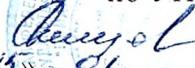
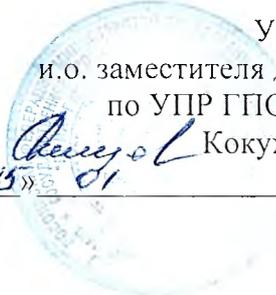


Министерство образования и науки Забайкальского края
Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Приаргунский государственный колледж»

Утверждаю
и.о. заместителя директора
по УПР ГПОУ «ПГК»
 Кокухина К. Н.
« 15 » 01 2025 года



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для обучающихся по выполнению практических работ
по дисциплине

ОП.02 «Электротехника с основами электроники»
по профессии

13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования
(по отраслям)»

Методические указания предназначены для организации работы обучающихся при выполнении практических работ по ОП.02 «Электротехника с основами электроники». Содержат рекомендации и задания согласно рабочей программе, разработанной в соответствии с ФГОС СПО по профессии 13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)», утвержденного приказом Минпросвещения России от 28.04.2023 N 316.

Организация-разработчик: ГПОУ «Приаргунский государственный колледж»

Авторы:

Лончакова О.В. – преподаватель профессионального цикла ГПОУ «ПГК»

Вторушина И.А. – заместитель по НМР ГПОУ «ПГК»

Рассмотрено на ПЦК

Протокол № 5 от «15» 09 2025 г.

Председатель ПЦК Лончакова О.В.

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	4
Общие указания по выполнению практических работ.....	4
Порядок составления отчета о практической работе.....	6
Тематическое планирование практических работ.....	6
Задания для практических работ.....	7
Литература	33

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Электротехника с основами электроники» входит в цикл общепрофессиональных дисциплин по профессии 13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)». Данные методические рекомендации предназначены для обучающихся, изучающие данную дисциплину и включает десять практических работ.

Данные методические рекомендации входят в состав учебно-методического комплекса по дисциплине и предполагают формирование у обучающихся знаний и умений в области электротехники с основами электроники.

2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

1. Практические работы выполняются в соответствии с графиком учебного процесса, который доводится до студентов в начале каждого семестра.

2. К выполнению практических работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по правилам техники безопасности.

3. Формы организации обучающихся при проведении практических работ: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу. При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек. При индивидуальной форме организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

Практические работы выполняются с использованием предоставленных преподавателем технических средств и программного обеспечения.

4. Каждый обучающийся должен заранее подготовиться к очередной практической работе: изучить или повторить теоретический материал, рассмотреть требуемые схемы, повторить необходимые формулы, таблицы и пояснения по выполнению практической работы необходимо занести в тетрадь или оформить их в электронном варианте на ПК. Неподготовленные студенты к выполнению практических работ могут быть не допущены.

5. Перед выполнением работы старший в бригаде (или каждый обучающийся) получает у преподавателя комплект наборных элементов и необходимую электроизмерительную аппаратуру, за которую несет полную ответственность, и после окончания работы сдает их преподавателю.

Преподаватель выдает инструкционные карты обучающимся и проводит вводный инструктаж с пояснением всего процесса выполнения практической работы. Обучающиеся могут задавать вопросы по процессу выполнения практических работ. Только после отсутствия вопросов обучающиеся могут приступить к выполнению практической работы.

6. Во время занятий в учебном кабинете (лаборатории) должны поддерживаться надлежащий порядок и деловая обстановка. Не разрешается перемещение обучающихся по учебному классу (лаборатории) и подключение используемой аппаратуры или компьютеров без разрешения преподавателя. Ответственность за поддержание порядка несет преподаватель, староста группы и дежурный студент.

7. При выполнении практических работ требуется неукоснительное выполнение правил техники безопасности.

8. По окончании работы в черновой тетради каждого обучающегося преподаватель делает отметку о правильном и полном выполнении работы. В случае неправильности полученных результатов работа повторяется.

9. По выполненным практическим работам каждый обучающийся оформляет и защищает отчет. Эта работа планируется в конце текущего практического занятия. Однако если подготовка обучающегося к занятию недостаточна и практическая работа

потребовала слишком много времени, то защита отчета о выполненной работе переносится на следующее практическое занятие или на консультацию. Отчет по выполненной практической работе может быть выполнен как в электронном, так и в рукописном варианте.

10. Пропущенные практические работы отрабатываются во внеурочное время согласно установленному графику.

11. Правила техники безопасности.

Практически все напряжения, с которыми приходится иметь дело в учебном кабинете (лаборатории) электротехники, являются опасными для жизни человека, поэтому при выполнении практических работ необходимо строго выполнять следующие правила безопасности.

1. Электрические цепи должны собираться только при отключенном источнике питания.

2. Собранная схема должна быть проверена преподавателем. Включать схему можно только с разрешения преподавателя.

3. Перед включением электрической цепи все её элементы (реостаты, регулируемые источники, реактивные катушки и т.д.) должны находиться в таком положении, чтобы ток при включении схемы был наименьшим.

4. Все обучающиеся должны быть ознакомлены с системой аварийного отключения источников питания.

5. В учебном кабинете (лаборатории) запрещается:

5.1. Включать схему или персональные компьютеры с программным обеспечением без предупреждения. Перед включением необходимо громко сказать: «Подаю напряжение!».

5.2. Прикасаться к незащищенным частям установки, находящейся под напряжением.

5.3. Производить присоединения в электрической цепи, находящейся под напряжением. Все присоединения выполняются при отключенном питании и после каждого присоединения схема вновь должна быть проверена преподавателем.

5.4. Загромождать лабораторные столы посторонними предметами: приборами и аппаратами, не предназначенными для выполнения данной работы, лишними соединительными проводами, сумками, книгами и т.д.

5.5. Оставлять без наблюдения установку, находящуюся под напряжением.

5.6. Разбирать самостоятельно без преподавателя электрическую цепь или персональный компьютер.

5.7. Включать электрическую цепь в случае, когда один из концов монтажных проводов остается свободным.

5.8. Самому ремонтировать приборы, аппараты и другое электрооборудование.

5.9. Работать одному без преподавателя с электроустановками.

6. В случае аварии на рабочем месте (повреждение приборов, перегорание предохранителей и т.п.) обучающийся обязан немедленно отключить питание на рабочем месте и сообщить преподавателю о случившемся.

7. Обо всех неисправностях срочно сообщать преподавателю.

Критерии оценки практических работ

Практические работы оцениваются по следующим критериям:

«**отлично**» – работа выполнена полностью в соответствии с заданием;

«**хорошо**» – работа выполнена полностью, но с недочетами: конечный результат выполнения работы не полностью совпадает с образцом; ошибки в расчетах, недочеты в оформлении;

«**удовлетворительно**» – работа выполнена на 60 – 70 %;

«**неудовлетворительно**» – работа не выполнена или обучающийся отказывается выполнять практическую работу.

3. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ОТЧЕТА О ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Составление отчета о практической работе имеет своей целью выработать у обучающегося навыки четкого и грамотного изложения результатов любого технического исследования. Отчет о выполненной практической работе составляется обучающимся на основе записей, сделанных в личной черновой тетради в процессе подготовки и выполнения работы. Отчет оформляется на скрепленных листах формата А4 или в виде брошюры формата А5. Допускается оформление отчета на развернутых листах ученических тетрадей в клетку.

Отчет должен содержать:

- титульный лист, на котором будет записано наименование практической работы, фамилия и инициалы обучающегося, дата проведения практической работы;
- изложение цели работы и её реализации в данной практической работе, включая исследуемые схемы, таблицы результатов экспериментов, требуемые расчеты, графики и диаграммы;
- заключение или краткие выводы по итогам работы.

Цель работы и её реализация должны быть изложены кратко, последовательно, с разбивкой на завершённые в смысловом отношении части, соответствующие выполненным в работе экспериментам или решённым задачам.

Пояснения к работе, имеющиеся в методических указаниях, в отчете приводить не следует. Отчет должен быть составлен именно по выполнению работы. Рабочие схемы, таблицы результатов, графики и диаграммы должны иметь наименования и краткие пояснения типа: “по данным табл. 2 построена зависимость $U_{\text{вых}}(I_{\text{н}})$ - см. рис. 2” и т.д. Особое внимание следует уделить графической части отчета. Схемы, графики, диаграммы рекомендуется выполнять карандашом, применяя чертежные принадлежности и соблюдая требования ГОСТ и ЕСКД. Изображение элементов на схемах, как правило, должно быть вертикальным или горизонтальным. Размеры схем и графиков не следует чрезмерно растягивать или, напротив, выполнять их слишком мелкими. Вполне удобны и достаточны для наглядности рисунки размером 8*10 см, т.е. в четверть тетрадного листа. В некоторых случаях графики можно выполнять на отдельных листах миллиметровой бумаги стандартных форматов. Рекомендуемые по ГОСТ масштабы: 1:1, 1:2, 1:5, 1:10. Так же схемы, графики и другие чертежи могут быть выданы преподавателем или выполнены с помощью компьютерных программ для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья.

