



Основы электротехники

Домашнее задание №1

Расчет цепей постоянного тока

Группа Р3332

Вариант 055

Выполнил: Чмурова Мария Владиславовна

Дата сдачи: 29.09.2024

Контрольный срок защиты: 04.12.2024

Количество баллов:

СПБ – 2024

Оглавление

Домашнее задание №1	3
а) Расчет по законам Кирхгофа	4
б) Расчет методом контурных токов (МКТ)	7
в) Расчет методом эквивалентных преобразований (МЭП).....	9
г) Расчет баланса мощностей (БМ)	12

Домашнее задание №1

Дано:

$$\leftarrow J_5 = 0,7 \text{ [A]}, \leftarrow E_2 = 16 \text{ [В]}, \uparrow E_4 = 34 \text{ [В]}$$

$$R_1 = 2 \text{ [Ом]}, R_2 = 3 \text{ [Ом]}, R_3 = 4 \text{ [Ом]}, R_4 = 9 \text{ [Ом]}, R_6 = 7 \text{ [Ом]}$$

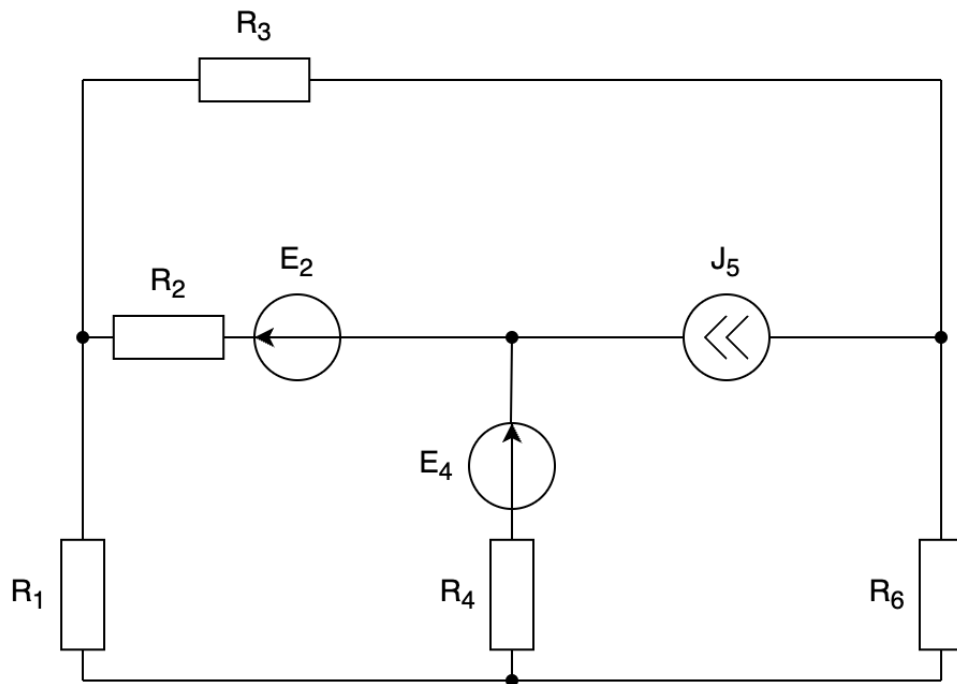


Рисунок 1. Схема

Найти:

Рассчитать значения всех неизвестных токов, используя: а) законы

Кирхгофа, б) метод контурных токов или метод узловых напряжений. в) Рассчитать ток любой ветви, содержащей источник ЭДС, методом эквивалентных преобразований или методом эквивалентного генератора. г) Определить напряжение, приложенное к источнику тока. Определить мощность всех источников энергии, всех резистивных элементов, суммарную мощность источников цепи и суммарную мощность потребителей цепи.

