

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

**Авторы-составители: Измestьев Игорь Васильевич
Лунегов Игорь Владимирович
Манцуpов Алексей Валерьевич**

Рабочая программа дисциплины

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Код УМК 76826

**Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2021 г.**

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Численные методы моделирования радиоэлектронных схем

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **01.03.02** Прикладная математика и информатика
направленность Инженерия программного обеспечения

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Численные методы моделирования радиоэлектронных схем** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность : Инженерия программного обеспечения)

ПК.2 Способен выполнять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности

Индикаторы

ПК.2.2 Разрабатывает концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делает выбор средств проектирования и реализации

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Инженерия программного обеспечения)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Численные методы моделирования радиоэлектронных схем. Первый семестр

Рассматриваются физико-математические основы алгоритмов и программ, применяемых при разработке схемотехнических САПР радиоэлектронных средств. Основное внимание уделено автоматизированному формированию уравнений с использованием теории графов и алгоритма узловых потенциалов. Рассматриваются численные методы решения таких уравнений в статическом и динамическом режимах работы различных аналоговых радиоэлектронных устройств. Значительное внимание уделяется изучению математических моделей различных полупроводниковых приборов и методов определения параметров этих моделей.

Тема 1. Математическое моделирование в радиоэлектронике

За последние 40 лет программы автоматизации в области радиоэлектроники получили существенное развитие. Причем, автоматизация используется на всех иерархических уровнях от проектирования элементной базы до уровня разработки структуры радиосистемы, от проектирования отдельного транзистора до самых сложных микроконтроллеров и микропроцессоров. В данной теме дается обзор методов проектирования на различных уровнях сквозного проектирования. Рассматриваются свойства базовых элементов, применяемых на различных уровнях. Рассматриваются как физические основы, так и математические алгоритмы. Перечислены основные программы для профессионального сквозного проектирования радиосредств.

Тема 2. Формирование математической модели электронных схем на основе алгоритма узловых потенциалов

Даны определения и рассмотрены основные свойства ориентированных и неориентированных графов, отражены методы представления их в матричной форме. На основе законов Кирхгофа записаны топологические уравнения. Определены базовые элементы радиосхем для моделирования на макроуровне. Дан вывод уравнения для узловых потенциалов, обсуждены вопросы, связанные с решением уравнения. Рассмотрен вопрос о сведении многополюсника к четырехполюснику, что позволяет достаточно быстро получить такие характеристики четырехполюсника, как комплексный коэффициент передачи, входное и выходное сопротивление.

Тема 3. Схемотехническое моделирование в базисе переменных состояния

Рассмотрены вопросы формирования правильного дерева графа электрической схемы, алгоритм формирования системы уравнений в базисе переменных состояния. Такой подход рассматривается как альтернатива методу узловых потенциалов, позволяющий моделировать радиосхему во временной и частотной областях.

Тема 4. Моделирование полупроводниковых приборов

Первая электрофизическая и математическая модели биполярного транзистора была предложена Эберсом и Моллом в 1954 году. С тех пор многие ученые и инженеры занимались её усовершенствованием. В настоящее время вопросы вполне адекватного математического моделирования обобщены и применяются в SPICE-совместимых профессиональных программах. Рассмотрению таких моделей на макроуровне и посвящена данная тема. Изучаются принципы моделирования полупроводниковых диодов, стабилитронов, биполярных и униполярных транзисторов. Операционные усилители для целей применения их в схемотехнике моделируются на более высоком суперуровне.

Тема 5. Моделирование процессов в радиоэлектронных устройствах в различных режимах работы

Рассмотрен подход к часто применяемому схемотехническому моделированию в базисе узловых потенциалов. При моделировании на постоянном токе (статическое моделирование) уравнения как правило решаются методом Ньютона в сочетании с методом движущейся области сходимости. В

частотной области сначала выполняется статическое моделирование, осуществляется линеаризация схемы, а затем узловые потенциалы обычно рассчитывают методом Гаусса. Во временной области решение находят в результате применения дискретных схем замещения реактивных элементов схем. Статистическое моделирование с учетом разброса внутренних параметров выполняют методом Монте-Карло.