Итоги проделанной работы могут быть изложены в форме заключения по работе или в виде кратких выводов, которые бы конкретно, со ссылками на таблицы или графики, отвечали пунктам цели работы. Отчет должен быть подписан обучающимся.

4. ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ п/п	Название лабораторных/практических работ	Количество часов
1.	Проблемы функционирования электромагнитного реле и их причины. Заполнить ведомость дефектов.	2
2.	Чтение характеристик электроизмерительных приборов	2
3.	Расчет простой электрической цепи	2
4.	Расчет и составление уравнения электрического состояния ветвей	2
5.	Чтение характеристик измерительных приборов	2
6.	Сборка, прямые и косвенные измерения напряжения, тока аналоговыми и цифровыми приборами, расчет параметров схемы последовательного соединения электроприемников	2

7.	Сборка, прямые и косвенные измерения напряжения, тока аналоговыми и цифровыми приборами, расчет параметров схемы параллельного соединения электроприемников	2
8.	Прямое и косвенное измерение индуктивности и емкости	2
9.	Исследование однофазного трансформатора и асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Рабочие характеристики.	2
10	Исследование параметров электрической цепи на макетной плате виртуальной лаборатории «Начало электроники»	2
ИТОГО		20

4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Раздел 1. Основы электротехники

Тема 1.1. Электрическое, магнитное и электромагнитное поле

Практическая работа № 1

Проблемы функционирования электромагнитного реле и их причины. Заполнить ведомость дефектов.

Формируемые:

32, 33; У1, У2, У3, У4

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучение устройства и назначения электромагнитного реле
2. Определение вероятных неисправностей и их причин.
3. Заполнение ведомости дефектов.

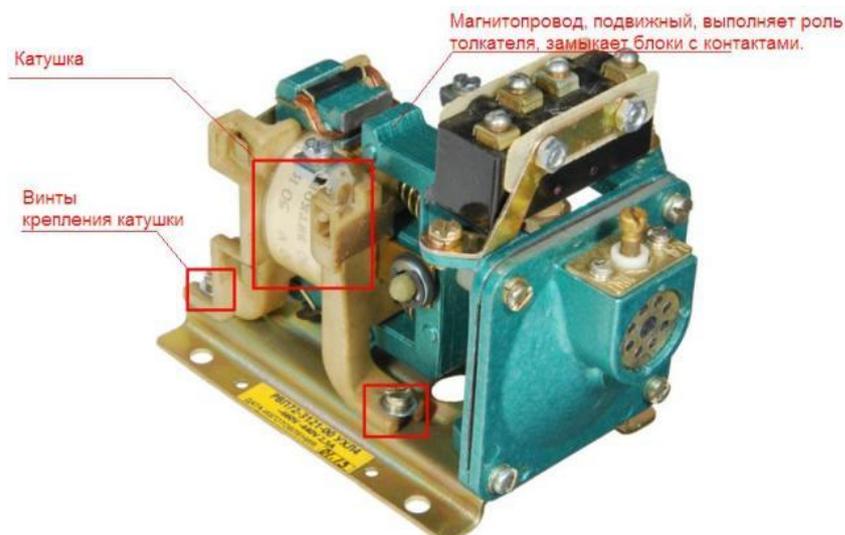
УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Краткие теоретические материалы по теме лабораторной работы.

Электромагнитное реле состоит из следующих частей:

1. **Электромагнит.** Сердечник — стержень или пластина, вокруг которой наматывается обмотка. Служит для усиления магнитного поля. Обмотка — катушка из провода, намотанного на сердечник.
2. **Якорь.** Подвижный элемент реле, обычно изготовленный из ферромагнитного материала.
3. **Контакты.** Металлические элементы, которые могут замыкать или размыкать электрическую цепь.
4. **Возвратная пружина.** Возвращает якорь и контакты в исходное положение.
5. **Корпус.** Изготавливается из изоляционного материала (пластик, керамика), чтобы предотвратить электрический контакт с внешней средой.
6. **Выводы.** Металлические ножки или клеммы, предназначенные для подключения обмотки и контактной группы к внешним электрическим цепям.

Принцип действия: в исходном положении якорь удерживается пружиной. При подаче управляющего сигнала электромагнит притягивает якорь, преодолевая её усилие, и замыкает и/или размыкает контакты в зависимости от конструкции реле. После отключения управляющего напряжения пружина возвращает якорь в исходное положение.



Некоторые проблемы функционирования электромагнитного реле тока и напряжения:

- **Проблемы с коммутацией индуктивных нагрузок и высоковольтных нагрузок на постоянном токе.** Например, электромоторы создают при включении десятикратные перегрузки по току и отдают в питающую цепь высоковольтные всплески напряжения при отключении тока. Контакты реле в таком случае страдают дважды: первый раз от перегрузки по току при включении электродвигателя, второй раз — от искрения (электрической дуги), вызванного высоким напряжением самоиндукции.
- **Окисление металла контактов.** Из-за этого растёт сопротивление контакта.
- **Перегрев контактной пружины (токоподвода) и потеря её пружинящих свойств.** Контакт становится нестабильным.
- **Перегрев внутри корпуса реле и активное газовыделение из пластика.**
- **Взаимодействие корродирующих газов с материалом контактов и образование полимерных плёнок на поверхности контактов.** Это также повышает сопротивление контакта и его износ.

Для защиты электронных схем от негативного влияния электромагнитного реле параллельно выводам катушки реле можно установить защитный диод. Он пропускает через себя возникший высоковольтный импульс, полностью гася его.

Дефектная ведомость относится к первичной документации и фиксирует изъяны, поломки, всевозможный брак оборудования, устройств, материалов, используемых в деятельности предприятия. Для того, чтобы провести их ремонт и восстановление по всем правилам нужно соблюсти определенную процедуру, частью которой является составление дефектной ведомости.

Дефектная ведомость на ремонт электромагнитного реле _____
От _____ 202__ г № _____

№п/п	Дефекты и повреждения	Виды работ по устранению дефектов	Срок устранения дефектов
1			
2.			
3.			

Содержание отчета:

1. Краткое описание конструкции реле.
2. Таблица «Дефектная ведомость на ремонт электромагнитного реле»
3. Вывод.

Раздел 1. Основы электротехники
Тема 1.2. Электрическая и магнитная цепь.
Уравнение электрического состояния цепи
Практическая работа № 2

Чтение характеристик электроизмерительных приборов

Формируемые:

З1; У4

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучение основных характеристик электроизмерительных приборов

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Внимательно рассмотрите ЭИП, найдите на нем и занесите в таблицу:

- основные технические характеристики (наименование прибора, марку, систему, рабочее положение, класс точности),
- укажите предел измерения прибора и число делений измерительной шкалы,
- вычислите цену деления шкалы, чувствительность и абсолютную погрешность прибора.

В первой строке в таблице 1 указан пример заполнения таблицы для микроамперметра с однопределной двусторонней симметричной шкалой, изображенного на рис. 1.

Таблица 1.

Основные характеристики электроизмерительных приборов

№ пп	Наименование прибора	Марка прибора	Система ИМ	Рабочее положение шкалы	Класс точности	Предел измерений	Число делений шкалы	Цена деления	Чувствительность	Абсолютная погрешность
1.	Микроамперметр	M265M	Магнитно электрическая	Вертикальное	1,5	300 мкА	30	10 мкА/дел	0,1 дел/мкА	4,5 мкА
2.	Амперметр									
3.										

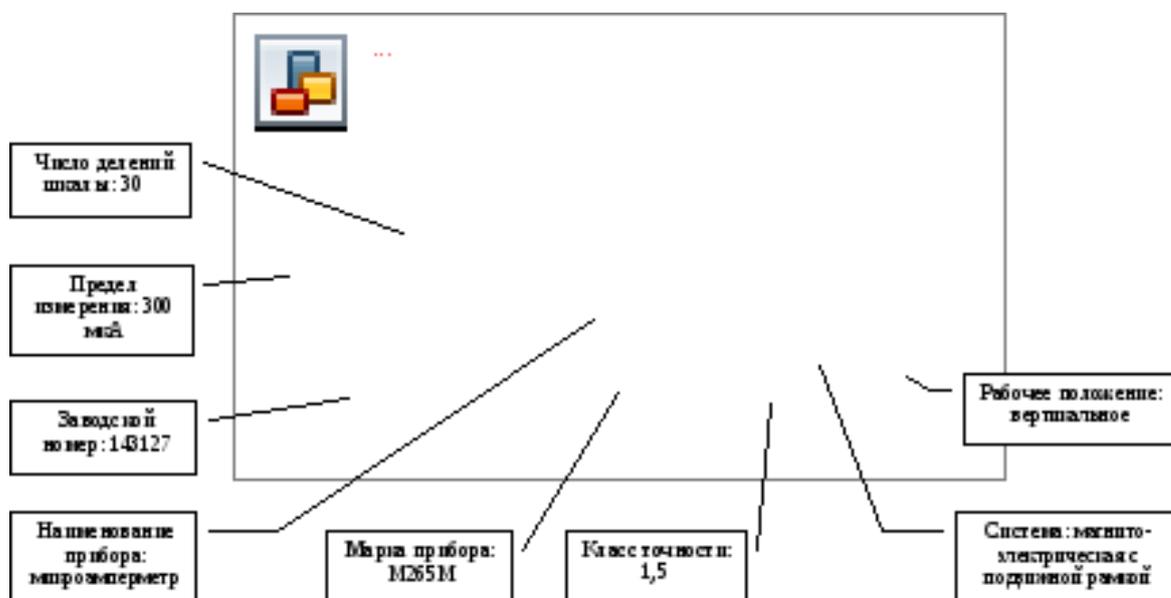


Рис. 1. Характеристики микроамперметра



фото 1.

