

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ
БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ
«ВОЛОГОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»

Методические указания
по организации практических работ
по учебной дисциплине ОП.02 Основы электротехники

Специальность 15.01.05 «Сварщик (ручной и частично механизированной
сварки (наплавки))»

Рассмотрены на заседании предметно-цикловой комиссии преподавателей специальных дисциплин и мастеров производственного обучения.

Методические указания по организации практических работ предназначены для студентов 1 курса очной формы обучения, для специальностей

15.01.05 «Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))»

В методических указаниях представлена последовательность выполнения практических работ по дисциплине Основы электротехники классифицированные по темам рабочей программы.

Перечень практических работ соответствует содержанию программы дисциплины. Практическая работа студентов повышает интеллектуальный уровень обучающихся, формирует умение самостоятельно находить нужную информацию, систематизировать, обобщать, что необходимо для профессиональной подготовки будущего специалиста. Навыки исследовательской работы по дисциплине помогут студентам на старших курсах при выполнении и оформлении курсовых и дипломных проектов.

Автор: Неражева Л. П., преподаватель.

Содержание.

1. Пояснительная записка.....	4
2. Критерии оценки практических работ.....	5
3. Практические работы:	
3.1. Практическая работа №1 «Законы Ома»	
3.2. Практическая работа №2 «Правила Кирхгофа»	
3.3. Практическая работа №4 «Расчет электрической цепи со смешанным соединением конденсаторов»	
3.4. Практическая работа №8 «Расчет параметров трехфазных сетей переменного тока, соединенных по схеме (треугольник)»	
3.5. Практическая работа №9 «Определение коэффициента полезного действия трансформатора»	
3.6. Практическая работа №12 «Упрощенный расчет параметров электрической машины»	
3.7. Лабораторная работа №1 «Последовательное соединение проводников»	
3.8. Лабораторная работа №2 «Параллельное соединение проводников»	
3.9. Лабораторная работа №3 «Смешанное соединение проводников»	
3.10. Лабораторная работа №4 «Определение работы и мощности тока»	
3.11. Лабораторная работа №5 «Изучение переменного тока с активным и индуктивным сопротивлением»	
3.12. Лабораторная работа №6 «Изучение переменного тока с активным и емкостным сопротивлением»	
4. Список литературы	

Пояснительная записка

Методические указания предназначены для совершенствования теоретических знаний и формирования практических умений и навыков по программе дисциплины **Основы электротехники** для профессий (ППКРС) в соответствии с ФГОС специальностей и профессий:

15.01.05 «Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки))»

Методические рекомендации по выполнению практических заданий

Подготовка к практическим работам заключается в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, предусмотренной рабочей программой.

Для эффективного выполнения заданий ВУ должны знать теоретические материалы и уметь применять эти знания для приобретения практических навыков при выполнении практических заданий.

В конце занятия преподаватель выставляет оценку, которая складывается из результатов наблюдения за выполнением практической части работы, проверки отчета, беседы в ходе работы или после нее.

Оценки за выполнение практических занятий выставляется по пятибалльной системе.

Условия и порядок выполнения работы:

1. Прочитать методические рекомендации по выполнению практической работы.
2. Ответить на вопросы, необходимые для выполнения заданий.
3. Изучить содержание заданий и начать выполнение.
4. Работу выполнить в тетрадях, оформив надлежащим образом.
5. Консультацию по выполнению работы получить у преподавателя или обучающегося, успешно выполнившего работу.
6. Работа оценивается в целом, по итогам выполнения работы выставляется оценка

Защита проводится путем индивидуальной беседы или выполнения зачетного задания. Работа считается выполненной, если она соответствует критериям, указанным в пояснительной записке к практической работе.

Пропущенные практические работы отрабатываются в дополнительное время.

Большинство задач по электротехнике можно условно разделить на качественные, количественные, графические, экспериментальные. Решение каждого вида задач имеет свои особенности.

Критерии оценки практических работ

Критерии оценки за ответ на теоретические вопросы

«Отлично»

Обстоятельно и с достаточной полнотой излагает материал вопросов. Даёт ответ на вопрос в определенной логической последовательности. Даёт правильные формулировки, точные определения понятий и терминов. Демонстрирует полное понимание материала, даёт полный и аргументированный ответ на вопрос, приводит необходимые примеры (не только рассмотренные на занятиях, но и подобранные самостоятельно). Свободно владеет речью (показывает связанность и последовательность в изложении).

«Хорошо»

Даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает единичные ошибки, неточности, которые сам же исправляет после замечаний преподавателя.

«Удовлетворительно»

Обнаруживает знание и понимание основных положений, но: допускает неточности в формулировке определений, терминов; излагает материал недостаточно связно и последовательно; на вопросы экзаменаторов отвечает некорректно.

«Неудовлетворительно»

Обнаруживает непонимание основного содержания учебного материала. Допускает в формулировке определений ошибки, искажающие их смысл. Допускает существенные ошибки, которые не может исправить при наводящих вопросах преподавателя или ответ отсутствует. Беспорядочно и неуверенно излагает материал. Сопровождает изложение частыми заминками и перерывами.

Критерии оценки за выполнение практических задачи

«Отлично»

Показал полное знание технологии выполнения задания. Проявил умение применять теоретические знания/правила выполнения/технологию при выполнении задания. Уверенно выполнил действия согласно условию задания.

«Хорошо»

Задание в целом выполнил, но допустил неточности. Показал знание технологии/алгоритма выполнения задания, но недостаточно уверенно применил их на практике. Выполнил норматив на положительную оценку.

«Удовлетворительно»

Показал знание общих положений, задание выполнил с ошибками. Задание выполнил на положительную оценку, но превысил время, отведенное на выполнение задания.

«Неудовлетворительно»

Не выполнил задание.

Не продемонстрировал умения самостоятельного выполнения задания.
Не знает технологию/алгоритм выполнения задания.
Не выполнил норматив на положительную оценку.

Практическая работа №1

Законы Ома для участка цепи и для полной цепи

Цель: закрепить знания по законам электрического тока

Примеры решения задач

Задача №1. Рассчитать силу тока, проходящую по медному проводу длиной 100м, площадью поперечного сечения $0,5\text{мм}^2$, если к концам провода приложено напряжение 6,8В.

Дано: $l=100\text{м}$, $S=0,5\text{мм}^2$, $U=6,8\text{В}$

Найти: I -?

Решение:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$$R = 0.017 \cdot 10^{-8} \text{Ом} \cdot \text{м} \cdot \frac{100\text{м}}{0,5 \cdot 10^{-6} \text{м}^2} = 3,4 \text{ Ом}$$

$$I = \frac{6.8 \text{ В}}{3,4 \text{ Ом}} = 2 \text{ А}$$

Ответ: $I=2\text{А}$.

Задача №2. В электрическую цепь включены последовательно резистор сопротивлением 5 Ом и две электрические лампы сопротивлением 500 Ом. Определите общее сопротивление проводника.

Дано: $R_{AB}=5 \text{ Ом}$, $R_{BC}=500 \text{ Ом}$, $R_{CD}=500 \text{ Ом}$

Найти: R_{AD} -?

Решение: $R_{AD} = R_{AB} + R_{DC} + R_{CD}$

$$R_{AD} = 5 \text{ Ом} + 500 \text{ Ом} + 500 \text{ Ом} = 1005 \text{ Ом}$$

Ответ: $R_{AD}=1005 \text{ Ом}$.

Задача №3. Два резистора сопротивлением $r_1=5 \text{ Ом}$ и $r_2=30 \text{ Ом}$ включены параллельно, к зажимам источника тока напряжением 6В. Найдите силу тока на всех участках цепи.