Тема 6. Пакеты программ автоматизации схемотехнического и сквозного проектирования

С помощью информации, имеющейся в глобальной сети и литературных источниках студенты самостоятельно составляют обзор современных САПР, которые применяются при научных исследованиях и в электронной промышленности. Особое внимание уделяется программам сквозного проектирования Altium Designer и Cadence. При моделировании в учебной лаборатории студентам рекомендуется применять SPISE-совместимую свободно распространяемую программу MicroCAP.

Итоговое контрольное мероприятие. Зачет

Для подготовки к зачету студентам предлагаются следующие вопросы:

1. Математическое моделирование в науке и технике. Этапы формирования математических моделей объектов и явлений внешнего мира по А.Н.Тихонову. Пример.
2. Классификация математических моделей (ММ) цепей и устройств радиоэлектроники. ММ на микро-, макро- и мега-уровнях. Примеры.
3. Адекватность, универсальность и экономичность ММ, применяемых в радиоэлектронике. Примеры.
4. ММ на микро-уровне. Основные положения методов конечных разностей и конечных элементов. Примеры.
5. Мат. моделирование на макро-уровне. Компонентные и топологические уравнения в методах переменных состояния и узловых потенциалов.
6. Мат. моделирование на мега-уровне. ММ операционного усилителя в конкретной САПР.
7. Методы решения задач структурного моделирования и проектирования.
8. Функциональное моделирование как моделирование на мега-уровне. Базисные элементы функциональных схем.
9. Моделирование линейных инерционных функциональных элементов во временной и частотной областях.
10. Моделирование нелинейных инерционных функциональных элементов. Принципы построения функциональных схем. Пример.
11. Нелинейная и линеаризованная модели полупроводникового диода. Параметры модели в одной из САПР и методы их определения.
12. Нелинейная и линеаризованная модели полупроводникового стабилитрона. Параметры ММ в одной из САПР и методы их определения.
13. Нелинейная модель биполярного транзистора. Параметры ММ в одной из САПР и методы их определения.
14. Математическое моделирование униполярных транзисторов. Параметры ММ в одной из САПР и методы их определения.
15. Моделирование операционного усилителя. Параметры ММ в одной из САПР и методы их определения.
16. Использование теории графов при моделировании электрических цепей. Определение матрицы смежности.
17. Формирование матрицы инцидентий. Закон Кирхгофа для тока в матричной форме.
18. Формирование контурной матрицы. Закон Кирхгофа для напряжений в матричной форме.
19. Формирование матрицы сечений. Закон Кирхгофа для тока на основе матрицы сечений.
20. Вывод уравнения для узловых потенциалов.

21. Матрица узловых проводимостей и вектор эффективных источников тока в методе узловых потенциалов. Алгоритм формирования уравнения для узловых потенциалов.
22. Решение уравнения для узловых потенциалов методом Гаусса. Сведение схемы к эквивалентному четырехполюснику и определение его частотных схемных функций.
23. Расчет статического режима электронных схем. Основное уравнение и методы его решения. Пример.
24. Компьютерный анализ переходных процессов в электронных устройствах. Дискретные модели реактивных компонентов.
25. Дискретные модели полупроводниковых приборов.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Зенков, А. В. Численные методы : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. В. Зенков. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 122 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04268-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/415025>
2. Головицына М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств", направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств"/М. В. Головицына.-Москва:Интернет-Университет информационных технологий,2011, ISBN 978-5-9963-0463-9.-5021.
3. Головицына, М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий : учебное пособие / М. В. Головицына. — 3-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 503 с. — ISBN 978-5-4497-0690-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/97578>
4. Сигналы и их преобразования в линейных радиотехнических цепях. Лабораторный практикум : учебное пособие / В. Я. Баскей, В. М. Меренков, Д. О. Соколова, А. Н. Яковлев ; под редакцией А. Н. Яковлев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 78 с. — ISBN 978-5-7782-1619-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/45159.html>

Дополнительная:

1. Автоматизация схемотехнического проектирования: учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов/В. Т. Фролкин [и др.] ; ред. В. Н. Ильин.-Москва:Радио и связь,1987.-367.
2. Разевиг Всеволод Данилович Система схемотехнического моделирования Micro-Cap V/Всеволод Данилович Разевиг.-М.,1997, ISBN 5-85954-069-8.-273.
3. Чуа Л. О., Лин П.-М. Машинный анализ электронных схем (алгоритмы и вычислительные методы): перевод с английского/Л. О. Чуа, П. -М. Лин ; ред. В. Н. Ильин ; пер. Е. С. Виленкин [и др.].-Москва:Энергия,1980.-638.
4. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Радиотехника"/А. А. Головков [и др.] ; ред. О. В. Алексеев.-Москва:Высшая школа,2000, ISBN 5-06-002691-4.-479.-Библиогр.: с. 473-475
5. Лапчик М. П., Рагулина М. И., Хеннер Е. К. Численные методы: учебное пособие для вузов/М. П. Лапчик, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер ; ред. М. П. Лапчик.-Москва:Академия,2004, ISBN 5-7695-1339-X.-384.-Библиогр.: с. 381
6. Тугов Н. М., Глебов В. А., Чарыков Н. А. Полупроводниковые приборы: учебник для вузов/Н. М. Тугов, В. А. Глебов, Н. А. Чарыков ; ред. В. А. Лабунцов.-Москва:Энергоатомиздат,1990, ISBN 5-283-00554-2.-576.-Библиогр.: с. 566-567
7. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления "Проектирование и технология электронных средств"/Ю. Л.

Муромцев [и др.].-Москва:Академия,2010, ISBN 978-5-7695-6256-3.-3801.-Библиогр.: с. 376-378

8. Алан, Оппенгейм Цифровая обработка сигналов / Оппенгейм Алан, Шафер Рональд ; перевод С. А. Кулешов, Е. Б. Махиянова, Н. Ф. Орлова. — Москва : Техносфера, 2012. — 1048 с. — ISBN 978-5-94836-329-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/26906>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://electricalschool.info/> Школа для электрика

<https://studme.org/> studme.org

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Численные методы моделирования радиоэлектронных схем** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться различные информационные технологии:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

Visual Studio Community

Altium Desiner

MicroCap 8.0demo

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет приложений «LibreOffice»

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться компьютерное и мультимедийное оборудование: лекции готовятся в формате презентаций (MS Power Point), где отражаются ключевые содержательные моменты материалов курса.

Аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена презентационной техникой:

- 1) персональный компьютер или ноутбук с соответствующим программным обеспечением;
- 2) мультимедийное оборудование (проектор, экран);
- 3) маркерная доска и маркеры (или меловая доска и мел).

Аудитория для практических занятий:

Компьютерный класс кафедры радиоэлектроники и защиты информации с техническим оснащением,

представленным в паспорте.

Групповые (индивидуальные) консультации, мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук с соответствующим программным обеспечением), а также меловой (и) или маркерной доской

Помещение для самостоятельной работы:

Компьютерный класс кафедры радиоэлектроники и защиты информации, помещения библиотеки с персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной сетям

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru)

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Численные методы моделирования радиоэлектронных схем**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.2

Способен выполнять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2.2 Разрабатывает концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делает выбор средств проектирования и реализации</p>	<p>Уметь разрабатывать концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делать выбор средств проектирования и реализации, применять современные методы моделирования и анализа схем в частотной и временной областях на постоянном и переменном токе на основе существующих алгоритмов с использованием компьютерных технологий.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител Не умеет разрабатывать концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делать выбор средств проектирования и реализации, применять современные методы моделирования и анализа схем в частотной и временной областях на постоянном и переменном токе на основе существующих алгоритмов с использованием компьютерных технологий.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн Частично сформировано умение разрабатывать концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делать выбор средств проектирования и реализации, применять современные методы моделирования и анализа схем в частотной и временной областях на постоянном и переменном токе на основе существующих алгоритмов с использованием компьютерных технологий.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения разрабатывать концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делать выбор средств проектирования и реализации, применять современные методы моделирования и анализа схем в частотной и временной областях на постоянном и переменном токе на основе существующих алгоритмов с использованием компьютерных технологий.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформировано умение разрабатывать концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делать выбор средств проектирования и реализации, применять современные методы моделирования и анализа схем в частотной и временной областях на постоянном и переменном токе на основе существующих алгоритмов с использованием компьютерных технологий.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : 2021

