

В. М. ПРОШИН

ЛАБОРАТОРНО- ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

*Рекомендовано
федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебного пособия для использования в учебном процессе
образовательных учреждений, реализующих программы
начального профессионального образования*

Регистрационный номер рецензии 503 от 2 июля 2009 г. ФГУ «ФИРО»

7-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2013

УДК 621.3/075.32

ББК 31.2я722

П847

Рецензенты:

преподаватель высшей категории ГОУ СПО «Политехнический колледж № 13»
г. Москвы *Г. И. Никольская*;
зам. директора КАиР № 27, преподаватель специальных дисциплин
В. П. Петров

Прошин В. М.

П847 Лабораторно-практические работы по электротехнике : учеб.
пособие для учреждений нач. проф. образования / В. М. Прошин. — 7-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия»,
2013. — 208 с.

ISBN 978-5-4468-0023-0

Учебное пособие является частью учебно-методического комплекта по дисциплинам общепрофессионального цикла для профессий технического профиля.

Представляет собой руководство по проведению лабораторных работ и практических занятий по курсу «Электротехника». Приведено описание 20 лабораторно-практических работ, охватывающих основные разделы общей электротехники. Даны краткие теоретические сведения по теме каждой из работ.

Учебное пособие может быть использовано при изучении общепрофессиональной дисциплины «Электротехника» в соответствии с ФГОС НПО.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 621.3/075.32

ББК 31.2я722

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Прошин В. М., 2004

© Прошин В. М., 2013, с изменениями

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2013

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2013

ISBN 978-5-4468-0023-0

Данное учебное пособие является частью учебно-методического комплекта по дисциплинам общепрофессионального цикла для профессий технического профиля.

Учебник предназначен для изучения общепрофессиональной дисциплины «Электротехника».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта начального профессионального образования с учетом его профиля.

Настоящее пособие составлено в соответствии с учебной программой по курсу «Электротехника» с перечнем лабораторно-практических работ. Оно может быть использовано учащимися всех видов обучения электротехнических и неэлектротехнических специальностей II, III и IV ступеней квалификации (указаны в скобках после порядкового номера лабораторно-практической работы).

Тематика и содержание лабораторно-практических работ согласованы с учебниками и учебными пособиями, указанными в списке литературы.

В пособии приведено описание 20 лабораторно-практических работ, охватывающих основные разделы общей электротехники: линейные электрические цепи постоянного и переменного однофазного и трехфазного токов; нелинейные электрические цепи постоянного тока; магнитные цепи постоянного и переменного токов; электрические измерения; основы промышленной электроники; электрические машины постоянного и переменного токов. Такой объем лабораторно-практических работ рассчитан на оптимальное число учебных часов (100), в том числе отводимых на изучение тем, приведенных в дополнительных разделах указанного отраслевого стандарта. Количество работ и их деление по ступеням квалификации являются рекомендуемыми и могут варьироваться преподавателем по согласованию с учебной частью в зависимости от числа учебных часов, учебной программы и подготовленности учащихся.

Описание каждой работы включает в себя: указание цели работы, порядка ее выполнения и оформления, формы протоколов испытаний и отчетов, краткие теоретические сведения и контрольные вопросы.

Пособие рассчитано на выполнение экспериментальных исследований в лаборатории по всем темам при наличии соответствующего оборудования, а также на проведение практических занятий с учащимися по отдельным темам при отсутствии необходимого оборудования.

Оптимальным является проведение лабораторных работ на универсальных электротехнических стендах, специально предназначенных для учреждений начального и среднего профессионального образования и получивших одобрение комиссии специалистов, созданной Учебно-методическим центром Департамента образования г. Москвы. Экспериментальная лаборатория, укомплектованная такими стендами, создана и включена в учебный процесс в ГОУ СПО Политехнического колледжа № 60 г. Зеленограда

Пособие может быть использовано и при наличии в учебных заведениях нестандартного оборудования, в том числе указанного в подразделе «Объект и средства испытаний» для каждой работы.

Лабораторно-практические работы предназначены для углубления и закрепления теоретических знаний, а также приобретения навыков по сборке и наладке электрических схем, измерений в электрических цепях, проведения испытаний электротехнических установок, расчета и анализа электрических цепей, оформления результатов испытаний и расчетов.

Предлагаемые лабораторно-практические работы являются двухчасовыми и рассчитаны на выполнение подгруппой из 13—15 учащихся в специально оборудованной лаборатории. Целесообразно с точки зрения техники безопасности за каждым стендом закрепить двух учащихся. В этом случае в лаборатории достаточно иметь семь-восемь универсальных стендов.