Дано: $R_1=5 \text{ Ом}$, $R_2=30 \text{ Ом}$, $U=6\text{В}$

Найти: I_0 -?

Решение:

$$I_0 = I_1 + I_2$$

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2}$$

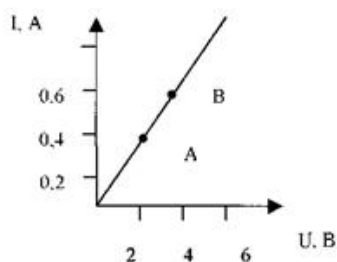
$$I_1 = \frac{6\text{В}}{5 \text{ Ом}} \approx 1,2\text{А}$$

$$I_2 = \frac{6\text{В}}{30 \text{ Ом}} = 0,2 \text{ А}$$

$$I = 1,2\text{А} + 0,2\text{А} = 1,4\text{А}$$

Ответ: $I= 1,4 \text{ А}$

Задача №4.



1. Какому значению силы тока и напряжения соответствует точка А?
2. Какому значению силы тока и напряжения соответствует точка В?
3. Найдите сопротивление в точке А и в точке В.
4. Найдите по графику силу тока в проводнике при напряжении 8 В и вычислите сопротивление в этом случае.
5. Какой вывод можно проделать по результатам задачи?

Ответ:

1. Сила тока = 0,4 А, напряжение – 4В.
2. Сила тока = 0,6 А, напряжение – 6В.
3. Сопротивление в т.А – 10 Ом, в т.В – 10 Ом.
4. Сила тока = 0,8А, сопротивление – 10 Ом.
5. При изменении силы тока и напряжения на одинаковую величину, сопротивление остается постоянным.

Задача №5. Внутреннее сопротивление старой батареи от карманного фонаря равно 0,5 Ом. Хороший вольтметр в отсутствие нагрузки показывает на ней напряжение 1,5 В. Каково напряжение на полюсах батареи, если ее замкнуть на нагрузку сопротивлением 1 Ом?

Дано: $U_0 = 1,5 \text{ В}$, $r = 0,5 \text{ Ом}$, $R = 1 \text{ Ом}$

Найти: $U = ?$

Решение:

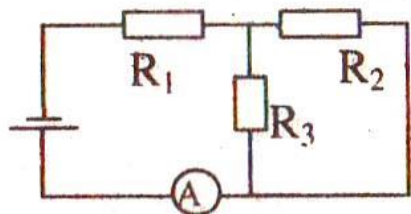
$$I = \frac{U_0}{R + r}$$

$$U = I \cdot R = \frac{U_0 \cdot R}{R + r}$$

$$U = \frac{1,5 \text{ В} \cdot 1 \text{ Ом}}{1 \text{ Ом} + 0,5 \text{ Ом}} = 1 \text{ В}$$

Ответ: $U = 1 \text{ В}$

Задача №6. В цепи, изображенной на схеме $R_1 = 2,9 \text{ Ом}$, $R_2 = 7 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, внутреннее сопротивление источника равно 1 Ом. Амперметр показывает ток 1 А. Определите ЭДС и напряжение на зажимах батареи.



Дано: $R_1 = 2,9 \text{ Ом}$, $R_2 = 7 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, $r = 1 \text{ Ом}$, $I = 1 \text{ А}$

Найти: $\varepsilon - ?$, $U - ?$

Решение:

Найдем общее сопротивление цепи. Резисторы R_2 и R_3 соединены параллельно, а к ним последовательно присоединен резистор R_1 .

$$R_{2,3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

$$\varepsilon = I \cdot (R + r) = I \cdot \left(R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + r \right)$$

$$\varepsilon = 1 \text{ A} \cdot \left(2,9 \text{ Ом} + \frac{7 \text{ Ом} \cdot 3 \text{ Ом}}{7 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом}} + 1 \text{ Ом} \right) = 6 \text{ В}$$

$$U = I \cdot R = I \cdot \left(R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \right)$$

$$U = 1 \text{ A} \cdot \left(2,9 \text{ Ом} + \frac{7 \text{ Ом} \cdot 3 \text{ Ом}}{7 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом}} \right) = 5 \text{ В}$$

Ответ: $\varepsilon = 6 \text{ В}$, $U = 5 \text{ В}$

Задача №7. Определить ЭДС батареи, если известно, что при увеличении сопротивления нагрузки в 2,5 раза напряжение на нагрузке возрастает от 3,5 В до 8 В.

Дано: $R_2 = 2,5R_1$, $U_1 = 3,5 \text{ В}$, $U_2 = 8 \text{ В}$

Найти: ε —?

Решение:

Запишем закон Ома для полной цепи для каждого случая:

$$\varepsilon = U_1 + \frac{U_1}{R_1} \cdot r$$

$$\varepsilon = U_2 + \frac{U_2}{R_2} \cdot r = U_2 + \frac{U_2}{2,5R_1} \cdot r$$

Приравняем:

$$U_1 + \frac{U_1}{R_1} \cdot r = U_2 + \frac{U_2}{2,5R_1} \cdot r$$

$$r \left(\frac{U_1}{R_1} - \frac{U_2}{2,5 \cdot R_1} \right) = U_2 - U_1$$

$$r \frac{2,5 \cdot U_1 - U_2}{2,5 \cdot R_1} = U_2 - U_1$$

$$r = \frac{2,5 \cdot R_1 \cdot (U_2 - U_1)}{2,5 \cdot U_1 - U_2}$$

$$\varepsilon = U_1 + \frac{2,5 \cdot R_1 \cdot (U_2 - U_1)}{2,5 \cdot U_1 - U_2} \cdot \frac{U_1}{R_1} = \frac{1,5 \cdot U_1 \cdot U_2}{2,5 \cdot U_1 - U_2}$$

$$\varepsilon = \frac{1,5 \cdot 3,5 \text{ В} \cdot 8 \text{ В}}{2,5 \cdot 3,5 \text{ В} - 8 \text{ В}} = 5,6 \text{ В}$$

Ответ: $\varepsilon = 5,6 \text{ В}$

Задачи для самостоятельного решения

Задание №1. Даны схемы электрических цепей.

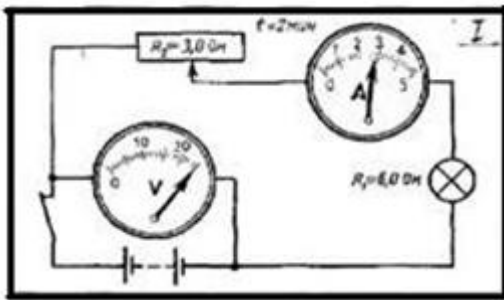


Рис. 1

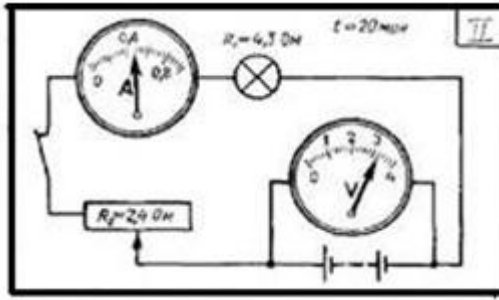


Рис. 2

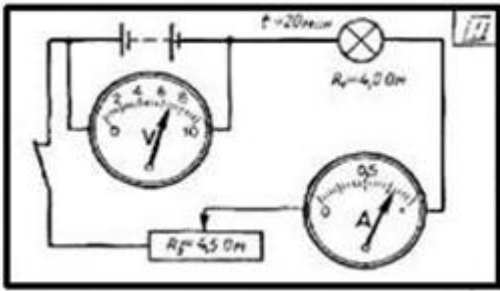


Рис. 3

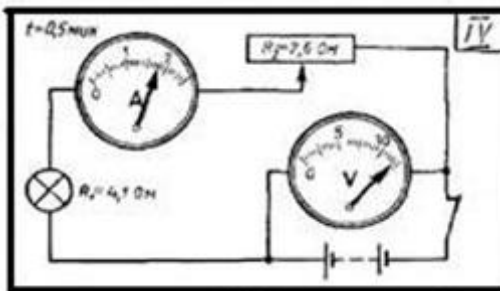


Рис. 4

Ответьте на вопросы:

1. Перечислите все элементы цепи.
2. Какие виды соединения используются?
3. Рассчитайте напряжение на лампе.
4. Рассчитайте напряжение на реостате.
5. Рассчитайте силу тока на всем участке цепи.

