Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Естественные и математические науки»

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания к лабораторной работе «Электроизмерительные приборы и измерения»
для студентов направлений

09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
09.03.04 «Программная инженерия»
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическоеобеспечение машиностроительных производств»
18.03.01 «Химическая технология»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

Очной, очно-заочной и заочной формы обучения

Энгельс 2026

Введение

Настоящие методические указания предназначены для проведения первой лабораторной работы по курсу “Электротехника и электроника” и содержат необходимые сведения для самостоятельного изучения материала по теме “Электроизмерительные приборы и измерения”, которая не читается в лекционном курсе. Кроме того, здесь приводятся общие положения о подготовке к лабораторной части занятий, работе в лаборатории, правила техники безопасности при работе в электротехнических лабораториях, порядок оформления протоколов и обработки результатов измерений.

Первое лабораторное занятие имеет целью ознакомление с основными типами электроизмерительных приборов, их назначением, характеристиками, условными графическими обозначениями, а также с их применением для измерения основных электрических величин. Выполняя работу, студент должен научиться: правильно выбирать измерительный прибор, правильно включать его в измерительную цепь, оценивать точность проведенного измерения. Данная работа должна подготовить студента к выполнению последующих лабораторных работ.

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Подготовка к работе

При домашней подготовке к лабораторной работе студент должен проделать следующее:

- ознакомиться с руководством к данной лабораторной работе ;
- по рекомендованной литературе и лекциям проработать соответствующие разделы курса ;
- ответить на вопросы к данной лабораторной работе;
- подготовить бланк протокола лабораторной работы по форме, приведенной на стр. 4.

2. Работа в лаборатории

1. В начале очередного занятия проводится прием протокола предыдущей лабораторной работы и его защита. Студенты, не представившие протокол и не получившие зачет по предыдущей работе, к выполнению следующих работ не допускаются.
2. Перед началом выполнения работы студент должен получить допуск. Для этого студенту даются контрольные вопросы или программированное контрольное задание.
3. Сборка схемы производится при отключенном от сети стенде. Рекомендуется сначала собрать какую-либо последовательную ветвь схемы, а затем собирать параллельные ветви. Собранную схему необходимо показать преподавателю или лаборанту для проверки.
4. Включать схему можно только с разрешения преподавателя или лаборанта. При выполнении работы строго соблюдать правила техники безопасности.
5. Результаты измерения для экономии времени рекомендуется сразу заносить в бланк протокола в заранее заготовленные таблицы, при этом первоначальные записи следует делать карандашом, а после проверки их преподавателем обвести чернилами.
6. Уходя с рабочего места, выключить стенд.
7. Разбирать схему можно только с разрешения преподавателя после проверки им опытных данных.
8. По окончании работы необходимо выключить стенд и все приборы и привести в порядок рабочее место.

3. Оформление протокола.

1. Каждый студент самостоятельно оформляет протокол по лабораторной работе.
2. Протокол необходимо выполнять на бумаге в клетку, что облегчает вычерчивание схем, таблиц и графиков.

3. Бланк протокола начинается с названия, которое должно быть написано по следующей форме:

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Лаборатория электротехники и электроники

Протокол

по лабораторной работе 1 “Электроизмерительные приборы и измерения”

Составил: студент группы МВТМ-31 Иванов И.Н.

4. Протокол должен содержать следующие разделы:

цель работы;

- схемы опытов;
- технические характеристики приборов и оборудования;
- расчетные формулы;
- таблицы измерений и вычислений;
- графики;
- векторные диаграммы;
- выводы по работе.

5. Схемы должны выполняться с помощью чертежных инструментов.

Условные обозначения элементов и их размеры должны соответствовать требованиям стандартов ЕСКД.

6. При записи технических характеристик приборов следует указать: наименование прибора, его тип, систему, предел измерения, класс точности, заводской номер (например, для вольтметра: вольтметр, электромагнитный, Э8021, 0-50 В, к.т. 2.5 №73465). Для оборудования и аппаратов записываются их наименование, тип и номинальные данные. Таблицы должны содержать условные обозначения величин и единицы их измерения.

7. При построении графиков следует придерживаться правил, изложенных на стр. 9.

