

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра метрологии и стандартизации

## ***МЕТРОЛОГИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ***

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ  
для студентов специальностей

I-53 01 07 «Информационные технологии и управление  
в технических системах»,

I-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети»  
заочной формы обучения

Минск 2006

УДК 621.317 (075.8)  
ББК 30.10 я 73  
М 54

С о с т а в и т е л ь  
А. Г. Архипенко

М 54 **Метрология** и измерения : метод. указ. и контр. задания для студ. спец. I-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах», I-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети» заоч. формы обуч. / Сост. А.Г. Архипенко. – Мн. : БГУИР, 2006. – 35 с.

Приведены методические указания по изучению программы дисциплины, представлены варианты заданий контрольных работ.

**УДК 621.317 (075.8)**  
**ББК 30.10 я 73**

© Архипенко А. Г., составление, 2006  
© БГУИР, 2006

## Содержание

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
ЛИТЕРАТУРА .....	5
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ .....	7
Раздел 1 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ .....	7
Тема 1.1 Общие сведения о метрологии и измерениях. Основные термины и определения .....	7
Тема 1.2 Систематические погрешности .....	7
Тема 1.3 Случайные погрешности и обработка результатов измерений .....	8
Тема 1.4 Метрологическое обеспечение измерений .....	9
Раздел 2 ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ .....	9
Тема 2.1 Общие вопросы электрических измерений .....	9
Тема 2.2 Измерение электрических величин электромеханическими приборами .....	10
Тема 2.3 Измерение параметров электрических сигналов электронными аналоговыми приборами .....	11
Тема 2.4. Измерение параметров электрических сигналов электронными цифровыми приборами .....	12
Тема 2.5 Исследование и регистрация формы и спектра электрических сигналов .....	13
Тема 2.6 Измерение характеристик случайных сигналов .....	15
Тема 2.7 Измерительные генераторы .....	15
Тема 2.8 Измерение параметров электрических цепей .....	16
Тема 2.9 Измерение неэлектрических величин .....	17
Тема 2.10 Автоматизация электрических измерений .....	18
Раздел 3 ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ. ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ .....	19
Тема 3.1 Основы технического нормирования и стандартизации .....	19
Тема 3.2 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь .....	20
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ .....	21

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Данное учебное пособие предназначено для студентов заочной формы обучения и включает в себя развернутую программу, методические указания и контрольные задания по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» (МСиС).

Основные задачи изучения дисциплины определяются требованиями к подготовке инженеров, установленными квалификационной характеристикой и программой дисциплины. В результате изучения дисциплины студенты должны

**знать:** основные принципы, методы и средства измерений электрических, магнитных и неэлектрических величин в широких пределах значений измеряемых величин; основы теории погрешностей и метрологического обеспечения разработки, производства и эксплуатации устройств и систем автоматики и телемеханики и вычислительной техники; конкретные типы современных отечественных измерительных приборов, установок и систем; основные направления и принципы автоматизации измерений; принципы построения и обобщенные структурные схемы измерительных информационных систем (ИИС) и измерительно-вычислительных комплексов (ИВК); основные положения национальной системы сертификации подтверждения соответствия (НСПС), государственной системы технического нормирования и стандартизации (ТНиСС) и государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ);

**уметь:** технически и метрологически правильно планировать измерительный эксперимент, выбрать метод измерения и измерительную аппаратуру; методически правильно выполнять измерения, оценивать достигнутую точность и оформлять результаты измерений в соответствии с действующими стандартами; использовать современную отечественную измерительную аппаратуру в процессе разработки, производства и эксплуатации устройств и систем автоматики, телемеханики и вычислительной техники; разрабатывать нормативные документы на параметры изделий радиоэлектроники; связывать вопросы контроля и диагностики параметров сигналов и изделий с обеспечением их качества; решать проблемы, возникающие при ТНиС и подтверждения соответствия;

**иметь представление:** об эталонах единиц электрических величин и государственной системе обеспечения единства измерений на их основе; об электро- и радиоизмерительной аппаратуре пятого поколения, разрабатываемой в настоящее время на основе достижений современной электроники и вычислительной техники; о выпускаемых отечественной промышленностью современных ИИС и ИВК; о международных организациях по метрологии и их деятельности; о международных и региональных организациях по техническому нормированию, стандартизации, метрологии и сертификации; основных направлениях дальнейшего развития стандартизации, сертификации и метрологического обеспечения.

Дисциплина МСиС тесно связана с другими учебными дисциплинами указанных. С одной стороны, материал дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении высшей математики, физики, теоретических основ электротехники и др. С другой стороны, знания, полученные при изуче-

нии дисциплины МСиС, должны эффективно использоваться студентами и наращиваться при изучении специальных и профилирующих дисциплин, прохождении преддипломной практики, а также при курсовом и дипломном проектировании.

В соответствии с учебным планом по дисциплине предусмотрено 4 часа лекций (2 ч. в установочную и 2 ч. в экзаменационную сессии), выполнение одного контрольного задания, лабораторных работ объемом 12 часов (3 четырехчасовые лабораторные работы). Изучение дисциплины заканчивается сдачей зачета по всему курсу, к которому студенты допускаются только при условии успешного выполнения и защиты отчетов по лабораторным работам и контрольных заданий.

Основной формой изучения дисциплины является самостоятельная работа студентов с рекомендованной литературой. Изучать материал дисциплины следует по темам, придерживаясь рекомендованной в рабочей программе последовательности. При этом необходимо руководствоваться следующей методикой: отрабатывается теоретический материал темы по литературе, которая приведена в конце каждой темы, при этом основное внимание следует уделить физической сущности изучаемого вопроса и методике вывода основных математических выражений; изучается обобщенная структурная схема измерительного прибора, при этом необходимо правильно и твердо уяснить назначение каждого элемента схемы; изучаются конкретные виды измерительных приборов и устройство их основных узлов, причем следует четко уяснить основные составляющие результирующей собственной (инструментальной) погрешности измерительного прибора, влияния на него параметров основных узлов и возможные пути уменьшения этой погрешности; осуществляется самоконтроль степени усвоения изучаемого материала путем ответов на контрольные вопросы, приведенные в конце каждой темы. В случае затруднений при ответах данный вопрос темы следует повторить, ориентируясь, в первую очередь, на изучение Законов Республики Беларусь и технических нормативных правовых актов (ТНПА), приведенных в списке литературы. Изучение материала рекомендуется сопровождать составлением краткого конспекта, что улучшает усвоение материала, помогает при решении задач контрольного задания, облегчает подготовку к защите отчетов по лабораторным работам и контрольным заданиям сдаче экзамена по дисциплине.

После изучения материала каждой темы следует решить соответствующие задачи контрольного задания.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Основы метрологии и измерения / Под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергия, 1987.
- 2 Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения. – Мн.: Выш. шк., 1986.
- 3 Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. – Л.: Энергоиздат, 1983.

4 Цепенко М.П. Измерительные информационные системы. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

5 Электрические измерения / Под ред. В.Н. Малиновского. – М.: Энергоатомиздат, 1985.

6 Архипенко А.Г. Основы метрологии и измерительная техника. Тексты лекций. В 2 ч. Ч. 1, 2. – Мн.: МРТИ, 1987-1989.

7 Справочник по электроизмерительным приборам / Под ред. К.К. Илюнина. – Л.: Энергоатомиздат, 1983.

8 Сборник задач и упражнений по электрическим и электронным измерениям / Под ред. Э.Г. Атамалян. – М.: Высш. шк., 1980.

9 Реутский В.С. Метрология и измерения: Метод. разработка для индивидуальной работы студентов. – Мн.: МРТИ, 1990.

10 Ревин Т.С., Кострикин А.М. Метрология и измерения. Генераторные измерительные преобразователи: Метод. пособие. – Мн.: БГУИР, 1994.

11 Архипенко А.Г. и др. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. пособие. В 3 ч. / Под ред. А.Г. Архипенко. – Мн.: БГУИР, 1997, 1998. – Ч. 1-3.

12 Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» (находится в стадии утверждения).

13 Закон Республики Беларусь от 05.01.2004 «О техническом нормировании и стандартизации» № 262-3.

14 Закон Республики Беларусь от 05.01.2004 «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации» № 269-3.

15 ТКП 1.0-2004 Система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь. Правила разработки технических регламентов.

16 ТКП 1.1-2004 Система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь. Правила разработки технических кодексов установившейся практики.

17 ТКП 1.2-2004 Система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь. Правила разработки государственных стандартов.

18 ТКП 1.3-2004 Система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь. Правила разработки технических условий.

19 ТКП 1.5-2004 Система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь. Правила построения, изложения, оформления и содержания технических кодексов установившейся практики и государственных стандартов Республики Беларусь.

20 ТКП 5.1.01-2004. Национальная система подтверждения соответствия (НСПС) Республики Беларусь. Основные положения.

21 ТКП 5.1.02-2004. НСПС РБ. Порядок сертификации продукции. Основные положения.

22 ТКП 5.1.05-2004. НСПС РБ. Порядок сертификации систем менеджмента качества. Основные положения.

23 ТКП 5.1.04-2004. НСПС РБ. Порядок сертификации услуг. Основные положения.

24 Основы метрологии и стандартизации: Учебно-методическое пособие для индивидуальной работы студентов / Под общей ред. С.В. Лялькова. – Мн.: БГУИР, 1995.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

### **Раздел 1 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ**

Тема 1.1 Общие сведения о метрологии и измерениях. Основные термины и определения

Краткий исторический обзор развития метрологии и отечественной электроизмерительной техники. Роль измерений в науке, технике и народном хозяйстве страны. Значение дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» в подготовке инженеров в области информатики и радиоэлектроники.

Основные термины и определения: метрология, физические величины и их единицы; измерения и их вид: принципы и методы измерений, погрешности измерений и их разновидности, средства измерений и их общая классификация. Вопросы охраны труда при измерениях.

[1, с.5-40], или [2, с.10-17], или [5, с.12-17; 45-51], или [11, ч.1 с.3-13]

#### **Методические указания**

В процессе изучения темы необходимо ознакомиться с историей развития измерительной техники, получить четкое представление о роли и значении измерений в народнохозяйственной деятельности, обратить внимание на опережающий характер развития метрологии и измерительной техники.

