



ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Домашнее задание №1

Расчет цепей постоянного тока

Группа *P3332*

Вариант *115*

Выполнил(а): *Ястребов-Амирханов Алекси*

Дата сдачи: **24.10.2025**

Контрольный защиты: **27.10.2025**

Количество баллов:

СПб – 2025

Цель работы: рассчитать значения всех неизвестных токов, используя:

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

Исходные данные для выполнения лабораторной работы:

Вариант	Схема	Параметры источников энергии: $J[A]$, $E[V]$			Параметры резисторов $[Ом]$					
					1	2	3	4	5	6
115	1	$\uparrow J_1=1,45$	$\rightarrow E_5=30$	$\uparrow E_6=13$	-	2	3	8	5	9

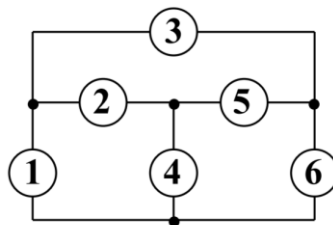
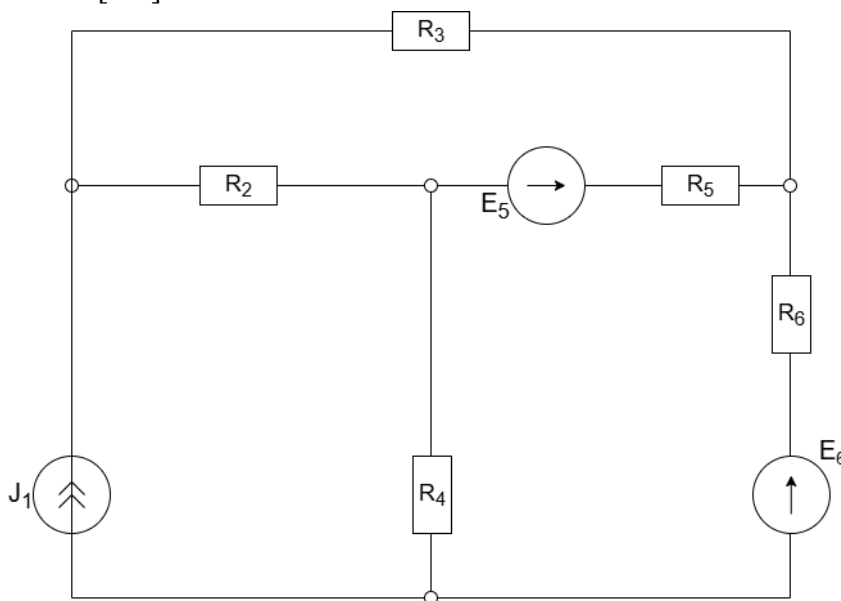


Схема 1

ЗАДАНИЕ:

ДАНО: $J_1=1,45 [A]$, $E_5=30 [V]$, $E_6=13 [V]$, $R_2 = 2 [Ом]$, $R_3 = 3 [Ом]$, $R_4 = 8 [Ом]$, $R_5 = 5 [Ом]$, $R_6 = 9 [Ом]$.

