

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра метрологии и стандартизации

***МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ***

Рабочая программа, методические указания  
и контрольные задания  
для студентов специальности  
I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»  
заочной формы обучения

Минск 2008

УДК 389.1 (075.8)  
ББК 30.10 я73  
М 54

Составители:  
А. П. Белошицкий, С. В. Ляльков, О. И. Минченко

**Метрология, стандартизация и сертификация** : рабочая программа, метод. указания и контрольные задания для студ. спец. I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций» заоч. формы обуч. / сост. А. П. Белошицкий, С. В. Ляльков, О. И. Минченко. – Минск : БГУИР, 2008. – 32 с.

Приведена рабочая программа дисциплины, даны методические указания по ее изучению, представлены варианты заданий для контрольной работы.

**УДК 389.1 (075.8)**  
**ББК 30.10 я 73**

© Белошицкий А.П., Ляльков С.В.,  
Минченко О.И., составление, 2008  
© УО «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники», 2008

## ВВЕДЕНИЕ

Значение дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» (МСиС) при подготовке инженеров по телекоммуникациям непрерывно возрастает в соответствии с возрастанием роли различных систем телекоммуникаций во всех сферах деятельности государства и повседневной жизни людей. Исходя из этого необходимо более эффективно использовать новейшие достижения науки и техники для обеспечения полного удовлетворения потребности предприятий, организаций и населения в услугах связи, развития автоматизированной сети связи, совершенствования многоканальных систем связи и т.д. Исключительно велика роль радиовещания и телевидения как средств массовой информации. Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» систематизирует и углубляет полученные ранее знания, умения и навыки и создает фундамент для завершения этой подготовки на последующих этапах обучения. Она обеспечивает базовую подготовку инженеров электросвязи в области метрологии, стандартизации, электрорадиоизмерений и оценки соответствия, которая является востребованной во время всего периода обучения.

Целью изучения данной дисциплины является приобретение студентами знаний и навыков в области стандартизации, метрологии, электрорадиоизмерений и управления качеством, а также умение практически применять полученные знания для повышения качественных показателей продукции связи.

Основные задачи изучения настоящей дисциплины определяются требованиями к подготовке инженеров электросвязи, вытекающими из ее роли в системе непрерывной подготовки студентов, а также из типовой программы дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны

**ЗНАТЬ:**

- государственную систему технического нормирования и стандартизации (СТНиС) и национальную систему подтверждения соответствия;
- основные виды технических нормативных правовых актов (ТНПА) в области ТНиС, действующих в Республике Беларусь;
- основные методы и направления работ по стандартизации, техническому нормированию и подтверждению соответствия и возможности их реализации в области информатики и связи;
- основные принципы, методы и средства измерений электрических величин в широком диапазоне частот и широких пределах значений измеряемых величин;
- основы теории погрешностей и метрологического обеспечения разработки, производства, эксплуатации и качества изделий радиоэлектроники и средств связи;

– конкретные типы современных отечественных электро- и радиоизмерительных приборов, установок и систем общего и специального назначения;

– показатели и методы измерения качества продукции, основные схемы сертификации.

#### У М Е Т Ь:

– эффективно использовать ТНПА всех категорий и видов, правильно и обоснованно применять основные методы стандартизации и схемы подтверждения соответствия;

– технически и метрологически правильно выбирать методы измерений и измерительную аппаратуру;

– методически правильно выполнять измерения, оценивать точность и оформлять результаты измерений в соответствии с действующей нормативной документацией;

– осуществлять контроль и диагностику параметров аппаратуры систем связи, устанавливая их соответствие действующим нормам;

– грамотно эксплуатировать современную отечественную электро- и радиоизмерительную аппаратуру в процессе разработки, производства и эксплуатации средств связи.

#### И М Е Т Ь П Р Е Д С Т А В Л Е Н И Е:

– о международных организациях по стандартизации, сертификации и метрологии и их деятельности;

– об эталонах единиц электрических величин и о государственной системе обеспечения единства измерений на их основе;

– об электрорадиоизмерительной аппаратуре пятого поколения, разрабатываемой в настоящее время на основе достижений современной электроники и вычислительной техники.

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» методически тесно связана с другими дисциплинами специальностей I-45 01 01 «Многоканальные системы телекоммуникаций», I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций».

Материал программы дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении высшей математики, физики, теории электрических и радиотехнических цепей и сигналов.

В соответствии с учебным планом дисциплины предусмотрено 6 часов лекционных занятий, решение контрольной работы, 12 часов лабораторных работ, выполняемых в экзаменационную сессию.

Изучение дисциплины завершается сдачей зачета, к которому студенты допускаются только при условии успешного выполнения контрольного задания, лабораторных работ и их защиты.

Основной формой изучения дисциплины является самостоятельная работа с рекомендованной литературой. Материал дисциплины следует изучать по темам в порядке, установленном в данной рабочей программе. При этом

рекомендуется руководствоваться методическими указаниями к изучаемой теме, а также следующей, общей для большинства тем методикой: вначале прорабатывается теоретический материал по указанной в конце каждой темы литературе, уделяется основное внимание сущности изучаемого вопроса и методике вывода искомых математических выражений; затем следует изучить обобщенную структурную схему соответствующих измерительных приборов, связав назначение и особенности всех основных элементов с полученными математическими выражениями, и, наконец, надлежит изучить конкретные виды измерительных приборов и устройство их основных функциональных узлов. Особое внимание необходимо уделить определению основной погрешности изучаемых приборов и ее составляющим, влияние на величину основной погрешности параметров элементов, входящих в состав измерительного прибора, а также возможные пути уменьшения указанной погрешности.

Не рекомендуется приступать к изучению новой темы до полного усвоения всех предыдущих тем. Качество изучения материала следует контролировать путем ответов на вопросы для самопроверки, помещенные в конце каждой темы. При затруднениях в ответах необходимо повторно проработать соответствующий материал. После полной проработки темы следует решить соответствующие задачи контрольного задания.

Изучение материала рекомендуется сопровождать составлением краткого конспекта, фиксируя в нем основные сведения по изучаемой теме. Записи в конспект целесообразно делать только после того, как материал изучен и полностью понят. В конспект можно помещать вопросы для самопроверки и краткие ответы на них. Составление полноценного конспекта способствует качественному усвоению дисциплины, а его наличие позволяет в краткий срок восстановить в памяти основные положения и вопросы дисциплины, не прибегая к помощи учебников.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Елизаров, А. С. Электрорадиоизмерения / А. С. Елизаров. – Минск : Выш. шк., 1986.

2 Мирский, Г. Я. Электронные измерения / Г. Я. Мирский. – М. : Радио и связь, 1986.

3 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учебник для вузов / под ред. В. И. Нефедова. – М. : Высш. шк., 2001.

4 Метрология, стандартизация и измерения в технике связи : учеб. пособие для вузов / под ред. Б. П. Хромого. – М. : Радио и связь, 1986.

5 Метрология и измерения : учеб.-метод. пособие для индивидуальной работы студентов / под общ. ред. С. В. Лялькова. – Минск : БГУИР, 2001.

6 Ляльков, С. В. Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь : учеб.-метод. пособие для студ. спец. «Метрология,

стандартизация и сертификация (радиоэлектроника, информатика и связь)»  
днев. формы обуч. / С. В. Ляльков, О. И. Минченко. – Минск : БГУИР, 2006.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ИЗУЧЕНИЮ**

### **Раздел 1 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ**

#### **Тема 1.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТРОЛОГИИ И ИЗМЕРЕНИЯХ. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Краткий исторический обзор развития метрологии и измерительной техники. Роль измерений в науке, технике и промышленности республики. Значение дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» в подготовке инженеров по телекоммуникациям.

Основные термины и определения в области метрологии: метрология, физические величины и их единицы, измерения и их виды, принципы и методы измерений, погрешности измерений и их разновидности, средства измерений и их общая классификация, погрешности средств измерений.

[1, с. 7–17, или 2, с. 5–17, или 4, с. 6–13, 60–63].

#### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

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

Следует обратить особое внимание на классификацию средств измерений (СИ) и их погрешностей, получить четкое представление об основных терминах и определениях в области метрологии и измерений.

#### **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, физическая величина, значение физической величины, единица физической величины, погрешность измерения, СИ, мера, измерительный прибор, измерительный преобразователь, эталон, метод измерения. 4 Перечислите основные составляющие погрешности результата измерений. 5 Что такое класс точности СИ? 6 Приведите классификацию СИ.

#### **Тема 1.2 СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ**

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

[1, с. 17–19, или 2, с. 17– 20, или 4, с. 63].

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении темы особое внимание следует обратить на причины возникновения систематических погрешностей, их классификацию, 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 способы обнаружения и оценки систематических погрешностей? 4 Перечислите способы уменьшения 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. Точечная и интервальная оценки случайных погрешностей прямых равноточных измерений. Критерий грубых погрешностей. Оценка случайных погрешностей косвенных измерений. Критерий ничтожных погрешностей.

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

[1, с. 20–36, или 2, с. 20–32, или 4, с. 64–84, 5, с. 10–39].