а) Расчет по законам Кирхгофа

Дано:

$$\leftarrow J_5 = 0,7 \text{ [A]}, \leftarrow E_2 = 16 \text{ [В]}, \uparrow E_4 = 34 \text{ [В]}$$

$$R_1 = 2 \text{ [Ом]}, R_2 = 3 \text{ [Ом]}, R_3 = 4 \text{ [Ом]}, R_4 = 9 \text{ [Ом]}, R_6 = 7 \text{ [Ом]}$$

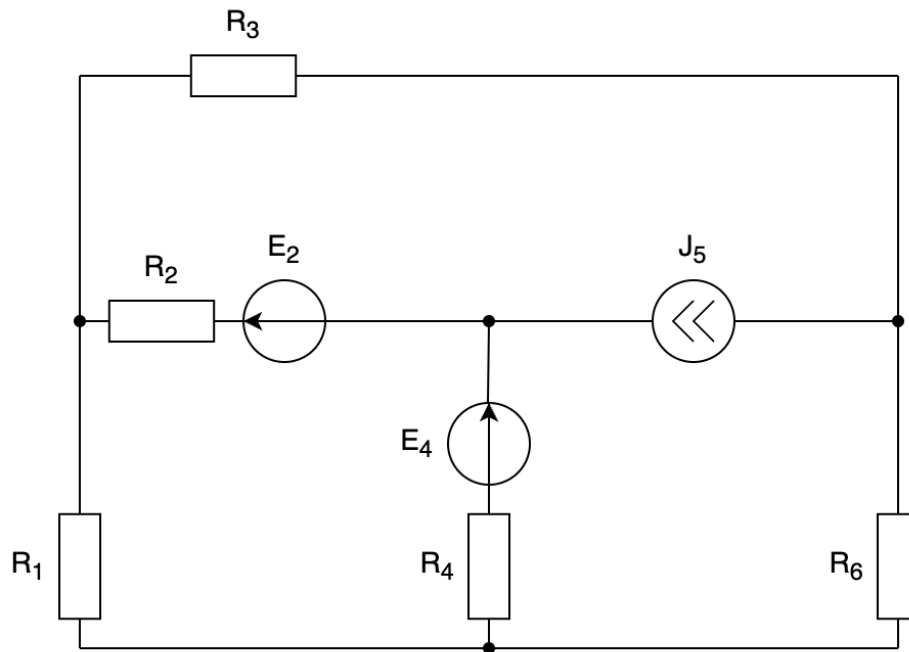


Рисунок 2. Схема

Найти:

Все неизвестные токи, используя ЗК

Решение:

1. Определение топологии цепи:

$$p^* = 6$$

$$p_{\text{ит}} = 1$$

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

$$q = 4$$

$$n = p - (q - 1) = 2$$

$$m_I = q - 1 = 3$$

$$m_{II} = n = 1$$

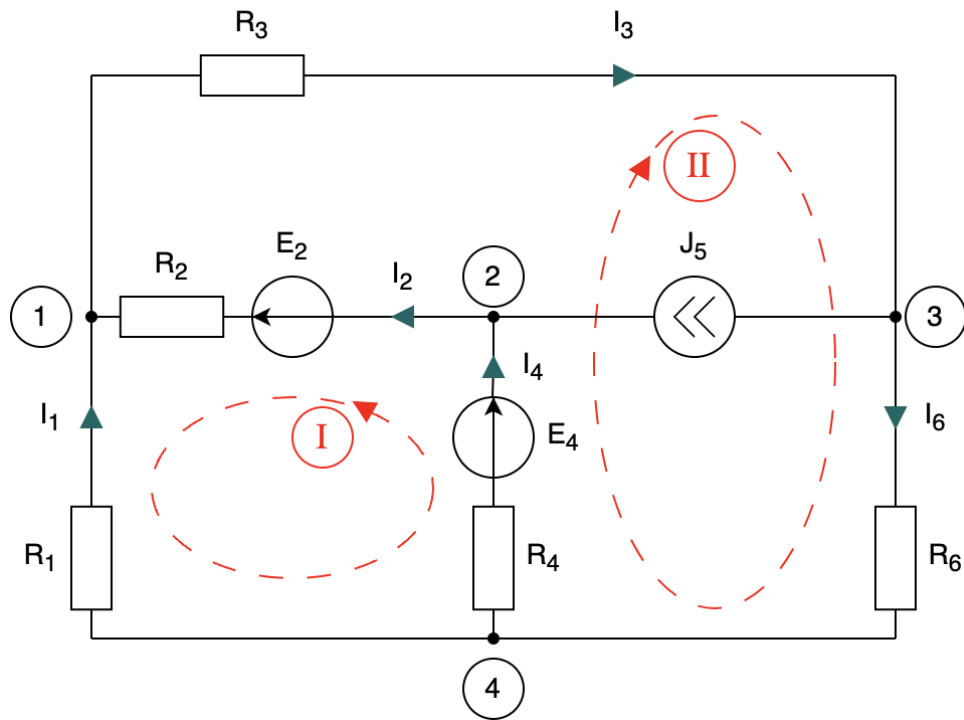


Рисунок 3. Схема

2. Система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ЗКИ. 1: } I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ \text{ЗКИ. 3: } I_3 - I_6 = J \\ \text{ЗКИ. 4: } -I_1 - I_4 + I_6 = 0 \\ \text{ЗКИ. I: } -I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_4 R_4 = E_2 + E_4 \\ \text{ЗКИ. II: } I_2 R_2 + I_3 R_3 + I_4 R_4 + I_6 R_6 = E_2 + E_4 \end{array} \right.$$

Или в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ -R_1 & R_2 & 0 & R_4 & 0 \\ 0 & R_2 & R_3 & R_4 & R_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ J \\ 0 \\ E_2 + E_4 \\ E_2 + E_4 \end{bmatrix}$$

Подставив численные значения, получится:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ -2 & 3 & 0 & 9 & 0 \\ 0 & 3 & 4 & 9 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,7 \\ 0 \\ 50 \\ 50 \end{bmatrix}$$

3. Решив систему уравнений:

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -3,149 \\ 4,167 \\ 1,018 \\ 3,467 \\ 0,318 \end{pmatrix}$$

Ответ:

$I_1 = -3,149 \text{ [A]}, I_2 = 4,167 \text{ [A]}, I_3 = 1,018 \text{ [A]}, I_4 = 3,467 \text{ [A]}, I_6 = 0,318 \text{ [A]}$

б) Расчет методом контурных токов (МКТ)

Дано:

$$\leftarrow J_5 = 0,7 \text{ [A]}, \leftarrow E_2 = 16 \text{ [В]}, \uparrow E_4 = 34 \text{ [В]}$$

$$R_1 = 2 \text{ [Ом]}, R_2 = 3 \text{ [Ом]}, R_3 = 4 \text{ [Ом]}, R_4 = 9 \text{ [Ом]}, R_6 = 7 \text{ [Ом]}$$