Вычисление цены деления C производится по формуле:

$$C = \frac{\alpha_{\max}}{n},$$

где α_{\max} - предел измерения прибора, n - число делений шкалы.

$$C = \frac{300 \text{ мкА}}{30 \text{ дел}} = 10 \frac{\text{мкА}}{\text{дел}}$$

Чувствительность прибора S обратна цене деления шкалы:

$$S = \frac{30 \text{ дел}}{300 \text{ мкА}} = 0,1 \frac{\text{дел}}{\text{мкА}}$$

$$S = \frac{1}{C} = \frac{n}{\alpha_{\max}}$$

Абсолютная погрешность прибора $\Delta\alpha$ вычисляется по формуле:

$$\Delta\alpha = \frac{\gamma \cdot \alpha_{\max}}{100\%},$$

где γ - приведенная погрешность, равная значению класса точности прибора.

$$\Delta\alpha = \frac{1,5\% \cdot 300 \text{ мкА}}{100\%} = 4,5 \text{ мкА}$$

Заполните далее таблицу, указав характеристики других электроизмерительных приборов, в том числе и прибора представленного на фото 1.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные характеристики электроизмерительных приборов.
2. Что определяет класс точности прибора?
3. Опишите принцип действия и устройство электроизмерительного прибора а) магнитоэлектрической системы, б) электромагнитной системы.
4. Раскройте смысл понятий: цена деления, чувствительность прибора, абсолютная погрешность шкалы прибора.

Содержание отчета:

1. Таблица «Основные характеристики электроизмерительных приборов»
2. Вывод.

Раздел 1. Основы электротехники

Тема 1.2. Электрическая и магнитная цепь.

Уравнение электрического состояния цепи

Практическая работа № 3

Расчет простой электрической цепи

Формируемые:

З1; У4

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Применение законов Ома и Кирхгофа для расчёта электрических цепей.

ПЛАН

1. Ознакомление с методическими указаниями и примерами решения задач.
2. Решение задач
3. Оформление работы
4. Сдача работы на проверку

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Решение задачи требует знания закона Ома для всей цепи и её участков, первого закона Кирхгофа и методики определения эквивалентного сопротивления цепи при смешанном соединении резисторов

Пример 1. Для схемы, приведенной на рис. 1 определить эквивалентное сопротивление цепи R_{ab} токи в каждом резисторе и напряжение U_{ab} , приложенное к цепи. Заданы сопротивления резисторов и ток I_4 в резисторе R_1 . Как изменятся токи в резисторах при:

- а) замыкании рубильника P_1 ,
- б) расплавлении вставки предохранителя Pr_4 ?

В обоих случаях напряжение U_{ab} остается неизменным.

Решение относится к теме «Электрические цепи постоянного тока». После усвоения условия задачи проводим поэтапное решение, предварительно обозначив стрелкой направление тока в каждом резисторе. Индекс должен соответствовать номеру резистора, по которому он проходит.

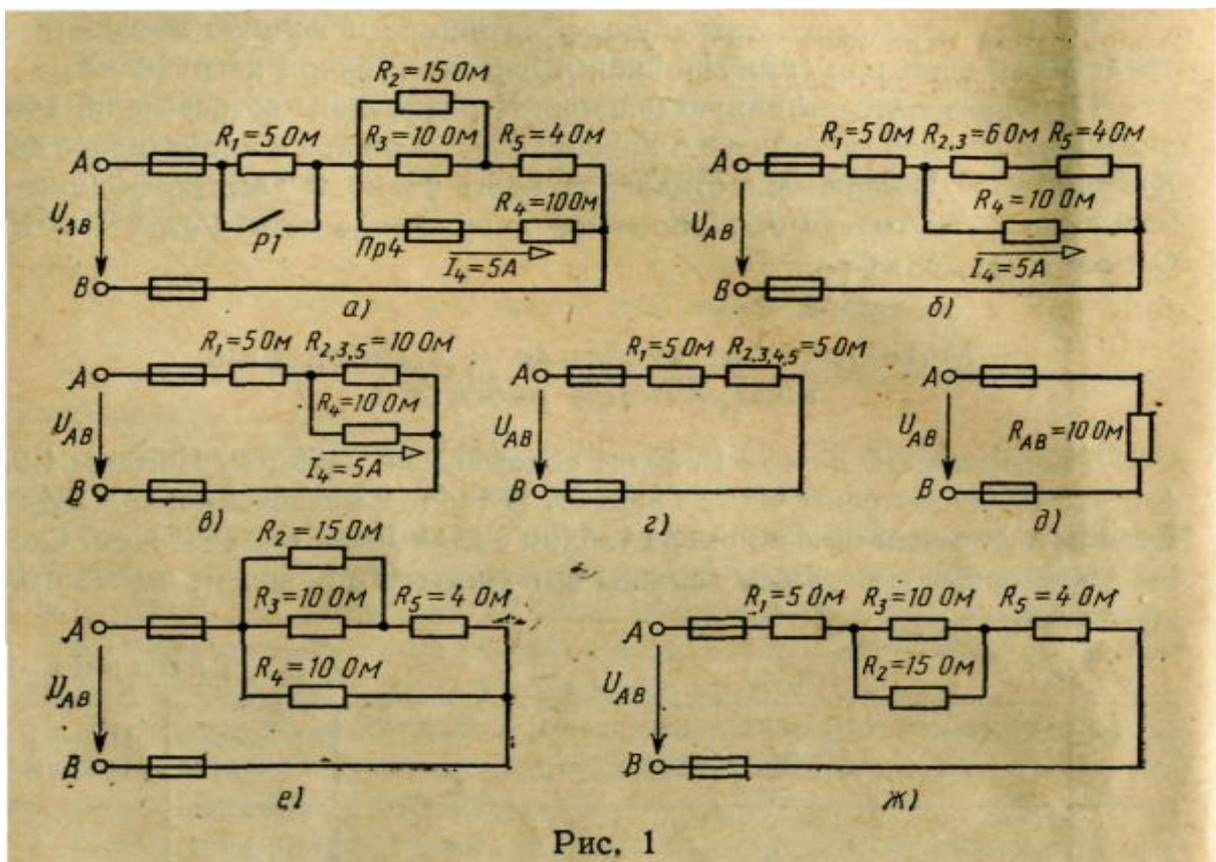


Рис. 1

Решение.

1. Определяем общее сопротивление разветвления R_2, R_3 , Резисторы соединены параллельно, поэтому

$$R_{2,3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{15 \cdot 10}{15 + 10} = 6 \text{ Ом}$$

Теперь схема цепи имеет вид, приведенный на рис. 1, б)

2. резисторы R_{2-3} , и R_5 соединены последовательно, их общее сопротивление $R_{2-3,5} = R_{2-3} + R_5 = 6 + 4 = 10 \text{ Ом}$

Соответствующая схема приведения на рис 1, в).