Особое внимание следует уделять изучению классификации погрешностей измерений, задач, решаемых метрологической службой Республики Беларусь. Для этого помимо основной литературы следует внимательно проработать ГОСТ 16263-70, 8.401-80, 1.25-76.

#### **Вопросы для самопроверки**

1 Почему измерения играют важную роль во всех областях науки, техники и производства? 2 В чем состоят основные задачи метрологии? 3 Дайте определения основным понятиям в области метрологии: измерение, мера, эталон, метод измерения. 4 Перечислите составляющие погрешности результата измерений. 5 Что такое класс точности средств измерений? 6 Дайте определение и перечислите основные цели и задачи метрологического обеспечения.

### **Тема 1.2 Систематические погрешности**

Классификация систематических погрешностей. Способы обнаружения и оценки систематических погрешностей. Суммирование неисключенных систематических погрешностей.

[1, с.40, 49], или [2, с.17-19, 31-33], или [5, с.65-75], или [11, ч.1 с.19-26]

### Методические указания

При изучении темы особое внимание следует обратить на причины возникновения систематических погрешностей, способы оценки и уменьшения этих погрешностей, а также усвоить правила суммирования неисключенных систематических погрешностей.

### Вопросы для самопроверки

1 Перечислите основные признаки, по которым классифицируются систематические погрешности. 2 Приведите примеры источников систематических погрешностей. 3 Какие существуют методы обнаружения и оценки систематических погрешностей? 4 Как проводить уменьшение (или исключение) систематических погрешностей? 5 Сформулируйте правила суммирования систематических погрешностей.

### Тема 1.3 Случайные погрешности и обработка результатов измерений

Математическое описание случайных погрешностей и их вероятностные характеристики. Точная и интервальная оценки случайных погрешностей прямых равноточных и неравноточных измерений. Критерий грубых погрешностей. Оценка случайных погрешностей косвенных измерений. Критерий ничтожных погрешностей.

Обработка результатов многократных наблюдений при прямых и косвенных измерениях. Оценки суммарной погрешности результата измерения. Оценка погрешностей измерений с однократными наблюдениями. Показатели точности и формы представления результатов измерений.

[1, с.41-56], или [2, с.20-30;32-34], или [5, с.4-64, 70-75], или [11, ч.1 с.26-43]

### Методические указания

При изучении материала темы следует обратить внимание на основные теоретические положения и алгоритмы обработки результатов прямых равноточных и неравноточных измерений. Следует четко представлять особенности оценки случайных погрешностей результатов косвенных измерений. Необходимо хорошо знать правила определения суммарной погрешности и формы представления результатов измерений. Для этого помимо основной литературы необходимо изучить ГОСТ 8.207-76 и МИ 1317-86. Обратите внимание на оценку погрешностей измерения с однократными наблюдениями.

### Вопросы для самопроверки

1 Что может служить в качестве оценки случайной погрешности? 2 Приведите основные положения теории вероятностей, используемые при оценке случайных погрешностей. 3 Как оценивается случайная погрешность результатов прямых измерений? Приведите необходимые математические соотношения. 4 Опишите алгоритмы обработки результатов прямых равноточных и неравноточных измерений и измерений с однократными наблюдениями. В чем их основные отличия? 5 Поясните суть критерия грубых погрешностей. 6 Дайте определение коэффициента корреляции и поясните его физический смысл. 7 Дай-



те определение частной погрешности косвенного измерения и поясните ее физический смысл. 8 Опишите алгоритм обработки результатов косвенных измерений. 9 Поясните сущность критерия ничтожных погрешностей, его практическое значение и приведите примеры его применения. 10 Перечислите показатели точности и приведите стандартные формы представления результатов измерений.

#### Тема 1.4 Метрологическое обеспечение измерений

Основные положения метрологического обеспечения. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическая служба Республики Беларусь, ее структура и основные задачи. Международные метрологические организации.

Высшие метрологические достижения в области электроизмерений. Эталоны и образцовые средства измерений. Передача параметров единиц от эталонов образцовым средствам измерений. Поверочные схемы.

[2, с.36-45] или [5, с.32-4]

#### Методические указания

При изучении данной темы необходимо хорошо усвоить основные определения в области метрологического обеспечения (научная, техническая и организационная основы метрологического обеспечения), изучить состав, структуру и основные задачи метрологической службы Республики Беларусь. Основное внимание необходимо обратить на систему передачи размера единиц электрической величины.

#### Вопросы для самопроверки

1 Дайте определения основным терминам в области метрологического обеспечения: метрологическое обеспечение, метрологический надзор, поверка, метрологическая ревизия, метрологическая экспертиза. 2 Какие метрологические органы входят в состав метрологической службы? 3 Что понимается под термином «единство измерений»? 4 Каким образом осуществляется передача размера единиц электрических величин от эталонов к рабочим средствам измерений? Приведите упрощенную структуру поверочной схемы. 5 Что представляют собой эталоны основных и производных единиц электрических величин? Укажите их основные технические и метрологические характеристики.

### Раздел 2 ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ

#### Тема 2.1 Общие вопросы электрических измерений

Классификация средств измерений (СИ) электрических величин и принятая система их обозначений. Технические и метрологические характеристики СИ электрических величин. Нормирование метрологических характеристик, классы точности. Общие требования к СИ электрических величин. Организация измерительного эксперимента.

Основные свойства СИ электрических величин. Общие структурные схемы измерительных приборов прямого преобразования и сравнения, их особенности и краткая характеристика.

[1, с.11-36], или [2, с.46-57], или [5, с.18-31], или [11, ч.1, с.13-19]

#### Методические указания

При изучении материала темы, прежде всего, необходимо ознакомиться с основными классификационными признаками, изучить классификацию средств измерений по этим признакам, четко представить себе каждый вид электроизмерительных приборов. Затем следует изучить основные технические и метрологические характеристики средств измерений. При изучении общих структурных схем средств измерений обратить внимание на общие структурные элементы, твердо усвоить их назначение и уметь выделять их в структурных схемах конкретных типов средств измерений.

#### Вопросы для самопроверки

1 Поясните классификацию СИ на примере конкретного типа (например, В2-37, СИ-82, Ф2-16 и др.). 2 Перечислите общие требования, предъявляемые к СИ электрических величин. В чем состоит различие между техническими и метрологическими характеристиками СИ? 3 Как производится нормирование метрологических характеристик СИ? 4 Перечислите метрологические характеристики СИ и дайте их определение. 5 Приведите обобщенную структурную схему СИ прямого преобразования и поясните назначение основных элементов. 6 Приведите обобщенную структурную схему приборов сравнения и поясните назначение основных элементов. 7 Поясните различия в схемах построения приборов прямого преобразования и сравнения, сформулируйте их основные достоинства и недостатки. 8 Приведите обобщенную структурную схему комбинированного прибора и пример ее применения.

#### Тема 2.2 Измерение электрических величин электромеханическими приборами

Общие сведения об электромеханических приборах и их классификация по способу преобразования электромагнитной энергии в механическую. Теоретическое обоснование принципа действия. Общие узлы и детали электромеханических приборов.

Магнитоэлектрические приборы постоянного тока и область их применения: амперметры, вольтметры, гальванометры, омметры. Метрологические и эксплуатационные характеристики приборов. Магнитоэлектрические приборы с преобразователями рода тока: термоэлектрические и выпрямительные приборы. Принцип действия и область применения.

Электродинамические приборы и область их применения: амперметры, вольтметры, ваттметры и фазометры. Метрологические и эксплуатационные характеристики.

Электромагнитные и электростатические приборы, область их применения и характеристики.

Расширение пределов измерений электромеханических приборов с помощью масштабных преобразователей. Характерные примеры масштабных преобразователей для измерительных цепей постоянного и переменного токов: шунты, добавочные резисторы, делители напряжения, измерительные преобразователи тока и напряжения, измерительные трансформаторы. [1, с.6-9], или [2, с.62-78], или [55, с.84-147]

#### Методические указания

При изучении материала по электромеханическим приборам прежде всего необходимо получить четкое представление о способах преобразования электромагнитной энергии в механическую и их реализации в конкретных типах измерительных механизмов, обратить внимание на общие принципы, характеристики и узлы измерительных механизмов, способы создания противодействующего момента и момента успокоения. Особое внимание необходимо обратить на области применения электромеханических приборов, изучить метрологические и эксплуатационные характеристики измерительных приборов.

В заключение необходимо рассмотреть способ расширения пределов измерения электромеханических приборов с помощью масштабных преобразователей.

#### Вопросы для самопроверки

1 Перечислите возможные способы преобразования электромагнитной энергии в механическую, запишите уравнения преобразования. 2 Какие вы знаете способы создания противодействующего момента и момента ускорения? 3 Поясните, на чем основан принцип действия рассмотренных в теме электромеханических приборов. 4 Как на основе электромеханических механизмов приборов создаются амперметры, вольтметры, ваттметры и фазометры? 5 В чем причина возникновения методической погрешности при измерении тока и напряжения амперметрами и вольтметрами? Поясните способы оценки методической погрешности и исключения ее результатов измерения. 6 Поясните принцип действия выпрямленных и термоэлектрических приборов. 7 Каким образом осуществляется расширение пределов измерения электромеханических приборов постоянного тока?

#### Тема 2.3 Измерение параметров электрических сигналов электронными аналоговыми приборами

Электронные аналоговые вольтметры прямого преобразования постоянного и переменного тока. Типовые структурные схемы и основные функциональные узлы аналоговых вольтметров. Зависимость показаний вольтметров от формы кривой измеряемого напряжения.

Электронные аналоговые вольтметры сравнения. Измерительные компенсаторы (потенциометры) постоянного и переменного тока. Принцип действия, метрологические и эксплуатационные характеристики, область применения.

Электронные аналоговые частотомеры, фазометры и измерители нелинейных искажений: принцип действия и метрологические характеристики. [1, с.96-141], или [2, с.78-88, 144-153, 219, 220], или [5, с.147-165, 174-182, 238-243]

#### Методические указания

В начале изучения темы прежде всего необходимо вспомнить основные параметры напряжений. Затем вопросы темы следует изучить в последовательности их перечисления. Необходимо получить четкое представление о принципе действия, схемах построения и особенностях устройства аналоговых вольтметров прямого преобразования и сравнения, работающих на постоянном и переменном токе. Следует обратить внимание на зависимость показаний вольтметра от формы кривой измеряемого напряжения.

