Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ ИМЕНИ ГУМАРБЕКА ДАУКЕЕВА

Колледж АУЭС

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов колледжа специальности 0901000-Электрооборудование
электрических станций и сетей

Алматы 2020

СОСТАВИТЕЛИ: Г.Ш. Оспанова. Электротехнические материалы. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов колледжа специальности 0901000 - Электрооборудование электрических станций и сетей. – Алматы: АУЭС, 2020. - 15 с.

Методические указания содержат рекомендации по оформлению и защите отчетов, в них приведены описания к лабораторным работам по курсу ЭТМ, дана методика проведения и обработки опытных данных, перечень литературы и контрольные вопросы.

Ил. 4, таблиц 3, библиограф. -11 назв.

Рецензент: канд. техн. наук, проф. М.М. Аршидинов

Печатается по плану издания колледж АУЭС на 2020 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, 2020 г.

1 Лабораторная работа №1. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь изоляционных материалов

1. Цель работы.
2. Лабораторная установка и схема электрическая соединений.
3. Перечень аппаратуры.
4. Указания по проведению эксперимента.

Цель работы: определение основных характеристик изоляционных материалов: относительной диэлектрической проницаемости (ε) и тангенса угла диэлектрических потерь ($tg\delta$). Приобретение навыков измерения параметров электрических цепей с помощью прибора Е7-22.

Лабораторная установка и электрическая схема соединений.

Для определения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь различных изоляционных материалов измеряются параметры последовательной схемы замещения конденсатора (С и R) с диэлектриком из испытываемого материала. Схема электрических соединений для измерения параметров конденсатора приведена на рисунке 1.1. Плоский конденсатор (блок 2355), между пластинами которого помещен испытываемый диэлектрик, подключается к измерителю параметров RLC Е7-22 (блок 533). Блоки питания 218 и 224.1 обеспечивают напряжение питания +12В для Е7-22.

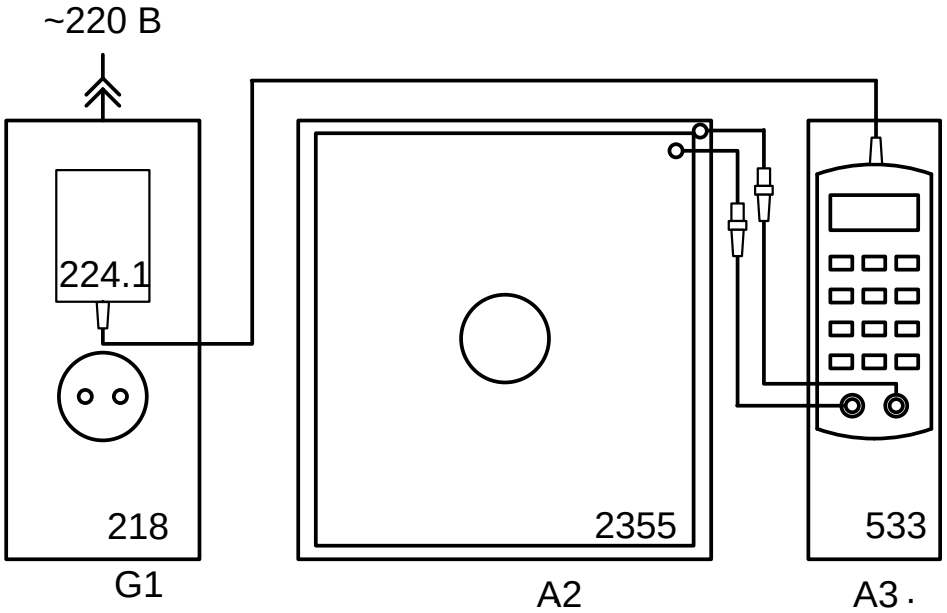


Рисунок 1.1 – Схема электрических соединений для измерения параметров конденсатора с испытываемым диэлектриком