3. Резисторы $R_{2,3,5}$ и R_4 . соединены параллельно, их общее сопротивление

$$R_{2,3,5} = \frac{10 * 10}{10+10} = 5 \text{ Ом}$$

4. Находим эквивалентное сопротивление всей цепи:

$$R_{ab} = R_1 + R_{2,3,4,5} = 5 + 5 = 10 \text{ Ом. (рис. 1, д).}$$

5. Зная силу тока I_4 , находим напряжение на резисторе R_4 :

$$U_4 = I_4 R_4 = 5 \cdot 10 = 50 \text{ В.}$$

Это же напряжение приложено к резисторам $R_{2,3} + R_5$ (рис, 1, б). Поэтому ток в резисторе R_5

$$I_5 = \frac{U_4}{R_{2,3} + R_5} = \frac{50}{6+4} = 5 \text{ А}$$

6. Находим падение напряжения на резисторе R_5 :

$$U_5 = I_5 \cdot R_5 = 5 \cdot 4 = 20 \text{ В.}$$

Поэтому напряжение на резисторах $R_{2,3}$,

$$U_{2,3} = U_4 - U_5 = 50 - 20 = 30 \text{ В.}$$

7. Определяем токи в резисторах R_2 и R_3 :

$$I_2 = U_{2,3} / R_2 = 30 / 15 = 2 \text{ А; } I_3 = U_{2,3} / R_3 = 30 / 10 = 3 \text{ А.}$$

Применяя первый закон Кирхгофа, находим ток в резисторе R_1

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4 = 2 + 3 + 5 = 10 \text{ А.}$$

8. Вычисляем падение напряжения на резисторе R_1

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = 10 \cdot 5 = 50 \text{ В.}$$

9. Находим напряжение U_{AB} приложенное ко всей цепи:

$$U_{AB} = I_1 R_{AB} = 10 \cdot 10 = 100 \text{ В или } U_{AB} = U_1 + U_4 = 50 + 50 = 100 \text{ В}$$

10. При включении рубильника P_1 сопротивление R_1 замыкается накоротко, и схема цепи имеет вид, показанный на рис. 1. Эквивалентное сопротивление цепи в этом случае

$$R'_{ab} = R_{2,3,4,5} = 5 \text{ Ом}$$

Поскольку напряжение U_{ab} остается равным 100 В, можно найти токи в резисторах R_4 R_5

$$I_4 = U_{ab} / R_4 = 100 / 10 = 10 \text{ А; } I_5 = U_{ab} / (R_{2,3} + R_5) = 100 / (6+4) = 10 \text{ А.}$$

Определим падение напряжения на резисторе R_5

$$U_5 = I_5 R_5 = 10 \cdot 4 = 40 \text{ В}$$

Поэтому напряжение на резисторах R_2 , R_3

$$U_{2,3} = U_{ab} - U_5 = 100 - 40 = 60 \text{ В.}$$

Теперь можно найти токи в резисторах R_2 и R_3 .

$$I_2 = U_{2,3} / R_2 = 60 / 15 = 4 \text{ А; } I_3 = U_{2,3} / R_3 = 60 / 10 = 6 \text{ А.}$$

Проверим правильность вычисления токов, используя первый закон Кирхгофа:

$$I = I_2 + I_3 + I_4 = 4 + 6 + 10 = 20 \text{ А.}$$

Однако

$$I = U_{AB} / R_{2,3,4} = 100 / 5 = 20 \text{ А.}$$

Таким образом, задача решена, верно.

11. При расплавлении предохранителя Pr_4 резистор R_4 выключается и схема принимает вид, показанный на рис. 1, ж.

Вычисляем эквивалентное сопротивление схемы:

$$R^{AB} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_5 = 5 + \frac{15 * 10}{15 + 10} + 4 = 15 \text{ Ом}$$

Поскольку напряжение U_{AB} остается неизменным, находим токи I_1 и I_5

$$I_1 = I_5 = U_{AB} / R_{AB} = 100 / 15 = 6,67 \text{ А.}$$

Напряжение на резисторах R_2 , R_3

$$U_{2,3} = I_1 R_{2,3} = 6,67 \cdot 6 = 40 \text{ В.}$$

Находим токи I_3 I_2

$$I_2 = U_{2,3}/R_2 = 40/15 = 2,67 \text{ А;}$$

$$I_3 = U_{2,3}/R_3 = 40/10 = 4 \text{ А.}$$

Сумма этих токов равна току I_1

$$I_1 = I_2 + I_3 = 2,67 + 4 = 6,67 \text{ А.}$$

Содержание отчета:

1. Решение задачи.

2. Вывод.

Раздел 1. Основы электротехники

Тема 1.2. Электрическая и магнитная цепь.

Уравнение электрического состояния цепи

Практическая работа № 4

Расчет и составление уравнения электрического состояния ветвей

Формируемые:

I_1 ; U_4

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Применение законов Ома и Кирхгофа для составления уравнения электрического состояния ветвей и их расчета.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Пример расчёта:

Метод контурных токов

Для расчета цепей методом непосредственного применения первого и второго правила Кирхгофа нужно составить столько независимых уравнений, сколько нужно определить токов. Метод контурных токов дает возможность определить токи с меньшим числом уравнений. В основу метода контурных токов положено введение понятий контурных токов. Под понятием контурный ток понимают узловый ток, замыкающийся в одном контуре.

Рассмотрим электрическую цепь (рис. 1). При расчете сложных цепей методом контурных токов:

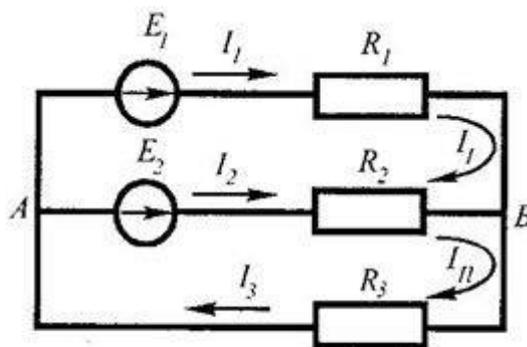


Рисунок 1

1. Определяется число узлов в схеме и число ветвей, т.е. число определяемых токов. В данной схеме имеется два узла (А, В) и три тока в ветвях (I_1 , I_2 , I_3).
2. Определяются независимые контуры цепи. Независимым контуром называется контур, имеющий хотя бы одну ветвь, не входящую в другие контуры цепи. В данной схеме

выбираем два независимых контура (AE1R1BR2E2 и AE2R2BR3). Третий контур (AE1R1BR3) является следствием двух первых.

3. Обозначается положительное направление токов в ветвях. В схеме источники ЭДС обозначаются буквами E1 и E2 с указанием их положительного направления и положительного направления тока в ветвях.

В схеме цепи выделены два независимых контура с контурными токами II и III. Направление обхода контура может быть принято произвольно: по часовой или против часовой стрелки. Если направление ЭДС и направление тока совпадают с принятым направлением обхода контура, то их значение в уравнении пишется со знаком “плюс”, в противоположном случае они учитываются со знаком “минус”. В схеме (рис. 1) обход контура принят по часовой стрелке. Сопоставляя контурные токи с токами в ветвях, замечаем, что контурные токи совпадают с токами во внешних ветвях цепи (II=I1, III=I3). В ветвях, входящих в два смежных контура, действительный ток находится алгебраическим суммированием контурных токов этих контуров (I2 = II-III). Если окажется, что ток в ветви с источником ЭДС будет иметь отрицательный знак, то это указывает на то, что источник ЭДС оказался приемником электроэнергии. Составим уравнения по второму правилу Кирхгофа для цепи, схема которой дана на рис.1.7.

$$E_1 - E_2 = I_1(R_1 + R_2) - I_{II}R_2$$

$$E_2 = I_{II}(R_2 + R_3) - I_1R_2 \quad (3.14)$$

Задача. Рассчитаем электрическую цепь, схема которой дана на рис.1, т.е. определяем ток в ветвях цепи (I1, I2, I3) при данных значениях параметров цепи. Пусть E1=60 В, E2=40 В, R1=20 Ом, и R3=80 Ом.

Решение.1. Определим контурные токи II и III по уравнениям второго правила Кирхгофа. Поставив в них значения ЭДС и сопротивление, получим:

$$60 - 40 = I_1(20 + 20) - 20I_{II}, \quad 20 = 40I_1 - 20I_{II};$$

$$40 = I_{II}(20 + 80) - 20I_1, \quad 40 = 100I_{II} - 20I_1.$$

Решив эти уравнения относительно контурных токов II и III, получим:

$$I_1 = 0,78 \text{ A}, I_{II} = 0,56 \text{ A}.$$

2. По значениям контурных токов определяем токи в ветвях. Токи во внешних ветвях цепи равны контурным токам (II = I1, I3 = III), значит

$$I_1 = 0,78 \text{ A}, I_3 = 0,56 \text{ A},$$

а в смежной ветви двух контуров

$$I_2 = I_{II} - I_1 = 0,56 - 0,78 = -0,22 \text{ A}$$

запишем баланс мощностей (Pi = Pn)

$$E_1 I_1 + (-E_2 I_2) = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2;$$

поставим значения величин, получим

$$60 \times 0,78 - 40 \times 0,22 = 20 \times 0,78^2 + 20 \times 0,22^2 + 80 \times 0,56^2, 38 \text{ Вт} = 38 \text{ Вт}.$$

Содержание отчета:

1.Решение задачи

2.Вывод.

Раздел 1. Основы электротехники
Тема 1.2. Электрическая и магнитная цепь.
Уравнение электрического состояния цепи
Практическая работа № 5
Чтение характеристик измерительных приборов

Формируемые:

З1; У4

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Закрепление знаний по теме «Измерительные приборы электрических величин. Схемы подключения»

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Электроизмерительные приборы предназначены для измерения различных величин и параметров электрической цепи: напряжения, силы тока, мощности, частоты, сопротивления, индуктивности, емкости и других.