#### Вопросы для самопроверки

1 Приведите основные выражения, определяющие амплитудное, среднеквадратичное и средневывпрямленное значения напряжения. Как эти значения связаны между собой? 2 Приведите обобщенную структурную схему электронного аналогового вольтметра постоянного тока и поясните назначение ее основных узлов. 3 Приведите схемы и поясните принцип действия электронных аналоговых вольтметров переменного тока. Укажите основные достоинства и недостатки рассмотренных схем. 4 Почему показания вольтметров переменного тока зависят от формы кривой измеряемого напряжения?

#### Тема 2.4. Измерение параметров электрических сигналов электронными цифровыми приборами

Общие сведения и понятия в области цифровых измерительных приборов (ЦИП). Основные методы аналого-цифрового преобразования измеряемых величин. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) как основные элементы ЦИП. Системы счисления и коды, применяемые в ЦИП. Классификация ЦИП в зависимости от метода аналого-цифрового преобразования и типа АЦП.

Обобщенная структурная схема и основные функциональные узлы ЦИП. Основные примеры ЦИП: частотомеры, измерители интервалов времени, фазометры, вольтметры постоянного и переменного тока.

[3, с.218-265], или [2, с.90-109, 132-143, 135-158], или [5,с.323-369]

#### Методические указания

В первую очередь необходимо изучить основные понятия в области цифровых измерительных приборов: дискретизация во времени, квантование по уровню, цифровое кодирование. Затем основное внимание следует уделить изучению методов аналого-цифрового преобразования (временнo-импульсный, частотно-импульсный и кодоимпульсный) измеряемых величин. Причем необходимо четко представлять себе основные достоинства и недостатки каждого метода. Необходимо также твердо знать системы счисления, переход из одной системы счисления в другую, коды, применяемые в ЦИП.

После изучения общих сведений о цифровых измерительных приборах необходимо перейти к рассмотрению обобщенной структурной схемы и изучению основных функциональных узлов (триггеры, счетчики, дешифраторы и т.п.) ЦИП. Затем следует изучить устройство и принцип действия основных ЦИП в порядке их перечисления.

#### Вопросы для самопроверки

1 Дайте определение основным понятиям в области ЦИП: дискретизация во времени, квантование по уровню, цифровое кодирование. Приведите их графическую интерпретацию. 2 Перечислите основные методы аналого-цифрового преобразования измеряемых электрических величин. Дайте их определение. 3 Приведите обобщенную структурную схему ЦИП. Поясните принцип действия основных ее функциональных элементов, их основное значение. 4 Представьте число 361 в двоичной системе счисления. 5 Представьте число 1010 в десятичной системе счисления. 6 Приведите классификацию ЦИП в зависимости от метода аналого-цифрового преобразования. 7 Приведите структурные схемы цифрового частотомера и цифрового измерителя интервалов времени и поясните их принцип работы. 8 Приведите структурные схемы цифровых фазометров, реализующих метод преобразования фазовых сдвигов во временной интервал, укажите их основные метрологические характеристики. 9 Приведите структурные схемы электронных цифровых вольтметров, реализующих различные методы аналого-цифрового преобразования, поясните принцип их работы.

#### Тема 2.5 Исследование и регистрация формы и спектра электрических сигналов

Самопишущие приборы. Виды записи. Двухкоординатные самописцы. Цифровые регистрирующие устройства.

Светолучевые осциллографы. Принцип действия и устройство. Характеристика и область применения.

Цифровые печатающие устройства. Магнитографы.

Электронно-лучевые осциллографы. Обобщенная структурная схема и основные параметры электронно-лучевого осциллографа. Характеристика основных функциональных узлов. Основные режимы работы осциллографа. Универсальные осциллографы и их основные разновидности: одноканальные, многоканальные, многофункциональные и цифровые осциллографы. Стробоскопические и запоминающие осциллографы. Осциллографические измерения.

Анализ спектра сигналов. Общие сведения и краткая характеристика методов и способов анализа спектра. Фильтровые анализаторы спектра; принцип действия и характеристики.

Измерители нелинейных искажений, принцип их действия и структурные схемы.

[1, с.171-188], или [2, с.160-214], или [5, с.166-174, 243-286]

## Методические указания

Изучение данной темы необходимо начать с рассмотрения принципа действия и устройства самопишущих и печатающих приборов и светолучевых осциллографов, а также их основных характеристик. При этом необходимо четко представлять процесс формирования изображения на носителе информации в светолучевых осциллографах.

Затем необходимо изучить структурные схемы универсального и стробоскопического осциллографов, назначение и особенности их функциональных узлов, четко представлять принцип действия осциллографов и их работу в различных режимах работы генератора развертки. Следует твердо уяснить условия получения неподвижных изображений на экране осциллографа и осциллографические методы измерения различных электрических величин.

Изучение вопросов анализа спектра целесообразно начать с повторения терминологии и основных положений теории спектрального анализа, после чего необходимо изучить существующие методы анализа спектра сигналов и более детально рассмотреть принцип действия и структурные схемы фильтровых анализаторов спектра. Необходимо также разобраться с причинами возникновения нелинейных искажений, изучить принцип работы и структурные схемы измерителей этих искажений и коэффициента гармоник.

### Вопросы для самопроверки

1 Приведите структурные схемы регистрирующих приборов прямого действия и сравнения. Укажите их принцип действия и основные характеристики. 2 Дайте определение светолучевого осциллографа, охарактеризуйте основные функциональные узлы светолучевого осциллографа. 3 Какие методы регистрации и виды носителей используются в регистрирующих приборах и светолучевых осциллографах? 4 Приведите структурную схему универсального осциллографа и поясните назначения ее функциональных узлов. 5 Какие виды разверток вы знаете? Для каких целей они применяются? 6 Поясните принцип работы осциллографа в режиме автоколебательной и ждущей разверток. 7 Что такое синхронизация изображения, как она осуществляется, какие виды синхронизации вы знаете? 8 Поясните методики измерения частоты, фазовых сдвигов, параметров импульсов и других электрических величин с помощью осциллографа. 9 Приведите структурную схему стробоскопического осциллографа, поясните принцип его работы с использованием временных диаграмм. 10 Что такое запоминающий осциллограф? Для каких целей он предназначен? 11 Какие способы аппаратного анализа спектра сигналов вы знаете? 12 Приведите структурную схему и поясните принцип работы гетеродинного анализатора спектра. 13 Дайте определение коэффициента гармоник. 14 Приведите структурную схему измерителя нелинейных искажений и поясните его принцип действия. 15 В чем заключается принцип действия аналоговых частотомеров и фазометров?

## Тема 2.6 Измерение характеристик случайных сигналов

Общие сведения, основные вероятностные характеристики случайных сигналов и их оценки. Измерение среднего значения, средней мощности и дисперсии стационарных эргодических сигналов. Анализ распределения вероятностей этих сигналов. Измерение корреляционных функций. Анализ спектра случайных сигналов.

[1, с.374-384], или [2, с.224-229], или [5, с.390-406]

### Методические указания

При изучении данной темы необходимо уяснить физическую сущность основных вероятностных характеристик случайных сигналов и методы их оценки, обратить внимание на методы измерения одномерной плотности вероятности, корреляционной функции и структурные схемы измерителей этих характеристик. Необходимо также знать назначение функциональных узлов, достоинства и недостатки различных схем измерителей вероятностных характеристик, основные источники их погрешностей.

### Вопросы для самопроверки

1 Дайте определение и поясните сущность основных вероятностных характеристик случайных сигналов. 2 Какие существуют методы измерения этих характеристик? 3 Каким образом и с помощью каких средств производится измерение среднего значения, средней мощности и дисперсии случайных сигналов? 4 Приведите структурную схему и поясните принцип работы измерителя одномерной плотности вероятности. 5 Каким образом измеряются корреляционные функции сигналов? 6 Расскажите о методах измерения энергетического спектра. 7 Перечислите и поясните основные источники погрешностей измерения каждой из рассмотренных характеристик случайных сигналов.

## Тема 2.7 Измерительные генераторы

Классификация измерительных генераторов. Обобщенная структурная схема и основные параметры измерительных генераторов.

Измерительные генераторы гармонических сигналов. Низкочастотные и высокочастотные генераторы. Синтезаторы частоты.

Измерительные генераторы импульсов и сигналов специальной формы.  
[2, с.230-23, 236-241]

### Методические указания

При изучении данной темы необходимо хорошо разобраться с классификацией, номенклатурой параметров измерительных генераторов и основными требованиями, предъявляемыми к ним. Изучить обобщенную структурную схему измерительных генераторов, назначение ее функциональных узлов. Особое внимание следует обратить на отличительные особенности измерительных генераторов в зависимости от диапазона рабочих частот, формы и спектра вырабатываемых ими сигналов, области их применения.

### Вопросы для самопроверки

1 Приведите классификацию измерительных генераторов. 2 Перечислите основные параметры измерительных генераторов. 3 Приведите обобщенную структурную схему измерительного генератора и поясните назначение его функциональных узлов. 4 Расскажите о принципах построения генераторов гармонических сигналов НЧ и ВЧ, приведите их структурные схемы. 5 Поясните особенности построения генераторов импульсов и сигналов специальной формы. 6 Расскажите о принципах построения синтезатора частоты, приведите структурную схему синтезатора, укажите его основные характеристики.

### Тема 2.8 Измерение параметров электрических цепей

Общие сведения и классификация приборов для измерения параметров электрических цепей.

Электронные омметры. Принцип действия, область применения и метрологические характеристики.

Мостовые измерители параметров двухполюсников. Основные теории и классификация измерительных мостов. Одинарные и двойные мосты постоянного тока. Мосты переменного тока для измерения емкости, тангенса угла потерь и индуктивности, добротности. Трансформаторные мосты. Автоматизация измерений с помощью мостов. Метрологические и эксплуатационные характеристики измерительных мостов.

Резонансные измерители параметров двухполюсников. Принцип действия, область применения и основные характеристики.