Задание №2. Четыре резистора соединены согласно схемам. Определить общее сопротивление в цепи, если $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 102 \text{ Ом}$, $R_3 = 15 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$.

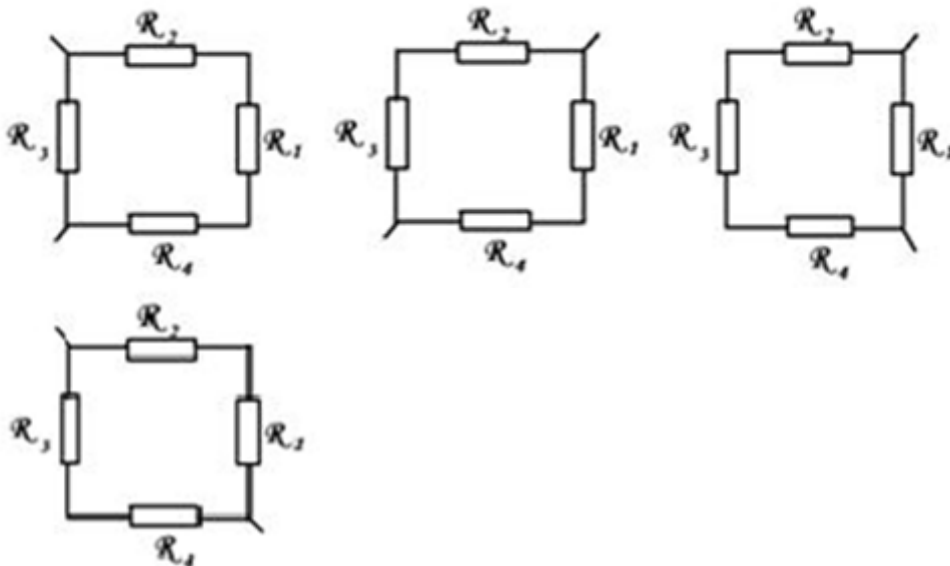


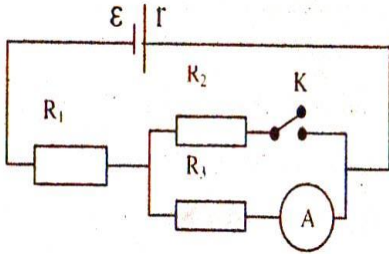
Рис. 1

Рис. 2

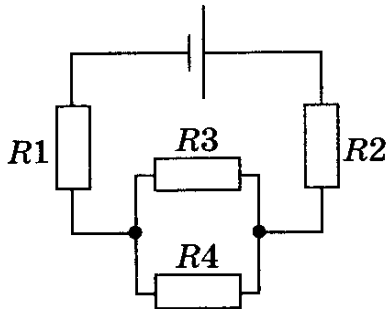
Рис. 3

Рис. 4

Задание №3. При разомкнутом ключе амперметр показывает ток 1 А. Какой ток покажет амперметр при замкнутом ключе? ЭДС источника 10 В, внутреннее сопротивление источника 1 Ом, $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 4$ Ом.



Задание №2. ЭДС источника тока 3 В, его внутреннее сопротивление 1 Ом, сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = 1,75$ Ом, $R_3 = 2$ Ом, $R_4 = 6$ Ом. Какова сила тока в резисторе R_4 ?



Задание №4. Аккумулятор внутренним сопротивлением 0,4 Ом работает на лампочку сопротивлением 12,5 Ом. При этом ток в цепи равен 0,26 А. Определите ЭДС аккумулятора и напряжение на зажимах лампочки.

Задание №5. В цепи источника тока с э. д. с. 30 В идет ток 2 А. Напряжение на зажимах источника 18 В. Найти внешнее сопротивление цепи R и внутреннее сопротивление источника r.

Задание №6. Вольтметр, подключенный к источнику тока с э. д. с. 120 В и внутренним сопротивлением 50 Ом, показывает напряжение 118 В. Найти сопротивление вольтметра R.

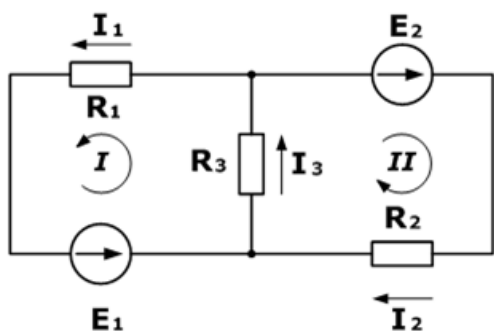
Практическая работа №2

Применение правил Кирхгофа

Цель: научиться применять законы Кирхгофа для расчета сложных электрических цепей, совершенствовать умения, активизировать познавательную деятельность обучающихся через решение задач на расчет сложных электрических цепей.

Примеры решения задач

Задача 1. Дана схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти токи в ветвях, используя законы Кирхгофа.



Дано: $R_1 = 1000\text{ Ом}$, $R_2 = 1500\text{ Ом}$, $R_3 = 150\text{ Ом}$, $E_1 = 75\text{ В}$, $E_2 = 100\text{ В}$

Найти: $I_1, I_2, I_3 = ?$

Решение:

Используя первый закон Кирхгофа, можно записать $n-1$ уравнений для цепи. В нашем случае количество узлов $n=2$, а значит нужно составить только одно уравнение.

По первому закону, сумма токов сходящихся в узле равна нулю. При этом, условно принято считать входящие токи в узел положительными, а выходящими отрицательными. Значит:

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

Затем, используя второй закон (сумма падений напряжения в независимом контуре равна сумме ЭДС в нем), составим уравнения для первого и второго контуров цепи. Направления обхода выбраны произвольными, при этом если направление тока через резистор совпадает с направлением обхода, берем со знаком плюс, и наоборот если не совпадает, то со знаком минус. Аналогично с источниками ЭДС.

На примере первого контура – ток I_1 и I_3 совпадают с направлением обхода контура (против часовой стрелки), ЭДС E_1 также совпадает, поэтому берем их со знаком плюс.

Уравнения для первого и второго контуров по второму закону будут:

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1$$

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$

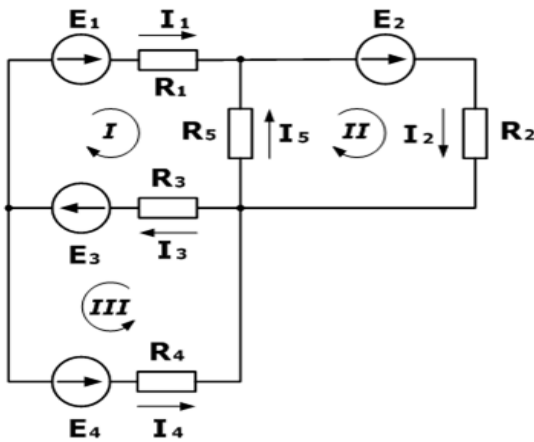
Все эти три уравнения образуют систему

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1 \\ R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \\ I_3 - I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Подставив известные значения и решив данную линейную систему уравнений, найдем токи в ветвях (способ решения может быть любым).

$$\begin{cases} I_1 = 0,143 \\ I_2 = 0,262 \\ I_3 = 0,405 \end{cases}$$

Задача 2. Зная сопротивления резисторов и ЭДС трех источников найти ЭДС четвертого и токи в ветвях.



