

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

**Методические указания для самостоятельной работы
при изучении дисциплины (модуля)**

| | |
|----------------------|--|
| Дисциплина | <u>Б1.О.17. Метрология и радиоизмерения</u> <small>код и наименование дисциплины</small> |
| Специальность | <u>11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы</u> <small>код и наименование специальности</small> |
| Специализация | <u>Радиоэлектронные системы передачи информации</u> <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small> |
| Разработчик | <u>доцент Милкин В.И.</u> <small>уч.степень, уч. звание, должность, ФИО</small> |

Мурманск
2019

Составитель – Милкин Владимир Иванович, доцент кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой радиоэлектронных систем и транспортного радиоборудования 19 ноября 2019 г., протокол № 8.

1. Цель дисциплины: «Метрология и радиоизмерения» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом для специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы».

2. Задачи дисциплины:

дать необходимые знания закона РФ «Об обеспечении единства измерений» и ФЗ РФ «О техническом регулировании», структуры и функций метрологической службы организации; теоретические основы метрологии; понятие метрологического обеспечения; основной принцип измерения; стандартной схемы измерения; принципов действия и устройств основных измерителей; основных факторов, вызывающих погрешность результатов измерения и его метрологические характеристики; измерение тока, напряжения и мощности; измерение параметров радиочепей; исследования формы сигналов, спектров и параметров сложных сигналов; измерение частоты, интервалов времени и фаз автоматизация измерений; научные и правовые основы стандартизации; основные цели, объекты и системы сертификации; правила и порядок проведения сертификаций.

3. Содержание дисциплины

Понятие метрологического обеспечения, основной принцип измерения, стандартная схема. Основные факторы погрешностей.

Средства измерений и их метрологические характеристики.

Измерение параметров радиочепей, электромагнитной совместимости.

Научные и правовые основы стандартизации. Основные положения государственной системы стандартизации. Международная система стандартизации.

4. Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и профессиональным стандартом 06.005 «Инженер-радиоэлектронщик»

Компетенции ФГОС ВО, формируемые дисциплиной «Метрология и радиоизмерения»

| № п/п | Код и содержание компетенции | Степень реализации компетенции | Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) ¹ |
|-------|--|---|--|
| 1. | ПК-3. Способен к реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных | Компетенция реализуется применительно к радиоизмерениям | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - особенности реализации программ экспериментальных исследований в области радиоизмерений <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбирать технические средства, в том числе в режиме удаленного доступа, для экспериментальных исследований в области метрологии и радиоизмерений; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - приемами обработки результатов и оценки погрешности экспериментальных данных. |

¹ Для ФГОС ВО 3++

Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

| Содержание разделов (модулей), тем дисциплины | Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки | | | |
|---|--|-----------|----------|-----------|
| | Очная | | | |
| | Л | ЛР | ПР | СР |
| Тема 1. Предмет и задачи метрологии, основные положения закона РФ «Об обеспечении единства измерений»; структура и функции метрологической службы; теоретическая метрология: основные понятия и определения: физическая величина, измерение, методы и средства | 2 | - | - | 8 |
| Тема 2. Понятие метрологического обеспечения, основной принцип измерения, стандартная схема. Основные факторы погрешностей. Систематические и случайные погрешности. Прямые и косвенные измерения. Обработка данных и оценивание достоверности контроля. | 4 | 2 | - | 10 |
| Тема 3. Средства измерений и их метрологические характеристики: приборы непосредственной оценки, логометры, мосты, компенсаторы | 6 | 2 | - | 30 |
| Тема 4. Комбинированные измерительные приборы, генераторы, электронные осциллографы, приборы специального назначения, цифровые измерительные приборы, автоматизация измерений. | 8 | 8 | - | 22 |
| Тема 5. Измерение электрического тока, напряжения и мощности частоты, интервалов времени и фазового сдвига. | 2 | - | - | 2 |
| Тема 6. Измерение параметров радиоцепей: сопротивления, индуктивности, емкости. | 2 | 2 | - | 2 |
| Тема 7. Измерение параметров электромагнитной совместимости, характеристик случайных сигналов. | 2 | - | - | 4 |
| Тема 8. Электрические измерения неэлектрических величин. | 2 | 2 | - | 2 |
| Тема 9. Элементы теории динамических измерений. | 2 | - | - | 2 |
| Тема 10. Измерение геометрических размеров. | 2 | - | - | 2 |
| Тема 11. Научные и правовые основы стандартизации. Основные положения государственной системы стандартизации. Международная система стандартизации. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов. Основные цели и объекты сертификации. Качество продукции и защита | 4 | 2 | - | 6 |
| Итого за дисциплину: | 36 | 18 | - | 54 |