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала темы следует прежде всего познакомиться с математическим описанием случайных погрешностей (среднее арифметическое, дисперсия, случайное отклонение, среднее квадратическое отклонение) и обратить внимание на основные теоретические положения и алгоритмы обработки результатов многократных прямых равноточных измерений. Следует четко представлять особенности оценки случайных погрешностей результатов косвенных измерений. Необходимо хорошо знать правила определения суммарной погрешности и формы представления результатов измерений в соответствии с МИ 1317-86 и ГОСТ 8.207-76. Обратить внимание на особенности оценки погрешности измерения с однократными наблюдениями.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Что является оценкой случайной погрешности? 2 При каких условиях оценка случайной погрешности является достоверной, несмещенной и эффективной? 3 Приведите основные положения теории вероятностей, используемые при оценке случайных погрешностей. 4 Как оценивается

случайная погрешность результатов прямых измерений? Приведите необходимые математические соотношения. 5 Опишите алгоритмы обработки результатов прямых равноточных измерений и измерений с однократными наблюдениями. В чем их основные различия? 6 Поясните суть критерия грубых погрешностей. 7 Дайте определение коэффициента корреляции и поясните его физический смысл. 8 Дайте определение частной погрешности косвенного измерения и поясните ее физический смысл. 9 Опишите алгоритм обработки результатов косвенных измерений. 10 Поясните сущность критерия ничтожных погрешностей, его практическое значение. Приведите примеры его применения.

#### 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.

Эталоны единиц физических величин. Передача размера единиц электрических величин. Поверочные схемы.

[1, с. 36–45 или 4, с. 10–20].

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении данной темы необходимо хорошо усвоить основные определения, относящиеся к метрологическому обеспечению (научная, техническая и организационная основы метрологического обеспечения), изучить состав, структуру и основные задачи метрологической службы Республики Беларусь. Основное внимание необходимо обратить на систему передачи единиц электрических величин. Иметь представление об эталонах единиц основных физических величин.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Дайте определение основным терминам и определениям 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 терминами «метрологическое обеспечение» и «единство измерений»? 4 Каким образом осуществляется передача размера единиц электрических величин от эталонов к рабочим средствам измерений? Приведите пример поверочной схемы. 5 Что представляют собой эталоны основных и производных единиц электрических величин?

#### Раздел 2 ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

##### Тема 2.1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЙ

Классификация 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. Общие структурные

схемы радиоизмерительных приборов прямого преобразования и сравнения, их краткая характеристика.

[1, с. 46–57, или 2, с. 32–36, или 4, с. 21–42, или 5, с. 4–9].

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала темы необходимо прежде всего ознакомиться с основными определениями и классификационными признаками, изучить классификацию СИ по этим признакам, четко уяснить, что представляет собой каждый вид электрорадиоизмерительных приборов. Затем следует изучить основные технические и метрологические характеристики СИ. При изучении общих структурных схем СИ следует обратить внимание на общие структурные элементы, твердо уяснить их назначение и уметь выделять их в структурных схемах конкретных типов СИ.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Определите квалификационные признаки СИ на примере конкретного типа радиоизмерительного прибора (например, В2-37, С1-48, СКЗ-26 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 им определение. 5 Приведите обобщенную структурную схему СИ прямого преобразования и поясните назначение ее 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 и сформулируйте их основные достоинства и недостатки.

### Тема 2.2 ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Измеряемые параметры тока и напряжения. Классификация методов и приборов для измерения тока и напряжения.

Измерение тока и напряжения электромеханическими приборами. Общие сведения об электромеханических приборах и их классификация по способу преобразования электромагнитной энергии в механическую. Магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические и электростатические приборы. Принцип работы, устройство, область применения и основные характеристики магнитоэлектрических приборов.

Измерение тока и напряжения на радиочастотах. Выпрямительные и термоэлектрические амперметры. Принцип работы, область применения и основные характеристики.

Измерение напряжения электронными аналоговыми вольтметрами. Аналоговые вольтметры прямого преобразования. Типовые структурные схемы и основные функциональные узлы аналоговых вольтметров. Зависимость показаний вольтметров от формы кривой измеряемого напряжения.

Измерение напряжения электронными цифровыми вольтметрами. Общие сведения о цифровых измерительных приборах и классификация цифровых вольтметров. Цифровые вольтметры постоянного тока, реализующие время-импульсный, частотно-импульсный и кодоимпульсный методы аналого-цифрового преобразования. Цифровые вольтметры переменного тока. Универсальные цифровые вольтметры и мультиметры. Основные узлы цифровых вольтметров.

[1, с. 60–100, или 2, с. 152–208, или 4, с. 43–49, 85–121, или 5, с. 4752].

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения темы необходимо прежде всего обратить внимание на основные измеряемые параметры и классификацию методов и приборов для измерения тока и напряжения. Затем при изучении материала по электромеханическим приборам нужно получить четкое представление о способах преобразования электромагнитной энергии в механическую и реализации этих способов в конкретных типах измерительных механизмов. Необходимо также обратить внимание на общие принципы, характеристики и узлы измерительных механизмов, способы создания противодействующего момента и момента успокоения, области применения электромеханических приборов, изучить метрологические и эксплуатационные характеристики.

Далее следует перейти к изучению аналоговых электронных амперметров и вольтметров и рассматривать вопросы темы в последовательности их перечисления. Необходимо получить четкое представление о принципе действия, схемах построения и особенностях устройства аналоговых амперметров и аналоговых вольтметров прямого преобразования. Следует обратить внимание на схемы построения детекторов пикового, среднего квадратического и средневыпрямленного значений напряжений, иметь четкое представление о принципе их работы. В заключение изучения аналоговых электронных приборов следует достаточно подробно разобраться с зависимостью показаний вольтметров от формы кривой измеряемого напряжения, знать определение коэффициентов формы и амплитуды и их использование при определении неизвестных параметров напряжения.

Переходя к изучению способов измерения напряжения электронными цифровыми вольтметрами, в первую очередь, необходимо усвоить суть и основные этапы аналого-цифрового преобразования: дискретизацию измеряемого сигнала во времени, квантование по уровню и цифровое кодирование. Далее необходимо изучить основные узлы цифровых вольтметров (логические элементы, ключи, триггеры, счетчики, дешифраторы, знаковые индикаторы). Затем нужно разобраться с классификацией цифровых вольтметров и изучить конкретные их типы, реализующие различные методы аналого-цифрового преобразования измерительных сигналов.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Приведите основные измеряемые параметры тока и напряжения и дайте их определения. 2 Приведите основные выражения, определяющие пиковое,

среднее квадратическое, средневывпрямленное и среднее значения напряжений. Как эти значения связаны между собой? 3 Перечислите возможные способы преобразования электромагнитной энергии в механическую, запишите уравнение преобразования. 4 Поясните, на чем основан принцип действия рассматриваемых в теме электромеханических приборов. 5 Какие способы создания противодействующего момента и момента успокоения вы знаете? Приведите примеры их практической реализации. 6 Как на основе электромеханических измерительных механизмов реализуются амперметры, вольтметры, ваттметры, фазометры? 7 В чем заключаются основные причины возникновения методической погрешности при измерении тока и напряжения амперметрами и вольтметрами? Укажите способы оценки методической погрешности и ее исключения из результата измерения. 8 Поясните принцип действия выпрямительных и термоэлектрических амперметров. 9 Каким образом осуществляется расширение пределов измерения электромеханических приборов? 10 Приведите обобщенную структурную схему электронного аналогового вольтметра. Поясните назначение основных элементов, входящих в ее состав. 11 Приведите структурные схемы электронных аналоговых вольтметров переменного тока. Укажите основные достоинства и недостатки рассмотренных схем. 12 Как зависят показания вольтметров с различными типами детекторов от формы кривой измеряемых напряжений? 13 Опишите процесс аналого-цифрового преобразования и охарактеризуйте его основные этапы: дискретизацию во времени, квантование по уровню, цифровое кодирование. Приведите их графическую интерпретацию. 14 Перечислите основные методы аналого-цифрового преобразования электрических сигналов. Дайте им краткую характеристику. 15 Приведите структурные схемы электронных цифровых вольтметров, реализующих различные методы аналого-цифрового преобразования. Поясните их принцип действия. 16 Каковы основные причины возникновения погрешностей измерения напряжений в аналоговых и цифровых вольтметрах?

## Тема 2.3 ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ

Общие сведения (понятия мгновенной, средней, импульсной, полной, активной и реактивной мощности) и классификация методов и приборов для измерения мощности. Измерение мощности в цепях постоянного и переменного тока.

Измерение поглощаемой мощности на высоких и сверхвысоких частотах. Тепловые методы: болометрический (термисторный) и термоэлектрический. Электронные методы: метод вольтметра и метод с использованием «горячих» носителей тока.

Измерение проходящей мощности. Метод с использованием направленных ответвителей, метод поглощающей стенки, метод с использованием эффекта Холла и пондеромоторный метод.

[1, с. 110–128, или 2, с. 208–229, или 4, с. 121–144].