Для активизации познавательной деятельности учащихся в процессе выполнения лабораторно-практических работ должны широко использоваться демонстрационные макеты, модели, плакаты, планшеты с реальными электротехническими элементами и устройствами: резисторами, конденсаторами, катушками индуктивности и трансформаторами, диодами, транзисторами, микросхемами, переключателями и кнопками, индикаторами, проводами и кабелями, электродвигателями и генераторами, электроизмерительными приборами.

На первом занятии в лаборатории перед выполнением работы № 1 учащиеся должны быть закреплены за определенными стендами. Им необходимо ознакомиться с правилами техники безопасности, а также общими правилами поведения в лаборатории и оформления лабораторных работ, конструктивной и электрической схемой стенда, осуществить пробное включение стенда.

Для выполнения и оформления лабораторно-практических работ каждый учащийся должен иметь рабочую тетрадь, в которой оформляются протоколы испытаний и отчеты по всем работам, линейку, ластик, карандаш и калькулятор.

Форма протокола испытаний и отчета приведена в описании каждой работы. Наличие у каждого учащегося рабочей тетради «Лабораторно-практические работы по электротехнике» с уже

готовыми формами протоколов испытаний и отчетов о каждой работе обязательно.

Правила выполнения лабораторно-практических работ. Лабораторно-практические работы выполняются учащимися по графику в соответствии с учебным расписанием занятий.

Учащийся, не выполнивший лабораторно-практическую работу, должен в двухнедельный срок с разрешения преподавателя и по согласованию с учебной частью выполнить ее в дни консультаций.

К выполнению работ допускаются учащиеся:

прошедшие инструктаж по технике безопасности;

имеющие в тетради протоколы испытаний к очередной работе, выполненные в соответствии с настоящим пособием;

ознакомившиеся с целью и порядком выполнения работы, а также с электрической схемой, которая будет применяться;

изучившие теоретический материал, относящийся к выполняемой работе, по рекомендуемым учебным пособиям, конспекту лекций и разд. IV настоящего пособия.

Подготовленность учащихся к выполнению лабораторно-практических работ проверяется преподавателем индивидуально. Учащийся, получивший неудовлетворительную оценку, к выполнению работы не допускается.

Подача напряжения на лабораторный стенд без проверки и разрешения преподавателя или лаборанта **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩЕНА!**

В случае порчи приборов и оборудования по вине учащихся последние несут материальную ответственность.

По окончании работы электрическая цепь должна быть разобрана, стенд обесточен, провода и приборы убраны на место.

Результаты лабораторно-практической работы заносятся в протокол испытаний и таблицы карандашом и представляются преподавателю для проверки. При неправильных результатах лабораторно-практическая работа должна быть переделана.

По результатам работы каждый учащийся оформляет отчет согласно настоящему пособию. Отчет оформляется в рабочей тетради «Лабораторно-практические работы по электротехнике» аккуратно в полном соответствии с требованиями к оформлению с применением чертежных инструментов. На графиках и векторных диаграммах должны быть нанесены масштабы измеряемых величин и соответствующие обозначения.

Допускается на усмотрение преподавателя оформление одного протокола испытаний и отчета бригадой из двух учащихся. Мини-

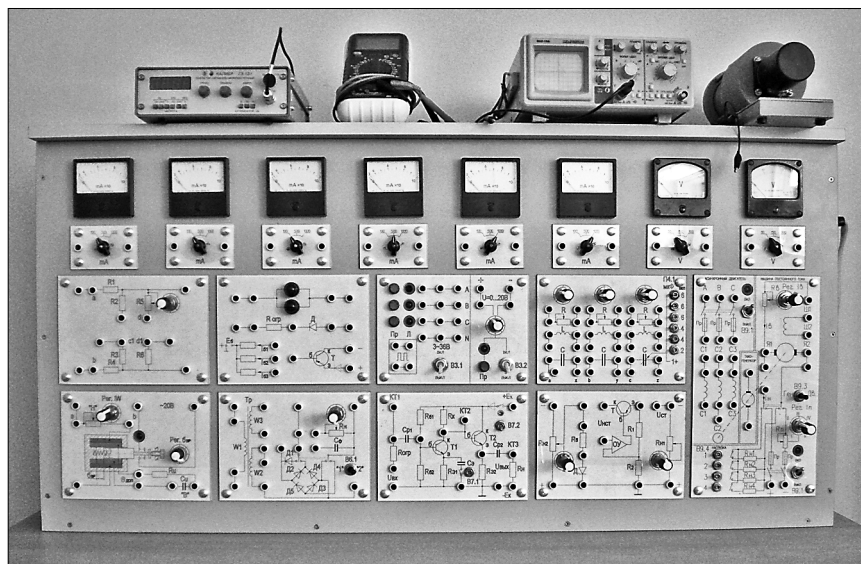


Рис. В.1. Общий вид настольной стендовой панели

мум знаний, необходимых для защиты лабораторно-практической работы, отражают контрольные вопросы в конце работы.

