

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

Расчетно-графическая работа

“Расчёт цепей постоянного тока”

Вариант № 220

Выполнил:_____

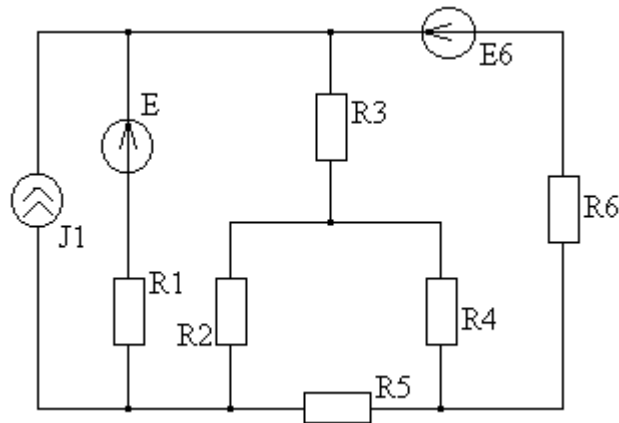
Проверил:_____

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. Преобразовать данную цепь к трём независимым контурам. В полученной цепи найти токи в ветках методом наложения. Проверить расчеты цепи за законами Кирхгофа
4. Найти токи в ветках данной цепи методом эквивалентного генератора.

$$\begin{array}{llllll} R_1 := 20 & R_2 := 25 & R_3 := 40 & R_4 := 50 & R_5 := 5 & R_6 := 0 \\ E := 150 & E_6 := 300 & J_1 := 15 & & & \end{array}$$



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

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

$$-I_{K1} \cdot R_3 + I_{K2} \cdot (R_3 + R_4 + R_6) - I_{K3} \cdot R_4 = -E_6$$

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

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

$$I_{K1} = 6.768 \quad I_{K2} = 1.302 \quad I_{K3} = 2.928$$

Токи ветвей схемы равны:

$$I_1 := J_1 - I_{K1} \quad I_1 = 8.232$$

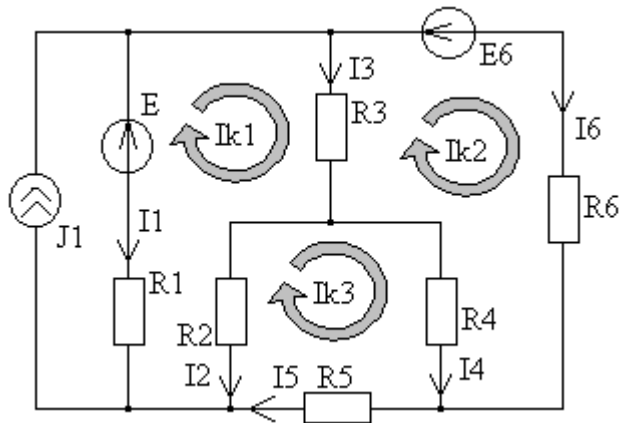
$$I_2 := I_{K1} - I_{K3} \quad I_2 = 3.839$$

$$I_3 := I_{K1} - I_{K2} \quad I_3 = 5.466$$

$$I_4 := I_{K3} - I_{K2} \quad I_4 = 1.627$$

$$I_5 := I_{K3} \quad I_5 = 2.928$$

$$I_6 := I_{K2} \quad I_6 = 1.302$$



Метод узловых потенциалов

Примем потенциал точки 1 равным 0: $\phi_1 := 0$ тогда потенциал точки 3 будет равен: $\phi_3 := \phi_1 + E_6 \quad \phi_3 = 300$

Найдем узловые и межузловые проводимости и узловые токи:

$$G_{22} := \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_3} \quad G_{22} = 0.085$$

$$G_{44} := \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_5} \quad G_{44} = 0.29$$