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения темы необходимо получить четкое представление об основных понятиях и классификации методов и приборов для измерения мощности. Далее вопросы темы целесообразно изучать в порядке их перечисления, обратив внимание на принцип преобразования электромагнитной энергии в другие виды энергии с помощью первичных измерительных преобразователей. Необходимо хорошо усвоить устройство и принцип действия таких преобразователей и получить четкое представление об измерительных цепях, обеспечивающих дальнейшее преобразование и регистрацию электрических сигналов, содержащих измерительную информацию. Следует также обратить внимание на методы измерения проходящей мощности с помощью ваттметров поглощаемой мощности. В заключение рассмотрения основных вопросов темы следует обратить внимание на источники погрешностей измерения мощности, а также на методы оценки погрешностей или их исключения.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Дайте определение понятиям средней, мгновенной, импульсной, полной, активной и реактивной мощности. 2 Перечислите основные источники погрешности измерения мощности в цепях постоянного и переменного токов с помощью ваттметра. 3 Какими факторами определяется рабочий диапазон частот ваттметров электромеханического типа? 4 Приведите обобщенные структурные схемы ваттметров поглощаемой и проходящей мощности. В чем заключаются особенности работы данных схем? 5 Поясните особенности термисторного и болометрического методов измерения мощности СВЧ. Укажите основные источники погрешностей измерения мощности ваттметрами, реализующими данные методы. 6 Укажите основное отличие термисторного метода измерения мощности СВЧ от термоэлектрического. 7 На основе какого физического явления работают измерители мощности, реализующие метод «горячих» носителей тока? 8 Каковы преимущества и недостатки пондеромоторного измерителя мощности? 9 Поясните принцип действия направленного ответвителя. Какие его параметры влияют на точность измерения проходящей мощности? 10 На чем основан принцип действия ваттметров проходящей мощности, реализующих метод поглощающей стенки, и метод на основе эффекта Холла?

### Тема 2.4 ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ И ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ

Общие сведения и классификация приборов для измерения частоты и интервалов времени. Принципы и методы измерений частотных и временных параметров в различных частотных диапазонах.

Резонансные частотомеры, принцип работы, устройство и область применения.

Цифровые частотомеры. Типовая структурная схема цифрового частотомера, основные режимы работы и параметры цифровых частотомеров. Частотомеры низких, высоких и сверхвысоких частот.

Измерение интервалов времени. Методы прямого преобразования и сравнения. [1, с. 129–143, или 2, с. 104–142, или 4, с. 206–221, или 5, с. 53–57].

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения материала темы необходимо обратить внимание на основные измеряемые параметры и классификацию методов и приборов для измерения частоты и интервалов времени. При этом нужно четко представлять, в каком частотном диапазоне используются данные методы и приборы и почему. Основное внимание следует обратить на изучение принципа действия, структурных схем и основных источников погрешностей цифровых частотомеров и измерителей временных интервалов, а также способов расширения их частотных диапазонов. В заключение изучения темы необходимо рассмотреть измерители интервалов времени, реализующие методы прямого преобразования и сравнения.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Приведите основные измеряемые параметры электрических сигналов. Дайте определение периоду и частоте сигналов. 2 Перечислите методы измерения частоты, укажите отличительные особенности и области применения каждого из них. 3 Приведите структурную схему резонансного частотомера, охарактеризуйте его основные узлы и источники возникновения погрешностей. 4 Приведите структурную схему цифрового частотомера и поясните принцип его работы. 5 Приведите структурную схему и поясните принцип работы цифрового измерителя интервалов времени. 6 Перечислите источники погрешностей цифровых измерителей частоты и интервалов времени и укажите пути их уменьшения. 7 Поясните, каким образом можно расширить пределы измерений и частотный диапазон цифровых измерителей частоты и интервалов времени.

### Тема 2.5 ИЗМЕРЕНИЕ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ

Общие сведения и классификация методов и приборов для измерения фазовых сдвигов.

Метод суммы и разности напряжений.

Нулевой метод. Измерительные фазовращатели.

Метод преобразования фазового сдвига в интервал времени.

Неинтегрирующие и интегрирующие цифровые фазометры.

[1, с. 144–159, или 2, с. 142–151, или 4, с. 221–231, или 5, с. 57–58].

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения материала темы необходимо рассмотреть перечисленные методы измерения фазовых сдвигов, получить четкое представление о возможностях, способах реализации и области применения каждого из них. Особое внимание следует обратить на изучение принципов работы фазометров (особенно цифровых), способов расширения их частотного диапазона, а также особенностей измерительных фазовращателей в зависимости от используемого диапазона частот.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Дайте определение фазовому сдвигу. 2 Перечислите возможные методы измерения фазовых сдвигов, приведите их сравнительную характеристику. 3 Приведите структурную схему и поясните принцип действия фазометра, реализующего метод суммы и разности напряжений. Укажите достоинства и недостатки данного метода. 4 Приведите структурную схему и поясните принцип работы фазометра, реализующего нулевой метод. 5 Какие измерительные фазовращатели применяются в различных частотных диапазонах? 6 Приведите структурные схемы фазометров, реализующих метод преобразования фазовых сдвигов во временной интервал. Поясните их принцип работы. 7 Каким образом может быть расширен частотный диапазон фазометров?

## Тема 2.6 ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Классификация приборов для измерения формы электрических сигналов.

Электронно-лучевые осциллографы. Обобщенная структурная схема и основные параметры осциллографов. Универсальные осциллографы и их основные разновидности: одноканальные, многоканальные и многолучевые, многофункциональные и цифровые осциллографы. Скоростные, стробоскопические и запоминающие осциллографы. Осциллографические измерения и их автоматизация.

[1, с. 160–220, или 2, с. 54–105, 225–263, или 4, с. 166–206].

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении данной темы необходимо прежде всего получить четкое представление о способах формирования изображения на экране электронно-лучевой трубки. Затем, используя обобщенную структурную схему электронно-лучевого осциллографа, следует уяснить назначение всех его функциональных узлов, изучить систему параметров каналов осциллографа, применяемые виды разверток и синхронизации. После детального ознакомления с обобщенной структурной схемой осциллографа следует перейти к изучению универсальных осциллографов и их основных разновидностей, а также к рассмотрению скоростных, стробоскопических и запоминающих осциллографов. Следующим этапом является изучение способов применения осциллографа для измерения параметров электрических сигналов и автоматизации осциллографических измерений.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Каким образом формируется изображение на экране электронно-лучевой трубки осциллографа? 2. Какими параметрами характеризуются каналы вертикального и горизонтального отклонения осциллографа? Дайте определение этим параметрам. 3. Сформулируйте условие синхронизации. Каким образом осуществляются внутренняя и внешняя синхронизации в осциллографе? В каких случаях используется режим синхронизации от сети?

4. Перечислите основные виды разверток, применяемых в осциллографе, и охарактеризуйте каждую из них. 5. В каких случаях применяется ждущая развертка? Дайте ее определение. 6. Приведите методики измерения различных параметров электрических сигналов с помощью осциллографа. В чем заключаются особенности измерения параметров импульсных сигналов с помощью осциллографа? 7. Приведите структурные схемы скоростного и стробоскопического осциллографов и поясните принцип их действия. 8. В чем заключаются особенности построения запоминающих осциллографов?

## Тема 2.7 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

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

Измерительные генераторы гармонических сигналов. Низкочастотные, высокочастотные и сверхвысокочастотные генераторы. Генераторы качающейся частоты. Синтезаторы частоты.

Измерительные генераторы импульсов и сигналов специальной формы. Генераторы шумовых сигналов.

[1, с. 230–241, или 2, с. 239–403, или 4, с. 144–165].

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении данной темы необходимо хорошо разобраться с классификацией, номенклатурой параметров и основными требованиями, предъявляемыми к измерительным генераторам. Далее необходимо изучить обобщенную структурную схему измерительных генераторов и назначение ее функциональных узлов. После этого вопросы темы целесообразно изучать в порядке их перечисления, обращая основное внимание на отличительные особенности построения измерительных генераторов в зависимости от диапазона рабочих частот, формы и спектра вырабатываемых ими сигналов, области их применения.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Укажите основные признаки, по которым производится классификация измерительных генераторов. Приведите классификацию измерительных генераторов. 2 Перечислите основные параметры измерительных генераторов. 3 Приведите обобщенную структурную схему измерительного генератора и поясните назначение его функциональных узлов. 4 Приведите структурные схемы НЧ, ВЧ и СВЧ генераторов, укажите их основные отличительные особенности. 5 Какие основные принципы положены в основу создания синтезаторов частоты? Приведите структурные схемы синтезаторов частоты и перечислите их основные характеристики. 6 Перечислите основные способы, положенные в основу построения генераторов качающейся частоты. Каким образом эти способы реализуются в конкретных схемах построения генераторов качающейся частоты? 7 Поясните особенности построения генераторов импульсов и сигналов специальной формы. 8 Приведите

структурную схему генератора шумовых сигналов и укажите ее отличительные особенности по сравнению с обобщенной схемой измерительных генераторов.

### Раздел 3 ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

Основные цели и задачи технического нормирования и стандартизации. Основные термины и определения: техническое нормирование; стандартизация; объект технического нормирования, стандартизации; виды ТНПА; требования к ТНПА. Разновидности стандартизации: международная, государственная, отраслевая.

Система технического нормирования и стандартизации. Органы и службы стандартизации, их задачи и функции. Государственный надзор за соблюдением технических регламентов.

Методические основы стандартизации. Система предпочтительных чисел, основные методы стандартизации.