Дано: $R_1 = 130 \text{ Ом}$, $R_2 = 100 \text{ Ом}$, $R_3 = 150 \text{ Ом}$, $R_4 = 200 \text{ Ом}$, $R_5 = 80 \text{ Ом}$, $E_1 = 30 \text{ В}$, $E_2 = 60 \text{ В}$, $E_3 = 80 \text{ В}$, $I_5 = 0,206 \text{ А}$

Найти: I_1, I_2, I_3, I_4, E_4 —?

Решение:

Составим уравнения на основании первого закона Кирхгофа. Количество уравнений $n-1=2$

$$I_3 - I_1 - I_4 = 0$$

$$I_5 + I_1 - I_2 = 0$$

Затем составляем уравнения по второму закону для трех контуров. Учитываем направления обхода.

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3$$

$$R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2$$

$$R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4$$

На основании этих уравнений составляем систему с 5-ью неизвестными

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 - R_5 I_5 = E_1 + E_3 \\ R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_2 \\ R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_3 + E_4 \\ I_3 - I_1 - I_4 = 0 \\ I_5 + I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Решив эту систему любым удобным способом, найдем неизвестные величины

$$\begin{cases} I_1 = 0,229 \\ I_2 = 0,435 \\ I_3 = 0,645 \\ I_4 = 0,416 \\ E_4 = 100 \end{cases}$$

Для этой задачи выполним проверку с помощью баланса мощностей, при этом сумма мощностей, отданная источниками, должна равняться сумме мощностей полученных приемниками.

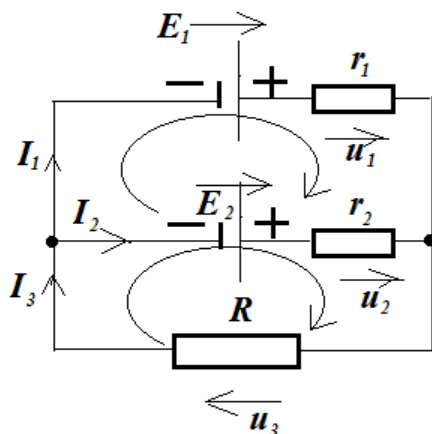
$$I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 = E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 + E_4 I_4$$

$$126.2 \approx 126.2 \text{ Вт}$$

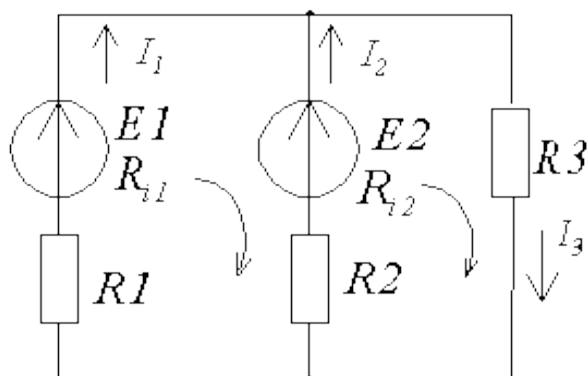
Баланс мощностей сошелся, а значит токи и ЭДС найдены верно.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. Даны две батареи аккумуляторов с ЭДС 10 В и 8 В, с внутренним сопротивлением 1 Ом и 2 Ом. Реостат имеет сопротивление 6 Ом. Элементы цепи соединены по схеме, показанной на рисунке. Найти силу тока в батареях и реостате.



Задача 2. В цепи известны значения токов $E1 = 24 \text{ В}$, $E2 = 18 \text{ В}$, $R1 = 0, \text{ Ом}$, $R2 = 0, \text{ Ом}$, $R3 = 1,5 \text{ Ом}$, $R4 = 1,8 \text{ Ом}$, $R5 = 2 \text{ Ом}$. Определить $I1-3$.



Практическая работа №3

Расчет электрической цепи со смешанным соединением конденсаторов.

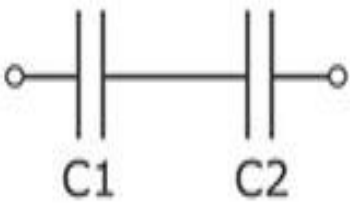
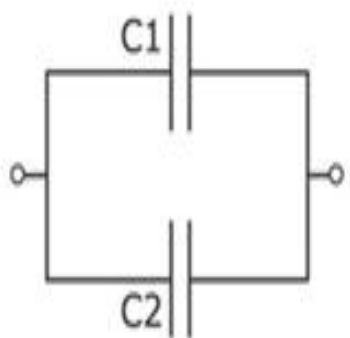
Цель: изучить методы соединения конденсаторов в электрических цепях постоянного тока; рассчитать эквивалентную емкость, напряжение и заряд батареи конденсаторов при смешанном соединении конденсаторов.

Ход работы:

1. Изучить свойства конденсаторов, способы соединения, формулы для определения основных величин.
2. Рассчитать эквивалентную емкость, напряжение и заряд батареи конденсаторов при смешанном соединении конденсаторов по заданному варианту.
3. Оформить отчет.

Краткие сведения.

Особенности соединения конденсаторов

Вид соединения	Последовательное	Параллельное
Схема соединения		
Напряжение	$U_{\text{общ}} = U_1 + U_2$	$U_{\text{общ}} = U_1 = U_2$
Заряд	$q_{\text{общ}} = q_1 = q_2$	$q_{\text{общ}} = q_1 + q_2$
Эквивалентная емкость	$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$C_{\text{общ}} = C_1 + C_2$

Практическое задание:

Определить заряд, напряжение, энергию электрического поля каждого конденсатора, эквивалентную емкость цепи, используя данные из табл. 1

Таблица 1.

Номер варианта	Номер рисунка схемы	Задваемые величины						
		U, кВ	C1, мкФ	C2, мкФ	C3, мкФ	C4, мкФ	C5, мкФ	C6, мкФ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	2.1	1	10	20	30	40	50	60
01	2.2	10	20	30	40	50	60	10
02	2.3	9	30	40	50	60	10	20
03	2.4	8	40	50	60	10	20	30
04	2.5	7	50	60	10	20	30	40
05	2.1	2	60	10	20	30	40	50
06	2.2	9	10	20	30	40	50	60
07	2.3	8	20	30	40	50	60	10
08	2.4	7	30	40	50	60	10	20
09	2.5	6	40	50	60	10	20	30
10	2.1	3	50	60	10	20	30	40
11	2.2	8	60	10	20	30	40	50
12	2.3	7	10	20	30	40	50	60
13	2.4	6	20	30	40	50	60	10
14	2.5	5	30	40	50	60	10	20
15	2.1	4	40	50	60	10	20	30
16	2.2	7	50	60	10	20	30	40
17	2.3	6	60	10	20	30	40	50
18	2.4	5	10	20	30	40	50	60
19	2.5	4	20	30	40	50	60	10
20	2.1	5	30	40	50	60	10	20

