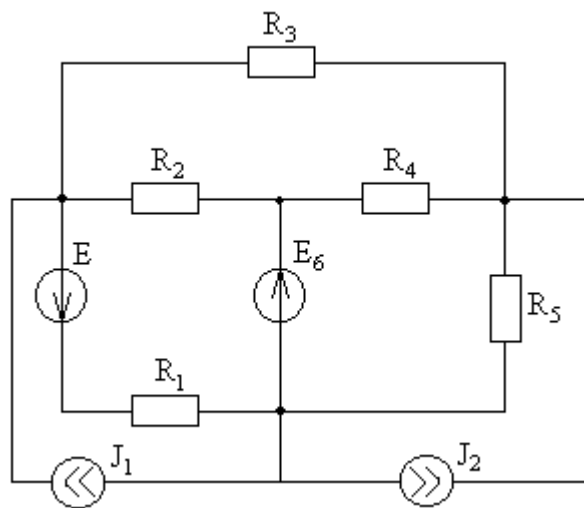
Проверил:_____

Киев 2006

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.

$$\begin{array}{lllll} R_1 := 20 & R_2 := 25 & R_3 := 40 & R_4 := 50 & R_5 := 5 \\ E := 100 & E_6 := 200 & J_1 := 10 & J_2 := 15 & \end{array}$$



Метод контурных токов

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

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

Given

$$\begin{aligned} I_{K1} \cdot (R_1 + R_2) - I_{K2} \cdot R_2 - J_1 \cdot R_1 &= -E_6 - E \\ -I_{K1} \cdot R_2 + I_{K2} \cdot (R_2 + R_3 + R_4) - I_{K3} \cdot R_4 &= 0 \\ -I_{K2} \cdot R_4 + I_{K3} \cdot (R_4 + R_5) + J_2 \cdot R_5 &= E_6 \end{aligned}$$

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

$$I_{K1} = -1.642 \quad I_{K2} = 1.044 \quad I_{K3} = 3.221$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_1 := J_1 - I_{K1} \quad I_1 = 11.642$$

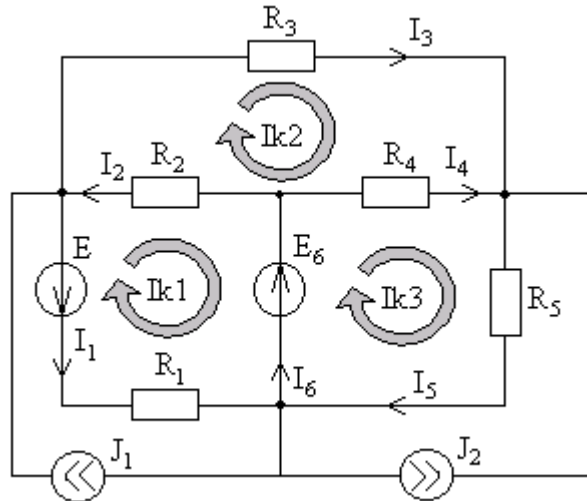
$$I_2 := I_{K2} - I_{K1} \quad I_2 = 2.686$$

$$I_3 := I_{K2} \quad I_3 = 1.044$$

$$I_4 := I_{K3} - I_{K2} \quad I_4 = 2.178$$

$$I_5 := I_{K3} + J_2 \quad I_5 = 18.221$$

$$I_6 := I_{K3} - I_{K1} \quad I_6 = 4.864$$



Метод узловых потенциалов

Примем потенциал точки 1 равным 0: $\phi_1 := 0$ тогда потенциал точки 3 будет равен: $\phi_3 := \phi_1 + E_6 \quad \phi_3 = 200$

