

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 специальностей
1-39 01 01 «Радиотехника»,
1-41 01 02 «Микро- и нанoeлектронные технологии и системы»
заочной формы обучения

Минск БГУИР 2009

УДК 006.9
ББК 30.10
М54

Составители:
В. Т. Ревин, О. И. Минченко

Метрология, стандартизация и сертификация : рабочая прогр.
М54 метод. указания и контрол. задания для студ. спец. 1-39 01 01 «Радиотехника», 1-41 01 02 «Микро- и наноэлектронные технологии и системы» заоч. формы обуч. / сост. В. Т. Ревин, О. И. Минченко. – Минск : БГУИР, 2009. – 50 с.
ISBN 978-985-488-375-5

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

УДК 006.9
ББК 31.10

ISBN 978-985-488-375-5

© Ревин В. Т., Минченко О. И.,
составление, 2009
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиозлектроники», 2009

ВВЕДЕНИЕ

Постоянное развитие науки и техники обуславливает важность изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» (МСиС) при подготовке инженеров по радиоэлектронным специальностям. Данная дисциплина обеспечивает базовую подготовку инженеров в области метрологии, стандартизации и сертификации, которая должна непрерывно осуществляться во время всего периода обучения.

Цель изучения дисциплины – формирование у студентов знаний в области метрологии, стандартизации, технического нормирования и сертификации; умения и навыков применения полученных знаний для улучшения качества измерений, способности использовать технические нормативные правовые акты (ТНПА) в различных областях своей будущей профессиональной деятельности.

Дисциплина МСиС систематизирует и углубляет полученные по другим дисциплинам знания, умения и навыки; позволяет более эффективно использовать достижения в области измерительной техники, последние разработки в системе технического нормирования и стандартизации и системе подтверждения соответствия.

Основные задачи изучения данной дисциплины определяются квалификационной характеристикой и требованиями к подготовке инженера, а также ее ролью в системе подготовки специалиста.

В результате изучения дисциплины МСиС студенты должны **ЗНАТЬ:**

- систему технического нормирования, стандартизации Республики Беларусь;
- систему подтверждения соответствия Республики Беларусь;
- основные методы и направления работ по стандартизации и сертификации, условия их применения при решении задач в области радиоэлектроники и информационных технологий;
- основные категории и виды ТНПА, действующих в Республике Беларусь;
- основы теории погрешностей;
- основные принципы, методы и средства измерений электрических величин в широком диапазоне частот и широких пределах значений измеряемых величин;
- типы современных электро- и радиоизмерительных приборов;
- принципы государственной системы обеспечения единства измерений;
- структуру, назначение и деятельность международных организаций по стандартизации, сертификации и метрологии и их связь с соответствующими национальными системами Республики Беларусь.

УМЕТЬ:

- анализировать параметры средств измерений, устанавливать их соответствие действующим нормам;

- правильно применять методы и средства измерений при проведении экспериментальных исследований;
- анализировать технические и метрологические характеристики средств измерений при выборе метода измерения и измерительной аппаратуры для решения конкретной измерительной задачи;
- интерпретировать полученные результаты измерений с точки зрения обеспечения единства измерений и достоверности полученных результатов;
- технически и метрологически правильно выбирать методы измерения и соответствующую измерительную аппаратуру;
- выполнять измерения с минимальным количеством систематических погрешностей;
- оценивать точность измерений и оформлять их результаты в соответствии с действующими ТНПА;
- грамотно эксплуатировать современную электро- и радиоизмерительную аппаратуру;
- эффективно использовать стандарты всех категорий и видов, обобщенно применять основные методы стандартизации и схемы сертификации.

ИМЕТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ:

- 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 МСиС методически связана с другими учебными дисциплинами специальностей 1-39 01 01 и 1-41 01 02. Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении философии, высшей математики, физики, теории вероятности и математической статистики, основ экологии. Знания, полученные при изучении дисциплины, должны эффективно использоваться студентами и наращиваться при изучении специальных и профилирующих дисциплин, при курсовом и дипломном проектировании.

Изучение дисциплины завершается сдачей зачета, к которому студенты допускаются только при условии успешного выполнения и защиты контрольных и практических заданий, а также лабораторных работ.

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 изучению сущ-

ности вопроса и методике вывода искомым математических выражений.

Не рекомендуется приступать к изучению новой темы до полного усвоения всех предыдущих тем. Контроль качества изучения материала по данной теме следует осуществлять путем ответов на контрольные вопросы, помещенные в конце каждой темы. При затруднениях в ответах необходимо повторно проработать соответствующий материал. После полной проработки темы следует приступать к решению соответствующих задач 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 заносить вопросы для самопроверки и краткие ответы на них. Составление полного 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.

Материал дисциплины МСиС структурно разделен на четыре раздела: «Основы метрологии», «Основы технического нормирования и стандартизации», «Основы сертификации» и «Радиоизмерения». Дифференцированы темы и объемы самостоятельной работы студентов, используемые методические материалы, а также формы контроля знаний студентов.

ЛИТЕРАТУРА

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

2 Электрорадиоизмерения : учеб. / В. И. Нефедов [и др.] ; под ред. проф. А. С. Сигова. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2004. – 384 с.

3 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учеб. пособие / под общ. ред. Б. Н. Тихонова – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 374 с.

4 Метрология и измерения : учеб.-метод. пособие для индивид. работы студ. / под общ. ред. С. В. Лялькова. – Минск : БГУИР, 2001.

5 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.

6 Гуревич, В. Л. Международная стандартизация : учеб. пособие для студ. спец. «Метрология, стандартизация и сертификация (радиоэлектроника, информатика и связь)» / В. Л. Гуревич, С. В. Ляльков, О. И. Минченко. – Минск : БГУИР, 2002.

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

Введение. Краткий исторический обзор развития метрологии и измерительной техники. Роль измерений в научно-техническом прогрессе, взаимосвязь метрологии с другими науками и дисциплинами. Рекомендуемая литература. Вопросы охраны труда при измерениях.

Основные термины и определения в области метрологии: метрология, измерение и его виды, методы измерений, погрешности измерений и их разновидности, средства измерений и их классификация.

[1, с. 3 – 19]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения темы необходимо получить четкое представление о роли и значении метрологии и измерительной техники в решении народнохозяйственных задач, опережающем характере ее развития. Особое внимание следует уделить изучению терминов и определений в области метрологии и измерительной техники, классификации погрешностей, методов и средств измерений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Почему измерения играют важную роль во всех областях науки, техники и производства? 2 В чем заключается роль измерений в области обеспечения качества продукции и повышении эффективности общественного производства? 3 В чем состоят основные задачи метрологии? 4 Сформулируйте определения основных понятий метрологии. 5 Перечислите составляющие погрешности результата измерения, одновременно классифицируя их по таким признакам, как причина возникновения и характер изменения.

Тема 1.2 СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ

Классификация систематических погрешностей по характеру их проявления и причинам возникновения. Способы обнаружения, оценки и уменьшения систематических погрешностей. Суммирование остатков систематических погрешностей.

[1, с. 17 – 19; 3, с. 67 – 71]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении темы особое внимание следует обратить на возможные причины возникновения систематических погрешностей, их классифика-

цию, способы оценки и уменьшения, а также правила суммирования неисключенных систематических погрешностей.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Перечислите основные признаки, по которым классифицируются систематические погрешности. 2 Приведите примеры источников систематических погрешностей и назовите способы, с помощью которых эти погрешности могут быть оценены, уменьшены или исключены. 3 Сформулируйте правила суммирования неисключенных остатков систематических погрешностей. 4 Что понимается под рандомизацией систематических погрешностей? В чем заключается сущность данного способа?

Тема 1.3 СЛУЧАЙНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Математическое описание случайных погрешностей. Точечная и интервальная оценки случайных погрешностей прямых и косвенных измерений. Критерий ничтожных погрешностей.

Обработка результатов многократных наблюдений при прямых и косвенных измерениях. Оценка погрешностей измерений, проводимых многократно. Оценка погрешностей измерений с однократными наблюдениями, методики выполнения измерений. Показатели точности и формы представления результатов измерений.

[1, с. 20 – 34; 3, с. 44 – 67]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала темы прежде всего следует ознакомиться с основными выражениями математического описания 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 погрешности и формы представления результатов измерений в соответствии с МИ 1317–86 и ГОСТ 8.207–76. Необходимо обратить внимание на оценку погрешностей измерений с однократными наблюдениями.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Что является оценкой случайной погрешности? 2 Что является достоверной, несмещенной и эффективной оценкой случайной погрешности? 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 пря-

мых измерений и измерений с однократными наблюдениями. В чем их основные различия? 6 Поясните суть критерия грубых погрешностей. 7 Дайте определение частной погрешности косвенного измерения и поясните ее физический смысл. 8 Опишите алгоритм обработки результатов косвенных измерений. 9 Поясните сущность критерия ничтожных погрешностей, раскройте его практическое значение. Приведите примеры применения критерия.

Тема 1.4 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Метрологическое обеспечение как вид научно-технической и организационной деятельности. Международные организации по метрологии и стандартизации. Стандарты ИСО. Основные понятия, используемые в метрологической службе. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны единиц физических величин. Передача единиц физических величин, поверочные схемы.

[1, с. 36 – 45]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Раскройте основные термины и определения 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 «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? Укажите их основные технические и метрологические характеристики.

Раздел 2 ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

Тема 2.1 СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

Основные термины и определения в области технического нормирования и стандартизации. Классификация органов и служб по стандартизации. Основные системы стандартов в радиоэлектронике и информационных технологиях. Основы классификации и кодирования информации. Органы государственного надзора и ведомственного контроля за техническими нормативными правовыми актами и ответственность за их несоблюдение.

www.gosstandart.gov.by или www.belgim.by.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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

Следует обратить внимание на основы классификации и кодирования информации, функции органов государственного надзора и ведомственного контроля за техническими нормативными правовыми актами. Следует четко представлять, что является объектом технического нормирования и стандартизации, какие виды технических нормативных правовых актов 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.

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, раскройте их основные функции? 5 Что является объектом технического нормирования и стандартизации? Какие виды ТНПА действуют в республике?

Тема 2.2 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ. МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Система предпочтительных чисел. Ограничение, типизация, унификация и агрегатирование как основные методы стандартизации и их характеристика. Комплексная и опережающая стандартизация, специализация и кооперирование на базе стандартизации.

Международные организации по установлению единых норм, требований и методов испытаний оборудования радиоэлектроники и связи: ИСО, МЭК, МСЭ. Европейские организации по стандартизации: СЕН, СЕНЭ-ЛЕН, ЕТСИ.

Участие Республики Беларусь в работе международных организаций по стандартизации.
[6, с.15 – 25]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала необходимо прежде всего уяснить методические основы стандартизации, получить четкое представление об основных терминах и определениях в области стандартизации.

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

Также следует обратить внимание на такие понятия в области стандартизации, как комплексная и опережающая стандартизация, специализация и кооперирование на базе стандартизации.

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 Роль стандартизации в науке, технике и производстве? 2 Что собой представляет система предпочтительных чисел? Какие вы знаете параметрические ряды и их разновидности, где они применяются? 3 Перечислите основные методы стандартизации и дайте их краткую характеристику. 4 Охарактеризуйте основные направления работ по стандартизации. 5 Перечислите основные системы ТНПА, действующие в отрасли связи. 6 Какова роль международной стандартизации, какие существуют основные международные организации по стандартизации?

Раздел 3 ОСНОВЫ СЕРТИФИКАЦИИ

Тема 3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Структура Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь (НСПС РБ). НСПС и основные функции ее органов. Основные правила НСПС Республики Беларусь. Структура органа по сертификации. Порядок проведения сертификации продукции. Понятие о сертификации услуг и системе менеджмента качества. Международная сертификация.

[5, с. 5 – 15, 17 – 20, 21 – 24, 34 – 36, 67 – 71]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения материала необходимо ознакомиться с основными

ми целями и задачами оценки соответствия, уяснить основные понятия данной области. Особое внимание следует уделить набору показателей качества и методам их измерения.

