

Департамент образования Белгородской области  
Областное государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
«Белгородский индустриальный колледж»

Рассмотрено  
цикловой комиссией  
электротехнических дисциплин  
Протокол заседания №3  
от «11» октября 2021 г.  
Председатель цикловой комиссии  
\_\_\_\_\_ Головкова О. Н.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине  
ОП.11 «Электрические измерения»

по специальности  
13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического  
оборудования (по отраслям)

Квалификация техник

Разработчики:  
преподаватели  
Белгородского индустриального колледжа  
Духанина У. Н.  
Погребняков А.Г.

Белгород 2021 г.

## Содержание

	Стр.
1. Пояснительная записка	3
1.1. Краткая характеристика дисциплины, ее цели и задачи. Место лабораторных работ в курсе дисциплины	3
1.2. Организация и порядок проведения лабораторных работ	3
1.3. Общие указания по выполнению лабораторных работ	3
1.4. Критерии оценки результатов выполнения лабораторных работ	4
2. Тематическое планирование лабораторных работ	6
3. Содержание лабораторных работ	7
Лабораторная работа №1 Измерение постоянного тока и расчет основных параметров амперметров	7
Лабораторная работа №2 Измерение параметров электрической цепи амперметрами и вольтметрами	12
Лабораторная работа №3 Измерения основных электрических величин в цепях переменного тока цифровыми мультиметрами	17
Лабораторная работа №4 Измерение мощности прямым и косвенным методом в цепи постоянного тока	21
Лабораторная работа №5 Измерение мощности прямым и косвенным методом в цепи переменного тока	25
Лабораторная работа №6 Измерение параметров R, C, L	29
4. Информационное обеспечение обучения	35

## 1. Пояснительная записка

### 1.1. Краткая характеристика дисциплины, ее цели и задачи. Место лабораторных работ в курсе дисциплины

Дисциплина ОП.11 «Электрические измерения» является частью рабочей основной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования.

Дисциплина изучается в III-IV семестрах. Программой дисциплины ОП.11 «Электрические измерения» предусмотрено **26** часов на выполнение лабораторных работ, входящих в обязательную аудиторную нагрузку, составляющую **60** часов, при этом максимальная нагрузка составляет **72** часа, из них **2** часа приходится на самостоятельную работу обучающихся.

Цель настоящих методических рекомендаций: оказание помощи обучающимся в выполнении лабораторных работ по дисциплине ОП.11 «Электрические измерения», качественное выполнение которых поможет обучающимся освоить обязательный минимум содержания дисциплины и подготовиться к промежуточной аттестации в форме экзамена.

### 1.2. Организация и порядок проведения лабораторных работ

Лабораторные работы проводятся после изучения теоретического материала. Введение лабораторных работ в учебный процесс служит связующим звеном между теорией и практикой. Они необходимы для закрепления теоретических знаний, а также для получения практических навыков и умений. При проведении лабораторных работ задания, выполняются студентом самостоятельно, с применением знаний и умений, усвоенных на предыдущих занятиях, а также с использованием необходимых пояснений, полученных от преподавателя. Обучающиеся должны иметь методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, конспекты лекций, измерительные и чертежные инструменты, средство для вычислений.

### 1.3 Общие указания по выполнению лабораторных работ

Курс лабораторных работ по дисциплине ОП.11 «Электрические измерения» предусматривает проведение 6 работ посвященных изучению:

- измерения параметров электрических сигналов амперметрами и вольтметрами;
- расширения пределов измерения амперметров и вольтметров;
- измерения мощности электрической цепи;
- измерения параметров электрической цепи цифровыми мультиметрами;
- исследования форм периодических сигналов электрических величин;
- измерения параметров L, C, R.

При подготовке к проведению лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться с лабораторным оборудованием;
- ознакомиться с порядком выполнения работы, установить диапазон изменения всех измеряемых величин, а также значение уставок (по заданию).

После выполнения лабораторной работы обучающийся к следующему занятию оформляет отчет, который должен содержать:

- название лабораторной работы, ее цель;
- краткие, общие сведения об изучаемом лабораторном оборудовании;
- необходимый графический материал, указанный преподавателем при выполнении лабораторной работы (принципиальная схема лабораторной установки, графики);
- данные, полученные непосредственно из проводимых опытов;
- результаты обработки данных опытов с необходимыми пояснениями;
- графический материал, отображающий полученные в ходе опытов значения измеряемых величин;

- оценку результатов испытаний.

При работе в лаборатории необходимо руководствоваться инструкциями по технике безопасности, учитывающими все специфические особенности лаборатории, такие как наличие высокого напряжения, легкодоступных для прикосновения токоведущих частей электрооборудования.

В лаборатории нельзя находиться в отсутствие преподавателя или лица, ответственного за технику безопасности.

При нахождении в лаборатории следует находиться в рабочей зоне, указанной преподавателем. С самого начала необходимо убедиться в том, что испытательный стенд находится в полностью обесточенном (отключенном) состоянии.

Перед выполнением лабораторной работы необходимо получить вводные инструкции преподавателя и внимательно ознакомиться с описанием лабораторного стенда и оборудованием.

**Внимание! Включать лабораторные установки и выполнять какие-либо действия с приборами допускается ТОЛЬКО с разрешения преподавателя!**

При обнаружении признаков неисправности, таких как: появление искрения, дыма, специфического запаха, аномальных показаний измерительных приборов, следует немедленно отключить все источники электроэнергии и сообщить о случившемся преподавателю.

При возникновении реальной опасности травматизма для одного или нескольких присутствующих, участники испытания должны произвести срочное отключение лаборатории от всех источников электроэнергии выключением вводного автомата. Лаборатории должны иметь средства пожаротушения и оказания первой медицинской помощи. На первом занятии изучаются правила техники безопасности и проводится вводный инструктаж с последующей проверкой его усвоения, о чем свидетельствует запись в журнале по технике безопасности кабинета/лаборатории, подписываемый преподавателем, проводившем инструктаж, и всеми обучающимися.

#### **1.4. Критерии оценки результатов выполнения лабораторных работ**

Критериями оценки результатов работы обучающихся являются:

- уровень усвоения обучающимся учебного материала;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении практических задач;

– сформированность общеучебных и профессиональных компетенций:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 06 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 08 Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности

ОК 10 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ОК 11 Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

ПК 1.1 Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования.

ПК 1.2 Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования.

ПК 1.3 Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.

ПК 1.4 Составлять отчетную документацию по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования.

- обоснованность и четкость изложения материала;
- уровень оформления работы.
- анализ результатов.

#### Критерии оценивания лабораторной работы

Оценка	Критерии оценивания
5	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения, содержит результаты и выводы, все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики выполнены аккуратно. Обучающийся владеет теоретическим материалом, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы.
4	Работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения, содержит результаты и выводы, все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики выполнены аккуратно. Обучающийся владеет теоретическим материалом, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.
3	Работа выполнена в полном объеме, содержит результаты и выводы, все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики выполнены аккуратно. Обучающийся владеет теоретическим материалом на минимально допустимом уровне, допуская ошибки на дополнительные вопросы.
2	Работа выполнена не полностью. Студент практически не владеет теоретическим материалом, допускает ошибки при ответе на дополнительные вопросы.

## 2. Тематическое планирование лабораторных работ

	Наименование тем	Вид и название работы студента	Количество часов на выполнение работы
<b>Раздел 4</b>	<b>Измерение основных электротехнических параметров</b>		<b>20</b>
4.1	Измерение силы тока	<b>Лабораторная работа №1</b> «Измерение постоянного тока и расчет основных параметров амперметров»	4
4.2	Измерение напряжение	<b>Лабораторная работа №2</b> «Измерение параметров электрической цепи амперметрами и вольтметрами»	4
		<b>Лабораторная работа №3</b> «Измерения основных электрических величин в цепях переменного тока цифровыми мультиметрами»	4
4.3	Измерение мощности и энергии	<b>Лабораторная работа №4</b> «Измерение мощности прямым и косвенным методом в цепи постоянного тока»	4
		<b>Лабораторная работа №5</b> «Измерение мощности прямым и косвенным методом в цепи переменного тока»	4
<b>Раздел 5</b>	<b>Измерение индуктивности, емкости, сопротивления</b>		
5.2	Измерение емкости, индуктивности	<b>Лабораторная работа №6</b> «Измерение параметров R, C, L»	6
		<b>Итого:</b>	<b>26</b>

### 3. Содержание лабораторных работ

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

**Тема:** «Измерение постоянного тока и расчет основных параметров амперметров»

**Цель работы:** ознакомиться с измерительными приборами, освоить навыки сборки электрических цепей, ознакомиться с методикой проведения измерения силы тока, произвести расчеты основных параметров амперметров.

##### Основные теоретические сведения

*Измерение* – это процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью специальных средств. В зависимости от способа получения результата измерения делятся на прямые и косвенные

*Мера (прибор)* – это средство измерения, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. По своему метрологическому значению, по той роли, которую они играют в деле обеспечения единообразия и верности, меры делятся на образцовые и рабочие.

*Измеренное значение физической величины* – это значение величины, отсчитанное по рабочей мере (прибору).

*Измерительный прибор* – это средство измерения, в результате применения которого измеряемая физическая величина становится показанием. Измерительные приборы, используемые в электронике, по принципу действия подразделяются на электромеханические и электронные. В электронных аналоговых измерительных приборах в качестве стрелочных индикаторов часто используются электромеханические приборы.

##### Классификация аналоговых измерительных приборов и их шкал.

По принципу действия все измерительные приборы делятся на две группы:

– электромеханические приборы, используемые в цепях постоянного тока и на низких частотах;

– электронные приборы, используемые в цепях постоянного тока и во всем диапазоне частот.

По способу выдачи результата измерительные приборы подразделяются на аналоговые и цифровые:

– аналоговые (со стрелочным индикатором, самопишущие), показания которых являются непрерывной функцией измерения и измеряемой величины;

– цифровые, показания которых образуются в результате автоматического выработки дискретных сигналов измерительной информации, представленной в цифровой форме.

Различают измерительные приборы прямого действия и приборы сравнения.

Рабочие приборы предназначены только для измерения во всех областях хозяйственной деятельности. Образцовые приборы служат для поверки и градуирования рабочих приборов. Погрешность измерения образцовых приборов на 1-2 порядка меньше по сравнению с рабочими приборами.

Шкалы аналоговых измерительных приборов (АИП) классифицируются по следующим признакам.

1. По признаку равномерности различают:

– равномерная шкала – это шкала с делениями постоянной длины и с постоянной ценой деления (рисунок 1 а).

– неравномерная шкала – это шкала с делениями непостоянной длины и с непостоянной ценой деления (рисунок 1 б). Такую шкалу имеют электромеханические приборы выпрямительной, электромагнитной, электродинамической, ферродинамической, электростатической, термоэлектрической систем.