[1, с.142-147], или [2, с.242-363], или [5, с.165-166,195-238]

### Методические указания

При изучении данной темы необходимо четко уяснить физическую сущность методов измерения параметров элементов электрических цепей, принцип построения, структурные схемы, функциональные схемы, достоинства и недостатки мостовых измерителей параметров двухполюсников. Следует обратить внимание на автоматизацию измерений с помощью мостов. Необходимо также изучить структурные схемы и принцип работы резонансных измерителей параметров двухполюсников. В результате изучения темы необходимо получить четкое представление о принципе действия, схемах и особенностях устройства мостов постоянного и переменного тока, резонансных измерителей, уметь выводить расчетные соотношения для определения измеряемых параметров. Необходимо обратить внимание на источники погрешностей рассмотренных приборов, изучить их основные технические и метрологические характеристики.

### Вопросы для самопроверки

1 Перечислите и поясните методы измерения параметров электрических цепей. 2 Приведите схемы, поясните принцип работы, укажите достоинства и недостатки, источники погрешностей магнитоэлектрических омметров. 3 Поясните принцип действия электронных омметров. 4 Расскажите о принципе по-



строения и классификации измерительных мостов. 5 Выведите обобщенное условие равновесия моста на переменном токе. 6 Приведите схемы мостов постоянного и переменного тока, укажите их области применения, источники погрешностей и метрологические характеристики. 7 Поясните сущность резонансного метода измерения параметров электрических цепей, укажите его достоинства и недостатки, источники погрешностей и способы их уменьшения. 8 Приведите структурную схему и поясните принцип работы куметра, укажите область его применения, основные характеристики.

## Тема 2.9 Измерение неэлектрических величин

Особенности измерения неэлектрических величин электрическими средствами измерения. Методы и приборы электрических измерений неэлектрических величин. Структурные схемы и основные функциональные узлы приборов для измерения неэлектрических величин: измерительные преобразователи, измерительные цепи. Основные метрологические и эксплуатационные характеристики. Классификация измерительных преобразователей.

Параметрические преобразователи неэлектрических величин в электрические. Их классификация и основные характеристики. Основы теории и расчета параметрических преобразователей. Измерительные цепи, используемые с параметрическими измерительными преобразователями. Применение параметрических измерительных преобразователей в средствах измерений неэлектрических величин. Основные метрологические и эксплуатационные характеристики средств измерений на основе параметрических преобразователей.

Генераторные преобразователи неэлектрических величин в электрические, их классификация и основные характеристики. Основы теории и расчета генераторных преобразователей. Измерительные цепи, используемые с генераторными измерительными преобразователями. Применение генераторных преобразователей для измерения различных неэлектрических величин (механических перемещений, усилий, деформаций, давления, температуры и т.д.). Измерительные приборы на их основе, их основные метрологические и эксплуатационные характеристики.

[3, с.51-65, 80-224, 252-306], [9], [10]

### Методические указания

Вопросы темы изучить в последовательности их перечисления. При этом основное внимание следует уделить изучению измерительных преобразователей неэлектрических величин в электрические; измерительных цепей, используемых с параметрическими и генераторными преобразователями, а также рассмотрению основных методов измерения неэлектрических величин и принципов создания приборов. В результате изучения темы необходимо получить четкое представление о принципах действия измерительных преобразователей, их основных характеристиках и способах включения измерительных преобразователей в измерительную цепь. Необходимо знать основы теории и методики расчета параметрических и генераторных преобразователей, принципы использо-

вания измерительных преобразователей для измерения различных неэлектрических величин. При изучении темы необходимо также обратить внимание на причины возникновения погрешностей измерения неэлектрических величин и эксплуатационные характеристики средств измерений.

#### Вопросы для самопроверки

1 Дайте определение основным понятиям в области измерения неэлектрических величин электрическим методом. 2 В чем основное различие параметрических и генераторных преобразователей? 3 Перечислите измерительные преобразователи, относящиеся к параметрическим. Приведите их основные конструкции и поясните принцип действия. 4 Перечислите генераторные измерительные преобразователи, приведите их основные конструкции и поясните их принцип действия. 5 Какие методы электрических измерений используются при измерении неэлектрических величин? 6 Приведите схемы измерительных цепей генераторных и параметрических преобразователей, поясните принцип их работы и основные характеристики. 7 Назовите основные источники погрешностей электрических измерений неэлектрических величин и укажите пути их уменьшения или исключения.

#### Тема 2.10 Автоматизация электрических измерений

Основные направления и принципы автоматизации электрических измерений. Применение микропроцессоров в электроизмерительных приборах.

Измерительные информационные системы (ИИС) и измерительно-вычислительные комплексы (ИВК), классификация и основные метрологические и эксплуатационные характеристики. Обобщенная структурная схема и основные функциональные устройства и узлы ИИС. Понятие об интерфейсах. Телеизмерительные системы.

Государственная система приборов (ГСП). Агрегатирование средств измерений. Общие принципы построения агрегатных комплексов средств электроизмерительной техники (АСЭТ). Примеры реализации в электроизмерительной технике. Интерфейсы АСЭТ: общие сведения и примеры реализации.

[1, с.352-371] или [2, с.283-308], или [4, с.6-17, 23-39, 48-89, 143-151, 292-318], или [5, с.369-388]

#### Методические указания

При изучении данной темы необходимо твердо усвоить основные направления и принципы автоматизации электрических измерений, их характерные особенности и возможные практические реализации. Следует хорошо усвоить принцип построения ИИС и ИВК, назначение и взаимосвязь их отдельных узлов. Необходимо также обратить внимание на особенности электроизмерительных приборов с микропроцессорами, их основные преимущества перед обычными приборами. Кроме того, следует изучить основные положения государственной системы приборов, общие принципы построения агрегатных комплексов средств электроизмерительной техники, а также основные разновидности

интерфейсов. Необходимо также рассмотреть основные структуры, принципы действия и характеристики телеизмерительных систем.

#### Вопросы для самопроверки

1 Перечислите основные направления автоматизации электрических измерений, кратко охарактеризуйте их. 2 Дайте сравнительную оценку различным направлениям автоматизации электрических измерений. 3 Перечислите основные признаки полной автоматизации и охарактеризуйте их. 4 С какой целью в электроизмерительных приборах используются микропроцессоры? 5 Дайте определение и перечислите основные принципы построения ИИС и ИВК. 6 Приведите классификацию и основные характеристики ИИС и ИВК, перечислите и приведите типовые структуры ИИС и ИВК. 7 Перечислите и дайте краткую характеристику основных структурных звеньев, применяемых в ИИС и ИВК. 8 Приведите основные разновидности интерфейсов. 9 Дайте определение и приведите основные структуры телеизмерительных систем и поясните их принцип действия. 10 Дайте определение основным положениям государственной системы приборов. 11 Укажите основные принципы построения агрегатных комплексов средств электроизмерительной техники. Приведите примеры их реализации.

### Раздел 3 ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ. ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ

#### Тема 3.1 Основы технического нормирования и стандартизации

Основные понятия и определения в области технического нормирования и стандартизации (ТНиС). Сущность ТНиС, их основные цели и задачи. Органы и службы ТНиС. Категории и виды технических нормативных правовых актов (ТНПА), действующих в РБ. Методы стандартизации и ее основные направления. Государственный надзор и ведомственный контроль за ТНПА и средствами измерений.

Международные организации в области ТНиС, метрологии и контроля качества.

[11, ч.2], [12] – [18]

#### Методические указания

Изучение основ ТНиС следует начать с внимательного ознакомления с сущностью, целями, задачами и соответствующей терминологией, что облегчит восприятие последующего материала. Необходимо также получить представление о структуре и функциях органов и служб ТНиС, видах ТНПА и их характеристиках. Основное внимание следует уделить изучению методов стандартизации, их применения при разработке конструкций и технологий радиоэлектронных изделий (РИ), выработке четкого представления о технических и экономических последствиях применения этих методов.

### Вопросы для самопроверки

1 В чем сущность ТНиС? 2 Какие задачи стоят перед ТНиС в области разработки, производства и эксплуатации РИ? 3 Какова роль ТНиС в организации гибких производств? 4 Приведите структуру Государственной службы ТНиС и основные функции ее органов. 5 Приведите пример структуры отраслевой службы ТНиС и основные функции ее органов. 6 Охарактеризуйте (укажите их объекты, сферу действия, условные обозначения и другие характеристики) ТНПА различных категорий и видов. 7 Охарактеризуйте (поясните сущность, укажите основные признаки, приведите примеры применения, осветите технико-экономические стороны) каждого из существующих методов стандартизации. 8 Охарактеризуйте поочередно опережающую и комплексную стандартизацию, стандартизацию мелкоотраслевых систем. 9 В чем состоят преимущества стандартов, разработанных с использованием принципов опережающей и комплексной стандартизации? 10 Какие задачи решаются стандартизацией для обеспечения специализации и кооперирования при производстве изделий радиотехники? 11 Чем определяется экономическая эффективность стандартизации?

### Тема 3.2 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь

Оценка соответствия (ОС) требованиям ТНПА (сертификация), ее цели и задачи. Общие понятия в области сертификации, виды работ, участники сертификации, виды документов по сертификации. Основные правила Национальной системы подтверждения соответствия продукции, процессов и услуг (НСПС).

Организационная структура НСПС, ее функции и ответственность. Контроль функционирования НСПС. Международные и региональные системы ОС, связь между ними и взаимодействие. Информационное обеспечение этого взаимодействия.

Республиканский орган НСПС, его цели, задачи, организационная структура, обязанности, права и ответственность.

Другие органы и службы НСПС, общие требования к ним. Задачи, функции, права и обязанности этих органов, порядок их аккредитации и финансирования. Инспекционный контроль над органами по сертификации.

Нормативная база ОС. Требования к документации органов сертификации. Система международных, региональных и национальных нормативных документов, используемых при сертификации.

[11, ч.3], [14], [19]

### Методические указания

В первую очередь следует ознакомиться с основными целями, задачами и принципами ОС, а также международными, региональными и национальной системами сертификации. Основное внимание необходимо уделить изучению организации и порядка проведения сертификации продукции, систем качества, аккредитации органов по сертификации, номенклатуры нормативных документов, используемых при сертификации.