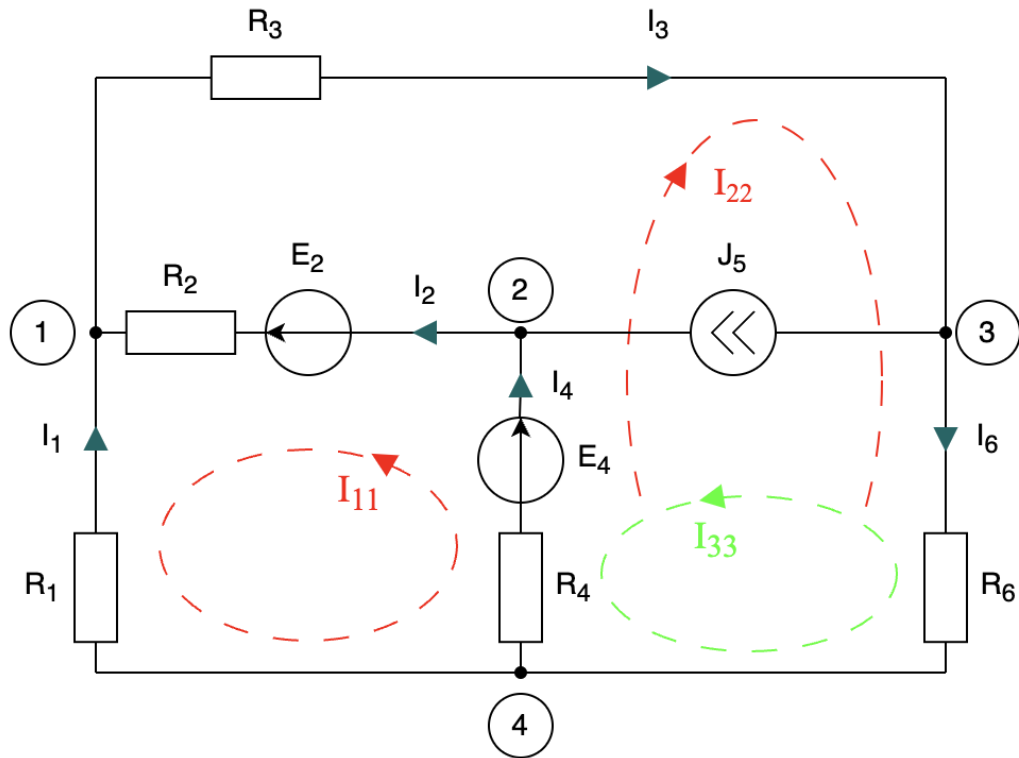


Рисунок 4. Схема

$$I_{33} = 0,7 \text{ [A]}$$

Найти:

Все неизвестные токи, используя МКТ.

Решение:

1. Определение топологии цепи:

$$p^* = 6$$

$$p_{\text{ит}} = 1$$

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

$$q = 4$$

$$n = p - (q - 1) = 2$$

$$m = p_{\text{ит}} = 1$$

$$s = n + m = 2 + 1 = 3$$

2. Для рассматриваемой схемы необходимо составить систему вида:

$$\begin{cases} R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} + R_{13}I_{33} = E_{11} \\ R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} + R_{23}I_{33} = E_{22} \end{cases}$$

Или

$$\begin{cases} (R_1 + R_2 + R_4)I_{11} + (R_2 + R_4)I_{22} - R_4I_{33} = E_2 + E_4 \\ (R_2 + R_4)I_{11} + (R_2 + R_3 + R_4 + R_6)I_{22} - (R_4 + R_6)I_{33} = E_2 + E_4 \end{cases}$$

Подставив численные значения:

$$\begin{cases} 14I_{11} + 12I_{22} = 56,3 \\ 12I_{11} + 23I_{22} = 61,2 \end{cases}$$

И решая систему уравнений получим:

$$I_{11} = 3,149 \text{ [A]}, I_{22} = 1,018 \text{ [A]}$$

3. Поиск искомых токов через контурные токи:

$$I_1 = -I_{11} = -3,149 \text{ [A]}$$

$$I_2 = I_{11} + I_{22} = 4,167 \text{ [A]}$$

$$I_3 = I_{22} = 1,018 \text{ [A]}$$

$$I_4 = I_{11} + I_{22} - I_{33} = 3,467 \text{ [A]}$$

$$I_5 = I_{22} - I_{33} = 0,318 \text{ [A]}$$

Ответ:

$$I_1 = -3,149 \text{ [A]}, I_2 = 4,167 \text{ [A]}, I_3 = 1,018 \text{ [A]}, I_4 = 3,467 \text{ [A]}, I_6 = 0,318 \text{ [A]}$$

в) Расчет методом эквивалентных преобразований (МЭП)

Дано:

$$\leftarrow J_5 = 0,7 \text{ [A]}, \leftarrow E_2 = 16 \text{ [В]}, \uparrow E_4 = 34 \text{ [В]}$$

$$R_1 = 2 \text{ [Ом]}, R_2 = 3 \text{ [Ом]}, R_3 = 4 \text{ [Ом]}, R_4 = 9 \text{ [Ом]}, R_6 = 7 \text{ [Ом]}$$

