

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Факультет безопасности информационных технологий

Дисциплина:
«Электротехника»

ДАМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №1
Расчет цепей постоянного тока

Группа N3246
Таблица 1.4
Вариант 3.

Работу выполнил:
студент Суханкулиев М.,
группа N3246, поток ЭЛТЕХ. N23 1.4.1

Дата сдачи:
23.03.2025

Контрольный срок сдачи: 24.03.2025

Количество баллов:

Санкт-Петербург
2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Расчет цепей постоянного тока	4
1.1	Расчет значений всех неизвестных токов.....	4
1.1.1	Расчет цепей постоянного тока по законам Кирхгофа	4
1.1.2	Расчет цепей постоянного тока методом контурных токов (МКТ).....	6
1.2	Расчет тока ветви, содержащей источник ЭДС, методом эквивалентного генератора (МЭГ)	7
1.3	Напряжение, приложенное к источнику тока.....	8
1.4	Мощность всех источников энергии, всех резистивных элементов, суммарная мощность источников цепи и суммарная мощность потребителей цепи.....	9
1.5	Сверка полученных ответов в LTspice	10
	Список использованных источников.....	11

1 РАСЧЕТ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Таблица 1 – Таблица 1.4

Вариант	Схема	Параметры источников энергии:			Параметры резисторов [Ом]					
		$J [A], E [B]$			1	2	3	4	5	6
3	2	$\uparrow J_4 = 0.35$	$\leftarrow E_1 = 8$	$\rightarrow E_2 = 24$	2	3	4	-	7	

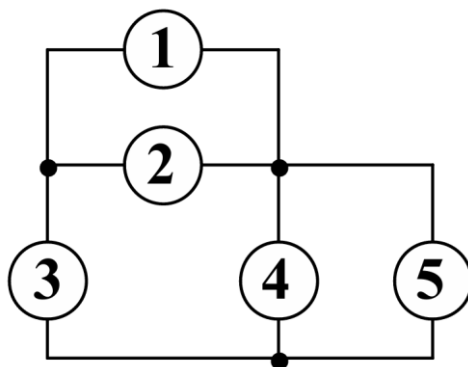


Рисунок 1 – Схема 2

1.1 Расчет значений всех неизвестных токов

1.1.1 Расчет цепей постоянного тока по законам Кирхгофа

Дано:

$$E_1 = 8 [B], E_2 = 24 [B], J_4 = 0.35 [A],$$

$$R_1 = 2 [Ом], R_2 = 3 [Ом], R_3 = 4 [Ом], R_5 = 7 [Ом].$$

Найти: все неизвестные токи, используя законы Кирхгофа (ЗК).

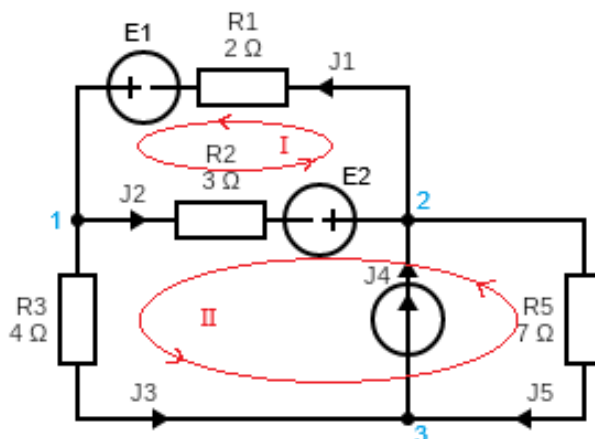


Рисунок 2 – Схема электрической цепи для использования ЗК

Решение:

Топология цепи

$p^* = 5$ (общее количество ветвей),

$p_{\text{ит}} = 1$ (количество ветвей с ист. тока),

$p = p^* - p_{\text{ит}} = 5 - 1 = 4$ (количество неизвестных токов),

$q = 3$ (количество узлов),

$n = p - (q - 1) = 4 - (3 - 1) = 2$ (количество независимых контуров),

$m_I = q - 1 = 2$ (количество уравнений по ЗКИ),

$m_{II} = m = 2$ (количество уравнений по ЗКИ).