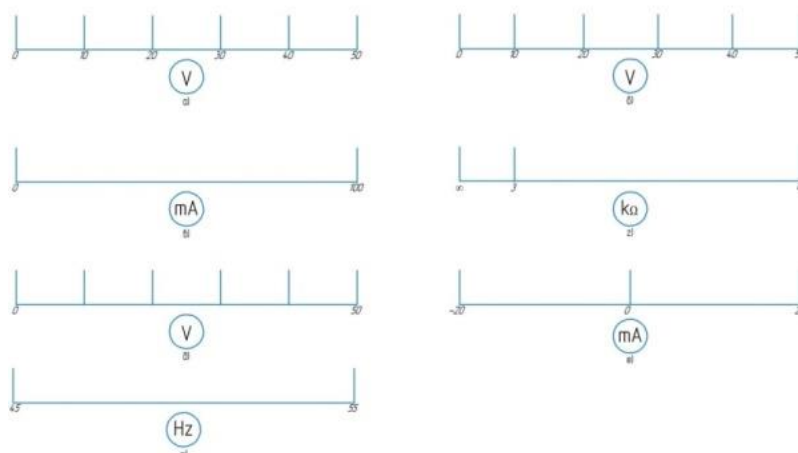


Рисунок 1. Шкалы аналоговых приборов:  
 равномерная (а), неравномерная (б), прямая (в), обратная (г), односторонняя (д),  
 двухсторонняя (е), безнулевая (ж)

По признаку направления градуирования различают прямые и обратные шкалы:

– прямая шкала градуирована слева направо, т.е. нуль на шкале расположен слева (рисунок 1 в);

– обратная шкала градуирована справа налево, то есть нуль на шкале расположен справа (рисунок 1 г). Такая шкала используется, например, в аналоговых мультиметрах при отсчете значения сопротивления резисторов и емкости конденсаторов.

Основные показатели шкал приборов. Электромеханические и электронные аналоговые измерительные приборы (АИП) достаточно широко распространены в метрологической практике. Приборы и их шкалы характеризуются рядом основных показателей.

*Деление шкалы* – это промежуток между двумя соседними отметками шкалы.

*Цена деления шкалы С* (постоянная прибора) указывает число единиц измеряемой величины, приходящееся на одно деление шкалы (рисунок 2, формула 1):

$$c = \frac{A_2 - A_1}{n} \quad (1)$$

где

$A_1, A_2$  – соседние оцифрованные деления;

$n$  – количество делений между двумя цифрами.

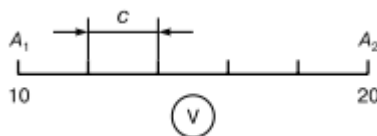


Рисунок 2. Определение цены деления шкалы

Рассмотрим пример расчета цены деления шкалы:

$$c = \frac{(20 - 10) \text{ В}}{5 \text{ дел.}} = 2 \frac{\text{В}}{\text{дел.}}$$

В неравномерной шкале цену деления находят на участке шкалы (только не в начале) между двумя соседними оцифрованными делениями.

*Шаг шкалы* – это интервал оцифрованных делений на шкале прибора. Например, если на шкале индикатора нанесены оцифрованные деления 0-10-20-30-40-50, то шаг шкалы равен 10.

*Рабочий участок шкалы АИП* – это участок, в пределах которого погрешность прибора не выходит за указанный класс точности. Для шкалы миллиамперметра, показанной на рисунке 1 а, рабочим участком является участок от 10 до 50 мА (он же является



диапазоном измерения в однопредельном приборе). Для шкалы вольтметра, показанной на рисунке 1 б, рабочим участком является участок от 3 до 10 В. На рабочем участке завод-изготовитель приборов гарантирует заявленный класс точности с первого оцифрованного деления шкалы аналогового индикатора

Номинальное значение шкалы  $A_H$  определяется по формуле 2.

$$A_H = A_{\max} - A_{\min} \quad (2)$$

где

$A_{\max}$  - верхний предел шкалы;

$A_{\min}$  - нижний предел шкалы.

В приборах с односторонней шкалой (рисунок 1 а)  $A_H = A_{\max} = 50$  В. В приборах с двухсторонней шкалой (рисунок 1 е)  $A_H = A_{\max} - (-A_{\min}) = 2 A_{\max} = 40$  мА. В приборах с безнулевой шкалой (рисунок 1 ж)  $A_H = A_{\max} - A_{\min} = 10$  Гц.

*Чувствительность (s) прибора* по измеряемому параметру показывает число делений шкалы, приходящееся на единицу измеряемой величины, т.е. является величиной, обратной цене деления (формула 3):

$$s = \frac{1}{c} = \frac{n}{A_2 - A_1} \quad (3)$$

*Внутреннее сопротивление* амперметра указывается в паспорте (прямо или косвенно) и на лицевой панели. Для амперметров характерно малое сопротивление  $R_A$ .

*Потребляемую мощность* амперметра определяют по формуле 4:

$$P_A = I_H^2 \cdot R_A \quad (4)$$

*Падение напряжения на амперметре* определяют по формуле 5:

$$U_A = I_H \cdot R_A \quad (5)$$

### Порядок выполнения работы

1. Изучить основные теоретические сведения.
2. Провести внешний осмотр измерительных приборов, установленных на лицевой панели стенда. Записать технические (паспортные) данные аппаратов и измерительных приборов в таблицу 1.

Таблица 1

Технические характеристики приборов

Наименование прибора	Обозначение прибора на схеме	Тип, марка	Предел измерения	Род тока	Система	Класс точности

3. Согласно схеме (рисунок 3) выполнить электрические соединения приборов и элементов. Монтаж схемы производить при отключенном питании.

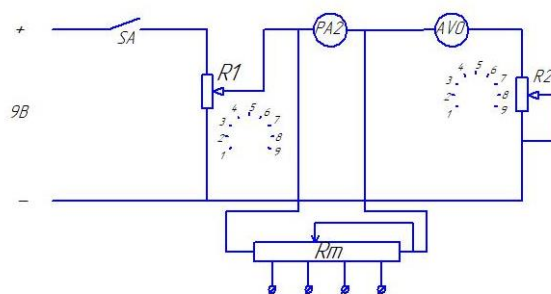


Рисунок 3. Электрическая схема опыта

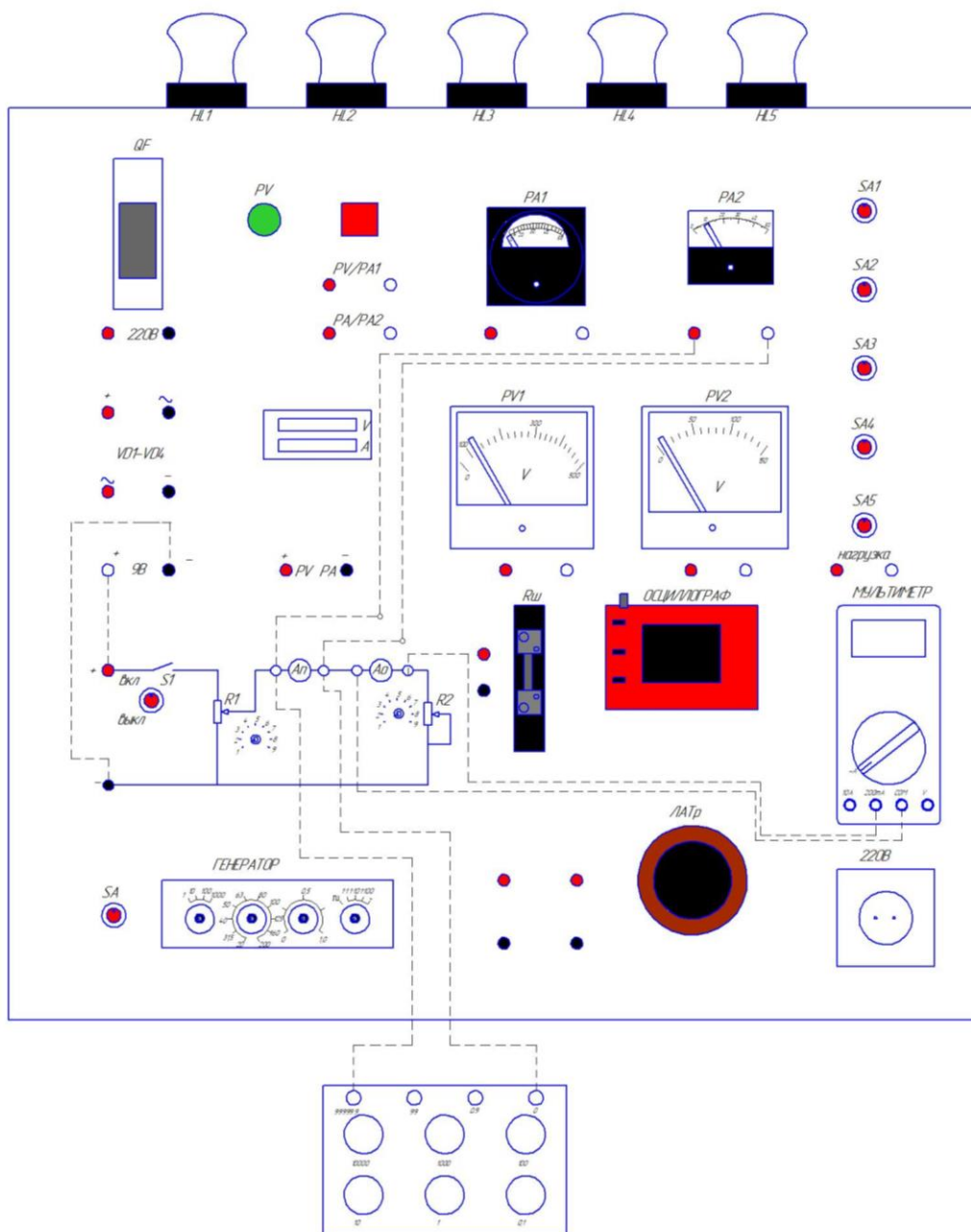


Рисунок 4. Схема соединений для расчета основных параметров амперметра

В целях защиты приборов от случайных перегрузок необходимо движок потенциометра  $R_1$  установить в положение 1 (напряжение, подаваемое в измерительную схему равно 0), а движок потенциометра  $R_2$  установить в положение 1 (ток в измерительной схеме будет минимальным).

После проверки схемы (рисунок 4) замкнуть выключатель SA, подключив источник питания 9 В. Изменяя положение движков  $R_1$  и  $R_2$  установить стрелку поверяемого прибора на последнюю отметку шкалы и измерить его ток полного отклонения  $I_{\max}$  по образцовому прибору (мультиметру).

С образцового прибора снять значение силы тока. Рассчитать цену деления поверяемого прибора по формуле 1, чувствительность прибора по формуле 3.

4. Подключить магазин сопротивлений  $R_M$  параллельно поверяемому прибору. Изменяя сопротивление магазина  $R_M$ , а затем резисторов  $R_1$  и  $R_2$  добиться такого положения, при котором ток поверяемого прибора уменьшается ровно в два раза, а показания образцового прибора остаются без изменений. Магазин сопротивлений  $R_M$  подключается только при

измерении внутреннего сопротивления прибора. В этом случае внутреннее сопротивление амперметра  $R_{вн}$  равно сопротивлению магазина  $R_m$ . Результат записать.

Рассчитать потребляемую мощность амперметра по формуле 4 и падение напряжения на амперметре определяют по формуле 5.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Определение класса точности, цены деления, чувствительности, внутреннего сопротивления прибора.
2. Выбор электроизмерительного прибора.
3. Условные обозначения на циферблате прибора.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

**Тема:** «Измерение параметров электрической цепи амперметрами и вольтметрами»

**Цель работы:** ознакомиться с измерительными приборами, освоить навыки сборки электрических цепей, ознакомиться с методикой проведения измерений напряжения и силы тока, произведения расчетов мощности и сопротивления с применением аналоговых и цифровых измерительных приборов.

### Основные теоретические сведения

*Электрический ток* – строго направленное движение свободных электронов под действием сил электрического поля. Мерой электрического тока является сила тока, обозначается буквой  $I$ . Прибор для измерения силы тока называют амперметром.

*Напряжение* - разность потенциалов между двумя точками замкнутой цепи при протекании по ней электрического тока. Измеряется в вольтах  $V$  и обозначается буквой  $U$ . Прибор для измерения напряжения называют вольтметром.

