

Министерство образования Ярославской области
Государственное профессиональное образовательное учреждение Ярослав-
ской области
Переславский колледж им. А. Невского

МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА
ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЁТНОЙ РАБОТЫ
НА ТЕМУ « ПРОВЕРКА ЗАКОНОВ КИРХГОФА И ОМА »

ОДОБРЕНА НА ЗАСЕДАНИИ КАФЕДРОЙ
МЕХАНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ 15.02.14, 15.02.17
ПРОТОКОЛ №
ОТ _____ 2025Г.

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ:
ТРУНОВ А.И.

СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С
ГОСУДАРСТВЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ
К МИНИМУМУ СОДЕРЖАНИЯ И
УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНИКА
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ 15.02.14, 15.02.17

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ДИРЕКТОРА ПО
УЧЕБНОЙ РАБОТЕ О.Ю.АХАПКИНА

Организация-разработчик: ГПОУ ЯО Переславский колледж им. А. Невского

Разработчики: Крымская С.Н., преподаватель технических дисциплин

СОДЕРЖАНИЕ:

1. Общие указания к выполнению расчетной работы	4
2. Теоретическая часть.....	5
3. Варианты задания.....	9
4. Пример выполнения задания.....	11
5. Приложение № 1. Пример оформления титульного листа.....	14
6. Приложение № 2. Контрольные вопросы.....	15
7. Список литературы.....	16

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ

Для выполнения данной работы студент должен

знать:

- законы Кирхгофа
- правило знаков
- закон Ома для участка цепи

уметь:

- составлять контурные и узловые уравнения по первому и второму законам Кирхгофа
- решать систему из трёх уравнений

Задание выполняется на стандартных листах (210 x 297 мм) писчей бумаги, сброшюрованных в тетрадь из плотной (например, чертежной) бумаги. На каждом листе слева должно быть поле для подшивки шириной 20 – 25 мм. Электрические схемы необходимо выполнять в соответствии с ГОСТом. Пример оформления титульного листа Вы найдете в приложении № 1 в конце методической разработки.

При оценивании преподавателем Вашей работы будет учитываться:

- правильность выполнения задания
- сроки его выполнения
- аккуратность при оформлении: все чертежи должны выполняться под линейку, писать аккуратно, разборчиво, мелкие недочеты можно исправлять с помощью корректирующей жидкости, а при грубых ошибках работу переписать заново.
- в расчетах и вычислениях обязательно должны стоять единицы измерения определяемых величин.

Защита работы: знать ответы на контрольные вопросы по данной теме (см. приложение № 2).

Если работа выполнена неверно и возвращена преподавателем на доработку, то при повторной сдаче обязательно нужно приложить первоначальный вариант с замечаниями преподавателя.

Номер своего задания и необходимые для выполнения задания сведения, Вы найдете в прилагаемой таблице № 1 в зависимости от номера вашего варианта.

В помощь студенту в данной методической разработке даны необходимые для выполнения задания теоретические сведения, а также рассмотрен пример выполнения задания.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Законы Кирхгофа — это два фундаментальных правила для анализа электрических цепей: закон токов и закон напряжений.

Законы Кирхгофа, наряду с законом Ома, составляют основополагающую основу для анализа электрических цепей различной сложности. Первый закон Кирхгофа гласит, что сумма токов, входящих в узел электрической цепи, равна сумме токов, выходящих из него. Это можно также интерпретировать как то, что в любом узле электрической цепи общий ток равен нулю. Узел представляет собой точку соединения трех или более проводников. Токи, поступающие в узел, обозначаются стрелками, направленными к узлу, тогда как токи, покидающие узел, отмечаются стрелками, направленными от узла:



Этот закон позволяет эффективно анализировать распределение токов в сложных схемах и является ключевым инструментом для инженеров и студентов, изучающих электротехнику. Первый закон Кирхгофа, также известный как закон сохранения заряда, утверждает, что сумма всех токов, входящих в узел электрической цепи, равна сумме всех токов, выходящих из него. В этом контексте принято обозначать входящие токи положительными значениями, а выходящие — отрицательными. Это правило помогает сохранить баланс зарядов в узле, поскольку электрические заряды не могут накапливаться.