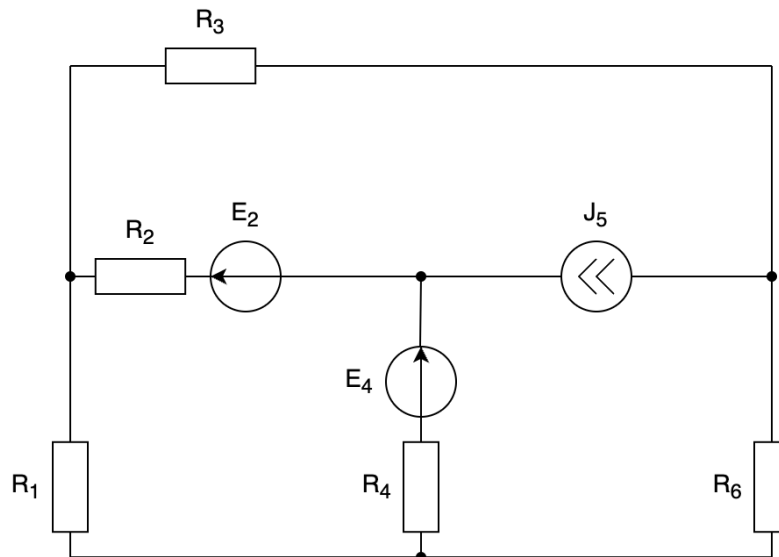


Рисунок 5. Схема

Найти:

Найти ток через источник ЭДС МЭП (I_2)

Решение:

1. Расщепляем J на R_6, R_4, E_4

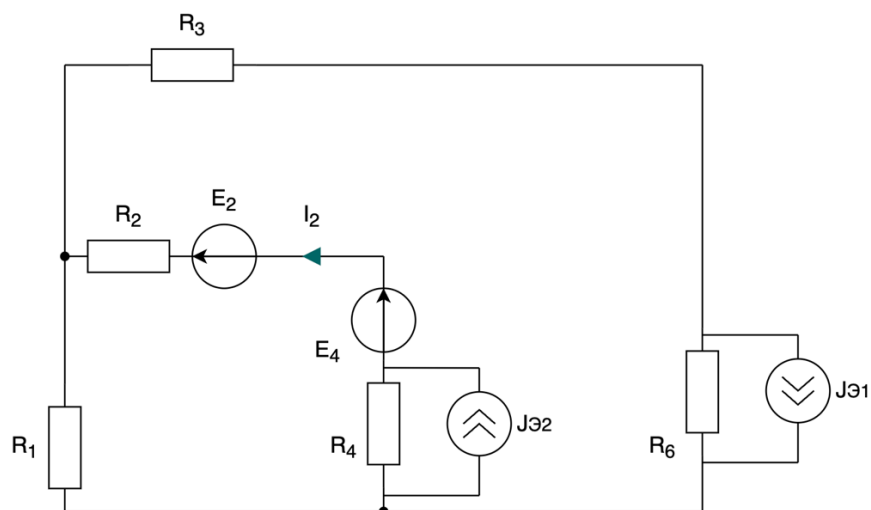


Рисунок 6. Преобразование [18]

