

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Блинов Алексей Петрович

Должность: заместитель директора по учебно-исследовательской работе

Дата подписания: 22.03.2023 05:21:45

Уникальный программный ключ:

1cafd4e102a5c5e96a15ca301730c5d

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Норильский государственный индустриальный институт» им Н.М.**  
**Федоровского**  
**Политехнический колледж**

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения для специальности**

**15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)**

Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения по дисциплине «Электротехнические измерения» для специальности 15.02.07 Автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт»

Разработчик: Колупаева Е.А. – преподаватель.

Рассмотрена на заседании цикловой комиссии: Автоматизации технологических процессов.

Председатель комиссии: Петухова А.В.

Утверждена методическим советом политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт»

Протокол заседания методического совета № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ С.П. Блинова

## Введение

Вся практическая деятельность человека тесно связана с измерениями. Не существует такой отрасли народного хозяйства и области точных наук, где бы не проводились измерения.

Исследования космоса и микромира, производство электрической энергии и проведение сложнейшей хирургической операции невозможны без использования количественной информации о свойствах объектов материального мира, т. е. о значении физических величин: механических, тепловых, электрических и др.

Эту информацию получают в результате измерений с помощью специальных технических средств, называемых средствами измерений.

С развитием техники развивались и средства измерений. Появилась отрасль техники, связанная с производством и применением средств измерений, называемая измерительной техникой. Среди различных средств измерений особое место занимают средства измерений электрических величин. Они возникли в результате развития учения об электричестве и магнетизме.

Благодаря ряду достоинств средства электроизмерительной техники (ЭИТ) получили широкое распространение. К их основным преимуществам относятся:

- универсальность, которая состоит в возможности их применения для измерения не только электрических величин, но и неэлектрических, предварительно преобразованных в электрические с помощью различного типа измерительных преобразователей;

- дистанционность, заключающаяся в возможности проводить измерения даже тогда, когда объект измерения значительно удален от места размещения средств измерений; информация от объекта при этом передается с помощью электрических сигналов по проводам или в виде электромагнитных излучений;

- простота автоматизации измерительных процессов;

- возможность измерения быстро изменяющихся величин;

- возможность обеспечения высокой чувствительности и необходимой точности средств ЭИТ и др.

Метрология как учение об измерениях в значительной степени определяет темпы технического прогресса, причем роль ее постоянно возрастает с увеличением объема и значимости измерительной информации. Огромный объем информации, получаемой в результате измерений, будет полезным только при обеспечении единства и правильности выполнения измерений независимо от места, времени и условий их проведения. Для получения достоверной и точной информации, сопоставления результатов измерений необходима современная эталонная база, воспроизводящая единицу физической

величины с большой точностью.

Одна из основных задач метрологии - обеспечение необходимой точности и достоверности измерительной информации. В народном хозяйстве применяют лишь те средства измерений, которые гарантируют их результат. Результаты измерений - знания о состоянии объекта и свойствах явлений. Чем точнее эти знания, тем правильнее вывод и принимаемые решения, тем меньше вероятность ошибок и появления дефектов.

Оценка погрешности измерения в современных условиях - задача комплексная и сложная. Некорректная оценка погрешности измерений чревата большими экономическими потерями, а иногда и техническими последствиями, неправильными выводами при научных исследованиях и испытаниях образцов новой техники.

Дальнейшие работы по метрологии предусмотрены в области электронизации средств измерений, комплексной автоматизации, ускоренного развития атомной энергетики, создания новых материалов и технологии их производства, биотехнологии, гибких программно-переналаживаемых измерительных систем для решения различных измерительных задач с широким применением вычислительной техники.

Электронизация средств измерений идет в направлении создания средств сбора данных и управления, характеризующихся высокой способностью к унификации, наличием не только измерительных, но и управляющих каналов воздействия на объект исследования, а также интегральных первичных преобразователей - специальных микросхем, предназначенных для преобразования неэлектрических величин в электрический сигнал. Первичные преобразователи совместно со схемами сбора данных и управления образуют замкнутую гибкую измерительно-управляющую систему. Особенность гибких измерительных систем — их способность к объединению в агрегатные комплексы. Средства измерения, входящие в единый измерительный комплекс, должны обладать способностью работать в линии с ЭВМ, «общаться» между собой, переналаживаться по команде на новые функции, организовываться в системы с более мощным интеллектом. Такие возможности обеспечиваются с помощью устройств сопряжения - интерфейсов. Персональные компьютеры, дополненные аналого-цифровым интерфейсом, позволяют превращать компьютеры в мощные средства измерений с десятками измерительных функций при соответствующем программном обеспечении.

Развитие электрических средств измерения будет продолжаться по пути улучшения характеристик и расширения их функциональных возможностей; создания измерительно-вычислительных средств на основе микропроцессоров и ЭВМ; совершенствования эталонной базы с переходом на «естественные» эталоны (основанные на законах природы); автоматизации поверочного дела; развития общей теории измерений и т.д.

Учебная дисциплина «Электротехнические измерения» является общепрофессиональной и формирует базовые знания, необходимые для освоения специальных дисциплин.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- пользоваться контрольно-испытательной и измерительной аппаратурой;
- составлять измерительные цепи;
- подбирать по справочным материалам измерительные средства и измерять с заданной точностью физические величины.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- основные понятия об измерениях;
- основные методы и приборы электротехнических измерений.

Учебная дисциплина включает контрольную работу, три лабораторно-практических работы и экзамен. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие контрольную работу и лабораторно-практические работы в срок.

Контрольная работа оформляется по установленному образцу. Номер варианта контрольной работы соответствует порядковому номеру студента в списке группы.

## Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем
<b>Введение</b>
<b>Раздел 1 Государственная система обеспечения единства измерений</b>
Тема 1.1 Метрологические показатели средств измерений
Тема 1.2 Классификация измерительных приборов
Тема 1.3 Основные метрологические характеристики средств измерений
<b>Раздел 2 Измерение тока, напряжения и мощности</b>
Тема 2.1 Аналоговые электромеханические приборы
Тема 2.2 Амперметры и вольтметры. Включение их в цепь. Многопредельные измерительные приборы
Тема 2.3 Электронные вольтметры. Классификация. Схемы
Тема 2.4 Цифровые вольтметры. Классификация. Схемы
Тема 2.5 Измерение мощности в цепях постоянного тока и тока промышленной частоты
<b>Раздел 3 Измерение параметров и характеристик электро-радиотехнических цепей и компонентов</b>
Тема 3.1 Измерение параметров компонентов с сосредоточенными постоянными
Тема 3.2 Измерение параметров полупроводниковых приборов и интегральных микросхем
<b>Раздел 4 Приборы формирования стандартных измерительных сигналов</b>
Тема 4.1 Генераторы измерительные

<b>Раздел 5 Исследование формы сигналов</b>
---

Тема 5.1 Универсальные осциллографы
-------------------------------------

Тема 5.2 Способы отсчета напряжения и временных интервалов электрических сигналов
---

Тема 5.3 Двухканальные и двухлучевые осциллографы
---

<b>Раздел 6 Измерение параметров сигналов</b>
---

<b>Раздел 7 Автоматизация измерений</b>
---

Тема 7.1 Влияние измерительных приборов на точность измерений
---

Тема 7.2 Автоматизация измерений
----------------------------------

## Содержание учебной дисциплины

### Введение

Студент должен:

*иметь представление:*

- о роли и месте знаний по дисциплине в процессе освоения профессиональной деятельности техника;
- о требованиях к измерениям;
- о перспективах развития измерительной техники.

Роль и место измерений в процессе автоматизации технологических процессов и производств. Требования к измерениям. Перспективы развития измерительной техники.

Литература [1. с 11-13; 2. с 6-13].

### Раздел 1 Государственная система обеспечения единства измерений

#### Тема 1.1 Метрологические показатели средств измерений

Студент должен:

*иметь представление:*

- о причинах возникновения погрешностей;

*знать:*

- понятия: поверка, калибровка, эталонное и рабочее средство измерения, поправка;

*уметь:*

- записывать результаты измерений.

Виды погрешностей и основные причины их возникновения.

Погрешности измерительного прибора. Погрешности измерений. Систематические погрешности, их обнаружение и исключение. Суммирование систематических погрешностей.

Случайные погрешности. Оценки случайных погрешностей. Прямые однократные измерения с точным оцениванием погрешности. Прямые однократные измерения с приближенным оцениванием погрешности. Косвенные измерения.

Класс точности прибора. Общие сведения об обработке результатов измерений.

Литература [1. с 14-31; 2. с 14-31].

### Вопросы для самопроверки

- 1 Дайте определение измерения.
- 2 По каким признакам классифицируются измерения?

- 3 Назовите и охарактеризуйте основные виды средств измерений.
- 4 Оказывает ли влияние выбор места установки датчика на точность измерения?
- 5 Что такое погрешность измерения? Какие виды погрешностей Вы знаете?
- 6 Что такое методическая погрешность измерения?
- 7 Дайте определение абсолютной и относительной погрешности измерения.
- 8 Что такое статическая погрешность измерения? Динамическая?
- 9 В каких случаях возникает дополнительная погрешность измерения?
- 10 Дайте определение приведенной погрешности измерения.
- 11 Что такое поправка к показаниям прибора?
- 12 Дайте определения случайной и систематической погрешностей.
- 13 Как проявляется на результате измерений случайная погрешность?
- 14 Как оценивается случайная погрешность измерения?
- 15 Как рассчитывается среднеарифметическое, среднеквадратическое отклонение измеряемой величины?
- 16 Что называется доверительной вероятностью и доверительным интервалом?
- 17 Как обрабатываются результаты многократных наблюдений при числе измерений  $n > 30$ ? При  $n < 30$ ?

## Практическая работа 1

### Оценивание погрешностей многократных измерений

**Цели работы:** освоить приемы статистической обработки результатов наблюдений с целью определения наиболее вероятного значения измеряемой величины и его доверительного интервала; научиться записывать результат измерения.

#### Краткие теоретические сведения

При проведении лабораторных измерений систематические погрешности по возможности исключают. Если систематическую погрешность можно оценить количественно (вычислить ее значение, а не пределы, в которых она может находиться), то в результаты измерений вводят соответствующие поправки. В показания средств измерений тоже вводят поправки, если они указаны в их паспортах. После исключения систематических погрешностей теоретически оценивают пределы возможных значений не исключенного остатка систематической

погрешности. Именно этот остаток принимают за систематическую погрешность лабораторных измерений.

