

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Строительно-политехнический колледж

**МДК.04.01 Производство работ по
неразрушающему контролю, контролю качества
продукции и технологического процесса**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ на тему: «Измерение электрических величин аналоговыми электромеханическими измерительными приборами» для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 658.56(07)

ББК И 374

Составитель А. В. Иванова

Производство работ по неразрушающему контролю, контролю качества продукции и технологического процесса: методические указания к выполнению практических работ для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: М. С. Веденева. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 19 с.

Методические указания содержат теоретический материал, необходимый для выполнения практических работ по дисциплине «Производство работ по неразрушающему контролю, контролю качества продукции и технологического процесса». Разработано на основе требований ФГОС СПО с опорой на научные принципы формирования содержания образования.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ПР_ПРрНКККПиТП_6.

УДК 658.56(07)

ББК И 374

Рецензент – И. В. Поцбнева, канд. техн. наук, доц. кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве Воронежского государственного технического университета

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Содержание

Предисловие.....	4
Практическое занятие «Измерение электрических величин аналоговыми электромеханическими измерительными приборами».....	5
1 Теоретическая часть.....	5
2 Задание для практической работы.....	12
3 Контрольные вопросы.....	13
4 Задание для самостоятельной работы.....	14
Список использованной литературы.....	15

Предисловие

Целью выполнения практической работы является ознакомление с физическими принципами измерения; получить навыки измерения электрических величин различными методами; освоить работу аналоговых измерительных приборов.

В рамках самостоятельной работы обучающимся необходимо ознакомиться с теоретическим материалом по данной теме, представленному в настоящих методических указаниях, конспекте лекций, а также изучить дополнительный материал, представленный в списке рекомендуемой литературы по дисциплине.

Практическое занятие «Измерение электрических величин аналоговыми электромеханическими измерительными приборами»

1 Теоретическая часть

Классификация и технические характеристики электроизмерительных приборов

Устройства, предназначенные для измерения электрических величин, называются электроизмерительными приборами. Основными величинами, характеризующими физические процессы, протекающие в электрических цепях, являются: сила тока (обозначается – I), разность потенциалов между двумя точками электрической цепи или электрическое напряжение (U) и электрическое сопротивление (R). Они связаны между собой законом Ома:

$$I = U / R \quad (1)$$

К электроизмерительным приборам относятся приборы для измерения силы тока (амперметры), напряжения (вольтметры), сопротивления (омметры), мощности (ваттметры) и так далее в цепях постоянного и переменного токов.

Сила тока численно равна заряду, протекающему через поперечное сечение проводника в единицу времени, и измеряется в амперах ($1\text{А}=1\text{Кл}/1\text{с}$) или в производных единицах – миллиамперах (10^{-3}А), обозначаемых как мА или mA, микроамперах (10^{-6}А), обозначаемых как мкА или $\mu\text{А}$ и др. Приборы для измерения силы тока называются амперметрами (милли-, микроамперметры и т.д.).

Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками цепи численно равна работе по перемещению между этими точками единичного положительного заряда ($q=+1\text{Кл}$) и измеряется в вольтах ($1\text{В}=1\text{Дж}/1\text{Кл}$). Соответствующие измерительные приборы называются вольтметрами (кило-, милливольтметрами и т.д.).

Электрическое сопротивление участка цепи (по закону Ома) равно отношению разности потенциалов на его концах к силе тока, протекающего по этому участку, и измеряется в Омах ($1\text{Ом}=1\text{В}/1\text{А}$). Приборы, предназначенные для измерения сопротивления, называются омметрами (милли-, мегомметрами и т.д.).

Приборы для измерения этих трех электрических величин, называют авометрами (ампервольтметрами). Они часто служат для проверки электрических схем и элементов цепи. Поэтому их еще называют тестерами. Современные электронные цифровые приборы с расширенным перечнем измеряемых величин (например, добавлена возможность измерять емкость, индуктивность, частоту, параметры транзисторов и диодов) называют мультиметрами.