2. $J_{\Sigma 1}$ парал. $R_6 \rightarrow E_6$ посл. R_6

$J_{\Sigma 2}$ парал. $R_4 \rightarrow E_3$ посл. R_4

$$E_6 = R_6 \cdot J_{\Sigma 1} = 7 \cdot 0,7 = 4,9 [B]$$

$$E_3 = R_4 \cdot J_{\Sigma 2} = 9 \cdot 0,7 = 6,3 [B]$$

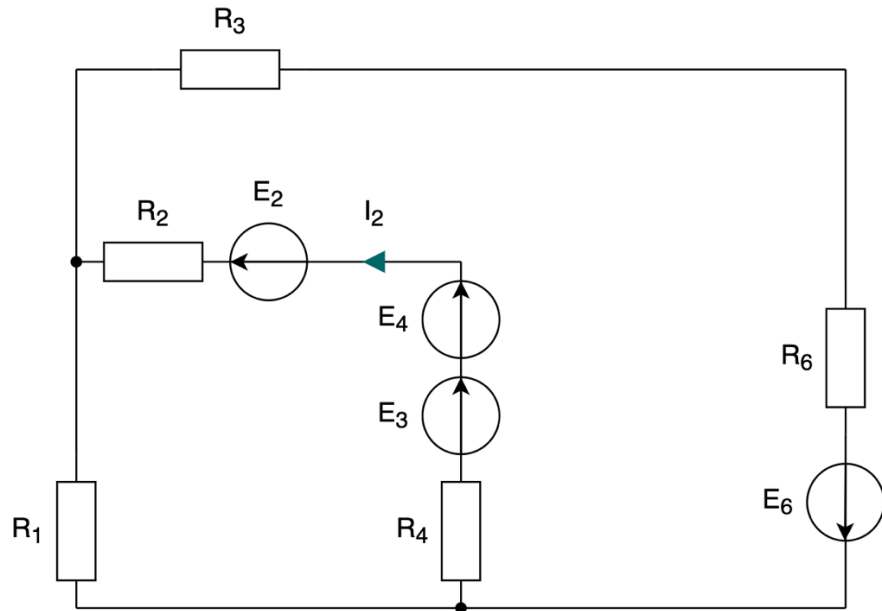


Рисунок 7. Преобразование [1a]

3. R_3 посл. $R_6 \rightarrow R_{36}$

$$R_{36} = R_3 + R_6 = 4 + 7 = 11 [Ом]$$

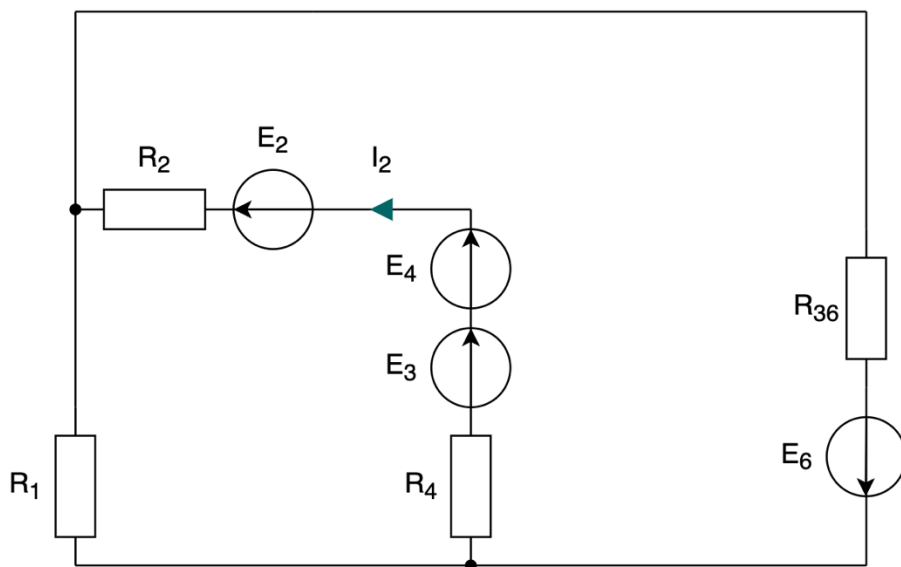


Рисунок 8. Преобразование [2a]

4. (R_{36} посл. E_6) парал. $R_1 \rightarrow R_3$ посл. E_3

$$R_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{36}}} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{11}} = 1,692 \text{ [Ом]}$$

$$E_3 = R_3 \cdot \frac{E_6}{R_{36}} = 1,692 \cdot \frac{4,9}{11} = 0,754 \text{ [В]}$$

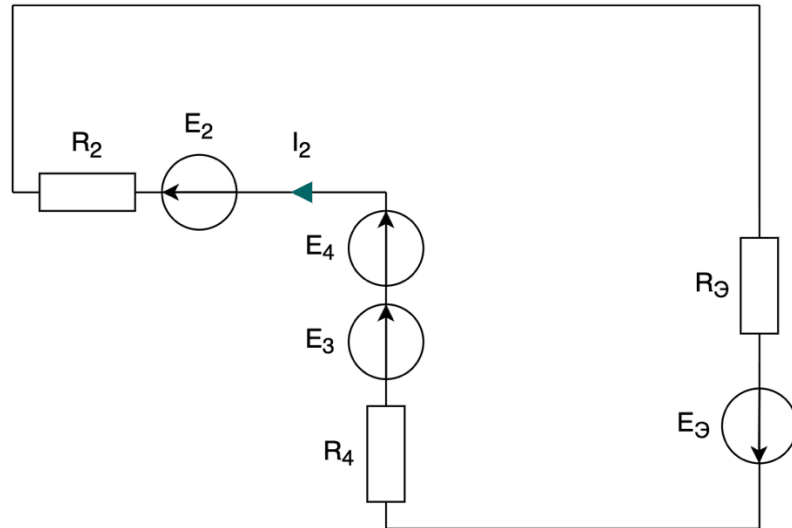


Рисунок 9. Преобразование [32]

5. Схема сведена к одноконтурной относительно ветви с искомым током.