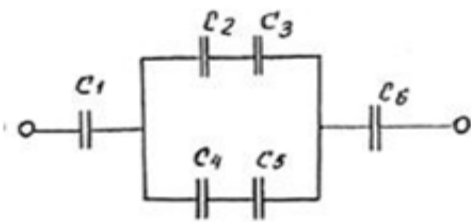


Рис. 1

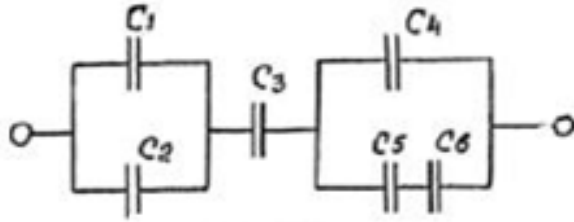


Рис. 2

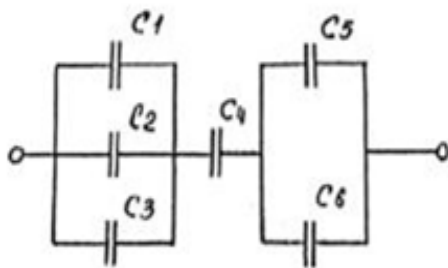


Рис. 3

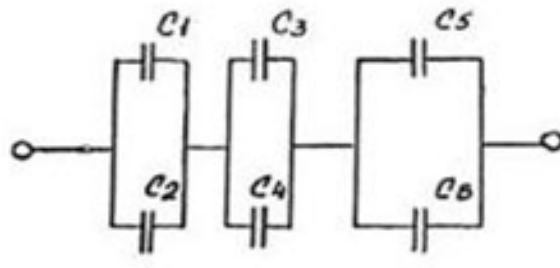


Рис. 4

Практическая работа №4

Расчет параметров трехфазных сетей переменного тока, соединенных по схеме «треугольник»

Задача №1. В **трехпроводную** сеть (рис.) трехфазного тока с линейным напряжением $U_{\text{Л}} = 220 \text{ В}$ включены по схеме "**треугольник**" три группы электрических ламп накаливания одинаковой мощности. В каждой группе лампы соединены параллельно. В среднем сопротивление одной лампы составляет $R_{\text{ЛАМП}} = 242 \text{ Ом}$.

Первая группа ламп включена в фазу **АВ**, число ламп в ней $n_{\text{АВ}} = 11$ шт.

Вторая включена в фазу **ВС**, число ламп в ней $n_{\text{ВС}} = 22$ шт.

Третья группа ламп включена в фазу **СА**, число ламп в ней $n_{\text{СА}} = 33$ шт.

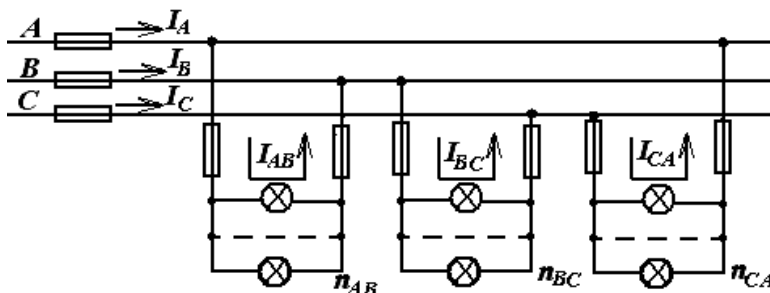
Определить ток $I_{\text{ламп}}$ напряжение $U_{\text{ламп}}$ и мощность $P_{\text{ламп}}$, на которые рассчитана лампа; токи $I_{\text{АВ}}$, $I_{\text{ВС}}$, $I_{\text{СА}}$, протекающие в фазах цепи; мощности $P_{\text{АВ}}$, $P_{\text{ВС}}$, $P_{\text{СА}}$, P , потребляемые фазами и всей цепью. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов, и из неё графически определить величину токов $I_{\text{А}}$, $I_{\text{В}}$, $I_{\text{С}}$ в линейных проводах.

Решение:

При соединении потребителей **треугольником фазное напряжение равно линейному**: $U_{\text{Л}} = U_{\Phi}$. Напряжения обозначаются $U_{\text{АВ}}$, $U_{\text{ВС}}$, $U_{\text{СА}}$.

Фазные токи обозначаются $I_{\text{АВ}}$, $I_{\text{ВС}}$, $I_{\text{СА}}$ Линейные токи обозначаются $I_{\text{А}}$, $I_{\text{В}}$, $I_{\text{С}}$, в общем виде $I_{\text{Л}}$. При равномерной нагрузке фаз $I_{\text{Л}} = \sqrt{3} I_{\Phi}$.

При неравномерной нагрузке фаз линейные токи определяются на основании первого закона Кирхгофа из векторной диаграммы, как геометрическая разность фазных токов.



1. Запись линейных напряжений $U_{\text{АВ}}$, $U_{\text{ВС}}$, $U_{\text{СА}}$, виде $U_{\text{Л}}$.

По условию задачи $U_{\text{АВ}} = U_{\text{ВС}} = U_{\text{СА}} = 220 \text{ В}$. При соединении "**треугольником**" линейное напряжение равно фазному, поэтому $U_{\text{Л}} = U_{\Phi}$.

2. Все лампы цепи включены на фазное напряжение, поэтому $U_{\text{ламп}} = U_{\Phi} = 220 \text{ В}$.

3. Ток лампы по закону Ома $I_{\text{лампы}} = U_{\text{лампы}} / R_{\text{лампы}} = 220\text{В} / 242\ \text{Ом} = 0,909\ \text{А}$.

4. Мощность лампы $P_{\text{лампы}} = U_{\text{лампы}} \cdot I_{\text{лампы}} = 220\ \text{В} \cdot 0,909\ \text{А} = 200\ \text{Вт}$

Мощность лампы можно также найти по формулам $P_{\text{лампы}} = U_{\text{лампы}}^2 / R_{\text{лампы}}$ $P_{\text{лампы}} = I_{\text{лампы}}^2 \cdot R_{\text{лампы}}$. Проверьте это.

5. Сопротивления фаз (они активные)

$$R_{\text{AB}} = R_{\text{лампы}} / n_{\text{AB}} = 242\ \text{Ом} / 11 = 22\ \text{Ом}$$

$$R_{\text{BC}} = R_{\text{лампы}} / n_{\text{BC}} = 242\ \text{Ом} / 22 = 11\ \text{Ом}$$

$$R_{\text{CA}} = R_{\text{лампы}} / n_{\text{CA}} = 242\ \text{Ом} / 33 = 7,33\ \text{Ом}$$

6. Токи фаз по закону Ома

$$I_{\text{AB}} = U_{\text{AB}} / R_{\text{AB}} = 220 / 22 = 10\ \text{А}$$

$$I_{\text{BC}} = U_{\text{BC}} / R_{\text{BC}} = 220 / 11 = 20\ \text{А}$$

$$I_{\text{CA}} = U_{\text{CA}} / R_{\text{CA}} = 220 / 7,33 = 30\ \text{А}$$

Фазные токи можно найти по значению тока лампы и количеству ламп в фазе.

$$I_{\text{AB}} = i_{\text{Лампы}} \cdot n_{\text{AB}}$$

$$I_{\text{BC}} = i_{\text{Лампы}} \cdot n_{\text{BC}}$$

$$I_{\text{CA}} = i_{\text{Лампы}} \cdot n_{\text{CA}}$$

7. Мощности, потребляемые фазами (они активные)

$$P_{\text{AB}} = U_{\text{AB}} \cdot I_{\text{AB}} = 220\ \text{В} \cdot 10\ \text{А} = 2200\ \text{Вт}$$

$$P_{\text{BC}} = U_{\text{BC}} \cdot I_{\text{BC}} = 220\ \text{В} \cdot 20\ \text{А} = 4400\ \text{Вт}$$

$$P_{\text{CA}} = U_{\text{CA}} \cdot I_{\text{CA}} = 220\ \text{В} \cdot 30\ \text{А} = 6600\ \text{Вт}$$