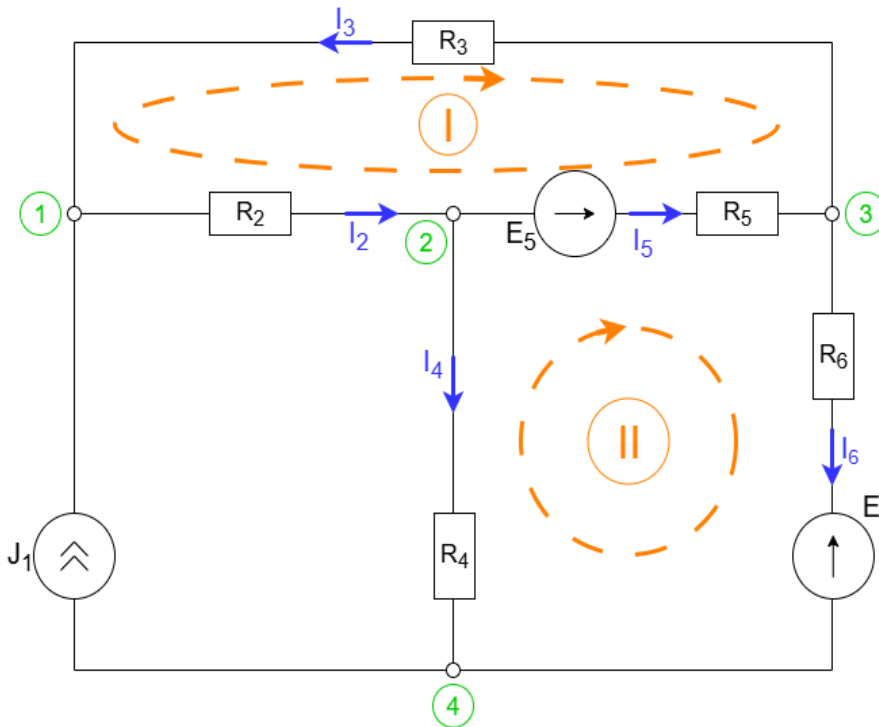


НАЙТИ: значения всех неизвестных токов, используя: I) законы Кирхгофа, II) метод контурных токов или метод узловых напряжений; III) значение тока любой ветви, содержащей источник ЭДС, методом эквивалентных преобразований или методом эквивалентного генератора; IV) значение напряжения, приложенного к источнику

тока; значения мощностей всех источников энергии, всех резистивных элементов, суммарной мощности источников цепи и суммарной мощности потребителей цепи.

РЕШЕНИЕ:

I Расчет по законам Кирхгофа



ДАНО: $J_1 = 1,45$ [A],
 $E_5 = 30$ [B],
 $E_6 = 13$ [B],
 $R_2 = 2$ [Ом],
 $R_3 = 3$ [Ом],
 $R_4 = 8$ [Ом],
 $R_5 = 5$ [Ом],
 $R_6 = 9$ [Ом].

Найти: значения всех неизвестных токов, используя законы Кирхгофа.

Решение:

1) Определение топологии цепи

- общее количество ветвей в цепи $p^* = 6$
- количество ветвей с источниками тока $p_{\text{ит}} = 1$
- количество ветвей с неизвестными токами $p = p^* - p_{\text{ит}} = 5$
- количество узлов $q = 4$
- количество независимых контуров $n = p - (q - 1) = 5 - (4 - 1) = 2$
- количество уравнений по ЗКИ $m_I = q - 1 = 4 - 1 = 3$
- количество уравнений по ЗКП $m_{II} = n = 2$

2) Система уравнений по законам Кирхгофа

$$\begin{array}{l}
 \text{ЗКИ-1} \\
 \text{ЗКИ-2} \\
 \text{ЗКИ-3} \\
 \text{ЗКП-I} \\
 \text{ЗКП-II}
 \end{array}
 \left\{
 \begin{array}{l}
 I_3 - I_2 + J_1 = 0 \\
 I_2 - I_5 - I_4 = 0 \\
 -I_3 + I_5 - I_6 = 0 \\
 -I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_5 R_5 = -E_5 \\
 -I_4 R_4 + I_5 R_5 + I_6 R_6 = -E_6 + E_5
 \end{array}
 \right.$$