Емкость конденсатора с испытываемым диэлектриком определяется соотношением:

$$C = \varepsilon\varepsilon_0 \frac{S}{d},$$

где $\varepsilon_0 \approx 8{,}854 \cdot 10^{-12} \frac{\hat{O}}{\grave{\imath}}$ - электрическая постоянная (диэлектрическая проницаемость вакуума);

ε - относительная диэлектрическая проницаемость испытываемого диэлектрика;

S - площадь пластин конденсатора в кв. метрах. В эксперименте учитывается площадь верхней пластины конденсатора.
Влиянием краевого эффекта пренебрегаем;

d - расстояние между пластинами конденсатора в метрах, равное толщине испытываемого диэлектрика.

Для вычисления относительной диэлектрической проницаемости испытываемого диэлектрика измеренная емкость C сравнивается с расчетной емкостью конденсатора C_0 с теми же геометрическими размерами, но без диэлектрика (среда между пластинами – вакуум с диэлектрической проницаемостью ε_0). Величина $C_0 = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$. Отношение емкостей:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S/d}{\varepsilon_0 S/d} = \varepsilon,$$

т.е. равно относительной диэлектрической проницаемости испытываемого диэлектрика.

Тангенс угла диэлектрических потерь определяется для последовательной схемы замещения конденсатора, состоящей из идеального конденсатора с емкостью C и, включенного последовательно с ним, сопротивления R. При измерении на частоте ω:

$$tg\delta = \frac{R}{1/\omega C},$$

т.е. тангенс диэлектрических потерь равен отношению активного (R) и емкостного ($1/\omega C$) сопротивлений цепи. Отсюда можно определить сопротивление R последовательной схемы замещения конденсатора:

$$R = \frac{tg\delta}{\omega C}.$$

Таблица 1.1 – Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 16 А
A3	Измеритель R-L-C	533	Измерение R, L, C при частоте 120 Гц и 1 кГц
A2	Блок конденсатора	2355	Площадь пластин 790 кв. см
	Набор образцов диэлектриков	600.20	Образцы диэлектриков размером 285•297 мм

Указания по проведению эксперимента.

1. Убедитесь, что переключатели «Сеть» блоков, используемых в эксперименте, выключены.
2. Подключите блок питания 224.1 к блоку «Измеритель R-L-C» (533) и к розетке «220 В» однофазного источника питания G1 (блок 218) в соответствии со схемой 1.1.
3. Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.
4. Включите выключатель ⏻ «Измерителя R-L-C» (533).

Выберите: вид измеряемого параметра – емкость C (кнопка «L/C/R»);

- вспомогательный измеряемый параметр – тангенс дельта D (кнопка «Q/D/R»);
- схему замещения элемента – последовательную (кнопка «ПАР/ПОСЛ», «SER» на индикаторе);
- частоту измерения – 120 Гц (кнопка «ЧАСТ»).

5. Вложите испытываемый образец диэлектрика между пластинами конденсатора и подключите конденсатор к измерителю RLC. Верхнюю пластину блока конденсатора 2355 необходимо установить примерно по центру нижней пластины с равномерным отступом от краев по всему периметру пластины.
6. На расстоянии менее 10…15 см от блока конденсаторов 2355 не должно быть посторонних и электропроводных предметов. *Недопустима подача напряжения от внешних источников на вход прибора и пластины блока конденсатора!*
7. Измерьте емкость C и $tg\delta$ (D) конденсатора 2355 с диэлектриком.
8. Вычислите емкость конденсатора без диэлектрика $C_0 = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$.

Площадь S указана на верхней пластине конденсатора 2355, а расстояние между пластинами d равно толщине диэлектрика, указанной на испытываемом образце.

9. Вычислите относительную диэлектрическую проницаемость испытываемого диэлектрика и сопротивление последовательной схемы замещения:

$$\varepsilon = \frac{\tilde{N}}{\tilde{N}_0}, \; R = \frac{tg\delta}{\omega C}.$$

10. Занесите результаты измерений в табл. 1.2 и повторите измерения для других образцов диэлектриков.