Необходимо обратить внимание на функции органов НСПС Республики Беларусь; 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 систему 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 Республики Беларусь, сертификат соответствия. 3 Перечислите и охарактеризуйте основные показатели качества. 4 Как измеряется качество? 5 Основные положения НСПС Республики Беларусь. 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?

Раздел 4 РАДИОИЗМЕРЕНИЯ

Тема 4.1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Общая классификация средств измерений (СИ), классификация СИ электрических величин. Характеристики СИ. Требования к СИ. Общие структурные схемы радиоизмерительных приборов прямого преобразования, сравнения и комбинированных.

[1, с. 46 – 57; 3, с. 23 – 43]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала темы прежде всего необходимо ознакомиться с основными определениями и классификационными признаками СИ, изучить классификацию средств измерений по данным признакам, четко уяснить, что представляет собой каждый вид измерительных приборов. Затем следует изучить основные технические и метрологические характеристики средств измерений. При изучении общих структурных схем средств измерений следует 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 радиоизмерительного прибора (например В7-34, С1-101, Ф2-34 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 приборов сравнения 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 измерительного прибора.

Тема 4.2 ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Измеряемые параметры тока и напряжения. Классификация приборов для измерения тока и напряжения. Общие сведения об электромеханических приборах для измерения тока и напряжения.

Измерение тока и напряжения на радиочастотах. Выпрямительные, термоэлектрические и фотоэлектрические амперметры.

Измерение напряжения электронными аналоговыми вольтметрами.

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

Общие сведения о цифровых приборах. Измерение напряжения электронными цифровыми вольтметрами (ЦВ). ЦВ постоянного тока, реализующие времяимпульсный, частотно-импульсный и кодоимпульсный методы преобразования. ЦВ переменного тока. Универсальные ЦВ и мультиметры.

[1, с. 60 – 109; 2, с. 240 – 253]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения темы необходимо прежде всего обратить внимание на основные измеряемые параметры и классификацию приборов для измерения тока и напряжения. При изучении материала по магнитоэлектрическим 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 способы создания противодействующего момента и момента успокоения, изучить метрологические и эксплуатационные харак-

теристики.

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 с преобразователями рода тока и аналоговых вольтметров прямого преобразования и сравнения. В заключение изучения аналоговых электронных приборов следует подробно изучить зависимость показаний вольтметров от формы кривой измеряемого напряжения, знать определение коэффициентов формы и амплитуды, их использование при определении неизвестных параметров напряжения.

При изучении вопросов измерения напряжения электронными цифровыми вольтметрами в первую очередь следует усвоить основные понятия в области цифровых измерительных приборов (дискретизация измеряемого сигнала во времени, квантование по уровню и цифровое кодирование). Необходимо также четко знать системы счисления и переход из одной системы счисления в другую (например из двоичной в двоично-десятичную). Затем следует изучить классификацию цифровых вольтметров и конкретные их типы, реализующие различные методы аналого-цифрового преобразования измерительных сигналов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Перечислите и дайте определение основным параметрам измеряемых напряжений. 2 Приведите основные выражения, определяющие пиковое, среднее квадратическое, средневыпрямленное и среднее значения напряжений. Как эти значения связаны между собой? 3 Перечислите возможные способы преобразования электромагнитной энергии в механическую, запишите уравнения преобразования. 4 Поясните, на чем основан принцип действия рассматриваемых в теме магнитоэлектрических приборов. 5 Какие способы создания противодействующего момента и момента успокоения вы знаете? Приведите примеры их практической реализации. 6 Как на основе магнитоэлектрических измерительных механизмов реализуются амперметры, вольтметры? 7 В чем заключаются основные причины возникновения методической погрешности при измерении тока и напряжения амперметрами и вольтметрами? Поясните способы оценки методической погрешности и ее исключения из результата измерения. 8 Поясните принцип действия выпрямительных, термоэлектрических и фотоэлектрических амперметров. 9 Каким образом осуществляется расширение пределов измерения магнитоэлектрических приборов? 10 Приведите обобщенную структурную схему электронного аналогового вольтметра. Поясните назначение основных элементов, входящих в ее состав. 11 Приведите структурные схемы элек-

тронных аналоговых вольтметров переменного тока. Укажите основные достоинства и недостатки рассмотренных схем. 12 В чем заключаются причины зависимости показаний электронных вольтметров от формы измеряемых напряжений? Определите средневыпрямленное значение несинусоидального напряжения, если измерения проводились с помощью вольтметра с пиковым детектором, шкала которого проградуирована в средних квадратических значениях синусоидального напряжения, и показания вольтметра U_p . 13 Дайте определения основным понятиям в области цифровых измерительных приборов: дискретизация во времени, квантование по уровню, цифровое кодирование. Приведите их графическую интерпретацию. 14 Перечислите основные методы аналого-цифрового преобразования электрических сигналов. Дайте их определения. 15 Переведите число 25,8 из десятичной системы счисления в двоично-десятичную. Сделайте обратное преобразование для двоичного числа 1010. 16 Приведите структурные схемы электронных цифровых вольтметров, реализующих различные методы аналого-цифрового преобразования. Поясните их принцип действия. 17 Каковы основные причины возникновения погрешностей измерения напряжений в аналоговых и цифровых вольтметрах?

Тема 4.3 ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ

Общие сведения 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: калориметрический, болометрический (термисторный) и термоэлектрический. Электронные методы: метод вольтметра и метод с использованием «горячих» носителей тока.

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

[1, с. 110 – 128]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения темы необходимо получить четкое представление о классификации методов и приборов для измерения мощности постоянного и переменного токов, сигналов высоких и сверхвысоких частот. Далее вопросы темы рекомендуется изучать в порядке их перечисления, обращая внимание на принцип преобразования электромагнитной энергии в другие виды энергии с помощью первичных измерительных преобразователей. Необходимо хорошо усвоить устройство, принцип действия таких преобразователей и получить четкое представление об измерительных цепях, обеспечивающих дальнейшее преобразование и регистрацию электрических сигналов, содержащих измерительную информацию. Следует также обра-

тить внимание на методы измерения проходящей мощности с помощью ваттметров поглощаемой мощности. В заключение рассмотрения основных вопросов темы – обратить внимание на методы оценки погрешностей измерения мощности и способы их исключения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Дайте определение средней, мгновенной и импульсной мощности. Раскройте понятие «уровень мощности». 2 Дайте определение внесистемной относительной единице мощности – децибел. Каковы преимущества применения относительных единиц мощности? 3 Чем обусловлена погрешность измерения мощности в цепях постоянного и переменного токов с помощью ваттметров? 4 Каковы устройство и принцип действия электродинамического ваттметра? Приведите схемы включения ваттметров в электрическую цепь. 5 Приведите обобщенные структурные схемы ваттметров поглощаемой и проходящей мощности. В чем заключаются основные различия ваттметров для измерения проходящей и поглощаемой мощности? 6 Поясните устройство и принцип действия терморезистивного и болометрического измерительных преобразователей мощности СВЧ. В чем заключаются основные различия этих преобразователей? 7 Какие измерительные цепи используются с терморезистивными и болометрическими измерительными преобразователями при построении ваттметров поглощаемой мощности? 8 Укажите основное отличие терморезистивного метода измерения мощности СВЧ от термоэлектрического. 9 Поясните принцип действия и опишите работу калориметрического измерителя мощности. 10 Какое физическое явление положено в основу работы ваттметра, реализующего метод «горячих» носителей тока? 11 Какое физическое явление положено в основу работы ваттметра, реализующего пондеромоторный метод измерения мощности? 12 Поясните принцип действия направленного ответвителя, входящего в состав ваттметра проходящей мощности. Дайте определение основным параметрам направленного ответвителя: переходное ослабление и направленность. Какое влияние оказывают данные параметры на точность измерения проходящей мощности? 13 На чем основан принцип действия ваттметра, реализующего метод поглощающей стенки. Опишите устройство и приведите основные параметры измерительного преобразователя. 14 На чем основан принцип действия ваттметра, реализующего метод на основе эффекта Холла. Опишите устройство и приведите основные параметры измерительного преобразователя.

Тема 4.4 ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ И ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ

Общие сведения о приборах для измерения частоты и интервалов времени. Классификация приборов.

Цифровые частотомеры, принцип работы, типовая структурная схема,

основные режимы работы. Цифровые частотомеры низких и высоких частот.

Измерение интервалов времени. Использование методов прямого преобразования и сравнения для измерения интервалов времени.

[1, с. 129 – 143; 2, с. 164 – 166]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения материала темы необходимо обратить внимание на основные измеряемые параметры электрических сигналов, классификацию методов и приборов для измерения частоты и интервалов времени. При этом нужно четко представлять, в каком частном диапазоне используются данные методы и приборы и почему. Следует изучить принцип действия, структурные схемы и основные источники погрешностей цифровых частотомеров и измерителей временных интервалов, а также способы расширения их частотных диапазонов. В заключение необходимо рассмотреть измерители интервалов времени, реализующие методы прямого преобразования и сравнения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Приведите основные измеряемые параметры электрических сигналов, дайте определение периода и частоты сигналов. 2 Перечислите методы измерения частоты, укажите отличительные особенности и области применения каждого из них. 3 Приведите структурную схему цифрового частотомера и поясните принцип его работы. 4 Приведите структурную схему и поясните принцип работы цифрового измерителя интервалов времени. 5 Перечислите источники погрешностей цифровых измерителей частоты и интервалов времени и укажите пути их уменьшения. 6 Поясните, каким образом можно расширить пределы измерений и частотный диапазон цифровых измерителей частоты и интервалов времени. 7 В чем заключается сущность нониусного метода измерения временных интервалов?

Тема 4.5 ИЗМЕРЕНИЕ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ

Общие сведения о приборах для измерения фазовых сдвигов между сигналами. Классификация приборов.

Метод суммы и разности напряжений. Гомодинные и гетеродинные фазометры. Нулевой метод. Измерительные фазовращатели. Метод преобразования фазового сдвига в интервал времени. Неинтегрирующие и интегрирующие цифровые фазометры.

Интегрирующий цифровой фазометр периодического сравнения.

[1, с. 144 – 159]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала темы необходимо рассмотреть перечисленные методы измерения фазовых сдвигов, получить четкое представление о возможностях, способах реализации и области применения каждого из них. Следует изучить принципы работы фазометров (особенно цифровых), способы расширения их частотного диапазона, а также особенности измерительных фазовращателей в зависимости от используемого диапазона частот.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Дайте определение фазового сдвига двух гармонических сигналов. 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 измерения фазовых сдвигов. 5 Какие измерительные фазовращатели используются для измерения фазовых сдвигов нулевым методом в различных частотных диапазонах? 6 Приведите структурные схемы фазометров, реализующих метод преобразования фазовых сдвигов во временной интервал. Поясните с помощью временных диаграмм и математических формул принцип их работы. 7 Каким образом может быть расширен частотный диапазон работы фазометров?

Тема 4.6 ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ, СПЕКТРА И НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ СИГНАЛОВ

Классификация приборов для исследования формы, спектра и нелинейных искажений сигналов.

Электронно-лучевые осциллографы (ЭЛО) и их классификация. Универсальные ЭЛО, их обобщенная структурная схема, основные параметры. Основные разновидности универсальных осциллографов. Стробоскопические осциллографы. Измерения с помощью ЭЛО.

Анализаторы спектра. Общие сведения об основных методах анализа спектра. Измерение амплитудных и частотных параметров спектра.

Измерение параметров модуляции. Основные виды модуляции и измеряемые параметры. Измерение коэффициента амплитудной модуляции, девиации частоты и индекса частотной модуляции.

Измерение нелинейных искажений, краткая характеристика методов измерения и структурных схем измерителей.

[1, с. 160 – 214; 2, с. 175 – 185]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении данной темы прежде всего необходимо получить четкое представление о способах формирования изображения на экране электронно-лучевой трубки. Затем детально ознакомиться с обобщенной структурной схемой универсального ЭЛО, уяснить назначение всех функциональных элементов, изучить систему параметров основных каналов осциллографа, применяемые виды разверток и синхронизации. Далее следует перейти к изучению основных разновидностей универсальных осциллографов. Следующим этапом является изучение методов применения осциллографа для измерения параметров электрических сигналов и автоматизации осциллографических измерений.