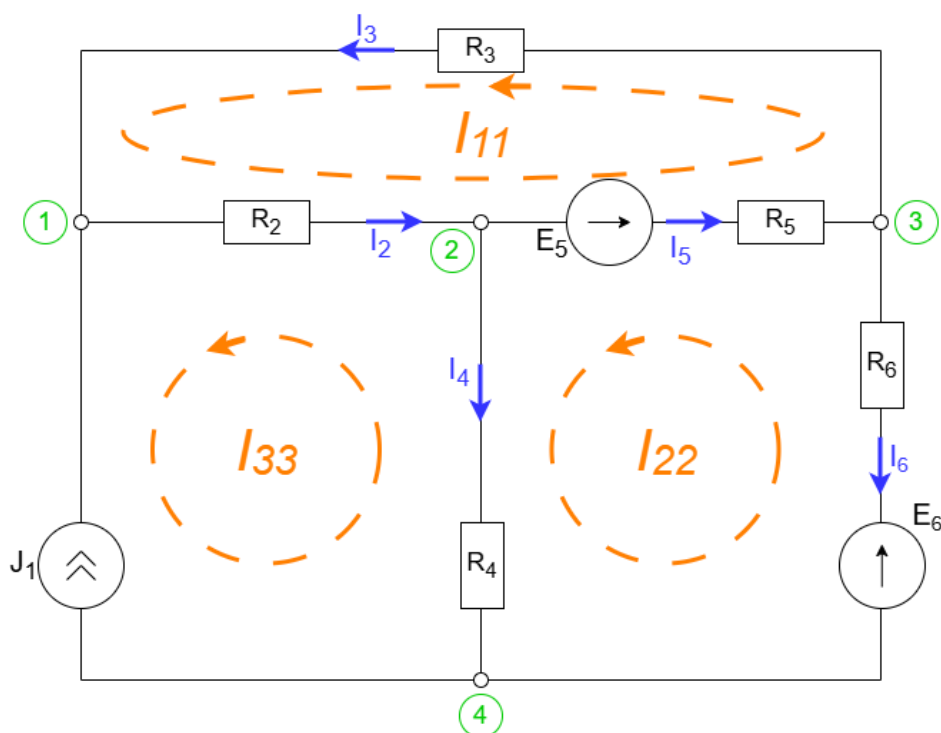
$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ -R_2 & -R_3 & 0 & -R_5 & 0 \\ 0 & 0 & -R_4 & R_5 & R_6 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -J_1 \\ 0 \\ 0 \\ -E_5 \\ -E_6 + E_5 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ -2 & -3 & 0 & -5 & 0 \\ 0 & 0 & -8 & 5 & 9 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1,45 \\ 0 \\ 0 \\ -30 \\ -13 + 30 \end{pmatrix}$$

3) Решение системы уравнений

$$\begin{pmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & -1 \\ -2 & -3 & 0 & -5 & 0 \\ 0 & 0 & -8 & 5 & 9 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} -1,45 \\ 0 \\ 0 \\ -30 \\ 17 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14719 \\ 3900 \\ 2266 \\ 975 \\ 529 \\ 780 \\ 6037 \\ 1950 \\ 301 \\ 390 \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} 3,774 \\ 2,324 \\ 0,678 \\ 3,096 \\ 0,772 \end{pmatrix}, [\text{A}]$$

IIa Расчет методом контурных токов



ДАНО: $J_1 = 1,45 \text{ [A]}$,
 $E_5 = 30 \text{ [В]}$,
 $E_6 = 13 \text{ [В]}$,
 $R_2 = 2 \text{ [Ом]}$,
 $R_3 = 3 \text{ [Ом]}$,
 $R_4 = 8 \text{ [Ом]}$,
 $R_5 = 5 \text{ [Ом]}$,
 $R_6 = 9 \text{ [Ом]}$.

Найти: значения
 всех неизвестных
 токов, используя
 МКТ.

Решение:

1) Определение топологии цепи

- общее количество ветвей в цепи $p^* = 6$
- количество ветвей с источниками тока $p_{\text{ит}} = 1$
- количество ветвей с неизвестными токами $p = p^* - p_{\text{ит}} = 5$
- количество узлов $q = 4$
- количество неизвестных контурных токов

$$n = p - (q - 1) = 5 - (4 - 1) = 2$$

- количество известных контурных токов $m = p_{\text{ит}} = 1$, $J_{33} = -J_1 = -1,45 \text{ [A]}$
- общее количество контурных токов $s = n + m = 2 + 1 = 3$

2) Решение системы уравнений

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

$$\begin{cases} (R_2 + R_3 + R_5)I_{11} - R_5I_{22} - R_2I_{33} = E_5 \\ -R_5I_{11} + (R_4 + R_5 + R_6)I_{22} - R_4I_{33} = E_6 - E_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 10I_{11} - 5I_{22} = 30 - 2,9 \\ -5I_{11} + 22I_{22} = 13 - 30 - 11,6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 10I_{11} - 5I_{22} = 27,1 \\ -5I_{11} + 22I_{22} = -28,6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} = \frac{2266}{975} \approx 2,324 \\ I_{22} = -\frac{301}{390} \approx -0,772 \end{cases}$$