Измерительные приборы имеют клеммы (зажимы) или «гнезда», к которым присоединяются концы проводов, предназначенных для подключения прибора к электрической цепи. Вторые концы этих проводов часто заканчиваются металлическими наконечниками щупами или раздвижными зажимами типа «крокодил». Соединительные провода, а также щупы и наконечники обязательно должны быть с внешней изоляцией, чтобы обеспечить безопасность пользователя при проведении электрических измерений.

На панелях электроизмерительных приборов указываются технические характеристики:

- единицы измеряемых величин (таблица 1);
- система прибора (таблица 2);
- наличие защиты измерительной цепи от магнитных или электрических полей и вид преобразователя (таблица 3);
- рабочее положение прибора и испытательное напряжение изоляции измерительной цепи по отношению к корпусу (таблица 4);
- род тока и число фаз (таблица 5);
- класс точности прибора;
- устойчивость к климатическим воздействиям.

Также могут быть указаны: внутреннее сопротивление измерительного механизма; ток, отклоняющий стрелку на всю шкалу прибора; падение напряжения на внутреннем сопротивлении; год изготовления и заводской номер.

Таблица 1 – Единицы измеряемых величин

Единицы физических величин			Приставки и множители			
наименование	обозначение		приставка	множитель	обозначение	
	рус.	международ.			рус.	международ.
ампер	A	A	иотта	10^{24}	И	Y
вольт	B	V	зетта	10^{21}	З	Z

Продолжение таблицы 1

Единицы физических величин			Приставки и множители			
наименование	обозначение		приставка	множитель	обозначение	
ом	Ом	Ω	экса	10^{18}	Э	E
фарад	Ф	F	пета	10^{15}	П	P
генри	Гн	H	тера	10^{12}	Т	T
ватт	Вт	W	гига	10^9	Г	G
вар	вар	var	мега	10^6	М	M
коэффициент мощности		$\cos\Phi$	кило	10^3	к	k
коэффициент реактивной мощности		$\sin\Phi$	гекто	10^2	г	h
герц	Гц	Hz	дека	10^1	да	da
тесла	Тл	T	деци	10^{-1}	д	d
сименс	См	S	санتي	10^{-2}	с	s
децибел	дБ	dB	милли	10^{-3}	м	m
вебер	Вб	Wb	микро	10^{-6}	мк	μ
			нано	10^{-9}	н	n
			пико	10^{-12}	п	p
			фемто	10^{-15}	ф	f
			атто	10^{-18}	а	a
			zepto	10^{-21}	з	z
			yocto	10^{-24}	и	y

Таблица 2 – Условные обозначения систем приборов

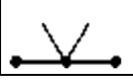
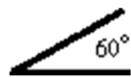
Система прибора	Обозначение	Система прибора	Обозначение
Магнитоэлектрическая подвижной рамкой		Магнитоэлектрическая подвижным магнитом	
Электромагнитная		Электродинамическая	
Ферродинамическая		Электростатическая	
Вибрационная		Термопара (термопреобразователь) изолированная	
Биметаллическая		Термопара (термопреобразователь) неизолированная	

Таблица 3 – Обозначения, характеризующие вид преобразователя и наличие защиты измерительной цепи

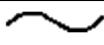
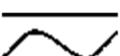
Наименование	Обозначение
Выпрямитель	
Электронное устройство – преобразователь в измерительной цепи	
Магнитный экран	
Электрический экран	

Таблица 4 – Обозначения, характеризующие рабочее положение приборов и прочность изоляции по отношению к корпусу

Наименование	Обозначение
Вертикальное положение	
Горизонтальное положение	
Наклонное положение (например, 60°) относительно горизонтальной плоскости	
Изоляция измерительной цепи от корпуса испытана под напряжением 2 кВ	
Изоляция измерительной цепи от корпуса испытана под напряжением 500 В	
Прибор испытанию прочности изоляции не подлежит	
Осторожно! Прочность изоляции измерительной цепи не соответствует нормам!	
Внимание! Смотри дополнительные указания в паспорте прибора	

По устойчивости к климатическим воздействиям электроизмерительные приборы делятся на группы А, Б, В. Приборы группы А предназначены для работы в сухих, отапливаемых помещениях; Б – в неотапливаемых помещениях; В – для работы в полевых или морских условиях.