Искомый ток I_2 определяется с использованием ЗКП:

$$(R_2 + R_4 + R_3)I_2 = E_2 + E_3 + E_3 + E_4$$

$$I_2 = \frac{E_2 + E_3 + E_3 + E_4}{R_2 + R_4 + R_3} = \frac{16 + 0,754 + 6,3 + 34}{3 + 9 + 1,692} = 4,167 \text{ [А]}$$

Ответ:

$$I_2 = 4,167 \text{ [А]}$$

г) Расчет баланса мощностей (БМ)

Дано:

$$\leftarrow J_5 = 0,7 \text{ [A]}, \leftarrow E_2 = 16 \text{ [В]}, \uparrow E_4 = 34 \text{ [В]}$$

$$R_1 = 2 \text{ [Ом]}, R_2 = 3 \text{ [Ом]}, R_3 = 4 \text{ [Ом]}, R_4 = 9 \text{ [Ом]}, R_6 = 7 \text{ [Ом]}$$

$$I_1 = -3,149 \text{ [A]}, I_2 = 4,167 \text{ [A]}, I_3 = 1,018 \text{ [A]}, I_4 = 3,467 \text{ [A]}, I_6 = 0,318 \text{ [A]}$$

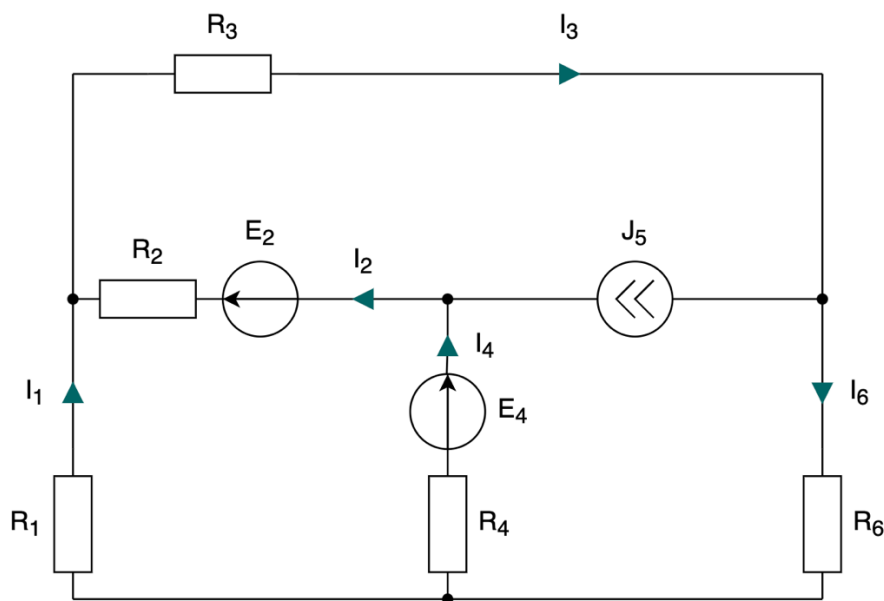


Рисунок 10. Схема

Найти:

U_J , мощности всех элементов цепи, суммарные мощности источников и приемников, показать, что соблюдается БМ.

Решение:

1. Определение U_J по ЗКП для контура (*)

$$-R_6 I_6 - R_4 I_4 + U_J = -E_4$$

$$U_J = -E_4 + R_6 I_6 + R_4 I_4 = -34 + 7 \cdot 0,318 + 9 \cdot 3,467 = -0,571 \text{ [В]}$$