11. Выключите питание блока G1 (218).

Таблица 1.2 – Результаты измерений

Образец	C, пФ	$tg\delta$D	ε	R, Ом

Контрольные вопросы:

1) Что характеризует ε и tgδ?

2) Какой метод использован при измерении ε и tgδ у диэлектриков?

3) В каком пределе находится величина ε для технических диэлектриков?

4) Единицы измерения ε, tgδ, P.

5) Какая кривая выражает зависимость ε = f(T) для полярных диэлектриков?

6) До какого максимального напряжения можно снимать ε и tgδ?

7) Как можно рассчитать диэлектрическую проницаемость?

2 Лабораторная работа №2. Проводниковые материалы

2.1 Определение температурного коэффициента сопротивления

Цель работы: определение температурных коэффициентов сопротивления различных проводников и полупроводников, а также прямого напряжения p-n перехода кремниевого диода.

1. Цель работы
2. Лабораторная установка и схема электрическая соединений
3. Перечень аппаратуры
4. Указания по проведению эксперимента

При выполнении эксперимента определяются температурные коэффициенты:

1) Полупроводникового резистора с положительным температурным коэффициентом (PTC). Использованы резисторы KT110, KTY81 или аналогичные. Маркировка: «600.13-1; PTC».

2) Металлической пленки резисторов типа MF, С2-33Н или аналогичных. Маркировка: «600.19-1; MF».

3) Углеродной пленки резисторов типа CF, С2-14 или аналогичных. Маркировка: «600.19-2; C».

4) Полупроводникового резистора с отрицательным температурным коэффициентом (NTC). Использованы резисторы B57861S, B57891M или аналогичные. Маркировка: «600.19-3; NTC».

5) Медного провода (термопреобразователь сопротивления медный типа дТС014-50М.В3.20/0,2. Номинальное сопротивление при 0°С – 50 Ом). Маркировка: «600.19-4; Cu».

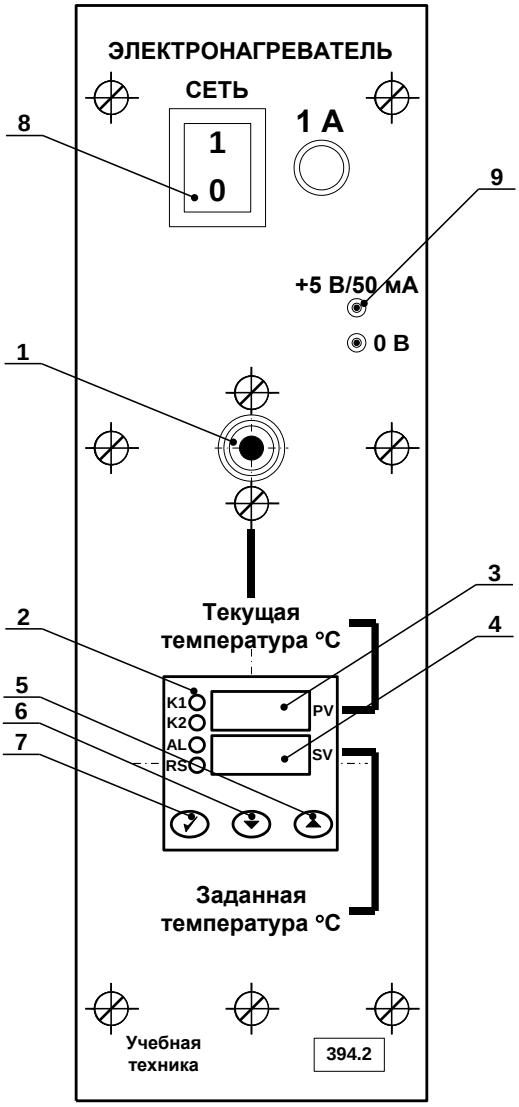
6) Прямого напряжения p-n перехода кремниевого диода при постоянном токе. Используются диоды КД522, 1N4148 или аналогичные. Маркировка: «600.19-5; диод Si».