Найдем узловые и межузловые проводимости и узловые токи:

$$G_{22} := \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \quad G_{22} = 0.245 \quad G_{44} := \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad G_{44} = 0.115$$

$$G_{21} := \frac{1}{R_5} \quad G_{21} = 0.2$$

$$G_{23} := \frac{1}{R_4} \quad G_{23} = 0.02$$

$$G_{24} := \frac{1}{R_3} \quad G_{24} = 0.025$$

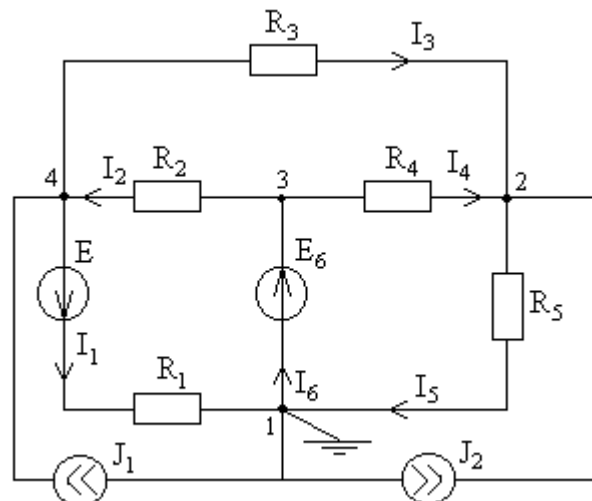
$$G_{41} := \frac{1}{R_1} \quad G_{41} = 0.05$$

$$G_{42} := \frac{1}{R_3} \quad G_{42} = 0.025$$

$$G_{43} := \frac{1}{R_2} \quad G_{43} = 0.04$$

$$J_{B2} := J_2 \quad J_{B2} = 15$$

$$J_{B4} := J_1 - \frac{E}{R_1} \quad J_{B4} = 5$$



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

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

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

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

$$\phi_2 = 91.107$$

$$\phi_4 = 132.849$$

Токи ветвей схемы находим за законом Ома:

$$I_1 := \frac{\phi_4 - \phi_1 + E}{R_1} \quad I_1 = 11.642$$

$$I_2 := \frac{\phi_3 - \phi_4}{R_2} \quad I_2 = 2.686$$

$$I_3 := \frac{\phi_4 - \phi_2}{R_3} \quad I_3 = 1.044$$

$$I_4 := \frac{\phi_3 - \phi_2}{R_4} \quad I_4 = 2.178$$

$$I_5 := \frac{\phi_2 - \phi_1}{R_5} \quad I_5 = 18.221$$

$$I_6 := I_2 + I_4 \quad I_6 = 4.864$$

Проверка:

За 1-м законом Кирхгофа:

$$I_6 - I_4 - I_2 = 0$$

$$-I_6 + I_1 + I_5 - J_1 - J_2 = -2.771 \times 10^{-13}$$

$$I_3 + I_4 + J_2 - I_5 = 2.807 \times 10^{-13}$$

$$I_1 + I_3 - I_2 - J_1 = 3.553 \times 10^{-15}$$

За 2-м законом Кирхгофа:

$$E_6 + E = 300$$

$$I_2 \cdot R_2 + I_1 \cdot R_1 = 300$$

$$I_1 \cdot R_1 - I_5 \cdot R_5 - I_3 \cdot R_3 = 100$$

$$E = 100$$

$$I_4 \cdot R_4 - I_3 \cdot R_3 - I_2 \cdot R_2 = 0$$

$$I_4 \cdot R_4 + I_5 \cdot R_5 = 200$$

$$E_6 = 200$$

Баланс мощностей:

$$E \cdot I_1 + E_6 \cdot I_6 + J_1 \cdot (I_1 \cdot R_1 - E) + J_2 \cdot (I_5 \cdot R_5) = 4.832 \times 10^3$$

