

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и наноэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и
инженерной механики

 Могильная Е.П.
«18» 04 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА СВЧ»

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Профиль «Электронные приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Приборы и устройства СВЧ» по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника. – 27 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Приборы и устройства СВЧ» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 года № 927.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко В.А.;

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники «14» 04 2023 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой

микро- и нанoeлектроники  Войтенко В. А.

Переутверждена: « » 202 г., протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко В.А., Войтенко Г.О., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – изучение современных устройств электроники сверхвысоких частот.

Задачи: ознакомление студентов с принципами работы, выбором и расчетом пассивных и управляющих устройств СВЧ и основными направлениями развития электроники СВЧ.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Приборы и устройства СВЧ» относится к циклу профессиональных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания физики и математики, основ измерительной техники, основ теории сигналов и цепей, физических основ полупроводниковых приборов; умения использования персонального компьютера на уровне пользователя, работы в средах MATLAB и Multisim; навыки работы с характериографом, генераторами СВЧ сигналов.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Математика», «Физика», «Введение в технику измерений», «Основы отраслевых знаний», «Теория сигналов», «Теория электронных цепей», «Функциональная электроника» и служит основой для освоения дисциплин «Схемотехника», «Приемо-передающие и антенно-фидерные устройства».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи. ОПК-2.2. Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки. ОПК-2.3. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.	Знать: как находить и критически анализировать основные научные методы проведения исследований, методики проведения экспериментальных исследований приборов и устройств СВЧ; рассматривает основные варианты построения линий передач ГИС СВЧ, конструкций делителей (сумматоров) мощности; как формулировать совокупность поставленных задач при разработке СВЧ ГИС; знает основные методы и средства

	<p>ОПК-2.4. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p>ОПК-2.5. Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации.</p> <p>ОПК-2.6. Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования.</p> <p>ОПК-2.7. Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений.</p>	<p>проведения экспериментальных исследований в области СВЧ, системы стандартизации и сертификации приборов и устройств СВЧ.</p> <p>Уметь: проводить измерения электрических величин при помощи электроизмерительных приборов; осуществлять поиск информации с использованием информационных технологий; исследовать работу устройств СВЧ, анализировать и систематизировать результаты исследований;</p> <p>Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой; навыками применения физико-математического аппарата для расчета устройств СВЧ; навыками снятия характеристик приборов и устройств СВЧ и предоставления полученных данных; навыками работы с электронными библиотеками и базами данных для систематизации результатов измерений; навыками представления результатов исследований в виде отчетов, презентаций;</p>
<p>ПК-10. Способен осуществлять эксплуатацию и обслуживание приборов электроники и наноэлектроники</p>	<p>ПК-10.1. Знает принципы эксплуатации и обслуживания приборов электроники и наноэлектроники.</p> <p>ПК-10.2. Умеет осуществлять эксплуатацию приборов электроники и наноэлектроники.</p> <p>ПК-10.3. Владеет навыками обслуживания приборов электроники и наноэлектроники.</p>	<p>Знать: принципы эксплуатации и обслуживания приборов СВЧ; современную элементную базу электроники СВЧ; основные направления развития эксплуатации и обслуживания электроники сверхвысоких частот, элементной базы электроники СВЧ; основы обслуживания приборов и устройств СВЧ различного назначения;</p>

		<p>Уметь: осуществлять эксплуатацию приборов электроники СВЧ; использовать электроизмерительные приборы для обслуживания электроники СВЧ;</p> <p>Владеть: навыками обслуживания приборов электроники СВЧ; навыками осуществления контроля схем микроэлектронных устройств СВЧ; навыками снятия характеристик узкополосных и широкополосных усилителей на воздушных и микрополосковых линиях в процессе их планового технического обслуживания.</p>
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5 зач. ед)	180 (5 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	85	20
Лекции	34	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	17	4
Лабораторные работы	34	8
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	95	160
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Расчет элементов гибридных интегральных схем.

Понятие гибридной интегральной схемы СВЧ. Основные линии передач ГИС СВЧ. Расчет параметров линий

Тема 2. Устройства распределения (суммирования) мощности СВЧ.

Применение делителей (сумматоров) мощности. Элементы многоканальных делителей. Параллельное разветвление линий передач. Двухканальный синфазный направленный делитель мощности. Кольцевой мост. Многоканальные делители. Алгоритмы расчета многоканальных делителей. Определение мощностей в исходных каналах делителя по заданному закону. Расчет частотных характеристик многоканальных делителей. Четырехканальные делители мощности. Делители мощности на 64 канала. Характеристики делителей, выполненных из мостовых устройств.