## Вопросы для самопроверки

1 Дайте определение сертификации, сформулируйте ее цели и задачи. 2 Перечислите виды работ по сертификации, укажите органы-участники сертификации. 3 Перечислите виды документов по сертификации. 4 Сформулируйте основные правила НСПС. 5 Что включает нормативная база сертификации? Перечислите основные требования к документации органов сертификации. 6 Охарактеризуйте системы международных, региональных и национальных нормативных документов, используемых при сертификации. 7 Приведите организационную структуру НСПС, укажите ее функции и ответственность. 8 Расскажите о задачах, функциях, правах и обязанностях органов по сертификации, порядке их аккредитации и финансирования, инспекционном контроле над органами по сертификации. 9 Перечислите функции органа по сертификации продукции, требования к его персоналу, документации, обязательной для организации работы по сертификации. 10 Укажите порядок проведения сертификации однородной продукции. 11 Из каких соображений выбирается схема сертификации? Поясните применение каждой из схем на примерах. 12 Каков порядок проведения работ по сертификации систем качества, его основные этапы? Приведите содержание этих этапов.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### Общие указания к выполнению задания

Контрольное задание состоит из шести задач и двух контрольных вопросов и охватывает темы 1.1–2.3, 3.1 и 2.4–2.9, 3.2 соответственно. Номера задач и контрольных вопросов, подлежащих включению в индивидуальные задания, определяются по двум последним цифрам шифра студента и задаются при выдаче данной брошюры (таблица 13). Номер контрольного вопроса состоит из двух или трех цифр, первая из которых обозначает номер темы (1 – для темы 3.1 и 2 – для темы 3.2). Вторая и третья цифры – номер вопроса для самопроверки, включенного в задание в качестве контрольного. Номер варианта задач соответствует последней цифре шифра.

Приступать к решению задачи и ответам на контрольные вопросы следует только после полной проработки соответствующей и предыдущих учебных тем. Условия задачи должны быть записаны полностью. Решения задач и ответы на поставленные в них вопросы должны быть обоснованными и по возможности краткими, содержать необходимый иллюстративный материал (схемы, чертежи, графики) и быть выполненными в строгом соответствии с действующими стандартами.

Задачи необходимо решать сначала в общем виде, а затем подставлять числовые значения (в соответствии с вариантом) в принятых единицах физических величин (по СТ СЭВ 1052-78). Недостающие данные (если таковы необходимы) следует задавать самим в общем виде или в пределах реальных значений. Окончательные результаты измерений должны быть представлены в соот-

ветствии с МИ 1317-86 с указанием размерности. Решения задач должны заканчиваться четко сформулированными выводами.

При решении задач 9–12 и 13–16 следует учитывать общие для группы условия, приведенные перед задачами 9 и 13 соответственно.

Контрольное задание должно выполняться в отдельной ученической тетради, на обложке которой должны быть указаны наименование учебной дисциплины, фамилия и инициалы студента, а также (крупным шрифтом) его шифр.

Если студент желает, чтобы проверенное задание было выслано ему почтой, то на второй странице обложки следует указать свой почтовый адрес и индекс отделения связи.

### Задачи

1 Определить значения наибольших допускаемых абсолютных и относительных погрешностей измерения тока  $I_n$  (таблица 1) миллиамперметром М109/1 с пределом измерения 0-750 мА и классом точности 0,5.

Таблица 1

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_n$ , мА	715	510	685	360	126	95	460	380	290	740
$U_n$ , В	43,5	69,0	74,5	18,5	30,0	50,0	60,0	15,0	42,0	25,0
$I_1$ , мА	40	82	99	58	90	70	96	59	85	96
$I_2$ , мА	38	84	91	61	36	68	92	57	89	90

2 Какого класса точности и с какими стандартными пределами измерения следует выбрать миллиамперметр, чтобы при измерении тока  $I_n$  (см. таблицу 1) его показания отличались от действительного значения тока не более чем на  $\pm 3$  мА?

3 Определить значения наибольших допускаемых абсолютной и относительной погрешностей измерения напряжения  $U_n$  (см. таблицу 1) вольтметром М1200 класса точности 0,5 и с пределами измерения 0-75 В.

4 Какого класса точности и с какими стандартными пределами измерения следует выбрать вольтметр, чтобы при измерении напряжения  $U_n$  (см. таблицу 1) его показания отличались от действительного значения напряжения не более чем на  $\pm 0,8$  В?

5 Силу тока измеряли двумя последовательно включенными магнитоэлектрическими миллиамперметрами. Первый из них (его пределы измерений 0-750 мА, класс точности 0,5) показал значения  $I_1$ , второй (его пределы измерений 0-100 мА, класс точности 2,5) показал значения  $I_2$ . Взяв из таблицы 1 значения  $I_1$  и  $I_2$ , определить инструментальные погрешности измерений каждым прибором, указать, какое из двух измерений проведено с большей точностью и могут ли при исправных приборах их показания отличаться так, как это дано в условии задачи.

Таблица 2

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ФВ	Ток	Напряжение	Емкость	Частота	Сопротивление	Мощность	Время	Ток	Э.д.с.	Емкость
Размерность	мкА	мкВ	мкФ	кГц	кОм	мВт	мс	мА	мВ	нФ
n	15	20	30	35	25	31	20	25	35	30
j	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2
i	1-15	1-20	1-30	1-35	1-25	1-31	1-20	1-25	1-35	6-35

6 Требуется измерить силу тока  $I_n$  (см. таблицу 1), имея в распоряжении два миллиамперметра: М109/1 класса точности 1,5 с пределами измерений 0–750 мА и М1104 класса точности 0,5 с пределами 0–3 А. Измерение, каким прибором более точное?

7 Обработать ряд наблюдений, полученных в процессе измерения физической величины (ФВ), оценить случайную погрешность измерений, полагая результаты наблюдений исправленными и равноточными, и записать результат измерений с доверительной вероятностью 0,95 (для четных вариантов, включая нулевой) или 0,99 (для остальных) по одной из форм, предусмотренных МИ 1317-86, СТ СЭВ 543-77, ГОСТ 8.207-76. Вид ФВ, ее размерность и число наблюдений указаны в таблицы 2. Ряд наблюдений ФВ выбрать из таблицы 3 в соответствии с номером выборки  $j$  и номерами реализации  $i$ , указанными в таблице 2\*.

8 Решить предыдущую задачу (№ 7), выбрав необходимые данные не из таблицы 2, а из таблицы 4.

При решении задач 9-12 необходимо определить доверительные границы суммарной погрешности результата измерения и записать его по одной из форм, предусмотренных МИ 1317-86, СТ СЭВ 543-77, ГОСТ 8.207-76. Значение доверительной вероятности  $P$  и другие необходимые данные, руководствуясь условием задачи, взять (в соответствии со своим вариантом) из таблицы 5. При расчетах полагать распределение случайной погрешности соответствующим нормальному распределению, а число наблюдений при измерениях большим 32.

\* Например, для варианта 9 в качестве ряда наблюдений силы тока необходимо взять совокупность чисел, содержащихся в строках 6–35 (т.к.  $i=6-35$ ) столбца 2 (т.к.  $j=2$ ) таблицы 3

Таблица 3

№ реализации	Выборка							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	15,430	21,840	10,566	41,397	32,700	15,166	25,033	38,493
2	15,370	21,940	10,319	41,249	32,744	14,319	24,934	38,450
3	13,930	22,030	10,454	41,342	32,786	15,054	25,011	38,522
4	15,570	21,990	10,576	41,249	32,578	14,949	25,033	38,524
5	15,090	22,030	10,407	41,396	32,848	16,097	25,001	38,481
6	14,970	22,050	10,491	41,363	32,593	15,063	25,018	38,518
7	14,930	22,150	10,360	41,293	32,588	14,993	24,991	38,478
8	14,980	22,080	10,525	41,122	32,519	14,822	25,025	38,511
9	15,730	21,980	10,435	41,262	32,603	14,962	25,007	38,482
10	14,610	21,870	10,430	41,113	32,627	14,813	25,006	38,500
11	15,830	22,000	10,451	41,218	32,635	14,818	25,010	38,580
12	15,500	21,990	10,250	41,158	32,970	14,853	24,970	38,474
13	14,530	21,930	10,416	41,288	32,754	14,988	25,003	38,541
14	14,930	22,100	10,442	41,461	32,702	15,161	24,972	38,510
15	15,880	21,980	10,262	41,074	32,879	14,774	25,016	38,514
16	15,400	21,990	10,481	41,405	32,799	15,105	25,002	38,513
17	15,070	22,100	10,412	41,112	32,775	14,812	25,029	38,483
18	15,940	22,050	10,547	41,251	32,690	14,951	24,984	38,454
19	14,460	22,100	10,322	41,219	32,671	14,919	24,976	38,472
20	16,220	22,060	10,280	41,198	32,642	14,899	25,002	38,452
21	15,710	22,820	10,409	41,189	32,701	14,889	24,986	38,449
22	15,340	22,110	10,332	41,302	32,688	15,001	24,994	38,489
23	14,430	22,040	10,378	41,339	32,676	15,039	24,997	38,512
24	14,250	22,100	10,235	41,503	32,685	15,203	24,998	38,498
25	15,440	21,980	10,389	41,158	32,826	14,858	24,962	38,445
26	15,350	21,860	10,211	41,282	32,781	14,982	25,038	38,505
27	15,130	21,950	10,590	41,074	32,619	14,774	25,007	38,536
28	16,190	21,870	10,437	41,253	32,640	14,953	25,026	38,484
29	15,740	21,850	10,528	41,457	32,570	15,157	25,006	38,553
30	14,690	22,140	10,428	41,406	32,784	15,106	25,012	38,547
31	15,730	22,160	10,458	41,497	32,809	15,197	25,000	38,447
32	15,300	21,990	10,398	41,300	32,633	14,999	25,030	38,523
33	13,910	22,010	10,549	41,546	32,717	15,246	24,989	38,528
34	14,870	21,880	10,343	41,286	32,577	14,987	25,003	38,481
35	15,370	21,910	10,440	41,360	32,771	15,060	25,008	38,502

9 В процессе обработки результатов прямых измерений напряжения  $U$  определены (все значения в вольтах): среднее арифметическое значение этого напряжения  $\bar{U} = \bar{X}$ , среднее квадратическое отклонение среднего арифметического  $\sigma_{\bar{U}} = \sigma_{\bar{X}}$ , границы неисключенных остатков двух составляющих систематических погрешности (равны  $\Delta_{C2}$  и  $\Delta_{C3}$  соответственно).