8. Векторные диаграммы строятся с соблюдением масштаба. Выбранный масштаб указывается рядом с диаграммой.

9. В конце протокола обязательно должны быть сделаны выводы по работе, в которых анализируются полученные экспериментальные данные. Как правило, анализу подвергаются полученные графики и векторные диаграммы. При наличии расхождений между опытными и расчетными зависимостями необходимо указать причину этих расхождений (погрешность приборов, погрешность метода измерений и т. д.).

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

1. Токи порядка 0,01 + 0,015А опасны для жизни человека, а токи более 0,1А смертельны.

2. Расчетное сопротивление человека – 1000 Ом. Отсюда, при прикосновении к напряжению 220 В (напряжение в однофазных розетках в лаборатории, в быту и на производстве) через человека будет течь ток 0,22 А, что в 2,2 раза превышает смертельную границу. Промышленные сети имеют напряжение 380 В, следовательно, еще опаснее.

3. В лаборатории электрических цепей (№348) напряжение на стендах 36 и 20 В для сборки схем и 220 В в розетках для питания осциллографа и электронных приборов. В лаборатории электрических машин и электропривода напряжение на стендах 380 В.

4. Перед сборкой схемы необходимо убедиться, что стенд отключен от сети (выключен главный рубильник лаборатории, выключен главный включатель на стенде, сигнальная лампа не горит).

5. Первое включение после сборки схемы проводят лаборант или преподаватель.

6. Во время работы не касаться оголенных токоведущих частей схемы и приборов: клемм, наконечников проводов и т. п.

7. При измерениях переносными приборами подключающие провода следует держать за изолированные части.

8. Не прикасаться к вращающимся частям электрических машин и электромагнитных тормозов. Не ставить ноги на электрические машины.

9. Частичную пересборку схемы проводить только на отключенном от сети стенде.

10. По окончании измерений выключить стенд, показать данные измерений преподавателю и с его разрешения разобрать схему.

11. При обнаружении неисправностей: короткого замыкания, запаха гари, выхода из строя прибора и т. п. – немедленно выключить стенд и сообщить преподавателю.

12. В случае попадания одного лица под напряжение и невозможности самостоятельно оторваться от точек прикосновения, остальные члены бригады должны принять срочные меры по освобождению потерпевшего от напряжения:

- выключить главный рубильник лаборатории;
- отключить выключатель на стенде или освободить от точек прикосновения, потянув потерпевшего за одежду (ни в коем случае не за оголенные части тела);
- при необходимости оказать пострадавшему первую помощь.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Погрешности измерений и измерительных приборов

Качество средств и результатов измерений принято характеризовать указанием их погрешностей. Разновидностей погрешностей около 30. Определения им даны в литературе по измерениям. Следует иметь в виду, что погрешности средств измерений и погрешности результатов измерений – понятия не идентичные. Исторически часть наименований разновидности погрешностей закрепилась за погрешностями средств измерений, другая – за погрешностями результатов измерений, а некоторые применяются по отношению и к тем, и к другим.

В данной работе рассматриваются три вида погрешностей: абсолютная, относительная и приведенная. Понятия абсолютной и относительной погрешностей применяют и к измерениям, и к средствам измерения, а приведенная погрешность оценивает только точность средств измерения.

Абсолютная погрешность измерения – это разность между измеренной величиной X и ее истинным значением $X_И$:

$$\Delta = X - X_И . \qquad (1)$$

Обычно истинное значение измеряемой величины неизвестно, и вместо него в (1) подставляют значение величины, измеряемой более точным прибором, т.е. имеющим меньшую погрешность, чем прибор, дающий значение X. Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой величины. Формулой (1) пользуются при поверке измерительных приборов.

Относительная погрешность δ измерения равна отношению абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины и выражается в процентах:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_И} \cdot 100\% . \qquad (2)$$

По относительной погрешности измерения проводят оценку точности измерения.

Приведенная погрешность измерительного прибора γ определяется как отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению X_N и выражается в процентах:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100\% .$$

(3)

Нормирующее значение обычно принимают равным верхнему пределу рабочей части шкалы, у которой нулевая отметка находится на краю шкалы.