Международная стандартизация.

[4, с. 383–412, или 5, с. 73–78], или [www.gosstandart.gov.by](http://www.gosstandart.gov.by), или [www.belgiss.org.by](http://www.belgiss.org.by), или [www.belgim.by](http://www.belgim.by).

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала раздела необходимо прежде всего уяснить цели и задачи технического нормирования и стандартизации, роль стандартизации и ее участие во всех сферах жизнедеятельности общества, получить четкое представление об основных терминах и определениях в области технического нормирования и стандартизации.

Следует обратить внимание на основные функции органов и служб стандартизации. Следует четко представлять, что является объектом технического нормирования и стандартизации, какие виды технических нормативных правовых актов (ТНПА) действуют в республике. Необходимо уяснить формы осуществления государственного надзора за соблюдением технических регламентов (ТР), кто его осуществляет, меры ответственности за несоблюдение требований ТР и других ТНПА.

Следует обратить особое внимание на основные методы стандартизации и направления работ, их значение в повышении эффективности производства и улучшении качества продукции и услуг.

Необходимо знать основные системы ТНПА, в том числе и международные, представлять значение международной стандартизации для развития отечественной стандартизации, экономических и культурных связей между странами.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Почему стандартизация играет важную роль во всех областях науки, техники и производства? 2. В чем состоят основные цели и принципы технического нормирования и стандартизации? 3. Дайте определение основным понятиям в области стандартизации. 4. Перечислите органы и службы

стандартизации, в чем состоят их основные функции? 5. Что является объектом технического нормирования и стандартизации? Какие виды ТНПА действуют в республике? 6. Что собой представляет система предпочтительных чисел? Какие вы знаете параметрические ряды и их разновидности, где они применяются? 7. Перечислите основные методы стандартизации и дайте их краткую характеристику. 8. Охарактеризуйте основные направления работ по стандартизации. 9. Перечислите основные системы ТНПА, действующих в отрасли связи. 10. Какова роль международной стандартизации и какие существуют основные международные организации по стандартизации?

#### Раздел 4 ОСНОВЫ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ

Основные цели и принципы оценки соответствия. Понятие качества продукции. Основные показатели качества. Методы измерения качества.

Национальная система подтверждения соответствия РБ (НСПС РБ). Организационная структура системы и ее основные функции.

Схемы сертификации продукции. Порядок проведения сертификации продукции и СМК. Основные документы по сертификации продукции.

[6] или [www.gosstandart.gov.by](http://www.gosstandart.gov.by), или [www.belgiss.org.by](http://www.belgiss.org.by), или [www.belgim.by](http://www.belgim.by).

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения материала раздела необходимо ознакомиться с основными целями и задачами оценки соответствия, уяснить основные понятия данной области. Особое внимание следует уделить набору показателей качества и методам их измерения.

Следует обратить внимание на функции органов НСПС РБ. Необходимо уяснить, что является объектом оценки соответствия, и какие документы об оценке соответствия действуют в республике.

Основное внимание следует обратить на порядок проведения сертификации продукции и систем менеджмента качества (СМК).

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Сущность оценки соответствия, ее основные цели и принципы. 2. Дайте определение основным понятиям в области оценки соответствия: оценка соответствия, аккредитация, подтверждение соответствия, форма подтверждения соответствия, схема подтверждения соответствия, НСПС РБ, сертификат соответствия. 3. Перечислите и охарактеризуйте основные показатели качества. 4. Как измеряется качество? 5. Основные положения НСПС РБ. 6. Перечислите органы по сертификации, в чем состоят их основные функции? 7. Что является объектом оценки соответствия? 8. Какие основные документы об оценке соответствия действуют в республике? 9. Какие существуют схемы сертификации продукции? 10. Каков порядок проведения сертификации продукции?

## КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Выполнение контрольных заданий является одной из важнейших частей самостоятельной работы студентов. Оно способствует успешному усвоению материала, приобретению практических навыков подготовки к измерениям, обработке и оформлению результатов, облегчает подготовку к зачету по дисциплине. Поэтому выполнению контрольных заданий должно быть уделено большое внимание. Для более детальной проработки вопросов дисциплины рекомендуется также решить другие задачи, не вошедшие в индивидуальное задание.

### ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Контрольное задание состоит из 10 задач и охватывает разделы 1–4. Номера задач, подлежащих включению в индивидуальные задания, определяются по двум последним цифрам шифра студента. Номер варианта соответствует последней цифре шифра. Задачи не своего варианта или задания не засчитываются, а работа возвращается студенту без проверки.

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

Задачи следует решать **в общем виде** и только затем подставлять числовые значения в стандартных единицах физических величин. Недостающие данные (если это необходимо) следует задавать самим в общем виде или в пределах реальных значений. **Обязательно** следует приводить пояснения хода решения. Задачи, представленные без пояснений, могут быть не зачтены. Окончательные **результаты** измерений **должны быть представлены** в соответствии с МИ 1317-86 или ГОСТ 8.207-76 с указанием размерности физической величины. Решения задач должны заканчиваться четко сформулированными выводами. При решении задач с большим объемом вычислений рекомендуется использовать ПЭВМ. Программу следует составлять на языке высокого уровня, а ее распечатку приложить к контрольной работе. При этом следует предусмотреть вывод на печать основных результатов промежуточных и окончательных вычислений, а также дать пояснения к алгоритму и привести основные расчетные соотношения.

Контрольное задание должно выполняться в отдельной тетради, на обложке которой должно быть указано наименование учебной дисциплины, фамилия и инициалы студента, номер шифра и группа. Если студент желает, чтобы проверенное задание было выслано ему почтой, следует указать почтовый адрес и индекс отделения связи.

## ЗАДАЧИ

В задачах 1–4 необходимо определить предел абсолютной и относительной погрешности измерения тока или напряжения, если измерения проводились магнитоэлектрическим прибором с классом точности  $\gamma$  и пределом измерения  $A$  (таблица 1).

Таблица 1

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$A_1$	100	250	25	100	75	50	300	75	30	50
$A_2$	150	200	10	75	25	20	500	100	15	30
$\gamma_1$	2,5	1,0	2,5	4,0	0,2	0,5	2,5	1,5	0,1	2,0
$\gamma_2$	2,0	0,5	4,0	5,0	1,5	1,0	1,5	2,0	0,25	4,0
$X_1$	72	185	7,8	76	21,5	19	282	65	12,8	27,5
$X_2$	79	180	8,6	70	20,1	18,2	270	63	12,7	25,8

1. Результат измерения  $I = X_1$  мА, миллиамперметр с нулем в начале шкалы, класс точности  $\gamma_1$ , предел  $A_1$  мА.

2. Результат измерения  $I = X_1$  мА, миллиамперметр с нулем в середине шкалы, класс точности  $\gamma_1$ , предел  $\pm A_1$  мА.

3. Результат измерения  $U = X_2$  В, вольтметр с нулем в начале шкалы, класс точности  $\gamma_2$ , предел  $A_2$  В.

4. Результат измерения  $U = X_2$  В, вольтметр с нулем в середине шкалы, класс точности  $\gamma_2$ , предел  $\pm A_2$  В.

В задачах 5–6 необходимо оценить инструментальные погрешности измерения тока двумя магнитоэлектрическими амперметрами с классами точности  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  и указать, какой из результатов получен с большей точностью, а также могут ли показания  $I_1 = X_1$  мА и  $I_2 = X_2$  мА исправных приборов отличаться так, как задано в условии (см. таблицу 1).

5. Приборы имеют нули в начале шкалы и пределы измерения  $A_1$  и  $A_2$  мА.

6. Приборы имеют нули в середине шкалы и пределы измерения  $\pm A_1$  и  $\pm A_2$  мА.

В задачах 7–10 необходимо для измерения напряжения  $U$  или тока  $I$  выбрать магнитоэлектрический вольтметр или амперметр со стандартными пределами измерения и классом точности, при условии, что полученный с помощью выбранного прибора результат измерения напряжения или тока должен отличаться от истинного значения  $Q$  не более, чем на  $\Delta$  (таблица 2). Необходимо также обосновать выбор предела.

7. Напряжение  $U = Q_1$  В, допустимое предельное отклонение результата  $\Delta_1$  В.

8. Ток  $I = Q_2$  мА, допустимое предельное отклонение результата  $\Delta_1$  мА.

9. Напряжение  $U = Q_1$  В, допустимое предельное отклонение результата  $\Delta_2$  В.

Таблица 2

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_1$	147	85	49	56	21	190	18	40	120	12,5
$Q_2$	43	190	36	170	8,5	570	69	23	14	195
$\pm\Delta_1$	0,7	1,8	0,8	2,0	0,3	9,0	0,3	0,4	3,5	0,5
$\pm\Delta_2$	0,9	1,4	1,2	1,2	0,12	4,3	0,09	0,18	0,55	0,28

10. Ток  $I = Q_2$  мА, допустимое предельное отклонение результата  $\Delta_2$  мА.