Система равнений из m_I уравнений по ЗКИ и m_{II} уравнений по ЗКИ

$$\text{ЗКИ.1,} \quad J_1 - J_2 - J_3 = 0$$

$$\text{ЗКИ.2,} \quad -J_1 + J_2 - J_5 = -J_4$$

$$\text{ЗКИ.I,} \quad R_1 J_1 + R_2 J_2 = E_1 + E_2$$

$$\text{ЗКИ.II,} \quad -R_2 J_2 + R_3 J_3 - R_5 J_5 = -E_2$$

В матричной форме:

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ R_1 & R_2 & 0 & 0 \\ 0 & -R_2 & R_3 & -R_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \\ J_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -J_4 \\ E_1 + E_2 \\ -E_2 \end{pmatrix}$$

Подставив численные значения, получим:

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ 2 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & -3 & 4 & -7 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \\ J_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -0.35 \\ 8 + 24 \\ -24 \end{pmatrix}$$

Решим систему уравнений:

$$\begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \\ J_3 \\ J_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ 2 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & -3 & 4 & -7 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ -0.35 \\ 32 \\ -24 \end{pmatrix} \approx$$
$$\approx \begin{pmatrix} 0.1967 & -0.3443 & 0.2295 & 0.0492 \\ -0.1311 & 0.2295 & 0.1803 & -0.0328 \\ -0.6721 & -0.5738 & 0.0492 & 0.082 \\ -0.3279 & -0.4262 & -0.0492 & -0.082 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ -0.35 \\ 32 \\ -24 \end{pmatrix} \approx \begin{pmatrix} \mathbf{6.2844} \\ \mathbf{6.477} \\ \mathbf{-0.1926} \\ \mathbf{0.5426} \end{pmatrix}$$

Ответ: $J_1 \approx 6.284 \text{ [A]}, J_2 \approx 6.477 \text{ [A]}, J_3 \approx -0.193 \text{ [A]}, J_5 \approx 0.543 \text{ [A]}.$

1.1.2 Расчет цепей постоянного тока методом контурных токов (МКТ)

Дано: (из предыдущего пункта) (1.1.1)

Найти: все неизвестные токи МКТ.

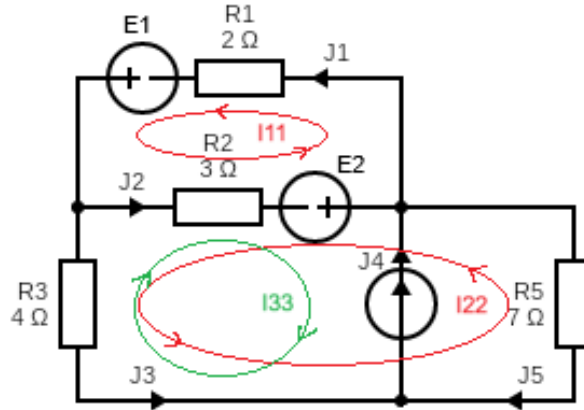


Рисунок 3 – Схема электрической цепи для МКТ

Решение:

Топология цепи

(1.1.1)

$$m = p_{\text{ит}} = 1 \text{ (количество известных контурных токов)}$$

$$I_{33} = -J_4 = -0.35 \text{ [A]}$$

Система уравнений

$$I_{11}(R_1 + R_2) - I_{22}R_2 + I_{33}R_2 = E_1 + E_2$$

$$I_{22}(R_2 + R_3 + R_5) - I_{11}R_2 - I_{33}(R_2 + R_3) = -E_2$$

Подставив численные значения решим систему уравнений:

$$\begin{cases} I_{11}(2 + 3) - I_{22} \cdot 3 + (-0.35) \cdot 3 = 8 + 24 \\ -I_{11} \cdot 3 + I_{22}(3 + 4 + 7) - (-0.35)(3 + 4) = -24 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5I_{11} - 3I_{22} = 33.05 \\ -3I_{11} + 14I_{22} = -26.45 \end{cases}$$

$$I_{11} \approx 6.2844 \text{ [A]}, \quad I_{22} = -0.5426 \text{ [A]}.$$

Найдем искомые токи через контурные токи

$$J_1 = I_{11} \approx 6.2844 \text{ [A]},$$

$$J_2 = I_{11} - I_{22} + I_{33} \approx 6.2844 + 0.5426 - 0.35 \approx 6.477 \text{ [A]},$$

$$J_3 = I_{22} - I_{33} \approx -0.5426 + 0.35 \approx 0.1926 \text{ [A]},$$

$$J_5 = -I_{22} \approx 0.5426 \text{ [A]}.$$

Ответ: $J_1 \approx 6.284 \text{ [A]}, J_2 \approx 6.477 \text{ [A]}, J_3 \approx -0.193 \text{ [A]}, J_5 \approx 0.543 \text{ [A]}.$