Лабораторная установка и электрическая схема соединений.

При выполнении работы используется электронагреватель (394.2). В блок встроен нагреватель с измерителем-регулятором температуры. Испытываемый образец вставляется в отверстие на лицевой панели нагревателя и с помощью мультиметра измеряется его выходное сопротивление или напряжение.

Блок электронагревателя.

Блок электронагревателя (рисунок 2.1) используется для определения температурного коэффициента сопротивления различных материалов. Блок позволяет задать и автоматически поддерживать температуру нагревателя. В блоке установлен маломощный источник +5 В, используемый как дополнительный источник питания в некоторых экспериментах.



1 – отверстие нагревателя; 2 – измеритель-регулятор температуры; 3 – индикатор текущего значения температуры нагревателя (PV); 4 – индикатор заданного значения температуры нагревателя (SV); 5,6,7 – кнопки управления регулятором температуры; 8 – выключатель питания; 9 – гнезда источника питания +5 В.

Рисунок 2.1 – Лицевая панель блока электронагревателя (394.2)

Слева от индикаторов 3 и 4 (рисунок 2.1) на лицевой панели регулятора температуры установлены 4 светодиода:

K1 – включен при нагреве;

K2 – не используется;

AL – индикатор превышения предельных значений (не используется).

RS – индикатор режима автоматического регулирования. Должен быть включен для нормальной работы блока в режиме автоматического регулирования. При выключении автоматического регулирования (см. ниже) прибор работает только как индикатор температуры нагревателя.

Задание температуры электронагревателя.

1. Нажать одну из кнопок управления 5 или 6 регулятора температуры 2 (рисунок 2.1).

Начинает мигать индикатор заданного значения температуры нагревателя (SV, зеленый индикатор 4).

2. Для изменения заданного значения температуры повторно нажать кнопки 5 (уменьшение) или 6 (увеличение температуры). Удержание кнопки в течение некоторого времени включает режим автоматического ускоренного изменения значения. В процессе установки индикатор продолжает мигать.

3. После установки требуемого значения температуры необходимо однократно нажать кнопку 7 (рисунок 2.1). Мигание индикатора 4 прекращается. Температура задана.

При выполнении экспериментов рекомендуется начинать с низких значений температуры (на 5…10° выше комнатной) и постепенно повышать её величину до 100° С, т. к. остывание электронагревателя происходит гораздо медленнее его нагрева.

Включение (отключение) режима автоматического регулирования.

При включении питания электронагревателя режим автоматического регулирования выключен. При выполнении экспериментов целесообразно задать начальное значение температуры и, после этого, включить режим автоматического регулирования.

Переключение режима автоматического регулирования:

1) Однократно нажать кнопку 7 (рисунок 2.1) регулятора температуры. На индикаторе 3 (красный, PV) отобразиться надпись «r-S». На индикаторе 4 (зеленый, SV) текущее состояние регулятора «StoP» (СТОП) или «rUn» (РАБОТА).

2) Для изменения состояния регулятора нажать любую из кнопок 5 или 6 – индикатор 4 начнет мигать. Повторное нажатие кнопки 5 или 6 переключит режим («StoP»↔«rUn»).

3) Нажатие кнопки 7 фиксирует выбранное значение (индикатор 4 не мигает). Повторное нажатие кнопки 7 возвращает регулятор температуры в исходное состояние – на индикаторе отображаются текущее и заданное значения температуры. Светодиод RS сигнализирует о состоянии регулятора: включен – режим «rUn» (РАБОТА), выключен - «StoP» (СТОП).

Схема электрических соединений.

