

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

**Авторы-составители: Бабушкин Игорь Аркадьевич
Лунегов Игорь Владимирович
Изместьев Игорь Васильевич**

Рабочая программа дисциплины

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Код УМК 91044

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2020 г.

Пермь, 2020

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: **03.03.03** Радиофизика
направленность Электроника, микро- и наноэлектроника

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

03.03.03 Радиофизика (направленность : Электроника, микро- и наноэлектроника)

ОПК.8 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей

ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.03 Радиофизика (направленность: Электроника, микро- и наноэлектроника)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Схемотехническое моделирование. 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 сложнейших 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 совершенствованием. 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 SPICE-совместимую свободно распространяемую программу MicroCAP.

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 аудиторские 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. 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>
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 // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/97578>

Дополнительная:

1. Карлащук, В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. Т.2. Моделирование элементов телекоммуникационных и цифровых систем / В. И. Карлащук. — 6-е изд. — Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2016. — 639 с. — ISBN 5-98003-291-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/90373>
2. Карлащук, В. И. Электронная лаборатория на IBM PC. Т.1. Моделирование элементов аналоговых систем / В. И. Карлащук. — 6-е изд. — Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2016. — 672 с. — ISBN 5-98003-288-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/90405>
3. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств: Учеб. пособие / Под ред. О. В. Алексева. - М.: Высш. шк., 2000, ISBN 5-06-002691-4.-479.-Библиогр.: с.473-475
4. 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>
5. 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"/[Муромцев Ю. Л. и др.].-Москва: Академия, 2010, ISBN 978-5-7695-6256-3.-3801.-Библиогр.: с. 376-378

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

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

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 и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.8 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Уметь использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p align="center">Неудовлетворител Отсутствие умения использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p> <p align="center">Удовлетворительн Частично сформированное умение использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p> <p align="center">Хорошо В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p> <p align="center">Отлично Сформированное умение использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>
<p>ПК.1 способность понимать принципы работы и</p>	<p>Владеть методами моделирования схем, входящих в состав радиоэлектронных</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не владеет методами моделирования схем, входящих в состав радиоэлектронных</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p>	<p>средств. Знать физические принципы функционирования полупроводниковых приборов различных типов. Иерархические уровни представления их математических моделей. Адекватные и вполне адекватные модели, применяемые в различных схмотехнических САПР. Параметры SPICE-совместимых математических моделей полупроводниковых приборов и методы их определения.</p>	<p>Неудовлетворител средств. Не знает физические принципы функционирования полупроводниковых приборов различных типов. Не имеет представления: -о иерархических уровнях представления их математических моделей. -об адекватных и вполне адекватных моделях, применяемые в различных схмотехнических САПР. -о параметрах SPICE-совместимых математических моделей полупроводниковых приборов и методах их определения</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания физических принципов функционирования полупроводниковых приборов различных типов; Имеет представление : -о иерархических уровнях представления их математических моделей. -об адекватных и вполне адекватных моделях, применяемые в различных схмотехнических САПР. -о параметрах SPICE-совместимых математических моделей полупроводниковых приборов и методах их определения</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания физических принципов функционирования полупроводниковых приборов различных типов. Сформированное представление - ерархических уровнях представления их математических моделей. -об адекватных и вполне адекватных моделях, применяемые в различных схмотехнических САПР - параметрах SPICE-совместимых математических моделей полупроводниковых приборов и методах их определения</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Хорошо сформированные знания физических принципов функционирования полупроводниковых приборов различных типов.</p> <p>Сформированное представление</p> <ul style="list-style-type: none"> - о иерархических уровнях представления их математических моделей - об адекватных и вполне адекватных моделях, применяемые в различных схемотехнических САПР - о параметрах SPICE-совместимых математических моделей полупроводниковых приборов и методах их определения

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

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 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Тема 1. Математическое моделирование в радиоэлектронике Входное тестирование	знание основ электричества и радиоэлектроники
ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования ОПК.8 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	Тема 2. Формирование математической модели электронных схем на основе алгоритма узловых потенциалов Защищаемое контрольное мероприятие	Иерархические уровни моделирования в области радиоэлектроники. Моделирование радиоэлектронных схем в базисах узловых потенциалов и переменных состояния. Математическое обеспечение схемотехнических САПР.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>ОПК.8 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Тема 3. Схемотехническое моделирование в базисе переменных состояния</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Матричный подход для формирования модели в базисе переменных состояния. Вывод уравнений на основе законов Кирхгофа. Алгоритмы решения уравнений для переменных состояния.</p>
<p>ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>ОПК.8 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Тема 4. Моделирование полупроводниковых приборов</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Физические принципы функционирования полупроводниковых приборов различных типов. Иерархические уровни представления их математических моделей. Адекватные и вполне адекватные модели, применяемые в различных схематических САПР. Параметры SPICE-совместимых математических моделей полупроводниковых приборов и методы их определения.</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>ОПК.8 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей</p>	<p>Тема 5. Моделирование процессов в радиоэлектронных устройствах в различных режимах работы</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Графы и их матричное представление в алгоритмах математического моделирования электронных схем.</p> <p>Математическое моделирование полупроводниковых приборов и определение параметров моделирования на различных иерархических уровнях.</p> <p>Адекватные и вполне адекватные spice-модели полупроводниковых приборов. Математические модели и алгоритмы схемотехнического моделирования на постоянном и переменном токе в частотной и временной областях.</p>

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
Ответ на 10 вопросов теста	100
Ответ на 8 вопросов теста	81
Ответ на 6 вопросов теста	61
Ответ на 4 вопросов теста	41

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

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Вывод уравнения для узловых потенциалов.	5
Принципы алгоритмов узловых потенциалов и переменных состояния схемотехнического моделирования.	5
Применение теории графов в схемотехническом моделировании. Матричный подход к	5

описанию электрических схем. Свойства полной и усеченной матриц инцидентности. Законы Кирхгофа в матричной форме.	
Микро-, макро- и мега- иерархические уровни математического моделирования радиоэлектронных средств и виды их математического обеспечения.	5

Тема 3. Схемотехническое моделирование в базисе переменных состояния

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Определение токов и напряжений в результате решения уравнений для переменных состояния. Расчет выходных характеристик четырехполюсников в частотной и временной областях. (каждая ошибка дает -2 балла)	10
Определение переменных состояния. Уравнения для переменных состояния и методы их решения. (каждая ошибка дает -2 балла)	10

Тема 4. Моделирование полупроводниковых приборов

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Моделирование операционных усилителей на макро-уровне. Параметры математических моделей и методы их определения.	10
Математическое моделирование полупроводниковых диодов и стабилитронов. Параметры математических моделей и методы их определения.	5
Математическое моделирование транзисторов различных типов. Параметры математических моделей и методы их определения.	5

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

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

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

Максимальный балл, выставляемый 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