На схемах электроизмерительные приборы изображаются условными графическими обозначениями в соответствии с ГОСТ 2.729-68. На рисунке приведены общие обозначения показывающих и регистрирующих приборов.



Условные графические обозначения электроизмерительных приборов.

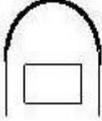
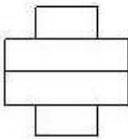
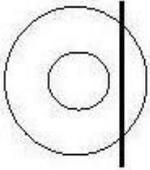
Для указания назначения электроизмерительного прибора в его общее обозначение вписывают

конкретизирующее условное обозначение, установленное в стандартах, или буквенное обозначение единиц измерения прибора согласно ГОСТ в соответствии с таблицей:

Наименование единицы измерения	Условное обозначение	Наименование единицы измерения	Условное обозначение
Ампер	A	Миллиампер	mA
Вольт	V	Микроампер	μ A
Ом	Ω	Милливольт	mV
Ватт	W	Киловатт	kW
Герц	Hz	Киловар	Kvar
Косэффициент мощности	Cos φ	Мегаом	M Ω

2. Электромеханические измерительные приборы

По принципу действия электромеханические приборы подразделяются на приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, ферродинамической, индукционной, электростатической систем. Условные обозначения систем приведены в табл. 1.2. Наибольшее распространение получили приборы первых трех типов: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические.

Тип прибора	Условное обозначение	Род измеряемого тока	Достоинства	Недостатки
Магнитоэлектрический		Постоянный	Высокая точность, равномерность шкалы	Неустойчив к перегрузкам
Электромагнитный		Переменный и постоянный	Простота устройства, перегрузкам устойчив	Низкая точность, чувствителен к помехам
Электродинамический		Переменный и постоянный	Высокая точность	Низкая чувствительность, чувствителен к помехам
Индукционный		Переменный	Высокая надежность, перегрузкам устойчив	Низкая точность

2. Области применения электромеханических приборов

Магнитоэлектрические приборы: щитовые и лабораторные амперметры и вольтметры; нулевые индикаторы при измерениях в мостовых и компенсационных цепях.

В промышленных установках переменного тока низкой частоты большинство амперметров и вольтметров - приборы электромагнитной системы. Лабораторные приборы класса 0,5 и точнее могут изготавливаться для измерения постоянного и переменного токов и напряжения.

Электродинамические механизмы используются в лабораторных и образцовых, приборах для измерения постоянных и переменных токов, напряжений и мощностей.

Индукционные приборы на базе индукционных механизмов используют главным образом в качестве одно- и трехфазных счетчиков энергии переменного тока. По точности счетчики подразделяются на классы 1,0; 2,0; 2,5. Счетчик СО (счетчик однофазный) используют для учета активной энергии (ватт-часов) в однофазных цепях. Для измерения активной энергии в трехфазных цепях применяют двухэлементные индуктивные счетчики, счетный механизм которых учитывает киловатт-часы. Для учета

реактивной энергии служат специальные индуктивные счетчики, имеющие некоторые изменения в устройстве обмоток или в схеме включения.

Активные и реактивные счетчики устанавливают на всех предприятиях для расчета с энергоснабжающими организациями за используемую электроэнергию.

Принцип выбора измерительных приборов

а) Определяют расчетом цепи максимальные значения тока, напряжения и мощности в цепи. Часто значения измеряемых величин известны заранее, например, напряжение сети или аккумуляторной батареи.

б) В зависимости от рода измеряемой величины, постоянного или переменного тока, выбирают систему прибора. Для технических измерений постоянного и переменного тока выбирают соответственно магнитоэлектрическую и электромагнитную системы. При лабораторных и точных измерениях для определения постоянных токов и напряжений применяют магнитоэлектрическую систему, а для переменного тока и напряжения — электродинамическую систему.

в) Выбирают предел измерения прибора таким образом, чтобы измеряемая величина находилась в последней, третьей части шкалы прибора.

г) В зависимости от требуемой точности измерения выбирают класс точности прибора.

2. Способы включения приборов в цепь

Амперметры включают в цепь последовательно с нагрузкой, вольтметры — параллельно, ваттметры и счетчики, как имеющие две обмотки (токовую и напряжения), включают последовательно — параллельно.

Ход работы :

1. Подробно изучить краткие теоретические сведения.
2. Собрать простейшую электрическую цепь.
3. Включить в цепь: амперметр, вольтметр, ваттметр, омметр.
4. Начертить схему включения

Контрольные вопросы:

1. Что такое электрические измерения?
2. Чем характеризуется точность измерения?
3. Как измерить индуктивность?

Раздел 1. Основы электротехники

Тема 1.2. Электрическая и магнитная цепь.

Уравнение электрического состояния цепи

Практическая работа № 6

Сборка, прямые и косвенные измерения напряжения, тока аналоговыми и цифровыми приборами, расчет параметров схемы последовательного соединения электроприемников

Формируемые:

З1; З4, З5, У4, У5

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Формирование умений и навыков работать с электроизмерительными приборами, выполнение измерений и расчетов параметров схемы последовательного соединения электроприемников

Задание:

1. Составить схему измеряемой цепи
2. Выполнить сборку схемы с подключением вольтамперметра и трех последовательно соединенных лампочек

- 2) Какой недостаток имеет этот вид соединения?
- 3) Что происходит с силой измеряемого тока при увеличении количества лампочек в последовательном соединении?
- 4) Как зависит сила тока от сопротивления электроцепи?
- 5) Каким соединением включают амперметр?

Раздел 1. Основы электротехники
Тема 1.2. Электрическая и магнитная цепь.
Уравнение электрического состояния цепи
Практическая работа № 7

Сборка, прямые и косвенные измерения напряжения, тока аналоговыми и цифровыми приборами, расчет параметров схемы параллельного соединения электроприемников

Формируемые:

З1; З4, З5, У4, У5

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Проверка на опыте особенностей параллельного соединения резисторов.

Задание:

1. Составить схему измеряемой цепи
2. Выполнить сборку схемы с подключением вольтамперметра и трех параллельно соединенных лампочек
3. Определить цену деления шкалы и предел измерения с учетом кратности
4. проверить качество сборки схемы при помощи прозвонки цепей мультиметром, выполнить необходимые измерения

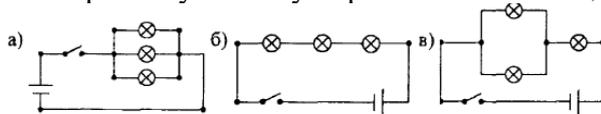
УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Параллельным называют такое соединение элементов цепи, при котором во всех включенных в цепь элементах возникает одно и то же напряжение.

ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

1. Определить размещение переносного стенда на столе.
2. Собрать электрическую схему параллельного с соединения лампочек, используя вариант



схемы а) ,

определить цену деления вольтамперметра (амперметра).

3. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
4. Выполнить необходимые измерения.
5. Заполнить таблицы:

Таблица №1 Измерение силы постоянного тока вольтамперметром при **напряжении U=16В**

№	Наименование нагрузки	Количество	Вид соединения	Предел измерения с учетом кратности [] мА	Цена деления шкалы	Измеряемая величина Сила тока мА

1	Лампочка	2	параллельное			
2	Лампочка	3	параллельное			

Расчёт: $R_{01} =$ $R_{02} =$ $R_{03} =$
 Таблица №2 Измерение силы постоянного тока амперметром при напряжении $U=15В$

№	Наименование нагрузки	Кол	Вид соединения	Цена деления шкалы	Измеряемая величина Сила тока
1	Лампочка	2	параллельное		
2	Лампочка	3	параллельное		

6. Сделать вывод _____

7. Ответить на вопросы:

- 1) Какое соединение называют параллельным?
- 2) Какое достоинство данной цепи?
- 3) Что происходит с силой измеряемого тока при увеличении количества лампочек?
- 4) Как зависит сила тока от сопротивления данной электроцепи?
- 5) Почему 3 лампочки горят ярче по сравнению с последовательным соединением?

Раздел 1. Основы электротехники
Тема 1.2. Электрическая и магнитная цепь.
Уравнение электрического состояния цепи
Практическая работа № 8

Прямое и косвенное измерение индуктивности и емкости

Формируемые:

Z_I ; Y_4

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Применение метод вольтметра – амперметра для определения емкости конденсаторов и индуктивности катушек.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

I. Контрольные вопросы:

1. $Z \approx X_C = 1/2\pi f C_{\text{Сизм}}$.

3. Вывести формулу для расчета $C_{\text{Сизм}}$: $Z = U/I$ $Z \approx X_C = C_{\text{Сизм}} =$

4. $X_L = 2\pi f L_{\text{Лизм}}$.

$L_{\text{Лизм}} =$

II. Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с измерительными приборами и другим оборудованием, их особенности и технические характеристики внести в таблицу «Приборы и оборудование».