1.2 Расчет тока ветви, содержащей источник ЭДС, методом эквивалентного генератора (МЭГ)

Дано: (1.1.1)

Найти: ток через любой источник ЭДС (J)

Решение:

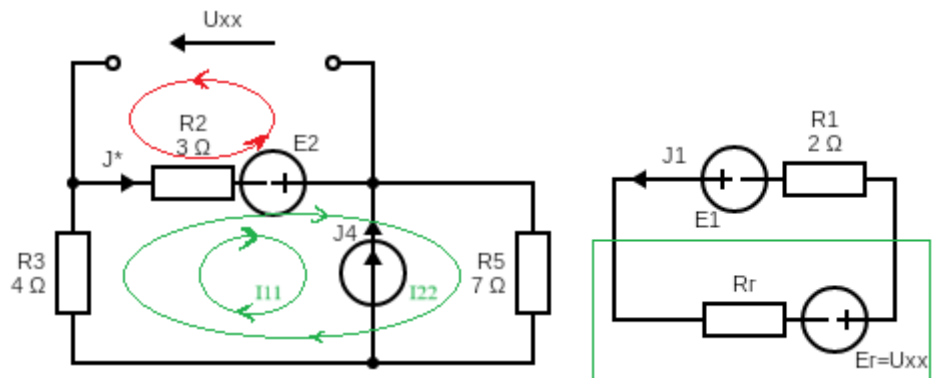


Рисунок 4 – Схема электрической цепи для МЭГ

По ЗКП для красного контура:

$$U_{xx} + R_2 J^* = E_2$$

$$U_{xx} = E_2 - R_2 J^*$$

J^* найдем МКТ:

$$I_{11} = -J_4$$

$$I_{22}(R_2 + R_3 + R_5) + I_{11}(R_2 + R_3) = E_2$$

$$I_{22}(3 + 4 + 7) - 0.35(3 + 4) = 24$$

$$14I_{22} = 24 + 2.45$$

$$I_{22} \approx 1.8893 \text{ [A]}$$

Тогда:

$$J^* = I_{11} + I_{22} \approx -0.35 + 1.8893 \approx 1.5393 \text{ [A]}$$

$$U_{xx} \approx 24 - 3 \cdot 1.5393 \approx 19.3821 \text{ [B]} = E_r$$

Теперь найдём R_r :

$$R_3 \text{ послед. } R_5, \quad R_{35} = R_3 + R_5 = 11 \text{ [Ом]}$$

$$R_{35} || R_2, \quad R_{235} = \frac{R_2 R_{35}}{R_2 + R_{35}} \approx 2.3571 \text{ [Ом]} = R_r$$

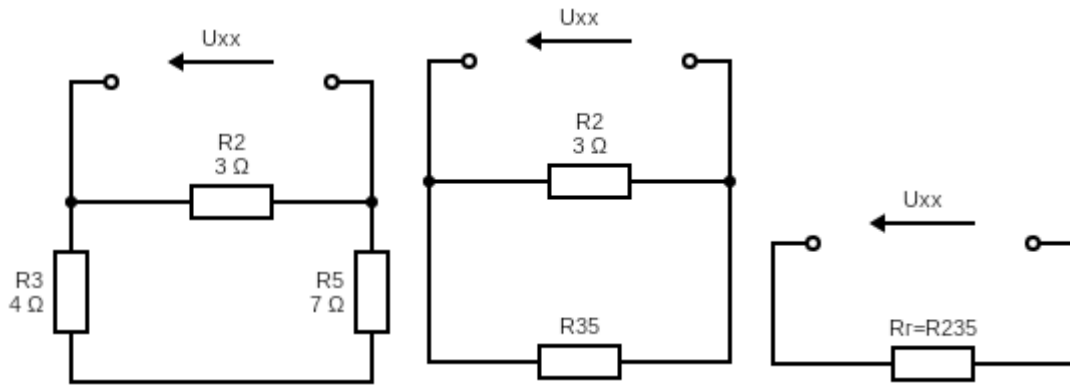


Рисунок 5 – Эквивалентные преобразования резисторов

По ЗКП (Рисунок 4 – справа):