11. Обработать ряд наблюдений, полученный в процессе многократных прямых измерений физической величины (ФВ), и оценить случайную погрешность измерений, считая результаты исправленными и равноточными. Результат измерения представить по одной из форм МИ 1317-86 или ГОСТ 8.207-76. Вид ФВ, ее размерность, число наблюдений  $N$ , первый элемент выборки ряда  $J$  взять из таблицы 3 по предпоследней цифре шифра, номер ряда взять из таблицы 4 по последней цифре шифра. Доверительную вероятность принять  $P_d = 0,95$  для четных вариантов (включая 0),  $P_d = 0,99$  – для нечетных. Например, для шифра с последними цифрами 27 следует выбрать из таблицы 3: частота, кГц,  $N = 30$ ;  $J = 6$ . Из таблицы 4 взять 7-й ряд и выбрать из него 30 членов (с 6 по 35 включительно). Доверительную вероятность принять  $P_d = 0,99$ .

Таблица 3

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ФВ	I	U	f	R	W	t	ЭДС	l	C	L
Размерность	мкА	мкВ	кГц	кОм	мВт	мс	мВ	мм	нФ	мГн
$N$	20	15	30	35	25	19	24	25	18	32
$J$	1	10	6	1	10	15	5	1	10	4
Примечание – Приняты следующие обозначения: I – ток, U – напряжение, f – частота, R – сопротивление, W – мощность, t – время, l – длина, C – емкость, L – индуктивность										

При решении задач 12 – 15 необходимо определить доверительные границы суммарной погрешности результата измерения и записать его в соответствии МИ 1317-86 или ГОСТ 8.207-76. Значение доверительной вероятности принять для четных вариантов  $P_d = 0,95$  (включая 0) и  $P_d = 0,99$  – для нечетных. При расчетах полагать, что случайные погрешности распределены по нормальному закону, а число наблюдений существенно больше 30. Данные, необходимые для решения задач, взять из таблицы 5.

12. В процессе обработки результатов прямых измерений напряжения определено (все значения в вольтах): среднее арифметическое значение этого напряжения  $\bar{U} = \bar{X}$ , среднее квадратическое отклонение среднего арифметического  $\hat{\sigma}_{\bar{U}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}}$ , границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности  $\Delta_{C1}$  и  $\Delta_{C2}$ .

13. В процессе обработки результатов прямых измерений силы тока  $I$  определено (все значения в миллиамперах): среднее арифметическое  $\bar{I} = \bar{X}$ ; среднее квадратическое отклонение среднего арифметического  $\hat{\sigma}_{\bar{I}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}}$ ; границы неисключенных остатков трех составляющих систематической погрешности  $\Delta_{C1}$ ,  $\Delta_{C2}$  и  $\Delta_{C3}$ .

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

15. В процессе обработки результатов прямых измерений емкости конденсатора  $C$  определено (все значения в нанофарадах): среднее арифметическое  $\bar{C} = \bar{X}$ ; среднее квадратическое отклонение среднего арифметического  $\hat{\sigma}_{\bar{C}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}}$ ; границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности  $\Delta_{C3}$  и  $\Delta_{C4}$ .

В задачах 16–19 необходимо, воспользовавшись результатами обработки прямых измерений, продолжить обработку результатов косвенного измерения и, оценив его случайную погрешность, записать результат по ГОСТ 8.207-76 или МИ 1317-86. Данные, необходимые для решения задач, взять из таблицы 6.

Таблица 4

J	Номер ряда наблюдений (последняя цифра шифра)				
	0	1	2	3	4
1	16,0065	22,0123	10,3623	49,7928	35,9204
2	15,7881	22,9939	10,2493	47,9739	36,9163
3	15,6774	22,2742	10,4923	47,9254	36,2775
4	16,0797	23,0254	10,3137	49,1514	36,1006
5	16,2531	22,3024	10,3183	49,3718	36,7542
6	16,1125	22,0120	10,4059	48,0822	36,6596
7	15,6624	22,8651	10,6294	49,1950	36,1744
8	16,0556	22,3795	10,2650	48,4626	36,2023
9	16,1915	22,7172	10,3024	49,5655	35,6021
10	16,1031	22,8255	10,2688	49,7933	35,5462
11	16,1762	22,4244	10,6268	48,8541	36,5920
12	15,6497	20,0291	10,7516	47,9618	36,4078
13	15,7332	22,7570	10,3913	48,0356	36,9107
14	16,0375	22,3292	10,3496	47,9949	36,1876
15	14,8296	22,9448	10,2725	49,7925	36,6934
16	16,2142	22,0760	10,2539	49,7869	35,6774
17	15,7891	23,0105	10,3990	49,5183	35,7912
18	15,6471	22,0643	10,2790	49,7603	36,4033
19	16,2576	23,0317	10,5937	49,6780	36,3126

20	15,6675	22,8951	10,7457	49,6591	36,4941
21	16,2032	22,0419	10,3457	49,0117	35,6285
22	15,6557	22,0591	10,6968	48,3095	35,9551
23	15,6820	22,0037	10,2640	47,9303	35,7093
24	15,7611	22,0317	10,4506	48,2104	35,9808
25	16,0905	22,8747	10,3961	49,7760	35,7190
26	16,0691	22,0285	10,4081	47,9673	34,0623
27	15,6331	22,0954	10,6238	45,5625	36,0152
28	15,6937	22,0016	9,6276	49,4889	35,6716
29	15,9504	22,2415	10,2670	49,2162	36,6773
30	16,2524	22,7934	10,3424	49,7757	36,5373
31	15,6513	22,9755	10,6293	48,0032	35,6845
32	16,1298	22,2265	10,7522	48,1368	35,5179
33	16,0551	22,2543	10,5381	48,2398	35,9262
34	16,2529	22,6592	10,6926	49,0547	35,6236
35	16,1402	22,7873	10,4024	49,1183	36,9338

Продолжение таблицы 4

J	Номер ряда наблюдений (последняя цифра шифра)				
	5	6	7	8	9
1	12,7416	28,1918	38,4404	17,5151	13,4250
2	12,8033	27,0238	38,5394	17,3831	13,6387
3	12,3574	28,2393	38,1955	17,2690	13,5889
4	12,7938	27,1120	38,1271	17,3792	13,7126
5	12,5663	26,8403	37,9341	18,1100	13,4818
6	12,7133	28,0320	38,0902	17,5170	14,1668
7	12,9213	29,9967	38,5348	18,1059	13,5771
8	12,7064	27,5508	38,2339	17,3931	13,4729
9	12,7432	26,7104	38,4842	17,8772	13,6735
10	12,7428	26,9868	38,0486	17,2714	13,4710
11	13,5213	27,0866	38,4781	19,2087	13,4971
12	12,8330	26,9129	37,9250	17,2570	13,7178
13	12,8214	26,6548	38,1662	17,3044	13,6937
14	13,3946	26,9626	38,0371	17,5808	13,6149
15	13,4483	26,6438	37,8539	17,2839	13,5516
16	12,5995	26,6523	38,0422	18,0627	13,0627
17	12,8412	26,6223	37,8655	17,2912	13,4723
18	12,8082	26,9044	38,0462	18,0420	13,7356
19	13,2607	26,6086	37,8203	17,3481	13,6109
20	12,8592	28,2372	38,1242	17,2767	13,4160
21	13,4198	27,0463	38,5117	17,8749	13,4706
22	12,7251	26,8789	38,1768	17,2979	13,4409
23	12,8300	26,6435	39,3839	17,9177	13,5433
24	14,4618	26,6083	38,5401	17,4381	13,4298
25	14,5839	27,4319	38,3996	17,2971	13,4468
26	13,4515	28,1347	38,3125	17,2750	13,4825

27	13,2268	26,6294	38,5463	18,0703	13,4927
28	12,5570	26,9332	37,8538	17,3140	13,4329
29	12,7186	26,6284	37,8892	17,9669	13,5458
30	13,3361	27,0570	37,9422	17,3075	13,7324
31	13,2431	26,6138	37,8345	17,2814	13,7071
32	13,3585	26,7730	38,2995	17,6904	13,5378
33	13,2472	27,3732	38,0396	17,2827	13,7106
34	13,5172	28,1526	38,4482	17,2882	13,5850
35	13,2472	26,7359	38,4931	17,4522	13,5620

Таблица 5

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{X}$	5,75	1,246	18,31	25,43	8,49	4,38	20,92	9,48	53,79	16,48
$\hat{\sigma}_{\bar{X}}$	0,08	0,037	0,52	0,23	0,20	0,60	1,20	0,45	0,45	0,51
$\Delta_{c1}$	0,32	0,045	1,30	0,92	0,56	0,14	1,56	0,35	2,30	0,83
$\Delta_{c3}$	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

При этом учитывать, что в таблице 6 использованы следующие обозначения:

$n$  – число наблюдений каждой из величин в процессе прямых измерений;

$\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3$  – средние арифметические значения;

$\hat{\sigma}_{\bar{X}_1}, \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}, \hat{\sigma}_{\bar{X}_3}$  – оценки средних квадратических отклонений среднего арифметического;

$\hat{R}_{12}, \hat{R}_{13}, \hat{R}_{23}$  – оценки коэффициентов корреляции между погрешностями измерения  $X_1$  и  $X_2$ ,  $X_1$  и  $X_3$ ,  $X_2$  и  $X_3$  соответственно. Доверительную вероятность принять  $P_d = 0,95$  для четных вариантов (включая 0)  $P_d = 0,99$  – для нечетных вариантов.