Таблица 5 – Род тока

Род тока	Обозначение
Постоянный	 или 
Переменный	
Постоянный и переменный	
Трёхфазный переменный	

Кроме того, в таблице 5. соответствии с ГОСТ Род тока, измеряемого прибором электроизмерительные приборы, классифицируются также:

- по положению нулевой отметки на шкале: (с односторонней шкалой, двусторонней симметричной шкалой, двусторонней несимметричной шкалой и безнулевой шкалой);
- по количеству диапазонов измерений: однопредельные и многопредельные (с несколькими диапазонами измерений);
- по конструкции отсчётного устройства: со стрелочным, световым или вибрационным указателем; с подвижной шкалой; с пишущим устройством; с цифровой индикацией;
- по характеру шкалы: с равномерной и неравномерной шкалой (степенной, логарифмической).

Электроизмерительные приборы встречаются со стрелочным и световым указателем и цифровой индикацией, в которых применяются электронные методы измерения и представления информации без преобразования её в механическое движение.

Стрелочный указатель представляет собой перемещающуюся по шкале стрелку, жёстко скреплённую с подвижной частью прибора. При световом способе отсчёта на оси подвижной части закрепляется зеркальце, освещаемое специальным осветителем; луч света, отражённый от зеркальца, попадает на шкалу и отображается на ней в виде светового пятна с тёмной нитью посередине. Световой отсчёт позволяет существенно увеличить чувствительность прибора: во-первых, вследствие того, что угол поворота, отражённого луча вдвое больше угла поворота зеркальца; а во-вторых, потому, что длину луча можно сделать весьма большой.

На корпусе приборов, как правило, устанавливается корректор – приспособление, предназначенное для установки прибора в нулевое положение.

ние, и арретир – устройство, предназначенное для предохранения подвижной части прибора от повреждений при переноске, транспортировке и хранении.

Выбор прибора для измерений осуществляется по следующим критериям.

1) Соответствие измеряемой величины (ток, напряжение, сопротивление и т.п.) типу прибора (обычно указывается в виде надписи: «А», «V», «Ω» и т. п.).

2) Соответствие вида измеряемого тока или напряжения (переменный или постоянный) возможностям прибора (указывается значками «~» или «—», либо сочетанием латинских букв «АС» (alternative current) или «DC» (direct current), соответственно.

3) Соответствие значения измеряемой величины пределу измерения прибора, который определяется по цифрам в конце измерительной шкалы или по положению переключателей режима работы прибора. Поэтому желательно предварительно провести расчет (оценку) значения измеряемой величины.

4) Точность измерений, которая определяется, прежде всего, точностью самого прибора, что указывается в паспорте прибора или на его шкале.

Необходимо отметить, что для выполнения измерений измерительный прибор должен подключаться к измеряемой цепи, и таким образом он становится дополнительным элементом этой цепи. Как элемент цепи, измерительный прибор характеризуется собственным сопротивлением $R_{пр}$. Поэтому его подключение всегда изменяет сопротивление исследуемой цепи и, следовательно, величину протекающего в ней тока по сравнению с истинной величиной, т.е. до подключения прибора. Это приводит к ошибкам измерения, вызванным самим фактом осуществления этих измерений. Для устранения этих ошибок необходимо знать сопротивление прибора, которое указывается в паспорте прибора или на его шкале.