*Сопротивление* препятствие, которое оказывает проводник прохождению через него электрического тока. Измеряется в Ом, кОм, МОм и обозначается буквой  $R$ . Прибор для измерения сопротивления называют омметром.

*Электрическая мощность* – физическая величина, характеризующая скорость передачи или преобразования электрической энергии. Единицей измерения является ватт  $W$  и обозначается буквой  $P$ . Для измерения электрической мощности применяются ваттметры. Метод амперметра-вольтметра является косвенным методом измерения мощности.

Вольтметр подключают параллельно участку цепи, на котором требуется измерить напряжение. Для уменьшения погрешности измерения необходимо, чтобы внутреннее сопротивление вольтметра было как минимум на два порядка больше сопротивления любого элемента цепи. Амперметр в составе лабораторно-практического стенда, подключается последовательно участку цепи, на котором требуется измерить силу тока.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить основные теоретические сведения.
2. Провести внешний осмотр измерительных приборов, установленных на лицевой панели стенда. Записать технические (паспортные) данные аппаратов и измерительных приборов в таблицу 1.

Таблица 1

Технические характеристики приборов

Наименование прибора	Обозначение прибора на схеме	Тип, марка	Предел измерения	Род тока	Система	Класс точности

### Опыт 1

3. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами (перемычками) при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъемных соединений.

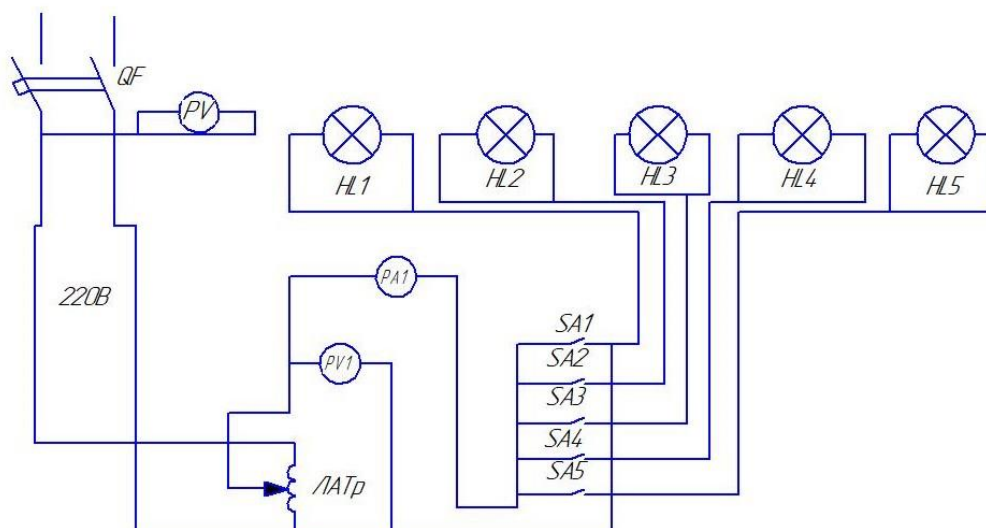


Рисунок 1. Принципиальная схема исследуемой цепи с аналоговыми измерительными приборами

В качестве регулируемого источника переменного напряжения  $\sim 220$  В включить в схему ЛАТр. Гибкими соединительными проводами (перемычками) в цепь последовательно включить амперметр РА1 и параллельно вольтметр PV1. В качестве нагрузки используются источники света, которые соединены последовательно, и подключаются с помощью гибких соединительных проводов (перемычек) в соответствующие гнезда на лицевой панели стенда (рисунок 2).

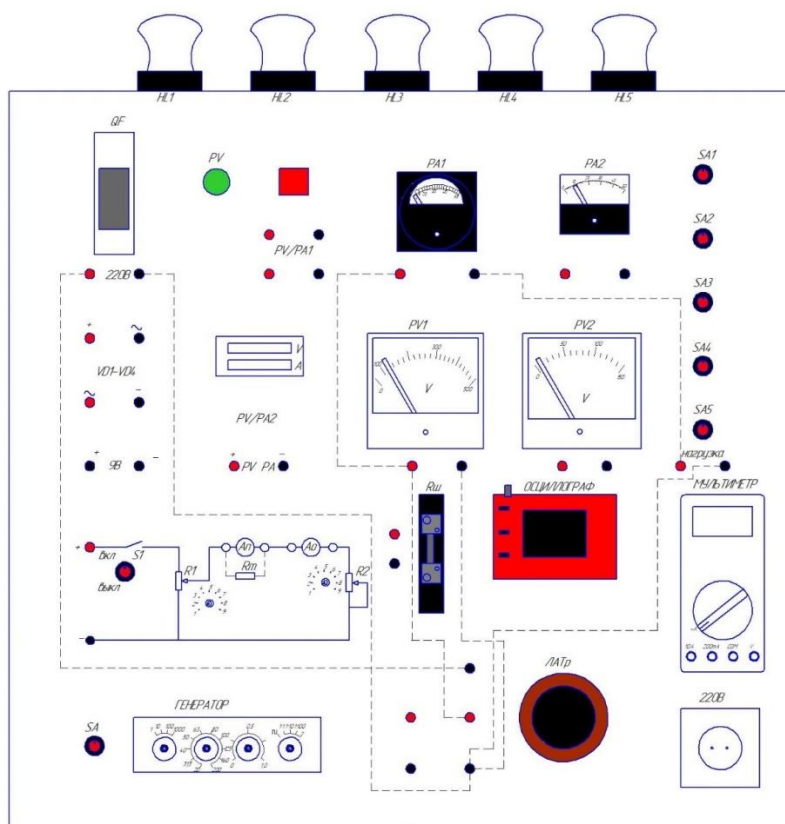


Рисунок 2. Схема соединений элементов и приборов исследуемой цепи

4. Включить стенд автоматическим выключателем QF. Изменяя величину выходного напряжения ЛАТром и поочередно включая SA1-SA5 снять показания с измерительных

приборов. Выключить электропитание стенда.

5. Выходную мощность рассчитать по формуле 1:

$$P = IU \quad (1)$$

6. Электрическое сопротивление рассчитать по формуле 2:

$$R = U/I \quad (2)$$

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 2.

Таблица 2

Значения параметров электрической цепи

№ п/п	U, В	I, А					P, Вт					R, Ом				
		SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5
1	50															
2	100															
3	150															
4	200															
5	220															

7. Пользуясь схемами соединений (рис. 1), начертить принципиальную схему исследуемой цепи с включенными измерительными приборами.

8. Используя полученные экспериментальные результаты, построить в одной системе координат вольтамперные характеристики.

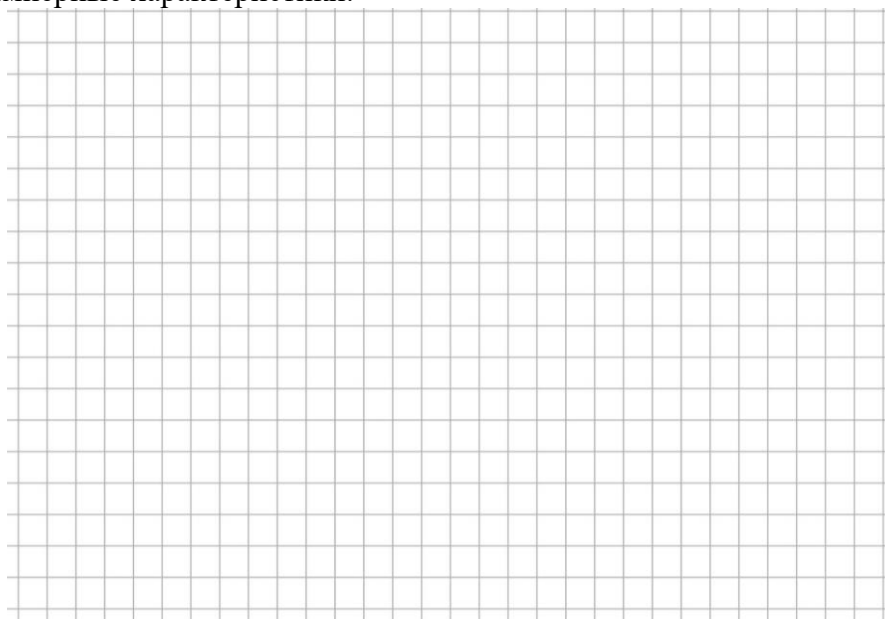


Рисунок 3. Вольт-амперные характеристики

### Опыт 2

1. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами (перемычками) при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 4, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъёмных соединений.

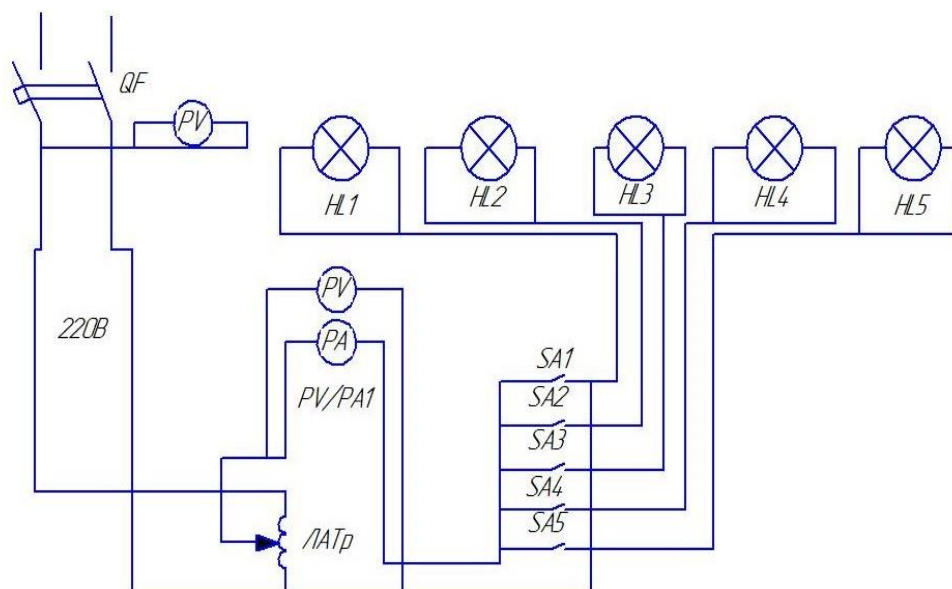


Рисунок 4. Принципиальная схема исследуемой цепи с цифровыми измерительными приборами

В качестве регулируемого источника переменного напряжения  $\sim 220$  В включить в схему ЛАТр. Гибкими соединительными проводами (перемычками) подключить цифровой амперметр-вольтметр PV/PA1.

В качестве нагрузки используются источники света, которые соединены последовательно, и подключаются с помощью гибких соединительных проводов (перемычек) в соответствующие гнезда на лицевой панели стенда (рисунок 5).

2. Включить стенд автоматическим выключателем QF. Изменяя величину выходного напряжения ЛАТром и поочередно включая SA1-SA5 снять показания с измерительных приборов. Выключить электропитание стенда.