Изучение вопросов анализа спектра и нелинейных искажений сигналов целесообразно начать с повторения терминологии и основных принципов такого анализа, после чего следует приступить к изучению существующих методов анализа спектра сигналов, принципа действия и структурных схем анализаторов спектра и измерителей нелинейных искажений сигналов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 1 Каким образом формируется изображение на экране осциллографа?
- 2 Какими параметрами характеризуются каналы вертикального и горизонтального отклонения осциллографа? Дайте определение этим параметрам.
- 3 Сформулируйте условия синхронизации напряжения развертки и исследуемого сигнала. Каким образом осуществляется синхронизация в осциллографе?
- 4 Перечислите основные виды разверток, применяемых в осциллографе, и охарактеризуйте каждую из них.
- 5 В каких случаях применяется ждущая развертка?
- 6 Приведите методики измерения различных параметров электрических сигналов с помощью осциллографа. В чем заключаются особенности измерения параметров импульсных сигналов с помощью осциллографа?
- 7 Какие методы анализа спектра и способы проведения анализа вы знаете? Охарактеризуйте каждый из них.
- 8 Как производится измерение спектральных характеристик сигналов с помощью анализаторов спектра?
- 9 Укажите основные особенности построения анализаторов спектра.
- 10 Какие методы измерения нелинейных сигналов вы знаете? Каким основным параметром характеризуются нелинейные искажения сигналов?
- 11 Приведите структурную схему измерителя нелинейных искажений сигналов и поясните принцип работы.

Тема 4.7 ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Классификация измерительных генераторов, их основные нормируемые параметры. Обобщенная структурная схема измерительных генерато-

ров.

Низкочастотные и высокочастотные генераторы гармонических сигналов. Генераторы качающейся частоты. Синтезаторы частоты. Генераторы импульсов. Генераторы шумовых сигналов.

[1, с. 220 – 241]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении темы необходимо четко уяснить классификацию, номенклатуру параметров и основные требования, предъявляемые к измерительным генераторам. Затем следует изучить обобщенную структурную схему измерительных генераторов и назначение их функциональных частей, рассмотреть варианты их конструктивной интерпретации в генераторах различного назначения (различной частоты, формы сигнала). Привести структурные схемы генераторов сигналов низкой, высокой частоты и СВЧ и пояснить принцип их работы. В заключение необходимо получить представление о принципе построения и структуре синтезаторов частоты, генераторов импульсных сигналов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Перечислите 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 низкочастотных и высокочастотных генераторов, укажите их основные отличительные особенности. 5 Какие основные принципы положены в основу создания синтезаторов частоты и генераторов импульсов? Приведите структурные схемы синтезаторов частоты и генераторов импульсов, перечислите их основные характеристики.

Тема 4.8 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПЕЙ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПОСТОЯННЫМИ

Общие сведения о приборах для измерения параметров цепей с сосредоточенными постоянными. Классификация приборов.

Измерение параметров двухполосников. Мостовые измерители параметров двухполосников, основы теории, классификация измерительных мостов. Измерительные мосты постоянного и переменного токов.

Резонансные измерители параметров двухполосников.

Измерение параметров четырехполосников. Измерители амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик четырехполосников. Измерители коэффициента шума. [1, с. 242 – 268; 2, с. 186 – 212]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения темы необходимо обратить внимание на определение основных параметров двухполосников и четырехполосников с сосредоточенными постоянными. Вопросы темы необходимо изучать в последовательности их перечисления. Рассмотреть номенклатуру средств измерений параметров двухполосников. Детально изучить мостовые и резонансные измерители, отмечая особенности их применения, способы уменьшения погрешностей измерений с их помощью.

Затем аналогичным образом изучить измерители АЧХ, АХ и ФЧХ четырехполосников.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Перечислите и поясните методы измерения параметров двухполосников и четырехполосников. 2 Сформулируйте основные правила построения мостовых схем, выведите условия равновесия мостов переменного тока. 3 Приведите поочередно схемы мостов постоянного тока, мостов для измерения параметров конденсаторов и катушек индуктивности, выведите основные соотношения для этих мостов, укажите основные источники погрешностей и способы их уменьшения. 4 Поясните, с какой целью применяется четырехзажимная схема включения измеряемых сопротивлений. 5 Поясните сущность резонансного метода измерения параметров двухполосников. Укажите его достоинства и недостатки по сравнению с мостовым методом. 6 Перечислите источники возникновения погрешностей резонансных измерителей и укажите способы их уменьшения. 7 Приведите структурные схемы измерителей АЧХ и ФЧХ четырехполосников. 8 Поясните, какие сигналы должны поступать на вертикально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки индикаторного блока АЧХ и ФЧХ.

Тема 4.9 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПОСТОЯННЫМИ

Общие сведения о приборах для измерения параметров цепей с распределенными постоянными. Классификация приборов.

Измерения параметров двухполосников. Измерительные линии. Измерители полных сопротивлений.

Измерение параметров четырехполосников. Измерители КСВН и ослабления. Измерители S-параметров взаимных и невзаимных четырехполосников.

Измерители неоднородностей в линиях передачи. Импульсные рефлектометры с зондирующим импульсом и единичным перепадом напря-

жения.

[1, с. 269 – 287]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения темы необходимо обратить внимание на измеряемые параметры цепей с распределенными постоянными и четко уяснить физический смысл S-параметров. Затем следует рассмотреть классификацию методов и приборов для измерения параметров цепей с распределенными постоянными и перейти к детальному изучению структурных схем, принципа действия и основных характеристик этих приборов. Особое внимание следует уделить изучению методов измерения параметров двухполюсников и четырехполюсников, особенностей применения рассмотренных в литературе приборов и основных источников погрешностей, а также путей и методов повышения их технических и метрологических характеристик, включая вопросы автоматизации измерений и построения измерителей комплексных параметров.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 С помощью каких параметров может быть охарактеризовано распределение поля в волноводе? Перечислите эти параметры и дайте определение каждому из них. 2 Дайте определение и поясните физический смысл S-параметров. 3 Какие виды измерений могут быть выполнены с помощью измерительной линии? Как с помощью измерительной линии можно измерить полное сопротивление нагрузки? 4 На чем основан принцип действия измерителей коэффициента стоячей волны и ослабления? Приведите структурные схемы измерителей. 5 Дайте определение методу импульсной (временной) рефлектометрии при измерении неоднородностей в линиях передачи. Приведите структурные схемы импульсных рефлектометров с зондирующим импульсом и перепадом напряжения. Поясните принцип их работы. 6 Дайте определение внесистемной единице – децибел (дБ). Как перевести децибелы в относительные единицы и обратно? 7 Переведите 10 дБ по мощности в относительные единицы. Переведите отношение 1 мВ/100 мВ в децибелы.

Тема 4.10 АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Основные направления и принципы автоматизации измерений.

Применение микропроцессоров в радиоизмерительных приборах. Измерительно-вычислительные комплексы (ИВК). Информационно-измерительные системы (ИИС). Компьютерно-измерительные системы (КИС): обобщенная структурная схема, классификация КИС, структурные схемы измерительных систем, системы автоматического контроля.

Агрегатирование средств измерений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении данной темы необходимо твердо усвоить основные направления и принципы автоматизации радиоизмерений, их характерные особенности и возможные пути практической реализации. Следует изучить принципы построения ИВК и ИИС, назначение и взаимосвязь их основных узлов. Необходимо также обратить внимание на особенности построения измерительных приборов с микропроцессорами, их основные преимущества перед обычными измерительными приборами. Кроме того, следует изучить общие принципы построения агрегатных средств измерений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Перечислите основные направления автоматизации радиоизмерений и дайте им характеристику. 2 Дайте сравнительную оценку различным направлениям автоматизации измерений. 3 Перечислите основные признаки полной автоматизации измерений и охарактеризуйте каждый из них. 4 Каковы основные цели использования микропроцессоров в измерительных приборах? На решение каких задач направлено применение микропроцессоров в приборах? 5 Дайте определение и перечислите основные принципы построения ИИС и ИВК. 6 Приведите классификацию, типовые, структурные схемы и перечислите основные характеристики ИИС и ИВК. 7 Укажите основные принципы построения агрегатных комплексов средств измерений. Приведите примеры их практической реализации. 8 Дайте определение компьютерно-измерительной системе и приведите ее обобщенную структурную схему.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

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

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Контрольное задание состоит из 13-ти задач и охватывает практически все темы разделов 1 – 4 учебной дисциплины. Номера задач, подлежащих

включению в индивидуальное задание, определяются по двум последним цифрам шифра студента и задаются преподавателем при выдаче данных методических указаний (таблица 29). Номера варианта задания соответствуют последней цифре шифра. Задачи, решенные не по варианту либо не по заданию, не засчитываются, а работа возвращается студенту без проверки.

Приступать к решению задачи следует только после изучения соответствующей и предыдущих тем. Условия должны быть записаны полностью в тетради с решениями контрольных задач. 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. При решении задач с большим объемом вычислений рекомендуется использовать ЭВМ. 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. 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*.

Контрольные задания необходимо выполнять в отдельной тетради, на обложке которой должно быть указано наименование учебной дисциплины, номер контрольной работы, фамилия и инициалы студента, номер шифра и номер учебной группы.

ЗАДАЧИ

1 Обработать ряд наблюдений, полученных в результате 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 1 по предпоследней цифре шифра зачетной книжки студента, номер ряда взять из таблицы 2 по последней

*Контрольные задания, выполненные небрежно или без учета вышеперечисленных требований, к рассмотрению не принимаются

цифре шифра. Доверительную вероятность принять $P_d = 0,95$ для четных вариантов (включая 0), $P_d = 0,99$ – для нечетных^{**}.

При решении задач 2 – 9 необходимо определить доверительные границы суммарной погрешности результата измерения и записать его по МИ 1317–86 или ГОСТ 8.207–76. Значение доверительной вероятности принять $P_d = 0,95$ для четных вариантов и $P_d = 0,99$ – для нечетных. При расчетах полагать, что случайные погрешности распределены по нормальному закону, а число наблюдений существенно больше 30. Данные о значениях \bar{X} , $\hat{\sigma}_{\bar{X}}$, Δ_{C1} , Δ_{C2} , Δ_{C3} и Δ_{C4} приведены в таблице 3.

Таблица 1

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ФВ	I	U	f	R	P	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, P – мощность, t – время, l – длина; C – емкость, L – индуктивность

2 В процессе обработки результатов прямых измерений напряжения U определено (все значения в вольтах): среднее арифметическое $\bar{U} = \bar{X}$; среднее квадратическое отклонение результата измерения $\hat{\sigma}_{\bar{U}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}}$; границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности Δ_{C1} и Δ_{C2} .

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

4 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 Δ_{C1} , Δ_{C2} и Δ_{C4} . Случайная погрешность пренебрежимо мала.

