

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования**
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ
ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ

Основы электротехники
Домашняя работа №1
«Расчёт цепей постоянного тока»

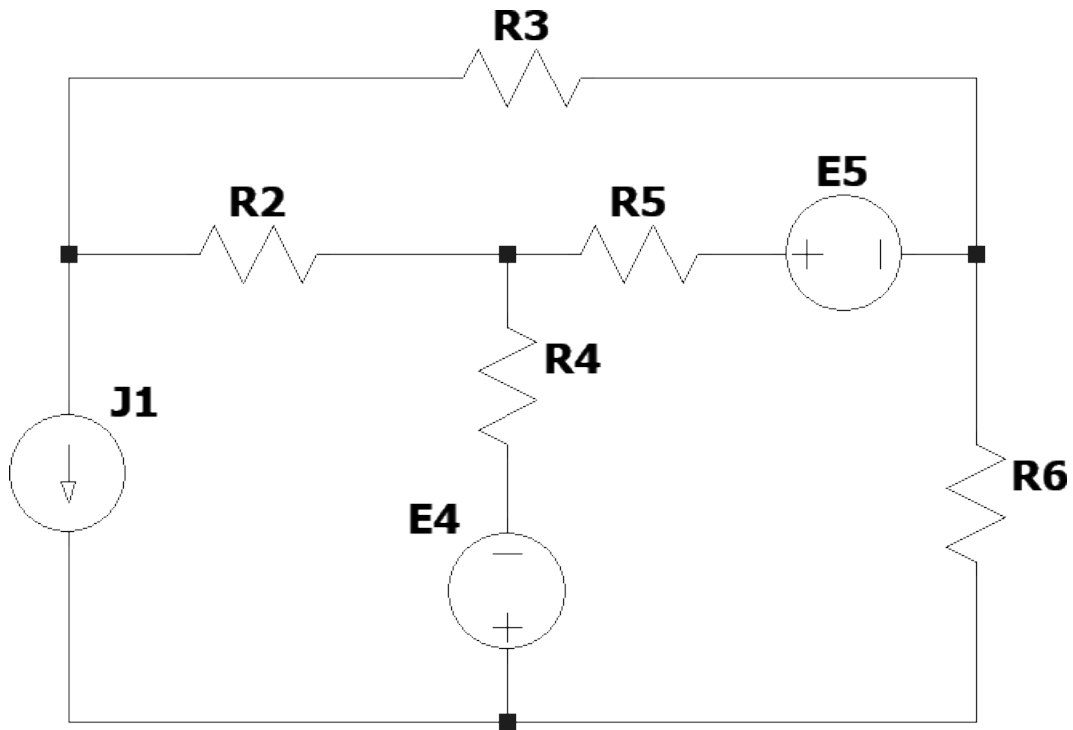
Проверила:
Никитина М.В. _____
«_____» _____ 201_г.

Выполнил:
Студент группы Р3255
Федюкович С. А. _____
Вариант 12

Санкт-Петербург

2018

Задание



Дано:

$$E_4 = 7[B]; E_5 = 24,5[B];$$
$$R_2 = 1[Ом]; R_3 = 9[Ом]; R_4 = 4[Ом];$$
$$R_5 = 7[Ом]; R_6 = 3[Ом]; J_1 = 0,3[A]$$