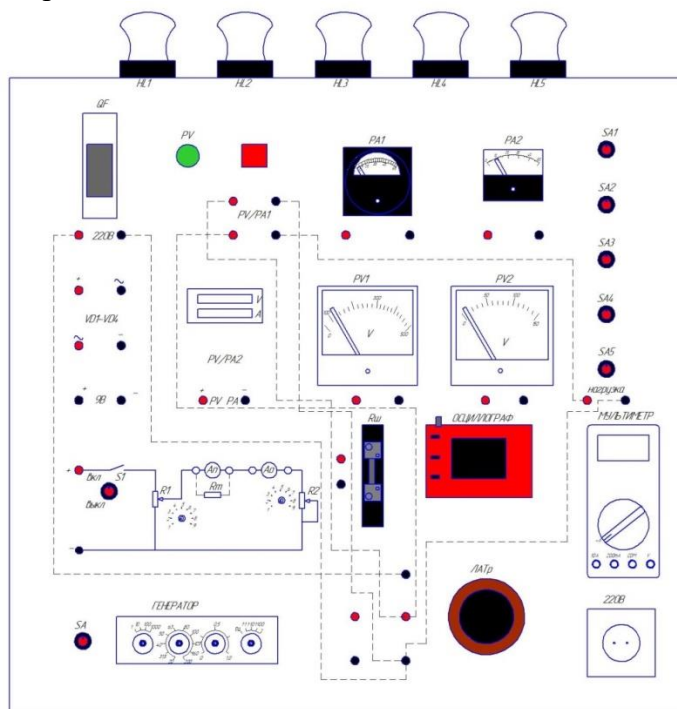


Рисунок 5. Схема соединений элементов и приборов исследуемой цепи

3. Рассчитать мощность по формуле 1 и сопротивление по формуле 2. Результаты измерений занести в таблицу 3. Выключить электропитание стенда.

Значения параметров электрической цепи

№ п/п	U, В	I, А					P, Вт					R, Ом				
		SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5	SA1	SA2	SA3	SA4	SA5
1	110															
2	130															
3	150															
4	200															
5	220															

4. Используя полученные экспериментальные результаты, построить в одной системе координат вольтамперные характеристики.

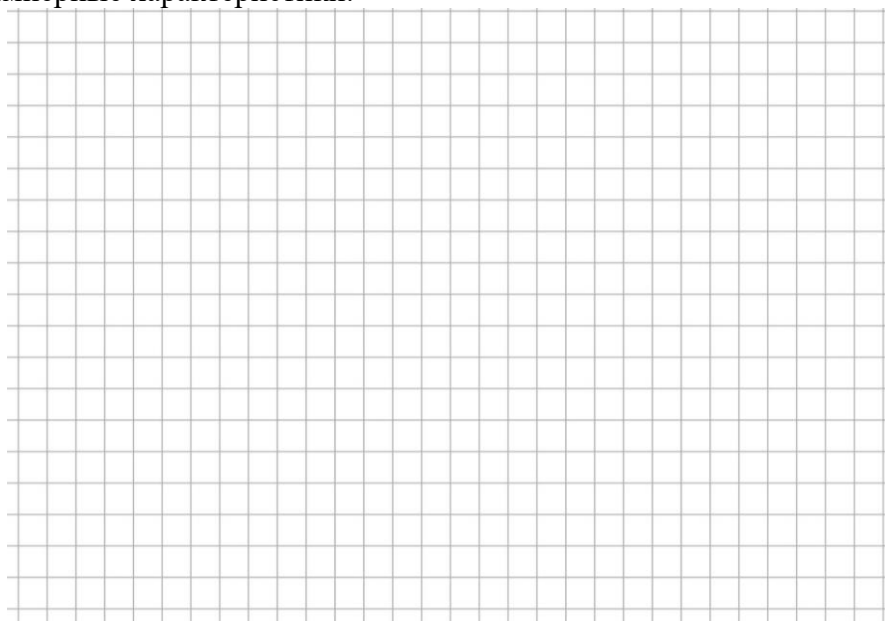


Рисунок 6. Вольтамперные характеристики

Сделать выводы по работе. Оформить отчет.

**Контрольные вопросы:**

1. Почему вольтметр включается параллельно участку цепи, на котором производится измерение напряжения, а амперметр включается последовательно? Какие требования к внутреннему сопротивлению этих приборов?
2. Дайте определение напряжению, силе тока, сопротивлению, мощности.
3. Дайте определение вольтамперной характеристике?
4. Что происходит с током при увеличении напряжения?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

**Тема:** «Измерения основных электрических величин в цепях переменного тока цифровыми мультиметрами».

**Цель:** ознакомиться цифровыми измерительными приборами (мультиметрами), освоить навыки сборки электрических цепей, ознакомиться с методикой проведения измерений мультиметрами физических величин.

### Основные теоретические сведения

Мультиметр – это многофункциональный электроизмерительный прибор. Основное его назначение – измерение характеристик электрического сигнала. Функционально мультиметр объединяет возможности амперметра, вольтметра, омметра и других электроизмерительных приборов.

На корпусе расположены гнезда: COM – для общих измерений, подключается всегда черный щуп (нулевая клемма); отверстия для измерения тока до 10 или 20 А, для красного щупа (фазная клемма); для тока до 200 мА, отрицательный контакт для термопары; для измерения других параметров, плюсовой контакт для термопары. В центре устройства – дисковый переключатель, с помощью которого устанавливается нужный режим. Переключение производится поворотом указателя со стрелкой или другой меткой на конце. На корпусе некоторых моделей предусмотрены также дополнительные контакты для измерения температуры, характеристик конденсаторов, катушек или транзисторов.

Мультиметр имеет следующие основные рабочие режимы:

ACV – режим измерения напряжения переменного тока.

DCV – режим измерения напряжения постоянного тока.

DCA – режим измерения силы постоянного тока.

$\Omega$  – режим измерения электрического сопротивления цепи и ее отдельных элементов.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с лицевой панелью мультиметра и зарисовать ее. Схема лицевой панели мультиметра представлена на рисунке 1.

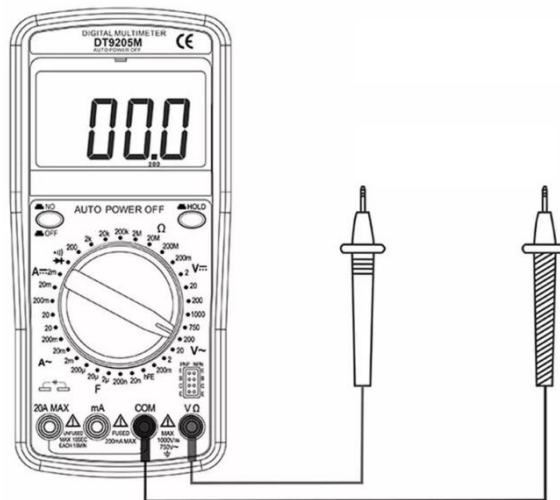


Рисунок 1. Внешний вид мультиметра

Включение питания осуществляется с помощью кнопки. Выбор функции мультиметра и предела измерений выполняется с помощью поворота позиционного переключателя. Мультиметр имеет четыре входных гнезда, защищенных от перегрузки, превышающей указанные пределы.

2. Провести внешний осмотр измерительных приборов и записать технические (паспортные) данные в таблицу 1.

Таблица 1

Технические характеристики приборов			
Наименование прибора	Тип, марка	Пределы измерений параметров электрических величин	Класс точности

*Опыт 1: Измерение напряжения*

1. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами (перемычками) при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъёмных соединений.

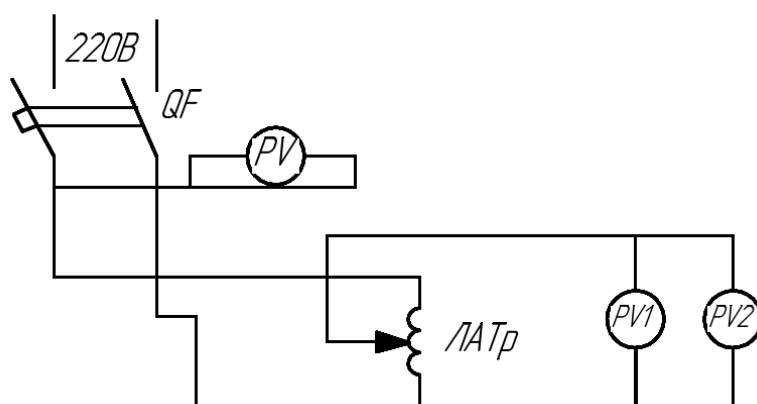


Рисунок 2. Принципиальная схема исследуемой цепи для измерения переменного напряжения

2. Подготовить мультиметры для измерения напряжения в цепи переменного тока. В качестве регулируемого источника переменного напряжения  $\sim 220$  В включить в схему ЛАТр. Гибкими соединительными проводами (перемычками) подключить гнезда «СОМ» и «V/ $\Omega$ » мультиметра в электрическую исследуемую цепь. Установить переключатель мультиметра в положение, соответствующее пределу измерений, который наиболее близок к максимальному напряжению на выходе источника. Включить электропитание лабораторно-практического стенда. Провести по 5 измерений и записать  $U$  по показаниям дисплея в таблицу 2, увеличивая и уменьшая выходное напряжение в диапазонах согласно установленным пределам. Выключить мультиметры и питание стенда. Считать вольтметр PV1 образцовым.

Таблица 2

Показания измерения напряжений					
№ опыта	1	2	3	4	5
$U_{PV1ув}$ , В					
$U_{PV1ум}$ , В					
$U_{PV2ув}$ , В					
$U_{PV2ум}$ , В					

$U_{PV1ув}$  – показания мультиметра 1 при увеличении напряжения в цепи;

$U_{PV2ув}$  – показания мультиметра 2 при увеличении напряжения в цепи;

$U_{PV1ум}$  – показания мультиметра 1 при уменьшении напряжения в цепи;

$U_{PV2ум}$  – показания мультиметра 2 при уменьшении напряжения в цепи.

3. Используя данные таблицы 2 рассчитать среднее значение переменного напряжения для каждого пункта измерения по формулам 1-2:

$$U_{PV1} = \frac{U_{PV1yB} + U_{PV1yM}}{2} \quad (1)$$

$$U_{PV2} = \frac{U_{PV2yB} + U_{PV2yM}}{2} \quad (2)$$

Рассчитать относительную  $\delta$  и приведенную  $\gamma$  погрешности измерения переменного напряжения для каждого измерения по формулам 3 и 4, результаты занести в таблицу 3.

$$\delta = \frac{X_{и} - X_{д}}{X_{д}} * 100\% \quad (3)$$

где

$X_{и}$  – измеренное значение величины;

$X_{д}$  – действительное значение величины.

$$\gamma = \frac{X_{и} - X_{д}}{Д} * 100\% \quad (4)$$

где

$X_{и}$  – измеренное значение величины;

$X_{д}$  – действительное значение величины;

Д – диапазон показаний.

Таблица 3

Полученные значения

№ опыта	1	2	3	4	5
$U_{PV1}$ , В					
$U_{PV2}$ , В					
$\delta$ , %					
$\gamma$ , %					

### Опыт 2: Измерение переменного тока

1. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами (перемычками) при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъёмных соединений.

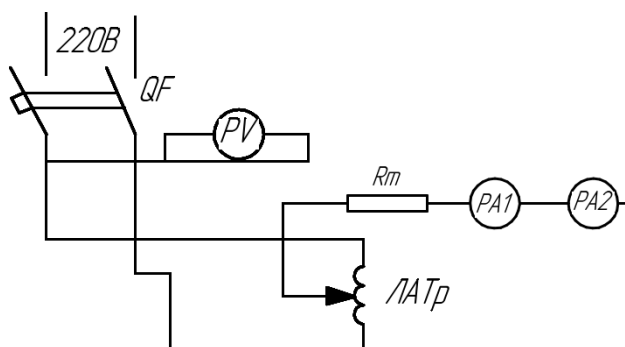


Рисунок 3. Принципиальная схема исследуемой цепи для измерения переменного тока

2. Подготовить мультиметры для измерения силы тока в цепи переменного тока. В качестве регулируемого источника переменного напряжения ~220 В включить в схему ЛАТр. Гибкими соединительными проводами (перемычками) подключить гнезда «СОМ» и «mA» мультиметра в электрическую исследуемую цепь. Установить переключатель мультиметра в положение, соответствующее пределу измерений, который наиболее близок к максимальному значению. Включить электропитание лабораторно-практического стенда. Увеличивая силу тока в цепи в диапазонах согласно установленным пределам (ручкой регулировки выходного напряжения автотрансформатора), заносить показания PA1 и PA2 в таблицу 4. Выключить мультиметры и питание стенда. Считать амперметр PA1 образцовым.