5 В процессе обработки результатов прямых измерений емкости C конденсатора определено (все значения в нанофарадах): среднее арифметическое $\bar{C} = \bar{X}$; среднее квадратическое отклонение результата измерения $\hat{\sigma}_{\bar{C}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}}$; границы двух неисключенных систематических погрешностей

^{**} Например, для шифра с последними цифрами 27 следует выбрать (таблица 1): частота, кГц, $N = 30$, $J = 6 - 35$. Из таблицы 2 взять 7-й ряд и принять $P_d = 0,99$

Таблица 2

J	Номер ряда наблюдений (последняя цифра шифра)				
	0	1	2	3	4
1	16,0065	22,0123	10,3623	10,3623	49,7928
2	15,7881	22,9939	10,2493	10,2493	47,9739
3	15,6774	22,2742	10,4923	10,4923	47,9254
4	16,0797	23,0254	10,3137	10,3137	49,1514
5	16,2531	22,3024	10,3183	10,3183	49,3718
6	16,1125	22,0120	10,4059	10,4059	48,0822
7	15,6624	22,8651	10,6294	10,6294	49,1950
8	16,0556	22,3795	10,2650	10,2650	48,4626
9	16,1915	22,7172	10,3024	10,3024	49,5655
10	16,1031	22,8255	10,2688	10,2688	49,7933
11	16,1762	22,4244	10,6268	10,6268	48,8541
12	15,6497	20,0291	10,7516	10,7516	47,9618
13	15,7332	22,7570	10,3913	10,3913	48,0356
14	16,0375	22,3292	10,3496	10,3496	47,9949
15	14,8296	22,9448	10,2725	10,2725	49,7925
16	16,2142	22,0760	10,2539	10,2539	49,7869
17	15,7891	23,0105	10,3990	10,3990	49,5183
18	15,6471	22,0643	10,2790	10,2790	49,7603
19	16,2576	23,0317	10,5937	10,5937	49,6780
20	15,6675	22,8951	10,7457	10,7457	49,6591
21	16,2032	22,0419	10,3457	10,3457	49,0117
22	15,6557	22,0591	10,6968	10,6968	48,3095
23	15,6820	22,0037	10,2640	10,2640	47,9303
24	15,7611	22,0317	10,4506	10,4506	48,2104
25	16,0905	22,8747	10,3961	10,3961	49,7760
26	16,0691	22,0285	10,4081	10,4081	47,9673
27	15,6331	22,0954	10,6238	10,6238	45,5625
28	15,6937	22,0016	9,6276	9,6276	49,4889
29	15,9504	22,2415	10,6270	10,6270	49,2162
30	16,2524	22,7934	10,3424	10,3424	49,7757
31	15,6513	22,9755	10,6293	10,6293	48,0032
32	16,1298	22,2265	10,7522	10,7522	48,1368
33	16,0551	22,2543	10,5381	10,5381	48,2398
34	16,2592	22,6592	10,6926	10,6926	49,0547
35	16,1402	22,7873	10,4042	10,4042	49,1183

24 должение таблицы 2

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	13,3574	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	17,3146	13,4329
29	12,7186	26,6284	37,8892	17,9669	13,5458
30	13,3361	27,0570	37,9422	17,3075	13,7321
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 3

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
Δ_{C1}	0,32	0,045	1,30	0,92	0,56	0,14	1,56	0,35	2,30	0,83
Δ_{C2}	0,15	0,023	0,49	0,87	0,35	0,48	0,62	0,46	0,82	0,87
Δ_{C3}	0,21	0,012	0,16	0,29	0,20	0,12	0,47	0,23	0,63	0,39
Δ_{C4}	0,18	0,016	0,21	0,85	0,19	0,23	1,10	0,20	0,60	0,81

6 В процессе обработки результатов прямых измерений частоты f определено (все значения в килогерцах): среднее арифметическое $\bar{f} = \bar{X}$; среднее квадратическое отклонение результата измерения $\hat{\sigma}_{\bar{f}} = \hat{\sigma}_{\bar{x}}$; границы неисключенных остатков трех составляющих систематической погрешности Δ_{C1} , Δ_{C2} и Δ_{C4} .

7 В процессе обработки результатов прямых измерений мощности P определено (все значения в ваттах): среднее арифметическое $\bar{P} = \bar{X}$; среднее квадратическое отклонение результата измерения $\hat{\sigma}_{\bar{P}} = \hat{\sigma}_{\bar{x}}$; границы неисключенных остатков четырех составляющих систематической погрешности Δ_{C1} , Δ_{C2} , Δ_{C3} и Δ_{C4} .

8 В процессе обработки результатов прямых измерений индуктивности катушки L определено (все значения в миллигенри): среднее арифметическое $\bar{L} = \bar{X}$; границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности Δ_{C2} и Δ_{C3} . Случайная погрешность пренебрежимо мала.

9 В процессе обработки результатов прямых измерений периода сигнала T определено (все значения в миллисекундах): среднее арифметическое $\bar{T} = \bar{X}$; среднее квадратическое отклонение результата измерения $\hat{\sigma}_{\bar{T}} = \hat{\sigma}_{\bar{x}}$; границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности Δ_{C1} и Δ_{C4} .

В задачах 10 – 17 необходимо, воспользовавшись результатами обработки прямых измерений (таблица 4), продолжить обработку результатов косвенного измерения и, оценив его случайную погрешность, записать результат по МИ 1317–86 или ГОСТ 8.207–76. Доверительную вероятность принять аналогично задачам 2 – 9.

10 Мощность P в цепи постоянного тока вычислялась на основании известной функциональной зависимости $P = UI$. Значения напряжения U и силы тока I получены путем многократных прямых измерений. 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); $\hat{R}_{UI} = \hat{R}_{12}$.

11 Сопротивление R_x определялось путем многократных измерений падения напряжения U_x на этом резисторе и падения напряжения U_0 на последовательно соединенном с ним образцовом резисторе с сопротивлением R_0 (кОм) и последующим расчетом по формуле $R_x = R_0 U_x / U_0$. При обработке результатов принять $\bar{U}_x = \bar{X}_1$ (В), $\bar{U}_0 = \bar{X}_2$ (В); $\hat{\sigma}_{\bar{U}_x} = \hat{\sigma}_{X_1}$, $\hat{\sigma}_0 = \hat{\sigma}_{X_2}$ (В); $\hat{R}_{U_x U_0} = 0$, а погрешностью сопротивления резистора R_0 пренебречь.

12 Напряжение U в электрической цепи определялось путем многократных измерений напряжений U_1, U_2, U_3 на участках этой цепи и вычислялось 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); $\hat{\sigma}_{U_1} = \hat{\sigma}_{X_1}$ (В); $\hat{\sigma}_{U_2} = \hat{\sigma}_{X_2}$ (В); $\hat{\sigma}_{U_3} = \hat{\sigma}_{X_3}$ (В); $\hat{R}_{U_1 U_2} = \hat{R}_{12}$, $\hat{R}_{U_1 U_3} = \hat{R}_{13}$; $\hat{R}_{U_2 U_3} = \hat{R}_{23}$.

13 Сила тока I определялась косвенным методом путем многократных измерений напряжения U и сопротивления R с учетом зависимости $I = \frac{U}{R}$. При обработке принять $\bar{U} = \bar{X}_1$ (В); $\bar{R} = \bar{X}_3$ (кОм); $\hat{\sigma}_{\bar{U}} = \hat{\sigma}_{X_1}$ (В); $\hat{\sigma}_{\bar{R}} = \hat{\sigma}_{X_3}$ (кОм); $\hat{R}_{UR} = \hat{R}_{13}$.

14 Резонансная частота f_p колебательного контура определялась путем многократных измерений индуктивности L и емкости C входящих в контур катушки индуктивности и конденсатора и вычислялась по формуле $f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

При обработке принять

$$\bar{L} = \bar{X}_2 \text{ (мГн)}; \bar{C} = \bar{X}_3 \text{ (мкФ)}; \hat{\sigma}_{\bar{L}} = \hat{\sigma}_{X_2} \text{ (мГн)}; \hat{\sigma}_{\bar{C}} = \hat{\sigma}_{X_3} \text{ (мкФ)}; \hat{R}_{LC} = 0.$$

Таблица 4

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	35	15	21	11	19	32	13	40	11	17
X_1	12,45	8,46	14,39	27,65	19,37	25,20	17,30	32,50	19,00	37,35
X_2	0,347	0,521	2,032	4,251	3,498	2,837	5,360	2,000	6,380	5,120
X_3	5,320	1,090	10,51	15,40	6,300	4,800	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	0,030	0,040	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	0,30	0,081	0,089
\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
Δ_{C_1}	0,25	0,05	0,20	0,22	0,14	0,42	0,33	0,12	0,08	0,16
Δ_{C_2}	0,015	0,012	0,050	0,040	0,018	0,032	0,20	0,056	0,016	0,034

Продолжение таблицы 4

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Δ_{C_3}	0,040	0,030	0,10	0,012	0,025	0,020	0,16	0,14	0,12	0,10
Примечание – Приняты следующие обозначения: $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3$ – результаты однократных измерений; $\hat{S}_{\bar{x}_1}, \hat{S}_{\bar{x}_2}, \hat{S}_{\bar{x}_3}$ – результаты предварительной оценки средних квадратических отклонений результатов однократных измерений; $\Delta_{C_1}, \Delta_{C_2}, \Delta_{C_3}$ – результаты предварительной оценки границ неисключенных систематических погрешностей										

15 Емкость конденсатора C определялась косвенным методом путем многократных измерений емкостей C_1 и C_2 с учетом зависимости $C = \frac{C_1 C_2}{C_2 - C_1}$. При обработке принять $\bar{C}_1 = \bar{X}_3$ (нФ); $\bar{C}_2 = \bar{X}_3$ (нФ); $\hat{S}_{\bar{C}_1} = \hat{S}_{\bar{X}_3}$ (нФ); $\hat{S}_{\bar{C}_2} = \hat{S}_{\bar{X}_3}$ (нФ); $\hat{R}_{C_1 C_2} = 0$.

16 Емкость конденсатора C определялась косвенным методом путем многократных измерений емкостей C_1 и C_2 с учетом зависимости $C = C_1 - C_2$. При обработке принять $\bar{C}_1 = \bar{X}_1$ (нФ); $\bar{C}_2 = \bar{X}_2$ (нФ); $\hat{\sigma}_{\bar{C}_1} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_1}$, $\hat{\sigma}_{\bar{C}_2} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}$ (нФ); $\hat{R}_{C_1 C_2} = \hat{R}_2$.

17 Напряжение U определялось косвенным методом путем многократных измерений тока I и сопротивления R с учетом зависимости $U = IR$. При обработке принять $\bar{I} = \bar{X}_2$ (мА); $\bar{R} = \bar{X}_3$ (кОм); $\hat{\sigma}_{\bar{I}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}$ (мА); $\hat{\sigma}_{\bar{R}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_3}$ (кОм); $\hat{R}_{IR} = \hat{R}_{23}$.

В задачах 18 – 25 необходимо, воспользовавшись результатами однократных измерений и предварительной оценки составляющих погрешности (см. таблицу 4), оценить суммарную погрешность результата однократного измерения. Результат измерения записать по МИ 1317–86 или ГОСТ 8.207–76. Доверительную вероятность принять аналогично задачам 2 – 9.

18 В процессе однократного измерения тока получен результат $I = \bar{X}_1$ (все значения в миллиамперах). Предварительно оценены среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения тока $\hat{\sigma}_I = \hat{\sigma}_{\bar{X}_1}$ и границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности $\Delta_{C_{I_1}} = \Delta_{C_1}$ и $\Delta_{C_{I_2}} = \Delta_{C_2}$.

19 В процессе однократного измерения напряжения получен результат $U = \bar{X}_2$ (все значения в вольтах). Предварительно оценены среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения напряжения $\hat{\sigma}_U = \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}$ и границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности $\Delta_{C_{U_1}} = \Delta_{C_2}$ и $\Delta_{C_{U_2}} = \Delta_{C_3}$.

20 В процессе однократного измерения сопротивления получен результат $R = \bar{X}_3$ (все значения в вольтах). Предварительно оценены среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения сопротивления $\hat{\sigma}_R = \hat{\sigma}_{\bar{X}_3}$ и границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности $\Delta_{CR_1} = \Delta_{C_1}$ и $\Delta_{CR_2} = \Delta_{C_2}$.

21 В процессе однократного измерения частоты получен результат $F = \bar{X}_1$ (все значения в килогерцах). Предварительно оценены среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения частоты $\hat{\sigma}_F = \hat{\sigma}_{\bar{X}_1}$ и границы неисключенных остатков трех составляющих систематической погрешности $\Delta_{CF_1} = \Delta_{C_1}$, $\Delta_{CF_2} = \Delta_{C_2}$ и $\Delta_{CF_3} = \Delta_{C_3}$.

22 Мощность P постоянного тока определялась путем однократного измерения напряжения $U = \bar{X}_1$ (В) и тока $I = \bar{X}_2$ (мА) с последующим вычислением по формуле $P = UI$. На основании предыдущих аналогичных измерений мощности известны среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения мощности $\hat{\sigma}_P = \hat{\sigma}_{\bar{X}_1}$ (мВт), границы неисключенных систематических погрешностей измерения напряжения $\Delta_{CU} = \Delta_{C_1}$ (В) и тока $\Delta_{C_I} = \Delta_{C_2}$ (мА).