Случайные погрешности выявляются, и их характеристики оцениваются непосредственно в процессе проведения эксперимента (лабораторных измерений). Наличие случайных погрешностей проявляется в том, что результаты повторных измерений одной и той же величины в одних и тех же условиях не совпадают точно. Если случайная составляющая погрешности имеет место, то для выявления ее свойств и возможного снижения ее влияния на результат измерений применяют математическую обработку достаточно большого числа результатов повторных измерений (их называют наблюдениями) измеряемой величины.

В дальнейшем будем считать, что из результатов наблюдений полностью исключена систематическая погрешность  $\Delta c$  (равна нулю).

Тогда результат  $i$ -го наблюдения находится только с некоторой случайной погрешностью  $\Delta i$ , т.е.

$$X_i = X_0 \pm \Delta i \quad (1.1)$$

По полученным результатам наблюдений и их разбросу можно оценить истинное значение измеряемой величины и интервал, в котором находится истинное значение, с заданной вероятностью.

Простейшая процедура математической обработки наблюдений основана на предположении, что случайная погрешность измерения подчинена нормальному закону распределения. Проводятся многократные наблюдения величины  $X$ , результаты которых  $X_i$  ( $i$  – порядковый номер наблюдения), приведены в таблице 1.1 в столбце «Результаты наблюдений». Из приведенных данных видно, что результаты наблюдений не повторяются точно, следовательно в измерениях имеется случайная погрешность, и они подлежат описанной ниже процедуре математической обработки.

При нормальном законе распределения плотности вероятностей погрешностей  $\Delta i$  за истинное значение измеряемой величины принимают оценку математического ожидания в виде среднего арифметического значения, т.е.  $X_0 = \bar{X}$ . Тогда выражение (1.1) запишется в виде

$$X_i = \bar{X} \pm \Delta i \quad (1.2)$$

Среднее арифметическое находят по формуле:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1.3)$$

Таблица 1.1- Результаты наблюдений

№ наблюдения, <i>i</i>	Результат наблюдения, <i>X<sub>i</sub></i>	Случайная погрешность наблюдения, $\Delta i$	Квадрат случайной погрешности, $(\Delta i)^2$
1	2	3	4
1	100,10	0,10	0,0100
2	100,30	0,30	0,0900
3	99,80	-0,20	0,0400
4	100,00	0,00	0,0000
5	100,15	0,15	0,0223
6	99,77	-0,23	0,0529
7	99,97	-0,03	0,0009
8	100,05	0,05	0,0025
9	99,93	-0,07	0,0049
10	100,00	0,00	0,0000
11	100,80	0,80	0,6400
12	99,50	-0,50	0,2500
13	99,80	-0,20	0,0400
14	100,08	0,08	0,0064
15	100,03	0,03	0,0009
16	99,70	-0,30	0,0900
Проверка:	Среднее $\bar{X} = 100,00$	Контрольная сумма $Z_c = -0,02$	СКО, $\sigma = 0,29$

В столбце «Случайная погрешность наблюдения» подсчитывают значение случайной погрешности наблюдения как разность между результатом измерения  $\bar{X}$  и результатом наблюдения

$$\Delta i = X_i - \bar{X} \quad (1.4)$$

Для проверки правильности выполнения расчетов внизу столбца подсчитывают контрольную сумму  $Z_c$  полученных отклонений от среднего:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \Delta i \quad (1.5)$$

Если расчеты не содержат ошибок, эта сумма должна быть равна нулю, или отличаться от нуля не более чем на 2...3 единицы младшего разряда чисел в столбце.

В столбце «Квадрат случайной погрешности» подсчитывают квадрат случайной погрешности и среднее квадратическое отклонение случайной погрешности (СКО):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}{n-1}} \quad (1.6)$$

Сравнивают каждое значение  $\Delta_i$  с утроенным значением  $\sigma$ . Если ни одно значение случайной погрешности не превышает  $3\sigma$ , то измерения не содержат грубых ошибок и за результат измерений можно принять рассчитанное по формуле (1.3) значение  $\bar{X}$ .

В приведенном примере  $3\sigma = 3 \cdot 0,29 = 0,87$ .

Все значения случайной погрешности меньше  $3\sigma$ , следовательно, грубых ошибок в измерениях нет, за истинное значение измеряемой величины принимается  $\bar{X} = 100,00$ .

Если имеется одно или более отклонений от среднего, превышающих  $3\sigma$ , соответствующие наблюдения считают промахами и исключают их из дальнейшего рассмотрения. Весь расчет повторяют.

Теоретически за результат измерений следовало бы принять математическое ожидание, т.е. среднее значение бесконечно большого числа наблюдений ( $n \rightarrow \infty$ ). Практически число наблюдений всегда ограничено (в примере  $n = 16$ ). Это приводит к тому, что полученное значение среднего арифметического  $\bar{X} = 100,00$  может отличаться от математического ожидания, принимаемого за истинное значение измеряемой величины. Чтобы оценить это отличие, рассчитывают границы интервала, расположенного вокруг  $\bar{X}$ , в котором находится истинное значение измеряемой величины с заданной вероятностью  $P$ . Для этого рассчитывают СКО среднего арифметического, которое называют среднее квадратическое отклонение результата измерения:

$$\sigma_{CP} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1.7)$$

В рассматриваемом примере:  $\sigma_{CP} = \frac{0,29}{\sqrt{16}} = 0,07$

Доверительные границы случайной погрешности результата измерений при заданной вероятности  $P$  определяют по формуле:

$$\Delta = \pm t \cdot \sigma_{CP} \quad (1.8)$$

где  $t$  – коэффициент, зависящий от  $P$  и формы закона распределения.

При нормальном законе распределения случайной погрешности и небольшом числе наблюдений – закон распределения Стьюдента.

Границы интервала, в котором находится истинное значение измеряемой величины с вероятностью  $P$ , записывают в форме:

$$\bar{X} - \Delta \leq X \leq \bar{X} + \Delta \quad (1.9)$$

Или в форме:

$$\bar{X} \pm \Delta, \quad P \quad (1.10)$$

На практике принято оценивать значение измеряемой величины с

доверительной вероятностью  $P=0,95$ .

В рассматриваемом примере плотность распределения вероятностей случайной погрешности соответствует распределению Стьюдента и коэффициент  $t$  выбираем из приложения А для  $P=0,95$  и  $n=16$ . Коэффициент  $t=2,13$ .  $\Delta = \pm 2,13 \cdot 0,07 = \pm 0,15$

Интервал, в котором лежит истинное значение измеряемой величины  $X$  с вероятностью  $0,95$  определяется неравенством:

$$100,00 - 0,15 \leq X \leq 100,00 + 0,15$$

т.е.

$$99,85 \leq X \leq 100,15$$

или

$$X = (100,00 \pm 0,15), \quad P = 0,95$$

Следует помнить, что приведенным способом можно выявить и оценить только случайные погрешности результата измерений.

Выявить систематические погрешности, искажающие значение  $\bar{X}$ , описанным способом невозможно.

### **Порядок выполнения работы**

1 Заполните в таблице «Математическая обработка...» столбец значений  $X_i$  из рассмотренного примера, изменив три значения на величину не более рассчитанного значения  $\sigma$ .

2 Проведите математическую обработку результатов наблюдений, данные занесите в таблицу аналогичную таблице 1.1.

3 Включите в отчет подробное описание проведенной математической обработки.

4 В качестве вывода по работе запишите результат измерения и интервал значений измеряемой величины с вероятностью  $P=0,95$ .

5 Оформите отчет и подготовьте к защите ответы на вопросы для самопроверки.

### **Вопросы для самопроверки к практической работе 1**

1 В каких случаях выполняют математическую обработку результатов наблюдений?

2 Как записывается результат измерений?

3 По какому признаку можно судить о наличии случайных погрешностей?

4 Приведите пример графического и аналитического представления дифференциального закона случайной погрешности.

5 Какими параметрами характеризуется случайная величина?

6 По каким формулам определяется  $m_x$ ,  $\sigma$ ,  $\sigma_{CP}$ ?

7 В чем заключается физический смысл  $m_x$ ,  $\sigma$ ,  $\sigma_{CP}$ ?

8 Во сколько раз уменьшится  $\sigma_{CP}$ , если увеличить число наблюдений в 4 раза?

9 Как изменится значение  $\bar{X}$ , если один (несколько) из результатов наблюдений изменится на величину, меньшую  $\sigma$ ?

10 Что является признаком наличия промаха в результатах наблюдений?

11 Какие погрешности не могут быть выявлены и уменьшены с помощью математической обработки?

## **Тема 1.2 Классификация измерительных приборов**

Студент должен:

*знать:*

- классификацию электро- и радиоизмерительных приборов;
- условные обозначения на шкалах приборов.

Классификация электроизмерительных приборов по принципу действия, по классу точности, по роду тока, по влиянию электромагнитных полей и окружающей среды. Цена деления чувствительность прибора.

Условные обозначения, наносимые на шкалу аналоговых электроизмерительных приборов. Классификация радиоизмерительных приборов.

Литература [3. с 14-19].

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какая погрешность определяет класс точности прибора?
- 2 Какую четверть шкалы аналогового прибора следует использовать для получения наименьшей погрешности измерений?
- 3 Как определить цену деления прибора?
- 4 Какие условные обозначения наносятся на шкалы приборов?
- 5 Каким образом на шкале обозначается способ установки прибора?
- 6 Какое условное обозначение на шкале имеет магнитный экран?

## **Тема 1.3 Основные метрологические характеристики средств измерений**

Студент должен:

*знать:*

- основные метрологические характеристики средств измерений;

*уметь:*

- определять погрешность прибора по известному классу точности.

Понятие о метрологических характеристиках. Комплексы метрологических характеристик мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, измерительных каналов, измерительных систем.

Литература [3. с 28-39].

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Что такое класс точности средства измерения?
- 2 Перечислите основные метрологические характеристики средств измерений.
- 3 Что такое чувствительность прибора?
- 4 Чем отличается диапазон показаний от диапазона измерений?
- 5 Дайте определение быстродействия прибора.

## **Раздел 2 Измерение тока, напряжения и мощности**

### **Тема 2.1 Аналоговые электромеханические приборы**

Студент должен:

*иметь представление:*

- о физических явлениях, лежащих в основе действия измерительных приборов;

*знать:*

- условные обозначения на шкалах приборов;
- области применения, достоинства и недостатки приборов различных систем
- правила включения выпрямительных приборов в измерительную цепь;
- правила включения термоэлектрических приборов в измерительную цепь.