3) Определение искоемых токов

$$I_2 = I_{11} - I_{33} = \frac{2266}{975} - (-1,45) = \frac{14719}{3900} \approx 3,774$$

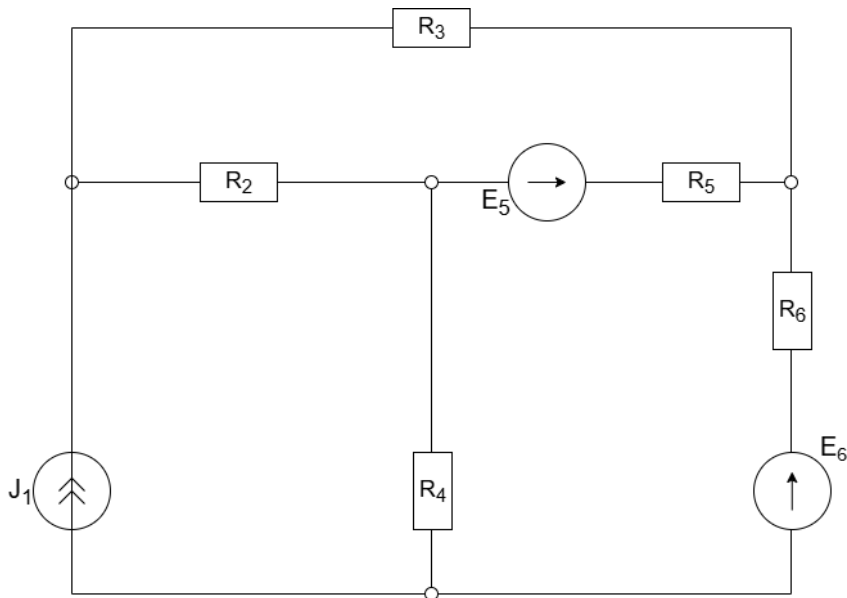
$$I_3 = I_{11} = \frac{2266}{975} \approx 2,324$$

$$I_4 = I_{22} - I_{33} = -\frac{301}{390} + 1,45 = \frac{529}{780} \approx 0,678$$

$$I_5 = I_{11} - I_{22} = \frac{2266}{975} + \frac{301}{390} = \frac{6037}{1950} \approx 3.096$$

$$I_6 = -I_{22} = -\left(-\frac{301}{390}\right) \approx 0,772$$

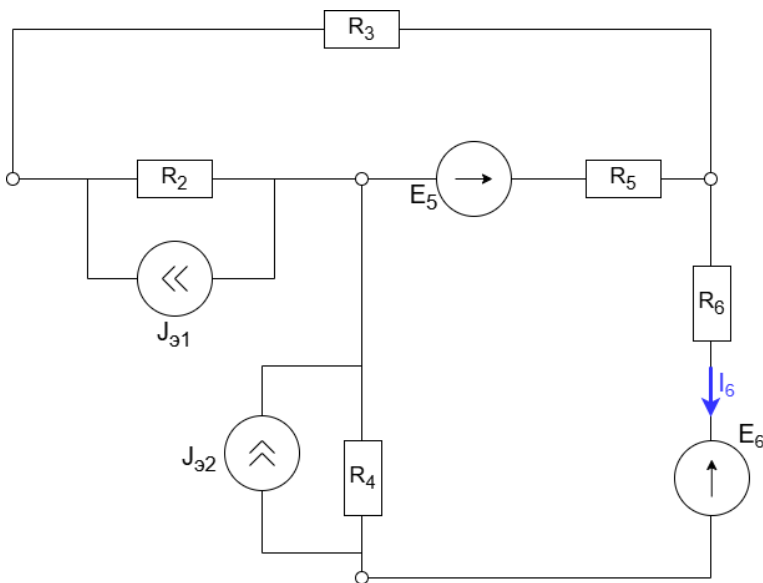
Ша Расчет методом эквивалентных преобразований (МЭП)



ДАНО: $J_1 = 1,45$ [А],
 $E_5 = 30$ [В],
 $E_6 = 13$ [В],
 $R_2 = 2$ [Ом],
 $R_3 = 3$ [Ом],
 $R_4 = 8$ [Ом],
 $R_5 = 5$ [Ом],
 $R_6 = 9$ [Ом].