$$I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 = 4.832 \times 10^3$$

Потенциальная диаграмма

$$\phi_1 = 0$$

$$\phi_2 := \phi_1 + E$$

$$\phi_2 = 100$$

$$\phi_3 := \phi_2 - I_1 \cdot R_1$$

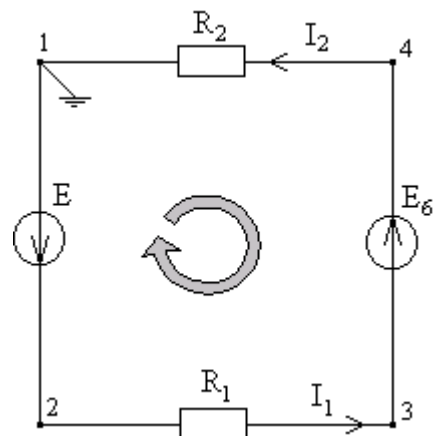
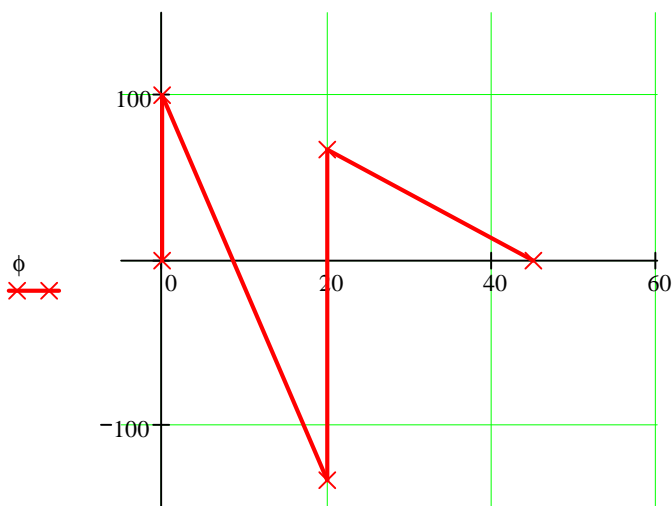
$$\phi_3 = -132.849$$

$$\phi_4 := \phi_3 + E_6$$

$$\phi_4 = 67.151$$

$$\phi_1 := \phi_4 - I_2 \cdot R_2$$

$$\phi_1 = 0$$



R

Метод наложения

В цепи действует только E:

$$I_{K1} := 1$$

$$I_{K2} := 1$$

$$I_{K3} := 1$$

Given

$$I_{K1} \cdot (R_1 + R_2) - I_{K2} \cdot R_2 = -E$$

$$-I_{K1} \cdot R_2 + I_{K2} \cdot (R_2 + R_3 + R_4) - I_{K3} \cdot R_4 = 0$$

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

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

$$I_{K1} = -2.777 \quad I_{K2} = -0.998 \quad I_{K3} = -0.907$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_{1E} := -I_{K1}$$

$$I_{1E} = 2.777$$

$$I_{2E} := I_{K2} - I_{K1}$$

$$I_{2E} = 1.779$$

$$I_{3E} := -I_{K2}$$

$$I_{3E} = 0.998$$

$$I_{4E} := I_{K3} - I_{K2}$$

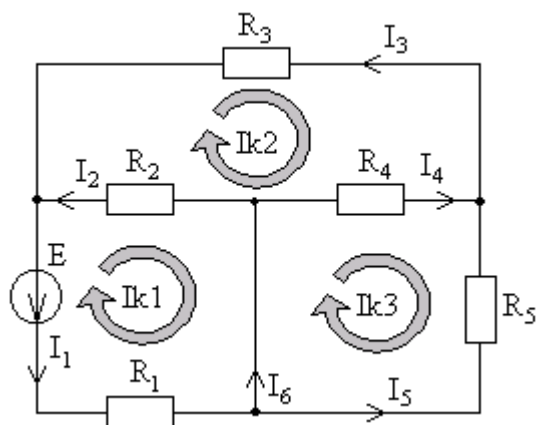
$$I_{4E} = 0.091$$

$$I_{5E} := -I_{K3}$$

$$I_{5E} = 0.907$$

$$I_{6E} := I_{K3} - I_{K1}$$

$$I_{6E} = 1.869$$



В цепи действует только E_6 :