Схема электрических соединений при определении температурных коэффициентов сопротивления показана на рисунке 2.2.

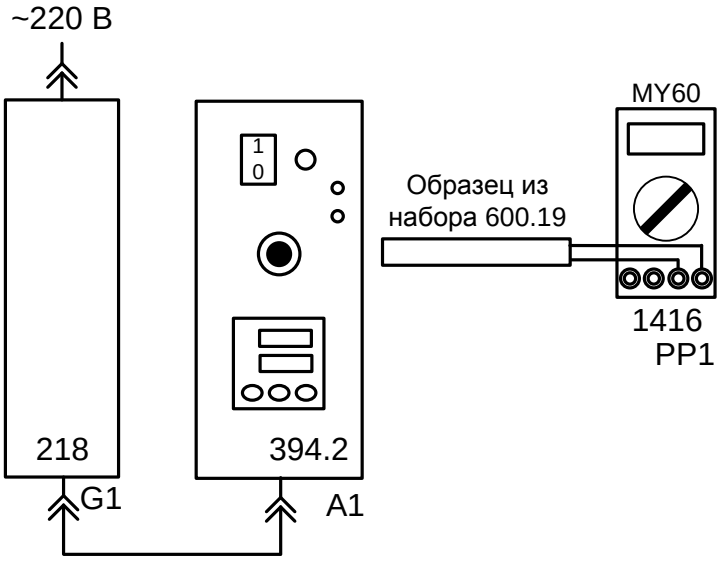


Рисунок 2.2 – Схема для определения температурного коэффициента сопротивления

Все образцы подключаются к гнездам «VΩ» и «COM» мультиметра MY60T (блок 1416) и устанавливается один из пределов измерения сопротивления, соответствующий сопротивлению образца. При подключении кремниевого диода (образец 600.19-5, диод Si) необходимо соблюдать полярность: анод (красный провод) подключается к гнезду «VΩ», а катод (черный или синий провод) – к гнезду «COM». Для определения прямого напряжения на диоде в милливольтах используется предел измерения «⯈». В этом случае через диод протекает постоянный прямой ток в диапазоне 1…1,5 мА. Точное значение тока можно измерить дополнительным мультиметром, включенным последовательно с испытываемым диодом.

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блока электронагревателя 394.2.

Таблица 2.1 – Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 16 А
A1	Электронагреватель	394.2	30…100°С, источник +5 В,
	Набор образцов резисторов	600.19	6 образцов.
PP1	Мультиметр	1416	MY60T

Указания по проведению эксперимента.

1. Проверьте схему электропитания блоков электронагревателя (394.2) и источника питания G1 (218). Убедитесь, что выключатели «СЕТЬ» этих блоков отключены.

2. Соедините блоки в соответствии с электрической схемой соединений рисунок 1.2.

3. Выберите значения температуры, при которых Вы хотите измерить сопротивления образцов. Из-за инерционности нагревателя целесообразно выбрать не более 5…7 точек в диапазоне температур до 100°С. Начальное значение – комнатная температура.

4. Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

5. Включите выключатель «СЕТЬ» блока электронагревателя (394.2).

6. При включении питания автоматический режим регулятора температуры электронагревателя выключен. Установите требуемую температуру (см. раздел «Блок электронагревателя»). Включите автоматический режим регулятора температуры. Начнется разогрев нагревателя (включены светодиоды индикаторов K1 и RS).

7. Измерьте сопротивление образцов при комнатной температуре. Для исключения нагрева образцов от рук их необходимо брать за корпус вблизи выводов.

8. После стабилизации температуры нагревателя вблизи заданного значения поочередно вставьте каждый из образцов в отверстие нагревателя до упора. Выждите 2..3 минуты для стабилизации температуры и измерьте сопротивление образца.

9. Задайте следующее значение температуры, дождитесь её стабилизации и повторите измерения сопротивления образцов. При высоких температурах образцов будьте осторожны: не касайтесь рабочей части образца, извлеченного из нагревателя.