10 В процессе обработки результатов прямых измерений напряжения  $U$  определены (все значения в вольтах): среднее арифметическое значение этого напряжения  $\bar{U} = \bar{X}$ , среднее квадратическое отклонение среднего арифметического  $\sigma_{\bar{U}} = \sigma_{\bar{X}}$ , границы неисключенных остатков двух составляющих систематических погрешности (равны  $\Delta_{C2}$  и  $\Delta_{C3}$  соответственно).

11 В процессе обработки результатов прямых измерений силы тока  $I$  определены (в миллиамперметрах): среднее значение  $\bar{I} = \bar{X}$ , с.к.о. среднего арифметического  $\sigma_{\bar{I}} = \sigma_{\bar{X}}$ , границы неисключенных остатков трех составляющих систематической погрешности (равны  $\Delta_{C1}$ ,  $\Delta_{C2}$  и  $\Delta_{C3}$  соответственно).

Таблица 4

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Время	Индуктивность	Мощность	Частота	Сопротивление	Длина	Период	Э.д.с	Индуктивн.	Ток
Размерность	мкс	мГн	Вт	МГц	МОм	мм	с	мВ	мкГн	мА
n	18	15	20	35	20	20	15	25	20	35
i	1-18	21-35	16-35	1-35	16-35	16-35	21-35	11-35	16-35	1-35
j	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5

Таблица 5

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{X}$	5,75	1,246	180,31	25,43	8,49	4,38	20,92	9,48	53,79	16,48
$\sigma_{\bar{X}}$	0,08	0,037	0,52	0,23	0,20	0,60	1,20	0,45	0,12	0,51
$\Delta_{C1}$	0,32	0,045	1,30	0,92	0,56	0,14	1,56	0,35	2,30	0,83
$\Delta_{C2}$	0,15	0,023	0,49	0,87	0,35	0,48	0,62	0,46	0,82	0,87
$\Delta_{C3}$	0,21	0,012	0,16	0,29	0,20	0,12	0,47	0,23	0,63	0,39
$\Delta_{C4}$	0,18	0,016	0,21	0,85	0,19	0,23	1,10	0,20	0,60	0,81
P	0,95	0,99	0,95	0,99	0,95	0,99	0,95	0,99	0,95	0,99

12 В процессе обработки результатов прямых измерений сопротивления резистора  $R$  определены (все значения в килоомах): среднее арифметическое значение  $\bar{R} = \bar{X}$ ; границы неисключенных остатков трех составляющих систематической погрешности (равны соответственно  $\Delta_{C1}$ ,  $\Delta_{C2}$  и  $\Delta_{C3}$ ); случайная погрешность пренебрежимо мала.

13 В процессе обработки результатов прямых измерений емкости конденсатора  $C$  определены (все данные в нанофарадах): среднее арифметическое значение емкости  $\bar{C} = \bar{X}$ ; среднее квадратическое отклонение среднего арифметического  $\sigma_{\bar{c}} = \sigma_{\bar{x}}$ ; границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности (равны  $\Delta_{C3}$  и  $\Delta_{C4}$  соответственно).

В задачах 13–16 необходимо, воспользовавшись результатами обработки прямых измерений величин-аргументов (они приведены в таблицы 6), продолжить обработку результатов косвенного измерения, оценить случайную погрешность его и записать результат косвенного измерения в соответствии с МИ 1317-86, СТ СЭВ 543-77, ГОСТ 8.207-76. При этом следует учесть, что в таблице 6 использованы следующие обозначения:  $n$  – число наблюдений каждой величины-аргумента в процессе прямого измерения ее;  $P$  – установленная доверительная вероятность;  $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3$  – средние арифметические значения;  $\sigma_{\bar{x}_1}, \sigma_{\bar{x}_2}, \sigma_{\bar{x}_3}$  – оценки средних квадратических отклонений среднего арифметического;  $R_{1,2}; \dots; R_{2,3}$  – оценки коэффициентов корреляции (связи) между погрешностями измерения соответствующих величин-аргументов.

14 Мощность  $P$  постоянного тока измерялась косвенным методом путем многократных измерений напряжения  $U$  и тока  $I$  с учетом известной зависимости  $P=U \cdot I$ . При обработке результатов измерения принять  $\bar{U} = \bar{X}_1$  (В);  $\bar{I} = \bar{X}_2$  (мА);  $\hat{\sigma}_{\bar{u}} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_1}$  (В),  $\hat{\sigma}_{\bar{i}} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_2}$  (мА),  $\hat{R}_{U,I} = \hat{R}_{1,2}$  (см. таблицу 6).

Таблица 6

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n$	35	15	21	11	19	32	13	40	11	17
$P$	0,95	0,99	0,95	0,99	0,95	0,99	0,95	0,99	0,95	0,99
$\bar{X}_1$	12,45	8,46	14,39	27,65	19,37	25,20	17,30	32,50	19,00	37,35
$\bar{X}_2$	0,347	0,521	2,032	4,251	3,498	2,837	5,360	2,000	5,380	5,120
$\bar{X}_3$	5,320	1,090	10,51	15,40	6,300	1,800	10,14	22,50	5,210	28,05
$\hat{\sigma}_{\bar{x}_1}$	0,30	0,14	0,15	0,31	0,36	0,38	0,22	0,19	0,31	0,57
$\hat{\sigma}_{\bar{x}_2}$	0,023	0,021	0,042	0,030	0,40	0,028	0,430	0,036	0,036	0,047
$\hat{\sigma}_{\bar{x}_3}$	0,085	0,050	0,21	0,29	0,052	0,010	0,32	0,20	0,081	0,89
$\hat{R}_{1,2}$	-0,15	0,05	-0,34	0,47	-0,09	0,75	0	0,60	-0,50	0,80
$\hat{R}_{1,3}$	0,80	-0,42	-0,49	0,80	0,90	0,85	-0,09	-0,50	0,72	0,05
$\hat{R}_{2,3}$	0,60	0,84	0,14	-0,32	0,46	0,63	0,53	0,06	0,18	-0,16
$R_0$	0,1	10,0	2	0,1	1,0	0,1	10,00	5,0	0,1	1,0

15 Сопротивление  $R_x$  определялось путем многократных измерений падения напряжения на нем  $U_x$  и на последовательно соединенном с ним образцовом резисторе  $R_0$  (в таблицы 6 его значение указано в килоомах) с последующим расчетом по формуле  $R_x = R_0 U_x / U_0$ . При обработке результатов измерения  $R_x$  принять  $\bar{U} = \bar{X}_1$  (В);  $\bar{U}_0 = \bar{X}_2$  (В);  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_x} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_1}$  (В);  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_0} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_2}$ , а погрешностью резистора пренебречь.

16 Напряжение на электрической цепи  $U_n$  определялось путем многократных измерений напряжений  $U_1, U_2, U_3$  на участках этой цепи с последующим вычислением по формуле  $U_n = U_1 + U_2 + U_3$ . При обработке результатов косвенного измерения  $U_n$  принять  $\bar{U}_1 = \bar{X}_1$  (В);  $\bar{U}_2 = \bar{X}_2$  (В);  $\bar{U}_3 = \bar{X}_3$ ;  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_1} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_1}$  (В);  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_2} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_2}$  (В);  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_3} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_3}$  (В);  $\hat{R}_{\bar{u}_1, \bar{u}_2} = \hat{R}_{1,2}$ ;  $\hat{R}_{\bar{u}_1, \bar{u}_3} = \hat{R}_{1,3}$ ;  $\hat{R}_{\bar{u}_2, \bar{u}_3} = \hat{R}_{2,3}$  (см. таблицу 6).

17 Резонансная частота  $f_0$  колебательного контура определялась путем многократного измерения индуктивности  $L$  и емкости  $C$ , входящих в него катушки индуктивности и конденсатора с последующим вычислением по формуле  $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ . При обработке результатов косвенного измерения частоты  $f_0$  принять  $\bar{L} = \bar{X}_2$  (мГн);  $\bar{C} = \bar{X}_3$  (мкФ);  $\hat{\sigma}_{\bar{L}} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_2}$  (мГн);  $\hat{\sigma}_{\bar{C}} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_3}$  (мкФ) (см. таблицу 6).

18 На основе магнитоэлектрического ИМ с внутренним сопротивлением  $R_i$ , ценой деления по току  $C_I$  и шкалой с 50 делениями необходимо создать вольтамперметр с пределами измерения: по току  $0-I_n$  и по напряжению  $0-U_{ном}$ . Рассчитать сопротивления, необходимые для этого шунта –  $R_{ш}$  и добавочного резистора –  $R_d$ , определить цену деления полученного прибора по току  $C_{IP}$  и по напряжению  $C_{UP}$ , начертить принципиальную схему полученного прибора. Значения  $R_i, C_I, I_n$  и  $U_n$  взять из таблицы 7.

19 Рассчитать по условиям задачи 18 значения  $R_{ш}$ , внутреннее сопротивление  $R_a$ , полученного после расширения пределов измерения амперметра, и определить погрешность метода измерения тока этим амперметром, обусловленную влиянием внутреннего сопротивления амперметра  $R_a$  при включении прибора в цепь (рисунок 1,а). Значение  $R_n$  взять из таблицы 7.

20 Рассчитать по условиям задачи 18 значение  $R_d$ , внутреннее сопротивление  $R_v$ , полученное после расширения пределов измерения вольтметра, и определить погрешность метода измерения вольтметром падения напряжения на нагрузке  $R_n$ , обусловленную влиянием внутреннего сопротивления  $R_v$  при включении прибора в цепь (рисунок 1,б) Значения  $R_n$  и  $R_0$  взять из таблицы 7.