Приведенная погрешность определяет точность измерительного прибора, не зависит от измеряемой величины и имеет единственное значение для данного прибора. Из (3) следует, что для приборов абсолютная погрешность Δ – величина постоянная по всей шкале. Относительная погрешность измерения δ тем больше, чем меньше измеряемая величина X по отношению к пределу измерения прибора X_N.

Многие измерительные приборы различаются по классам точности. Класс точности прибора G – обобщенная характеристика, которая характеризует точность прибора, но не является непосредственной характеристикой точности измерения, выполняемого с помощью данного прибора.

Класс точности прибора численно равен наибольшей допустимой приведенной основной погрешности, вычисленной в процентах. Класс точности присваивается из ряда: $1\cdot10^n$; $1{,}5\cdot10^n$; $2\cdot10^n$; $2{,}5\cdot10^n$; $4\cdot10^n$; $5\cdot10^n$; $6\cdot10^n$, где n=1; 0; -1; -2. Конкретные ряды точности устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерения. Так, ГОСТ 8711-78 для амперметров и вольтметров устанавливает следующие классы точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 5,0. Эти числа наносятся на шкалу прибора. Например, класс 1 характеризует гарантированные границы погрешности в процентах (± 1%, например, от конечного значения 100 В, т.е. ±1В) в нормальных условиях эксплуатации.

По международной классификации приборы с классом 0,5 и точнее считаются точными и образцовыми, а приборы с классом 1 и грубее – рабочими. Все приборы подлежат периодической поверке на соответствие метрологических характеристик, в том числе и класса точности, их паспортным значениям. При этом образцовый прибор должен быть точнее поверяемого, через класс, а именно: поверка прибора с классом 4 проводится прибором с классом точности 1,5, а поверка прибора с классом точности 1 проводится прибором с классом точности 0,2.

Поскольку на шкале прибора приводится и класс точности прибора G, и предел измерения X_N, то абсолютная погрешность прибора определяется из (3):

$$\Delta = \pm\frac{\gamma\cdot X_N}{100} = \frac{G\cdot X_N}{100} \quad . \qquad (4)$$

Связь относительной погрешности измерения δ с классом точности прибора выражается формулой:

$$\delta = G\cdot\frac{X_N}{X} \quad , \qquad (5)$$

откуда следует, что относительная погрешность измерения равна классу точности прибора только при измерении предельной величины на шкале, т.е. когда $X = X_N$. С уменьшением измеряемой величины относительная погрешность возрастает. Во сколько раз $X_N > X$, во столько раз $\delta > G$. Поэтому рекомендуется выбирать пределы измерения показывающего прибора так, чтобы отсчитывать показания в пределах последней, третьей части шкалы, ближе к ее концу.

2. Представление результата измерений при однократных измерениях

Результат измерения состоит из оценки измеряемой величины и погрешности измерения, характеризующей точность измерения. По ГОСТ 8.011-72 результат измерения представляют в форме:

$$A \pm \Delta, P, \qquad (6)$$

где A – результат измерения;

Δ – абсолютная погрешность прибора;

P– вероятность, при статистической обработке данных.

При этом A и Δ должны оканчиваться цифрами одинакового разряда, а Δ не должна иметь более двух значащих цифр.

Если при обработке данных теория вероятности не применялась, то вероятность P не указывают.

Измерения, проводимые при выполнении лабораторных работ, относятся к техническим, которые выполняют однократно. Погрешность прямых однократных измерений определяются погрешностью измерительного прибора γ.

Пример. Измеряют напряжение сети U щитовым вольтметром типа Э-377, класса точности 1,5, с пределом шкалы 250 В. Показание вольтметра U=215 В. Сначала определяют абсолютную погрешность вольтметра:

$$\Delta = \frac{G \cdot X_N}{100} = \frac{1{,}5 \cdot 250}{100} = 3{,}75 \approx 4\,\text{В}.$$

Затем записывают результат измерения с оценкой погрешности:

U=(215±4) В.

Относительная погрешность измерения составляет:

$$\delta = G \cdot \frac{X_N}{X} = \frac{1{,}5 \cdot 250}{215} = 1{,}7\%\ .$$

В окончательном ответе должно быть сообщено: “Измерение проведено с относительной погрешностью δ = 1,7%. Измеренное напряжение U=(215±4) В”.