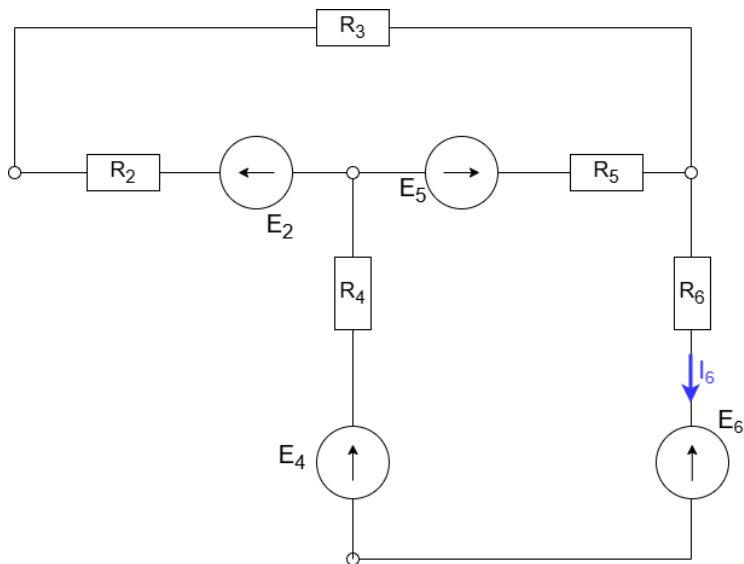
Найти: найти ток через
 любой источник ЭДС
 МЭП (I_6)

Решение:



1) Расщепляем J на R_2, R_4 .

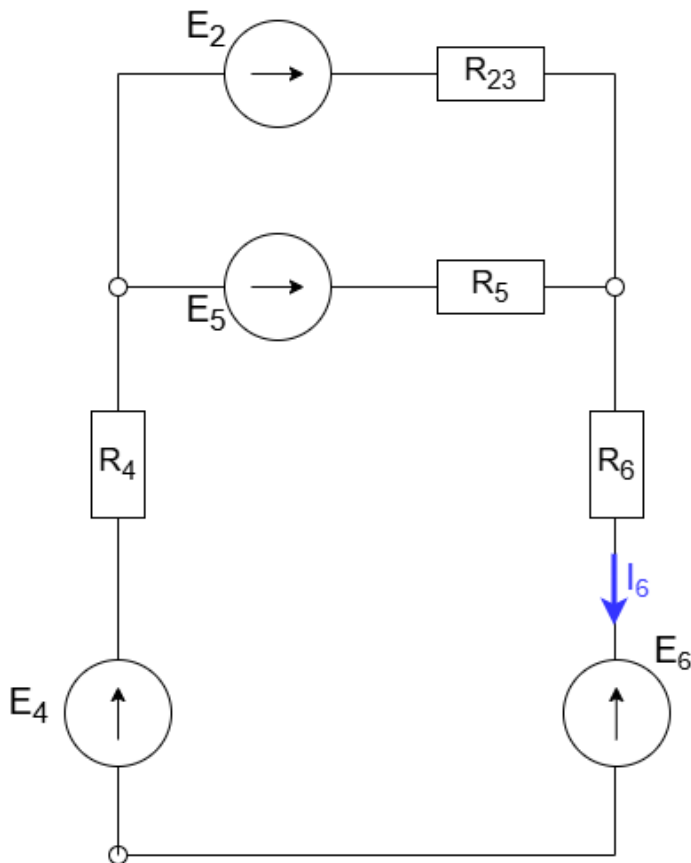
$$J_{31} = J_{32} = J_1 = 1,45$$



2) $J_{\text{э1}}$ парал. $R_2 \rightarrow E_2$ посл. R_2 ,
 $J_{\text{э2}}$ парал. $R_4 \rightarrow E_4$ посл. R_4 .