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

Given

$$I_{K1} \cdot (R_1 + R_2) - I_{K2} \cdot R_2 = -E_6$$

$$-I_{K1} \cdot R_2 + I_{K2} \cdot (R_2 + R_3 + R_4) - I_{K3} \cdot R_4 = 0$$

$$-I_{K2} \cdot R_4 + I_{K3} \cdot (R_4 + R_5) = E_6$$

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

$$I_{K1} = -3.739 \quad I_{K2} = 1.27 \quad I_{K3} = 4.791$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_{1E6} := -I_{K1} \quad I_{1E6} = 3.739$$

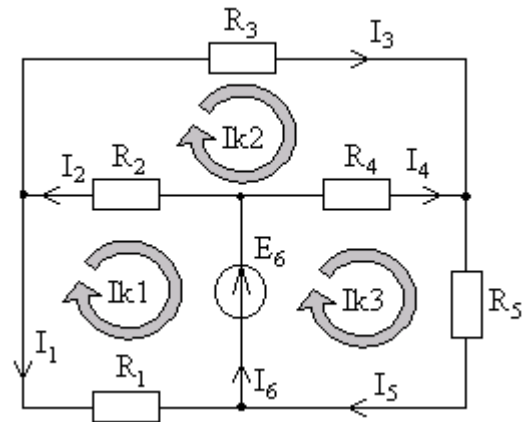
$$I_{2E6} := I_{K2} - I_{K1} \quad I_{2E6} = 5.009$$

$$I_{3E6} := I_{K2} \quad I_{3E6} = 1.27$$

$$I_{4E6} := I_{K3} - I_{K2} \quad I_{4E6} = 3.521$$

$$I_{5E6} := I_{K3} \quad I_{5E6} = 4.791$$

$$I_{6E6} := I_{K3} - I_{K1} \quad I_{6E6} = 8.53$$



В цепи действует только J_1 :

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

Given

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

$$-I_{K1} \cdot R_2 + I_{K2} \cdot (R_2 + R_3 + R_4) - I_{K3} \cdot R_4 = 0$$

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

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

$$I_{K1} = 5.554 \quad I_{K2} = 1.996 \quad I_{K3} = 1.815$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_{1J1} := J_1 - I_{K1} \quad I_{1J1} = 4.446$$

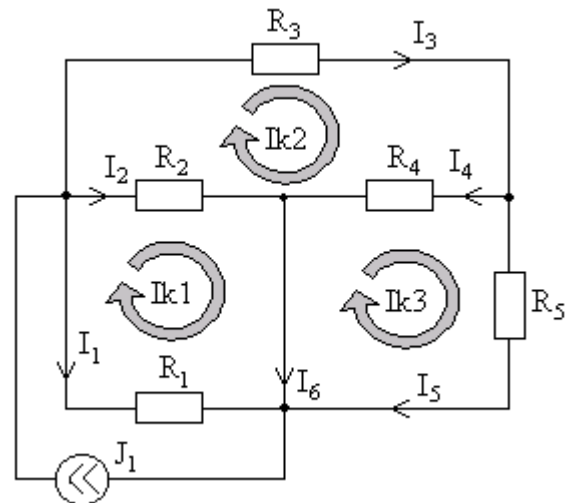
$$I_{2J1} := I_{K1} - I_{K2} \quad I_{2J1} = 3.557$$

$$I_{3J1} := I_{K2} \quad I_{3J1} = 1.996$$

$$I_{4J1} := I_{K2} - I_{K3} \quad I_{4J1} = 0.181$$

$$I_{5J1} := I_{K3} \quad I_{5J1} = 1.815$$

$$I_{6J1} := I_{K1} - I_{K3} \quad I_{6J1} = 3.739$$



В цепи действует только J2:

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

Given

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

$$-I_{K1} \cdot R_2 + I_{K2} \cdot (R_2 + R_3 + R_4) - I_{K3} \cdot R_4 = 0$$

$$-I_{K2} \cdot R_4 + I_{K3} \cdot (R_4 + R_5) + J_2 \cdot R_5 = 0$$

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

$$I_{K1} = -0.681 \quad I_{K2} = -1.225 \quad I_{K3} = -2.477$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_{1J2} := -I_{K1} \quad I_{1J2} = 0.681$$