$$J_1(R_1 + R_r) = E_1 + E_r$$

$$J_1 = \frac{E_1 + E_r}{R_1 + R_r} \approx \frac{8 + 19.3821}{2 + 2.3571} \approx \mathbf{6.2845 \text{ [A]}}$$

Ответ: $J_1 \approx 6.285 \text{ [A]}$.

1.3 Напряжение, приложенное к источнику тока

Дано: из пункта (1.1.1), и вычисленные значения

$$J_1 \approx 6.2844 \text{ [A]},$$

$$J_2 \approx 6.477 \text{ [A]},$$

$$J_3 \approx 0.1926 \text{ [A]},$$

$$J_5 \approx 0.5426 \text{ [A]}$$

Найти: U_{J_4}

Решение:

Так как ток J_4 течёт в узел 2, а после только в R_5 (и оттуда в узел 3) (Рисунок 2 –), то разность потенциалов между узлами, к которым он подключён будет:

$$U_{J_4} = R_5 \cdot J_5 \approx 7 \cdot 0.5426 \approx 3.7982 \text{ [В]}$$

Ответ: $U_{J_4} \approx 3.798 \text{ [В]}$.

1.4 Мощность всех источников энергии, всех резистивных элементов, суммарная мощность источников цепи и суммарная мощность потребителей цепи

Дано: такое же, как и в (1.3), и вычисленное значение

$$U_{J_4} \approx 3.7982 \text{ [Вт]}$$

Найти: $P_{\text{источники}}$, $P_{\text{резисторы}}$.

Решение:

Мощность источника ЭДС определяется по формуле:

$$P_E = E \cdot J$$

$$P_{E_1} = E_1 \cdot J_1 \approx 8 \cdot 6.2844 \approx \mathbf{50.2752} \text{ [Вт]}$$

$$P_{E_2} = E_2 \cdot J_2 \approx 24 \cdot 6.477 \approx \mathbf{155.448} \text{ [Вт]}$$

$$P_{J_4} = U_{J_4} \cdot J_4 \approx 3.7982 \cdot 0.35 \approx \mathbf{1.3294} \text{ [Вт]}$$

$$P_{\text{источники}} = P_{E_1} + P_{E_2} + P_{J_4} \approx \mathbf{207.0516} \text{ [Вт]}$$

Мощность, выделяемая на резисторе:

$$P_R = J^2 \cdot R$$

$$P_{R_1} = J_1^2 \cdot R_1 \approx 6.2844^2 \cdot 2 \approx \mathbf{78.9874} \text{ [Вт]}$$

$$P_{R_2} = J_2^2 \cdot R_2 \approx 6.477^2 \cdot 3 \approx \mathbf{125.8546} \text{ [Вт]}$$

$$P_{R_3} = J_3^2 \cdot R_3 \approx 0.1926^2 \cdot 4 \approx \mathbf{0.1484} \text{ [Вт]}$$

$$P_{R_5} = J_5^2 \cdot R_5 \approx 0.5426^2 \cdot 7 \approx \mathbf{2.0609} \text{ [Вт]}$$

$$P_{\text{резисторы}} = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3} + P_{R_5} \approx \mathbf{207.0513} \text{ [Вт]}$$

Разница $P_{\text{источники}} - P_{\text{резисторы}} \approx 0.0003 \text{ [Вт]}$ связана с округлениями в расчётах.