Другие способы:

$$P_{\text{AB}} = U_{\text{AB}}^2 / R_{\text{AB}}$$

$$P_{\text{BC}} = U_{\text{BC}}^2 / R_{\text{BC}}$$

$$P_{\text{CA}} = U_{\text{CA}}^2 / R_{\text{CA}}$$

Или

$$P_{AB} = I_{AB}^2 \cdot R_{AB}$$

$$P_{BC} = I_{BC}^2 \cdot R_{BC}$$

$$P_{CA} = I_{CA}^2 \cdot R_{CA}$$

Или

$$P_{AB} = P_{\text{Ламп}} \cdot n_{AB}$$

$$P_{BC} = P_{\text{Ламп}} \cdot n_{BC}$$

$$P_{CA} = P_{\text{Ламп}} \cdot n_{CA}$$

8. Мощность, потребляемая цепью $P = P_{AB} = P_{BC} = P_{CA} = 2200 + 4400 + 6600 = 13200$ (Вт)

Практическая работа №5

Определение коэффициента полезного действия трансформатора

Контрольные вопросы:

1. Если в обмотке трансформатора замыкаются накоротко хотя бы два соседних витка, то трансформатор выходит из строя. Почему?
2. При работе нагруженного трансформатора слышно гудение. Почему?

Примеры решения задач

Задача 1. Определите максимальное значение электродвижущей силы во вторичной обмотке трансформатора, если она имеет 100 витков и пронизывается магнитным потоком, изменяющимся со временем по закону $\Phi = 0,01 \cos 314 t$.

Дано: $N_2 = 100$, $\Phi = 0,01 \cdot \cos 314 \cdot t$

Найти: $\varepsilon_{max} = ?$

Решение: *Переменный ток в первичной обмотке создает в сердечнике переменный магнитный поток, который возбуждает ЭДС индукции в витках каждой обмотке.*

Мгновенное значение ЭДС:

$$\varepsilon = -\dot{\Phi} \cdot N_2 = -100 \cdot (-314) \cdot 0,01 \cdot \sin 314 t = 314 \cdot \sin 314 t$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{max} \cdot \sin \omega t$$

$$\varepsilon_{max} = 314 \text{ В}$$

Ответ: $\varepsilon_{max} = 314 \text{ В}$

Задача 2. Трансформатор, содержащий в первичной обмотке 840 витков, повышает напряжение с 220 В до 660 В. Каков коэффициент трансформации и сколько витков содержится во вторичной обмотке трансформатора? В какой обмотке провод будет иметь большую площадь сечения?

Дано: $N_1 = 840, U_1 = 220 \text{ В}, U_2 = 660 \text{ В}$

Найти: $k, N_2 = ?$

Решение:

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220 \text{ В}}{660 \text{ В}} = \frac{1}{3}$$

$$k = \frac{N_1}{N_2}$$

$$N_2 = \frac{N_1}{k} = \frac{840}{\frac{1}{3}} = 2520$$

Ответ: $N_2 = 2520$. Поскольку преобразование напряжения в трансформаторе осуществляется без заметной потери мощности, то $I_1 \approx 3I_2$. Следовательно, $S_1 > S_2$.

Задачи для самостоятельного решения

Задание №1. Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации 10 включен в сеть с напряжением 127 В. Сопротивление вторичной обмотки 2 Ом, сила тока 3 А. Определить напряжение на клеммах вторичной обмотки. Потерями энергии в первичной обмотке пренебречь

Задание №2. Понижающий трансформатор с $k = 10$ включен в сеть напряжением 127 В. Сопротивление вторичной обмотки равно 2 Ом, а сила тока 3 А, то, каково напряжение на зажимах вторичной обмотки? Потерями энергии в первичной обмотке пренебречь

Задание №3. Трансформатор с коэффициентом трансформации 10, имеет в первичной цепи напряжение 220 В. Во вторичной цепи, сопротивление которой 2 Ом, течет ток 4 А. Рассчитайте напряжение на выходе трансформатора. Потерями в первичной обмотке пренебречь.

Задание №4. Трансформатор включен в сеть переменным напряжением 220 В. Напряжение на зажимах вторичной обмотки составляет 20 В, а сила тока 1 А. Определите коэффициент трансформации и сопротивление вторичной обмотки, если КПД данного трансформатора равен 91%. Потери в первичной обмотке и сердечнике пренебречь.

Практическая работа №6.

Полупроводники. Диоды. Транзисторы. Тиристоры. Выпрямители. Устройство и принцип работы.

Цель: Научиться работать с полупроводниковыми приборами, определять их маркировку по справочным данным, производить простейшие расчёты с помощью графиков.

Оснащение: Образцы полупроводниковых приборов, справочники

Теоретические сведения:

Система условных обозначений современных типов диодов установлена отраслевым Стандартом ОСТ 11336.919-81. В основу системы обозначений положен буквенно-цифровой код.

Первый элемент обозначен исходный полупроводниковый материалы, из которого изготовлен диод. Используются буквы или цифры:

Г или 1 - для германия или его соединений;

К или 2 - для кремния или его соединений;

А или 3 - для соединений галлия;

И или 4 - для соединений индия.

Второй элемент - буква, определяющая подкласс (или группу) прибора.

Д - для диодов выпрямительных, импульсных, магнитодиодов, термодиодов;

Ц - выпрямительные столбы и блоки;

А - диоды СВЧ;

В - варикапы;

И - туннельные и обращенные диоды;

Н - диодные тиристоры;

У - триодные тиристоры;

Л - излучатели (светодиоды);

Г - генераторы шума;

Б - диоды Ганна;

К - стабилизаторы тока;

С - стабилитроны и стабисторы.

Ф - фотодиоды

Третий элемент - состоит из трех цифр, обозначающих назначение и качественные свойства приборов, а также порядковый номер разработки.

Ниже приводится расшифровка третьего элемента обозначения различных типов диодов и обозначение третьего элемента стабилитронов в зависимости от их мощности.

Четвертый элемент (буква) обозначает классификацию диода внутри технологического типа по одному или нескольким электрическим параметрам. В ряде случаев такая классификация может осуществляться без буквы только с помощью третьего элемента, при этом приборам одного типа, но с различными классификационными параметрами даются разные трехзначные номера в пределах соответствующей сотни.

Порядок выполнения работы:

1. Расшифруйте предложенную преподавателем маркировку полупроводниковых приборов и зарисуйте условное графическое обозначение этих приборов.

Заполните таблицу 1.

Маркировка полупроводникового прибора	Расшифровка маркировки полупроводникового прибора	УГО полупроводникового прибора
АЛ102А-В		
КУ204А		
КД504А		
КВ107А		
ФДК1		
ГД402		
КЦ303		
КС139А		

Дайте определение каждого полупроводникового прибора приведённого в таблице 1.

Контрольные вопросы:

Область применения полупроводниковых приборов?

Дайте определение полупроводниковому диоду.

Перечислите основные параметры полупроводниковых материалов?
Приведите определение
туннельный диод;
фотодиод;
фототранзистор;
оптрон;
биполярный транзистор.

Лабораторная работа №1. Последовательное соединение проводников.

Цель: научиться собирать цепь с последовательным соединением проводников; экспериментально проверить основные закономерности последовательного соединения.

Оборудование: источник тока, два различных резистора на панельках, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Ход работы:

1. Соберите цепь без вольтметра согласно рисунку 1.