3. Определение погрешности косвенного измерения

Косвенным измерением называется измерение, при котором искомая величина находится по известной зависимости между этой величиной и другими величинами, полученными в результате прямых измерений. Например, сопротивление R можно определить по формуле: R=U/I , где напряжение U и ток I измерены вольтметром и амперметром соответственно.

Выражения для абсолютной и относительной погрешностей для некоторых функциональных зависимостей приведены в табл.1.

Таблица 1

Вид формулы	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
$P = U \cdot I$ $R = U / I$	$\Delta P = U \cdot \Delta I + \Delta U \cdot I$ $\Delta R = \frac{I \cdot \Delta U + U \cdot \Delta I}{I^2}$	$\delta_P = \delta_U + \delta_I$ $\delta_R = \delta_U + \delta_I$
$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$	$\Delta P = U \cdot I \cdot \Delta\cos\varphi + U \cdot \Delta I \cdot \cos\varphi + \Delta U \cdot I \cdot \cos\varphi$	$\delta_P = \delta_U + \delta_I + \delta_{\cos\varphi}$
N=A-B	$\Delta N = \Delta A + \Delta B$	$\delta_N = \frac{\delta A + \delta B}{\delta A - \delta B}$
N=A+B+C	$\Delta N = \Delta A + \Delta B + \Delta C$	$\Delta_N = \frac{\Delta A + \Delta B + \Delta C}{A + B + C}$

4. Построение графиков (ГОСТ 2.319-81)

Полученные в лабораторной работе экспериментальные (а иногда и расчетные) зависимости нужно представить графически.

Графики строят на бланке протокола или на отдельных листах миллиметровой бумаги. Прежде всего, на осях графика наносятся масштабные деления. В большинстве случаев используют линейный масштаб. Там, где необходим логарифмический или полулогарифмический масштаб, это оговаривается особо. Масштаб должен быть простым. Наиболее удобно, когда одно масштабное деление (как правило, равное 1 см) оси соответствует откладываемой величине, выраженной единицей с нулями: 0,01; 0,1; 1; 10; 100 и т.д. Допускается увеличивать эти значения в 2 и 5 раз. У масштабных делений ставятся соответствующие числовые отметки. Никаких других цифр на осях графика не пишется. Оси должны быть снабжены условным буквенным обозначением откладываемой величины и единицей ее измерения. При наличии числовых отметок на осях не следует ставить стрелок, указывающих направление роста численных значений величин.

Если на одном графике строится несколько зависимостей, то ось абсцисс обычно бывает общей, а оси ординат для каждой откладываемой величины изображаются отдельно со своим масштабом и условными обозначениями.

При этом часть вертикальных осей может быть расположена с правой стороны графика. Экспериментальные точки, соответствующие различным зависимостям, обозначаются разными значками, например :•, Δ, □ и др. Каждая кривая при этом снабжается своим условным обозначением или названием. Пример построения несколько кривых на одном графике приведен на рис. 1.

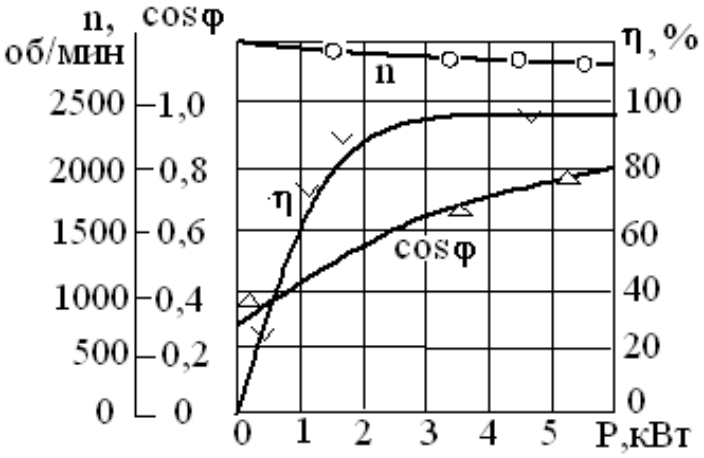


Рис.1

Лабораторная работа 1

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ИХ ОСНОВНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Цель работы: ознакомиться с назначением, условными графическими обозначениями, устройством, принципом действия и параметрами основных систем электроизмерительных приборов; ознакомиться с методами измерения основных электрических величин; провести измерение тока, напряжения и мощности и записать результат измерения с оценкой погрешности.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