16. Мощность  $P$  постоянного тока измерялась косвенным методом путем многократных измерений напряжения  $U$  и силы тока  $I$  с последующим расчетом по формуле  $P = U \cdot I$ . При обработке 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;  $\hat{R}_{UI} = \hat{R}_{12}$ .

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
$\bar{X}_1$	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	2,00	6,380	5,120
$\bar{X}_3$	5,320	1,090	10,51	15,40	6,30	1,80	10,14	22,50	5,210	28,05
$\hat{\sigma}_{\bar{X}_1}$	0,30	0,14	0,15	0,32	0,36	0,38	0,22	0,19	0,31	0,57

$\hat{\sigma}_{\bar{x}_2}$	0,023	0,021	0,042	0,03	0,04	0,028	0,43	0,036	0,036	0,047
$\hat{\sigma}_{\bar{x}_3}$	0,085	0,050	0,20	0,29	0,052	0,010	0,32	0,20	0,081	0,89
$\hat{R}_{12}$	-0,15	0,05	-0,34	0,47	-0,09	0,75	0	0,60	-0,50	0,80
$\hat{R}_{13}$	0,80	-0,42	-0,49	0,80	0,90	0,85	-0,09	-0,50	0,72	0,05
$\hat{R}_{23}$	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	0,1	1,0	0,1	10,0	5,0	0,1	1,0

17. Сопротивление  $R_X$  определялось путем многократных измерений падения напряжения на нем ( $U_X$ ) и падения напряжения на последовательно соединенном с ним образцовом резисторе с сопротивлением  $R_0$  кОм с последующим расчетом по формуле  $R_X = \frac{R_0 \cdot U_X}{U_0}$ . При обработке результатов

принять  $\bar{U}_X = \bar{X}_1$  В;  $\bar{U}_0 = \bar{X}_2$  В;  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_X} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_1}$  В;  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_0} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_2}$  В;  $\hat{R}_{U_X U_0} = 0$ . Погрешностью резистора  $R_0$  пренебречь.

18. Напряжение в электрической цепи  $U$  определялось путем многократных измерений напряжений  $U_1, U_2, U_3$  на участках этой цепи с последующим расчетом по формуле  $U = U_1 + U_2 + U_3$ . При обработке принять  $\bar{U}_1 = \bar{X}_1$  В;  $\bar{U}_2 = \bar{X}_2$  В;  $\bar{U}_3 = \bar{X}_3$  В;  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_1} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_1}$  В;  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_2} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_2}$  В;  $\hat{\sigma}_{\bar{u}_3} = \hat{\sigma}_{\bar{x}_3}$  В;  $\hat{R}_{U_1 U_2} = \hat{R}_{12}$ ,  $\hat{R}_{U_1 U_3} = \hat{R}_{13}$ ;  $\hat{R}_{U_2 U_3} = \hat{R}_{23}$ .

19. Резонансная частота  $f_0$  колебательного контура определялась путем многократных измерений индуктивности  $L$  и емкости  $C$ , входящих в контур катушки индуктивности и конденсатора, с последующим вычислением по формуле  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ . При обработке 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;  $\hat{R}_{LC} = 0$ .

20. Определить угол поворота подвижной части магнитоэлектрического измерительного механизма (МЭИМ) при протекании по его рамке тока  $I$ , если магнитная индукция в зазоре  $B$ , активная площадь рамки  $S$ , число витков  $w$ , удельный противодействующий момент  $K_{уд}$  (таблица 7). Схематически изобразить конструкцию МЭИМ с подвижной рамкой, пояснить принцип действия.

Таблица 7

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I$ , мА	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	4,5	3,5	2,5	1,5	0,5
$B$ , мТ	90	100	110	120	130	70	80	140	150	160
$S$ , см <sup>2</sup>	4,4	4,0	4,2	1,0	2,0	3,0	3,5	3,2	6,0	5,0
$w$ , вит.	17	18	28	85	35	25	20	23	17	15

$K_{уд} 10^{-9}, \frac{Н \cdot м}{град}$	38	40	41	42	45	39	36	46	50	66
$R_i, Ом$	1,7	2,3	3,1	4,4	7,1	8,3	9,0	9,5	13	21

21. Рассчитать для МЭИМ, параметры которого указаны в условии задачи 20, чувствительность по току  $S_I$  и постоянную по току  $C_I$ , чувствительность по напряжению  $S_U$  и постоянную по напряжению  $C_U$ . Значение внутреннего сопротивления МЭИМ  $R_i$  взять из таблицы 7.

22. Определить для МЭИМ с параметрами, указанными в условии задачи 20, значения вращающего момента  $M_{вр}$  и потребляемую мощность при протекании по рамке тока  $I$ . Значение внутреннего сопротивления МЭИМ  $R_i$  взять из таблицы 7.

23. На основе МЭИМ с внутренним сопротивлением  $R_i$ , ценой деления  $C_i$  и шкалой с  $N$  делениями необходимо создать вольтамперметр с пределами измерения по току  $I_A$ , по напряжению  $U_V$  (таблица 8). Рассчитать сопротивление шунта и добавочного резистора, определить цену деления по току  $C_I$  и по напряжению  $C_U$ , начертить принципиальную схему вольтамперметра.

Таблица 8

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_i, кОм$	0,13	0,681	1,56	1,98	1,27	2,15	0,82	0,995	1,43	0,797
$C_I, мкА/дел$	5,0	2,0	2,5	1,0	0,5	1,0	5,0	2,0	4,0	2,0
$N, дел$	100	50	200	150	100	75	50	100	50	75
$I_A, мА$	4,0	20	40	30	2,5	3,0	2,5	10	25	15
$U_V, В$	2,0	5,0	10	7,5	2,0	3,0	5,0	2,0	5,0	15
$R_{Н1}, Ом$	50	40	100	47	120	110	130	51	33	22
$R_0, кОм$	0,5	2,0	1,5	1,8	2,4	8,2	5,6	0,8	4,7	9,1
$R_{Н2}, кОм$	2,0	5,1	7,5	9,1	10,0	1,2	1,0	3,3	8,2	12,0

24. Используя условие задачи 23, рассчитать сопротивление шунта и внутреннее сопротивление амперметра, полученное при расширении его предела измерения по току до значения  $I_A$ . Определить методическую погрешность измерения тока при включении амперметра в цепь (рисунок 1, а). Сопротивление нагрузки  $R_{Н1}$  взять из таблицы 8.

25. Используя условие задачи 23, рассчитать сопротивление добавочного резистора и внутреннее сопротивление вольтметра после расширения предела измерения по напряжению до значения  $U_V$ . Определить методическую погрешность измерения напряжения при включении прибора в цепь (рисунок 1, б). Внутреннее сопротивление источника ЭДС  $R_0$  и нагрузки  $R_{Н2}$  взять из таблицы 8.

26. В процессе измерения тока в цепи (рисунок 1, а) получен результат  $I_x$ . Определить методическую погрешность измерения и действительное значение тока  $I$ , выбрав параметры цепи из таблицы 9.

27. В процессе измерения напряжения в цепи (рисунок 1, б) получен результат  $U_x$ . Определить методическую погрешность измерения и действительное значение падения напряжения  $U$  на резисторе  $R_{H2}$ , выбрав параметры цепи из таблицы 9.

В задачах 28–30 необходимо определить амплитудное  $U_m$ , среднее квадратическое  $U_{СК}$  и средневыпрямленное  $U_{СВ}$  значения напряжения, поданного на вход электронного вольтметра с пиковым детектором, закрытым входом со шкалой, отградуированной в средних квадратических значениях синусоидального напряжения. Показания вольтметра  $U_1$  приведены в таблице 10. Оценить также пределы основной инструментальной погрешности измерения  $U_m$ ,  $U_{СК}$ ,  $U_{СВ}$ , выбрав соответствующий предел измерения из ряда ...3; 10; 30; 100;... В. Результаты представить по ГОСТ 8.207-76.

28. Импульсный сигнал скважностью  $Q$  (рисунок 2, см. таблицу 10) подан в положительной полярности на вход вольтметра с классом точности 1,5.

29. Сигнал синусоидальной формы после однополупериодного выпрямителя имеет  $K_a = 2,0$  и  $K_\phi = 1,76$ . Подан в положительной полярности на вход вольтметра с классом точности 2,5.