Перечень лабораторных работ

| № п\п | Наименование лабораторных работ | Количество ча- сов |
|----------|--|-----------------------|
| | | Очная |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Поверка стрелочных измерительных приборов | 2 |
| 2 | Исследование возможностей расширения пределов измерения электромеханических и электронных измерительных приборов, роль выносных устройств комплектующих радио-измерителей. | 2 |
| 3 | Определение технических возможностей универсальных осциллографов. Наблюдение амплитудных характеристик, калибровка, контроль напряжения и тока. | 4 |
| 4 | Измерение постоянных токов и напряжений, переменных токов и напряжений. Измерение сосредоточенных параметров пассивных радиокомпонентов. | 2 |
| 5 | Определение технических возможностей измерительных генераторов, измерение уровней сигналов, частот, фазовых параметров, формы и временных интервалов. | 4 |
| 6 | Измерение параметров цепей радиоэлектронных и электрических характеристик устройств. Измерение параметров радиосигналов. | 2 |
| 7 | Измерение сопротивления изоляции переносного электроинструмента и бытовых электроприборов. Измерение сопротивления изоляции, электропроводки, сетей, сопротивлений заземлений. | 2 |
| Итого: | | 18 |

5. Методические рекомендации

5.1 Методические рекомендации по организации работы обучающихся во время проведения лекционных занятий

- В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации для практического занятия и указания для выполнения самостоятельной работы.
- Обучающемуся, в ходе лекционных занятий, необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание изучаемой дисциплины, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве.
- Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Рекомендуется активно задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

5.2 Методические указания к выполнению лабораторных работ

- Лабораторные работы сочетают элементы теоретического исследования и практической работы. Выполняя лабораторные работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, так как многие теоретические определения, казавшиеся отвлеченными, становятся вполне конкретными, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.
- Выполнение лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
 - формирование умений применять полученные знания в практической деятельности;
 - развитие аналитических, проектировочных, конструктивных умений;
 - выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.
- Лабораторные занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в специальной лаборатории кафедры, оборудованной для выполнения лабораторных работ (заданий).
 - Форма организации обучающихся для проведения лабораторного занятия – фронтальная, групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.
 - Результаты выполнения лабораторной работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

5.3 Проведение занятий в интерактивной форме

- Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, моделируют ситуации, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.
- Интерактивная форма обучения реализуется в виде проблемных лекций, коллективных решениях творческих задач и использовании метода проектов.
- **Проблемная лекция.** На этой лекции новое знание вводится через проблемность вопроса, задачи или ситуации. При этом процесс познания обучающихся в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к исследовательской деятельности. Разрешение проблемной ситуации происходит путем организации направления поиска ее решения, выдвижения гипотез и их проверки, решения задач различными способами, нахождения наиболее рационального пути решения и т.д.; анализа полученного результата, обсуждения противоречий или неоднозначности выводов и т.п.
- **Коллективные решения творческих задач.** Под творческими заданиями понимаются такие учебные задания, которые требуют от обучающихся не простого воспроизводства информации, а творчества, поскольку задания содержат больший или меньший элемент неизвестности и имеют, как правило, несколько подходов, несколько методов решения.

5.4 Методические рекомендации к самостоятельной работе

- Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой обучающихся).
- Самостоятельная работа обучающихся (далее – СРО) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности обучающегося. СРО играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРО должна стать эффективной и целенаправленной работой обучающихся.
- К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом СРО играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

- В процессе самостоятельной работы обучающийся приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.
- Формы самостоятельной работы обучающихся разнообразны. Они включают в себя:
 - изучение учебной, научной и методической литературы, материалов периодических изданий с привлечением электронных средств официальной, патентной, статистической, периодической и научной информации;
 - подготовку докладов и рефератов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ;
 - участие в работе студенческих конференций, комплексных научных исследованиях.
- Самостоятельная работа приобщает обучающихся к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.
- Основной формой самостоятельной работы обучающегося является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и лабораторных занятиях.

5.5 Методические рекомендации по решению тестовых заданий

- Тестовая система предусматривает вопросы/задания, на которые обучающийся должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность.
- При отсутствии какого-либо одного ответа на вопрос, предусматривающий множественный выбор, весь ответ считается неправильным.
- Ответы правильные выделяются в тесте подчеркиванием или любым другим символом.

5.6 Методические рекомендации к выполнению РГР.

- При написании РГЗ обучающийся должен показать умение работать с литературой, анализировать информационные источники, делать обоснованные выводы.
 - Работа над выбранной темой требует от обучающегося знаний методологии выполнения исследования, творческого подхода, логики, аргументации изложения, отражения личного отношения к исследуемой проблеме, прилежания, профессионализма.
- Порядок выполнения РГР состоит из следующих этапов:
- подбор темы и литературы для ее выполнения;
 - разработка рабочего плана;
 - изучение специальных источников информации;
 - формирование основных теоретических положений, практических выводов и рекомендаций;
 - оформление РГР в соответствии с общими требованиями к оформлению пояснительных записок дипломных и курсовых проектов
 - защита РГР.
 - Важным этапом выполнения РГР является изучение литературных источников. Эта работа начинается с момента выбора темы РГР. В своей работе обучающийся должен показать умение использовать не только специальную техническую литературу, но и экономическую, нормативно-правовые акты, стандарты и ГОСТы.
 - Список литературы должен быть оформлен в строгом соответствии с правилами библиографии. В тексте РГР обязательно должны быть ссылки на используемую литературу. Количество наименований в списке литературы должно быть не менее 15.