Измерения при помощи стрелочного прибора

Угол отклонения стрелки у большинства стрелочных приборов зависит от взаимодействия магнитных полей неподвижного и подвижного (к которому, собственно, и прикреплена стрелка) магнитов. Один из них является электромагнитом, величина магнитного поля которого зависит от силы измеряемого тока, протекающего через его обмотку. Таким образом, по принципу действия эти приборы измеряют силу тока и являются амперметрами.

Но поскольку обмотка электромагнита обладает сопротивлением, то в соответствии с законом Ома каждому положению стрелки может быть поставлено в соответствие определенное значение напряжения на концах обмотки. Поэтому эти приборы могут быть использованы и в качестве вольтметров с пределом измерения, равным

$$U_{\text{макс}} = I_{\text{макс}} \times R_{\text{пр}} \quad (2)$$

Наличие дополнительных элементов (шунты и добавочные сопротивления) позволяет изменять пределы измерений приборов.

При измерении в цепях постоянного тока важно соблюдать полярность подключения приборов, чтобы не вывести его из строя. В противном случае, стрелка будет отклоняться в обратную сторону и может сломаться. Обычно значками «-», «*» или надписью «общ» обозначают ту клемму прибора, к которой должен подключаться провод со стороны отрицательного полюса источника питания. Класс точности прибора указывается на его шкале (часто обводится кружком) в виде одного из чисел: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Это число равно относительной ошибке прибора в процентах для выбранного предела измерений. С его помощью можно определить абсолютную ошибку для любого значения отсчета.

Во многих случаях паспортная точность прибора обеспечивается лишь при правильном положении прибора в пространстве – вертикальном или горизонтальном, что указывается на шкале прибора в виде значков « \perp » или « \neg », соответственно.

При измерениях силы тока амперметр включают в электрическую цепь последовательно, то есть в разрыв одного из проводов цепи. В нашем случае это обеспечивается уже при сборке цепи. Но если необходимо выполнить измерение силы тока в реальной цепи, то следует действовать в следующей последовательности:

- выключить в измеряемой цепи источник тока;
- создать разрыв в цепи, отсоединив один из проводов цепи;
- подключить измерительный прибор в разрыв цепи;
- включить источник тока;
- провести измерения;
- вновь выключить источник тока, отключить амперметр;
- восстановить электрическую цепь.

2 Задание к практической работе

Задание 1. Изучение электроизмерительных приборов Сборка электрических цепей.

Применительно к стрелочным приборам, расположенным на столе, ответить на вопросы и заполнить таблицу 1.

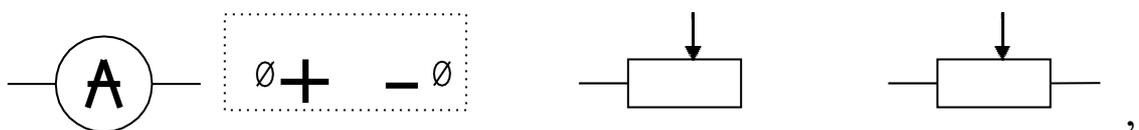
1. Является ли прибор прибором одно- или многоцелевого назначения?
2. Одно- или многопредельный прибор?
3. Каковы пределы измерения?
4. Какова цена деления? (для многопредельного – для всех пределов);
5. Какова чувствительность (см. замечание выше)?
6. Какова система прибора?
7. В каких электрических цепях можно производить измерения этим прибором?
8. Каков класс точности?

Таблица 1 – Изучение электроизмерительных приборов

			Амперметр			Вольтметр		
Одно- или многоцелевой								
Одно- или многопредельный								
Предел	Цена деления	Чувствительность						
Предел	Цена деления	Чувствительность						
Предел	Цена деления	Чувствительность						
Предел	Цена деления	Чувствительность						
Система прибора								
Для каких цепей								
Класс точности								

Задание 2. Измерение силы тока в электрической цепи, состоящей из выпрямителя и реостата.