Структурная схема и общие элементы электромеханических приборов. Магнитоэлектрический, электромагнитный, электродинамический, индукционный измерительные механизмы. Амперметры постоянного и переменного тока. Вольтметры постоянного и переменного напряжения. Вольтметры и амперметры выпрямительной системы для измерения переменных напряжения и силы тока.

Гальванометр. Логометр. Термоэлектрический измерительный прибор.

Литература [2. с 74-94].

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Объясните, какие элементы содержат аналоговые измерительные

приборы? Каковы их функции и характеристики? Почему величина противодействующего момента должна зависеть от угла поворота подвижной части механизма?

2 Приведите условное обозначение основных типов измерительных механизмов.

3 Какими параметрами определяется величина отклонения подвижной части прибора магнитоэлектрической системы?

4 Поясните, почему приборы магнитоэлектрической системы обладают высокой чувствительностью и точностью? Подвержены ли эти приборы сильному влиянию внешних полей?

5 Каковы свойства приборов электродинамической системы? Почему этот тип прибора пригоден для измерения как постоянных, так и переменных токов? Перечислите области применения.

6 Объясните принцип действия приборов электромагнитной системы. Где эти приборы следует применять?

7 Каковы свойства и области применения электростатических приборов?

8 Приведите схемы однополупериодного, двухполупериодного, мостового выпрямителя.

9 Что такое, логометр? Каковы особенности конструкции логометра?

10 Объясните принцип действия прибора термоэлектрической системы. Каковы его характеристики и область применения?

## **Лабораторная работа 1**

### **Изучение устройства аналоговых электромеханических приборов**

**Цели работы:** научиться определять области применения приборов; изучить принцип действия и устройство аналоговых электромеханических приборов.

#### **Приборы и оборудование:**

1 Приборы различных типов и систем (выдаются преподавателем).

### **Краткие теоретические сведения**

При технических измерениях электрических величин широкое распространение получили приборы непосредственной оценки преобразуют энергию измеряемой величины в энергию перемещения его подвижной части, по положению которой производится отсчет значения измеряемой величины (амперметры, вольтметры, ваттметры, счетчики). Эти приборы являются аналоговыми электромеханическими приборами.

Согласно ГОСТ 1845-59 электроизмерительные приборы делятся по

следующим признакам:

- по роду измеряемой величины;
- по роду тока;
- по принципу действия;
- по степени точности;
- по потребляемой мощности;
- по степени защищенности от внешних полей;
- по условиям эксплуатации;
- по устойчивости к механическим воздействиям;
- по способу установки;
- по защищенности кожухами;
- по прочности изоляции;
- по габаритным размерам.

По роду тока приборы делятся на приборы постоянного тока, приборы переменного тока, приборы постоянного и переменного тока.

Работа измерительного прибора связана с потреблением электрической энергии. Большая часть энергии идет на нагревание электрической цепи прибора, меньшая – на вихревые токи и перемагничивание стали. В большинстве случаев потребляемая мощность (мощность потерь) мала с точки зрения экономии энергии, но повышение температуры отдельных частей прибора приводит к возникновению дополнительных погрешностей прибора. Поэтому всегда следует выбирать прибор с меньшей потребляемой мощностью.

По степени защищенности от внешних полей приборы делятся на I и II категории.

Внешние магнитные и электрические поля, накладываются на собственные поля приборов, оказывая тем самым влияние на показания приборов. Это влияние усиливается с усилением внешнего поля и ослаблением собственного поля. Влияние внешних полей ослабляется применением экранов.

По условиям эксплуатации приборы делятся на группы;

Группа **A** – приборы для работы в сухих отапливаемых помещениях при температуре окружающей среды от  $+10^{\circ}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$  при влажности до 80% при  $+30^{\circ}\text{C}$ .

Группа **B** – приборы для работы в закрытых неотапливаемых помещениях при температуре окружающей среды от  $-30^{\circ}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  при влажности до 90% при  $+30^{\circ}\text{C}$ .

Группа **B** – приборы для работы в полевых и морских условиях. Группа **B1** - при температуре от  $-40^{\circ}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  и группа **B2** - при температуре от  $-50^{\circ}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  и влажности до 95% при  $+35^{\circ}\text{C}$ .

Приборы, предназначенные для работы в условиях тропического климата, имеют обозначение типа с буквой **T**.

По устойчивости к механическим воздействиям различают приборы:

- обыкновенные;

- тряскопрочные;
- вибропрочные;
- ударопрочные;
- тряскоустойчивые;
- виброустойчивые.

Тряскопрочные, вибропрочные и ударопрочные – это приборы, выполняющие свои функции после тряски, вибрации и ударных сотрясений.

Тряскоустойчивые и виброустойчивые – это приборы, способные выполнить свои функции во время тряски и вибраций.

По защищенности кожухами приборы делятся на:

- пыленепроницаемые;
- водонепроницаемые;
- герметичные.

Изоляция измерительных приборов и вспомогательных частей должна обладать достаточной электрической прочностью. Согласно ГОСТ 1845-59 изоляция должна выдерживать в течение 1 минуты указанное в таблице 1.2 напряжение переменного тока частотой 50 Гц.

Таблица 1.2 - Нормы для испытания изоляции приборов

Номинальное напряжение прибора или номинальное напряжение сети	Действующее значение испытательного напряжения, кВ	
	при номинальной влажности	при повышенной влажности (приборы группы В)
До 40 В	0,5	0,5
Свыше 40 до 650 В	2,0	1,5
Свыше 650 до 1000 В	3,0	2,0
Свыше 1 до 2 кВ	5,0	3,5
Для приборов, предназначенных для включения через измерительные трансформаторы	2 кВ	1,5 кВ

По габаритным размерам различают приборы:

- миниатюрные (до 50 мм);
- малогабаритные (от 50 мм до 100 мм);
- средние (от 100 мм до 200 мм);
- большие (свыше 200 мм)

## Задание

- 1 Пояснить все условные обозначения на шкале прибора;
- 2 Записать основные метрологические характеристики прибора в таблицу 1.3;

Таблица 1.3 - Метрологические характеристики прибора

Тип прибора	Диапазон измерений, ед.изм	Цена деления	Класс точности	Предел основной допустимой погрешности	Примечания

- 3 Начертить схему устройства измерительного механизма прибора и объяснить его принцип действия;
- 4 Оформить отчет по принятой форме.

## Вопросы для самопроверки к лабораторной работе 1

- 1 Какие условные обозначения, присутствуют на шкале прибора?
- 2 Какие приборы являются приборами непосредственной оценки?
- 3 Основные метрологические характеристики прибора.
- 4 Области применения прибора.
- 5 Достоинства и недостатки прибора.
- 6 Принцип действия прибора.
- 7 Как создается противодействующий момент в приборе?
- 8 Устройство магнитной системы прибора, достоинства и недостатки.
- 9 Назначение успокоителей и принцип их действия.
- 10 В каком виде представляет результат измерения?

## Тема 2.2 Амперметры и вольтметры. Включение их в цепь. Многопредельные измерительные приборы

Студент должен:

*знать:*

- правила включения амперметра и вольтметра в измерительную цепь;
- назначение шунтов и добавочных сопротивлений, их влияние на предел измерения;
- органы управления многопредельного прибора;

*уметь:*

- подбирать по справочным материалам амперметры и

вольтметры;

- измерять постоянные токи и напряжения с заданной точностью;
- определять погрешность измерений;
- измерять токи, напряжения, сопротивления.

Измерение постоянного тока. Включение прибора в цепь для измерения тока. Влияние прибора на цепь, где измеряется ток. Расширение пределов измерения тока в амперметрах. Шунты.

Требования к вольтметру. Влияние вольтметра на цепь, где измеряется напряжение. Добавочные резисторы. Расширение пределов измерения постоянного напряжения. Требования к многопредельным измерительным приборам. Органы управления и основные технические характеристики

Литература [1. с 73-83; 2. с 76-78].

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Приведите правило включения амперметра в исследуемую цепь
- 2 Каково назначение шунтов?
- 3 Как изменяется сопротивление амперметра с подключением шунта?
- 4 Как шунт подключается к амперметру?
- 5 Амперметры какой системы чаще всего используются для измерения тока?
- 6 Сколько шунтов содержит электромеханический амперметр с пятью пределами измерения?
- 7 Как вольтметр включается в цепь?
- 8 Каково назначение добавочных резисторов?
- 9 Как добавочный резистор подключается к вольтметру?
- 10 Перечислите достоинства и недостатки электромеханических вольтметров.

### **Лабораторная работа 2**

#### **Измерение тока и напряжения многопредельным прибором**

**Цели работы:** выбор диапазона измерения; приобретение практических навыков при пользовании многопредельными комбинированными приборами; измерение постоянного тока и напряжения и оформление результата измерения.

#### **Приборы и оборудование:**

- 1 Источник питания постоянного тока;
- 2 Прибор многопредельный вольтамперметр М2018;
- 3 Магазин сопротивлений.

## Краткие теоретические сведения

Многопредельные вольтамперметры (милливольтамперметры) являются приборами магнитоэлектрической системы, как правило, высокого класса точности (0,5; 0,2; 0,1).

Для расширения пределов измерения по току служат встроенные шунты, а для расширения пределов по напряжению – добавочные резисторы. Устанавливая переключатель пределов измерения и переключатель кратности в различные положения, выбирают необходимые пределы измерения прибора. Шкалы таких приборов выполняются в делениях, а цена деления для каждого предела измерения определяется выражением:

$$C = \frac{x_K}{\alpha} \quad (2.1)$$

где  $x_K$  – предел измерения в единицах измеряемой величины;  
 $\alpha$  – количество делений шкалы.

Измеряемая величина определяется путем умножения количества делений, на которое отклонилась стрелка прибора, на цену деления.

С целью уменьшения погрешности измерений предел измерения прибора выбирается так, чтобы измеряемое значение находилось во второй части шкалы. Убедимся в этом, используя формулы погрешностей.

Относительная погрешность измерения:

$$\delta = \frac{\Delta}{x} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

где  $\Delta$  – абсолютная погрешность измерения;  
 $x$  – измеренное значение.

Приведенная погрешность прибора:

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

где  $x_N$  – нормированное значение. Чаще всего  $x_N = x_K - x_H$ , где  $x_K$ ,  $x_H$  – конечное и начальное значение на шкале прибора.