23 Ток I определяется путем однократного измерения напряжения $U = \bar{X}_1$ (В) и сопротивления $R = \bar{X}_3$ (кОм) с последующим вычислением по формуле $I = \frac{U}{R}$. На основании предыдущих аналогичных измерений тока известны среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения тока $\hat{\sigma}_I = \hat{\sigma}_{\bar{X}_3}$ (мА); границы неисключенных остатков систематической погрешности измерения напряжения $\Delta_{CU} = \Delta_{C_1}$ (В) и сопротивления $\Delta_{CR} = \Delta_{C_3}$ (кОм).

24 Резонансная частота f_p колебательного контура определялась путем однократного измерения индуктивности $L = \bar{X}_2$ (мГн) и емкости $C = \bar{X}_3$ (пФ) входящих в него катушки индуктивности и конденсатора с последующим вычислением по формуле $f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. На основании предыдущих измерений частоты аналогичных контуров известны среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения частоты $\hat{\sigma}_{f_p} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}$ (кГц), границы неисключенных остатков систематической погрешности измерения индуктивности $\Delta_{CL} = \Delta_{C_2}$ (мГн) и емкости $\Delta_{CC} = \Delta_{C_3}$ (нФ).

25 Емкость конденсатора C определялась путем однократного измерения емкости $C_1 = \bar{X}_3$ (нФ) и емкости $C_2 = \bar{X}_1$ (нФ) с последующим вычислением результата измерения по формуле $C = \frac{C_1 C_2}{C_2 - C_1}$. На основании предыдущих анало-

гичных измерений емкости конденсатора известны среднее квадратическое отклонение результата однократного измерения емкости $\hat{\sigma}_c = \hat{\sigma}_{x_2}$ (нФ), границы неисключенных остатков систематической погрешности измерения емкостей $\Delta_{cc1} = \Delta_{c_2}$ (нФ) и $\Delta_{cc2} = \Delta_{c_1}$ (нФ).

В задачах 26 – 29 необходимо определить пределы инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения тока или напряжения, если измерения проводились магнитоэлектрическим прибором с классом точности γ и пределом измерения A (таблица 5).

26 Результат измерения $I = X$ (мА), миллиамперметр с нулем в начале шкалы, класс точности γ_1 , предел A_1 (мА).

27 Результат измерения $I = X$ (мА), миллиамперметр с нулем в середине шкалы, класс точности γ_1 , предел измерения $\pm A_1$ (мА).

28 Результат измерения $U = X_2$ (В), вольтметр с нулем в начале шкалы, класс точности γ_2 , предел A_2 (В).

29 Результат измерения $U = X_2$ (В), вольтметр с нулем в середине шкалы, класс точности γ_2 , предел $\pm A_2$ (В).

В задачах 30, 31 необходимо определить пределы абсолютной и относительной инструментальных погрешностей измерения тока двумя магнитоэлектрическими амперметрами с классами точности γ_1 и γ_2 и указать, какой из результатов измерения $I_1 = X_1$ (мА) и $I_2 = X_2$ (мА) получен с большей точностью (см. таблицу 5). Могут ли показания исправных приборов отличаться так, как задано в условии?

Таблица 5

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
γ_1	2,5	1,0	2,5	1,0	0,2	0,5	2,5	1,5	0,1	2,0
γ_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	20,8	18,2	270	63	12,7	25,8

30 Приборы имеют нули в начале шкалы и пределы измерения A_1 и A_2 (мА).

31 Приборы имеют нули в середине шкалы, пределы измерения $\pm A_1$ и $\pm A_2$ (мА).

В задачах 32 – 35 необходимо выбрать магнитоэлектрический вольтметр или амперметр со стандартными пределами измерения и классом точности при условии, что результат измерения напряжения или тока должен отличаться от

действительного значения Q не более чем на Δ . Стандартные пределы измерения для вольтметра составляют ...10, 30, 100, 300 В, для амперметра – ... 10, 30, 100, 300, 1000 мА. Выбор необходимого предела измерения и класса точности обосновать. Данные о значениях Q и Δ приведены в таблице 6.

Таблица 6

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_1	147	85	49	56	21	190	18,0	40	120	12,5
Q_2	43	190	36	170	8,5	570	69,0	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

32 Напряжение $U = Q_1$ (В), допустимое предельное отклонение результата Δ_1 (В).

33 Ток $I = Q_2$ (мА), допустимое предельное отклонение результата Δ_1 (мА).

34 Напряжение $U = Q_1$ (В), допустимое предельное отклонение результата Δ_2 (В).

35 Ток $I = Q_2$ (мА), допустимое предельное отклонение результата Δ_2 (мА).

36 Схематически изобразить конструкцию магнитоэлектрического измерительного механизма (МЭИМ) с подвижной катушкой и неподвижным магнитом, пояснить принцип действия. Определить угол поворота подвижной части МЭИМ при протекании по его катушке тока I , если магнитная индукция B в зазоре постоянного магнита, активная площадь рамки катушки S , число витков катушки W , удельный противодействующий момент $K_{уд}$. Данные о значениях I , B , S , W и $K_{уд}$ приведены в таблице 7.

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 ²	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
$K_{уд} \cdot 10^9$, $\frac{Н \cdot м}{град}$	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

37 Рассчитать для МЭИМ, параметры которого указаны в задаче №36, чувствительность S_I и постоянную по току C_I , чувствительность S_U и постоянную по напряжению C_U . Значение внутреннего сопротивления R_i МЭИМ выбрать из таблицы 7.

38 Определить для МЭИМ с параметрами из задачи №36 значения вращающего момента $M_{вр}$ и потребляемую мощность при протекании по рамке тока I , если внутреннее сопротивление МЭИМ R_i (см. таблицу 7).

39 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 и напряжению U_V . Рассчитать сопротивления шунта и добавочного резистора, определить цену деления созданного прибора и начертить принципиальную схему вольтамперметра. Значения R_i , C_i , N , I_A , U_V приведены в таблице 8.

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	0,825	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_{H1} , 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	9,2
R_{H2} , кОм	2,0	5,1	7,5	9,1	10,0	1,2	1,0	3,3	8,2	12,0

40 Рассчитать по условию задачи №39 сопротивление шунта и внутреннее сопротивление амперметра, полученное при расширении пределов измерения по току. Определить методическую погрешность измерения тока при включении прибора в цепь (рисунок 1). Значение сопротивления нагрузки R_{H1} выбрать в таблице 8.

41 Рассчитать по условию задачи №39 сопротивление добавочного резистора и внутреннее сопротивление вольтметра после расширения предела, определить методическую погрешность измерения напряжения при включении прибора в цепь (рисунок 2). Внутреннее сопротивление источника ЭДС R_0 и нагрузки R_{H2} выбрать из таблицы 8.

42 В процессе измерения тока в цепи (см. рисунок 1) получен результат I_x . Определить методическую погрешность измерения и действительное значение тока I . Данные со значениями I_x , R_A , R_{H1} приведены в таблице 9.

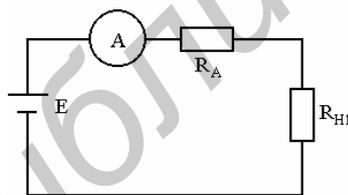


Рисунок 1

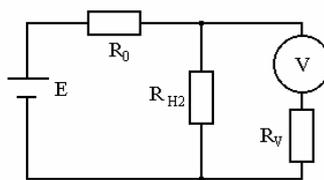


Рисунок 2

Таблица 9

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_x, \text{мА}$	2,2	31,6	5,9	12,0	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
$R_{H2}, \text{кОм}$	12,0	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

43 В процессе измерения напряжения в цепи (см. рисунок 2) получен результат U_x . Определить методическую погрешность измерения и действительное значение падения напряжения на резисторе R_{H2} . Данные о значениях U_x , R_0 , R_{H2} и R_V приведены в таблице 9.

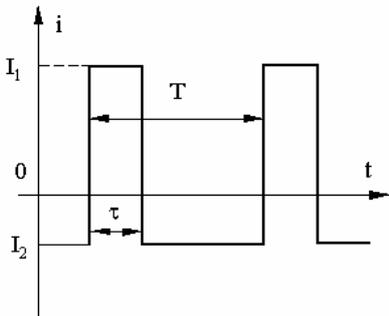


Рисунок 3

Параметры импульсов (τ , T , I_1 , I_2) и значения γ_1 и γ_2 приведены в таблице 10.

44 Определить показания выпрямительного и термоэлектрического амперметров, имеющих классы точности γ_1 (выпрямительный амперметр) и γ_2 (термоэлектрический амперметр), при измерении импульсного тока (рисунок 3). Определить пределы основных инструментальных абсолютной и приведенной погрешностей измерения, выбрав соответствующие пределы измерения из ряда 30 мА; 100 мА; 300 мА; 1 А; 3 А ...

Таблица 10

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\tau, \text{мс}$	5,0	10	8,0	12	4,0	6,0	9,0	7,0	10	15
$T, \text{мс}$	25	40	40	60	24	30	36	42	30	60
$I_1, \text{А}$	1,2	1,0	1,4	1,3	0,8	0,9	1,4	1,2	1,0	0,8
$I_2, \text{А}$	0,4	0,2	0,5	0,3	0,4	0,3	0,2	0,6	0,4	0,2
$U, \text{В}$	2,1	2,0	8,0	40	1,8	1,5	6	25	1,5	12
Q	5	2	7	7,5	4	8	10	6,5	3,5	3
γ_1	0,1	0,5	0,2	1,0	2,0	0,5	0,25	0,2	1,5	1,0
γ_2	0,5	0,2	1,0	0,5	1,0	0,2	0,5	0,1	1,0	2,0

В задачах 45 – 47 необходимо определить пиковое U_m , среднее квадратическое $U_{\text{СК}}$ и средневывпрямленное $U_{\text{СВ}}$ значения напряжения, поданного на вход электронного вольтметра с пиковым детектором, закрытым входом, со шкалой, проградуированной в средних квадратических значениях синусоидального напряжения. Показание вольтметра приведены U в таблице 10. Оценить также

пределы основных инструментальных абсолютной и относительной погрешностей измерения U , выбрав необходимый предел измерения из ряда предпочтительных чисел ... 3; 10; 30; 100 ... В.

45 Импульсный сигнал скважностью Q (рисунок 4) подан в положительной полярности на вход вольтметра с классом точности γ_1 . Значения Q и γ_1 приведены в таблице 10.

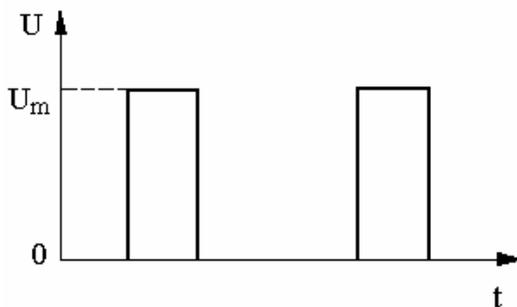


Рисунок 4

46 Сигнал синусоидальной формы после однополупериодного выпрямителя, характеризующийся коэффициентами амплитуды $K_a = 2,0$

и формы $K_\phi = 1,76$, подан в положительной полярности на вход вольтметра с классом точности γ_2 . Значение γ_2 приведено в таблице 10.

47 Сигнал синусоидальной формы после мостового выпрямителя, характеризующийся коэффициентами амплитуды $K_a = 1,41$ и формы $K_\phi = 1,11$, подан в положительной полярности на вольтметр с классом точности γ_1 . Значение γ_1 приведено в таблице 10.

48 Определить амплитудное, среднее квадратическое и средневывпрямленное значения напряжения пилообразной формы ($K_a = 1,73$ и $K_\phi = 1,16$), поданного на вход электрического вольтметра (класс точности γ_2) с детектором средневывпрямленного значения, вход открытый, шкала проградуирована в средних квадратических значениях синусоидального напряжения. Показания вольтметра U . Значения U и γ_2 приведены в таблице 10.