1. Нарисуйте в тетради под руководством преподавателя электрическую схему установки, которая состоит из последовательно соединенных амперметра, источника тока и реостата, используя общепринятые условные обозначения амперметра, источника тока, реостата и потенциометра, соответственно:



2. Ознакомьтесь с предложенным Вам измерительным прибором – расположением клемм и переключателей. Надписи около них обычно соответствуют виду измеряемой величины и пределу измерений. Иногда в виде цифры со значком «×» указывается значение множителя, увеличивающего предел измерений прибора. Убедитесь, что прибор предназначен для измерений в цепях постоянного тока, о чем свидетельствует отсутствие значка «~» на шкале прибора.

3. На основе данных, полученных в предыдущих заданиях, рассчитайте по закону Ома ожидаемое значение силы тока в цепи $I_{изм}$. Установите переключателями измерительного прибора нужный предел измерений (I_{max}) такой, чтобы $I_{изм}$ был как можно ближе к I_{max} , но $I_{max} \geq I_{изм}$.

4. Обратите внимание, что для повышения точности отсчета показаний приборы снабжены зеркальной шкалой. Отсчет нужно проводить, располагая глаза так, чтобы стрелка «совпадала» с ее отражением.

5. Соберите установку по нарисованной схеме, соблюдая полярность подключения измерительного прибора. Включите источник и запишите в тетради показание прибора в делениях шкалы. Отключите источник. Запишите предел измерений прибора, определите цену одного деления для выбранного предела измерений в миллиамперах и получите результат измерения $I_{изм}$ в миллиамперах.

6. Выпишите значение класса точности прибора, вычислите абсолютную и относительную ошибки измерения $I_{изм}$ и запишите в тетради результаты вычислений и измерения $I_{изм}$.

7. Сравните результат измерений с расчетным значением силы тока.

8. Определите внутреннее сопротивление прибора. Для этого воспользуйтесь таблицей, которая помещена в нижней части его шкалы. В ней в верхней строке указаны пределы измерений прибора I_{np} , а в нижней – значения падения напряжения на приборе U_{np} для каждого предела измерений.

9. Выберите нужное Вам значение U_{np} для используемого Вами предела измерений, запишите его в тетради и рассчитайте R_{np} , используя закон Ома.

3 Контрольные вопросы для защиты практической работы

1. Опишите порядок действий при измерениях электрического напряжения.

2. Опишите порядок действий при измерениях силы тока в собранной цепи.
3. Объясните принцип измерения сопротивлений омметром.
4. Опишите порядок действий при измерениях сопротивлений в собранной цепи.
5. Как проверить исправность омметра?
6. Объясните способ проверки целостности электрических цепей при помощи омметра.
7. Что такое класс точности прибора?
8. Как рассчитать максимальную абсолютную погрешность прибора?
9. Как рассчитать максимальную относительную погрешность прибора при любом положении стрелки?
10. Почему предел измерений стрелочных приборов выбирается таким, чтобы во время измерений стрелка прибора устанавливалась как можно ближе к концу шкалы?
11. Как изменится сила тока в цепи, при подключении к ней амперметра?
12. Почему сопротивление амперметра должно быть, как можно меньше?
13. Как изменится сила тока в цепи при подключении к какому-либо ее участку вольтметра?
14. Почему сопротивление вольтметра должно быть как можно больше?

4 Задание для самостоятельной работы

Изучите ГОСТ 23217-78 Приборы электроизмерительные аналоговые с непосредственным отсчетом [2].

Список использованной литературы

1. ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 4 февраля 2003 г. №38-ст : введен взамен ГОСТ 8.417-81 : дата введения 2003-09-01 // КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

2. ГОСТ 23217-78 Приборы электроизмерительные аналоговые с непосредственным отсчетом : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 июля 1978 н. №1946 : введен впервые : дата введения 1980-01-01 // КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.