Из формулы (2.3)

$$\Delta = \frac{\gamma x_N}{100\%} \quad (2.4)$$

Для простоты условимся, что абсолютная погрешность измерения в формуле (2.2) определяется только погрешностью прибора (2.4), и не будем учитывать другие факторы, влияющие на точность измерения. Подставив формулу (2.4) в (2.2), получим относительную погрешность измерения:

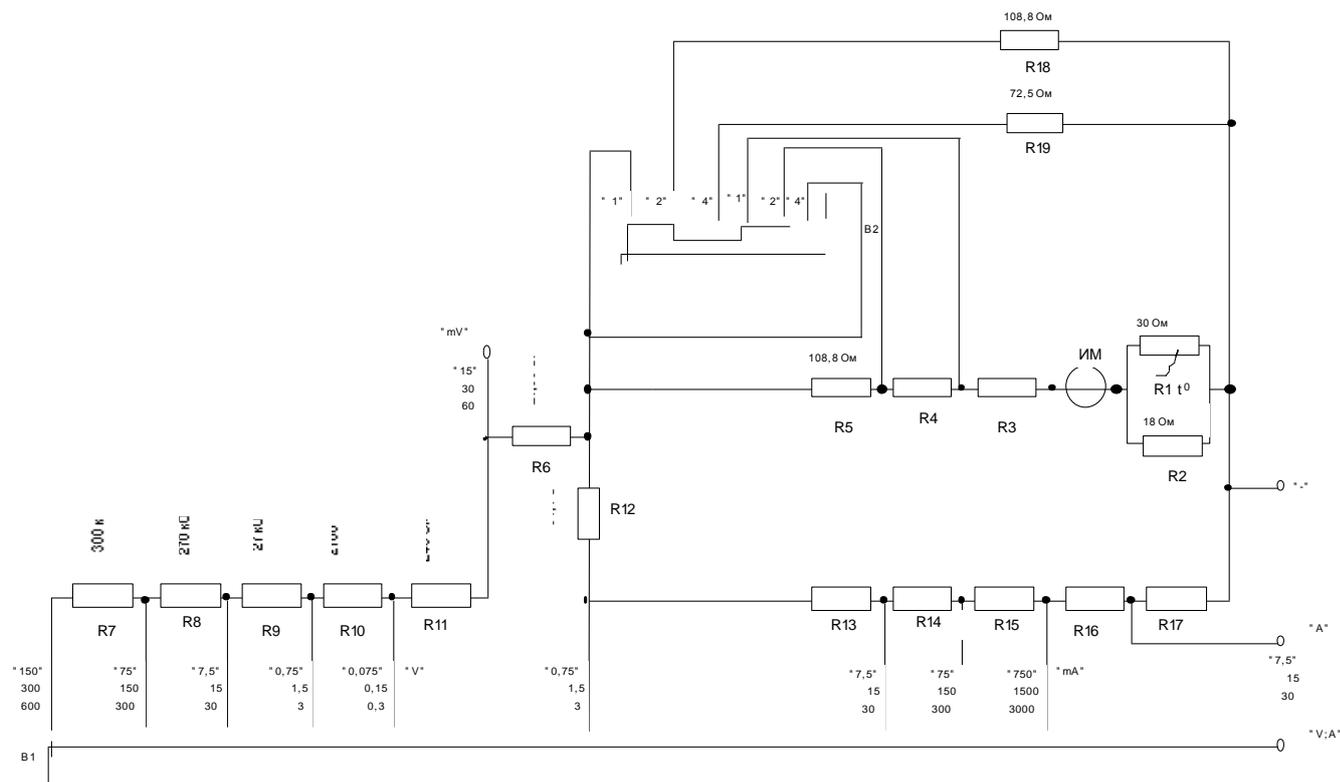
$$\delta = \frac{\gamma \cdot x_N \cdot 100\%}{100\% \cdot x} = \frac{\gamma \cdot x_N}{x} \quad (2.5)$$

Из формулы (2.5) следует, что, чем больше измеряемая величина  $x$  по сравнению с нормированным значением  $x_N$ , тем меньше погрешность измерения этой величины.

Перед включением измерительного прибора в цепь, необходимо

изучить схему электрическую принципиальную прибора и порядок включения прибора, пользуясь “Техническим описанием” на прибор.

Схема электрическая принципиальная вольтамперметра М2018 приведена на рисунке 2.1.



\* - подбирают при регулировании.

B1 – переключатель пределов измерения, B2 – переключатель кратности, ИМ – измерительный механизм.

Рисунок 2.1 - Схема электрическая принципиальная вольтамперметра М2018

Разберем схему включения прибора для измерения тока с пределом измерения 75 мА:

1 Включаем прибор последовательно с нагрузкой с соблюдением полярности: «+» источника подключаем на зажим «V;A», а «-» источника - на зажим прибора «-».

2 Устанавливаем переключатель предела измерения B<sub>1</sub> на предел 75 мА, переключатель кратности B<sub>2</sub> – в положение «1».

3 Цепь тока через прибор (рисунок 2.1): «+» от зажима «V;A» прибора, B<sub>1</sub> с пределом «75 мА», R<sub>14</sub>, R<sub>13</sub>, R<sub>12</sub>, B<sub>2</sub> (1-1), R<sub>3</sub>, ИМ, (R<sub>1</sub> || R<sub>2</sub>), зажим прибора «-». Сопротивления R<sub>14</sub>, R<sub>13</sub>, R<sub>12</sub>, R<sub>3</sub> включены последовательно с измерительным механизмом и служат для ограничения тока через измерительный механизм.

При увеличении предела измерения в 2 раза, необходимо переключатель B<sub>2</sub> поставить в положение «2», т.е. предел измерения будет равен 75 мА × 2 = 150 мА. При этом в измерительную цепь будет включен шунт R<sub>18</sub>.

При одном положении переключателя пределов  $B_1$ , изменяя положение переключателя кратности  $B_2$ : «x1», «x2», «x4», увеличиваем пределы измерения соответственно в 1, 2, 4 раза.

Источники питания постоянного тока являются стабилизированными регулируемыми источниками, которые могут работать в двух режимах:

- режим стабилизированного напряжения;
- режим стабилизированного тока.

### Порядок выполнения работы

1 Ознакомьтесь с приборами и оборудованием, используемыми в работе, по соответствующим «Техническим описаниям». Внесите в таблицу 2.1 основные метрологические характеристики средств измерений (диапазон измерений, предел основной допускаемой погрешности, класс точности). Диапазоны измерений укажите только те, на которых будете проводить измерения.

Таблица 2.1 - Основные технические характеристики средств измерений

Наименование	Характеристики	Тип или система	Заводской №	Дополнительные данные
1. Вольтамперметр	1. Диапазон измерений	M2018		
	2. Предел основной допускаемой погрешности и т.д.			
2. Магазин сопротивлений	1. Диапазон измерений			
	2. Предел основной допускаемой погрешности и т.д.			

2 Соберите измерительную цепь по рисунку 2.2, используя в качестве нагрузки магазин сопротивлений, а в качестве источника питания – стабилизированный блок питания (БП5 – 45А) в режиме стабилизации напряжения с параметрами  $U_{ист} = 5В$ ,  $I_{ист} = 0,25А$ .

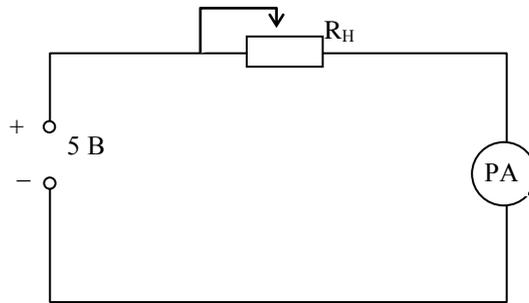


Рисунок 2.2 - Схема измерения тока

3 Выберите диапазон измерения прибора.

4 После проверки схемы преподавателем, измерьте ток в цепи при двух значениях сопротивления нагрузки, выбрав предварительно на приборе необходимый предел измерений. Данные занесите в таблицу 2.2, вычислив абсолютную погрешность измерения по формуле (2.4).

5 Соберите измерительную цепь по рисунку 2.3, используя блок питания в режиме стабилизации тока с параметрами источника  $I_{ист} = 0,05 \text{ A}$ ,  $U_{ист} = 9\text{В}$ .

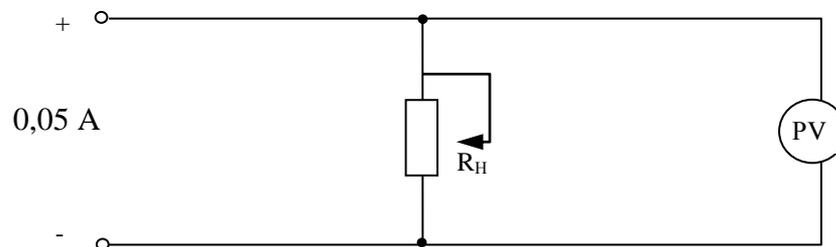


Рисунок 2.3 - Схема измерения напряжения

6 После проверки схемы преподавателем, измерьте напряжение на нагрузке при двух значениях сопротивления нагрузки, выбрав предварительно на приборе необходимый предел измерения  $X_k$ . Данные измерений занесите в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Результаты измерений

№ опыта	$R_n, \text{ Ом}$	$X_k, \text{ mA (В)}$	$X, \text{ дел.}$	$X, \text{ mA (В)}$	$X_d = X \pm \Delta, \text{ mA (В)}$
Измерение тока					
1	100				
2	2250				
Измерение напряжения					
3	48				
4	122,4				

$X_k$  - предел измерения, выбранный на приборе;

$X$  - измеренное значение;

$X_d$  - действительное значение.

7 Оформите отчет.

## Вопросы для самопроверки к лабораторной работе 2

- 1 Принцип действия приборов магнитоэлектрической системы.
- 2 Назначение шунтов и добавочных резисторов.
- 3 Метод устранения температурной погрешности в приборах магнитоэлектрической системы.
- 4 Измерительная цепь прибора для выбранного предела измерения (по схеме рисунок 2.2).
- 5 Условные обозначения на шкале прибора.
- 6 Как определить абсолютную, относительную погрешность измерительного прибора?
- 7 Как выбрать предел измерения прибора?