В задачах 49 – 51 необходимо по известным показаниям одного из вольтметров определить показания других. Вольтметры имеют открытые входы, шкалы их проградуированы в средних квадратических значениях синусоидального напряжения, детекторы соответственно пикового, среднего квадратического и средневывпрямленного значений. Измеряемые напряжения имеют коэффициенты амплитуды и формы K_a и K_ϕ (таблица 11).

Таблица 11

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	1,60	1,70	2,10
K_ϕ	1,16	1,32	1,1	1,2	1,05	1,43	1,21	1,15	1,25	1,35

49 Показание вольтметра переменного тока с детектором пикового значения U_1 (см. таблицу 11).

50 Показание вольтметра переменного тока с детектором среднего квадратического значения U_2 (см. таблицу 11).

51 Показание вольтметра переменного тока с детектором средневыпрямленного значения U_3 (см. таблицу 11).

52 Напряжение сигнала неизвестной формы измерялось тремя вольтметрами, описанными в условиях задач 49 – 51. Определить коэффициенты амплитуды и формы, если показания вольтметров с детекторами пикового значения – U_1 , среднего квадратического значения – U_2 и средневыпрямленного значения – U_3 (см. таблицу 11).

53 При измерении постоянного напряжения цифровым вольтметром преобразование импульсов на счетчик поступило N импульсов, следующих с частотой повторения $F_{пов}$. Определить значение измеряемого постоянного напряжения U_x и погрешность его измерения, если скорость нарастания линейно изменяющегося напряжения U_k определяется формулой $V_k = \frac{dU_k}{dt}$. Значения N , $F_{пов}$, V_k приведены в таблице 12. Определить погрешность измерения напряжения, обусловленную погрешностью дискретности.

Таблица 12

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	500	100	200	150	300	250	400	70	80	90
$T_{и}, c$	0,01	0,1	1,0	0,01	0,1	1,0	0,01	0,1	1,0	0,01
$F_{пов}, МГц$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$V_k, В/с$	0,01	0,001	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
$E, В$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$U_0, В$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
$N_{дд}$	0101	0001	0011	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101
	0011	0101	1001	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011
	0001	0011	1000	0001	0001	0001	0001	0001	0001	0001
	1001	0101	0100	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
Примечание – Информация, содержащаяся в выделенной строке, соответствует младшему разряду счета										

54 При измерении постоянного напряжения цифровым вольтметром частотно-импульсного преобразования на выходе компаратора за временной интервал T_n было сформировано N импульсов. Определить значение постоянного напряжения, поданного на вход частотно-импульсного преобразователя, имеющего следующие параметры: пороговое напряжение компаратора U_0 , начальное напряжение интегратора E . Определить погрешность измерения напряжения, обусловленную погрешностью дискретности. Значения T_n , U_0 и E приведены в таблице 12. Недостающие значения для определения значения постоянного напряжения выбрать самостоятельно, руководствуясь принципом действия вольтметра.

55 При измерении постоянного напряжения цифровым вольтметром кодо-импульсного преобразования на выходе декадного счетчика был получен двоично-десятичный код $N_{дд}$. Цифроаналоговый преобразователь, формирующий компенсирующее напряжение U_k , выполнен по четырехразрядной десятичной схеме с весовыми коэффициентами 8-4-2-1. Младший разряд соответствует 1 В. Определить измеренное значение постоянного напряжения и погрешность его измерения, обусловленную погрешностью дискретности. Значения $N_{дд}$ приведены в таблице 12.

56 Ваттметр поглощаемой мощности подключен к СВЧ-генератору через аттенюатор с ослаблением A (таблица 13). Определить мощность на входе аттенюатора, если показания ваттметра P_{w1} , коэффициент стоячей волны входа аттенюатора $K_{сшв}$.

57 Решить задачу №56, если показания ваттметра равны P_{w2} .

58 Ваттметр поглощаемой мощности подключен к вторичному каналу направленного ответвителя (НО) с переходным ослаблением C_1 (рисунок 5). Определить падающую, отраженную и проходящую мощность, если показания ваттметра P_{w1} , коэффициент стоячей волны нагрузки равен $K_{сшв}$ (см. таблицу 13).

Таблица 13

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
$K_{сшв}$	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

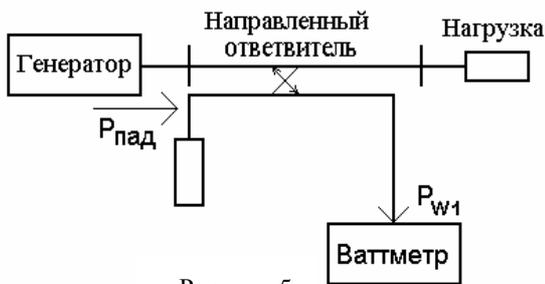


Рисунок 5

59 Решить задачу №58, если ваттметр включен по схеме (рисунок б) и его показания P_{w2} .

60 Решить задачу №58, если показания ваттметра P_{w1} , переходное ослабление НО C_2 (см. таблицу 13) и включение по схеме (рисунок б).

61 При включении ваттметра по схеме (см. рисунок 5) его показания были P_{w1} , а при переориентации НО (см. рисунок б) – P_{w2} . Определить падающую, отраженную, проходящую мощности и коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) нагрузки, если переходное ослабление НО равно C_2 (см. таблицу 13).

62 Определить абсолютную и относительную погрешности измерения частоты f_1 резонансным частотомером, обусловленные неточностью настройки в резонанс. Добротность колебательной системы Q , индикатор – магнитоэлектрический вольтметр класса точности γ с детектором среднего квадратического значения. В момент резонанса отклонение стрелки произошло на k -ю часть шкалы. Значения Q , γ , K , f_1 приведены в таблице 14.

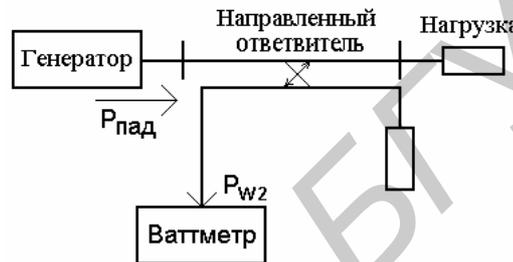


Рисунок б

Таблица 14

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q	800	1200	1000	900	1500	1400	1200	800	1000	2000
γ	1,0	1,5	0,5	1,0	0,5	1,5	1,0	1,5	0,5	1,0
K	0,8	0,7	0,6	0,5	0,9	0,8	0,6	0,9	0,8	0,6
f_1 , ГГц	2,2	1,4	2,8	1,6	3,2	4,4	2,6	1,8	3,7	4,0
f_2 , кГц	150	160	340	180	200	210	215	220	225	240
f_3 , кГц	1225	1192	1425	1216	1250	1280	1258	1275	1270	1320
f_4 , кГц	1215	840	56	3,8	570	1415	5,9	27	240	82,5
T_H , с	0,01	0,1	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
$\pm D_v \cdot 10^6$	2	5	20	10	5	50	1	2	4	25
T_x , мс	0,36	0,047	13,2	285	1,23	0,836	36,4	6,75	92,5	4,46
$\pm \delta_1$, %	0,09	0,05	0,08	0,05	0,06	0,07	0,08	0,090	0,07	0,06
$\pm \delta_2$, %	5	5	3	3	5	3	5	4	3	4

63 Определить относительную и абсолютную погрешности измерения частоты f_2 универсальным цифровым частотомером, если время измерения $T_{и}$, нестабильность частоты кварцевого генератора δ_0 . Значения f_2 , $T_{и}$, δ_0 приведены в таблице 14.

64 Определить относительную и абсолютную погрешности измерения периода T_x универсальным цифровым частотомером, если период счетных импульсов T_0 , нестабильность частоты кварцевого генератора δ_0 . Значения T_x , T_0 , δ_0 приведены в таблице 14.

65 Определить относительную погрешность измерения отношения частот f_3/f_2 универсальным цифровым частотомером. Значения f_3 и f_2 приведены в таблице 14.

66 Определить погрешность измерения частоты f_4 цифровым частотомером. Время измерения $T_{и}$. Определить погрешность измерения периода этого же сигнала, если период счетных импульсов T_0 , нестабильность частоты кварцевого генератора δ_0 . Сравнить полученные результаты. Значения f_4 , $T_{и}$, T_0 , δ_0 приведены в таблице 14.

67 Определить погрешность измерения периода T_x универсальным цифровым частотомером, если период импульсов кварцевого генератора T_0 , нестабильность его частоты δ_0 (см. таблицу 14). Оценить, как изменится погрешность измерения, если оно осуществлялось за 10 периодов.

68 При измерении интервала времени τ_x погрешность измерения составила δ_2 . Как необходимо изменить период счетных импульсов, чтобы погрешность измерения τ_x не превышала δ_1 ? Нестабильность частоты генератора счетных импульсов не превышает δ_0 (см. таблицу 14).

69 Определить частоту синусоидального сигнала, поданного на вход Y электронного осциллографа, если на вход X подан сигнал частотой f_1 и на экране осциллографа получена интерференционная фигура (таблица 15). Привести структурную схему эксперимента.

70 Определить частоту сигнала, поданного на вход Z осциллографа, если на входы X и Y поданы синусоидальные сигналы частотой f_2 , сдвинутые по фазе относительно друг друга на 90° . Количество разрывов изображения n (см. таблицу 15). Привести также вид осциллограммы и структурную схему эксперимента.

71 Определить вид интерференционной фигуры, если на вход Y осциллографа подан синусоидальный сигнал частотой f_1 , а на вход X – частотой f_2 (см. таблицу 15).

В задачах 72 – 76 по приведенным на рисунках 7 – 9 в масштабе 1:1 осциллограммам необходимо определить параметры сигналов, указанные в условии задачи. Значения коэффициентов отклонения K_v и развертки K_p электронного осциллографа выбрать из таблицы 15.

72 Определить амплитуду и период сигнала (рисунок 7).

73 Определить амплитуду и длительность импульса (рисунок 8).

74 Определить период и длительность фронта импульса (рисунок 8).

75 Определить значение фазового сдвига между двумя гармоническими сигналами (рисунок 9) и период этих сигналов.

76 Определить значение фазового сдвига между двумя гармоническими сигналами (рисунок 9) и амплитуду этих сигналов.

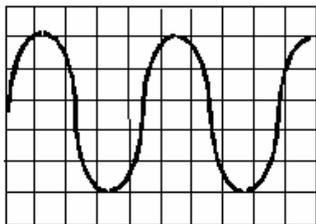


Рисунок 7

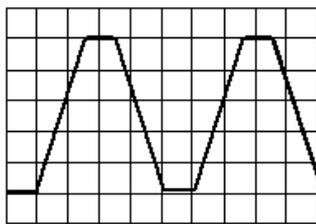


Рисунок 8

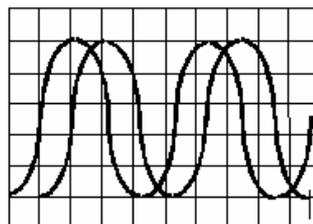


Рисунок 9

77 На рисунке 10 приведено изображение спектра исследуемого сигнала, полученное на экране анализатора спектра последовательного действия. Определить частоты основной f_0 и $(n - x)$ боковых f_n гармонических составляющих, частотные интервалы между спектральными составляющими, ширину спектра исследуемого сигнала и относительную амплитуду* $(n - x)$ составляющих спектра в децибелах. Основные параметры анализатора спектра приведены в таблице 15.