1. Общие ведения об электроизмерительных приборах

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 рис.2 *а, б* приведены общие обозначения показывающих и регистрирующих приборов. Для указания назначения электроизмерительного прибора в его общее обозначение вписывают конкретизирующее условное обозначение, установленное в стандартах, или буквенное обозначение единиц измерения прибора в соответствии с табл.1. приложения. На рис.2 *в-е* для примера показаны условные графические обозначения некоторых конкретных приборов. При необходимости указания обмоток измерительных приборов используют обозначения (рис.2 *ж, и*). Токовая обмотка обозначается жирной линией, обмотка напряжения – тонкой линией.

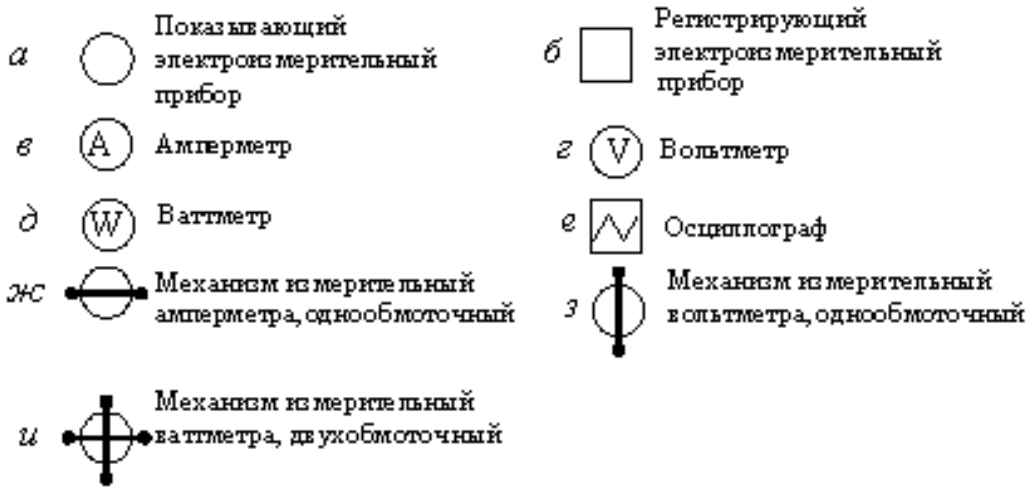


Рис.2

2. Электромеханические измерительные приборы

По принципу действия электромеханические приборы подразделяются на приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, ферродинамической, индукционной, электростатической систем. Условные обозначения систем приведены в табл. 2 приложения. Наибольшее распространение получили приборы первых трех типов: магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические.

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 изготовляться 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 делятся на классы 1,0; 2,0; 2,5. Счетчик СО 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 кВт – 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

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

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

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

4. В зависимости от требуемой точности измерения выбирают класс точности прибора.

Таблица 2

Основные свойства электромеханических измерительных приборов

Тип прибора	Условное обозначение	Род измеряемого тока	Уравнения шкалы	Достоинства	Недостатки
1. Магнитоэлектрический		Постоянный	$\alpha=S\cdot I$ шкала равномерная	Высокая точность, малое потребление энергии, равномерность шкалы	Непригодность для измерения в цепи переменного тока, не терпят перегрузок
2. Электромагнитный		Переменный и постоянный	$\alpha=S\cdot I^2$ шкала - неравномерная, 20% в начале шкалы не градуируется	Простота устройства, хорошо переносят перегрузки	Невысокая точность, большое собственное потребление, чувствительность к внешним магнитным полям
3. Электродинамический		Переменный и постоянный	амперметр $\alpha=S\cdot I^2$ вольтметр $\alpha=S\cdot U^2$ ваттметр $\alpha=S\cdot P$	Высокая точность (G=0,1; 0,2;0,5), независимость показаний от формы напряжения	Низкая чувствительность, большое собственное потребление, влияние внешних магнитных полей, ограничен частотный диапазон.
4. Индукционный		Переменный	Мвр=Мкр	Надежны в работе, выдерживают значительные перегрузки по току (300%)	Большое потребление энергии, низкая точность, класс точности не точнее 1,0

Способы включения приборов в цепь.