10. По результатам измерений постройте графики зависимостей сопротивления образцов (или напряжения для диода) от температуры.

11. По завершении измерений отключите питание всех блоков.

12. По результатам испытания отберите образцы, имеющих линейную зависимость сопротивления от температуры, и вычислите их температурный коэффициент сопротивления:

$$\alpha = \frac{R(t_2) - R(t_1)}{R(t_1) \cdot t_2 - R(t_2) \cdot t_1}, \qquad (2.1)$$

где $R(t_2)$, $R(t_1)$ - сопротивление образца, соответственно при температуре t_2 и t_1;

α $\left[град^{-1}\right]$ - температурный коэффициент сопротивления образца.

Сопротивление образца при произвольной температуре t вычисляется по формуле:

$$R(t) = R(t_1) \cdot \frac{1 + \alpha \cdot t}{1 + \alpha \cdot t_1}. \qquad (2.2)$$

Примечание - при определении сопротивления только одного образца порядок выполнения эксперимента можно изменить.

1. Соберите схему.
2. Установите испытываемый образец в отверстие нагревателя.
3. Задайте температуру 100°С и включите автоматический режим регулятора температуры («rUn», режим «РАБОТА», индикатор RS включен). Дождитесь установления заданной температуры и выключите автоматический режим регулятора («StoP», режим «СТОП», индикатор RS выключен).
4. По мере снижения температуры нагревателя измерьте сопротивление образца (или напряжение для диода) при нескольких значениях температуры в диапазоне 100…30°С. Ориентировочное время остывания датчика 15…30 мин.
5. Обработайте результаты эксперимента в соответствии с приведенными выше рекомендациями.

Мультиметр.

Мультиметр предназначен для измерения напряжений, токов, сопротивлений, температуры, а также для проверки диодов и транзисторов. Его общий вид представлен на рисунке 2.3.

Для включения мультиметра необходимо нажать кнопку «ON/OFF», расположенную слева под индикатором.

В верхней части мультиметра расположено отсчетное устройство - цифровой индикатор. Ниже расположен механический переключатель режимов работы и пределов измерения приборов. Под переключателем расположены гнезда подключения проводников:

- гнездо «COM» - общее гнездо подключения прибора при любых измерениях. При измерении постоянного напряжения или тока гнездо соответствует «-» (минусу) прибора. При измерении сопротивления на гнездо «COM» подается «-» (минус) от внутреннего источника. Полярность внутренних источников необходимо учитывать, например, при проверке диодов;
- гнездо «VΩ» используется для подключения к прибору второго проводника на пределах измерения напряжения и сопротивления. При измерении постоянных напряжений и токов это гнездо соответствует «+» прибора. При измерении сопротивления это гнездо «+» внутреннего источника;
- гнездо «A» мультиметра MY60 предназначено для подключения цепи измерения тока на всех пределах измерения тока, кроме 10 А. Гнездо соответствует «+» прибора;
- гнездо «10 A» предназначено для подключения цепи измерения тока на пределе 10 А. Гнездо соответствует «+» прибора.