Тема 3. Избирательные устройства.

Классификация избирательных устройств, формирующих один или несколько частотных каналов. Основные параметры микроэлектронных фильтров. Аппроксимация функций рабочего затухания. Расчет топологии фильтров нижних частот. Расчет топологии ФНЧ с чебышевской характеристикой на МПЛ. Расчет топологических схем ППФ на связанных одинаковых МПЛ.

Тема 4. Смесители.

Параметры смесителей. Основные требования к смесителям. Выбор активных элементов. Схемы смесителей. Математические модели смесителей. Смесители на комбинациях линий передач.

Тема 5. Усилительные устройства.

Требования к малошумящим усилителям СВЧ. Параметры малошумящих усилителей СВЧ. Усилительные элементы. Математическая модель транзистора. Расчет усилителя. Использование ЭВМ при проектировании усилителей. Топологические схемы микроэлектронных СВЧ усилителей. Многокаскадные усилители. Влияние внешних факторов на работу усилителей с ПТ.

Тема 6. Устройства управления мощностью.

Требования к устройствам управления мощностью. Классификация устройств управления мощностью. Управляющие элементы. Математический аппарат для расчета устройств на сосредоточенных элементах. Устройства на сосредоточенных управляющих элементах. Устройства на элементах с распределенными параметрами.

Тема 7. Фазовращатели.

Параметры полупроводниковых фазовращателей. Схемы фазовращателей. Анализ характеристик фазовращателей с направленным ответвителем.

Тема 8. Ограничители мощности.

Параметры ограничителей мощности. Ограничительные диоды. Схемы ограничителей мощности и их расчет.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Расчет элементов гибридных интегральных схем.	2	2
2	Устройства распределения (суммирования) мощности СВЧ.	6	2
3	Избирательные устройства.	4	-
4	Смесители.	4	-
5	Усилительные устройства.	8	2
6	Устройства управляющие мощностью.	4	-
7	Фазовращатели.	2	2
8	Ограничители мощности.	4	-
Итого:		34	8

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Расчет узкополосного усилителя на воздушной линии.	2	-
2	Расчет узкополосного усилителя на микрополосковой линии.	2	1
3	Расчет узкополосного двухкаскадного усилителя на воздушных линиях.	2	-
4	Расчет узкополосного двухкаскадного усилителя на микрополосковых линиях.	2	1
5	Расчет широкополосного усилителя на сдвоенных воздушных линиях.	2	-
6	Расчет широкополосного усилителя на сдвоенных микрополосковых линиях.	2	1
7	Расчет широкополосного усилителя, нагруженного на воздушную линию.	2	-
8	Расчет широкополосного усилителя, нагруженного на микрополосковую линию.	2	1
9	Расчет узкополосного усилителя на воздушных линиях с использованием линий связи.	1	-
Итого:		17	4

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Исследование работы узкополосного усилителя на воздушной линии.	4	1
2	Исследование работы узкополосного усилителя на микрополосковой линии.	4	1
3	Исследование работы узкополосного двухкаскадного усилителя на воздушных линиях.	4	1
4	Исследование работы узкополосного двухкаскадного усилителя на микрополосковых линиях.	4	1
5	Исследование работы широкополосного усилителя на сдвоенных воздушных линиях.	4	1

6	Исследование работы широкополосного усилителя на сдвоенных микрополосковых линиях.	4	1
7	Исследование работы широкополосного усилителя, нагруженного на воздушную линию.	4	1
8	Исследование работы широкополосного усилителя, нагруженного на микрополосковую линию.	4	1
9	Исследование работы узкополосного усилителя на воздушных линиях с использованием линий связи.	2	-
Итого:		34	8

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Расчет элементов гибридных интегральных схем. Устройства распределения (суммирования) мощности СВЧ. Избирательные устройства	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	10	16
2	Исследование работы линий передач СВЧ	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	12	16
3	Исследование работы резонаторов СВЧ	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	12	16
4	Смесители. Усилительные устройства. Устройства управления мощностью. Фазовращатели. Ограничители мощности.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	10	16
5	Исследование работы интегральных элементов СВЧ.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	12	16
6	Линейные передачи СВЧ, их свойства, использование	Подготовка к тестированию	8	16
7	Устройства распределения мощности СВЧ	Подготовка к тестированию	8	16
8	Избирательные устройства СВЧ	Подготовка к тестированию	8	16
9	Смесители	Подготовка к тестированию	6	16
10	Оптические устройства СВЧ	Подготовка к тестированию	8	16
Итого:			95	160