$$G_{21} := \frac{1}{R_4} \quad G_{21} = 0.02$$

$$G_{13} := 0 \quad G_{13} = 0$$

$$G_{32} := \frac{1}{R_3} \quad G_{32} = 0.025$$

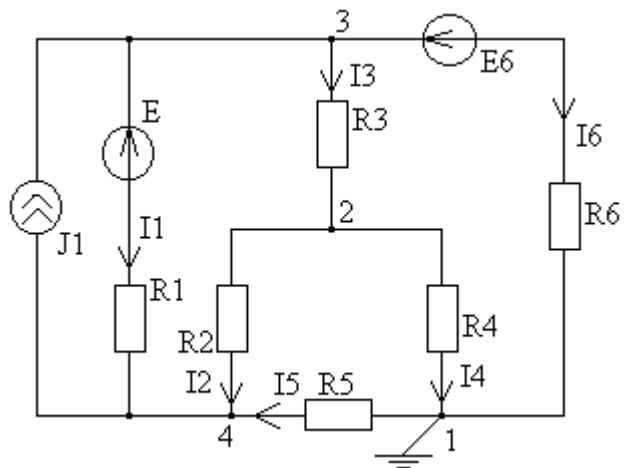
$$G_{41} := \frac{1}{R_5} \quad G_{41} = 0.2$$

$$G_{43} := \frac{1}{R_1} \quad G_{43} = 0.05$$

$$G_{42} := \frac{1}{R_2} \quad G_{42} = 0.04$$

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

$$J_{B4} := -J_1 - \frac{E}{R_1} \quad J_{B4} = -22.5$$



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

$$-G_{21} \cdot \phi_1 + G_{22} \cdot \phi_2 - G_{32} \cdot \phi_3 - G_{42} \cdot \phi_4 = J_{B2}$$

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

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

$$\phi_2 = 81.345$$

$$\phi_4 = -14.642$$

Токи ветвей схемы находим за законом Ома:

$$I_1 := \frac{\phi_3 - \phi_4 - E}{R_1} \quad I_1 = 8.232$$

$$I_2 := \frac{\phi_2 - \phi_4}{R_2} \quad I_2 = 3.839$$

$$I_3 := \frac{\phi_3 - \phi_2}{R_3} \quad I_3 = 5.466$$

$$I_4 := \frac{\phi_2 - \phi_1}{R_4} \quad I_4 = 1.627$$

$$I_5 := \frac{\phi_1 - \phi_4}{R_5} \quad I_5 = 2.928$$

$$I_6 := I_5 - I_4 \quad I_6 = 1.302$$

Проверка:

За 1-м законом Кирхгофа:

$$-I_6 - I_4 + I_5 = 0$$

$$I_1 + I_3 + I_6 - J_1 = 8.171 \times 10^{-14}$$

$$I_4 + I_2 - I_3 = 1.776 \times 10^{-15}$$

$$I_1 + I_2 + I_5 - J_1 = 8.349 \times 10^{-14}$$

За 2-м законом Кирхгофа:

$$E_6 - E = 150$$

$$I_1 \cdot R_1 - I_5 \cdot R_5 = 150$$

$$-I_1 \cdot R_1 + I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 = 150$$

$$E = 150$$

$$-I_2 \cdot R_2 + I_5 \cdot R_5 + I_4 \cdot R_4 = 0$$

$$I_3 \cdot R_3 + I_4 \cdot R_4 = 300$$

$$E_6 = 300$$

Баланс мощностей:

$$-E \cdot I_1 - E_6 \cdot I_6 + J_1 \cdot (I_1 \cdot R_1 + E) = 3.094 \times 10^3$$

$$I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2 + I_3^2 \cdot R_3 + I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 + I_6^2 \cdot R_6 = 3.094 \times 10^3$$