Ответ:

$$P_{E_1} \approx 50.275 \text{ [Вт]}, P_{E_2} \approx 155.448 \text{ [Вт]}, P_{J_4} \approx 1.329 \text{ [Вт]},$$

$$P_{\text{источники}} \approx 207.052 \text{ [Вт]},$$

$$P_{R_1} \approx 78.987 \text{ [Вт]}, P_{R_2} \approx 125.855 \text{ [Вт]}, P_{R_3} \approx 0.1484 \text{ [Вт]}, P_{R_5} \approx 2.061 \text{ [Вт]},$$

$$P_{\text{резисторы}} \approx 207.051 \text{ [Вт]}.$$

1.5 Сверка полученных ответов в LTspice

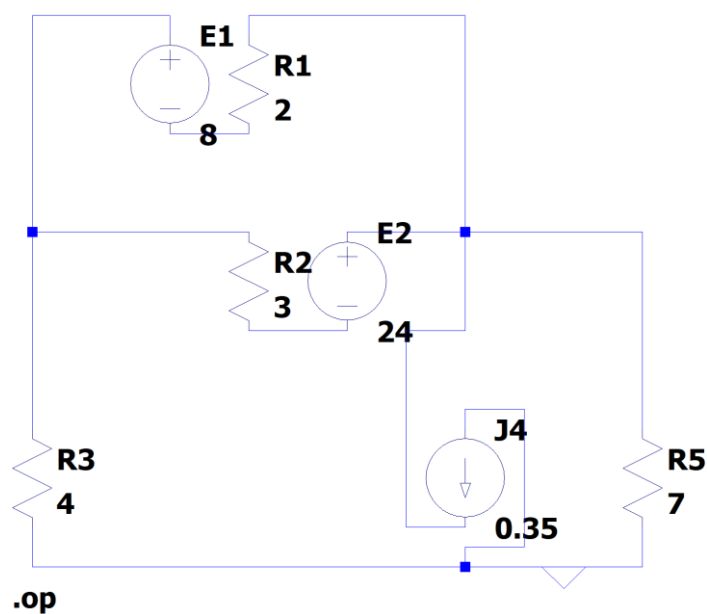


Рисунок 6 – Схема электрической цепи

D:\Документы\Учеба\2 курс\4th sem\ЭлТех\дз1\dz1.net		
--- Operating Point ---		
V(n003) :	-8.77049	voltage
V(n004) :	-20.2016	voltage
V(n002) :	3.79836	voltage
V(n001) :	-0.770492	voltage
I(R3) :	-0.192623	device_current
I(E1) :	-6.28443	device_current
I(R1) :	6.28443	device_current
I(E2) :	-6.47705	device_current
I(R2) :	6.47705	device_current
I(R5) :	0.542623	device_current
I(J4) :	0.35	device_current

Рисунок 7 – Результаты симуляции

Как мы можем заметить, результаты, вычисленные вручную, совпадают с результатом симуляции.

$$J_1 \approx 6.284 \text{ [A]}, J_2 \approx 6.477 \text{ [A]}, J_3 \approx -0.193 \text{ [A]}, J_5 \approx 0.543 \text{ [A]}.$$

$$U_{J_4} \approx 3.798 \text{ [V]}.$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Усольцев А. А. Общая электротехника: Учебное пособие. СПб: НИУИТМО, 2013. – 305с. – URL : [ОБЩАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА Учебные издания НИУ ИТМО](#).
2. Абдуллин А.А., Горшков К.С., Ловлин С.Ю., Поляков Н.А.). Никитина М. В. Общая электротехника. Методические указания к лабораторному практикуму в программе LTspice: Учебно-методическое пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. - 52 с. – URL : [Общая электротехника. Методические указания к лабораторному практикуму в программе LTspice : Учебно-методическое пособие. Учебные издания НИУ ИТМО](#)
3. М. В. Никитина Электротехника: Варианты домашних заданий – СПб: Университет ИТМО – 60 с.
4. М. В. Никитина, Кононова М. Е. Общая электротехника: Расчет цепей постоянного тока по законам Кирхгофа – СПб: Университет ИТМО – 2021.
5. М. В. Никитина, Кононова М. Е. Общая электротехника: Расчет цепей постоянного тока методом контурных токов и методом узловых напряжений – СПб: Университет ИТМО – 2021.
6. М. В. Никитина, Кононова М. Е. Общая электротехника: Расчет цепей постоянного тока методом эквивалентных преобразований, методом эквивалентного генератора. Баланс мощностей – СПб: Университет ИТМО – 2021.