Таблица 15

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
Вид фигуры										
n	2	3	4	5	4	3	7	6	3	8
K_B , мВ/дел.	1	0,1	0,2	0,5	1	2	5	1	0,2	0,5
K_p , мкс/дел.	1	2	5	0,1	0,2	0,5	1	2	5	0,1
ΔU_+ , В	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
ΔU_- , В	0,4	1,4	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4
U_m , В	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2
U_{max} , В	1,7	3,7	5,7	7,7	9,7	11,7	13,7	15,7	17,7	19,7
U_{min} , В	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Параметры анализатора спектра										
Обзор, кГц/дел	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0	10	20
Ослабление, дБ/дел	3	5	7	9	2	4	6	8	10	1
Частота метки, кГц	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600
n	2	3	4	5	5	3	2	4	3	2
Примечание – n – номер спектральной составляющей										

* Относительная амплитуда спектральной составляющей определяется по отношению к амплитуде основной спектральной составляющей

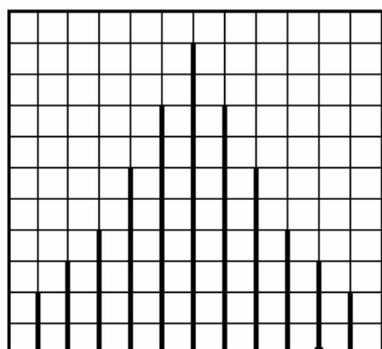


Рисунок 10
Частотная метка

78 На рисунке 11 приведена осциллограмма амплитудно-модулированного колебания с параметрами ΔU_+ , ΔU_- , U_m , U_{\max} , U_{\min} , значения которых приведены в таблице 15. Используя рекомендованную литературу, дайте определение приведенным обозначениям параметров амплитудно-модулированного колебания. Определите среднее и пиковые значения коэффициента амплитудной модуляции.

79 Измерение коэффициента амплитудной модуляции проводилось модульметром, базирующимся на методе двух вольтметров.

Используя необходимые данные задачи №77, определите значение коэффициента амплитудной модуляции.

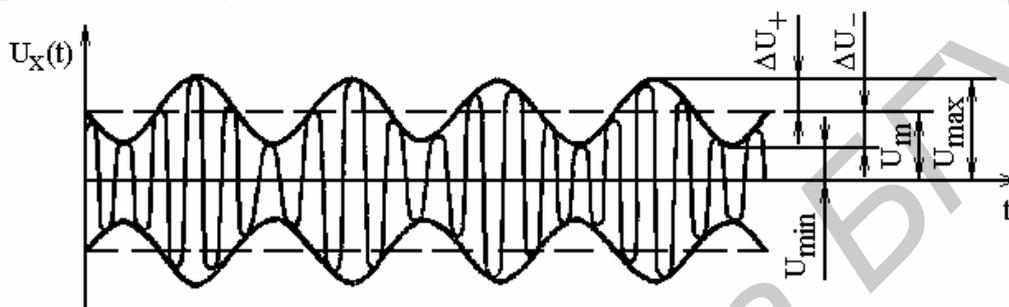


Рисунок 11

В задачах 80, 81 определить сопротивление R_x резистора, включенного в плечо уравновешенного моста постоянного тока (рисунок 12), и оценить относительную погрешность измерения R_x , возникающую из-за подключающих проводов.

80 Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 16, сопротивление подключающих проводов принять равным 0,3 Ом. Указать условия получения максимальной чувствительности моста.

81 Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 16. Сопротивление подключающих проводов 0,1 Ом. Перечислить основные источники погрешности мостов постоянного тока.

В задачах 82 – 89 необходимо по типу измеряемого элемента выбрать схему моста (рисунки 13 или 14), записать для нее условие равновесия, получить из него выражения для C_x , R_x , $\text{tg } \delta$ или L_x , R_x , Q и определить их значения. При этом измеряемый элемент заменить соответствующей эквивалентной схемой, трансформировав при необходимости схему моста.

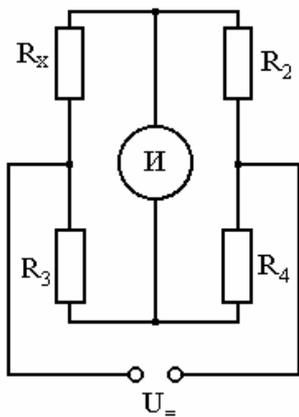


Рисунок 12

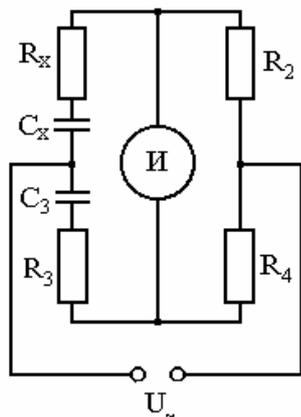


Рисунок 13

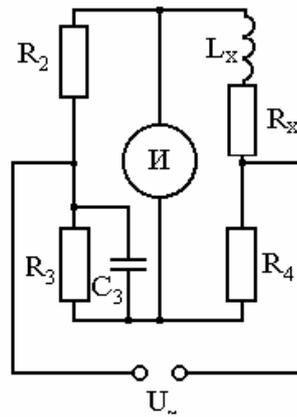


Рисунок 14

На окончательной схеме показать в виде переменных элементы (резисторы, конденсаторы и т. д.), с помощью которых обеспечивается уравнивание мостовой измерительной цепи и обеспечивается прямой отсчет заданных в условии измеряемых величин. Частота питающего напряжения 1 кГц. Определить абсолютные погрешности однократного измерения C_x , R_x , $\operatorname{tg} \delta$ или L_x , R_x , Q из-за неидеальности образцовых мер R_2 , R_3 , R_4 , C_3 , если средние квадратические отклонения случайных погрешностей этих мер σ_{R_2} , σ_{R_3} , σ_{R_4} , σ_{C_3} . Значение доверительной вероятности принять $P_d = 0,95$ для четных вариантов и $P_d = 0,99$ – для нечетных.

Таблица 16

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_2 , Ом	200	100	500	150	250	350	450	300	550	600
R_3 , кОм	3	2	4	1	1,5	2,1	3,8	7,3	8,1	4,9
R_4 , кОм	1,5	5,2	2,1	3	2	3,7	7,1	5,2	2,1	9,1
C_3 , нФ	15	47	18	82	56	22	33	8,2	7,5	22
σ_{R_2} , Ом	0,8	1,5	1,2	1	0,5	0,2	1	0,4	0,3	0,6
σ_{R_3} , Ом	0,6	1,8	0,8	1,4	0,8	2,2	1,1	1,6	0,4	1
σ_{R_4} , Ом	2,6	5	6	4	3	2	4	3	1	2
σ_{C_3} , нФ	0,08	0,03	0,016	0,007	0,02	0,01	0,012	0,005	0,024	0,06

82 Конденсатор с малыми потерями. Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 17. Прямой отсчет C_x и $\operatorname{tg} \delta$.

83 Конденсатор с большими потерями. Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 17. Прямой отсчет C_x и R_x .

Таблица 17

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_2 , Ом	100	830	1500	2700	560	3600	330	4700	620	1100
R_3 , кОм	8,2	2,2	3,3	4,7	7,5	2,7	1,5	5,1	2,0	1
R_4 , кОм	5,1	12	18	15	9,1	22	2,7	24	7,5	16
C_3 , нФ	2,2	15	12	5,1	3,3	33	47	18	56	82
σ_{R_2} , Ом	0,2	0,5	1	1	0,4	1,2	0,3	1,5	0,6	0,8
σ_{R_3} , Ом	2,2	0,8	1,1	1,4	1,6	0,8	0,4	1,8	1	0,6
σ_{R_4} , Ом	2	3	4	4	3	6	1	5	2	2,6
σ_{C_3} , нФ	0,01	0,02	0,012	0,007	0,005	0,016	0,024	0,03	0,06	0,08

84 Конденсатор с малыми потерями. Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 17. Прямой отсчет C_x и R_x .

85 Конденсатор с большими потерями. Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 17. Прямой отсчет C_x и $\text{tg}\delta$.

86 Катушка индуктивности с малой добротностью. Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 17. Прямой отсчет L_x и Q .

87 Катушка индуктивности с большой добротностью. Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 17. Прямой отсчет L_x и R_x .

88 Катушка индуктивности с малой добротностью. Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 17. Прямой отсчет L_x и R_x .

89 Катушка индуктивности с большой добротностью. Параметры элементов мостовой цепи указаны в таблице 17. Прямой отсчет L_x и Q .

90 При изменении собственной емкости C_L катушки индуктивности резонансным измерителем получены резонансы на частотах f_1 и f_2 при значениях емкости образцового конденсатора C_{01} и C_{02} соответственно. Определить значение собственной емкости катушки индуктивности C_L , оценить абсолютную погрешность ее измерения, если средние квадратические отклонения результатов измерений резонансной частоты и емкости образцового конденсатора составляют σ_f и σ_{C_0} соответственно. Значения $f_1, f_2, C_{01}, C_{02}, \sigma_f$ и σ_{C_0} приведены в таблице 18. Значение доверительной вероятности P_d принять то же, что и в задачах №82 – 89.

91 Решить задачу №90, если резонансы получены на частотах f_1 и f_3 при тех же емкостях образцового конденсатора C_{01}, C_{02} (таблица 18). Значения погрешностей σ_f и σ_{C_0} те же, что и в задаче №90.

92 Изменение емкости конденсатора C_x проводилось резонансным измерителем параметров двухполосников с использованием метода замещения. Изменяемый конденсатор включался параллельно образцовому конденсатору измерителя. Определить значение C_x , если при отсутствии конденсатора C_x получено значение емкости образцового конденсатора C_{01} , а при подключении конденсатора $C_x - C_{02}$. Оценить абсолютную погрешность измерения C_x , если среднее квадратическое значение случайной погрешности при отсчете емкости образцового конденсатора составляет σ_{C_0} . Значения C_{01}, C_{02} и σ_{C_0} приведены в таблице 18. Значение доверительной вероятности P_d принять то же, что и в задачах №82 – 89.

Таблица 18

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C_{01} , пФ	420	350	310	273	430	229	420	210	190	230
C_{02} , пФ	53	49	75	129	33	63	27	39	36	59
f_1 , кГц	800	400	200	600	500	700	300	800	300	400
f_2 , мГц	2,4	3,5	4,2	6,5	1,7	6,9	1,2	6,5	9,6	9,8
f_3 , мГц	2	2,8	3,9	5,9	1,3	5,8	3,8	4,8	7,5	8,2
σ_f , кГц	1	0,5	0,5	0,8	0,6	1	0,2	1,5	0,4	0,3
σ_{C_0} , пФ	0,5	0,2	1	0,6	0,3	0,4	0,8	0,5	1	0,4
Q_1	100	80	120	150	70	95	50	85	110	140
Q_2	40	36	55	72	15	20	17	27	46	64

93 Решить задачу №92, если измеряемый конденсатор включен последовательно с образцовым конденсатором. Получены два значения емкости образцового конденсатора C_{02} (при отсутствии конденсатора C_X) и C_{01} (при подключении конденсатора C_X).

94 Измерение минимального L_{\min} и максимального L_{\max} значений индуктивности катушки проводилось резонансным измерителем параметров двухполюсников, имеющим диапазоны изменения частоты генератора $f_1 - f_2$ и емкости образцового конденсатора $C_0 = (30 - 450)$, пФ. Определить значения L_{\min} и L_{\max} . Значения f_1 и f_2 приведены в таблице 18.

95 Решить задачу №94, если диапазон изменения частоты генератора $f_1 - f_3$ (таблица 18).

96 Определить добротность Q_x катушки индуктивности, если значения емкости образцового конденсатора при настройке контура (изменением этой емкости) на уровне 0,707 от резонанса были C_{01} , C_{02} . Оценить абсолютную и относительную погрешности однократного измерения Q_x , если среднее квадратическое значение случайной погрешности при отсчете емкости образцового конденсатора составляет σ_{C_0} . Значения C_{01} , C_{02} и σ_{C_0} приведены в таблице 18. Значение доверительной вероятности P_d принять то же, что и в задачах 82 – 89.

97 Определить полное сопротивление двухполюсника Z_X и его составляющие R и X на частоте f_1 , если до подключения двухполюсника к резонансному измерителю получены значения емкости образцового конденсатора C_{01} и добротности Q_1 при отсутствии двухполюсника Z_X , а при подключении Z_X к резонансному измерителю (параллельно образцовому конденсатору) получены значения C_{02} и Q_2 . Определить характер реактивности. Значения C_{01} , C_{02} , Q_1 , Q_2 и f_1 приведены в таблице 18.

98 Решить задачу №97 при условии, что двухполюсник включался последовательно с образцовой индуктивностью.

99 При перемещении зонда вдоль щели измерительной линии получены максимальный α_{\max} и минимальный α_{\min} отсчеты (таблица 19) по шкале стрелочного индикатора. Определить коэффициент стоячей волны по напряжению

и модуль коэффициента отражения при квадратичной характеристике СВЧ-детектора.