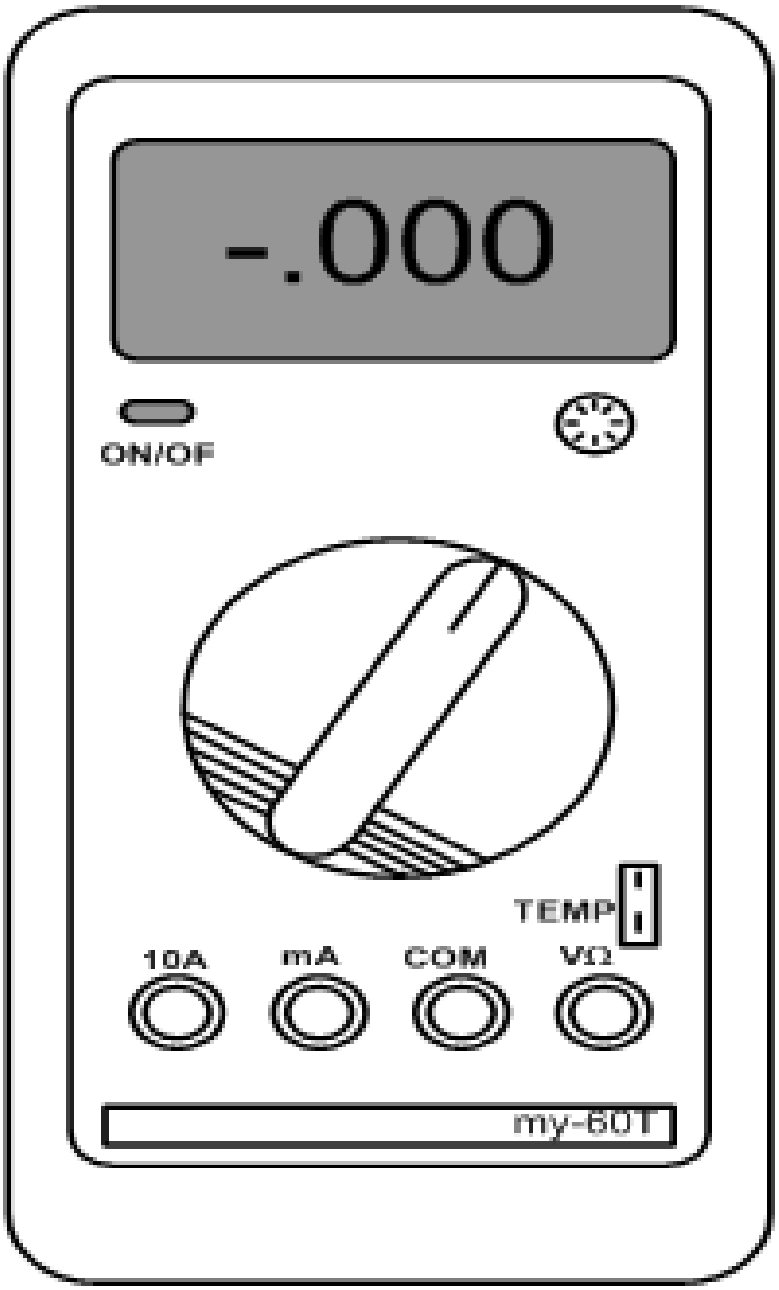


Рисунок 2.3 – Общий вид мультиметра

При измерении постоянного напряжения показания прибора положительны, если напряжение направлено от гнезда «V» (т. е. «+») к гнезду «COM» (т.е. «-»). Аналогично, ток считается положительным, если он протекает через прибор в направлении от гнезда «+» (т.е. «mA», «A» или «10A») к гнезду «-» («COM»).

Пара гнёзд TEMP предназначена для подключения термопары, входящей в комплект прибора или специального кабеля, соединения этих гнёзд с термопарой, смонтированной внутри миниблока.

Последовательность работы с мультиметром:

1) В исходном состоянии прибор отключен от измеряемой цепи.

2) Установить переключателем род измеряемой величины и требуемый предел измерения. Если величина измеряемого напряжения или тока не известна заранее, необходимо установить наибольший предел измерения соответствующей величины, исключающий выход прибора из строя при подаче питания на испытываемую цепь. Подавать напряжение (ток) на входы мультиметров, можно, только если их переключатели установлены в положения измерения напряжения или тока.

3) Подключить прибор к обесточенной испытываемой цепи. Включить источники питания мультиметра и испытываемой цепи и выполнить измерения.

4) Допускается переход на меньший предел измерения измеряемой величины: переключатель пределов переводится в соседнее с исходным положение.