5.7 Методические рекомендации по подготовке презентации

Алгоритм создания презентации:

- 1 этап – определение цели презентации
- 2 этап – подробное раскрытие информации,
- 3 этап – основные тезисы, выводы.

Следует использовать 10-15 слайдов. При этом:

- первый слайд – титульный, предназначен для размещения названия презентации, имени докладчика и его контактной информации;
 - на втором слайде необходимо разместить содержание презентации, а также краткое описание основных вопросов;
 - оставшиеся слайды имеют информативный характер.
- Обычно подача информации осуществляется по плану: тезис – аргументация – вывод.

Требования к оформлению и представлению презентации:

- Читательность (видимость из самых дальних уголков помещения и с различных устройств), текст должен быть набран 24-30-ым шрифтом.
- Тщательно структурированная информация.
- Наличие коротких и лаконичных заголовков, маркированных и нумерованных списков.
- Каждому положению (идее) надо отвести отдельный абзац.
- Главную идею надо выложить в первой строке абзаца.
- Использовать табличные формы представления информации (диаграммы, схемы) для иллюстрации важнейших фактов, что даст возможность подать материал компактно и наглядно.
- Графика должна органично дополнять текст.
- Выступление с презентацией длится не более 10 минут;

5.8 Методические рекомендации по подготовке доклада

Алгоритм создания доклада:

- 1 этап – определение темы доклада
- 2 этап – определение цели доклада
- 3 этап – подробное раскрытие информации
- 4 этап – формулирование основных тезисов и выводов.

5.9 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена

- Экзамен осуществляется в рамках завершения изучения дисциплины (модуля) и позволяет определить качество усвоения изученного материала, а также степень сформированности компетенций.
- Обучающиеся обязаны сдавать экзамен в строгом соответствии с утвержденными учебными планами, разработанными согласно образовательным стандартам высшего образования.
- Экзамен принимается по билетам, содержащим два вопроса. Экзаменационные билеты утверждаются на заседании кафедры.
- Экзаменатору предоставляется право задавать студентам вопросы в рамках билета, а также, помимо теоретических вопросов, предлагать задачи практико-ориентированной направленности по программе данного курса.
- При явке на экзамен студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору в начале экзамена.
- Рекомендуются при подготовке к экзамену опираться на следующий план:
 1. Просмотреть программу курса, с целью выявления наиболее проблемных тем, вопросов, которые могут вызвать трудности при подготовке к экзамену.
 2. Темы необходимо изучать последовательно, внимательно обращая внимание на описание вопросов, которые раскрывают ее содержание. Начинать необходимо с первой темы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Преобразователи расширения пределов измерения электромеханических измерительных приборов.
2. Логометры, измерительные мостовые схемы.

3. Универсальные и специальные электронные вольтметры.
4. Цифровые электронные вольтметры.
5. Приборы для измерения параметров электрических цепей.
6. Цифровые частотомеры, измерители интервалов времени, фазометры.
7. Осциллографы, структурные схемы, работа основных узлов, характеристики.
8. Анализаторы спектра сигналов последовательного и параллельного типов.
9. Многолучевые, скоростные, стробоскопические и запоминающие осциллографы.
10. Измерение тока и напряжения, общие сведения. Измерения в цепях постоянного тока.
11. Измерение тока и напряжения в цепях переменного тока, количественные соотношения между различными значениями ряда распространенных сигналов.
12. Измерение электрических сопротивлений.
13. Измерение электрической мощности и электрической емкости.
14. Измерение индуктивности и частота, временных интервалов.
15. Измерительные генераторы. Классификация, основные параметры.
16. Особенности генераторов синусоидальных сигналов, генераторы сигналов специальной формы, шумовых сигналов.
17. Источники измерительных сигналов с высокой стабильностью частоты, генераторы импульсов.
18. Измерение параметров сигналов.
19. Измерения на СВЧ.
20. Измерения параметров длинных линий и волноводов.
21. Точностные характеристики измерителей.
22. Перспективы развития средств измерения.
23. Типы и виды радиотехнических измерений.
24. Структура радиотехнических измерений.

Литература:

Основная литература

1. Пудовкин А.П. Метрология и радиоизмерения [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Пудовкин А.П., Панасюк Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2011.— 81 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64113.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Комягин Р.В. Измерения параметров элементов радиотехнических цепей [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Метрология и радиоизмерения»/ Комягин Р.В., Хандамиров В.Л.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 24 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30973.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Дополнительная литература

1. Афонский А.А. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике [Электронный ресурс]/ Афонский А.А., Дьяконов В.П.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 688 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63585.html>.— ЭБС «IPRbooks»