Таблица 4

Показания измерения силы тока

№ опыта	1	2	3	4	5
$I_{PA1ув}, A$					
$I_{PA2ув}, A$					
$I_{PA1ум}, A$					
$I_{PA1ум} A$					

$I_{PA1ув}$  – показания мультиметра 1 при увеличении тока в цепи;

$I_{PA2ув}$  – показания мультиметра 2 при увеличении тока в цепи;

$I_{PA1ум}$  – показания мультиметра 1 при уменьшении тока в цепи;

$I_{PA1ум}$  – показания мультиметра 2 при уменьшении тока в цепи.

3. Используя данные таблицы 4 рассчитать среднее значение переменного тока для каждого пункта измерения по формулам 5-6 и относительную  $\delta$  и приведенную  $\gamma$  погрешности по формулам 3-4:

$$I_{PA1} = \frac{I_{PA1ув} + I_{PA1ум}}{2} \quad (5)$$

$$I_{PA2} = \frac{I_{PA2ув} + I_{PA2ум}}{2} \quad (6)$$

Результаты занести в таблицу 5.

Таблица 5

Полученные значения

№ опыта	1	2	3	4	5
$I_{PA1}, A$					
$I_{PA2}, A$					
$\delta, \%$					
$\gamma, \%$					

Сделать выводы по работе. Оформить отчет.

#### Контрольные вопросы:

1. Область применения цифровых мультиметров.
2. Приведите порядок действий при измерении напряжения цифровым мультиметром.
3. Приведите порядок действий при измерении силы тока цифровым мультиметром.
4. Что называется приведенной погрешностью и как она определяется?
5. Что называется относительной погрешностью и как она определяется?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

**Тема:** «Измерение мощности прямым и косвенным методом в цепи постоянного тока»

**Цель работы:** освоение методов измерения мощности в электрической цепи постоянного тока прямым и косвенным методом.

### Основные теоретические сведения

Мощность в цепях постоянного тока можно определить косвенным путем по показаниям амперметра и вольтметра. При таком измерении мощность  $P$  потребления нагрузки  $R$  определяется произведением тока в нагрузке  $I$  и падением напряжения на ней  $U$ :

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R \quad (1)$$

При выполнении косвенных измерений мощности, в соответствии с описанной выше процедурой, абсолютная погрешность влияния внутренних сопротивлений, вычисляется по формуле:

$$P = U_V \cdot I_A = U_V \cdot (I_V + I_{\text{нагр}}) = (U_V \cdot (I_{\text{нагр}} \frac{R_{\text{нагр}}}{R_V} + I_{\text{нагр}})) = P_d \frac{R_{\text{нагр}}}{R_V} + P_d$$

$$\Delta P = P - P_d = P_d \frac{R_{\text{нагр}}}{R_V}$$

а во втором случае (рис. 1, б) – по формуле

$$P = U_V \cdot I_A = I \cdot (U_A + U_{\text{нагр}}) = I \cdot (U_{\text{нагр}} \frac{R_A}{R_{\text{нагр}}} + U_{\text{нагр}}) = R_d \frac{R_A}{R_{\text{нагр}}} + P_d$$

$$\Delta P = P - P_d = P_d \frac{R_A}{R_{\text{нагр}}}$$

Оценка предельной результирующей относительной погрешности косвенных измерений мощности электрического тока проводится по формуле:

$$\delta_{P_{\text{мет}}} = \left( \frac{\Delta P}{P} \right) \cdot 100 \% = \left( \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} \right) \cdot 100 \% = \delta_I + \delta_U,$$

где  $\Delta P$ ,  $\Delta I$  и  $\Delta U$  – абсолютные погрешности измерений мощности, силы тока и напряжения соответственно.

### Порядок выполнения работы:

1. Изучить основные теоретические сведения.
2. Провести внешний осмотр измерительных приборов, установленных на лицевой панели стенда. Записать технические (паспортные) данные аппаратов и измерительных приборов в таблицу 1.

Таблица 1

Технические характеристики приборов

Наименование прибора	Обозначение прибора на схеме	Тип, марка	Предел измерения	Род тока	Система	Класс точности

### Опыт 1

3. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами (перемычками) при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъемных соединений.

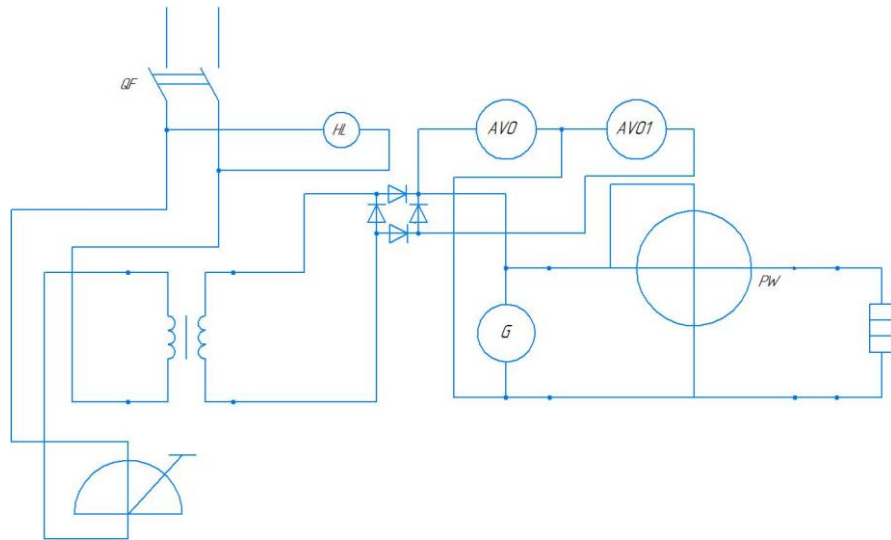


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема исследуемой цепи

В качестве регулируемого источника напряжения включить в схему Диммер. Подключить диодный мост для изменений рода тока. Гибкими соединительными проводами (перемычками) в цепь последовательно включить мультиметр, выступающий в качестве амперметра AVO1 и параллельно мультиметр, выступающий в качестве вольтметра AVO2. В качестве нагрузки используются резисторы, подключаются с помощью гибких соединительных проводов (перемычек) в соответствующие гнезда на лицевой панели стенда (рисунок 2).

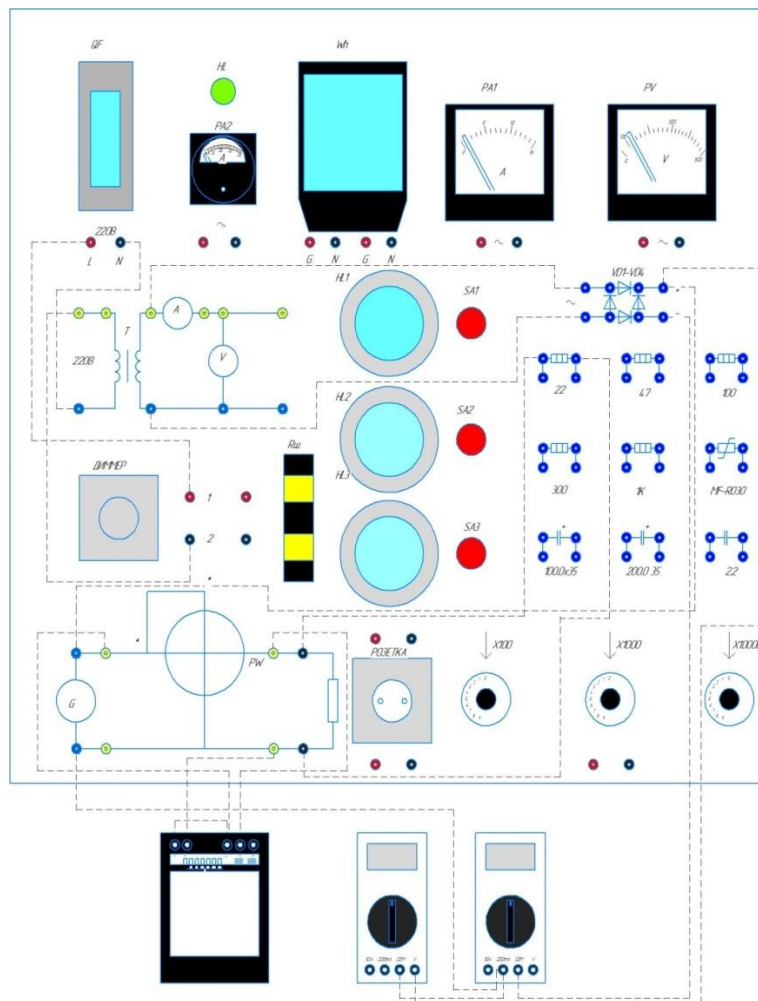


Рисунок 2. Схема соединений элементов и приборов исследуемой цепи

4. Включить стенд автоматическим выключателем QF. Диммером регулируем мощность, тем самым изменяя величину выходного напряжения, снять показания с измерительных приборов. Выключить электропитание стенда.

5. Выходную мощность рассчитать по формуле 1:

$$P = IU \quad (1)$$

6. Электрическое сопротивление рассчитать по формуле 2:

$$R = U/I \quad (2)$$

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 2.

Таблица 2

Значения параметров электрической цепи

№ п/п	Показания приборов			Расчетные данные		
	U, В	I, А	P, Вт	R, Ом	P, Вт	Δ
1						
2						
3						
4						
5						

7. Пользуясь схемами соединений (рис. 1), начертить принципиальную схему исследуемой цепи с включенными измерительными приборами.

Сделать выводы по работе. Оформить отчет.

#### Контрольные вопросы:

1. Какая область значений мощности постоянного тока доступна для измерения электромеханическими и электронными ваттметрами?
2. Дайте определения прямых и косвенных измерений.
3. В каком случае предпочтительно применять электромеханические, а в каком электронные ваттметры постоянного тока? Какова примерная погрешность измерений в этих случаях?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

**Тема:** «Измерение мощности прямым и косвенным методом в цепи переменного тока»

**Цель работы:** освоение методов измерения мощности в электрической цепи переменного тока прямым и косвенным методом.

### Основные теоретические сведения

Один из параметров, который характеризует состояние электрической сети – это ее мощность. Она отражает величину работы, выполняемую электрическим током в единицу времени. Мощность устройств, включаемых в электрическую цепь, должна быть в рамках мощности сети.

Для измерения мощности используют прямые и косвенные измерения. Прямые измерения мощности производятся электродинамическими и ферродинамическими ваттметрами, кроме того, используются цифровые ваттметры, в которых для нахождения мощности реализована функция перемножения векторов тока и напряжения.

Под активной мощностью электрической цепи  $P$  понимают среднее значение мгновенной мощности  $p$  за период  $T$ :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt. \quad (1)$$

Если ток изменяется по синусоидальному закону, т.е.  $i = I_m \sin \omega t$ , напряжение на участке цепи  $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ , то

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T I_m U_m \sin \omega t \sin(\omega t + \varphi) dt = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi = UI \cos \varphi. \quad (2)$$

Физически активная мощность представляет собой энергию, выделяемую в единицу времени в виде теплоты на участке цепи в сопротивлении  $R$ . Т.к.  $U \cos \varphi = IR$ , то

$$P = U \cos \varphi I = I^2 R. \quad (3)$$

Значение мощности зависит от действующих тока и напряжения цепи и угла сдвига фаз между напряжением и током. Множитель  $\cos \varphi$  называют коэффициентом мощности.