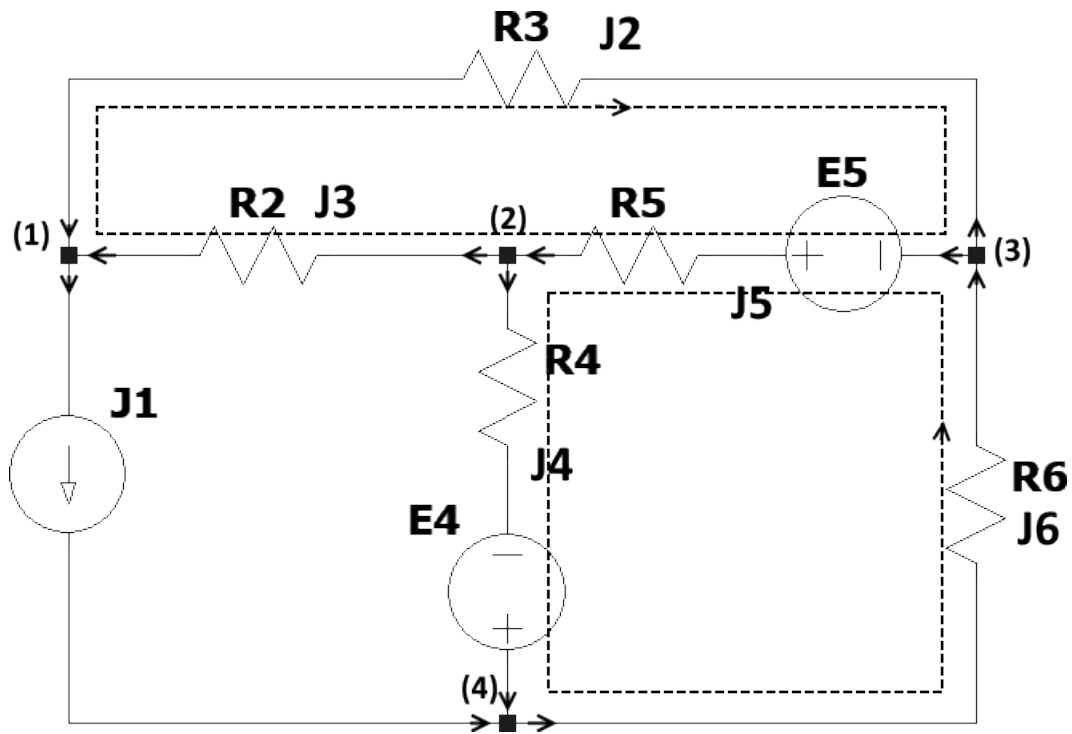
Найти:

1. Значения всех неизвестных токов, используя законы Кирхгофа и метод контурных токов.
2. Ток ветви $R_5—E_5$ методом эквивалентных преобразований.
3. Напряжение, приложенное к источнику тока, мощность всех источников энергии, всех резистивных элементов, суммарную мощность источников цепи и суммарную мощность потребителей цепи.

Решение

Задание 1

Решение через законы Кирхгофа



1. Определим топологию цепи:

$$p^* = 6; p_{\text{нт}} = 1; p = p^* - p_{\text{нт}} = 6 - 1 = 5$$

$$g = 4; n = p - (g - 1) = 5 - (4 - 1) = 2;$$

$$m_g = g - 1 = 3; m_f = n = 2$$

2. Система уравнений по законам Кирхгофа:

— в общем виде:

$$\begin{cases} J_2 + J_3 = J_1 & \text{для узла (1)} \\ J_5 - J_3 - J_4 = 0 & \text{для узла (2)} \\ J_6 - J_5 - J_2 = 0 & \text{для узла (3)} \\ R_6 J_6 + R_5 J_5 + R_4 J_4 = E_4 + E_5 & \text{для контура (3-2-4-3)} \\ R_5 J_5 + R_2 J_3 - R_3 J_2 = E_5 & \text{для контура (3-2-1-3)} \end{cases}$$

— в матричной форме:

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & R_4 & R_5 & R_6 \\ -R_3 & R_2 & 0 & R_5 & 0 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} J_2 \\ J_3 \\ J_4 \\ J_5 \\ J_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} J_1 \\ 0 \\ 0 \\ E_4 + E_5 \\ E_5 \end{vmatrix}$$

Подставив численные значения получаем:

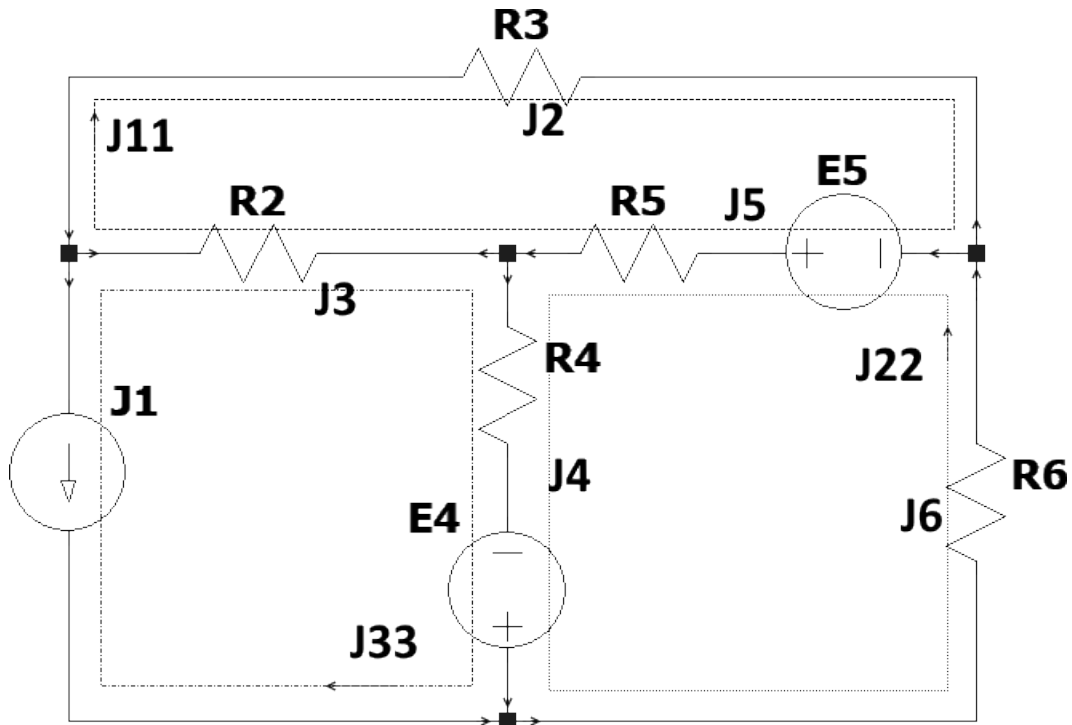
$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 4 & 7 & 3 \\ -9 & 1 & 0 & 7 & 0 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} J_2 \\ J_3 \\ J_4 \\ J_5 \\ J_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,3 \\ 0 \\ 0 \\ 7+24,5 \\ 24,5 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 4 & 7 & 3 \\ -9 & 1 & 0 & 7 & 0 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} J_2 \\ J_3 \\ J_4 \\ J_5 \\ J_5 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0,3 \\ 0 \\ 0 \\ 31,5 \\ 24,5 \end{vmatrix}$$

3. Решая систему с помощью онлайн калькулятора, получаем:

$$\begin{vmatrix} J_2 \\ J_3 \\ J_4 \\ J_5 \\ J_6 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -0,58 \\ 0,88 \\ 1,74 \\ 2,62 \\ 2,04 \end{vmatrix}, [\text{A}]$$

