

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 | Б1.Б.21 Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств <small>код, вид, тип и наименование практики по учебному плану</small> |
| Специальность | 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы <small>код и наименование направления подготовки /специальности</small> |
| специализация | Радиоэлектронные системы передачи ин формации <small>наименование направленности (профиля) /специализации образователь- ной программы</small> |
| Разработчики | Старший преподаватель Шульженко А.Е. |

Мурманск
2019

Составитель – Шульженко Александр Евгеньевич, старший преподаватель кафедры радиоэлектронных систем и транспортного радиооборудования Мурманского государственного технического университета

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

1. Цель дисциплины: « Основы компьютерного проектирования и моделирования РЭС» является формирование компетенций в эксплуатационно-технической и научно-исследовательской областях профессиональной деятельности, в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста и учебным планом для специальности 11.5.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы»

2. Задачи дисциплины:

дать необходимые знания о принципах использования, назначении, функциональных возможностях и составе встроенных библиотек различных специализированных пакетов прикладных программ, предназначенных для целей компьютерного проектирования и моделирования РЭС.

3. Содержание дисциплины

- Раздел 1. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования.
- Раздел 2 Математические модели электронных компонентов.
- Раздел 3. Лингвистическое обеспечение и программное обеспечение САПР.
- Раздел 4. Математическое описание моделей в частотной и временной областях. Моделирование РЭС методом переменных состояния. Моделирование статического режима РЭС.
- Раздел 5. Учет влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС
- Раздел 6. Конструкторское проектирование
- Раздел 7. Математическое моделирование электродинамических объектов.

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»

Результаты обучения

| № п/п | Код и содержание компетенции | Степень реализации компетенции | Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций) ¹ |
|-------|---|-----------------------------------|---|
| 1. | ОПК-6 готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности | Компетенция реализуется полностью | <p>Знать: современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий</p> <p>Уметь: использовать достижения современных информационных технологий, измерительной и вычислительной техники для решения профессиональных задач</p> <p>Владеть: навыками анализа современных тенденций развития</p> |

¹ Для ФГОС ВО 3++

| | | | |
|--|---|-----------------------------------|--|
| | | | электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий |
| | ПСК 2.4 способностью проводить компьютерное проектирование и моделирование радиоэлектронных систем передачи информации | Компетенция реализуется полностью | Знать: стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники. Уметь: применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для моделирования и исследования радиотехнических устройств. Владеть: типовыми программными средствами моделирования радиоэлектронных цепей, устройств и систем методами компьютерного моделирования |

Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

| Содержание разделов (модулей), тем дисциплины | Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения | | | |
|--|--|----|----|----|
| | Заочная | | | |
| | Л | ЛР | ПР | СР |
| Раздел 1. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования. Основные стадии проектирования Виды описания РЭА Иерархия уровней проектирования Применение ЭВМ для автоматизированного проектирования понятие пакета прикладных программ и его особенности. Особенности САПР РЭС. Виды обеспечения САПР | | | | 15 |
| Раздел 2 Математические модели электронных компонентов. Классификация М.М. Базовый набор элементов моделей Модели полупроводниковых элементов Модель полупроводникового диода Модель биполярного транзистора Модель Эберса – Молла Малосигнальная динамическая модель биполярного транзистора Модель полевого транзистора Операционный усилитель. Модели цифровых компонентов | 1 | 2 | 2 | 15 |
| Раздел 3. Лингвистическое обеспечение и программное обеспечение САПР. Входной язык rpsice, особенности языка. Директивы rpsice. Описание переменных в rpsice. Форма описания включения компонента в схеме. Описание простых компонентов R, L C, и полупроводниковых приборов. | 1 | | 2 | 18 |

| | | | | |
|--|---|---|---|----|
| Раздел 4. Математическое описание моделей в частотной и временной областях. Моделирование РЭС методом переменных состояния. Моделирование статического режима РЭС. | | 2 | | 18 |
| Раздел 5. Учет влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС. Формулировка задач учета влияния разброса параметров. Метод коэффициентов чувствительности. Статистические методы учета разброса параметров. Метод Монте-Карло. | | | | 18 |
| Раздел 6. Конструкторское проектирование. Проектирование печатных плат. Модели конструкций и схем. Алгоритмы компоновки. Алгоритмы размещения. Алгоритмы трассировки. | 1 | 2 | | 15 |
| Раздел 7. Математическое моделирование электродинамических объектов. Применение методов декомпозиции при моделировании СВЧ- устройств. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. | 1 | | | 20 |
| Итого: | 4 | 6 | 4 | |