Для цепи с резистивным элементом  $\cos \varphi = 1$  и  $\varphi = 0$ . В цепи с идеальной катушкой индуктивности ток отстает от напряжения на угол  $\varphi = \pi/2$ , а в цепи с электрическим конденсатором, наоборот, ток опережает напряжение на угол  $\varphi = \pi/2$ .

Переменная мощность, идущая на увеличение магнитного или электрического полей или поступающая обратно в сеть, называется реактивной мощностью. Ее амплитуда определяется выражением:

$$Q = UI \sin \varphi. \quad (4)$$

Мощность, изменяющаяся с двойной частотой и имеющая амплитуду называется полной мощностью  $S$ , так же как и реактивная, выражается вольт-амперах (В·А), единица измерения активной мощности – Ватт (Вт).

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (5)$$

Аналоговые ваттметры бывают показывающие и самопишущие и отражают активную мощность участка цепи. Табло показывающего прибора имеет полукруглую шкалу и поворачивающуюся стрелку. Деления шкалы отградуированы в соответствии с определенными величинами мощности, измеряемой в ваттах (Вт).

Цифровые ваттметры измеряют как активную, так и реактивную мощность. Кроме того, на дисплей прибора могут выводиться (кроме показания мощности) также и сила тока, напряжение, и расход энергии по времени. Данные измерений можно вывести удаленно на компьютер оператора.

Ваттметры имеют четыре клеммы (2 входа, 2 выхода) для подключения. Две из них используют при сборе последовательной (токовой) цепи – ее подключают первой, а две – для параллельной (цепи напряжения).

Подвижная катушка выполняется из очень тонкого провода, и обладает практически только активным сопротивлением, она называется параллельной обмоткой. Она может вращаться в магнитном поле, создаваемом неподвижной катушкой, и включается



параллельно участку цепи. Неподвижная катушка выполняется из толстого провода и имеет очень малое активное сопротивление, называется последовательной обмоткой и включается в цепь последовательно.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить основные теоретические сведения.
2. Провести внешний осмотр измерительных приборов, установленных на лицевой панели стенда. Записать технические (паспортные) данные аппаратов и измерительных приборов в таблицу 1.

Таблица 1

Технические характеристики приборов

Наименование прибора	Обозначение прибора на схеме	Тип, марка	Предел измерения	Род тока	Система	Класс точности

*Опыт 1*

3. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами (перемычками) при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъемных контактов.

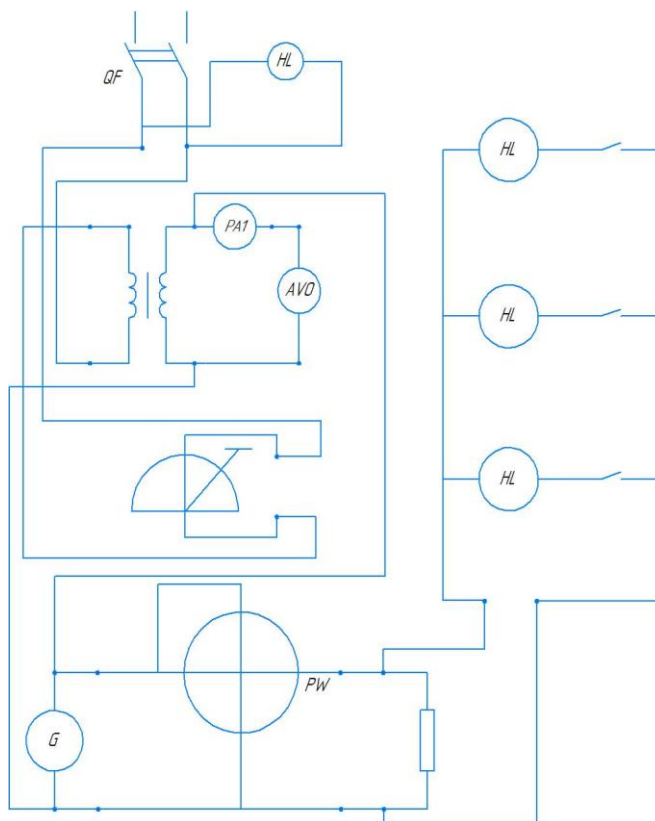


Рисунок 1. Принципиальная электрическая схема исследуемой цепи с измерительными приборами

В качестве регулируемого источника переменного напряжения ~220 В включить в схему Диммер. Гибкими соединительными проводами (перемычками) в цепь последовательно включить амперметр PA1 и параллельно мультиметр AVO для измерения напряжения в цепи. В качестве нагрузки используются источники света, которые соединены последовательно, и подключаются с помощью гибких соединительных проводов (перемычек) в соответствующие гнезда на лицевой панели стенда (рисунок 2).

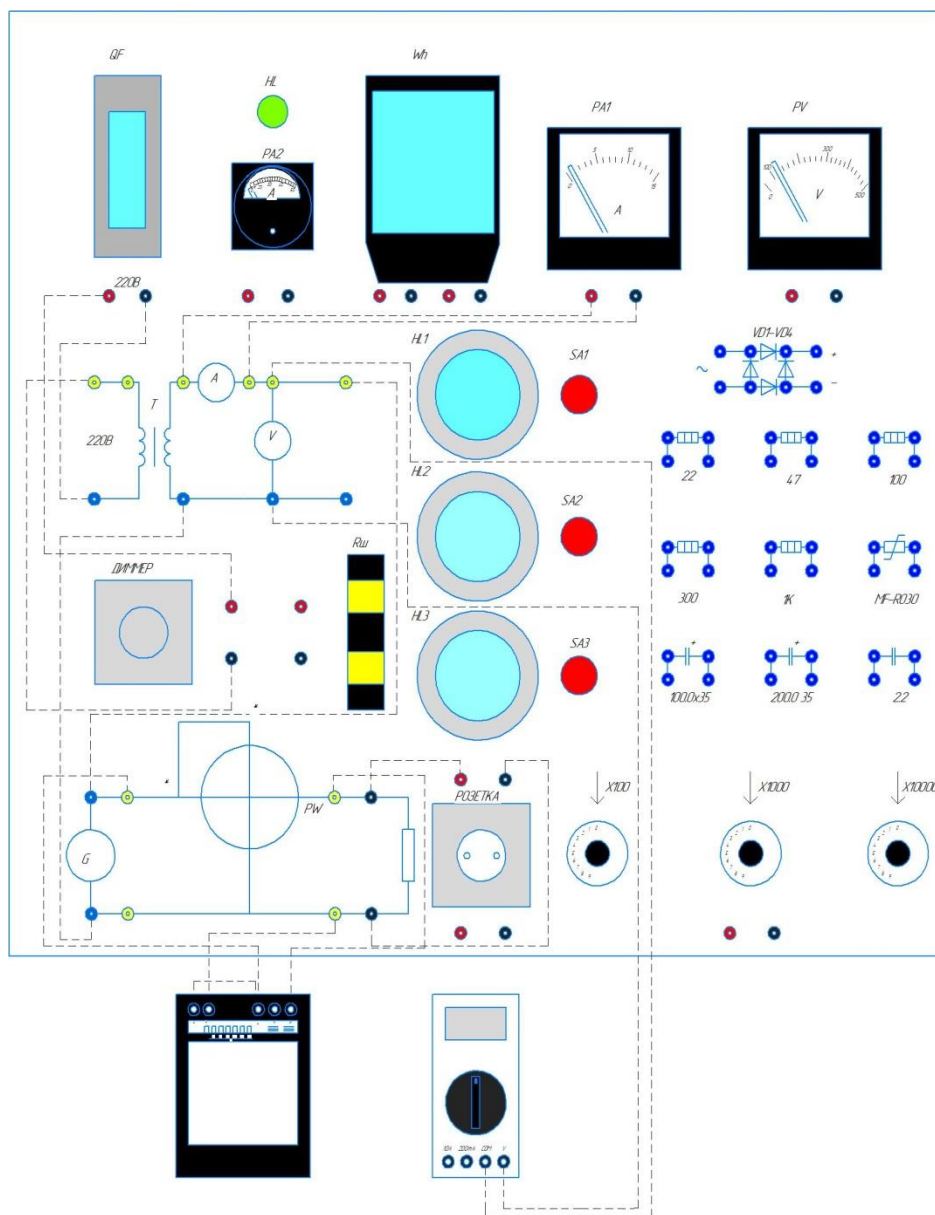


Рисунок 2. Схема соединений элементов и приборов исследуемой цепи

4. Включить стенд автоматическим выключателем QF. Изменяя величину выходного напряжения Диммером и включая SA1, SA2, SA3 снять показания с измерительных приборов. Выключить электропитание стенда.

5. Выходную мощность рассчитать по формуле 6:

$$P = I \cdot U \quad (6)$$

6. Электрическое сопротивление рассчитать по формуле 7:

$$R = U/I \quad (7)$$

7. Рассчитать погрешность измерений. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 2.

Таблица 2

Значения параметров электрической цепи

№ п/п	Показания приборов			Расчетные данные		
	U, В	I, А	P, Вт	R, Ом	P, Вт	Δ
1						
2						
3						

8. Пользуясь схемами соединений (рис. 1), начертить принципиальную схему исследуемой цепи с включенными измерительными приборами.

*Опыт 2*

1. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами (перемычками) при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъёмных соединений.