### Тема 2.3 Электронные вольтметры. Классификация. Схемы

Студент должен:

*иметь представление:*

- о среднем, амплитудном и среднеквадратичном значениях напряжений;

- о форме и параметрах импульсного сигнала;

- о гармонических составляющих сигнала;

*знать:*

- классификацию радиоизмерительных приборов;

- особенности электронных вольтметров;

- способы измерения средних, амплитудных и среднеквадратичных значений;

- особенность измерения импульсных напряжений;

*уметь:*

- производить измерения электронными вольтметрами различных типов с заданной точностью.

Вольтметры постоянного тока со стрелочным отсчетом. Вольтметры переменного напряжения. Вольтметры средних значений, вольтметры амплитудных значений. Вольтметры среднеквадратичных значений. Универсальные вольтметры, их особенности.

Градуировка шкалы вольтметра в значениях напряжения и децибелах.

Основные параметры импульса. Структурная схема, назначение и взаимодействие блоков импульсного вольтметра. Область применения, примеры промышленных вольтметров.

Отличие селективных вольтметров от широкополосных электронных вольтметров.

Литература [1. с 80-90; 2. с 94-102].

## Вопросы для самопроверки

- 1 Как рассчитать цену деления многопредельного прибора?
- 2 Какие требования предъявляются к входному сопротивлению вольтметра?
- 3 По каким признакам классифицируются электронные аналоговые вольтметры?
- 4 По каким структурным схемам строятся электронные аналоговые вольтметры?
- 5 Поясните принцип действия амплитудного преобразователя с открытым и закрытым входом.
- 6 Объясните принцип действия электронного вольтметра средневыпрямленных значений.
- 7 Как влияет форма сигнала на показания вольтметров различных систем.
- 8 Какие вольтметры для измерения переменного напряжения имеют наиболее простое схемное решение, наибольшую точность, наиболее широкий частотный диапазон?
- 9 Определите показания магнитоэлектрического, детекторного однополупериодного и амплитудного с закрытым входом вольтметров при подаче на них сигнала вида  $u(t) = 20 + 15\sin\omega t$ .

### Тема 2.4 Цифровые вольтметры. Классификация. Схемы

Студент должен:

*иметь представление:*

- об аналого-цифровом преобразовании сигнала;

*знать:*

- сравнительную характеристику цифровых вольтметров различных типов;

*уметь:*

- подбирать цифровые вольтметры по справочным материалам;

- производить измерения цифровыми вольтметрами различных типов с заданной точностью.

Общие сведения о цифровых вольтметрах. Достоинства и недостатки. Аналого-цифровое преобразование сигнала. Структурные схемы и принцип работы цифровых вольтметров. Время-импульсный цифровой вольтметр. Цифровой вольтметр с частотно-импульсным преобразованием и двойным интегрированием. Мультиметры.

Литература [1. с 90-99; 2. с 158-187; 3. с 162-171].

## Вопросы для самопроверки

- 1 Назовите основные элементы цифровых вольтметров.
- 2 Каковы преимущества цифровых измерительных приборов?
- 3 Объясните основные принципы преобразования аналогового измерительного сигнала в цифровой.
- 4 Какие типы кодов применяются в цифровых средствах измерения? Каковы преимущества двоично-десятичного кода?
- 5 Каково назначение аналого-цифрового преобразователя?
- 6 Поясните причины появления погрешности дискретности.
- 7 Каковы преимущества АЦП с частотно-импульсным преобразованием?
- 8 Что представляют собой мультиметры?

## Тема 2.5 Измерение мощности в цепях постоянного тока и тока промышленной частоты

Студент должен:

*иметь представление:*

– о цепях постоянного тока и тока промышленной частоты;

*знать:*

– методы измерения активной мощности;

– методы измерения реактивной мощности.

Особенности измерения мощности. Измерение мощности в цепях постоянного тока и переменного тока промышленной частоты. Метод амперметра и вольтметра. Электродинамические и ферродинамические ваттметры. Измерение реактивной мощности.

Литература [2. с 99-104].

## Вопросы для самопроверки

- 1 Какими приборами можно измерить мощность в цепях постоянного тока?
- 2 Какими приборами можно измерить мощность в цепях переменного тока?
- 3 Как обозначаются генераторные зажимы ваттметров?
- 4 Какую измерительную систему имеют ваттметры постоянного и низкочастотного переменного тока?
- 5 Приведите схемы включения ваттметров в трехфазную цепь.
- 6 Что необходимо знать при определении мощности импульсного сигнала?
- 7 Что такое болометр и где он используется?

## **Раздел 3 Измерение параметров и характеристик электротехнических цепей и компонентов**

### **Тема 3.1 Измерение параметров компонентов с сосредоточенными постоянными**

Студент должен:

*знать:*

- методику и средства измерения параметров компонентов с сосредоточенными постоянными на низких и высоких частотах;
- правила подключения измеряемого объекта к измерительной цепи;

*уметь:*

- подбирать измерительные средства;
- измерять параметры компонентов электрических цепей с сосредоточенными постоянными;
- определять погрешности измерений.

Метод непосредственной оценки параметров. Мостовой метод измерения  $R$ ,  $L$  и  $C$ . Методика измерения сопротивления, емкости, тангенса угла диэлектрических потерь, индуктивности и добротности. Погрешности измерений. Цифровые мосты. Особенности резонансного метода измерения и область его применения. Измерение индуктивности, емкости и добротности резонансным методом. Куметр: структурная схема, принцип действия. Автоматизация измерений. Цифровые измерители добротности. Способы подключения измеряемого объекта к измерительной цепи.

Литература [1. с 105-125].

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Запишите уравнение баланса моста постоянного тока.
- 2 Какие параметры элементов электрических цепей можно определить с помощью мостовой схемы?
- 3 Запишите уравнение баланса моста переменного тока.
- 4 Сколько приемов уравнивания необходимо для уравнивания моста переменного тока?
- 5 Почему нельзя использовать мостовой метод на высоких частотах?
- 6 На каких частотах используется резонансный метод?
- 7 Индикатор какого типа используется в аналоговых измерительных мостах постоянного тока?

## **Тема 3.2 Измерение параметров полупроводниковых приборов и интегральных микросхем**

Студент должен:

*иметь представление:*

- о видах интегральных микросхем;
- о параметрах интегральных микросхем;

*знать:*

- методику и средства измерения параметров диодов и транзисторов;

- визуальные способы исследования параметров полупроводниковых приборов;

*уметь:*

- измерять параметры полупроводниковых приборов с помощью испытателей различных типов.

Классификация испытателей полупроводниковых приборов. Правила и методы измерения параметров полупроводниковых приборов. Визуальные способы исследования параметров полупроводниковых приборов. Промышленные образцы современных испытателей полупроводниковых приборов.

Особенности измерения параметров и характеристик ИМС. Организация измерений. Промышленные образцы современных измерителей, их краткая характеристика.

Литература [1. с 162-180].

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Что такое вольт-амперная характеристика полупроводникового диода?
- 2 Какие электрические параметры определяют прямую ветвь ВАХ диода?
- 3 Какие электрические параметры определяют обратную ветвь ВАХ диода?
- 4 Каким параметром характеризуется эффективность выпрямления полупроводникового диода?
- 5 Назовите методы измерения ВАХ диодов или транзисторов?
- 6 Как проверяются линейные ИМС?
- 7 Как проверяются цифровые ИМС в статическом режиме?
- 8 По каким признакам и параметрам классифицируются ИМС?
- 9 В чем состоит проверка цифровых ИМС методом вольтметра?

## Раздел 4 Приборы формирования стандартных измерительных сигналов

### Тема 4.1 Генераторы измерительные

Студент должен:

*иметь представление:*

- об особенностях низкочастотных измерительных генераторов;
- о системе классификации низкочастотных генераторов (ГНЧ);
- о первичных источниках шума;
- о параметрах импульсных сигналов;

*знать:*

- способы включения генератора в измерительную цепь;
- типы задающих генераторов, их особенности;
- структурную схему ГНЧ и назначение элементов;
- разновидности высокочастотных генераторов (ВЧ-генераторов);
- панели управления генератора и их состав;
- эксплуатационные характеристики генераторов;
- метрологические характеристики генераторов импульсных сигналов и шума;

*уметь:*

- выбирать генератор в зависимости от поставленной измерительной задачи;
- настраивать генератор на заданный режим работы;
- контролировать параметры генератора;
- выбирать режим работы, исходя из требуемых условий.

Назначение измерительных генераторов. Классификация по частотному диапазону и форме выходного сигнала. Виды модуляции в измерительных генераторах. Особенности ГС и ГСС.

Классификация генераторов низкой частоты. Общая структурная схема ГНЧ, назначение элементов. Основные типы задающих генераторов. Регулировка и отсчет частоты и напряжения выходного сигнала. Согласование выходного сопротивления генератора с сопротивлением нагрузки. Промышленные образцы генераторов низкой частоты и их основные технические характеристики.

Разновидности ВЧ-генераторов. Типовая структурная схема ВЧ-генератора, назначение элементов, принцип работы. Установка заданной частоты, необходимого уровня напряжения несущего сигнала и требуемых параметров модуляции. Панели управления. Промышленные образцы измерительных ВЧ-генераторов; их основные технические характеристики.

Классификация генераторов импульсов. Структурная схема. Назначение элементов, принцип работы. Регулировка амплитуды, длительности и частоты следования импульсов.

Литература [3. с 117-138].

## Вопросы для самопроверки

- 1 По каким признакам классифицируются измерительные генераторы?
- 2 Какие параметры генераторов нормируются?
- 3 Каковы особенности построения генераторов низкой частоты?
- 4 Какие виды модуляции применяются в генераторах высокой частоты?
- 5 По каким классам точности выпускаются генераторы высокой частоты?
- 6 Как обозначаются классы точности генераторов ВЧ?
- 7 Какие типы задающих генераторов используются для построения генераторов СВЧ?
- 8 Какими преимуществами обладают синтезаторы частоты?
- 9 Перечислите метрологические характеристики генераторов импульсов.
- 10 Какие первичные источники шума вы знаете?
- 11 Как строятся низкочастотные генераторы шума?
- 12 Зачем необходимо согласование выходного сопротивления генератора с нагрузкой? Как оно выполняется?