Описание лабораторного стенда. Предлагаемый для оснащения лабораторий универсальный электротехнический стенд предназначен для выполнения работ по темам: электрические и магнитные цепи, основы промышленной электроники, электрические машины.

Главной его частью является настольная панель (рис. В.1), на которой непосредственно размещается вся элементная база для сборки электрических и магнитных цепей, проведения электрических измерений, испытания электронных устройств и управления электрическими машинами.

Сами электрические машины — асинхронный электродвигатель и машина постоянного тока, которая может работать в режиме генератора или двигателя, — размещаются соосно на общей платформе и соединяются с цепями управления специальным кабелем с разъемами.

В верхней части панели размещены измерительные щитовые многопредельные приборы типа Ц4200 — шесть миллиамперметров с пределами измерений 100 ... 500 ... 1000 мА и два вольтметра с пределами измерений 30 ... 150 ... 300 В. Приборы включены в диа-

гональ выпрямительного моста и могут использоваться для измерения как постоянного, так и переменного токов.

В средней и нижней частях панели смонтированы электрические цепи и отдельные элементы, позволяющие выполнить до 20 лабораторно-практических работ по II, III, IV ступеням квалификации (указаны в скобках как рекомендуемые), в том числе предусмотренных в дополнительной части ОСТ 9ПО 03.01—96 (в скобках после номера ступени добавлено «доп»).

В комплект стенда входят переносные приборы: мультиметр — 1 шт.; ваттметр — 2 шт.; электронный милливольтметр — 1 шт.; электронный генератор — 1 шт.; электронный осциллограф — 1 шт.

Питание стенда осуществляется от трехфазного источника напряжением $U = (36 \pm 3,6)$ В. На стенде предусмотрены розетки с переменным напряжением 220 В, 50 Гц для подключения электронных приборов.

Роль источника постоянного регулируемого напряжения 0...20 В выполняет выпрямитель, включенный в состав стенда.

Питание полупроводниковых устройств осуществляется от источника постоянного напряжения 5 В, также входящего в состав стенда.

Максимальная мощность, потребляемая стендом при работе, не превышает 200 Вт.

Правила сборки электрических схем. Перед сборкой электрической цепи (ЭЦ) необходимо определить все элементы, которые должны входить в нее в соответствии с принципиальной схемой: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, измерительные приборы, выключатели и переключатели, регулируемые элементы, источники питания и др. Переключатели пределов измерений приборов должны быть установлены в положения, указанные в описании лабораторной работы. Особое внимание следует обратить на универсальный прибор — мультиметр, в котором наряду с переключателем пределов измерений имеется переключатель рода работы с положениями: «R», «=U», «~U», «=I», «~I». Требуемое положение также указывается в описании лабораторной работы.

При сборке ЭЦ необходимо придерживаться следующих правил:

начинать сборку от зажимов источника питания;

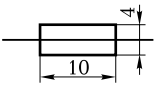
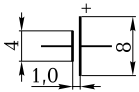
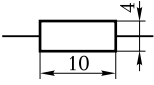
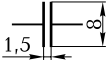

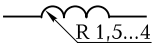

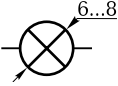
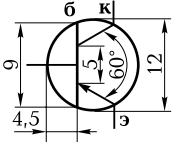
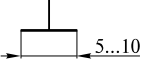
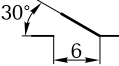

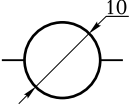

в первую очередь собирать главную цепь, состоящую из последовательно соединенных элементов: резисторов, индуктивных катушек, амперметров, токовых катушек ваттметров и т.д.;

во вторую очередь подключать параллельно подсоединяемые элементы, в том числе вольтметры, катушки напряжения ваттметров, осциллограф и др.

Разборку ЭЦ следует начинать от источника питания, предварительно отключив напряжение питания.

Правила оформления графической части к отчету по лабораторно-практическим работам. Все схемы, графики, таблицы, диаграммы должны быть выполнены карандашом с применением

Таблица В.1. Условные изображения наиболее часто применяемых элементов электрической цепи

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Предохранитель плавкий		Гальванический элемент	
Резистор		Конденсатор	
Диод полупроводниковый		Катушка индуктивности	
Стабилитрон		Лампа	
Транзистор		Корпус	
Выключатель		Соединение разъемное	
Прибор измерительный		Соединение неразъемное	

чертежных инструментов: линейки, циркуля, лекала, соответствующих трафаретов.