Второй закон Кирхгофа относится к замкнутым контурам. Контур — это замкнутый путь по ветвям. Ветвь — участок цепи с одинаковым током. В упрощенном виде он гласит, что в любом замкнутом электрическом контуре алгебраическая сумма электродвижущих сил (ЭДС) равна сумме падений напряжений на всех элементах цепи.

$$\sum E = \sum IR$$

Это можно записать как:

Важно помнить: знаки ЭДС зависят от направления обхода контура. Если вы обходите источник от отрицательной к положительной клемме (от «-» к «+»), его ЭДС считается положительной. Если наоборот — с отрицательным

знаком. Та же логика применима и к падениям напряжения на резисторах (по направлению тока — «минус», против — «плюс»).

Важно отметить, что второй закон Кирхгофа применим независимо от количества источников питания и нагрузок в цепи, а также от их расположения. Это знание может быть полезно при сборке реальных схем и проведении измерений с использованием мультиметра для проверки теоретических расчетов. Законы Кирхгофа действуют как для постоянного тока, так и для переменного, что делает их универсальными инструментами для анализа электрических цепей. Законы Кирхгофа являются основополагающими принципами электротехники, которые обеспечивают понимание поведения электрических цепей. Первый закон Кирхгофа подчеркивает сохранение заряда, гарантируя, что токи в узлах цепи сбалансированы. Второй закон Кирхгофа акцентирует внимание на сохранении энергии в замкнутых контурах, утверждая, что сумма всех ЭДС равна сумме падений напряжения. Эти законы позволяют инженерам и исследователям анализировать и проектировать сложные электрические системы с высокой точностью.

3. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица №1

№ в-та	R ₁ кОм	R ₂ кОм	R ₃ кОм	R ₄ кОм	R ₅ кОм	R ₆ кОм	R ₇ кОм	R ₈ кОм	R ₉ кОм	E, В
1	5,5	5,2	5,2	3,0	7,7	5,5	3,3	6,2	3,0	12
2	2,5	5,4	6,2	2,0	6,5	2,2	4,9	5,4	4,0	24
3	4,8	4,5	5,4	2,0	4,5	4,4	5,1	4,5	5,0	24
4	7,2	48	4,5	2,5	2,0	8,3	3,2	4,8	6,0	24
5	3,8	4,2	4,8	2,8	2,0	5,6	4,1	4,2	7,0	24
6	3,5	2,0	4,2	3,7	2,5	4,8	4,7	2,0	8,0	36
7	6,2	2,0	2,0	4,4	2,8	2,7	5,4	2,0	9,0	36
8	5,5	2,5	2,0	7,8	3,7	4,5	4,5	2,5	10,0	36
9	6,7	2,8	2,5	7,0	4,4	2,0	48	2,8	11,0	36
10	6,0	4,2	2,8	8,5	7,8	2,0	4,2	3,7	12,0	36
11	7,5	2,0	3,7	8,0	7,0	2,5	2,0	4,4	3,0	48
12	7,0	2,0	4,4	6,4	8,5	2,8	2,0	2,2	4,0	48
13	7,2	2,5	4,2	5,5	8,0	3,7	2,5	5,4	5,0	48
14	6,2	2,8	2,0	9,0	6,4	4,4	2,8	4,5	6,0	48
15	5,4	3,7	2,0	7,5	5,5	7,8	2,0	48	7,0	48
16	4,5	4,4	2,5	3,8	6,0	7,0	2,0	4,2	8,0	127
17	4,8	7,8	2,8	3,8	7,5	8,5	2,5	2,0	9,0	127