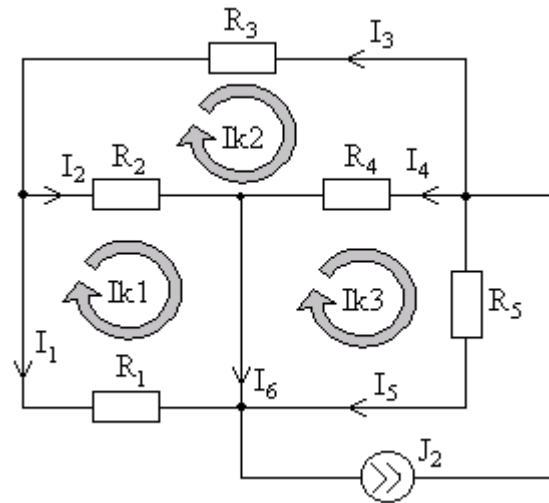
$$I_{2J2} := I_{K1} - I_{K2} \quad I_{2J2} = 0.544$$

$$I_{3J2} := -I_{K2} \quad I_{3J2} = 1.225$$

$$I_{4J2} := I_{K2} - I_{K3} \quad I_{4J2} = 1.252$$

$$I_{5J2} := I_{K3} + J_2 \quad I_{5J2} = 12.523$$

$$I_{6J2} := I_{K1} - I_{K3} \quad I_{6J2} = 1.797$$



В основной цепи действуют токи:

$$I_1 := I_{1E} + I_{1E6} + I_{1J1} + I_{1J2} \quad I_1 = 11.642$$

$$I_2 := I_{2E} + I_{2E6} - I_{2J1} - I_{2J2} \quad I_2 = 2.686$$

$$I_3 := -I_{3E} + I_{3E6} + I_{3J1} - I_{3J2} \quad I_3 = 1.044$$

$$I_4 := I_{4E} + I_{4E6} - I_{4J1} - I_{4J2} \quad I_4 = 2.178$$

$$I_5 := -I_{5E} + I_{5E6} + I_{5J1} + I_{5J2} \quad I_5 = 18.221$$

$$I_6 := I_{6E} + I_{6E6} - I_{6J1} - I_{6J2} \quad I_6 = 4.864$$

Проверка:

За 1-м законом Кирхгофа:

$$I_6 - I_4 - I_2 = 0$$

$$-I_6 + I_1 + I_5 - J_1 - J_2 = 0$$

$$I_3 + I_4 + J_2 - I_5 = 0$$

$$I_1 + I_3 - I_2 - J_1 = 0$$

Метод эквивалентного генератора

Вырезавши из выходной схемы ветку с сопротивлением R_1 и источником питания E , получаем схему. В выходной схеме ток I_1 направленный от узла 4 к узлу 1, 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 . Для этого воспользуемся методом контурных токов:

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

Given

$$I_{K1} \cdot (R_2 + R_3 + R_4) - I_{K2} \cdot R_4 - J_1 \cdot R_2 = 0$$

$$-I_{K1} \cdot R_4 + I_{K2} \cdot (R_4 + R_5) + J_2 \cdot R_5 = E_6$$

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

$$I_{K1} = 5.229 \quad I_{K2} = 7.026$$

Искомое напряжение холостого хода равно:

$$U_{1x} := (J_1 - I_{K1}) \cdot R_2 + E_6 \quad U_{1x} = 319.281$$

Эквивалентное сопротивление цепи равно:

$$R_{345} := \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} + R_3 \quad R_E := \frac{R_{345} \cdot R_2}{R_{345} + R_2} \quad R_E = 16.013$$

Искомый ток, вырезанной ветки, равен:

$$I_1 := \frac{E + U_{1x}}{R_E + R_1} \quad I_1 = 11.642$$