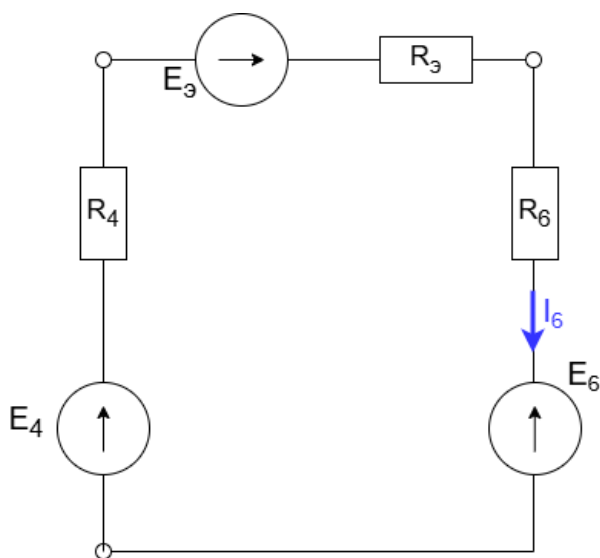
$$E_2 = R_2 \cdot J_{\text{э1}} = 1,45 \cdot 2 = 2,9 \text{ [В]},$$

$$E_4 = R_4 \cdot J_{\text{э2}} = 1,45 \cdot 8 = 11,6 \text{ [В]}.$$



3) R_2 посл. $R_3 \rightarrow R_{23}$.

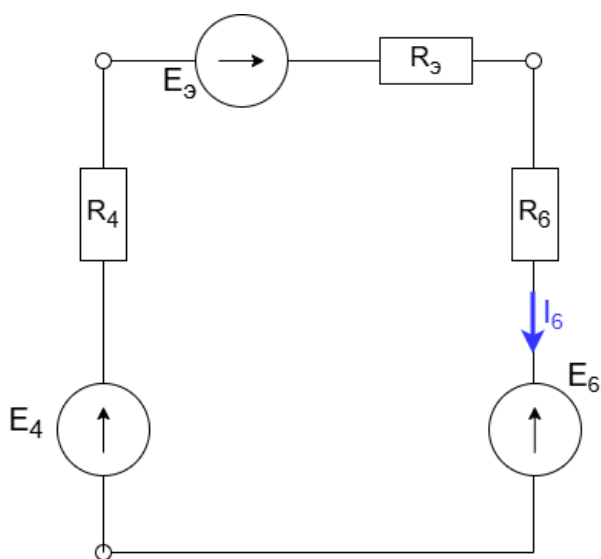
$$R_{23} = R_2 + R_3 = 2 + 3 = 5 \text{ [Ом]}.$$



4) (E_2 посл. R_{23}) парал. (E_5 посл. R_5) $\rightarrow R_3$ посл. E_3

$$R_3 = \frac{1}{\frac{1}{R_{23}} + \frac{1}{R_5}} = \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}} = 2,5 \text{ [Ом]}$$

$$E_3 = R_3 \cdot \left(\frac{E_2}{R_{23}} + \frac{E_5}{R_5} \right) = 2,5 \cdot \left(\frac{2,9}{5} + \frac{30}{5} \right) = \frac{329}{20}$$