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

Для расширения пределов измерения приборов применяют: в цепи постоянного тока для амперметров – шунты, при этом на шкале амперметра обязательно указывается тип применяемого шунта; для вольтметров – добавочные сопротивления; в цепи переменного тока для амперметров – трансформаторы тока, для вольтметров – трансформаторы напряжения.

Схемы включения приборов в цепь приведены на рис. 3.

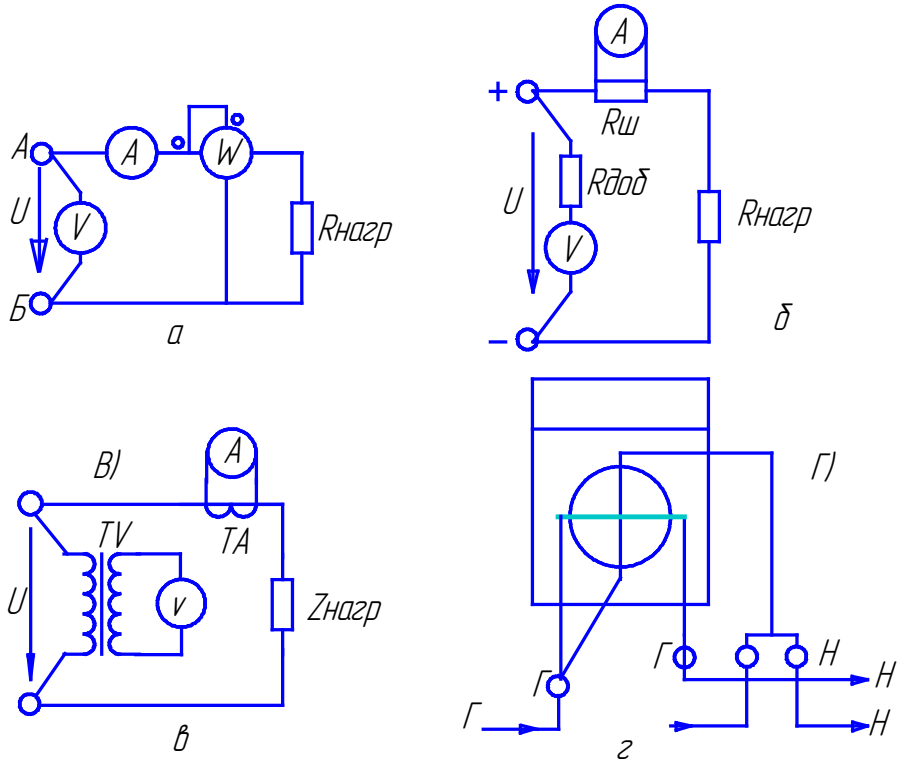


Рис. 3

На рис. 3 приведены:

а) схема включения приборов в цепь постоянного и переменного тока;

б) схема включения амперметра с шунтом и вольтметра с добавочным сопротивлением в цепи постоянного тока;

в) схема включения амперметра с трансформатором тока и вольтметра с трансформатором напряжения при расширении пределов измерения в цепи переменного тока;

г) – схема включения однофазного счетчика.

Цена деления многопредельных амперметров, вольтметров ваттметров определяется по формуле:

$$C_I = \frac{I_н}{N}, \frac{А}{дел};$$

$$C_U = \frac{U_н}{N}, \frac{В}{дел}; \qquad (7)$$

$$C_W = \frac{I_н \cdot U_н}{N}, \ \frac{Вт}{дел},$$

где $I_Н$, $U_Н$ – пределы, на которые установлены переключатели тока и напряжения у многопредельных приборов или номинальные пределы измерений у однопредельных приборов;

N – число делений шкалы прибора.

Измеряемая величина определяется по формулам:

$$I = n \cdot C_I, \ А; \qquad U = n \cdot C_U, \ В; \qquad P = n \cdot C_W, \ Вт, \qquad (8)$$

где n – число делений, показываемое стрелкой прибора при измерении.