## Раздел 5 Исследование формы сигналов

### Тема 5.1 Универсальные осциллографы

Студент должен:

*знать:*

- классификацию, характеристики и области применения осциллографов;
- виды разверток;
- виды и назначение синхронизации;
- органы управления осциллографа;
- правила включения осциллографа в схему измерения. Назначение осциллографа. Классификация осциллографов: назначение, краткая характеристика и области применения. Упрощенная структурная схема, краткая характеристика каналов X, Y и Z осциллографа. Развертка в осциллографе. Виды развертки: непрерывная линейная, непрерывная круговая, ждущая, разовая (однократная). Калибраторы осциллограмм. Принцип получения видимого изображения сигнала. Необходимость синхронизации, виды синхронизации. Ждущая развертка. Ее особенности и применение. Включение осциллографа в измерительную цепь. Основные технические характеристики осциллографа. Выбор осциллографа. Промышленные образцы электронных осциллографов.

Литература [3. с 139-157].

## Вопросы для самопроверки

- 1 Назовите основные характеристики осциллографов?
- 2 Перечислите виды разверток.
- 3 Перечислите требования, предъявляемые к генератору непрерывной развертки осциллографа?
- 4 Объясните назначение и область применения ждущей развертки?
- 5 Объясните назначение линии задержки в канале вертикального отклонения осциллографа?
- 6 Как получить на экране осциллографа круговую развертку?
- 7 Как превратить круговую развертку в спиральную?
- 8 Каковы особенности скоростного осциллографа?

## Тема 5.2 Способы отсчета напряжения и временных интервалов электрических сигналов

Студент должен:

*знать:*

- методы измерения амплитудных и временных значений сигналов методами калиброванной шкалы, компенсационным и сравнения;
- типы калиброванных шкал;
- погрешности, возникающие при измерении осциллографом;
- методы уменьшения погрешностей;

*уметь:*

- измерять параметры электрических сигналов различными методами;
- выбирать вид осциллографа в зависимости от поставленной измерительной задачи;
- определять погрешность измерений.

Типы калиброванных шкал, масштабные коэффициенты при измерении напряжения и времени. Техника осциллографических измерений. Метод калиброванной шкалы, компенсационный метод, метод сравнения, метод задержанной развертки. Использование дифференциальных входов. Погрешности, возникающие при измерении. Методы уменьшения погрешностей.

Литература [3. с 158-171].

## Вопросы для самопроверки

- 1 На вход осциллографа подаются импульсы длительностью 0,2 мкс. Коэффициент развертки 0,1 мкс/см, рабочая дина горизонтальной части экрана 6 см. определить положение импульса на экране, если линия в канале Y имеет время задержки 0,2 мкс.

2 С помощью осциллографа измеряется амплитуда синусоидального напряжения с частотой 1 МГц. Размер осциллограммы по вертикали 50 мм при коэффициенте отклонения канала  $Y$  5 мм/В. Погрешность калибратора амплитуды осциллографа 3%, верхняя граничная частота канала  $Y$  1 МГц. Определите амплитуду колебания, абсолютную и относительную погрешность измерения.

3 С помощью осциллографа измерена длительность нарастания фронта прямоугольного импульса. Результат измерения – 1 мкс. Определите длительность фронта. Если время нарастания переходной характеристики канала вертикального отклонения составляет 35 нс.

4 Можно ли импульс колоколообразной формы с длительностью нарастания фронта 200 нс исследовать с помощью осциллографа имеющего верхнюю граничную частоту канала  $Y$  5 МГц?

5 На вход осциллографа подается синусоидальное колебание с частотой 50 кГц. Длительность прямого хода развертки 17,5 мкс, длительность обратного хода 2,5 мкс. Нарисуйте вид осциллограммы.

### **Тема 5.3 Двухканальные и двухлучевые осциллографы**

Студент должен:

*знать:*

- особенности двухлучевого осциллографа;
- особенности двухканального осциллографа;
- правила включения двухлучевого и двухканального осциллографов в схему измерения;

Понятие о многолучевых осциллографах и их отличительные особенности. Двухлучевые осциллографы: правила включения в схему измерения. Понятие о двухканальном осциллографе и его отличительные особенности; правила включения в схему измерения. Промышленные образцы двухлучевых и двухканальных осциллографов.

Литература [3. с 171-167].

### **Вопросы для самопроверки**

1 Каковы правила включения двухлучевого осциллографа в схему измерения?

2 Каковы отличительные особенности двухканального осциллографа?

3 Какие осциллографы считаются многолучевыми?

4 Какие отличительные особенности многолучевых осциллографов?

### **Раздел 6 Измерение параметров сигналов**

Студент должен:

*знать:*

- методы измерения частоты; методику измерения интервалов времени; правила включения электронно-счетного частотомера в схему измерений;

- методы измерения фазового сдвига; фазометры и области их применения; правила включения фазометров в схему измерения;

- виды искажений формы сигналов; причины, их вызывающие; методы и средства измерения искажений формы сигналов и область их применения;

- характеристики модулированных сигналов; основные методы измерения глубины модуляции и девиации частоты; современные типы измерителей параметров модулированных сигналов;

- методику измерения параметров четырехполюсников по АЧХ;

*уметь:*

- выбирать метод измерения и вид измерительного прибора для решения конкретной измерительной задачи;

- измерять частоту и интервалы времени различными методами;

- получать АЧХ, используя различные методы; определять параметры четырехполюсников с помощью АЧХ;

- оценивать точность произведенных измерений.

Измерение частоты и временных интервалов. Понятие об эталонах частоты. Виды частотоизмерительных приборов. Стандарты частоты и времени. Измерение частоты методом сравнения. Электронно-счетные частотомеры: упрощенная структурная схема, назначение элементов. Органы управления электронно-счетным частотомером.

Измерение сдвига фаз: общие сведения о фазе и фазовых сдвигах. Методы измерения сдвига фаз и их краткая характеристика. Технические характеристики перспективных фазометров.

Электронные методы измерения интервалов времени, сдвига фаз. Метрологическое обеспечение средств измерения частоты, временных интервалов, сдвига фаз.

Измерение искажений формы сигналов: характеристики искажений формы сигналов. Методы измерений искажения формы сигналов: аналоговые и цифровые. Средства измерений нелинейных искажений. Метрологическое обеспечение средств измерений характеристик искажений формы сигналов.

Измерение параметров модулированных сигналов.

Характеристики и параметры модулированных сигналов. Методы и средства измерений параметров модулированных сигналов. Принципы построения измерителей модуляции и их основные характеристики.

АЧХ. Методы измерения параметров АЧХ. Структурная схема измерителя АЧХ, назначение элементов. Исследование высокочастотных колебаний. Автоматизация процессов измерения АЧХ.

Литература [2. с 127-159].

### Вопросы для самопроверки

- 1 Назовите основную единицу измерения частоты сигнала.
- 2 Назовите основную единицу измерения периода повторения сигнала.
- 3 Электромеханические приборы каких систем используют для измерения фазового сдвига?
- 4 Какую функцию выполняют фазовращатели?
- 5 В чем заключается принцип работы фазометра со встроенным микропроцессором?
- 6 Приведите определение коэффициента гармоник.
- 7 Какие причины вызывают искажение формы гармонического сигнала?
- 8 Какая связь существует между номером гармоники и величиной ее амплитуды?
- 9 Что собой представляет АЧХ?
- 10 Перечислите методы измерения параметров АЧХ четырехполюсника?
- 11 Что такое полоса пропускания четырехполюсника?
- 12 Из каких основных узлов состоит измеритель АЧХ?

### Раздел 7 Автоматизация измерений

#### Тема 7.1 Влияние измерительных приборов на точность измерений

Студент должен:

*знать:*

- влияние различных факторов на результат измерений;
- основы выбора измерительных приборов;

*уметь:*

- подбирать измерительные приборы в зависимости от требуемой точности.

Комплексное входное сопротивление прибора. Влияние коэффициента мощности, монтажа, напряжения, прогрева, пространственного расположения, температуры, формы сигнала и частоты на результат измерения. Выбор средства измерения. Методы подавления помех при измерениях. Выбор требуемой точности измерений.

Литература [3. с 263-282].

## Вопросы для самопроверки

- 1 Назовите методы подавления помех при измерениях.
- 2 Как влияет качество монтажа на результат измерения?
- 3 Как влияет форма и частота сигнала на результат измерения?
- 4 Почему перед измерением необходим прогрев прибора?

## Тема 7.2 Автоматизация измерений

Студент должен:

*знать:*

- достоинства и недостатки при использовании микропроцессорных измерительных приборов;
- структуру контрольно-измерительных систем;
- универсализацию и унификацию средств измерения общего применения.

Классификация автоматизированных средств измерений. Понятие о гибких измерительных системах, измерительно-вычислительных комплексах (ИВК), интеллектуальные измерительных системах (ИИС). Функции микропроцессорной системы. Условия применения и ограничения использования микропроцессоров. Компьютерно-измерительные системы (КИС): структура, особенности, общая характеристика.

Литература [1. с 181-192].

## Вопросы для самопроверки

- 1 Чем вызвана необходимость автоматизации измерений?
- 2 В чем состоит суть первой ступени автоматизации?
- 3 В чем состоит суть второй ступени автоматизации?
- 4 Приведите классификацию ИИС?
- 5 Что такое ИВК?
- 6 Каков принцип построения современных ИИС?
- 7 Что такое децентрализованные ИИС?
- 8 Чем отличаются централизованные ИИС децентрализованных?
- 9 Расскажите о виртуальных приборах.
- 10 Каковы достоинства и недостатки виртуальных приборов по сравнению с микропроцессорными?