Таблица 9

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_x, \text{мА}$	2,2	31,5	5,9	12	109	215	67	54	36	150
$R_A, \text{Ом}$	18,2	43,8	20,1	54,8	9,8	3,2	5,95	16,3	21,8	9,5
$R_{H1}, \text{Ом}$	93	150	82	75	44	8,5	9,1	10,2	77	17
$U_x, \text{В}$	31,2	5,3	48	1,5	3,6	71	18,5	9,2	4,7	51
$R_0, \text{кОм}$	7,5	0,5	56	9,8	1,0	10	9,7	3,3	12	91
$R_{H2}, \text{кОм}$	12	27,0	5,1	1,2	18	150	82	16	40	82
$R_V, \text{кОм}$	100	50	200	40	50	100	40	50	25	100

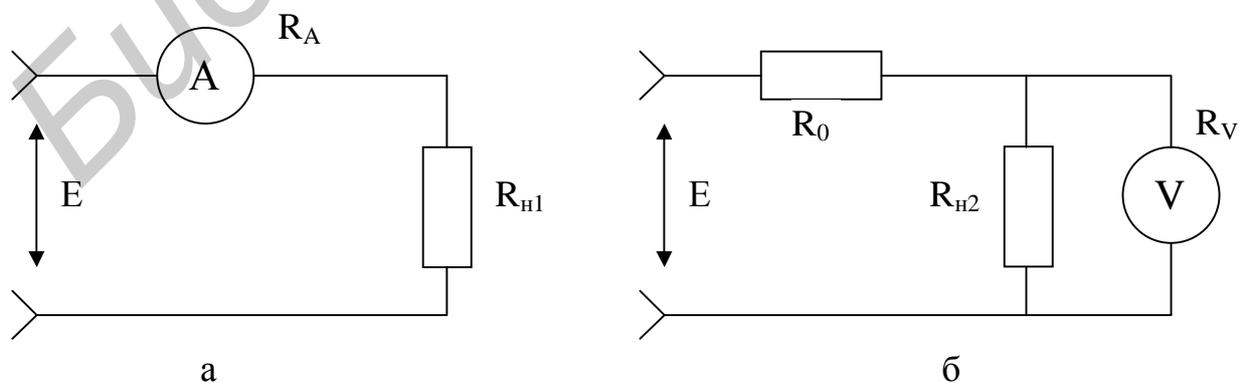


Рисунок 1

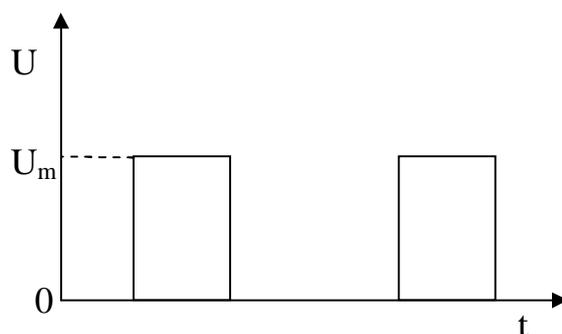


Рисунок 2

Таблица 10

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_1$ , мВ	26,4	515	42	72	27,6	15,7	152	61	550	246
$U_2$ , мВ	24,0	455	36	58	216	12,4	113	44	380	174
$U_3$ , мВ	24,2	440	33	49	178	9,5	86,5	32	280	110
$K_a$	1,73	1,86	1,6	1,5	1,55	1,95	1,65	1,6	1,70	2,1
$K_\phi$	1,16	1,32	1,1	1,2	1,05	1,43	1,21	1,15	1,25	1,35
Q	30	40	50	10	20	30	40	10	20	30

30. Сигнал синусоидальной формы после мостового выпрямителя имеет  $K_a = 1,41$  и  $K_\phi = 1,11$ . Подан в положительной полярности на вход вольтметра с классом точности 2,0.

31. Определить амплитудное, среднее квадратическое и средневывпрямленное значения напряжения пилообразной формы ( $K_a = 1,73$ ;  $K_\phi = 1,16$ ), поданного на вход электронного вольтметра с классом точности 2,0 с детектором средневывпрямленного значения, вход открытый, шкала отградуирована в средних квадратических значениях синусоидального напряжения. Показания вольтметра  $U_1$  приведены в таблице 10. Оценить также пределы основной инструментальной погрешности измерения этих значений, выбрав соответствующий предел из ряда ... 3, 10, 30, 100, ... В.

В задачах 32–34 необходимо по известным показаниям одного из вольтметров определить показания двух других. Вольтметры имеют открытые входы, шкалы их отградуированы в средних квадратических значениях синусоидального напряжения, детекторы соответственно пиковый, среднего квадратического и средневывпрямленного значений. Измеряемые напряжения имеют коэффициенты амплитуды  $K_a$  и формы  $K_\phi$  (таблица 10).

32. Известны показания вольтметра с пиковым детектором  $U_1$ .

33. Известны показания вольтметра с детектором среднего квадратического значения  $U_2$ .

34. Известны показания вольтметра с детектором средневывпрямленного значения  $U_3$ .

35. Напряжение сигнала неизвестной формы измерялось тремя вольтметрами с детекторами, описанными в условиях задач 32...34. Определить коэффициенты амплитуды и формы, если показания вольтметров следующие: с пиковым детектором  $U_1$ , с детекторами среднего квадратического значения  $U_2$  и средневывпрямленного –  $U_3$  (см. таблицу 10).

36. Ваттметр поглощаемой мощности подключен к генератору СВЧ через аттенюатор с ослаблением  $A$  (рисунок 3). Определить падающую мощность на входе аттенюатора и погрешность ее измерения, если показания ваттметра  $P_{W1}$ , его основная погрешность  $\delta_p$ , коэффициент стоячей волны входа аттенюатора  $K_{СТУ}$ , погрешность его градуировки  $\Delta_A$ . Погрешностью рассогласования ваттметра пренебречь. Данные выбрать из таблицы 11.

37. Решить задачу 36, если показания ваттметра  $P_{W2}$ .

38. Ваттметр поглощаемой мощности подключен ко вторичному каналу направленного ответвителя (НО) с переходным ослаблением  $C_1$  (рисунок 4, а). Определить падающую, отраженную и проходящую мощность, если показания ваттметра  $P_{W1}$ , коэффициент стоячей волны нагрузки  $N$  равен  $K_{СТУ}$  (см. таблицу 11).

39. Решить задачу 38, если ваттметр включен по схеме, изображенной на рисунке 4, б, и его показания  $P_{W2}$  (см. таблицу 11).

40. Решить задачу 38 при показаниях ваттметра  $P_{W1}$ , переходном ослаблении НО  $C_2$  (см. таблицу 11) и включении по схеме, изображенной на рисунке 4, б.

Таблица 11

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$A$ , дБ	25	15	32	20	40	36	8,0	30	10	22
$\pm\Delta_A$ , дБ	0,5	0,3	1,5	1,7	2,5	1,8	0,2	1,0	0,3	0,5
$\pm\delta_p$ , %	10	15	10	20	10	15	10	20	10	20
$K_{СТУ}$	1,2	1,1	2,0	1,8	2,6	1,3	1,4	1,7	2,2	1,5
$P_{W1}$ , мВт	0,27	0,55	2,2	4,52	2,0	0,75	0,49	0,32	1,8	0,19
$P_{W2}$ , мВт	0,05	0,13	0,11	0,41	0,26	0,32	0,25	0,13	0,2	0,05
$C_1$ , дБ	20	15	25	30	30	20	10	15	25	10
$C_2$ , дБ	15	20	10	25	15	10	20	10	30	15



Рисунок 3

41. При включении ваттметра по схеме, изображенной на рисунке 4, а, его показания были  $P_{W1}$ , а при переориентации НО (см. рисунок 4, б) –  $P_{W2}$ . Определить падающую, отраженную, проходящую мощности и КСВН нагрузки, если переходное ослабление НО равно  $C_2$  (см. таблицу 11).

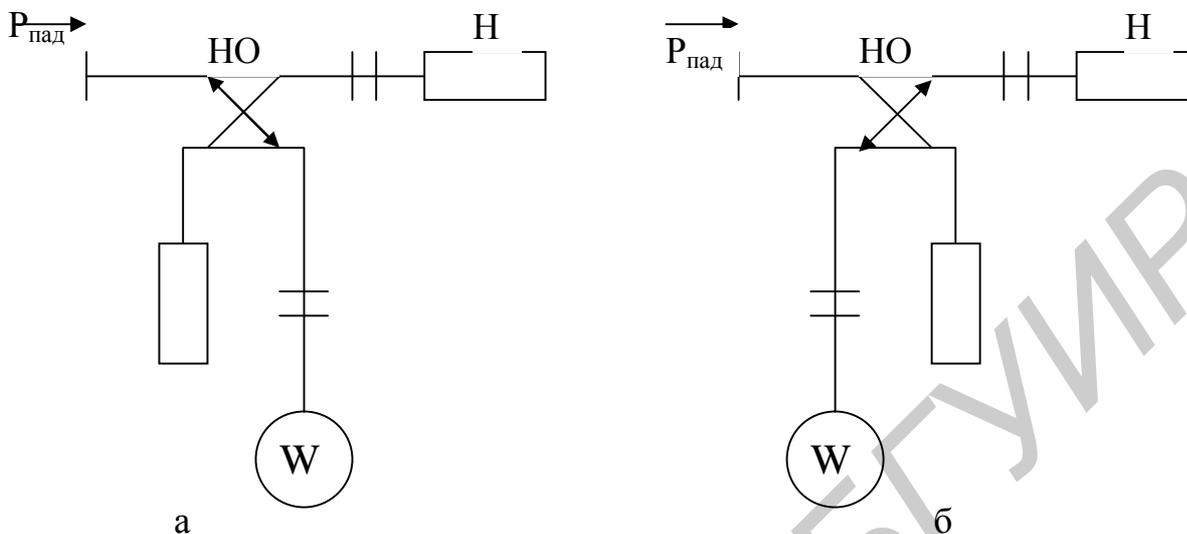


Рисунок 4

42. Определить погрешность измерения частоты  $f_x$  (время измерения  $T_{и}$ ) и периода этого же сигнала (период счетных импульсов  $T_0$ , интегрирующий режим) цифровым частотомером. Значения нестабильности частоты кварцевого генератора  $\delta_0$  взять из таблицы 12. Сравнить результаты.