Особенности измерения цифровыми электронными приборами

Цифровые электроизмерительные приборы бывают для измерения как одной величины, например, постоянного напряжения, так и нескольких величин, например, тока, напряжения, сопротивления. Такие универсальные приборы обычно называют ***мультиметрами*** (например, мультиметр ВР-11А). Мультиметры обычно имеют два вида переключателей: переключатель рода измеряемой величины – напряжения постоянного или переменного, сопротивления, частоты и переключатель предела измерения. Кроме того, имеются клеммы или гнезда для подключения измерительных проводов. Мультиметры питаются от сети 220 В. При всех видах измерений необходимо перейти на больший предел, когда прибор индицирует выход за предел (буква “П” в старшем разряде) и изменить полярность входного сигнала при мигании знака “-” в старшем разряде.

Погрешность измерения мультиметра ВР-11А.

Постоянное напряжение: $\pm(0{,}5\% \ U_x + 4$ зн.).

Переменное напряжение: $\pm(0{,}5\% \ U_x + 10$ зн.),

где U_x – показание прибора;

зн – единица младшего разряда.

Достоинства электронных приборов: высокое входное сопротивление, что позволяет проводить измерения, без влияния на цепь; широкий диапазон измерений, высокая чувствительность, широкий частотный диапазон, высокая точность и объективность измерений.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерения

1. По данным указаниям и рекомендованной литературе ознакомиться с основными системами электроизмерительных приборов.

2. Составить схему измерения силы тока I, напряжения U и мощности P электрической цепи переменного тока, где в качестве нагрузки используются осветительные лампы на напряжение 36 В. Количество ламп, включенных параллельно, указывает преподаватель (типовая схема включения приборов показана на рис.3*а*). Условное графическое обозначение и буквенно-цифровое обозначение осветительных ламп накаливания показано на рис. 4.

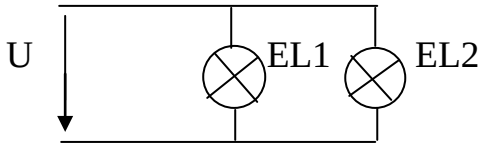


Рис.4

3. Для составленной схемы определить ориентировочно пределы измерения приборов. При этом исходить из следующих данных: напряжение сети U_C=36 В; номинальная мощность электролампы $P_Л$= 40 Вт; номинальное напряжение электролампы $U_Л$=36 В. После этого выбрать конкретные электроизмерительные приборы из имеющихся на стенде. Данные выбранных приборов занести в таблицу по форме табл. 3.

Таблица 3

Наименование прибора	Тип	Завод. номер	Система прибора	Род то-ка	Пре-дел измер.	Класс точ-ности	Эл. проч. изол.	Раб. поло-жение	Це-на дел.
Вольтметр	Э377	2765	Эл.магн	~ пер	0-25 В	1,5 G=1.5	2 кВ	⊥ верт	$\frac{1В}{дел}$

3. Собрать схему и провести измерения. Мощность P измерить прямым и косвенным методом.

4. Рассчитать погрешность измерения. Погрешность измерения мощности рассчитать для прямого и косвенного методов и сравнить их. Записать результаты измерения силы тока, напряжения и мощности в окончательном виде.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как определяются абсолютная погрешность прибора и абсолютная погрешность измерения?
2. Как определяется относительная погрешность однократного измерения, если известны класс точности и предел измерения прибора?
3. Что такое класс точности прибора? Какой погрешностью он определяется? Как указывается на шкале прибора?
4. Какой класс точности должен быть у образцового прибора при поверке технического прибора?
5. В какой форме записывается результат однократного измерения с оценкой точности измерения?
6. Амперметр электромагнитной системы имеет предел измерения 1 А и класс точности 1,5. При измерении стрелка установилась на отметке 0,6 А. Запишите результат измерения с оценкой погрешности.
7. Как изменяются абсолютная и относительная погрешности при измерении при различных положениях стрелки (в начале, середине и конце шкалы прибора)?
8. Почему рекомендуется выбирать прибор с таким пределом измерений, чтобы измеряемая величина находилась в последней, третьей части школы прибора?
9. Приборами какой системы можно проводить измерения на постоянном, а какими – на переменном токе?
10. Что такое шунт? Изобразите схему его включения с измерительным прибором.
11. Изобразите схему включения в цепь ваттметра.
12. Какие средства расширения для амперметров и вольтметров применяются на постоянном, а какие – на переменном токе?
13. Каковы недостатки квадратичной шкалы?
14. Какую мощность измеряет ваттметр, шкала которого имеет 75 делений, а стрелка показывает 50 делений, если переключатель тока стоит в положении 3 А, а переключатель напряжения – в положении 50 В?
15. В чем преимущество цифровых электронных приборов перед электромеханическими приборами ?