## Контрольная работа

Вариант	Задания				
	1	2	3	4	5
1	1	11	21	31	41
2	2	12	22	32	42
3	3	13	23	33	43
4	4	14	24	34	44
5	5	15	25	35	45
6	6	16	26	36	46
7	7	17	27	37	47
8	8	18	28	38	48
9	9	19	29	39	49
10	10	20	30	40	50

Номер задания	Задания																
1	<p>Произведено 7 измерений емкости конденсатора, давших значения емкости, приведенные в таблице. Определите с доверительной вероятностью 0,95 интервал, в котором лежит значение измеренной емкости.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Номер измерения</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Числовые значения</td> <td>150,6</td> <td>150,8</td> <td>150,0</td> <td>151,6</td> <td>149,6</td> <td>152,6</td> <td>152,7</td> </tr> </tbody> </table>	Номер измерения	1	2	3	4	5	6	7	Числовые значения	150,6	150,8	150,0	151,6	149,6	152,6	152,7
Номер измерения	1	2	3	4	5	6	7										
Числовые значения	150,6	150,8	150,0	151,6	149,6	152,6	152,7										
2	<p>Произведено 6 измерений напряжения на участке цепи, давших значения, приведенные в таблице. Определите погрешность измерения и запишите результат измерения напряжения, определенный с доверительной вероятностью 0,99.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Номер измерения</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Числовые значения</td> <td>220,2</td> <td>220,9</td> <td>221,0</td> <td>222,1</td> <td>221,6</td> <td>220,9</td> </tr> </tbody> </table>	Номер измерения	1	2	3	4	5	6	Числовые значения	220,2	220,9	221,0	222,1	221,6	220,9		
Номер измерения	1	2	3	4	5	6											
Числовые значения	220,2	220,9	221,0	222,1	221,6	220,9											
3	<p>Каков физический смысл дисперсии и СКО? Приведите формулы.</p>																
4	<p>Дайте определение случайной погрешности. Приведите пример случайной погрешности. Можно ли устранить случайную погрешность? Если можно, то</p>																

	как?
5	<p>Дайте определение систематической погрешности. Приведите пример.</p> <p>Можно ли устранить систематическую погрешность? Если можно, то как?</p>
6	<p>Определите доверительный интервал для среднего арифметического значения при доверительной вероятности 0,95, если пятикратное измерение тока дало следующие результаты: 5,110; 5, 111; 5,109; 5,113; 5,112. Оцените результат измерения и запишите его</p>
7	<p>Произведено 12 измерений напряжения радиосигнала одним и тем же прибором, не имеющим систематической погрешности, причем выборочное среднее квадратическое отклонение <math>\sigma</math> случайных погрешностей оказалось равным – 0,6 В. Найдите границы погрешности этого прибора с вероятностью 0,99.</p>
8	<p>Шестикратное (<math>n=6</math>) измерение сопротивления дало следующие результаты: 72,361; 72,357; 72,352; 72, 346; 72,344; 72, 340 Ом. Определите доверительный интервал для среднего арифметического значения при доверительной вероятности 0,99.</p>
9	<p>Запишите уравнение закона нормального распределения случайных погрешностей, изобразите его графически и назовите все величины в него входящие.</p>
10	<p>Произведено 6 измерений напряжения на участке цепи, давших значения: 24,520; 24,521; 24,519; 24,522; 24,523; 24,518. Определите погрешность измерения и запишите результат измерения напряжения, определенный с доверительной вероятностью 0,95.</p>
11	<p>Приборы магнитоэлектрической системы: УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.</p>
12	<p>Приборы электромагнитной системы. УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.</p>
13	<p>Приборы электродинамической системы. УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.</p>
14	<p>Выпрямительные приборы. УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.</p>
15	<p>Термоэлектрические приборы. УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.</p>
16	<p>Электростатические приборы. УГО, устройство, принцип</p>

	действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.
17	Измерительный мост постоянного тока. Схема. Условие равновесия моста. Области применения.
18	Измерительный мост переменного тока. Схема. Условие равновесия моста. Области применения.
19	Измерение сопротивлений методом амперметра-вольтметра.
20	Измерение мощности электродинамическим вольтметром. Схемы включения, работа.
21	Определить для вольтметра с пределом измерения 30 В класса точности 0,5 относительную погрешность для точек 5, 10, 15, 20, 25 и 30 В и наибольшую абсолютную погрешность прибора.
22	Вольтметр с пределом измерения 7,5 В и максимальным числом делений 150 имеет наибольшую абсолютную погрешность 36 мВ. Определить класс точности прибора и относительную погрешность в точках 40, 80, 90, 100 и 120 делений.
23	Амперметр класса точности 1,5 имеет 100 делений. Цена каждого деления 0,5 А. Определить предел измерения прибора, наибольшую абсолютную погрешность и относительную погрешность в точках 10, 30, 50, 70 и 90 делений.
24	При поверке амперметра с пределом измерения 10 А класса точности 0,5 относительная погрешность на отметке 2 А составила 4,5%. Определить, соответствует ли прибор указанному классу точности, если абсолютная погрешность в этой точке имеет наибольшее значение
25	Милливольтметр магнитоэлектрической системы класса точности 0,5 с пределами измерений 3; 1,5; 0,6; 0,3; 0,15 В имеет максимальное число делений 150. Определить для каждого предела наибольшее и наименьшее значения измеряемых напряжений в точке, соответствующей 40 делениям.
26	Определить класс точности микроамперметра с двусторонней шкалой и пределом измерения 100 мкА, если наибольшее значение абсолютной погрешности получено на отметке 40 мкА и равно 1,7 мкА. Определить относительную погрешность прибора для этого значения.
27	Для измерения напряжения в электрической цепи используется вольтметр класса точности 1,0 с пределом измерения 300 В. Показание вольтметра 100 В. Определить абсолютную, относительную погрешности измерения и действительную величину измеренного напряжения.
28	Определить абсолютную и относительную погрешности измерения тока амперметром с номинальным предельным

	значением тока 5 А и классом точности 0,5, если его показание (измеренное значение) 2,5 А.
29	При поверке амперметра с пределом измерения 50 А класса точности 0,5 относительная погрешность на отметке 40 А составила 1,5%. Определить, соответствует ли прибор указанному классу точности, если абсолютная погрешность в этой точке имеет наибольшее значение
30	Вольтметр с пределом измерения 50 В и максимальным числом делений 100 имеет наибольшую абсолютную погрешность 15 мВ. Определить класс точности прибора и относительную погрешность в точках 40, 80, 90 и 100 делений.
31	Предел измерения микроамперметра на 150 мкА должен быть расширен до 15 А. Определить сопротивление шунта, если внутреннее его сопротивление $r_A = 400 \text{ Ом}$ . Определить также класс точности прибора, если наибольшее значение абсолютной погрешности амперметра 100 мА.
32	Для расширения предела измерения амперметра с внутренним сопротивлением $r_A = 0,5 \text{ Ом}$ в 50 раз необходимо подключить шунт. Определить сопротивление шунта, ток полного отклонения прибора и максимальное значение тока на расширенном пределе, если падение напряжения на шунте $U_H = 75 \text{ мВ}$ .
33	Амперметр с внутренним сопротивлением $r_A = 0,015 \text{ Ом}$ и пределом измерения 20 А имеет шунт сопротивлением 0,005 Ом. Определить предел измерения амперметра с шунтом, а также ток в цепи, если его показание равно 12 А.
34	Амперметр с наружным шунтом $R_{ш} = 0,005 \text{ Ом}$ рассчитан на предел измерения 60 А, его внутреннее сопротивление $r_A = 15 \text{ Ом}$ . Определить ток полного отклонения измерительной катушки прибора.
35	Амперметр класса точности 1,5 с пределом измерения 100 А имеет наружный шунт сопротивлением $r_{ш} = 0,001 \text{ Ом}$ . Определить сопротивление измерительной катушки прибора, если ток полного отклонения $I = 25 \text{ мА}$ . Определить также наибольшую абсолютную и относительную погрешности измерения следующих значений токов: 20, 30, 50, 75, 80 А. Определить наибольшую потребляемую амперметром мощность.
36	Имеется многопредельный амперметр. При шунтирующем множителе $n = 100$ амперметр имеет предел 2,5 А и падение напряжения на его зажимах при токе полного отклонения $U_{ном} = 75 \text{ мВ}$ . Определить сопротивления шунтов и пределы измерения прибора при следующих коэффициентах шунтирования: 200, 300, 1000, 2000, 3000, 4000 и 5000.

37	Милливольтметр с пределом измерения 750 мВ необходимо переделать в многопредельный вольтметр с пределами 7,5; 15; 75; 150 В. Добавочное сопротивление на пределе 7,5 В составляет 1350 Ом. Определить добавочное сопротивление на каждом из пределов, сопротивление и ток полного отклонения прибора.
38	У вольтметра электродинамической системы с пределом измерения $U_1=300$ В и внутренним сопротивлением $r_B=30$ кОм необходимо расширить предел до 1500 В. Определить добавочное сопротивление вольтметра и максимальную потребляемую мощность на основном и расширенном пределах.
39	Предел измерения вольтметра электромагнитной системы составляет 7,5 В при внутреннем сопротивлении $r_B=200$ Ом. Определить добавочное сопротивление, которое необходимо включить для расширения предела измерения до 600 В.
40	Милливольтметр с пределом измерения 75 мВ и внутренним сопротивлением $r_B=25$ Ом имеет 150 делений шкалы. Определить сопротивление шунта, чтобы прибором можно было измерять предельное значение тока 30 А. Определить цену деления прибора в обоих случаях
41	Мостом постоянного тока производят измерения сопротивления резистора (см. рис. 6). Получены следующие значения сопротивлений плеч моста при его уравнивании: $R_1=136$ Ом, $R_2=1000$ Ом, $R_3=100$ Ом. Определить измеряемое сопротивление и наибольшую абсолютную погрешность измерения, если класс точности моста 1,0.
42	Определить активное сопротивление индуктивной катушки, измеренное на постоянном токе мостовым методом. При этом значения сопротивлений оказались следующие (см. рис. 6): $R_1=26,387$ Ом, $R_2=100$ Ом, $R_3=10$ Ом. Как изменится сопротивление плеча $R_1$ , если выбрать $R_2=R_3=100$ Ом.
43	На рис.1 представлена уравновешенная мостовая цепь постоянного тока. Определите $R_1$ , если известно, что $R_2=100$ Ом, $R_3=25$ Ом, $R_4=50$ Ом.
44	Определить активное сопротивление индуктивной катушки, измеренное на постоянном токе мостовым методом. При этом значения сопротивлений оказались следующие (см. рис. 6): $R_1=26,387$ Ом, $R_2=100$ Ом, $R_3=10$ Ом. Как изменится сопротивление плеча $R_1$ , если выбрать $R_2=R_3=10$ Ом.
45	На рис.2 представлена уравновешенная мостовая цепь. Определите $L_1$ , если известно, что $L_2=100$ мГн, $R_3=100$ Ом, $R_4=50$ Ом.
46	Определить активное сопротивление индуктивной катушки,

	измеренное на постоянном токе мостовым методом. При этом значения сопротивлений оказались следующие (см. рис. 6): $R_1=26,387 \text{ Ом}$ , $R_2=100 \text{ Ом}$ , $R_3=10 \text{ Ом}$ . Как изменится сопротивление плеча $R_1$ , если выбрать $R_2=1000 \text{ Ом}$ .
47	На рис.3 представлена уравновешенная мостовая цепь. Определите $C_1$ , если известно, что $C_2 = 1 \text{ мкФ}$ , $R_4 = 1500 \text{ Ом}$ , $R_3 = 3000 \text{ Ом}$ .
48	Определить активное сопротивление индуктивной катушки, измеренное на постоянном токе мостовым методом. При этом значения сопротивлений оказались следующие (см. рис. 6): $R_1 = 26,387 \text{ Ом}$ , $R_2 = 100 \text{ Ом}$ , $R_3 = 10 \text{ Ом}$ . Как изменится сопротивление плеча $R_1$ , если выбрать $R_2 = 10 \text{ Ом}$ , $R_3 = 100 \text{ Ом}$ .
49	На рис.4 представлена уравновешенная мостовая цепь. Определите $R_1$ и $L_1$ , если известно, что $R_2 = 5 \text{ Ом}$ , $L_2 = 0,1 \text{ Гн}$ , $R_4 = 20 \text{ Ом}$ , $R_3 = 10 \text{ Ом}$ .
50	Мостовая схема, изображенная на рис.5, уравновешена. Определите $R_1$ и $C_1$ , если известно, что $R_2 = 100 \text{ Ом}$ , $C_2 = 0,1 \text{ мкФ}$ , $R_3 = 100 \text{ Ом}$ , $R_4 = 200 \text{ Ом}$ .