Решение методом контурных токов



1. Выберем произвольно направления действительных токов $J_2 - J_6$; $J_{33} = -J_1 = -0,3[\text{A}]$.
2. Выделим два контура и укажем направления соответствующих токов.
3. Определим собственные сопротивления токов:

$$R_{11} = R_3 + R_2 + R_5 = 9 + 1 + 7 = 17[\text{Ом}]$$

$$R_{22} = R_4 + R_5 + R_6 = 4 + 7 + 3 = 14[\text{Ом}]$$

4. Определим общие сопротивления токов:

$$R_{12} = R_{21} = R_5 = 7[\text{Ом}]$$

$$R_{13} = -R_2 = -1[\text{Ом}]$$

$$R_{23} = R_4 = 4[\text{Ом}]$$

5. Определим собственные ЭДС токов:

$$E_{11} = E_5 = 24,5[\text{В}]$$

$$E_{22} = E_5 + E_4 = 24,5 + 7 = 31,5[\text{В}]$$

6. Составим и решим систему уравнений в общем виде:

$$\begin{cases} R_{11}J_{11} + R_{12}J_{22} + R_{13}J_{33} = E_{11} & \text{для тока } J_{11} \\ R_{21}J_{11} + R_{22}J_{22} + R_{23}J_{33} = E_{22} & \text{для тока } J_{22} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 17J_{11} + 7J_{22} + (-1) \cdot (-0,3) = 24,5 \\ 7J_{11} + 14J_{22} + 4 \cdot (-0,3) = 31,5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 17J_{11} + 7J_{22} + 0,3 = 24,5 \\ 7J_{11} + 14J_{22} - 1,2 = 31,5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 17J_{11} + 7J_{22} = 24,2 \\ 7J_{11} + 14J_{22} = 32,7 \end{cases}$$

7. Решая систему с помощью онлайн калькулятора, получаем:

$$\begin{cases} J_{11} = 0,58[A] \\ J_{22} = 2,04[A] \end{cases}$$

8. Определим исходные токи:

$$J_2 = -J_{11} = -0,58[A];$$

$$J_3 = J_{11} - J_{33} = 0,58 - (-0,3) = 0,88[A];$$

$$J_4 = J_{22} + J_{33} = 2,04 + (-0,3) = 1,74[A];$$

$$J_5 = J_{11} + J_{22} = 0,58 + 2,04 = 2,62[A].$$

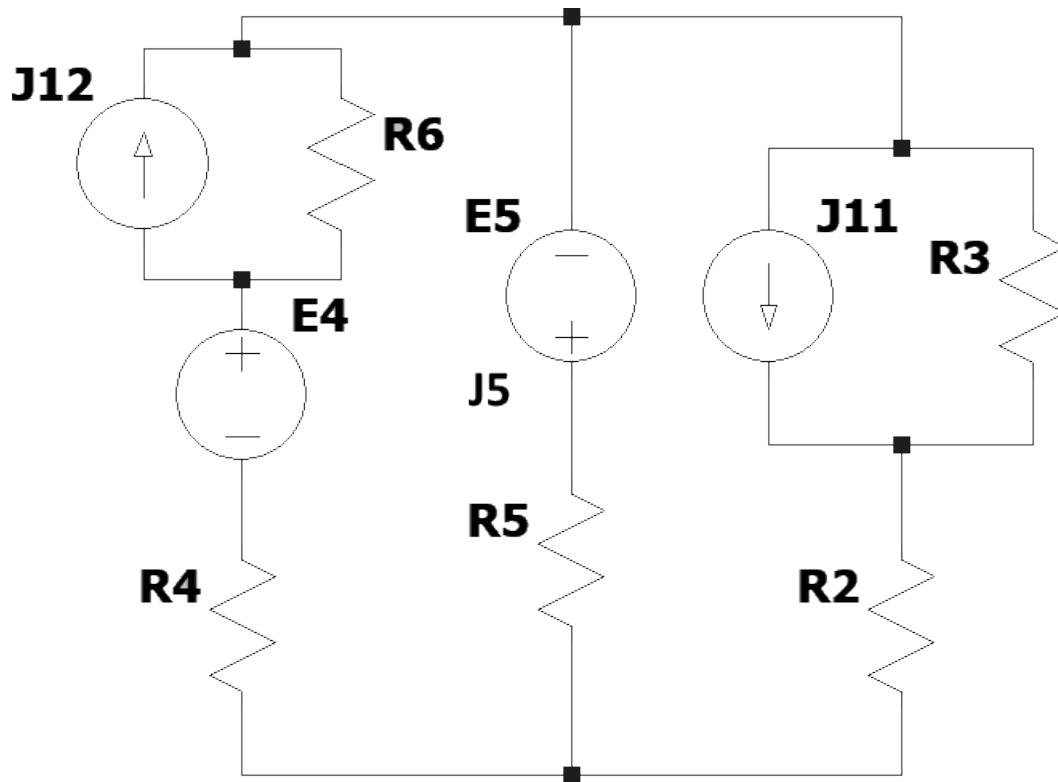
$$J_6 = J_{22} = 2,04[A];$$

Ответ: $J_2 = -0,58[A]; J_3 = 0,88[A]; J_4 = 1,74[A]; J_5 = 2,62[A]; J_6 = 2,04[A].$

Задание 2

1. J_1 расцепляем на контур R_6-R_3 :

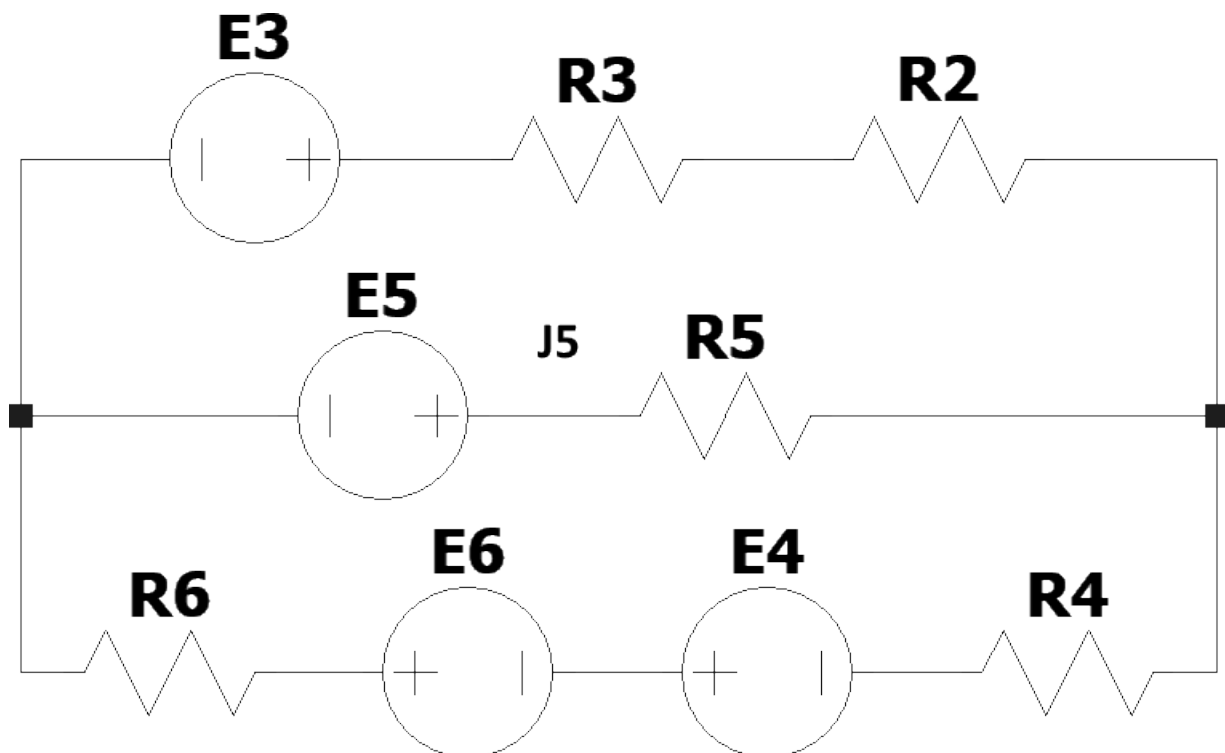
$$J_{11} = J_{12} = J_1 = 0,3[A]$$



2. $J_{11}||R_3 \rightarrow E_3-R_3$; $J_{12}||R_6 \rightarrow E_6-R_6$;