Таблица 1.1

N	Наименование прибора или	Тип	Количество	Технические
---	--------------------------	-----	------------	-------------

п/п	др. оборудования			характеристики

2.Собрать электрическую цепь по схеме рис. 1.1а. Установить достаточные показания измерительных приборов изменением сопротивления резистора.

Подобрать сопротивление резистора таким образом, чтобы подключение вольтметра не изменило показаний амперметра. Показать собранную цепь преподавателю.

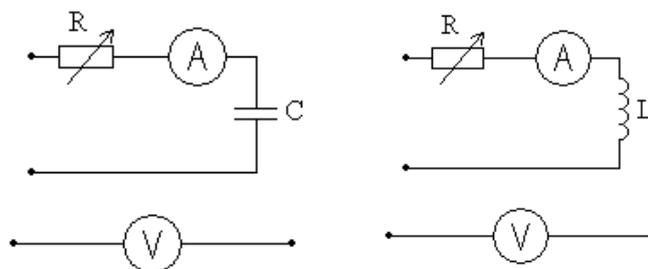


Рисунок 1.1 - Схемы измерения: а – емкости, б - индуктивности катушки без сердечника

3.Произвести измерения и расчеты для трех конденсаторов. Результаты измерений и расчетов записать в табл.1.2.

Таблица 1.2

Объект измерений	С д, мкФ	Измерения		Расчеты	
		I, А	U, В	C, мкФ	$\delta, \%$
Конденсатор 1					
Конденсатор 2					
Конденсатор 3					

Действительное значение емкости конденсаторов Сд задается преподавателем.

Объект измерений	Сд, мкФ	f, Гц	I, А	U, В	Сизм, мкФ	$\delta, \%$
Конденсатор1						
Конденсатор2						
Конденсатор3						

$$\delta = (C_{изм} - C_d)100\% / C_d$$

7.Вывести формулу для расчета индуктивности катушки:

$$Z = U/I$$

$$Z \approx XL =$$

$$L_{изм} =$$

8.Убедиться в правильности расчетных формул, для чего открыть файл Electronics Workbench. Собрать цепь в соответствии с рис.7.1б. Задать действующее значение напряжения источника переменного напряжения и индуктивность катушки. Найти значение индуктивности по формулам п.7 и сравнить его с заданным значением индуктивности.

9.Измерить индуктивность катушек, для чего собрать цепь по схеме рис.7.1б. Убедиться, что подключение вольтметра не изменило показаний амперметра.

10.Результаты измерений и расчетов записать в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Объект измерений	f, Гц	I, А	U, В	L, Гн
Катушка 1				
Катушка 2				
Катушка 3				

V. Выводы по проделанной работе _____

Раздел 1. Основы электротехники
Тема 1.3. Электрические машины и трансформаторы
Практическая работа № 9

Исследование однофазного трансформатора и асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

А) Исследование однофазного трансформатора

Формируемые:

З1; З2; У1; У2; У4

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Приобретение навыков расчета основных параметров однофазных трансформаторов.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Теоретическое обоснование

Основными параметрами трансформаторов являются:

1. Номинальная мощность $S_{ном}$. Это полная мощность (кВА), которую трансформатор, установленный на открытом воздухе, может непрерывно отдавать в течение своего срока службы (20...25 лет) при номинальном напряжении.
2. Номинальное первичное напряжение $U_{ном1}$. Это напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка трансформатора.
3. Номинальное вторичное напряжение $U_{ном2}$. Это напряжение на выводах вторичной обмотки трансформатора при холостом ходе и номинальном первичном напряжении. При нагрузке вторичное напряжение U_2 снижается из-за потерь в трансформаторе.
4. Номинальный первичный и вторичный токи $I_{ном1}$ и $I_{ном2}$. Это токи, вычисленные по номинальной мощности и номинальным напряжениям. Для однофазного трансформатора

$$I_{ном1} = \frac{S_{ном}}{U_{ном1} \eta} \quad I_{ном2} = \frac{S_{ном}}{U_{ном2}} \quad (1.1)$$

где η - к.п.д. трансформатора.

Эта величина близка к 1,0 из-за малых потерь в трансформаторе. На практике при определении токов принимают $\eta = 1,0$.

Трансформаторы чаще всего работают с нагрузкой меньше номинальной. Поэтому вводят понятие о коэффициенте нагрузки k_n , который равен отношению мощности, отдаваемой трансформатором потребителю к номинальной мощности трансформатора. Значения отдаваемых трансформатором активной и реактивной мощностей зависят от коэффициента мощности потребителя $\cos \varphi_2$:

$$P_2 = S_{ном} \cdot \cos \varphi_2; \quad Q = S_{ном} \varphi \sin \varphi_2. \quad (1.2)$$

Ход работы

Задание содержит задачу на расчет однофазного трансформатора. Для каждого варианта необходимо выполнить следующее:

1. Произвести расчеты для задачи. Расчеты сопровождайте пояснениями.
2. Изобразить схему включения однофазного трансформатора в соответствии с заданием. При изображении схемы соблюдайте правило начертания схем и элементов.
3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
4. Оформить отчет по практической работе.

Задача

Для питания пониженным напряжением цепей управления электродвигателями на пульте установлен однофазный трансформатор номинальной мощностью $S_{ном}$. Номинальные напряжения обмоток $U_{ном1}$ и $U_{ном2}$; номинальные токи $I_{ном1}$ и $I_{ном2}$. Коэффициент трансформации равен K . Числа витков обмоток w_1 и w_2 . Магнитный поток в магнитопроводе Φ_m . Частота тока сети $f = 50$ Гц. Трансформатор работает с номинальной нагрузкой. Потерями в трансформаторе можно пренебречь. Используя данные трансформатора, указанные в таблице 1.1, определить все неизвестные величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов. Начертить схему включения такого трансформатора в сеть. Ко вторичной обмотке присоединить нагрузку в виде обычного резистора R_n . Для включения и отключения нагрузки предусмотреть рубильник, а для защиты сетей от токов короткого замыкания включить в цепь обоих обмоток предохранители.

Таблица 1.1 – Данные для расчета

Номер варианта	$S_{ном}$, ВА	$U_{ном1}$, В	$U_{ном2}$, В	$I_{ном1}$, А	$I_{ном2}$, А	w_1	w_2	K	Φ_m Вб
1	-	380	-	1,43	-	-	-	15,8	0,005
2	-	220	24	-	33,4	198	-	-	-
3	1600	-	12	-	-	770	-	31,6	-
4	-	127	-	4,72	25	-	108	-	-
5	3200	380	36	-	-	-	-	-	0,025
6	-	220	24	3,64	-	-	-	-	0,005
7	500	-	-	1,0	-	750	54	-	-
8	-	220	-	-	20,8	400	22	-	-
9	250	500	-	-	-	-	-	20,8	0,0015
10	-	-	12	3,2	-	3000	-	41,6	-
11	400	-	12	-	-	-	-	18,3	0,02
12	-	-	36	1,0	-	-	-	13,9	0,003
13	-	380	-	4,2	-	-	24,4	-	0,002
14	600	220	-	-	-	4970	-	6,12	-
15	-	-	24	-	25	573	-	-	0,001
16	-	500	-	-	13,9	-	-	13,9	0,003
17	100	-	24	-	-	-	30	15,8	-
18	-	-	24	0,5	10,4	-	-	-	0,0018
19	-	380	-	-	133	770	-	31,6	-
20	800	-	-	3,64	-	-	22	9,18	-

Контрольные вопросы

1. Приведите определения номинальных параметров трансформатора: мощности; напряжений обмоток; токов.
2. Что определяет коэффициент нагрузки трансформатора?
3. Как изменяется вторичное напряжение при увеличении нагрузки и почему?
4. Как изменится соотношение между активной и реактивной мощностями, отдаваемыми трансформатором, при увеличении коэффициента мощности потребителя до 1,0?

Содержание отчета

1. Номер, тема и цель работы.
2. Решение задачи с пояснениями.
3. Схема включения однофазного трансформатора.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Б) Исследование асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором

Формируемые:

31;32; У1; У2; У4

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Исследование рабочих характеристик асинхронного двигателя.

Приборы и принадлежности: модуль питания стенда (МПС), модуль питания (МП), силовой модуль (СМ), модуль преобразователя частоты (ПЧ), модуль тиристорного преобразователя (ТП), модуль измерительный (МИ).

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Краткие теоретические сведения

Асинхронный двигатель – это двигатель переменного тока, у которого частота вращения ротора меньше частоты вращения магнитного поля и зависит от нагрузки на валу.

Асинхронный двигатель состоит из двух основных частей: неподвижного статора и вращающегося ротора.