Таблица 7

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_i$ , Ом	4,4	3,2	4,0	5,0	6,0	10,0	24,0	8,0	40,0	12,0
$C_i$ , мА/дел.	0,02	0,01	0,03	0,06	0,10	0,20	0,30	0,60	0,02	0,20
$I_H$ , А	0,5	0,1	3,0	1,5	5,0	10,0	30,0	6,0	1,0	10,0
$U_H$ , В	10	1	6	30	10	5	15	3	1	50
$R_H$ , Ом	30	33	16	47	18	12	47	180	300	43
$R_0$ , Ом	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

21 В распоряжении экспериментатора находятся: потенциометр постоянного тока класса 0,005; регулируемый источник постоянного тока и высокоточный (прецизионный) образцовый резистор  $R_0=5$  Ом. Предложите схему для измерения сопротивления резистора  $R_x$  и определите его значение, если при одинаковом протекающем через  $R_0$  и  $R_x$  токе падения напряжения на них  $U_0$  и  $U_x$  соответствуют приведенным в таблице 8. Оцените также инструментальную погрешность косвенного измерения и запишите его результат в соответствии с МИ 1317-86 с доверительной вероятностью  $P=0,95$ .

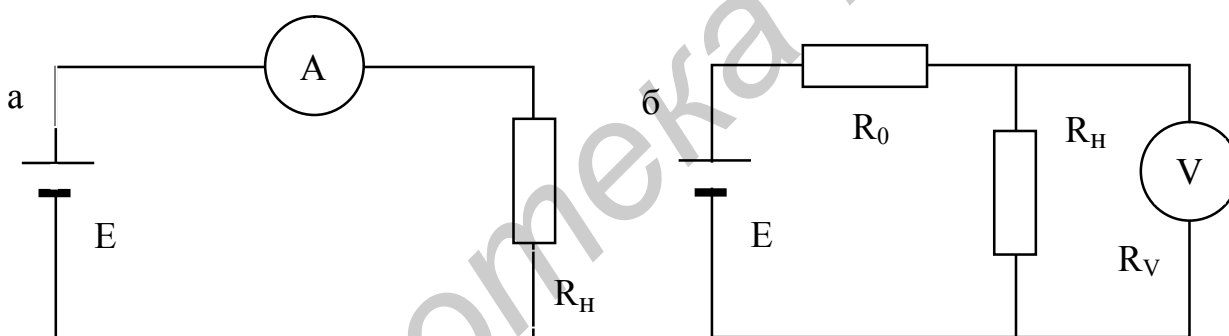


Рисунок 1

22 Силу тока  $I_x$  определяли путем измерения с помощью потенциометра класса точности 0,005 падения напряжения  $U_0$ , возникающего на образцовом резисторе  $R_0$  при протекании через него этого тока. По показанию потенциометра  $U_0$  (см. таблицу 8) определить значения  $I_x$ , если  $R_0=(0,5\pm 0,001\%)$  Ом.

23 Определить показания электромагнитного, электродинамического, термоэлектрического и выпрямительного амперметров, если они включены, а цепь, по которой протекает импульсный ток  $i$  (рисунок 2), длительность  $\tau$ , период  $T$  следования импульсов, а также значения параметров  $I_1$  и  $I_2$  приведены в таблицы 8. Учитывая, что классы точности указанных приборов равны соответственно 1,5; 0,5; 4,0; 2,5, записать по отдельности результаты измерений каждым прибором. При решении учесть, что шкалы всех приборов проградуированы в среднеквадратических значениях силы тока.

Таблица 8

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_0, В$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,30
$U_x, В$	0,75	0,88	0,85	0,95	1,05	1,15	1,25	1,55	2,05	1,85
$\tau, мс$	5,00	10,00	8,00	12,00	4,00	6,00	9,00	7,00	10,00	15,00
$T, мс$	25,00	40,00	40,00	60,00	24,00	30,00	36,00	42,00	30,00	60,00
$I_1, А$	1,20	1,00	1,40	1,30	0,80	0,90	1,40	1,20	1,00	0,80
$I_2, А$	0,40	0,20	0,50	0,30	0,40	0,30	0,20	0,60	0,40	0,20
$U, В$	2,10	2,00	8,00	40,00	1,80	15,00	6,00	25,00	1,50	12,00

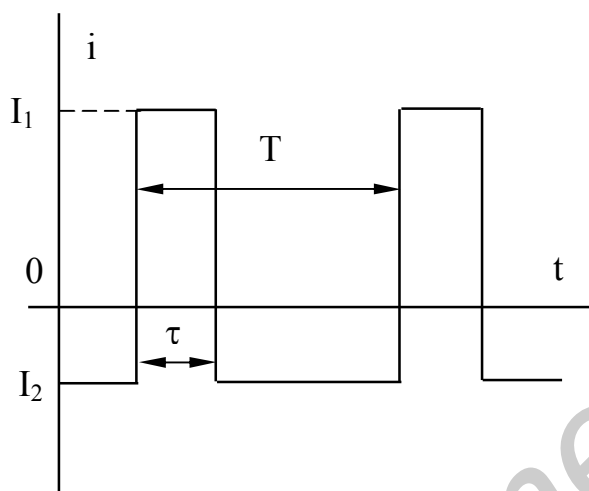


Рисунок 2

24 Сигнал синусоидальной формы после выпрямления однополупериодным выпрямителем подан на вход вольтметра ВК7-9 (детектор пиковый, вход закрытый, шкала проградуирована в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения, класс точности 2,5; пределы измерений 3, 10, 30, 100 ... В).

Определить среднеквадратическое  $U_{СК}$ , средневыпрямленное  $U_{СВ}$  и амплитудное  $U_m$  значения входного напряжения, учитывая его коэффици-

ент формы  $K_\phi = 1,57$ , коэффициент амплитуды  $K_a = 2$  и показания вольтметра  $U$  (см. таблицу 8).

25 На вход вольтметра В3-38 (детектор средневыпрямленного значения, вход закрытый, шкала и пределы измерений аналогичны вольтметру ВК7-9 (задача 26), класс точности 4,0) подан сигнал пилообразной формы с выходом генератора развертки электронного осциллографа ( $K_a = 1,73$ ;  $K_\phi = 1,16$ ). Определить значения  $U_{СВ}$ ,  $U_{СК}$  и  $U_m$  измеряемого напряжения, если показания вольтметра равны  $U$  (см. таблицу 8).

26 Определить погрешность измерения частоты  $f_x$  электронно-счетным частотомером, если время измерения равно  $t$ , период повторения импульсов кварцевого генератора  $T_k = 1$  мкс, а его нестабильность не превышает  $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ . Определить также, как изменится погрешность измерения при измерении периода  $T_x$  сигнала этой же частоты  $f_x$ . Значения  $f_x$  и  $t$  приведены в таблице 9.

27 Основная погрешность измерения временных интервалов  $\Delta t_x$  частотомером ЧЗ-34 не превышает  $\pm (2 \cdot 10^{-5} + T_m / \Delta t_x) 100$  %. Как необходимо изменить










период  $T_M$  повторения счетных импульсов, чтобы погрешность измерения временного интервала  $\Delta t_x$  не превышала  $\delta_2$ , если до этого она оказалась равной  $\delta_1$  (см. таблицу 9).

Таблица 9

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t, c$	0,01	0,1	1,0	10,0	0,01	0,1	1,0	10,00	0,1	1,0
$f_x, кГц$	1215	840	56	3,8	1418	4,5	48	4,5	620	32
$\delta_1, \%$	0,09	0,05	0,08	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,07	0,06
$\delta_2 \cdot 10^3, \%$	5	5	3	3	5	5	5	3	3	3
$F_0, МГц$	0,1	0,4	0,6	0,4	0,6	0,9	1,8	0,36	3,6	0,36
$\varphi_x, град$	42	36	54	47	62	83	42	74	82	18
$T_0, мкс$	5	80	36	27	35	41	6	11	15	20
$N, шт.$	10	20	30	40	5	60	70	80	90	100
$T_{и}, c$	1,8	28,8	1,3	9,72	12,6	14,8	2,16	3,96	5,4	7,2

28 Определить частоту синусоидального сигнала, поступающего на вход «Y» электронного осциллографа, если на вход «X» поступает синусоидальный сигнал с частотой  $f_1$ . Значение частоты  $f_1$  и вид интерференционной фигуры, полученной на экране осциллографа, приведены в таблице 10.

Таблица 10

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f_1, кГц$	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	0,15	0,2	0,3	0,4	0,8
$f_2, кГц$	0,2	0,25	2,0	2,25	1,0	0,1	0,6	0,2	0,8	0,4
Вид фигуры										
$n, шт.$	2	3	4	5	4	3	2	1	3	8
$K_0, В/дел.$	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,5
$K_p, мс/дел.$	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	0,20	0,50	0,01

29 Определить частоту синусоидальных сигналов, поступающих на вход «Z» электронного осциллографа, если на входы «X» и «Y» его поступают сигналы синусоидальной формы с частотой  $f_2$ , сдвинутые друг относительно друга по фазе на  $90^\circ$ . Количество  $n$  светлых отрезков, полученных на осциллограмме, и значение частоты  $f_2$  приведены в таблице 10.

30 Определите вид интерференционной фигуры, если известно, что на канал «Y» электронного осциллографа подан синусоидальный сигнал частоты  $f_1$ , а на канал «X» – синусоидальный сигнал частоты  $f_2$ . Значения частот  $f_1$  и  $f_2$  приведены в таблице 10.

31 Определите значение фазового сдвига между двумя гармоническими сигналами, измеряемого методом наложения с помощью двухканального электронного осциллографа. Осциллограмма сигнала в масштабе 1:1 приведена на рисунке 3.

32 Измерение параметров импульсных сигналов на входе и выходе четырехполосника проводилось с помощью двухканального электронного осциллографа. Вид полученной при измерениях осциллограммы приведен на рисунке 4. Определите амплитуду  $U_{и}$ , длительность  $\tau_{п}$ , частоту повторения  $f_{х}$ , время задержки импульса  $t_{з}$  и время нарастания фронта импульса на выходе четырехполосника, если на осциллографе установлены коэффициенты отклонения  $K_{о}$  и развертки  $K_{р}$ , значения которых приведены в таблице 10.