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов, В. В. Электротехника : учебное пособие / В. В. Богданов, О. Б. Давыденко, Н. П. Савин, А. В. Сапсалев. - Новосибирск : НГТУ, 2019. - 148 с. - ISBN 978-5-7782-3954-8. - Текст : электронный

// ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778239548.html (дата обращения: 15.09.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Ермуратский, П. В. Электротехника и электроника / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. - Москва : ДМК Пресс, 2013. - 416 с. - ISBN 978-5-94074-894-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940748946.html (дата обращения: 15.09.2023). - Режим доступа : по подписке.
3. Клепча, В. Ф. Электротехника. Лабораторный практикум : учеб. пособие / В. Ф. Клепча- 3-е изд. , стер. - Минск : РИПО, 2019. - 179 с. - ISBN 978-985-503-867-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789855038673.html (дата обращения: 15.09.2023). - Режим доступа : по подписке.
4. Марченко, А. Л. Электротехника : учебное пособие / А. Л. Марченко. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 236 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-017056-5. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1587594 (дата обращения: 15.09.2023). – Режим доступа: по подписке.
5. Электротехника. В примерах и задачах : учебное пособие / Е. И. Алгазин, В. В. Богданов, А. В. Сапсалев [и др.] ; под общ. ред. Е. И. Алгазина. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 128 с. - ISBN 978-5-7782-4287-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1869119 (дата обращения: 15.09.2023). – Режим доступа: по подписке.
6. Гальперин, М. В. Электротехника и электроника : учебник / М.В. Гальперин. — 2-е изд. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 480 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-779-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/2030904 (дата обращения: 15.09.2023). – Режим доступа: по подписке.
7. Маркелов, С. Н. Электротехника и электроника : учебное пособие / С. Н. Маркелов, Б. Я. Сазанов. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 267 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014451-1. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/982772 (дата обращения: 18.09.2023). – Режим доступа: по подписке.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Условные обозначения,
наносимые на электроизмерительные приборы
ГОСТ 23217-78

Таблица 1

Некоторые единицы измерения

Наименование	Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение
Ампер	A	Миллиампер	мA
Вольт	V	Микроампер	μA
Ом	Ω	Киловатт	кW
Ватт	W	Мегаом	MΩ
Герц	Hz	Киловар	kvar
Коэффициент мощности	cosφ		

Таблица 2

Обозначение рода тока

Наименование	Обозначение
Постоянный ток	—
Переменный ток	~
Постоянный и переменный ток	≂
Трехфазный ток	≋

Таблица 3

Обозначение принципа действия прибора

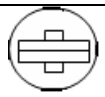
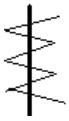
Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Магнитоэлектрический прибор		Ферродинамический прибор	
Электромагнитный прибор		Индукционный прибор	
Электродинамический прибор		Электростатический прибор	

Таблица 4

Обозначение класса точности, положения прибора,
электрической прочности изоляции

Наименование	Обозначение
Класс точности при нормировании погрешности в процентах от диапазона измерения, например, 1,5	1,5

Класс точности при нормировании погрешности в процентах от длины шкалы, например, 1,5	1,5
Горизонтальное положение шкалы	
Вертикальное положение шкалы	⊥
Наклонное положение шкалы под углом к горизонту, например ,60°	60
Измерительная цепь изолирована от корпуса, и испытана напряжением, например, 2 кВ	2
Внимание! Смотри дополнительные указания в паспорте и инструкции по эксплуатации	!

Методические указания составил _____/А.С. Мостовой/