100 Решить задачу №99 при условии, что характеристика СВЧ-детектора измерительной линии носит линейный характер.

101 При измерении полного сопротивления СВЧ-двухполосника с помощью измерительной линии минимальное и максимальное показания стрелочного индикатора (при перемещении зонда вдоль щели) были равны α_{\max} и α_{\min} . Расстояние между соседними узлами равно l , а между узлом, ближайшим к нагрузке, и выходом измерительной линии – Δl (см. таблицу 19). Приняв волновое сопротивление тракта 50 Ом, определить полное сопротивление двухполосника при квадратической характеристике СВЧ-детектора.

102 Решить задачу №101 при условии равенства волнового сопротивления тракта 75 Ом и при линейной характеристике СВЧ-детектора.

Таблица 19

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α_{\max} , дел	81	64	63	75	22	28	31	67	89	91
α_{\min} , дел	25	16	31	51	17	19	21	43	28	35
l , мм	220	100	150	200	250	300	50	40	30	20
Δl , мм	80	60	70	80	90	100	20	15	10	5
U_1 , мВ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
U_2 , мВ	3	7	11	15	19	23	27	31	35	39
$K_{сми}$	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
S , дБ	3,1	5,6	2,7	1,5	4,2	3,6	5,1	3,8	4,9	1,8
Γ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,55
δ_{Γ} , %	10	20	25	30	5	2	3	8	35	1,0

103 Определить КСВН двухполосника и ослабление четырехполосника (в децибелах) при измерении их с помощью рефлектометра, если на выходах квадратичных СВЧ-детекторов направленных ответвителей после проведения калибровки получены значения напряжений U_1 и U_2 (см. таблицу 19). Привести структурные схемы рефлектометров при измерении КСВН и ослабления. Пояснить суть калибровки рефлектометра.

104 Определить напряжение U_1 , снимаемого с выхода детектора VD1 направленного ответвителя НО₁ рефлектометра (рисунок 15), если напряжение на выходе детектора VD₂ равно U_2 при КСВН нагрузки H , равном $K_{сми}$ (см. таблицу 19), и квадратичных характеристиках СВЧ-детекторов. Необходимо также учесть, что переходное ослабление направленного ответвителя НО₁ на S (децибелы) больше переходного ослабления направленного ответвителя НО₂.

Удалено:

Отформатировано:
Шрифт: курсив

Отформатировано:
Шрифт: курсив

Удалено:

Удалено:

Удалено: значе

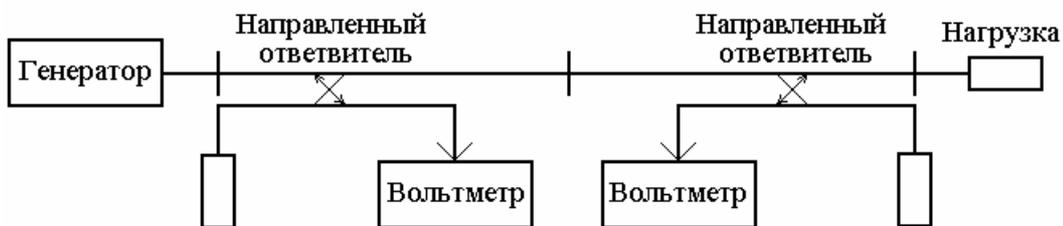


Рисунок 15

Отформатировано: Шрифт:
12 пт

105 Записать ряд предпочтительных чисел R5/2 в диапазоне чисел 0,1 – 100 с обязательным включением числа 2,75. Ряд R5/2 является производным, образованным на базе основного ряда R5. Значения членов основных рядов R приведены в таблице 20.

Таблица 20

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1,00	1,00	1,00	1,00		3,15	3,15	3,15
			1,06				3,35
		1,12	1,12			3,55	3,55
			1,18				3,75
	1,25	1,25	1,25	4,00	4,00	4,00	4,00
			1,32				4,25
		1,40	1,40			4,50	4,50
			1,50				4,75
1,60	1,60	1,60	1,60		5,00	5,00	5,00
			1,70				5,30
		1,80	1,80			5,60	5,60
			1,90				6,00
	2,00	2,00	2,00	6,30	6,30	6,30	6,30
			2,12				6,70
		2,24	2,24			7,10	7,10
			2,36				7,50
2,50	2,50	2,50	2,50		8,00	8,00	8,00
			2,65				8,50
		2,80	2,80			9,00	9,00
			3,00				9,50
				10,0	10,0	10,0	10,0

106 В результате расчета усилителя (схема электрическая принципиальная усилителя представлена на рисунке 16) получены следующие значения сопротивлений резисторов R_i (кОм) и емкостей конденсаторов C_i (нФ):

$$\begin{aligned}
 R1 &= 81,4 & C1 &= 20 \\
 R2 &= 17,2 & C2 &= 95 \\
 R3 &= 5,4 & C3 &= 20,0 \\
 R4 &= 2,1 \\
 R5 &= 45
 \end{aligned}$$

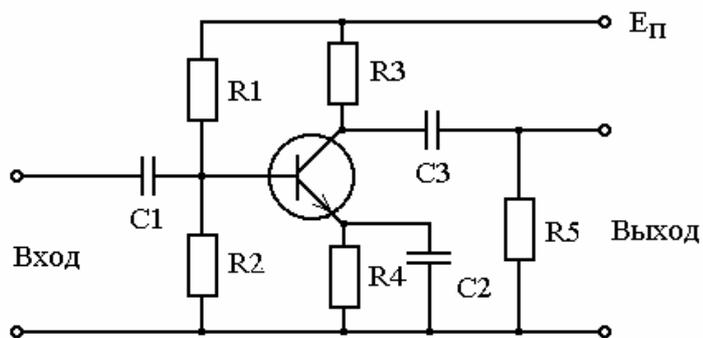


Рисунок 16

Необходимо выбрать номинальные значения сопротивлений и емкостей из рядов E , указать номер ряда по каждому из параметров и определить допуски на параметры усилителя. Расчетные значения параметров необходимо округлить до номинальных значений, взятых из рядов E (таблица 21).

Таблица 21

E3	E6	E12	E24	E3	E6	E12	E24
1,0	1,0	1,0	1,0		3,3	3,3	3,3
			1,1				3,6
		1,2	1,2			3,9	3,9
			1,3				4,3
	1,5	1,5	1,5	4,7	4,7	4,7	4,7
			1,6				5,1
		1,8	1,8			5,6	5,6
			2,0				6,2
2,2	2,2	2,2	2,2		6,8	6,8	6,8
			2,4				7,5
		2,7	2,7			8,2	8,2
			3,0				9,1
				10,0	10,0	10,0	10,0

Результаты выбора параметров схемы усилителя (см. рисунок 16) необходимо свести в таблицу 22.

Таблица 22

Наименование параметра	R1, кОм	R2, кОм	R3, кОм	R4, кОм	R5, кОм	C1, нФ	C2, нФ	C3, нФ
Расчетные значения	81,4	17,2	5,4	2,1	45	20	95	20,4
Выбранные из ряда предпочтительных чисел								
Номер ряда								
Допуск на параметр, %								

107 Рассчитайте коэффициенты применяемости и повторяемости цифрового вольтметра по данным, приведенным в таблице 23.

Таблица 23

Количество типоразмеров (в единицах)				Количество деталей (шт.)	
общее	нормализованных деталей	заимствованных деталей	покупных деталей	общее	оригинальных
82	9	21	42	1028	181

108 Рассчитайте коэффициент унификации цифрового частотомера, если стоимость деталей в нем не одного порядка. Данные приведены в таблице 24.

Таблица 24

Общее количество деталей в изделии, шт.	Суммарная стоимость отдельных типоразмеров, руб.	Общая стоимость, руб.
824	530 000	1 570 000

109 Запишите ряд предпочтительных чисел E_A , ограниченный числом B в качестве нижнего предела и числом C в качестве верхнего предела. Значения A , B и C приведены в таблице 25.

110 Запишите производный ряд предпочтительных чисел RD/T в диапазоне чисел $0,1 - 160$ с обязательным включением числа K . Значения D , T , K приведены в таблице 25.

111 Рассчитайте коэффициенты повторяемости и применяемости цифрового частотомера, если общее количество составных частей в нем равно M , общее количество типоразмеров составных частей – m_1 , а количество оригинальных типоразмеров, разработанных впервые, – m_2 . Значения M , m_1 и m_2 приведены в таблице 25.

Таблица 25

Параметр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	3	6	12	24	3	6	12	24	6	12
B	0,013	0,24	0,31	1,4	162	7,5	5,4	42	0,021	24
C	9,4	78	24	48	2264	1052	493	790	44	732
D	5	10	20	40	5	10	20	40	10	20
T	2	2	3	4	3	3	4	5	4	4
K	3,8	25	72	0,24	8,4	0,45	39	7,6	33	5,2
M	840	800	1028	820	772	1020	1100	620	780	1210
m_1	68	50	84	102	93	56	88	94	72	62
m_2	14	10	23	18	24	12	8	31	23	17

112 Проектируется стрелочный вольтметр с метрологическими характеристиками (заданными):

– верхний предел измерения: $Q_1 = 1000$ В; $g_1 = 0,2$;

- класс точности: $Q_2 = 1,0$; $g_2 = 0,6$;
- время успокоения подвижной части: $Q_3 = 4$ с; $g_3 = 0,2$.

Необходимо сформировать комплексный показатель качества вольтметра, характеризующий его метрологический уровень. Весовые коэффициенты g_i получены группой специалистов-экспертов.

113 В результате опроса десяти специалистов ($m = 10$) получены следующие индивидуальные оценки некоторого свойства:

Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9	Q_{10}
10	8	15	11	13	12	9	10	8	11

Определите значение групповой экспертной оценки и среднеквадратическое отклонение индивидуальных оценок в группе.

Используя данные, приведенные в таблице 26, оцените на противоречивость мнение третьего эксперта, оценка которого максимальна, с вероятностью 0,95 ($\alpha = 0,05$). Значение коэффициента β для $\alpha = 0,05$ определите по таблице 26 в зависимости от количества членов группы.

Таблица 26

Число экспертов в группе	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициент β	1,15	1,46	1,67	1,82	1,94	2,03	2,11	2,18

114 Пяти экспертам было предложено проранжировать семь факторов, влияющих на технологический процесс. Результат ранжирования представлен в таблице 27. Определите значение среднего квадратического отклонения индивидуальных оценок и коэффициент конкордации. Оценить степень согласованности мнений экспертов.

Таблица 27

Эксперт	Оцениваемый фактор						
	1	2	3	4	5	6	7
Первый	1	2	6	4	7	3	5
Второй	1	2	7	6	3	5	4
Третий	7	1	6	4	2	5	3
Четвертый	3	1	5	6	4	7	2
Пятый	1	2	6	4	5	7	3
Сумма рангов	13	8	30	24	21	27	17
Отклонение от средней суммы рангов	-7	-12	10	4	1	7	-3
Квадраты отклонений	49	144	10	16	1	49	9

115 Результат попарного сопоставления экспертом шести научно-исследовательских работ студентов, представленных на конкурс, приведен в таблице 28, где предпочтению i -й работы над j -й соответствует 1, а противоположному отношению – 0. Необходимо расставить работы по качеству.

Таблица 28

i	j						Итого
	1	2	3	4	5	6	
1		1	0	1	1	1	4
2	0		0	1	1	1	3
3	1	2		1	1	1	5
4	0	0	0		0	0	0
5	0	0	0	1		0	1
6	0	0	0	1	1		2

Таблица 29

Последние цифры шифра	Номера задач контрольного задания

Учебное издание

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Рабочая программа, методические указания
и контрольные задания
для студентов специальностей
1-39 01 01 «Радиотехника»,
1-41 01 02 «Микро- и нанoeлектронные технологии и системы»
заочной формы обучения

Составители:

Ревин Валерий Тихонович
Минченко Ольга Игоревна

Редактор Е. Н. Батурчик
Корректор Л. А. Шичко

Подписано в печать 9.01.2009.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 2,7

Формат 60×84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 120 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 3,14
Заказ 397.

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