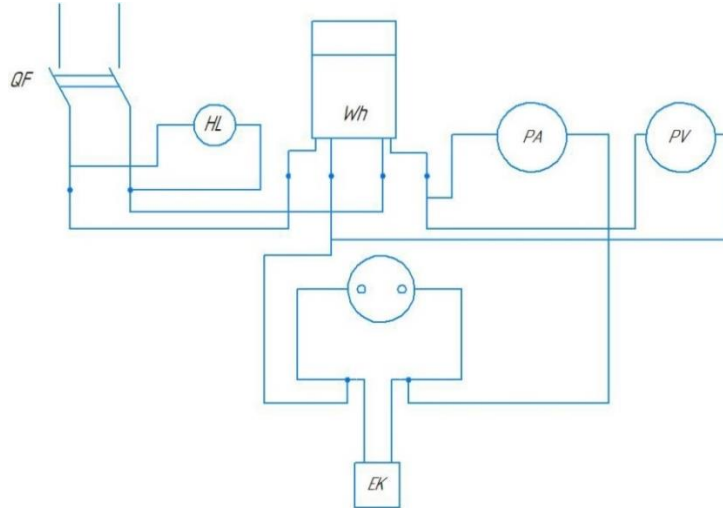


Рисунок 3. Принципиальная электрическая схема исследуемой цепи

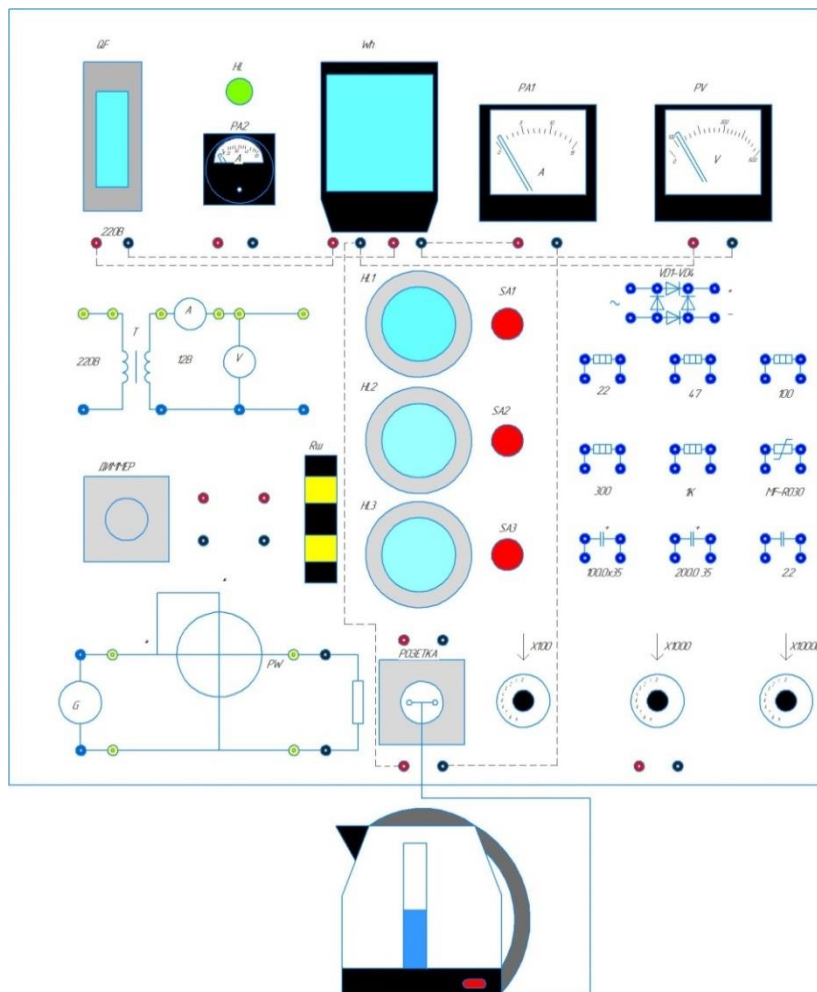


Рисунок 4. Схема соединений элементов и приборов исследуемой цепи

Сделать выводы по работе. Оформить отчет.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие электромеханические механизмы используются в ваттметрах постоянного тока? Какими особенностями, достоинствами и недостатками они обладают?
2. Какая область значений мощности постоянного тока доступна для измерения электромеханическими и электронными ваттметрами?
3. Назовите основные источники погрешности при косвенном измерении мощности постоянного тока.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

**Тема:** «Измерение параметров R, C, L»

**Цель работы:** ознакомиться с измерительными приборами, освоить навыки сборки электрических цепей, ознакомиться с методикой проведения измерения сопротивления, емкости и индуктивности, произвести расчеты основных параметров электрической цепи.

### Основные теоретические сведения

Существуют различные методы измерения сопротивлений проводников. Самый простой из них – прямое измерение соответствующим прибором – омметром. Наиболее распространенными из косвенных методов являются методы измерения тока и напряжения на участке цепи (метод амперметра и вольтметра) и метод сравнения измеряемого сопротивления с эталонным (мостовой метод).

*Сопротивление* препятствие, которое оказывает проводник прохождению через него электрического тока. Измеряется в Ом, кОм, МОм и обозначается буквой R. Прибор для измерения сопротивления называют омметром.

*Резистор* - это электронный компонент, который обладает электрическим сопротивлением. Резисторы бывают постоянные, переменные и различные специальные - терморезисторы, фоторезисторы, тензорезисторы, которые меняют своё сопротивление с изменениями различных внешних факторов - температуры, освещённости, механической нагрузки, приложенного напряжения и др.

*Конденсатор* – это устройство, способное накапливать электрический заряд. Такую же функцию выполняет и аккумуляторная батарея, но в отличие от неё конденсатор может моментально отдать весь накопленный заряд. Количество заряда, которое способен накопить конденсатор, называют «емкостью». Эта величина измеряется в фарадах.

*Принцип работы конденсаторов.* При подсоединении цепи к источнику электрического тока через конденсатор начинает течь электрический ток. В начале прохождения тока через конденсатор его сила имеет максимальное значение, а напряжение – минимальное. По мере накопления устройством заряда сила тока падает до полного исчезновения, а напряжение увеличивается.

В процессе накопления заряда электроны скапливаются на одной пластинке, а положительные ионы – на другой. Между пластинами заряд не перетекает из-за присутствия диэлектрика. Так устройство накапливает заряд. Это явление называется накоплением электрических зарядов, а конденсатор –накопителем электрического поля.

*Катушка индуктивности* - пассивный двухполюсный компонент электрических и электронных устройств и систем. Основным параметр катушки индуктивности - величина её индуктивности, зависящая только от геометрических размеров и материалов и не зависящая от режима работы (тока и напряжения).

Катушка индуктивности представляем собой большое количество витков изолированного проводника. Причем наличие изоляции является важнейшим условием – витки катушки не должны замыкаться друг с другом. Чаще всего витки наматываются на цилиндрический или тороидальный каркас:

Важнейшей характеристикой катушки индуктивности является, естественно, индуктивность. Индуктивность – это способность преобразовывать энергию электрического поля в энергию магнитного поля. Это свойство катушки связано с тем, что при протекании по проводнику тока вокруг него возникает магнитное поле.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить основные теоретические сведения.
2. Провести внешний осмотр измерительных приборов, установленных на лицевой панели стенда. Записать технические (паспортные) данные аппаратов и измерительных приборов в таблицу 1.

Технические характеристики приборов

Наименование прибора	Тип, марка	Пределы измерений параметров электрических величин	Класс точности

*Опыт 1*

3. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами (перемычками) при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъёмных соединений.

4. В качестве регулируемого источника напряжения включить в схему Диммер. Гибкими соединительными проводами (перемычками) в цепь подключить резистор  $R_1=22$  Ом номинальной мощностью 2 Вт через диодный мост VD1-VD4. Подключить к схеме мультиметры для измерения напряжения (AV02) и силы тока (AV01) на резисторе как показано на схеме соединений элементов и приборов исследуемой цепи (рис. 2).

5. Электрическое сопротивление рассчитать по формуле 1:

$$R_{\text{расч}} = U/I \quad (1)$$

6. Рассчитать активную мощность резистора по формуле 2:

$$P = I^2 \times R \quad (2)$$

7. Прodelать данные измерения с другими резисторами разных номиналов  $R_2$ - $R_5$ . Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 2.

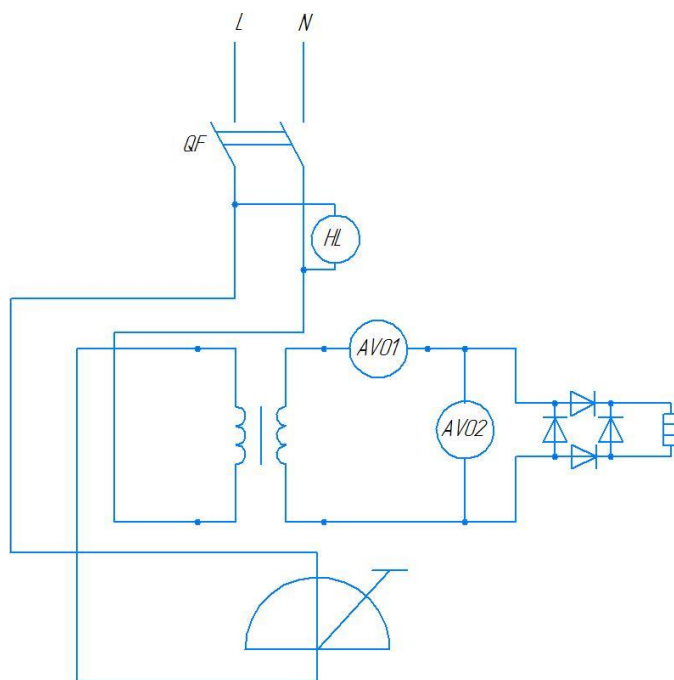


Рисунок 1. Принципиальная схема исследуемой цепи

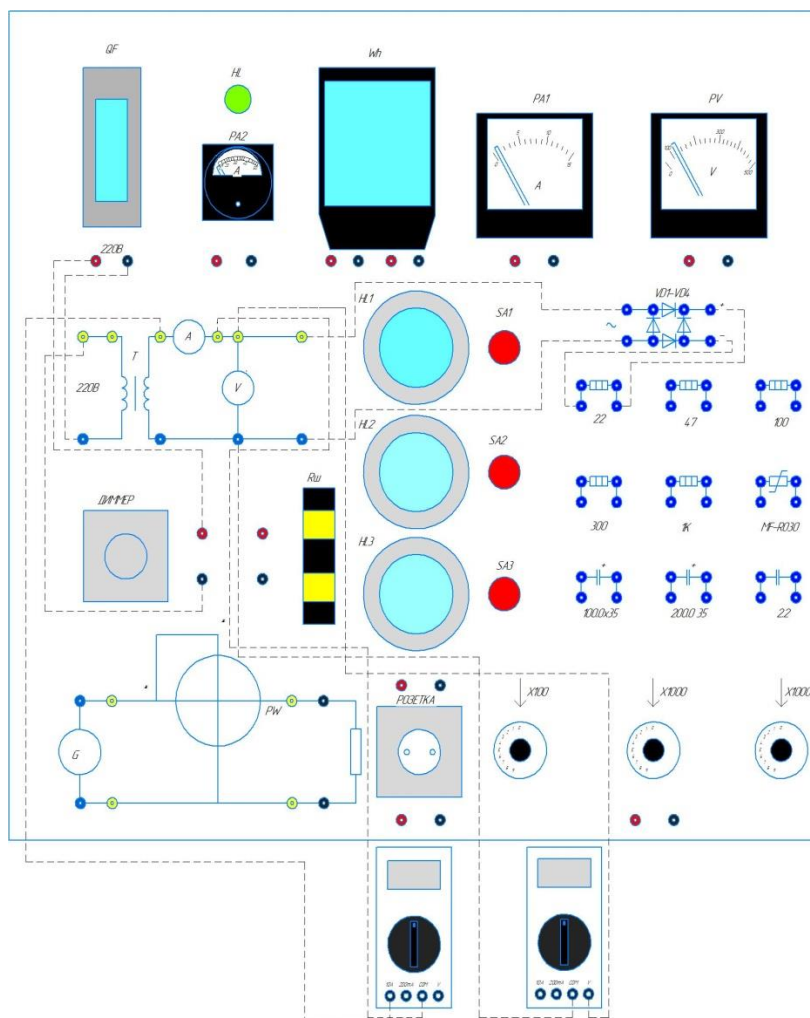


Рисунок 2. Схема соединений элементов и приборов исследуемой цепи

Примечание: напряжение подавать не больше предела, исходя из номинальных значений сопротивлений и мощности резисторов  $U=\sqrt{P \times R}$ .

Таблица 2

Значения параметров электрической цепи

№ п/п	R, Ом	Измеряемые величины		Вычисляемые величины	
		U, В	I, А	R <sub>расч.</sub> , Ом	P, Вт
1	22				
2	47				
3	100				
4	300				
5	1000				

8. Пользуясь схемами соединений (рис. 1), начертить принципиальную схему исследуемой цепи с включенными измерительными приборами.

### Опыт 2

1. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами (перемычками) при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъёмных соединений.