Потенциальная диаграмма

$$\phi_1 = 0$$

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

$$\phi_3 = 300$$

$$\phi_5 := \phi_3 - E$$

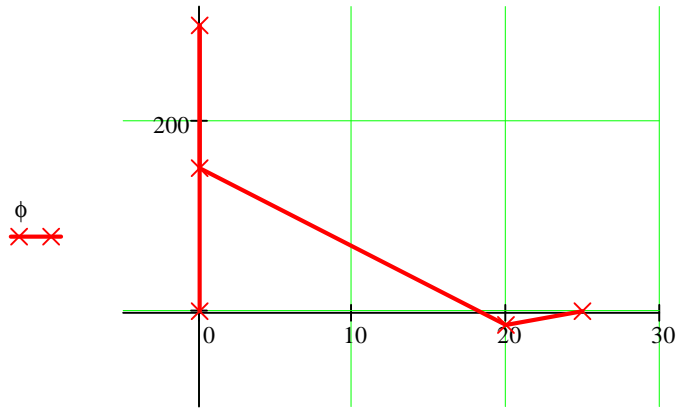
$$\phi_5 = 150$$

$$\phi_2 := \phi_5 - I_1 \cdot R_1$$

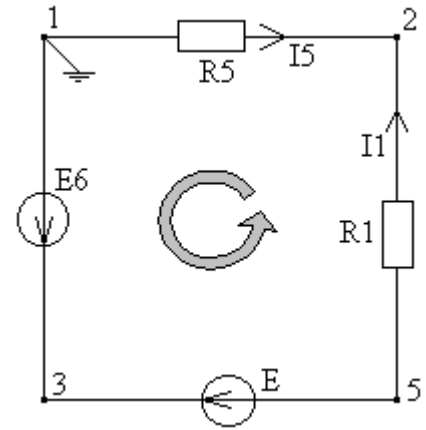
$$\phi_2 = -14.642$$

$$\phi_1 := \phi_2 + I_5 \cdot R_5$$

$$\phi_1 = 0$$



R



Метод наложения

В цепи действует только E:

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

Given

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

$$-I_{K1} \cdot R_3 + I_{K2} \cdot (R_3 + R_4 + R_6) - I_{K3} \cdot R_4 = 0$$

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

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

$$I_{K1} = 6.117 \quad I_{K2} = 5.792 \quad I_{K3} = 5.531$$

$$I_{1E} := I_{K1} \quad I_{1E} = 6.117$$

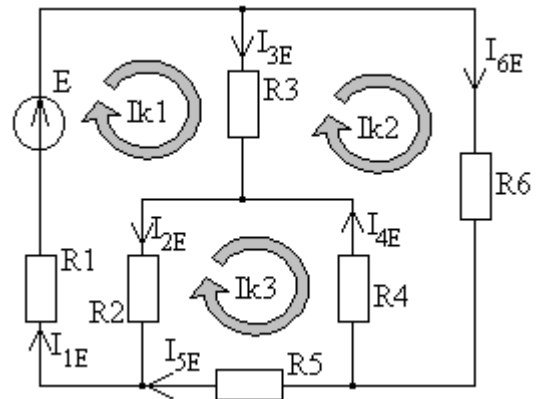
$$I_{2E} := I_{K1} - I_{K3} \quad I_{2E} = 0.586$$

$$I_{3E} := I_{K1} - I_{K2} \quad I_{3E} = 0.325$$

$$I_{4E} := I_{K2} - I_{K3} \quad I_{4E} = 0.26$$

$$I_{5E} := I_{K3} \quad I_{5E} = 5.531$$

$$I_{6E} := I_{K2} \quad I_{6E} = 5.792$$



В цепи действует только E6:

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

Given

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

$$-I_{K1} \cdot R_3 + I_{K2} \cdot (R_3 + R_4 + R_6) - I_{K3} \cdot R_4 = -E_6$$

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

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

$$I_{K1} = -11.584 \quad I_{K2} = -16.074 \quad I_{K3} = -13.666$$

$$I_{1E6} := -I_{K1} \quad I_{1E6} = 11.584$$

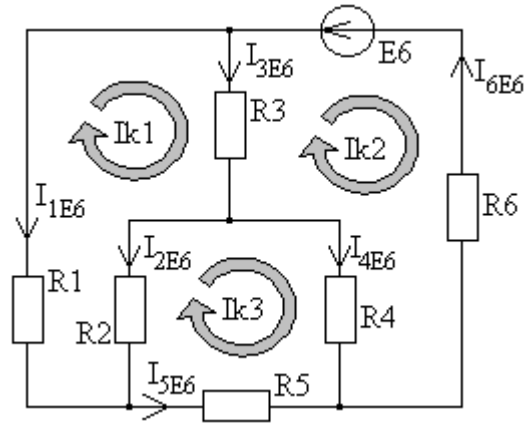
$$I_{2E6} := I_{K1} - I_{K3} \quad I_{2E6} = 2.082$$

$$I_{3E6} := I_{K1} - I_{K2} \quad I_{3E6} = 4.49$$

$$I_{4E6} := I_{K3} - I_{K2} \quad I_{4E6} = 2.408$$

$$I_{5E6} := -I_{K3} \quad I_{5E6} = 13.666$$

$$I_{6E6} := -I_{K2} \quad I_{6E6} = 16.074$$



В цепи действует только J1:

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

Given

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

$$-I_{K1} \cdot R_3 + I_{K2} \cdot (R_3 + R_4 + R_6) - I_{K3} \cdot R_4 = 0$$

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

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

$$I_{K1} = 12.234 \quad I_{K2} = 11.584 \quad I_{K3} = 11.063$$

$$I_{1J1} := J_1 - I_{K1} \quad I_{1J1} = 2.766$$

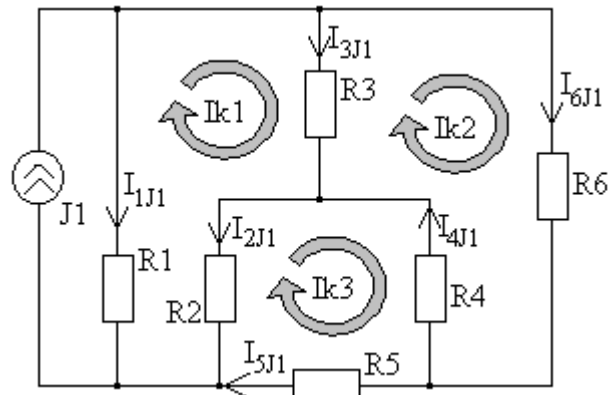
$$I_{2J1} := I_{K1} - I_{K3} \quad I_{2J1} = 1.171$$

$$I_{3J1} := I_{K1} - I_{K2} \quad I_{3J1} = 0.651$$

$$I_{4J1} := I_{K2} - I_{K3} \quad I_{4J1} = 0.521$$

$$I_{5J1} := I_{K3} \quad I_{5J1} = 11.063$$

$$I_{6J1} := I_{K2} \quad I_{6J1} = 11.584$$



В основной цепи действуют токи:

$$I_1 := -I_{1E} + I_{1E6} + I_{1J1} \quad I_1 = 8.232$$

$$I_2 := I_{2E} + I_{2E6} + I_{2J1} \quad I_2 = 3.839$$

$$I_3 := I_{3E} + I_{3E6} + I_{3J1} \quad I_3 = 5.466$$

$$I_4 := -I_{4E} + I_{4E6} - I_{4J1} \quad I_4 = 1.627$$

$$I_5 := I_{5E} - I_{5E6} + I_{5J1} \quad I_5 = 2.928$$

$$I_6 := I_{6E} - I_{6E6} + I_{6J1} \quad I_6 = 1.302$$

Проверка:

За 1-м законом Кирхгофа:

$$-I_6 - I_4 + I_5 = 0$$

$$I_4 + I_2 - I_3 = 0$$

$$I_1 + I_3 + I_6 - J_1 = 0$$

$$I_1 + I_2 + I_5 - J_1 = -1.776 \times 10^{-15}$$

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 3 к узлу 4, такое же направление выберем и для напряжения холостого хода U_{1X} .

Для нахождения напряжения U_{1X} сначала надо найти токи в ветвях с сопротивлениями R_2 и R_3 . Для этого воспользуемся методом контурных токов:

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

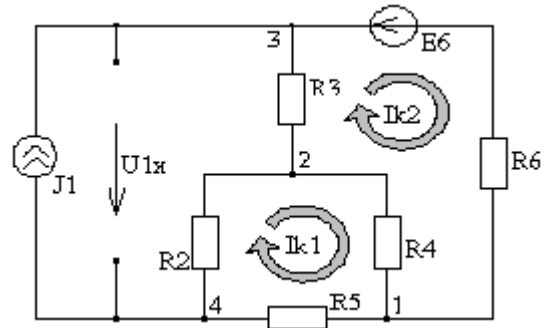
Given

$$I_{K1} \cdot (R_2 + R_4 + R_5) - I_{K2} \cdot R_4 - J_1 \cdot R_2 = 0$$

$$-I_{K1} \cdot R_4 + I_{K2} \cdot (R_4 + R_3 + R_6) - J_1 \cdot R_3 = -E_6$$

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

$$I_{K1} = 10.372 \quad I_{K2} = 9.096$$



Искомое напряжение холостого хода равно:

$$U_{1X} := -I_{K2} \cdot R_3 - I_{K1} \cdot R_2 + J_1 \cdot (R_3 + R_2) \quad U_{1X} = 351.862$$

Нахождение эквивалентного сопротивления цепи.

$$R_{234} := \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} + R_2 \quad R_E := \frac{R_{234} \cdot R_5}{R_{234} + R_5} \quad R_E = 4.521$$

Искомый ток, вырезанной ветки, равен:

$$I_1 := \frac{-E + U_{1X}}{R_E + R_1} \quad I_1 = 8.232$$