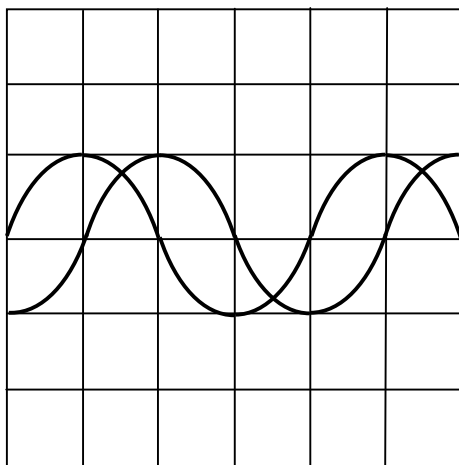


Рисунок 3

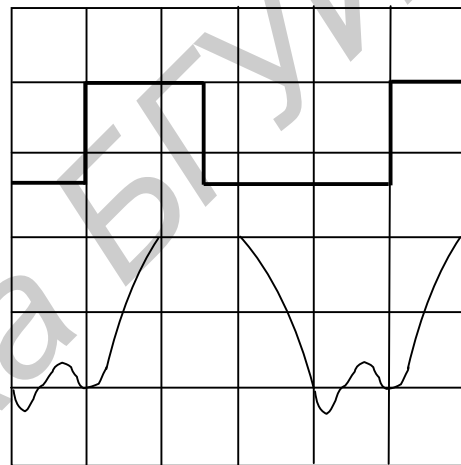


Рисунок 4

Таблица 11

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_2$ , кОм	0,20	0,10	0,50	0,15	0,25	0,35	0,45	0,30	0,55	0,60
$R_3$ , кОм	3,0	2,0	4,0	1,0	1,5	2,1	3,8	7,3	8,1	4,9
$R_4$ , кОм	1,5	5,2	2,1	3,0	2,0	2,1	7,1	5,2	2,1	9,1
$C_1$ , пФ	111	243	123	450	248	276	312	333	156	252
$C_2$ , пФ	12	15	27	21	48	18	51	42	30	36
$C_3$ , пФ	0,5	0,47	0,51	1,00	3,3	1,0	0,5	1,0	0,1	0,5
$C_4$ , пФ	300	450	25	38	56	320	65	78	120	69
$C_5$ , пФ	100	80	110	240	380	160	128	211	450	96
$f_1$ , кГц	1193	1421	2300	1273	1764	3273	2589	2132	3126	3852
$f_2$ , кГц	2386	5684	460	2546	3528	6546	5178	4264	6256	7704
$Q_1$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	120
$Q_2$	5	10	15	20	25	30	35	50	45	80

33 Записать условие равновесия моста (рисунок 5,б), получить из него выражения для определения исследуемого конденсатора емкости  $C_x$ , активной составляющей  $R_x$  комплексного сопротивления и тангенса угла потерь  $\operatorname{tg}\delta_x$  и определить их значения, если в уравновешенном состоянии моста значения  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  и  $C_3$  соответствуют приведенным в таблице 11. Частота питающего напряжения  $U_{\sim}$  равна 1 кГц.

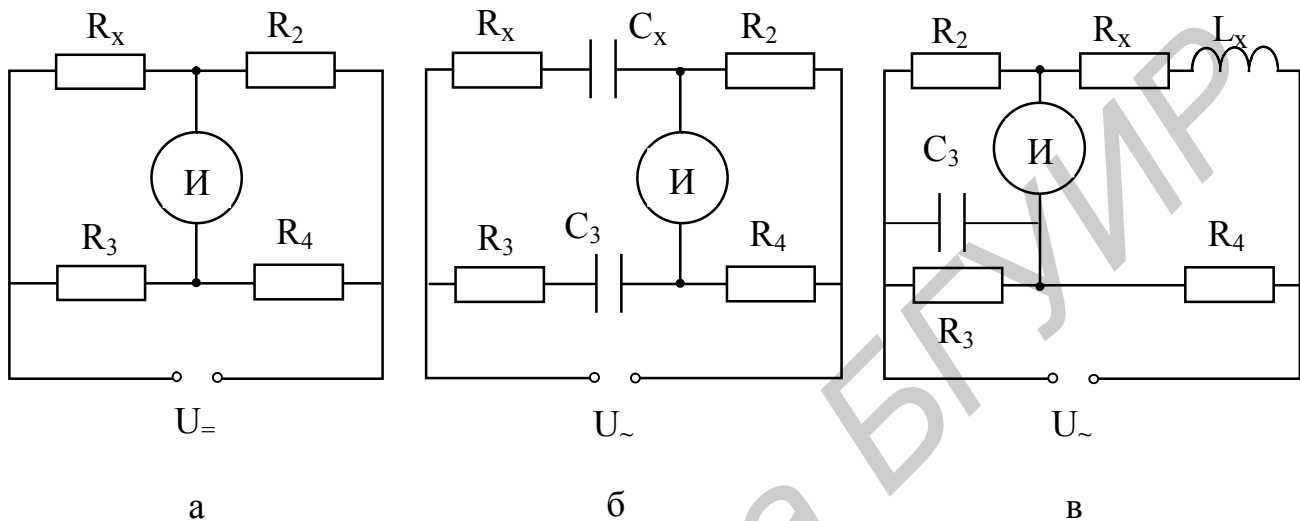


Рисунок 5

34 Решить предыдущую задачу при условии, что резистор  $R_3$  и емкость  $C_3$  включены в плечо моста не последовательно (см. рисунок 5,б), параллельно друг другу ( $C_x$  и  $R_x$  – тоже параллельно). Указать, в каких случаях применяются схемы с параллельным соединением элементов  $R_3$  и  $C_3$ .

35 Записать условие равновесия моста (рисунок 5,в), получить из него выражения для определения параметров исследуемой катушки индуктивности (индуктивность  $L_x$ , активное сопротивление  $R_x$  и добротность  $Q_x$ ) и определить их значения, если в уравновешенном состоянии моста при частоте питающего напряжения  $U_{\sim}$ , равной 50 Гц, значения  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  и  $C_3$  соответствуют приведенным в таблице 11.

36 Собственная емкость катушки индуктивности  $C_L$  измерялась резонансным методом путем поочередного подключения к ней образцовых конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  и измерения резонансных частот  $f_1$  и  $f_2$  полученных контуров. Определить значение  $C_L$ , если значения  $C_1$  и  $C_2$ ,  $f_1$  и  $f_2$  соответствуют указанным в таблице 11.

37 При измерении емкости конденсатора  $C_x$  комбинированным методом (сочетание методов резонансного и замещения) получены два значения емкости образцового конденсатора  $C_1$  и  $C_2$  (см. таблицу 11). Привести структурную схему измерения контурного типа с указанием вариантов включения  $C_x$  при



$C_x \ll C_{0.\text{макс}}$  и  $C_x > C_{0.\text{макс}}$ , где  $C_{0.\text{макс}} = 450$  пФ - максимальное значение переменного образцового конденсатора, и определить значение  $C_x$ .

38 Измерение углового перемещения  $\alpha_x$  объекта производилось с помощью преобразователя (рисунок 6) с переменной площадью пластин. Пластина 1 жесткокреплена с валом и перемещается относительно пластины 2 так, что величина воздушного зазора между ними сохраняется неизменной. Определить величину углового перемещения  $\alpha_x$  объекта, если измерены начальное  $C_0$  и конечное  $C_k$  значения емкости преобразователя. Значения  $R$ ,  $r$ ,  $C_0$ ,  $C_k$  и  $\delta$  приведены в таблице 12, абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума  $\epsilon_0 = 10^{-9}/36$  Пк/В·м.

Таблица 12

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_k$ , мГн	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40
$L_0$ , мГн	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40
$a$ , мГн	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$b$ , мГн/мм <sup>2</sup>	10,00	9,00	8,00	7,00	6,00	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
$R$ , мм	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00
$r$ , мм	9,00	12,00	13,00	12,00	15,00	14,00	17,00	17,00	19,00	19,00
$C_0$ , пФ	10,00	20,00	30,00	40,00	10,00	6,00	50,00	50,00	40,00	50,00
$C_k$ , пФ	100,00	80,00	60,00	50,00	40,00	45,00	40,00	30,00	20,00	10,00
$\delta$ , мм	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
$R_0$ , кОм	5,50	6,50	7,50	8,50	9,50	10,50	11,50	12,50	13,50	14,50
$R_k$ , кОм	10,00	20,00	15,00	16,00	20,00	18,00	35,00	64,00	36,00	100,00
$K_x$ , кОм/дел	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
$K_y$ , мм/дел.	10,00	9,00	8,00	7,00	6,00	5,00	4,00	3,00	2,00	1,00
$E_0$ , мВ	-5,89	-4,91	-2,92	-1,89	-0,78	0	0,80	1,611	1,61	2,44
$E_k$ , мВ	0	4,09	6,14	8,14	10,15	12,21	16,40	20,64	29,12	33,27

39 Измерение линейного перемещения  $l_x$  объекта производилось с помощью реостатного преобразователя, имеющего функцию преобразования с начальным сопротивлением  $R_0$  (рисунок 6). Определить линейное перемещение  $l_x$  объекта, если известно, что при перемещении объекта было зафиксировано ко-

нечное значение сопротивления  $R_k$ . Цена деления масштабной сетки по оси абсцисс  $K_x$  и по оси ординат  $K_y$ . Значения  $R_0$ ,  $R_k$ ,  $K_x$  и  $K_y$  приведены в таблице 12.

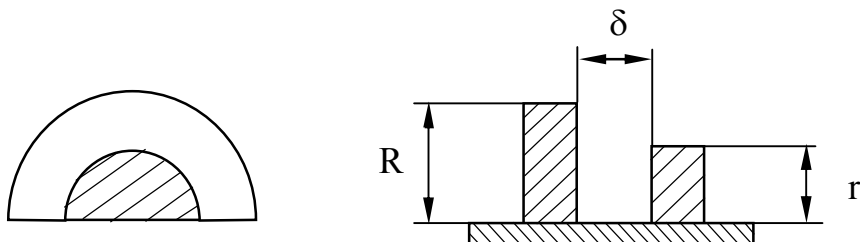


Рисунок 6

Таблица 13

Последние цифры шифра	Задачи контрольного задания

Учебное издание

## **МЕТРОЛОГИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ  
для студентов специальностей

I-53 01 07 «Информационные технологии и управление  
в технических системах»,

I-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети»  
заочной формы обучения

Составитель

**Архипенко** Анатолий Григорьевич

Ответственный за выпуск А. Г. Архипенко

---

Подписано в печать 06.07.2006. Формат 60x84 1/16.

Гарнитура «Таймс».

Уч.-изд. л. 1,5.

Печать ризографическая.

Тираж 200 экз.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 2,21.

Заказ 36.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки, 6