43. Определить погрешность измерения периода  $T_x$  цифровым частотомером при измерении за один период и за десять периодов сигнала. Период следования импульсов кварцевого генератора  $T_0$ , нестабильность его частоты  $\delta_0$

даны в таблице 12. Перечислите способы повышения точности измерения  $T_x$ .

44. При измерении интервала времени  $\tau_x$  цифровым частотомером погрешность измерения составила  $\delta_1$ . Как необходимо изменить период счетных импульсов, чтобы погрешность не превышала  $\delta_2$ , если нестабильность частоты кварцевого генератора не более  $\delta_0$  (см. таблицу 12)?

45. Определить фазовый сдвиг и погрешность его измерения методом суммы и разности напряжений. Измерения проводились многопредельным вольтметром класса точности  $\gamma$  с пределами ... 30, 100, ... мВ. Результат измерения напряжений  $U_1 = U_2 = U$ , их суммы  $U_c$  (таблица 13).

Таблица 12

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f_x$ , кГц	840	1215	56	3,8	570	1415	5,9	27	240	82,5
$T_{и}$ , с	0,1	0,01	1,0	10	0,1	0,01	10	1,0	1,0	1,0
$T_0$ , мкс	0,01	0,01	1,0	1,0	0,1	0,01	1,0	0,1	0,1	0,1
$\pm\delta_0 \cdot 10^{-6}$	2,0	5,0	20	10	5,0	50	1,0	2,0	4,0	25

$T_x, \text{мс}$	0,36	0,05	18,2	285	1,23	0,84	37	6,8	4,5	92,5
$\pm\delta_1, \%$	0,09	0,05	0,08	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,07	0,06
$\pm\delta_2 \cdot 10^{-3}, \%$	5,0	4,0	3,0	3,0	5,0	3,0	5,0	4,0	3,0	4,0

46. Решить задачу 45 при условии, что измерялась не сумма, а разность сигналов  $U_p$  (см. таблицу 13).

Таблица 13

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U, \text{мВ}$	80	70	90	85	75	60	65	95	80	75
$U_p, \text{мВ}$	32	40	52	14	12	24	27	32	15	8
$U_c, \text{мВ}$	140	120	150	130	140	100	110	120	140	120
$\gamma$	1,5	1,0	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,5	2,0	0,5
$\varphi_{\text{пр}}, \text{град}$	200	150	250	200	300	150	200	150	200	250
$U_{\text{пр}}, \text{мВ}$	90	180	360	180	60	45	30	18	90	30
$f_0, \text{кГц}$	180	450	720	270	540	900	1800	360	3600	1500
$\pm\delta_0 \cdot 10^6$	10	20	50	2,0	20	10	5,0	2,0	20	15
$n, \text{ед/град}$	1	10	10	1	1	1	10	1	10	10

В задачах 47–50 необходимо получить градуировочное уравнение  $\varphi_x = f(U_x)$  для частотно-независимого фазометра с преобразованием фазового сдвига во временной интервал, в котором используется вольтметр среднего значения с пределом  $U_{\text{пр}}$ . Для заданного предела измерения по фазе  $\varphi_{\text{пр}}$  определить уровень фиксации амплитуды  $U_m$  и фазовый сдвиг  $\varphi_x$ , соответствующий результату  $U_x$  (таблица 13). Изобразить функциональную схему фазометра и пояснить ее принцип действия.

47. Фазометр двухтактный, результат  $U_x = U_c$ .

48. Фазометр одноктактный, результат  $U_x = U$ .

49. Фазометр двухтактный, результат  $U_x = U_p$ .

50. Фазометр одноктактный, результат  $U_x = U_c$ .

51. Цифровой интегрирующий фазометр имеет постоянное время измерения  $T_{\text{и}}$ , разрешающую способность  $n$  и частоту опорного генератора  $f_0$  (см. таблицу 13). Определить  $T_{\text{и}}$  и перечислить составляющие инструментальной погрешности измерения, изобразить функциональную схему и временные диаграммы, пояснить принцип действия.

52. Определить частоту синусоидального сигнала, поданного на вход  $Y$  электронного осциллографа, если на вход  $X$  подан сигнал с частотой  $f_1$  и на экране получена интерференционная фигура (таблица 14). Привести структурную схему эксперимента.

Таблица 14

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	0,3	0,2	0,4	0,4	0,8
$f_2$ , кГц	0,2	0,25	2,0	4,5	1,0	0,1	0,6	0,2	0,2	0,4
Фигура										
n, шт.	2	3	4	5	4	3	7	6	3	8
$K_p$ , мкс/дел	1	2	5	0,1	0,2	0,5	1	2	5	0,1
$K_0$ , мВ/дел	1	0,1	0,2	0,5	1	2	5	1	0,2	0,5

53. Определить частоту сигнала, поданного на вход Z осциллографа, если на входы X и Y поданы сигналы синусоидальной формы частотой  $f_2$ , сдвинутые по фазе относительно друг друга на  $90^\circ$ . Количество разрывов изображения n (см. таблицу 14). Привести также вид осциллограммы и структурную схему эксперимента.

54. Определить вид интерференционной фигуры, если на вход Y осциллографа подан синусоидальный сигнал частотой  $f_1$ , а на вход X – частотой  $f_2$  (см. таблицу 14).

В задачах 55–59, по приведенным на рисунках 5–7 в масштабе 1:1 осциллограммам, необходимо определить параметры сигналов, указанных в условии задачи. Значения коэффициентов отклонения  $K_0$  и развертки  $K_p$  электронного осциллографа выбрать из таблицы 14.

55. Определить амплитуду и период сигнала (рисунок 5).

56. Определить амплитуду и длительность импульса (рисунок 6).

57. Определить амплитуду и длительность фронта импульса (рисунок 6).

58. Определить значение фазового сдвига между двумя гармоническими сигналами (рисунок 7) и амплитуду этих сигналов.

59. Определить значение фазового сдвига между двумя гармоническими сигналами (рисунок 7) и период этих сигналов.

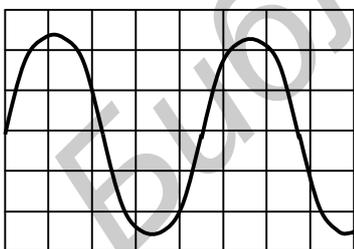


Рисунок 5



Рисунок 6

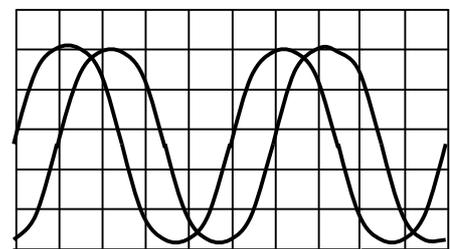


Рисунок 7

60. Привести структуру системы технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь и охарактеризовать функции входящих в нее органов.

61. Перечислить виды технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации (ТНПА), применяемых в республике. Укажите требования к этим видам ТНПА.

62. Записать ряд предпочтительных чисел ЕА, ограниченный числом В в качестве нижнего предела, и числом С в качестве верхнего предела. Значения А, В, С взять из таблицы 15.

63. Записать производный ряд предпочтительных чисел RD/Т в диапазоне чисел 0,1...160 с обязательным включением числа К. Значения D, Т, К взять из таблицы 15.

Таблица 15

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	3	6	12	24	3	6	12	24	6	12
В	0,013	0,24	0,31	1,4	162	7,5	5,4	42	0,021	24
С	9,4	78	24	78	2264	1052	493	790	44	732
D	5	10	20	40	5	10	20	40	10	20
Т	2	2	3	4	3	3	4	5	4	4
К	3,8	25	72	0,24	8,4	0,45	39	7,6	33	5,2

64. Охарактеризовать методы стандартизации – ограничение и типизацию. Привести примеры их применения при производстве систем телекоммуникаций. В чем выражается технико-экономический эффект от их применения?

65. Охарактеризовать методы стандартизации – унификацию и агрегатирование. Привести примеры их применения при производстве систем телекоммуникаций. В чем выражается технико-экономический эффект от их применения?

66. Привести организационную структуру Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь (НСПС РБ). Перечислить основные функции органов по сертификации.

67. Привести порядок проведения сертификации продукции в НСПС РБ.

68. Привести порядок проведения сертификации систем менеджмента качества в НСПС РБ.

Учебное издание

## МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Рабочая программа, методические указания  
и контрольные задания  
для студентов специальности  
I-45 01 03 «Сети телекоммуникаций»  
заочной формы обучения

Составители:

**Белошицкий** Анатолий Павлович  
**Ляльков** Святослав Владимирович  
**Минченко** Ольга Игоревна

Редактор М. В. Тезина

Корректор Е. Н. Батурчик

---

Подписано в печать 11.01.2008.

Гарнитура «Таймс».

Уч.-изд. л. 1,9.

Формат 60x84 1/16.

Печать ризографическая.

Тираж 170 экз.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 1,98.

Заказ 333.

---

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. Бровка, 6