$$E_3 = J_{11} \cdot R_3 = 0,3 \cdot 9 = 2,7[B];$$

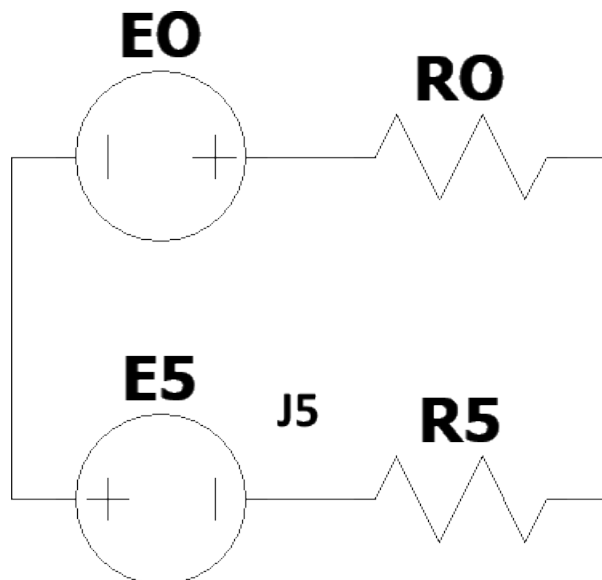
$$E_6 = J_{12} \cdot R_6 = 0,3 \cdot 3 = 0,9[B]$$



$$3. (R_6, E_6, E_4, R_4) || (E_3, R_3, R_2) \rightarrow E_o, R_o$$

$$R_o = \frac{(R_6 + R_4) \cdot (R_3 + R_2)}{R_6 + R_4 + R_3 + R_2} = \frac{(3+4) \cdot (9+1)}{3+4+9+1} = 4,12[\text{OM}]$$

$$E_o = \frac{(E_6 + E_4) / (R_6 + R_4) + E_3 / (R_3 + R_2)}{1 / (R_6 + R_4) + 1 / (R_3 + R_2)} = \frac{(0,9+7) / (3+4) + 2,7 / (9+1)}{1 / (3+4) + 1 / (9+1)} = 5,76[B]$$



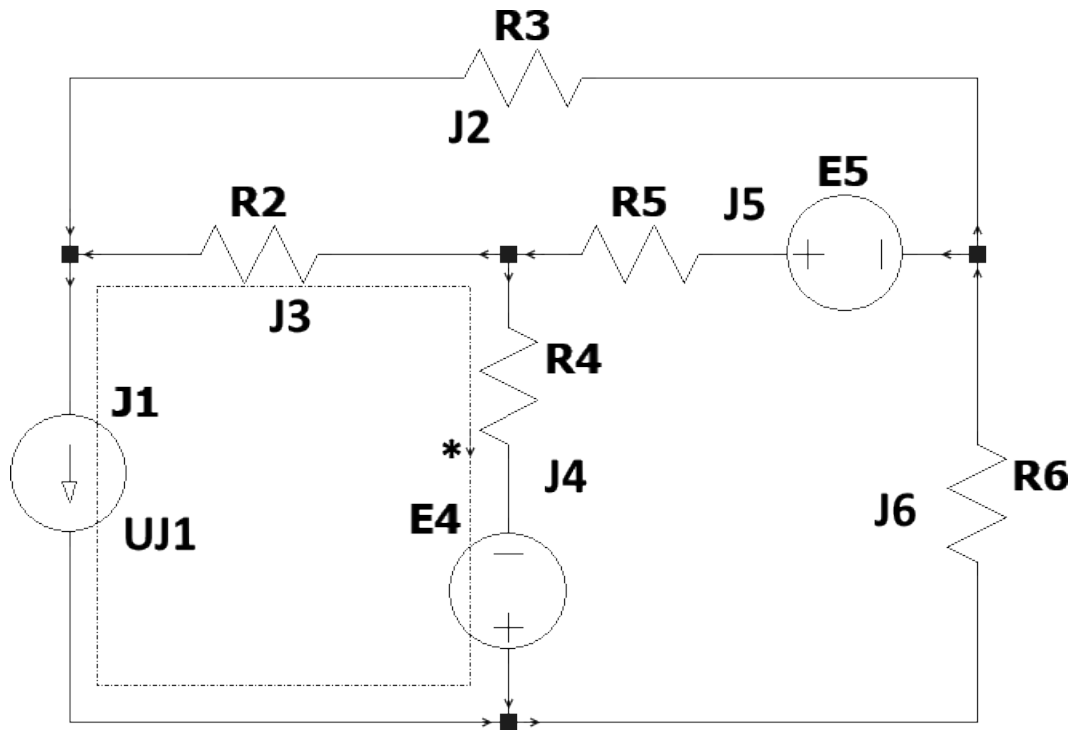
4. По второму закону Кирхгофа:

$$J_5(R_o + R_5) = E_5 + E_o$$

$$J_5 = \frac{E_5 + E_o}{R_o + R_5} = \frac{24,5 + 5,76}{4,12 + 7} = 2,62[A]$$

Ответ: $J_5 = 2,62[A]$.

Задание 3



1. Определим U_{J1} по второму закону Кирхгофа для контура (*):

$$-U_{J1} + R_4 J_4 - R_2 J_2 = E_4$$

$$U_{J1} = -E_4 - R_2 J_3 + R_4 J_4 = 7 - 1 \cdot 0,88 + 4 \cdot 1,74 = -0,92[B]$$

2. Определим мощности источников:

$$P_{J1} = -U_{J1} J_1 = -(-0,92) \cdot 0,3 = 0,28[Вт]$$

$$P_{E4} = E_4 J_4 = 7 \cdot 1,74 = 12,18[Вт]$$

$$P_{E5} = E_5 J_5 = 24,5 \cdot 2,62 = 64,19[Вт]$$

3. Определим мощности резистивных элементов:

$$P_{R2} = R_2 J_3^2 = 1 \cdot 0,88^2 = 0,77[Вт]$$

$$P_{R3} = R_3 J_2^2 = 9 \cdot (-0,58)^2 = 3,03[Вт]$$

$$P_{R4} = R_4 J_4^2 = 4 \cdot 1,74^2 = 12,11[Вт]$$

$$P_{R5} = R_5 J_5^2 = 7 \cdot 2,62^2 = 48,05[Вт]$$

$$P_{R6} = R_6 J_6^2 = 3 \cdot 2,04^2 = 12,48[Вт]$$

4. Определим суммарные мощности:

$$P_{\text{и}} = P_{J1} + P_{E4} + P_{E5} = 0,28 + 12,18 + 64,19 = 76,65[Вт]$$

$$P_{\text{р}} = P_{R2} + P_{R3} + P_{R4} + P_{R5} + P_{R6} = 0,77 + 3,03 + 12,11 + 48,05 + 12,48 = 76,44[Вт]$$

Ответ:

$$U_{J1} = -0,92[B]; P_{J1} = 0,28[Вт]; P_{E4} = 12,18[Вт]; P_{E5} = 64,19[Вт]$$

$$P_{R2} = 0,77[Вт]; P_{R3} = 3,03[Вт]; P_{R4} = 12,11[Вт]; P_{R5} = 48,05[Вт]; P_{R6} = 12,48[Вт]$$

$$P_{\text{и}} = 76,65[Вт]; P_{\text{р}} = 76,44[Вт]$$