18	4,2	7,0	5,5	5,4	7,0	8,0	2,8	2,0	10,0	127
19	2,0	6,7	2,5	4,5	7,2	6,4	3,7	2,5	11,0	220
20	2,0	6,0	4,8	48	6,2	5,5	4,4	2,8	12,0	220
21	2,5	7,5	7,2	4,2	5,4	2,2	7,8	2,0	1,0	12
22	2,8	7,0	3,8	2,0	4,5	4,4	7,0	2,0	2,0	12
23	3,7	7,2	3,5	2,0	4,8	8,3	8,5	2,5	3,0	60
24	4,4	6,2	6,2	2,5	4,2	5,6	8,0	2,8	4,0	65
25	7,8	5,4	5,5	2,8	2,0	4,8	6,4	3,7	5,0	220
26	7,0	4,5	6,7	5,5	2,0	5,4	5,5	4,4	6,0	127
27	8,5	6,6	6,0	2,5	2,5	4,5	5,5	7,8	7,0	220
28	8,0	2,4	7,5	4,8	2,8	48	2,5	7,0	8,0	127
29	6,4	7,4	7,0	7,2	3,7	4,2	4,8	8,5	9,0	220
30	5,5	3,6	8,8	3,8	4,4	2,0	7,2	8,0	1,0	12

4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Задание. Для заданной электрической схемы (рис.1) найти токи в ветвях I_1 , I_2 и общий ток в цепи I , используя законы Кирхгофа и выполнить проверку, используя закон Ома.

Дано:

R_1 кОм	R_2 кОм	R_3 кОм	R_4 кОм	R_5 кОм	R_6 кОм	R_7 кОм	R_8 кОм	R_9 кОм	E , В
1,5	2,0	1,5	3,0	4,0	3,0	2,5	2,2	1,3	127

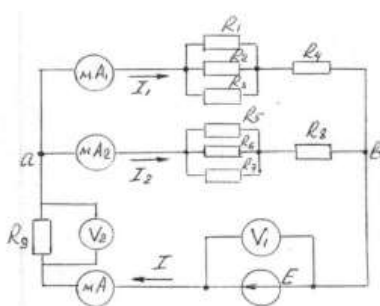


Рис. 1

Решение:

Проверка законов Кирхгофа

- Находим эквивалентное сопротивление первой ветви. Сопротивления R_1 , R_2 и R_3 соединяются параллельно, поэтому их общее

сопротивление найдем через проводимость:

$$\frac{1}{R_{1-3}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1.5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1.5} = 0.67 + 0.5 + 0.67 = 1.84 \text{ кОм}^{-1}$$

$$R_{1-3} = \frac{1}{1.84} = 0.54 \text{ кОм}$$

2. Сопротивления R_{1-3} и R_4 соединяются последовательно (см. рис.2), поэтому $R_{1-4} = R_{1-3} + R_4 = 3 + 0.54 = 3.54 \text{ кОм}$

3. Аналогично находим сопротивление второй ветви. Сопротивления R_5 , R_6 и R_7 соединяются параллельно, поэтому

$$\frac{1}{R_{5-7}} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7} = \frac{1}{4} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2.5} = 0.25 + 0.33 + 0.4 = 0.98 \text{ кОм}^{-1}$$

$$R_{5-7} = \frac{1}{0.98} = 1.02 \text{ кОм}$$

4. Сопротивления R_{5-7} и R_8 соединяются последовательно, поэтому

$$R_{5-8} = R_{5-7} + R_8 = 1.02 + 2.2 = 3.22 \text{ кОм}$$

Получаем окончательно эквивалентную схему (см. рис. 3).

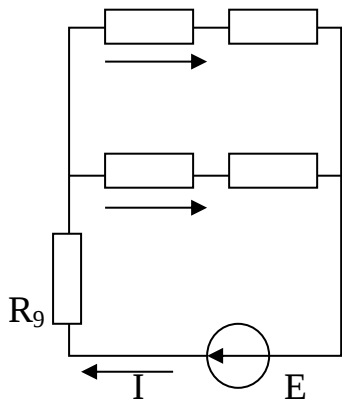


Рис. 2

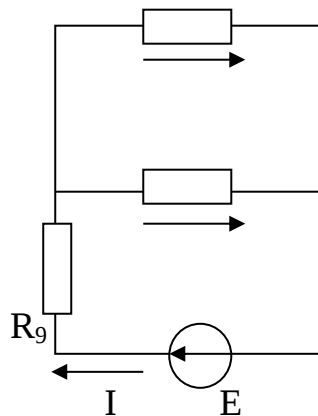


Рис. 3

5. Так как имеем три неизвестные величины (токи I_1 , I_2 , I), то состав-
ляем систему из трех уравнений. Первое уравнение – по 1-му закону
Кирхгофа и два уравнения по 2-му закону Кирхгофа:

- для узла «а»: $I_1 + I_2 = I$

- 1 – ый контур R_{1-4} и R_{5-8} : $0 = R_{1-4} \cdot I_1 - R_{5-8} \cdot I_2$

- 2 – ой контур E , R_9 и R_{5-8} : $E = R_{5-8} \cdot I_2 + R_9 \cdot I$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ 0 = R_{1-4} \cdot I_1 - R_{5-8} \cdot I_2 \\ E = R_9 \cdot I + R_{5-8} \cdot I_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I & (1) \\ 0 = 3,54 I_1 - 3,22 I_2 & (2) \\ 127 = 1,3 I + 3,22 I_2 & (3) \end{cases}$$

В уравнение (3) подставляем значение тока I из уравнения (1):

$$127 = 1,3 (I_1 + I_2) + 3,22 I_2$$

Раскрываем скобки и приводим подобные:

$$127 = 1,3 I_1 + 1,3 I_2 + 3,22 I_2$$

$$127 = 1,3 I_1 + 4,53 I_2$$

Получаем следующую систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} 0 = 3,54 I_1 - 3,22 I_2 & (\text{всю строку умножаем на } 4,53) \\ 127 = 1,3 I_1 + 4,53 I_2 & (\text{всю строку умножаем на } 3,22) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = 16,04 I_1 - \cancel{14,59} I_2 \\ 408,94 = 4,19 I_1 + \cancel{14,59} I_2 \end{cases}$$

Складываем обе строки и получаем:

$$408,94 = 20,23 I_1$$

$$\text{Откуда } I_1 = \frac{408,94}{20,23} = 20,21 \text{ мА}$$

Подставляем это значение в уравнение (2) и находим значение I_2 :

$$0 = 3,54 I_1 - 3,22 I_2$$

$$0 = 3,54 \cdot 20,21 - 3,22 I_2$$

$$0 = 71,54 - 3,22 I_2$$

$$71,54 = 3,22 I_2$$

Откуда $I_2 = \frac{71.54}{3.22} = 22.22 \text{ мА}$

так как $I_1 + I_2 = I$, то $I = 20.21 + 22.22 = 42.43 \text{ мА}$.

Ответ: $I_1 = 20.21 \text{ мА}$ $I_2 = 22.22 \text{ мА}$ $I = 42.43 \text{ мА}$.

Проверка закона Ома

Дано:

R_1 кОм	R_2 кОм	R_3 кОм	R_4 кОм	R_5 кОм	R_6 кОм	R_7 кОм	R_8 кОм	R_9 кОм	E , В	I^* мА
1,5	2,0	1,5	3,0	4,0	3,0	2,5	2,2	1,3	127	42.43

*Значение силы тока взять из предыдущей задачи

Найти: токи I_1 , I_2 , I

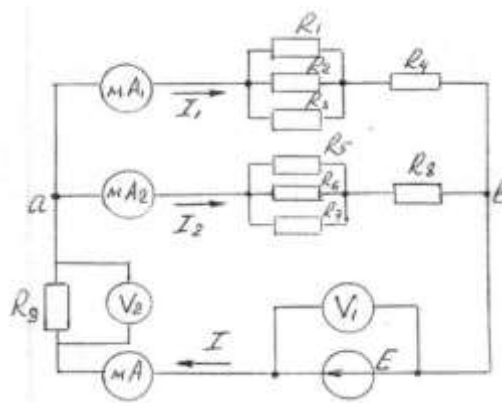


Рис. 1

Решение:

- Находим эквивалентное сопротивление первой ветви. Сопротивления R_1 , R_2 и R_3 соединяются параллельно, поэтому их общее сопротивление найдем через проводимость:

$$\frac{1}{R_{1-3}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1.5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1.5} = 0.67 + 0.5 + 0.67 = 1.84 \text{ кОм}^{-1}$$

$$R_{1-3} = \frac{1}{1.84} = 0.54 \text{ кОм}$$

- Сопротивления R_{1-3} и R_4 соединяются последовательно (см. рис.2), поэтому $R_{1-4} = R_{1-3} + R_4 = 3 + 0.54 = 3.54 \text{ кОм}$
- Аналогично находим сопротивление второй ветви. Сопротивления R_5 , R_6 и R_7 соединяются параллельно, поэтому

$$\frac{1}{R_{5-7}} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7} = \frac{1}{4} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2.5} = 0.25 + 0.33 + 0.4 = 0,98 \text{ кОм}^{-1}$$

$$R_{5-7} = \frac{1}{0,98} = 1,02 \text{ кОм}$$

4. Сопротивления R_{5-7} и R_8 соединяются последовательно, поэтому

$$R_{5-8} = R_{5-7} + R_8 = 1,02 + 2,2 = 3.22 \text{ кОм}$$

Получаем окончательно эквивалентную схему (см. рис. 3).

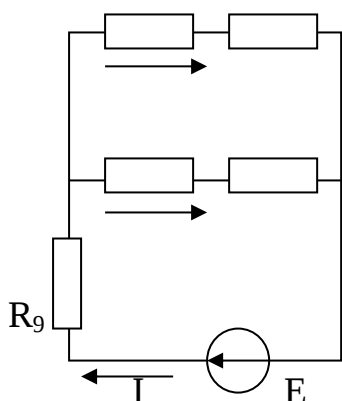


Рис. 2

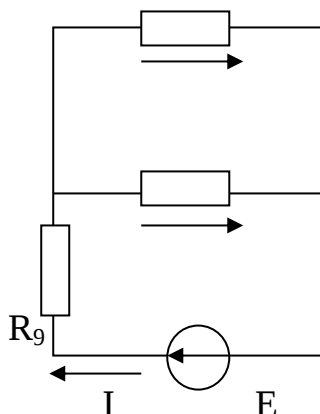


Рис. 3

5. Находим падение напряжения на сопротивлении R_9 по формуле:

$$\Delta U_9 = I \cdot R_9 = 42.43 \text{ мА} \cdot 1.3 \text{ кОм} = 55.16 \text{ В}$$

6. Оставшееся напряжение между точками «а» и «в» :

$$U_{a-b} = E - \Delta U_9 = 127 \text{ В} - 55.16 \text{ В} = 71.84 \text{ В}$$

7. Токи в ветвях:

$$I_1 = \frac{71.84}{3.54} = 20.3 \text{ мА}$$

$$I_2 = \frac{71.84}{3.22} = 22.31 \text{ мА}$$

Разница токов, полученных в предыдущей задаче, составляет 0.09 мА, что в пределах допустимой погрешности.

Приложение № 1. Пример оформления титульного листа

Министерство образования Ярославской области
Государственное профессиональное образовательное учреждение Ярослав-
ской области
Переславский колледж им. А. Невского

Расчётная работа по дисциплине
Электротехника с основами электроники
на тему
«Проверка законов Кирхгофа и Ома»

Выполнил : ст-т гр. 213 м
Иванов И.И.
Проверила: Крымская С.Н.

Приложение № 2. Контрольные вопросы

1. Какие цепи называются сложными?
2. Что называют узлом? Ветвью? Контуром?
3. К чему относится первый закон Кирхгофа? Второй?
4. Какой закон выражает закон сохранения энергии?
5. Сформулировать законы Кирхгофа
6. Можно ли использовать законы Кирхгофа при расчёте цепей переменного тока?
7. Сформулировать закон Ома для участка цепи.
8. Как определить падение напряжения на участке цепи?

Список используемой литературы:

1. Данилов И.А. Электротехника (2-е изд., испр. и доп) М: Юрайт, 2025
2. Кольниченко Г.И. Основы электротехники М: Лань, 2025
3. Интернет-ресурс: <https://www.elec.ru/publications/elektricheskaja-generatsija/8655/>