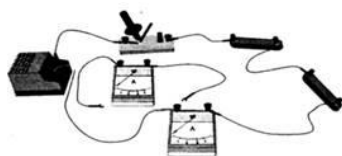


Рис. 1

2. Измерьте и занесите в таблицу значение силы тока I_0 в цепи. Изменится ли сила тока, если поменять место включения амперметра в данной цепи? Сделайте вывод о значениях силы тока I_0 в резисторах 1 и 2 и источнике тока.

3. Измерьте поочередно и занесите в таблицу значения напряжения U_1 , на первом резисторе, U_2 на втором резисторе, напряжения U_0 на двух резисторах вместе так, как показано на схеме пунктирными линиями (рис. 2).

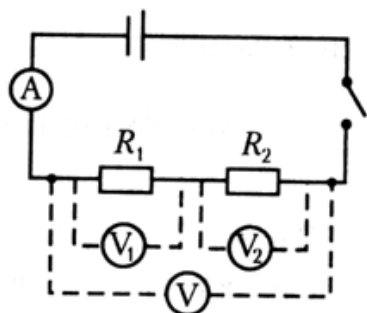


Рис. 2

4. Сравните U_1 , U_2 , U_0 и сделайте вывод.

5. Примените закон Ома к участку из двух проводников. Вычислите и занесите в таблицу значение сопротивления этого.

6. Занесите в таблицу 2 значения сопротивлений, указанные на панельках резисторов 1 и 2. Сравните R_1 , R_2 и R_0 , **сделайте вывод.**

Таблица 2

$I_0, \text{А}$	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U_0, \text{В}$	$R_0, \text{Ом}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$

II. Контрольные вопросы.

1. Почему последовательное соединение потребителей практически не используют в бытовой электропроводке?

2. Чему равно сопротивление участка цепи из N одинаковых резисторов сопротивлением R , каждый, соединенных последовательно?

Лабораторная работа №2

Проверка законов параллельного соединения проводников

Цель работы: на опыте проверить правильность законов параллельного соединения проводников.

Оборудование: источник тока, резисторы, амперметр, вольтметр, реостат, соединительные провода, ключ.

Теория. При параллельном соединении проводников напряжение одинаково на всех участках цепи, сила тока в цепи равна сумме сил токов на отдельных участках цепи. Величину, обратную сопротивлению проводника, называют его проводимостью: $1/R$. При параллельном соединении общая проводимость цепи равна сумме проводимостей отдельных участков цепи:

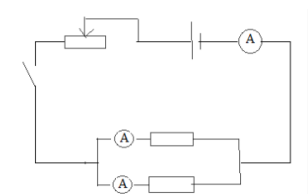
$$1/R_{\text{цепи}} = 1/R_1 + 1/R_2$$

При параллельном соединении 2-х резисторов общее сопротивление после математических преобразований можно рассчитать по формуле:

$$R_{\text{цепи}} = R_1/R_2 / (R_1 + R_2)$$

Параллельное соединение проводников широко используют в быту, так как оно позволяет включать приборы в сеть независимо друг от друга.

Схема.



Цена деления амперметра: A

Цена деления вольтметра: B

Порядок выполнения работы.

1. Собрать электрическую цепь по схеме.
2. С помощью реостата отрегулировать силу тока в цепи и измерить значение силы тока в цепи
3. Изменить положение амперметра в цепи два раза и результаты измерений внести в таблицу.
4. Убедиться, что сила тока в цепи равны сумме сил токов на отдельных резисторах.
5. Измерить напряжение на 1-м, 2-м резисторах и убедиться, что оно одинаково. Результаты измерений внести в таблицу.
6. Рассчитать с помощью закона Ома для участка цепи сопротивление резисторов:

$$I = \frac{U}{R} \quad , \quad R = \frac{U}{I}$$

для всех трех опытов и результаты вычислений внести в таблицу.

1. Рассчитать общее сопротивление резисторов по формуле:

$$R_{\text{общ}} = R_1/R_2 / (R_1 + R_2)$$

1. Убедиться, общее сопротивление резисторов, рассчитанное по формулам в п.6 и в п.7 примерно равны.

№ опыта	Сила тока,	Напряжение,	Сопротивление,

	I, А	U, В	R, Ом
1			
2			
3			

Сделайте вывод, исходя из цели работы.

Лабораторная работа №3.

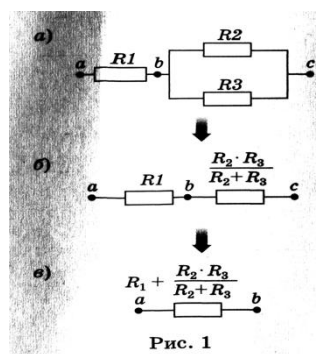
Исследование смешанного соединения проводников.

Цель работы: экспериментально изучить характеристики смешанного соединения проводников.

Оборудование, средства измерения: 1) источник питания, 2) ключ, 3) реостат, 4) амперметр, 5) вольтметр, 6) соединительные провода, 7) три проволочных резистора сопротивлениями 1 Ом, 2 Ом и 4 Ом.

Теоретическое обоснование. Во многих электрических цепях используется смешанное соединение проводников, являющееся комбинацией последовательного и параллельного соединений. Простейшее смешанное соединение сопротивлений R_1 , R_2 , R_3 .

а) Резисторы R_2 и R_3 соединены между собой параллельно, поэтому сопротивление между точками 2 и 3



$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \quad (1)$$

б) Кроме того, при параллельном соединении суммарная сила тока I_1 , вытекающего в узел 2, равна сумме сил токов, вытекающих из него.

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (2)$$

в) Учитывая, что сопротивления R_1 и эквивалентное сопротивление R_{23} соединены последовательно. $U_{13} = U_{12} + U_{23}$, (3), а общее сопротивление цепи

$$R_{13} = R_1 + R_{23} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \quad (4)$$

между точками 1 и 3.

Электрическая цепь для изучения характеристик смешанного соединения проводников состоит из источника питания 1, к которому через ключ 2 подключены реостат 3, амперметр 4 и смешанное соединение трех проволочных резисторов R_1 , R_2 и R_3 . Вольтметром 5 измеряют напряжение между различными парами точек цепи. Схема электрической цепи приведена на рисунке 3. Последующие измерения силы тока и напряжения в электрической цепи позволят проверить соотношения (1) – (4).

Измерения силы тока I , протекающего через резистор R_1 , и равенности потенциалов на нем U_{12} позволяет определить сопротивление R_1 и сравнить

$$R_1 = \frac{U_{12}}{I_1} \quad (5)$$

его с заданным значением.

Сопротивление R_{23} можно найти из закона Ома, измерив вольтметром

$$R_{23} = \frac{U_{23}}{I_1} \quad (6)$$

разность потенциалов U_{23} :

Этот результат можно сравнить со значением R_{23} , полученным из формулы (1). Справедливость формулы (3) проверяется дополнительным измерением с помощью вольтметра напряжения U_{13} (между точками 1 и 3). Это измерение позволит также оценить сопротивление R_{13} (между точками 1 и 3).

$$R_{13} = \frac{U_{13}}{I_1} \quad (7)$$

Экспериментальные значения сопротивлений, полученных по формулам (5) – (7), должны удовлетворять соотношению 9;) для данного смешанного соединения проводников

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь

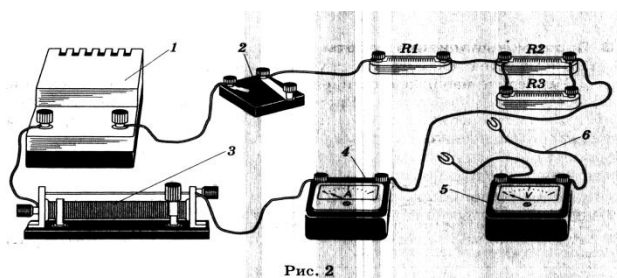


Рис. 2

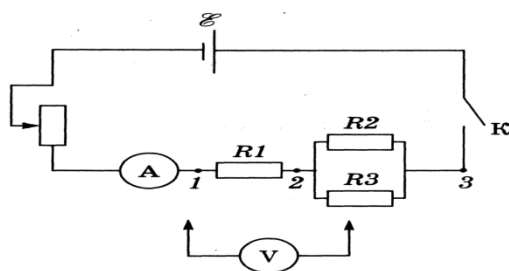


Рис. 3

2. При помощи реостата установите в цепи определенную силу тока I_1 , измеряемую амперметром.