Недопустимо при переключении предела, даже кратковременно, устанавливать переключатель в положения, соответствующие иным измеряемым величинам.

5) Для переключения прибора к другому участку испытываемой цепи, необходимо отключить питание цепи, изменить подключение мультиметра, установить предел измерения, и вновь подать питание на испытываемую цепь.

6) При измерении параметров элементов электрических цепей: диодов, резисторов, конденсаторов недопустимо подавать на вход прибора напряжение от внешних источников (недопустимо измерять параметры элементов в цепи, находящейся под напряжением). Конденсатор перед измерением емкости необходимо разрядить, замкнув накоротко его выводы.

Для обеспечения надёжной длительной работы мультиметра соблюдайте следующие правила:

1) Когда порядок измеряемой величины неизвестен, устанавливайте переключатель пределов измерения на наибольшую величину.

2) Недопустимо при переключении предела, даже кратковременно, устанавливать переключатель в положения, соответствующие иным измеряемым величинам.

3) Перед тем, как повернуть переключатель для смены рода работы (не для изменения предела измерения!), отключайте щупы от проверяемой цепи.

4) *Не измеряйте сопротивление в цепи, к которой подведено напряжение.*

Контрольные вопросы:

1) Какова физическая природа сопротивления?

2) Что представляет собой температурный коэффициент удельного сопротивления? Чем он отличается от температурного коэффициента сопротивления?

3) Почему с увеличением температуры удельное сопротивление металлов возрастает, а удельное сопротивление сплавов уменьшается?

4) Как выглядят графики зависимости удельного сопротивления от температуры при $ТК_ρ$ больше 0, меньше 0, равном 0?

5) Как изменяются ρ и $ТК_ρ$ сплава двух металлов?

6) Какова физическая природа термоэлектродвижущей силы?

7) Свойства меди и алюминия.

8) Явления сверхпроводимости и криопроводимости.

Список литературы

1 Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 304 с.

2 Тареев Б.М. Электрорадиоматериалы. – М.: Высшая школа, 1978. — 336 с.

3 Казарновский Д.М., Тареев Б.М. Испытание электроизоляционных материалов и изделий. – Л.: Энергия, 1980. —214 с.

4 Справочник по электротехническим материалам /Под ред. Ю.В. Корицкого. – М.: Энергия, 1988.

5 Кифер И.И. Испытания ферромагнитных материалов. – М.: ТЭИ, 1982. – 554 с.

6 Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. — М.: Высшая школа, 1986. – 386 с.

7 Бекмагамбетова К.Х. Электротехническое материаловедение: Учебное пособие. - Алматы, 2001. – 258 с.

8 Беглецов Н.Н., Красногорцев И.Л. Электротехнические материалы. Руководство по выполнению базовых экспериментов. ЭТМ.001 РБЭ (975) /Под ред. П.Н. Сенигова. – Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2009. – 65 с.

9 Амиров Ж.Х., Бекмагамбетова К.Х. Электротехническое материаловедение. – Алматы, АИЭС. 2009.

10 Ospanova G.S. Electrotechnical materials science. Study guide. – Almaty: AUPET, 2016. – 80 p.

11 Ospanova G.S. Electrotechnical materials science in examples and solutions. Study guide. – Almaty: AUPET, 2018. – 90 p.

Содержание

1 Лабораторная работа №1. Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь изоляционных материалов ……...3

2 Лабораторная работа №2. Проводниковые материалы……6

Список литературы……15

сводный план 2020 г., позиция 1

Гульжан Шаяздаровна Оспанова

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов колледжа специальности 0901000-Электрооборудование
электрических станций и сетей

Редактор: Данько Е.Т.

Подписано в печать ……
Тираж 20 экз.
Объем _1,0_ уч.-изд.л.

Формат 60х84 1/16
Бумага типографская № 1
Заказ …….. Цена __500__ тг

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева»
050013, Алматы ул. Байтурсунова 126