Рисунки к заданиям контрольной работы

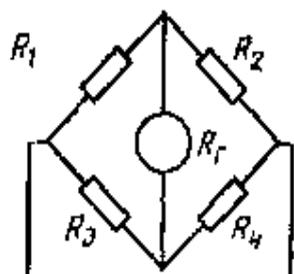


Рис. 1

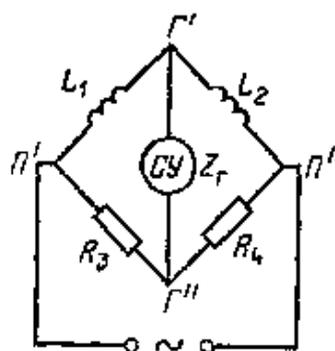


Рис. 2

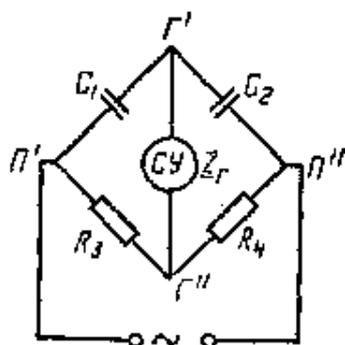


Рис. 3

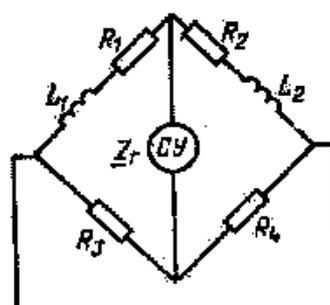


Рис. 4

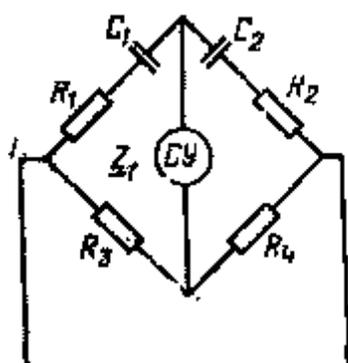


Рис. 5.

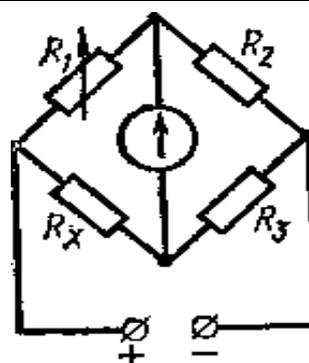


Рис. 6

## Экзаменационные вопросы

- 1 Роль измерений в процессе автоматизации технологических процессов. Требования к измерениям.
- 2 Средства измерений (СИ). Виды СИ.
- 3 Классификация измерительных приборов.
- 4 Международная система единиц SI.
- 5 Виды измерений по измеряемым физическим величинам.
- 6 Методы измерений.
- 7 Погрешности измерений. Правила записи погрешности и результата измерений.
- 8 Классификация погрешностей измерений по различным признакам (по характеру проявления во времени, по причине возникновения, по условиям возникновения).
- 9 Систематические погрешности и способы их компенсации. Суммирование систематических погрешностей.
- 10 Случайные погрешности. Оценка случайных погрешностей.
- 11 Нормальный закон распределения случайных погрешностей и его параметры.
- 12 Доверительный интервал случайной погрешности и доверительная вероятность. Форма записи результата измерения.
- 13 Метрологические характеристики СИ. Условия пригодности СИ.
- 14 Погрешности СИ.
- 15 Законодательная база метрологии. Государственная система приборов (ГСП) и средств автоматизации.
- 16 Основные виды унифицированных сигналов.
- 17 Структурная схема и элементы конструкции электромеханических приборов.
- 18 Условные обозначения на шкалах электроизмерительных приборов.
- 19 Меры электрических величин.
- 20 Приборы магнитоэлектрической системы: УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.
- 21 Приборы электромагнитной системы: УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.
- 22 Приборы электродинамической системы: УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.
- 23 Логометры. Гальванометры.
- 24 Выпрямительные приборы: УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.
- 25 Термоэлектрические приборы: УГО, устройство, принцип действия, основные уравнения, достоинства, недостатки.
- 26 Расширение пределов измерения амперметров с помощью шунтов.
- 27 Расширение пределов измерения вольтметров с помощью добавочных резисторов.

- 28 Измерительный мост постоянного тока. Условие равновесия моста. Области применения.
- 29 Измерительный мост переменного тока. Условие равновесия моста. Области применения.
- 30 Компенсатор постоянного напряжения ПП-63.
- 31 Классификация электронных измерительных приборов в зависимости от вида измеряемых величин и характера измерений.
- 32 Структурные схемы аналоговых электронных вольтметров.
- 33 Назначение и типы детекторов (преобразователей). Градуировка вольтметров переменного тока.
- 34 Дискретизация и квантование аналогового сигнала в ЦИП.
- 35 Структурная схема ЦИП. Классификация ЦИП.
- 36 Основные характеристики ЦИП. Преимущества и недостатки ЦИП.
- 37 Время-импульсный цифровой вольтметр.
- 38 Цифровой вольтметр с двойным интегрированием.
- 39 Помехи во входной цепи ЦВ и пути их устранения.
- 40 Измерение сопротивлений методом амперметра-вольтметра.
- 41 Измерение сопротивлений методом непосредственной оценки.
- 42 Измерение сопротивлений электронным омметром.
- 43 Измерение емкости и индуктивности методом амперметра-вольтметра.
- 44 Измерение мощности.

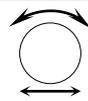
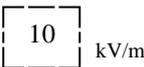
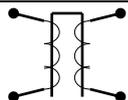
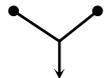
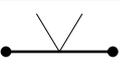
## Приложение А

Коэффициент Стьюдента  $t(P, n)$

Число наблюдений $n$	Доверительная вероятность $P_D$				
	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99
2	3,08	6,31	12,7	31,8	63,7
3	1,89	2,92	4,30	6,96	9,92
4	1,64	2,35	3,18	4,54	5,84
5	1,53	2,13	2,77	3,75	4,60
6	1,48	2,02	2,57	3,36	4,03
7	1,44	1,94	2,45	3,14	3,71
8	1,42	1,90	2,36	3,00	3,50
9	1,40	1,86	2,31	2,90	3,35
10	1,38	1,84	2,26	2,82	3,25
11	1,37	1,81	2,23	2,76	3,17
12	1,36	1,80	2,20	2,72	3,11
13	1,36	1,78	2,18	2,68	3,05
14	1,35	1,77	2,16	2,65	3,01
15	1,34	1,76	2,14	2,62	2,98
17	1,34	1,75	2,12	2,58	2,92
20	1,33	1,73	2,09	2,54	2,87
30	1,31	1,70	2,04	2,47	2,76

## Приложение Б

### Условно-графические обозначения на шкалах электроизмерительных приборов

Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой		Корректор нуля	
Электромагнитный прибор		Магнитная индукция, мТл, вызывающая изменение показаний, соответствующая обозначенному классу точности.	
Логометр магнитоэлектрический		Электрическое поле (кВ/м), вызывающая изменение показаний, соответствующая обозначенному классу точности.	
Логометр электромагнитный		Напряжение испытательное 500В	
Прибор электродинамический		Напряжение испытательное 2 кВ	
Логометр электродинамический		Прибор испытанию прочности изоляции не подлежит.	
Прибор ферродинамический		Прибор применять при вертикальном положении шкалы	
Логометр ферродинамический		Прибор применять при горизонтальном положении шкалы	
Прибор тепловой с нагреваемой нитью		Ток постоянный	
Прибор электростатический		Ток переменный	
Термопреобразователь неизолированный		Ток постоянный и переменный	
Термопреобразователь изолированный		Направление ориентировки прибора в земном магнитном поле	
Экран электростатический		Класс точности при нормировании погрешности, %	1.5
Экран магнитный		То же, при нормировании погрешности от длины шкалы, %	

## Список использованных источников

- 1 Хрусталева З. А. Электротехнические измерения: учебник – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2016. – 208 с.
- 2 Панфилов В. А. Электрические измерения: учебник для сред. проф. образования – 2-е изд., - М.: Издательский центр «Академия», 2016. - 288 с.
- 3 Хромой Б.П. Моисеев Ю.Г. Электрорадиоизмерения: учеб.для техникумов. – М.: Радио и связь, 2014.– 288., с ил.
- 4 Хрусталева З. А. Электротехнические измерения: Задачи и упражнения – М.: КНОРУС, 2016. – 256 с.
- 5 Шишмарев В.Ю. Электрорадиоизмерения. Практикум: учеб. пособие для студ. Сред. проф. образования – 3-е изд., - М.: Издательский центр «Академия», 2015. – 240 с.
- 6 Тартаковский Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов/– М.: Высш. шк., 2015. – 205 с, ил.

## Содержание

Введение.....	3
Тематический план учебной дисциплины.....	6
Содержание учебной дисциплины.....	8
Контрольная работа.....	37
Рисунки к контрольной работе.....	43
Экзаменационные вопросы.....	44
Приложение А Коэффициент Стьюдента $t(P, n)$ .....	46
Приложение Б Условно-графические обозначения на шкалах электроизмерительных приборов.....	47
Список использованных источников.....	48