3. Подключите вольтметр к точкам 1 и 2 и измерьте напряжение U_{12} между этими точками.

4. Рассчитайте сопротивление R_1 .

$$R_1 = \frac{U_{12}}{I_1} =$$

5. Подключите вольтметр к точкам 2 и 3 и измерьте напряжения U_{23} между этими точками.

6. Рассчитайте сопротивление R_{23}

$$R_{23} = \frac{U_{23}}{I_1} =$$

7. Подключите вольтметр к точкам 1 и 3 и измерьте напряжения U_{13} между этими точками.

8. Рассчитайте сопротивление R_{13}

$$R_{13} = \frac{U_{13}}{I_1} =$$

Проверьте справедливость формул: $U_{13} = U_1 + U_{23}$; $R_{13} = R_1 + R_{23}$

Вывод:

Дополнительное задание. Убедиться в том, что при параллельном соединении проводников справедливо равенство:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

1. Подключите амперметр последовательно с резистором R_2 и измерьте силу тока I_2 , протекающего через резистор R_2

2. рассчитайте сопротивление резистора R_2 и сравните его с заданным значением.

$$R_2 = \frac{U_{23}}{I_2}$$

3. подключите амперметр последовательно к резистору R_3 и измерьте силу тока I_3 , протекающего через резистор R_3
4. Рассчитайте сопротивление резистора R_3 и сравните его с заданным значением.
$$R_3 = \frac{U_{23}}{I_3}.$$

Лабораторная работа №4.

«Измерение мощности и работы тока в электрической лампе»

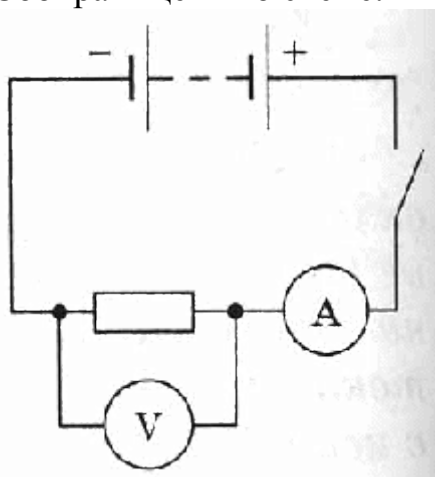
Цель работы: научиться определять мощность и работу тока в лампе, используя амперметр, вольтметр и часы.

Приборы и материалы: источник питания, низковольтная лампа на подставке, вольтметр, амперметр, ключ, соединительные провода, часы с секундной стрелкой.

Рабочие формулы: $P=U \times I$ $A = P \times t.$

Выполнение работы

1. Собрать цепь по схеме:



2. Измерить вольтметром напряжение на лампе: $U =$
3. Измерить амперметром силу тока: $I =$
4. Вычислить мощность тока в лампе: $P =$
5. Измерить время включения и выключения лампы: $t =$. По времени ее горения и мощности определите работу тока в лампе: $A = \text{Дж}.$
6. Проверить, совпадает ли полученное значение мощности с мощностью, обозначенной на лампе.

На лампе мощность $P=U \times I = \text{Вт}$

В эксперименте $= \text{Вт}$

Вывод:

IV. Контрольные вопросы:

1. В результате протягивания проволоки через волочильный станок ее длина увеличилась в 3 раза (при неизменном объеме). Во сколько раз изменились при этом площадь поперечного сечения и сопротивление проволоки?
2. Имеется два медных провода одинаковой длины. Площадь поперечного сечения первого провода в 1,5 раза больше, чем второго. В каком проводе сила тока будет больше и во сколько раз при одинаковом напряжении на них?
3. Два провода – алюминиевый и медный – имеют одинаковую площадь поперечного сечения и сопротивление. Какой провод длиннее и во сколько раз? (удельное сопротивление меди - 0,017 Ом мм²/м, а алюминия - 0,028 Ом мм²/м)

Лабораторная работа №5,6

Индуктивность и емкость в цепи переменного тока.

Цель работы: изучить зависимость емкостного и индуктивного сопротивлений от частоты переменного тока и параметров элементов.

Оборудование: работа выполняется при помощи виртуальной лаборатории.

Ход работы:

1. Собрать цепь, показанную на рисунке 1.
2. Установить следующие значения параметров:
 Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;
 Конденсатор – рабочее напряжение 400 В, емкость 10 мкФ;
 Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.
3. Изменяя емкость конденсатора от 5 до 50 мкФ (через 5 мкФ), записать показания вольтметров (напряжение на конденсаторе и на резисторе).
4. Рассчитать эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения емкости конденсатора (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).
5. Определить значения емкостных сопротивлений конденсатора для соответствующих значений его емкости и сравните их с рассчитанными по формуле (3).
6. Установить емкость конденсатора 10 мкФ. Изменяя частоту генератора от 20 до 100 Гц через 10 Гц, повторите измерения и расчеты емкостного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока.

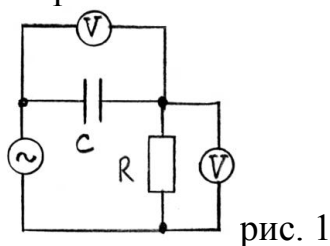


рис. 1

1.

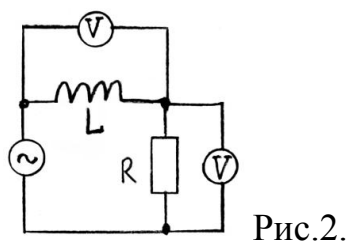


Рис.2.

7. Соберите цепь показанную на рисунке 2.
8. Установить следующие значения параметров:

Генератор – напряжение (эффективное) 100 В, частота 100 Гц;

Катушка - индуктивность 50 мГн;

Резистор – рабочая мощность 500 Вт, сопротивление 100 Ом.

9.Изменяя индуктивность катушки от 50 до 500 мГн (через 50 мГн), записать показания вольтметров (напряжение на катушке и на резисторе).

10.Рассчитать эффективное значение токов, текущих в цепи, в зависимости от значения индуктивности катушки (для этого надо напряжение на резисторе разделить на его сопротивление).

11.Определить индуктивные сопротивления катушки для соответствующих значений ее индуктивности и сравните их с рассчитанными по формуле (1).

12.Установить индуктивность катушки 100 мГн. Изменяя частоту генератора от 20 до 100 Гц через 10 Гц, повторить измерения и расчеты индуктивного сопротивления в зависимости от частоты переменного тока.

11.Построить графики зависимостей индуктивного и емкостного сопротивлений от частоты переменного тока.

12.Сделать вывод:

Контрольные вопросы:

1. Почему емкостное сопротивление уменьшается с увеличением частоты переменного ток а, индуктивное сопротивление – увеличивается?
2. Каковы разницы фаз между током и напряжением для катушки и конденсатора?
3. В каких единицах измеряются емкостное и индуктивное сопротивления?
4. Как записывается аналог закона Ома для максимальных (эффективных) значений для реактивных элементов – конденсатора и катушки индуктивности?