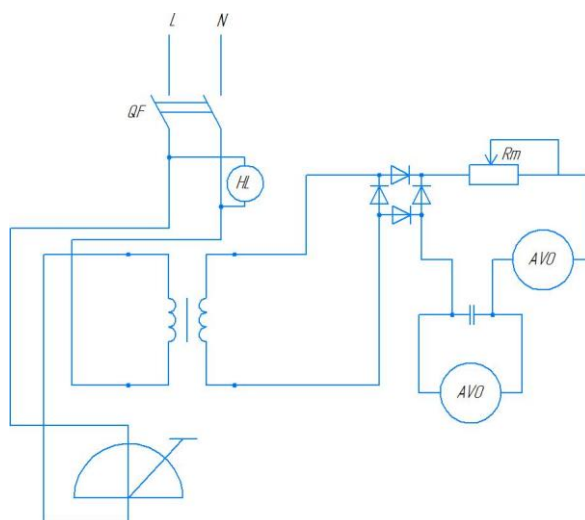


Рисунок 3. Принципиальная схема исследуемой цепи

2. Включаем стенд выключателем QF и подаём питание от источника 220 В на трансформатор тока 220/12. Со вторичной обмотки трансформатора подаём питание на диодный мост VD1-VD4. С помощью магазина сопротивлений выставляем нужные значения для снятия показаний. Подключаем в цепь два мультиметра, как показано на схеме соединений элементов и приборов исследуемой цепи (рис. 4). На мультиметре предел значения постоянного напряжения выставить  $U=20$  В, одновременно подать напряжение с помощью диммера на конденсатор  $C1=100$  мкФ и включить секундомер в момент, когда конденсатор начнёт накапливать заряд, при этом прекратить увеличивать напряжение. Когда значение напряжения на мультиметре дойдёт до 20 В снять показания тока и времени наполнения зарядка конденсатором. Выключить электропитание стенда.

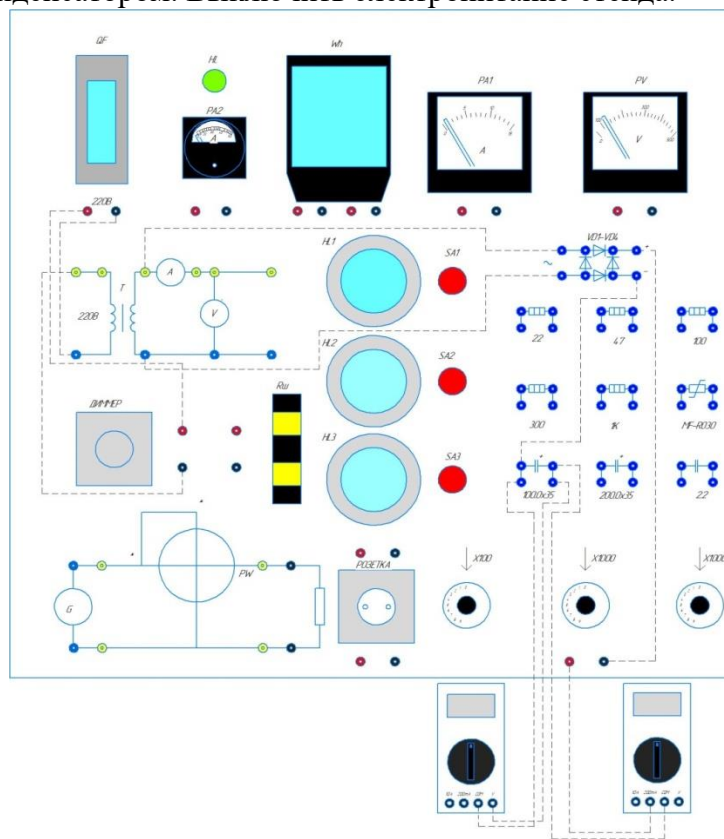


Рисунок 4. Схема соединений элементов и приборов исследуемой цепи



3. Провести данные измерения с разными сопротивлениями от 10000 до 50000 Ом и конденсатором  $C_2=200$  мкФ. Результаты измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3

Значения исследуемых параметров электрической цепи					
№ п/п	R, Ом	U, В	I, мА	C, мкФ	t <sub>изм,с</sub>
1	10 000	20		100	
2	20 000	20		100	
3	30 000	20		100	
4	40 000	20		100	
5	50 000	20		100	
6	10 000	20		200	
7	20 000	20		200	
8	30 000	20		200	
9	40 000	20		200	
10	50 000	20		200	

4. Пользуясь схемами соединений (рис. 3), начертить принципиальную схему исследуемой цепи с включенными измерительными приборами.

### Опыт 3

1. Собрать электрическую схему установки соединительными проводами при выключенном напряжении питания в соответствии со схемой, представленной на рисунке 5, обеспечивая надежность электрических контактов всех разъемных соединений.

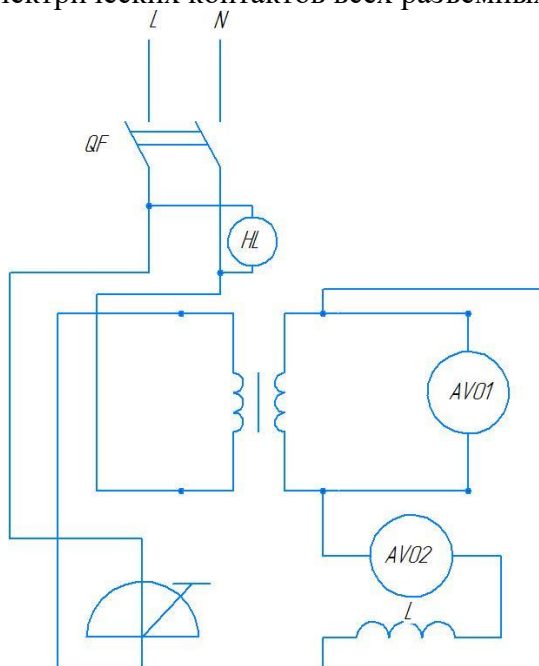


Рисунок 5. Принципиальная схема исследуемой цепи

4. Включить стенд автоматическим выключателем QF. Подключить мультиметры, как показано на схеме соединений элементов и приборов исследуемой цепи (рис. 6). Снять показания напряжения и силы тока с помощью мультиметров с катушки индуктивности с прикосновением сердечника к катушке, помещая сердечник на каждые 2 см, снимать показания и записывать их в таблицу 4.

Таблица 4

### Значения исследуемых параметров электрической цепи

№ п/п	$\delta$ , мм	U, В	I, А
1	0		
2	2		
3	4		
4	6		
5	8		

7. Пользуясь схемами соединений (рис. 5), начертить принципиальную схему исследуемой цепи с включенными измерительными приборами.

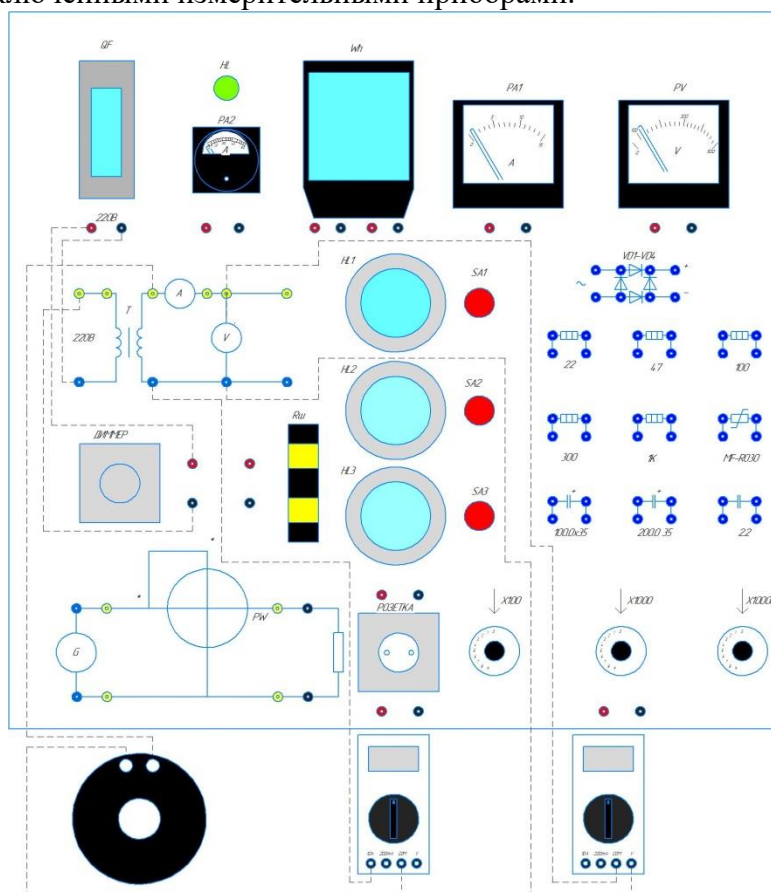


Рисунок 6. Схема соединений элементов и приборов исследуемой цепи

Сделать выводы о проделанной работе. Оформить отчет и ответить на контрольные вопросы.

#### Контрольные вопросы:

1. В чём заключается метод амперметра и вольтметра для измерения сопротивления?
2. Какие требования предъявляются к выбору измерительных приборов при измерении сопротивлений методом амперметра и вольтметра?
3. Каковы достоинства и недостатки метода амперметра и вольтметра при измерении сопротивления?
4. Что такое конденсатор?
5. Что такое емкость?
6. Какие есть способы соединения конденсаторов?
7. Что происходит при отключении источника питания, к которому подключен конденсатор в цепи?
8. Как влияет воздушный зазор на магнитное сопротивление цепи?
9. Как влияет воздушный зазор на индуктивность катушки?
10. В чём принцип действия катушки индуктивности?

#### 4. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

##### **Основные источники:**

1. Панфилов В. А. Электрические измерения: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. А. Панфилов. – 8-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 288 с.

2. Шишмарёв В. Ю. Электротехнические измерения: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. Ю. Шишмарёв. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 304 с.

3. Хрусталева З.А. Электротехнические измерения. (СПО). Учебник / З.А. Хрусталева. – М. : КноРус, 2018. - 200 с.

4. Дубина И.Н. Электротехнические измерения / И.Н. Дубина. - М.: КноРус, 2012. - 208 с.

##### **Дополнительные источники:**

1. Хрусталева З.А. Электротехнические измерения. Практикум. (СПО). Учебная пособие / З.А. Хрусталева. – М.: КноРус, 2019. - 240 с.

2. Хрусталева З.А. Электротехнические измерения. Задачи и упражнения. (СПО). Учебная пособие / З.А. Хрусталева. – М. : КноРус, 2019. - 256 с.

3. Волегов А. С. Метрология и измерительная техника: электронные средства измерений электрических величин : учеб. пособие для СПО / А. С. Волегов, Д. С. Незнахин, Е. А. Степанова. – М.: Издательство Юрайт, 2019. –103 с. – (Серия: Профессиональное образование)

4. Гаврилова А.Н. Электротехнические измерения. Задачи и упражнения. Учебник для ССУЗов / А.Н. Гаврилова, Е.Ф. Сысоева и др. - М.: КноРус, 2011. - 256 с.

5. Мерцалова А.И. Электротехнические измерения. Практикум (СПО) / А.И. Мерцалова. - М.: КноРус, 2013. - 240 с.

6. Назаров С.В. Электротехнические измерения. Задачи и упражнения (СПО): Учебное пособие / С.В. Назаров, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко. - М.: КноРус, 2013. - 256 с.

7. Хромоин П.К. Электротехнические измерения: Учебное пособие / П.К. Хромоин. - М.: Форум, 2013. - 288 с.

##### **Интернет- ресурсы:**

1. <http://electricalschool.info/spravochnik/izmeren/828-vidy-i-metody-jelektricheskikh.html>

2. <http://fb.ru/article/419533/izmerenie-elektricheskikh-velichin-edinitsyi-i-sredstva-metodyi-izmereniya>

3. <https://mehanik-ua.ru/lektcii-po-tekhnicheskim-temam/1763-elektricheskie-izmereniya-i-izmeritelnaya-apparatura.html>

4. <https://electrohobby.ru/izmereniya/>