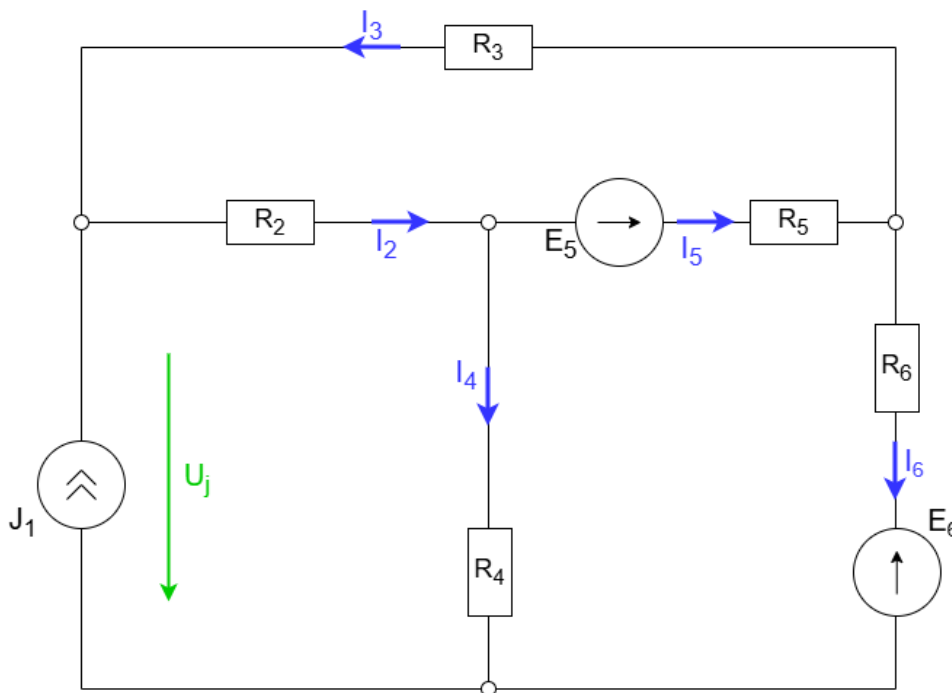
5) Схема сведена к одноконтурной относительно ветви с искомым током. Искомый ток I_6 определим с использованием ЗКП.

$$I_6(R_3 + R_6 + R_4) = -E_6 + E_4 + E_3$$

$$I_6 = \frac{-E_6 + E_4 + E_3}{R_3 + R_6 + R_4} = \frac{-13 + 11,6 + \frac{329}{20}}{2,5 + 9 + 8} = \frac{301}{390} \approx 0,772$$

ОТВЕТ: $I_6 \approx 0,772$

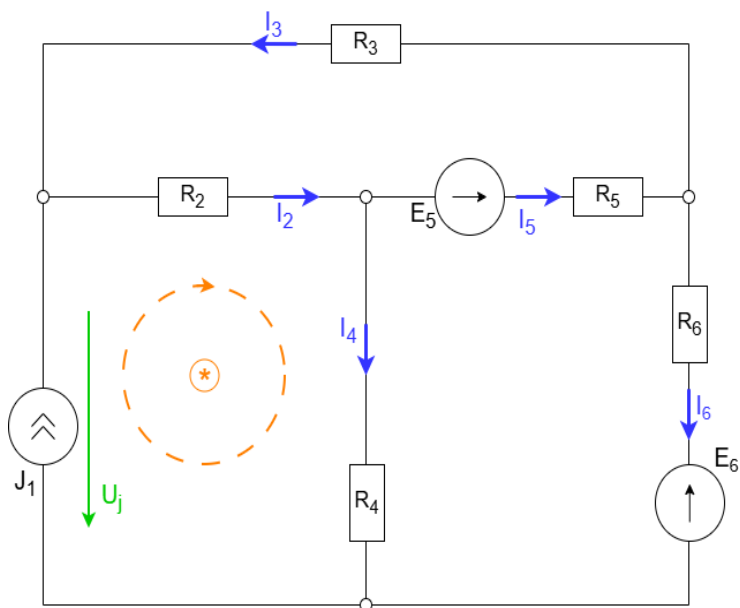
IV Баланс мощностей



ДАНО: $J_1 = 1,45$ [A],
 $E_5 = 30$ [B],
 $E_6 = 13$ [B],
 $R_2 = 2$ [Ом],
 $R_3 = 3$ [Ом],
 $R_4 = 8$ [Ом],
 $R_5 = 5$ [Ом],
 $R_6 = 9$ [Ом].
 $I_2 = 14719/3900$
 $I_3 = 2266/975$
 $I_4 = 529/780$
 $I_5 = 6037/1950$
 $I_6 = 301/390$

Найти: значение напряжения, приложенного к источнику тока; значения мощностей всех источников энергии, всех резистивных элементов, суммарной мощности источников цепи и суммарной мощности потребителей цепи.