Сердечник статора и ротора, разделенные небольшим воздушным зазором ($0,3 \div 1,0$ мм), составляют магнитную цепь машины. Для уменьшения потерь на гистерезис и вихревые токи сердечники статора и ротора набираются из штампованных листов электротехнической стали толщиной 0,5 мм, изолированных друг от друга слоем лака или окалины. В пазы, расположенные на внутренней поверхности статора, укладывается трехфазная обмотка из изолированного медного провода. Каждая фаза обмотки занимает 1/3 пазов статора. Таким образом, все три фазы А, В, С обмотки статора смещены в пространстве под углом 120° друг относительно друга. Обмотка соединяется по схеме «звезда» или «треугольник». Выбор схемы соединения обмотки статора зависит от линейного напряжения сети и паспортных данных двигателя. При питании такой системы обмоток трехфазным переменным током в статоре создается вращающееся магнитное поле. Обмотка короткозамкнутого ротора выполняется из медных или алюминиевых стержней, запрессованных в пазы ротора. По торцам стержни привариваются к кольцам из того же материала. В целом обмотка образует металлическую клетку, напоминающую «беличье колесо». В настоящее время у всех двигателей мощностью до 100 кВт «беличье колесо» делается из алюминия путем его заливки под давлением в пазы ротора.

Частота вращения ротора всегда несколько меньше частоты магнитного поля машины и зависит от нагрузки на валу.

Относительную разность частот вращения магнитного поля и ротора называют скольжением:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}.$$

Направление вращения ротора определяется направлением вращения магнитного поля. Чтобы изменить направление вращения ротора двигателя, необходимо изменить порядок чередования фаз путем переключения любых двух фаз обмотки статора.

Под рабочими характеристиками двигателя понимают зависимости мощности, потребляемой двигателем $P_1 = P_d$, потребляемого тока обмотки статора $I_1 = I_d$,

коэффициента мощности $\cos\varphi_1$, частоты вращения двигателя n_2 , КПД η и вращающего момента M от полезной мощности двигателя, отдаваемой на валу P_2 . Эти характеристики определяют основные эксплуатационные свойства асинхронного двигателя и снимаются при номинальных частоте сети $f = f_{ном}$ и напряжении на зажимах статора $U_1 = U_{ном}$.

Порядок выполнения работы

1. Перед проведением лабораторной работы необходимо привести модули в исходное состояние:

- переключатель SA1 МДС1 установить в положение «∞»;
- кнопку «Сеть» модуля ТП перевести в нижнее положение, переключатель SA6 – в нижнее положение. ТП должен быть переведен в режим регулирования по моменту (приложение Д).

Исследуемый асинхронный двигатель входит в состав электромашинного агрегата, включающего в себя собственно исследуемый двигатель М1, нагрузочный генератор – машину постоянного тока – М2 и импульсный датчик скорости М3.

Схема исследования асинхронного двигателя представлена на рис. 1. АД подключается непосредственно к ПЧ. Якорная цепь двигателя постоянного тока подключается к регулируемому источнику постоянного $U_{ТП}$ тока модуля ТП. Обмотка возбуждения двигателя постоянного тока подключается к нерегулируемому источнику постоянного тока $U_{ОВ}$ модуля ТП.

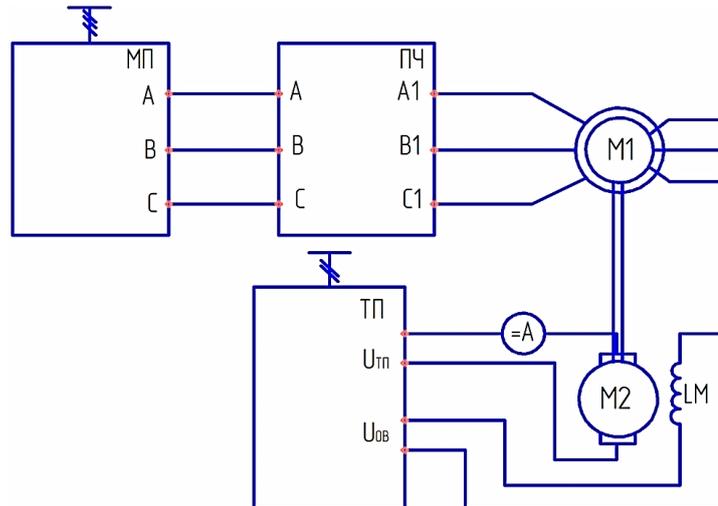


Рисунок 1 – Схема для исследования асинхронного двигателя

Для измерения частоты выходного напряжения статора, мощности двигателя и момента асинхронного двигателя используется преобразователь частоты.

Измерение тока статора, тока якоря и напряжения на якоре осуществляется модулем ТП.

Текущее значение частоты вращения агрегата наблюдать на индикаторе СМ.

2. Снять естественную механическую характеристику АД.

Естественная механическая характеристика асинхронного электродвигателя представляет собой зависимость скорости от момента нагрузки при номинальных значениях напряжения и частоты: $n = f(M_H)$ при $U_c = U_H = const$, $f = f_H = const$.

Опыт проводится в следующей последовательности:

- включить автоматические выключатели QF1, QF2 МПС и МП;
- настроить ПЧ на режим регулирования скорости (Приложение Д);
- подать питание на ТП нажатием кнопки «Сеть»;
- тумблером SA1 модуля ПЧ выбрать направление вращения двигателя;
- потенциометром RP1 задать номинальную частоту 50Гц, занести первое измерение в табл. 1;
- подать разрешение на работу ТП, выбрать необходимое направление вращения;

- задавать потенциометром RP1 модуля момент нагрузки, фиксируя показания в табл.

1. Значение тока статора наблюдать на экране ПЧ.

Таблица 1 – Результаты измерений и вычислений

$I_{я}, A$						
$U_{я}, B$						
$I_{с}, A$						
$n, об/мин$						
$\omega, рад/с$						
$M, Н·м$						
s						

3. После проведения опыта снять нагрузку (RP1 модуля ТП установить в крайнее положение против часовой стрелки, SA6 – в нижнее положение). Тумблер SA1 модуля ПЧ установить в среднее положение.

4. Рассчитать данные:

- электромагнитный момент ГПТ, Н·м:

$$M_{эм} = C_M \cdot I_{я},$$

где C_M – принимается из тарировочной кривой, $C_M = f(\omega)$ (Приложение В);

- момент холостого хода ГПТ, Н·м:

$$M_0 = C_M \cdot I_{я0},$$

где $I_{я0}$ – ток холостого хода (принимается из тарировочной кривой машины постоянного тока (Приложение В) и пропорционален механическим потерям и потерям в стали ГПТ);

- момент на валу электродвигателя, Н·м:

$$M_B = M_{эм} + M_0;$$

- угловая частота вращения, рад/с:

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \cdot n$$

;

- скольжение:

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}$$

где ω_0 – синхронная угловая частота вращения, рад/с:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{60} \cdot n_0$$

где n_0 – синхронная частота вращения, об/мин.

5. По данным таблицы 1 построить характеристики $n = f(M_B)$, $n = f(I_C)$.

6. Снять искусственную механическую характеристику АД при изменении напряжения статора.

Искусственная механическая характеристика асинхронного электродвигателя представляет собой зависимость скорости от момента нагрузки при ненормальном значении напряжения статора и номинальной частоте: $n = f(M_H)$

при $U_c \neq U_H = const, f = f_H = const$.

Для изменения напряжения статора при частоте 50 Гц установить в параметре ПЧ Е1-05 значение 220 В.

Опыт проводится в той же последовательности, как и при снятии естественной механической характеристики. Данные опыта заносятся в таблицу, аналогичную таблице 1.

7. Снять рабочие характеристики.

Рабочие характеристики представляют собой графически изображенные зависимости тока статора, потребляемой из сети активной мощности, частоты вращения, скольжения, электромагнитного момента, КПД и коэффициента мощности от полезной мощности на валу двигателя:

$$I_1, P_1, n, s, M_{ЭМ}, \eta, \cos\varphi_1 = f(P_2).$$

Опыт проводится в той же последовательности, что и предыдущие. Необходимо установить напряжение статора 380 В (Е1-0,5=380).

Опытные данные со стороны, как АД, так и со стороны генератора, занести в таблицу 2, таблицу 3.

Линейное напряжение на статоре принять равным 380 В.

Таблица 2 – Данные со стороны ДПТ

$I_я, А$					
$U_я, В$					
C_M					
$M_{ЭМ}, Н·м$					
$I_{я0}, А$					
$M_0, Н·м$					
$M_2, Н·м$					
$P_2, Вт$					

Таблица 3 – Данные со стороны асинхронного двигателя

$f, Гц$					
$I_{1Ф}, А$					
$n, об/мин$					
$U_1, В$					
$\cos \varphi_1$					
$P_1, Вт$					
$\Delta P_{эл1}, Вт$					
$\Delta P_{ст}, Вт$					
$P_{ЭМ}, Вт$					

Продолжение таблицы 3

S					
$\Delta P_{мех}, Вт$					

$\Sigma \Delta P$, Вт							
P_B , Вт							
$M_{ЭМ}$, Н·м							
η , %							

После проведения опыта установить модули в исходное положение.