Элементы схем должны выполняться в соответствии с ЕСКД (табл. В.1).

Масштаб на графиках, за исключением особо оговоренных случаев, должен быть равномерным. Не следует на осях указывать цифры, полученные при измерениях или взятые из таблиц.

Для изображения нескольких зависимостей на графике строят несколько вертикальных осей (каждую со своим масштабом). Кривые на графике в этом случае выделяются соответствующим цветом или способом нанесения точек (**, +, ... и т.д.). Рядом с каждой кривой наносят в удобном месте обозначение зависимости (рис. В.2).

Кривая на графике должна быть плавной. Ее надо проводить так, чтобы полученные в результате испытаний точки отстояли от нее приблизительно на одинаковом расстоянии. Точки, далеко отстоящие от кривой, являются следствием промаха наблюдателя. Их отмечают на графике особо, например, обводят кружком (см. рис. В.2).

Содержание отчета. Отчет по лабораторной работе составляется каждым учащимся или бригадой по данным протокола испытаний и оформляется в рабочей тетради «Лабораторно-практические работы по электротехнике».

Отчет должен содержать:

протокол испытаний, утвержденный преподавателем;

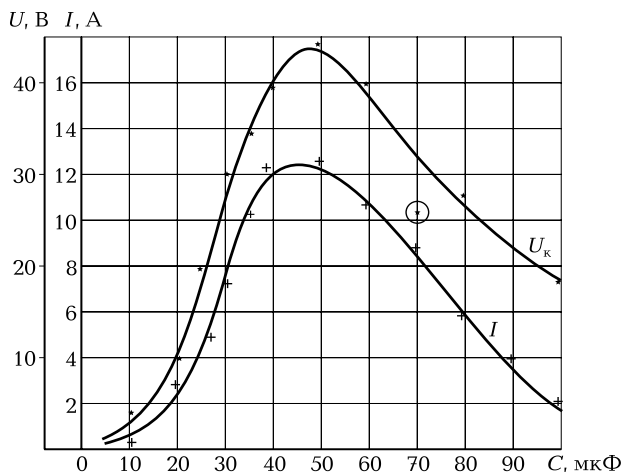


Рис. В.2. Пример оформления графика

вычисления и графические построения, предусмотренные подразделом «Требования к расчетно-графической части отчета».

Техника безопасности при выполнении работ. Лаборатория электротехники относится к помещениям повышенной опасности, так как в ней присутствуют электротехническая аппаратура и электрические машины, питаемые от источников электрической энергии.

Основное рабочее напряжение, с которым имеют дело учащиеся, 36 В. Оно является безопасным для человека, поскольку при минимальном сопротивлении тела человека 800 Ом максимально возможный ток при таком напряжении не превышает предельно опасной величины — 50 мА. Однако напряжение 220 В, которое используется для работы электронных измерительных приборов и, при необходимости, может быть использовано для питания электрических машин, является опасным для человека. Поэтому работа в лаборатории требует от учащихся соблюдения правил поведения и техники безопасности.

Работать разрешается строго за своим рабочим местом, перемещения в лаборатории должны быть максимально ограничены.

Ни в коем случае не следует касаться руками неизолированных соединительных проводов и контактов в цепи, находящейся под напряжением. Любое изменение в схеме, пересоединение проводов должны выполняться при обесточенной ЭЦ. Все переключения и изменения должны быть проверены преподавателем.

С особым вниманием и осторожностью необходимо относиться к работам с электрическими машинами, имеющими вращающиеся части. Запрещается тормозить вал машины рукой с целью ускорения его остановки.

Опасность представляют также ЭЦ, содержащие индуктивные катушки с большим числом витков. При их размыкании на концах катушки может индуцироваться значительная ЭДС.

Перед проведением лабораторных работ учащиеся обязаны ознакомиться с действующими в учебном заведении инструкциями по охране труда при эксплуатации электроустановок до 1000 В, пожарной безопасности, охране труда при проведении работ в кабинете электротехники и расписаться в соответствующем журнале.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ

Лабораторно-практическая работа № 1 (II, III, IV)

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ОСНОВНЫМИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ И МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Цель работы

1.1. Получить предварительные представления об электромеханических измерительных приборах — *амперметре, вольтметре, ваттметре и омметре.*

1.2. Изучить следующие основные характеристики измерительных приборов: *цена деления, номинальная величина, погрешности измерения.*

1.3. Изучить методы измерений *тока, напряжения, мощности и сопротивления* с помощью электроизмерительных приборов.