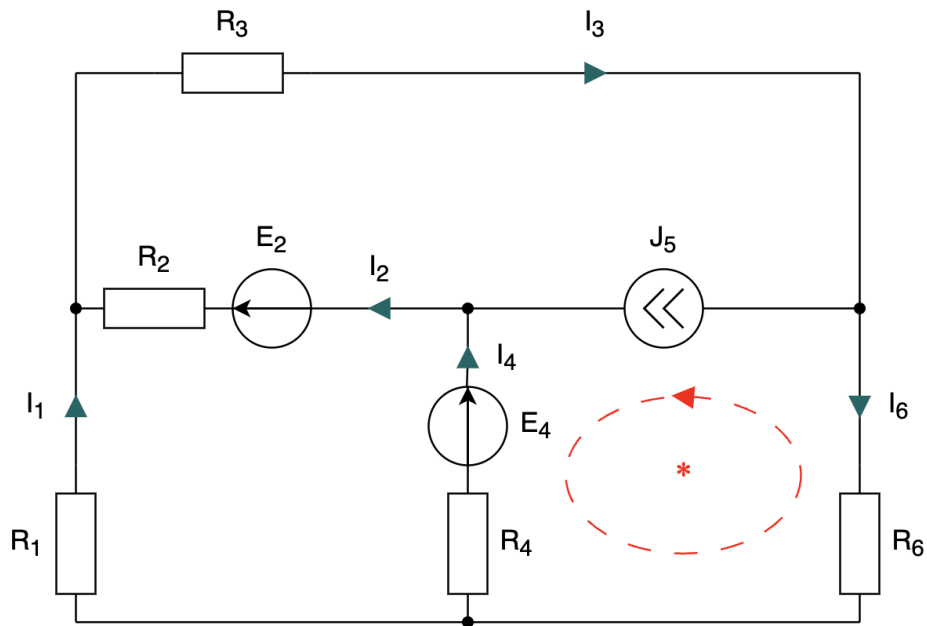


Рисунок 11. Схема

2. Определение мощностей элементов:

$$P_J = -U_J \cdot J = 0,571 \cdot 0,7 = 0,4 \text{ [Вт]}$$

$$P_{E2} = E_2 \cdot I_2 = 16 \cdot 4,167 = 66,672 \text{ [Вт]}$$

$$P_{E4} = E_4 \cdot I_4 = 34 \cdot 3,467 = 117,878 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R1} = R_1 \cdot I_1^2 = 2 \cdot 3,149^2 = 19,832 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R2} = R_2 \cdot I_2^2 = 3 \cdot 4,167^2 = 52,092 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R3} = R_3 \cdot I_3^2 = 4 \cdot 1,018^2 = 4,145 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R4} = R_4 \cdot I_4^2 = 9 \cdot 3,467^2 = 108,181 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R6} = R_6 \cdot I_6^2 = 7 \cdot 0,318^2 = 0,708 \text{ [Вт]}$$

3. Баланс мощностей:

- Суммарная мощность источников:

$$P_{\text{И}} = P_J + P_{E2} + P_{E4} = 0,4 + 66,672 + 117,878 = 184,950 \text{ [Вт]}$$

- Суммарная мощность потребителей:

$$\begin{aligned} P_{\text{П}} &= P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + P_{R4} + P_{R6} = \\ &= 19,832 + 52,092 + 4,145 + 108,181 + 0,708 = 184,958 \text{ [Вт]} \end{aligned}$$

$P_{\text{И}} = P_{\text{П}} = 184,95 \text{ [Вт]}$ баланс мощностей сошелся

Ответ:

$$I_1 = -3,149 \text{ [A]}, I_2 = 4,167 \text{ [A]}, I_3 = 1,018 \text{ [A]}, I_4 = 3,467 \text{ [A]}, I_6 = 0,318 \text{ [A]},$$

$$U_J = -0,571 \text{ [ВТ]}, P_J = 0,4 \text{ [ВТ]}, P_{E2} = 66,672 \text{ [ВТ]}, P_{E3} = 117,878 \text{ [ВТ]}$$

$$P_{R1} = 19,832 \text{ [ВТ]}, P_{R2} = 52,092 \text{ [ВТ]}, P_{R3} = 4,145 \text{ [ВТ]}, P_{R4} = 108,181 \text{ [ВТ]},$$

$$P_{R6} = 0,708 \text{ [ВТ]}, P_{\text{И}} = P_{\text{П}} = 184,95 \text{ [ВТ]}$$