8. Рассчитать данные со стороны машины постоянного тока.

Электромагнитный момент ГПТ, Н·м:

$$M_{ЭМ.ГПТ} = C_M \cdot I_A,$$

где C_M – принимается из таритовочной кривой, $C_M = f(\omega)$ (Приложение В).

Момент холостого хода ГПТ, Н·м

$$M_0 = C_M \cdot I_{Я0},$$

где $I_{Я0}$ – ток холостого хода; принимается из таритовочной кривой машины постоянного тока (Приложение В) и пропорционален механическим потерям и потерям в стали ГПТ, А.

Полный момент на валу ГПТ:

$$M_{2ГПТ} = M_{ЭМ.ГПТ} + M_0;$$

Полезная мощность на валу ГПТ, Вт:

$$P_2 = M_{2ГПТ} \cdot \omega.$$

9. Рассчитать данные со стороны асинхронного двигателя.

Полезная мощность на валу асинхронного двигателя равняется мощности на валу ГПТ:

$$P_B = P_2.$$

Электромагнитная мощность асинхронного двигателя, Вт:

$$P_{ЭМ} = P_B + \Delta P_{Мех.АД},$$

где $\Delta P_{Мех.АД}$ – механические потери асинхронного двигателя, Вт:

$$\Delta P_{ЭЛ1} = m_1 \cdot I_{1\phi}^2 \cdot r_1,$$

где r_1 – активное сопротивление фазы статора (Приложение Б), Ом.

Потери в стали при напряжении U_ϕ , Вт:

$$\Delta P_{ст1} \cdot \left(\frac{U_\phi}{U_{1н}} \right)^2,$$

где $\Delta P_{ст1}$ – потери в стали сердечника статора при номинальном напряжении (Приложение Б), Вт;

$U_{1н}$ – номинальное фазное напряжение, В;

U_ϕ – фазное напряжение электродвигателя, В:

$$U_\phi = \frac{U}{\sqrt{3}}.$$

Выходная мощность преобразователя частоты (мощность, потребляемая двигателем), Вт:

$$P_1 = P_{ЭЛ} + \Delta P_{ст} + \Delta P_{ЭЛ.1}.$$

Скольжение:

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} = \frac{n_0 - n}{n_0}$$

где ω – текущая угловая частота вращения. рад/с;

n – текущее значение частоты вращения. об/мин;

ω_0 – синхронная угловая частота вращения. рад/с;

n_0 – синхронная частота вращения. об/мин;

$\sum \Delta P$ – суммарные потери в двигателе, Вт:

$$\sum \Delta P = P_{\text{эл.л}} + \Delta P_{\text{ст}} + \Delta P_{\text{мех.ад}}$$

Электромагнитный момент асинхронного двигателя, Н·м:

$$M_{\text{эм}} = \frac{P_{\text{эм}}}{\omega_0} = \frac{P_{\text{эм}}}{\frac{2\pi n_0}{60}}$$

Полезный момент на валу двигателя, Н·м:

$$M_2 = M_{\text{эм}} - M_0.$$

Полезная мощность на валу двигателя, Вт

$$P_2 = P_1 - \sum \Delta P.$$

Коэффициент полезного действия, %:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%.$$

Коэффициент мощности:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{m_1 \cdot U_{1\phi} \cdot I_{\phi 1}}$$

10. По данным табл.2 построить характеристики: I_1 , P_1 , n , s , $M_{\text{эс}}$, η ,
 $\cos \varphi_1 = f(P_B)$ при $f_1 = \text{const}$ и $U_1 = \text{const}$.

Контрольные вопросы

1. Как изменится напряжение вращения асинхронного двигателя?
2. Как изменится момент асинхронного двигателя при понижении напряжения питающей сети?
3. Может ли асинхронный двигатель создавать момент при синхронной частоте вращения, т.е. может ли он вращаться с синхронной частотой вращения?
4. Как изменится ток статора двигателя при повышении напряжения и неизменной нагрузке на валу двигателя?
5. Объяснить физический смысл зависимости $\cos \varphi_1 = f(P_B)$.

Раздел 2. Основы электроники

Тема 2.1. Полупроводники. Применение в электронике

Практическая работа № 10

Исследование параметров электрической цепи на макетной плате виртуальной лаборатории «Начало электроники»

Формируемые:

З1; У1; У4

ОК01-ОК05, ОК09

ПК 1.1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Цель работы: Проверка на опыте особенностей последовательного, параллельного и смешанного соединения резисторов.

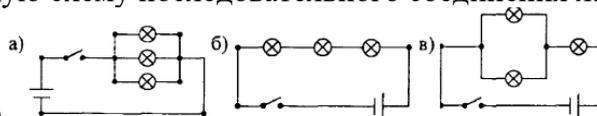
Задание:

1. Составить схему измеряемой цепи
2. Выполнить сборку схемы по заданным параметрам с подключением мультиметров
3. Выполнить необходимые измерения и расчеты

ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ:

1 часть:

1. Определить размещение электронного стенда на столе.
2. Собрать электрическую схему последовательного соединения лампочек, используя



вариант схемы а), б), в)

3. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
4. Выполнить необходимые измерения.
5. Заполнить таблицу
6. Сделать вывод

Последовательное соединение ЭДС= 1.5В; лампочки: I _{раб} =0.05А; W=0.025Вт	Параллельное соединение ЭДС=1,5В; лампочки: I _{раб} =50мА; W=75мВт;	Смешанное соединение ЭДС=1,5В. Выбрать лампочки, произвести измерения
U ₁ =	U ₁ =	U ₁ =
U ₂ =	U ₂ =	U ₂ =
U ₃ =	U ₃ =	U ₃ =
U _{общ} =	U _{общ} =	U _{общ} =
ЭДС=	ЭДС =	ЭДС =
U _{раб} =	U _{раб} =	U _{раб} =
R ₁ =	R ₁ =	R ₁ =
R ₂ =	R ₂ =	R ₂ =
R ₃ =	R ₃ =	R ₃ =
R _{общ} =		
	R _{общ.} =	R _{общ.} =
I ₁ =	I ₁ =	I ₁ =
I ₂ =	I ₂ =	I ₂ =
I ₃ =	I ₃ =	I ₃ =
I _{общ} =	I _{общ} =	I _{общ} =

Вывод: _____

2 часть:

1. Собрать электрическую схему по заданным параметрам резисторов R₁=1кОм ; R₂=2кОм; R₃=3кОм; R₄=4кОм

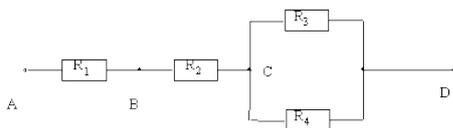


Рис. 3

2. Предъявить собранную схему для проверки преподавателю.
4. Выполнить необходимые измерения и проверить при помощи расчетов.
5. Заполнить таблицу №2
6. Сделать вывод

Измерения (мультиметр)	Формулы, расчёт
R1= R2= R12= R34= Rобщ=	

Вывод: _____

Контрольные вопросы:

1. Какое соединение называют смешанным?
2. Как изменяется общее сопротивление цепи при смешанном соединении электроприемников?
3. Какие условия работы схем, с разными видами соединений, должны соблюдаться?

Критерии оценки по ЛПР

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Если работа выполнена строго по плану, без ошибок и исправлений	Если работа выполнена по плану без исправлений, в задачах допущена вычислительная ошибка	Если работа выполнена по плану, в практической части допущено 2-4 ошибки	Работа составлена не по плану и не приведены решения задач

Литература

Основные печатные и/или электронные издания

1. Бондарь, И. М. Электротехника и основы электроники в примерах и задачах / И. М. Бондарь. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 388 с. — ISBN 978-5-507-45477-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/302384>
2. Маркелов, С. Н. Электротехника и электроника: учебное пособие / С.Н. Маркелов, Б.Я. Сазанов. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 267 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-014453-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2131870>

Дополнительные источники и электронные издания

1. Фуфаева Л.И. Электротехника (6-е изд.) М.: Изд.центр «Академия», 2017
2. Прошин В.М. Электротехника, М. изд.центр «Академия», учебник год: 2013
3. Прошин В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике, М. изд.центр «Академия», учебник год: 2013
4. Прошин В.М. Рабочая тетрадь к ЛППР по Электротехнике, М. изд.центр «Академия», учебник год: 2013
5. Ярочкина Г.В. Основы электротехники, М. изд.центр «Академия», учебник год: 2013
6. **Интернет ресурсы:** www.electrolibrary.narod.ru
7. Гальперин М В. Электротехника и электроника: уч.пособ.- М.: Изд-во «ФОРУМ», 2022.-480с., 2022 <https://znanium.com/>
8. Маркелов С Н. Электротехника уч. пособ.- М.: НИЦ ИНФРА-М, 2021.- 267с., 2021 <https://znanium.com/>