2. Объект и средства испытаний

Объектом испытаний служат электромеханические измерительные приборы и элементы электрической цепи (ЭЦ), смонтированные на плате № 1 стендовой панели (общий вид каждой из плат дан в приложении). В качестве резисторов используются подстроечные резисторы ПЭВР-10 с номинальным сопротивлением 100 Ом.

В качестве измерительных приборов применяются щитовые (миллиамперметр и вольтметр постоянного тока) и переносные (ваттметр и омметр) приборы.

3. Задание к лабораторной работе

3.1. Ознакомиться с порядком выполнения лабораторной работы № 1, краткими теоретическими сведениями по данной теме (см. разд. IV). Подготовить в рабочей тетради протокол испытаний.

3.2. Собрать ЭЦ в соответствии с рис. 1.1. В качестве нагрузки использовать резистор R_1 платы № 1 (см. рис. П.1 приложения) стендовой панели. Подключить ЭЦ к регулируемому источнику постоянного напряжения $U = 0 \dots 20$ В (см. рис. П.3 приложения).

3.3. После проверки схемы преподавателем подать напряжение в ЭЦ. При этом должна загореться соответствующая сигнальная лампа, показанная на рис. П.3.

3.4. Установить на выходе источника питания напряжение $U = 5$ В и снять показания амперметра (I) и ваттметра (P). Измерить напряжение на нагрузке U_n . Данные измерений занести в табл. 1.1. Повторить измерения при напряжении питания 10 и 15 В. Данные измерений занести в табл. 1.1.

3.5. Отключить питание ЭЦ.

3.6. Измерить сопротивление резистора нагрузки R_n с помощью мультиметра в режиме «Омметр» в диапазоне 200 Ом и результаты занести в табл. 1.1.

3.7. Заполнить табл. 1.2, занеся в нее основные характеристики используемых измерительных приборов (класс точности омметра — 1).

3.8. После согласования протокола испытаний с преподавателем разобрать ЭЦ, проводники и приборы сдать лаборанту, рабочее место привести в порядок.

4. Протокол испытаний и отчет о работе № 1

Ознакомление с основными электромеханическими измерительными приборами и методами электрических измерений

4.1. Цель работы _____

4.2. Формулы и предварительные расчеты

Закон Ома для участка цепи:

Формула для определения мощности:

4.3. Схема электрической цепи и таблицы

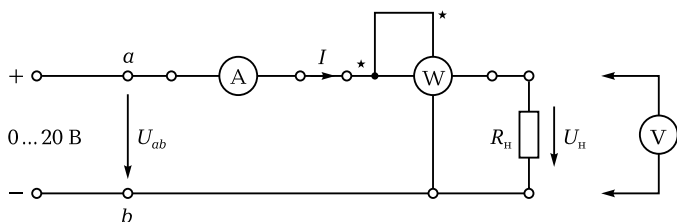


Рис. 1.1. Схема ЭЦ для проверки основных параметров электроизмерительных приборов

Таблица 1.1

$U, \text{В}$	Измеренные значения				Вычисленные значения	
	$U_{\text{н}}, \text{В}$	$I, \text{мА}$	$P, \text{Вт}$	$R_{\text{н}}, \text{Ом}$	$P, \text{Вт}$	$R_{\text{н}}, \text{Ом}$
5						
10						
15						

Таблица 1.2

Прибор	Тип	Система	Род тока	Класс точности	Цена деления	Номинальная величина

Группа _____ Учащийся _____ Дата _____

Преподаватель _____

4.4. Расчетно-графическая часть

Формулы, используемые для обработки экспериментальных данных, занесенных в табл. 1.3,

Таблица 1.3

$$\Delta A = \gamma_{\text{пр}} A_{\text{ном}} / 100; \quad \gamma = 100 \Delta A / A_{\Delta}$$

Параметр		Амперметр	Вольтметр	Ваттметр	Омметр
Класс точности					
ΔA					
γ , %, при напряжении U_{ab} , В	5				
	10				
	15				

4.5. Краткие выводы

Учащийся _____ Преподаватель _____

5. Требования к расчетно-графической части отчета

5.1. В соответствии с данными табл. 1.1 вычислить значения сопротивления и мощности нагрузки при различных значениях напряжения питания U , данные занести в табл. 1.1 (два последних столбца).

5.2. Зная класс точности измерительных приборов, вычислить абсолютную погрешность измерения ΔA и относительную погрешность γ для трех значений напряжения питания. Результаты вычислений занести в табл. 1.3.

5.3. Сделать краткие выводы по результатам испытаний.