Перечень лабораторных работ

| № п\п | Темы лабораторных работ | Количество часов |
|-------|--|------------------|
| | | Заочная |
| 1 | 2 | 5 |
| 1 | Исследование моделей полупроводниковых приборов | 2 |
| 2 | Анализ работы полосового фильтра в частотной области | 2 |
| 3 | Трассировка печатной платы полосового фильтра | 2 |

Перечень практических работ

| № п\п | Темы практических работ | Количество часов |
|-------|--|------------------|
| | | Заочная |
| 1 | 2 | 5 |
| 1 | Составление математической модели усилителя на полевом транзисторе | 2 |
| 2 | Составление модели электрической цепи на языке PSpice | 2 |

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. Рекомендуются активно задавать

преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

5.2 Методические указания к выполнению практических работ

- Практические работы сочетают элементы теоретического исследования и практических навыков. Выполняя практические работы, обучающиеся лучше усваивают учебный материал, практически осваивая конкретные решения, происходит соприкосновение теории с практикой, что в целом содействует пониманию сложных вопросов науки и становлению обучающихся как будущих специалистов.
- Выполнение практических работ направлено на:
 - обобщение, систематизацию, углубление теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
 - формирование умений применять полученные знания для практической деятельности;
 - развитие теоретических, аналитических, проектировочных, знаний и умений;
 - выработку самостоятельности, ответственности и творческой инициативы.
- Практические занятия, как вид учебной деятельности, проводятся в учебных помещениях и лабораториях, при необходимости, с использованием к сети интернет.
- Форма организации обучающихся для проведения практического занятия – групповая и индивидуальная – определяется преподавателем, исходя из темы, цели, порядка выполнения работы. Оборудование используется в соответствии с инструкциями по эксплуатации.
- Результаты выполнения практической работы оформляются обучающимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются требованиями соответствующей работы.

5.3 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.

5.4 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.

5.5 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.
- Рекомендуется 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.

1. Состав прикладного программного обеспечения
2. Классификация прикладного программного обеспечения
3. Язык PSpice, особенности синтаксиса.
4. Директивы моделирования: расчет стандартных характеристик и многовариантный анализ
5. Директивы моделирования: вспомогательные файлы и параметры, модели устройств.
6. Форматы описания переменных в PSpice на примере напряжений в узлах схемы
7. Описание включения компонента в схему на примере резистора
8. Описание полупроводникового диода на языке PSpice
9. Моделирование в временной области
10. Топологический метод формирования математических уравнений.
11. Моделирование в частотной области. Использование метода 4-х полюсника.
12. Моделирование в частотной области схем с нелинейными компонентами: ряды Вольтерра-Пикара.
13. Моделирование в частотной области схем с нелинейными компонентами: метод гармонического баланса.
14. Учет влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС. Формулировка задачи учета влияния разброса параметров.
15. Учет влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС. Метод коэффициентов чувствительности
16. Учет влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС. Статический метод учета разброса параметров (Метод Монте-Карло)
17. Конструкторское проектирование. Проектирование печатных плат. Модели конструкций и схем. Алгоритмы компоновки. Алгоритмы размещения

18. Конструкторское проектирование. Проектирование печатных плат. Алгоритмы размещения. Алгоритмы трассировки.
19. Математическое моделирование электродинамических объектов. Применение методов декомпозиции при моделировании СВЧ- устройств.
20. Математическое моделирование электродинамических объектов. . Метод конечных разностей
21. Математическое моделирование электродинамических объектов. Метод конечных элементов.
22. Математические модели электронных компонентов. Модель полупроводникового диода.
23. Математические модели электронных компонентов. Модель БТ Эберса-Молла
24. Математические модели электронных компонентов. Малосигнальная модель полевого транзистора
25. Математические модели электронных компонентов. Модель операционного усилителя.
26. Математические модели электронных компонентов. Модели базовых цифровых компонентов.

Основная литература

1. Трухин М.П. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. 386с. ил.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66543.html>.— ЭБС «IPRbooks»
- 2.

Дополнительная литература

1. Трухин М.П. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: лабораторный практикум/ Трухин М.П.— Электрон. текстовые данные.— Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2015.— 136 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66563.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. DipTrace. Руководство пользователя. NOVARM Ltd. 2016. https://diptrace.com/books/tutorial_rus.pdf (заглавие с экрана)
3. LTspice IV Getting Started Guide [электронный ресурс] <http://cds.linear.com/docs/en/software-and-simulation/LTspiceGettingStartedGuide.pdf> (заглавие с экрана)