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Тема 1. Математическое моделирование в радиоэлектронике Входное тестирование	проверяются остаточные знания по курсам: основы радиоэлектроники и численные методы
ПК.2.2 Разрабатывает концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делает выбор средств проектирования и реализации	Тема 3. Схемотехническое моделирование в базисе переменных состояния Защищаемое контрольное мероприятие	Иерархические уровни моделирования в области радиоэлектроники. Моделирование радиоэлектронных схем в базисах узловых потенциалов и переменных состояния. Математическое обеспечение схемотехнических САПР.
ПК.2.2 Разрабатывает концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делает выбор средств проектирования и реализации	Тема 6. Пакеты программ автоматизации схемотехнического и сквозного проектирования Защищаемое контрольное мероприятие	Алгоритмы и методы расчета характеристик радиоэлектронных схем на постоянном токе. Анализ чувствительности. Алгоритмы и методы расчета частотных характеристик линейных четырехполюсников. Алгоритмы и методы расчета основных импульсных характеристик линейных четырехполюсников. Анализ нелинейных искажений сигналов. Расчет спектров импульсных сигналов.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.2.2 Разрабатывает концепцию и архитектуру программной системы, ее функциональные возможности и логику работы, делает выбор средств проектирования и реализации	Итоговое контрольное мероприятие. Зачет Итоговое контрольное мероприятие	Графы и их матричное представление в алгоритмах математического моделирования электронных схем. Математическое моделирование полупроводниковых приборов и определение параметров моделирования на различных иерархических уровнях. Адекватные и вполне адекватные spice-модели полупроводниковых приборов. Математические модели и алгоритмы схемотехнического моделирования на постоянном и переменном токе в частотной и временной областях.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Тема 1. Математическое моделирование в радиоэлектронике

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
При тестировании допущено менее 10% ошибок	81
При тестировании допущено менее 30% ошибок	61
При тестировании допущено менее 50% ошибок	41
При тестировании допущено более 50% ошибок	0

Тема 3. Схемотехническое моделирование в базисе переменных состояния

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Применение теории графов в схемотехническом моделировании. Матричный подход к описанию электрических схем. Свойства полной и усеченной матриц инцидентности. Законы Кирхгофа в матричной форме.	10
Принципы алгоритмов узловых потенциалов и переменных состояния схемотехнического моделирования.	10
Вывод уравнения для узловых потенциалов.	5
Микро-, макро- и мега- иерархические уровни математического моделирования	

радиоэлектронных средств и виды их математического обеспечения.	5

Тема 6. Пакеты программ автоматизации схемотехнического и сквозного проектирования

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Алгоритмы решения уравнения для узловых потенциалов на постоянном токе. Анализ чувствительности.	10
Расчет и анализ частотных характеристик линейных четырехполюсников. Нелинейные искажения и оценка их критериев.	10
Расчет и анализ переходных процессов в радиоэлектронных схемах. Определение основных импульсных характеристик линейных четырехполюсников средствами САПР. Спектральный анализ континуальных сигналов. Расчет параметров нелинейных искажений.	10

Итоговое контрольное мероприятие. Зачет

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Графы и их матричное представление при моделировании электрических схем. Вывод уравнения для узловых потенциалов.	10
Математические модели и алгоритмы схемотехнического моделирования на постоянном токе. Анализ чувствительности.	10
Математические модели и алгоритмы анализа схем на переменном токе. Расчет частотных характеристик линейных четырехполюсников средствами САПР.	10
Математические модели и алгоритмы анализа схем во временной области. Расчет переходных процессов в среде схемотехнической САПР. Нелинейные искажения и спектральный анализ импульсных сигналов.	10