Решение:



1) Определение U_j по ЗКП для контура (*)

$$R_2 \cdot I_2 + R_4 \cdot I_4 - U_j = 0$$

$$U_j = R_2 \cdot I_2 + R_4 \cdot I_4$$

$$U_j = 2 \cdot \frac{14719}{3900} + 8 \cdot \frac{529}{780} = \frac{8433}{650} [B]$$

2) Определение мощностей элементов:

$$P_{J_1} = U_J * I_1 = \frac{8433}{650} * 1.45 = \frac{244557}{13000} \approx 18.81208 \text{ [Вт]}$$

$$P_{E5} = E_5 * I_5 = 30 * \frac{6037}{1950} = \frac{6037}{65} \approx 92.8769 \text{ [Вт]}$$

$$P_{E6} = -E_6 * I_6 = -13 * \frac{301}{390} = -\frac{301}{30} \approx -10.0333 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R2} = R_2 * I_2^2 = 2 * \left(\frac{14719}{3900}\right)^2 = \frac{216648961}{7605000} \approx 28.4877 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R3} = R_3 * I_3^2 = 3 * \left(\frac{2266}{975}\right)^2 = \frac{5134756}{316875} \approx 16.2044 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R4} = R_4 * I_4^2 = 8 * \left(\frac{529}{780}\right)^2 = \frac{279841}{76050} \approx 3.6797 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R5} = R_5 * I_5^2 = 5 * \left(\frac{6037}{1950}\right)^2 = \frac{36445369}{760500} \approx 47.9229 \text{ [Вт]}$$

$$P_{R6} = R_6 * I_6^2 = 9 * \left(\frac{301}{390}\right)^2 = \frac{90601}{16900} \approx 5.3610 \text{ [Вт]}$$

3) Баланс мощностей

$$P_{\text{и}} = P_{J_1} + P_{E2} + P_{E6} = \frac{244557}{13000} + \frac{6037}{65} - \frac{301}{30} = \frac{304967}{3000}$$

$$\approx 101.6557 \text{ [Вт]}$$

$$P_{\text{п}} = P_{R2} + P_{R3} + P_{R4} + P_{R5} + P_{R6} =$$

$$\frac{216648961}{7605000} + \frac{5134756}{316875} + \frac{279841}{76050} + \frac{36445369}{760500} + \frac{90601}{16900} = \frac{304967}{3000}$$

$$\approx 101.6557 \text{ [Вт]}$$

$$P_{\text{и}} = P_{\text{п}} = \frac{304967}{3000} \approx 101.6557 \text{ [Вт]}, \text{ баланс мощностей имеет место.}$$

OTBET:

$$I_2 = \frac{14719}{3900} \approx 3.7741[\text{A}],$$

$$I_3 = \frac{2266}{975} \approx 2.3241[\text{A}],$$

$$I_4 = \frac{529}{780} \approx 0.6782 [\text{A}],$$

$$I_5 = \frac{6037}{1950} \approx 3.0959[\text{A}],$$

$$I_6 = \frac{301}{390} \approx 0.7718 [\text{A}],$$

$$P_{j1} = \frac{244557}{13000} \approx 18,81208 [\text{BT}],$$

$$P_{E2} = \frac{6037}{65} \approx 92.8769 [\text{BT}],$$

$$P_{E6} = -\frac{301}{30} \approx -10.0333 [\text{BT}],$$

$$P_{R2} = \frac{216648961}{7605000} \approx 28.4877 [\text{BT}],$$

$$P_{R3} = \frac{5134756}{316875} \approx 16.2044[\text{BT}],$$

$$P_{R4} = \frac{279841}{76050} \approx 3.6797[\text{BT}],$$

$$P_{R5} = \frac{36445369}{760500} \approx 47.9229[\text{BT}],$$

$$P_{R6} = \frac{90601}{16900} \approx 5.3610[\text{BT}],$$

$$P_{\text{H}} = P_{\text{П}} = \frac{304967}{3000} \approx 101.6557 [\text{BT}].$$