4.7. Курсовые работы/проекты

Не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к практическим занятиям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты

текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы). Студенты, выполнившие 75 % текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Экзамены
Обучающийся глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.	отлично (5)
Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	хорошо (4)
Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах.	удовлетворительно (3)
Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы	неудовлетворительно (2)

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Белоус А.И., СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. В 2-х книгах. Книга 1: Техническая энциклопедия [Электронный ресурс] / Белоус А.И., Мерданов М. К., Шведов С.В. - М.: Техносфера, 2018. - 818 с. - ISBN 978-5-94836-531-2 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365312.html>

2. Белоус А.И., СВЧ-электроника в системах радиолокации и связи. В 2-х книгах. Книга 2 : Техническая энциклопедия [Электронный ресурс] / Белоус А.И., Мерданов М. К., Шведов С.В. - М. : Техносфера, 2018. - 702 с. - ISBN 978-

5-94836-532-9 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. -
Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365329.html>

б) Дополнительная литература:

1. Сомов А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов; под ред. А.М. Сомова. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 440 с.: ил.; 60x88 1/16. (обложка) ISBN 978-5-9912-0255-8, 500 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/390281>

2. Астайкин А.И. Вакуумная микроволновая электроника. Физико-технические основы [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Астайкин А.И., Воронина Л.В., Липатов А.Ф. - Саров: ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2012. - 377 с.: ISBN 978-5-9515-0197-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/950034>

3. Грабовски Б. Справочник по электронике [Электронный ресурс] / Богдан Грабовски; Пер. с фр. А. В. Хаванов. - 2-е изд., испр. - Москва: ДМК Пресс, 2009. - 416 с.: ил. - ISBN 978-5-94074-472-6. - Текст: электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/406521>

4. Разинкин В.П. Широкополостные управляемые СВЧ устройства высокого уровня мощности [Электронный ресурс] / Разинкин В.П., Хрусталев В.А., Матвеев С.Ю. - Новосиб.: НГТУ, 2014. - 316 с.: ISBN 978-5-7782-2326-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=548085&spec=1>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине "Приборы и устройства СВЧ" / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2015. – 26 с.

2. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине "Микроэлектроника СВЧ" / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2012. – 19 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» –

<http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» –<https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научные журналы

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, а также компьютерной математической среды MATLAB и компьютерной среды для моделирования Multisim.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com

Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

фонда оценочных средств по учебной дисциплине

«Приборы и устройства СВЧ»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-2.	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1. ОПК-2.2. ОПК-2.3. ОПК-2.4. ОПК-2.5. ОПК-2.6. ОПК-2.7.	Тема 1 Расчет элементов гибридных интегральных схем СВЧ	1
				Тема 2 Устройства распределения (суммирования) мощности СВЧ	1
				Тема 3 Избирательные устройства	1

				Тема 4 Смесители	1
				Тема 5 Усилительные устройства	1
				Тема 6 Устройства, управляющие мощностью	1
				Тема 7 Фазовращатели	1
				Тема 8 Ограничители мощности	1
2.	ПК-10	Способен осуществлять эксплуатацию и обслуживание приборов электроники и наноэлектроники	ПК-10.1. ПК-10.2. ПК-10.3.	Тема 1 Расчет элементов гибридных интегральных схем СВЧ	1
				Тема 2 Устройства распределения (суммирования) мощности СВЧ	1
				Тема 3 Избирательные устройства	1
				Тема 4 Смесители	1
				Тема 5 Усилительные устройства	1
				Тема 6 Устройства, управляющие мощностью	1
				Тема 7 Фазовращатели	1
				Тема 8 Ограничители мощности	1

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства

		дисциплине)			
1.	ОПК-2	ОПК-2.1. ОПК-2.2. ОПК-2.3. ОПК-2.4. ОПК-2.5. ОПК-2.6. ОПК-2.7.	Знать: как находить и критически анализировать основные научные методы проведения исследований, методики проведения экспериментальных исследований приборов и устройств СВЧ; рассматривает основные варианты построения линий передач ГИС СВЧ, конструкций делителей (сумматоров) мощности; как формулировать совокупность поставленных задач при разработке СВЧ ГИС; знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований в области СВЧ, системы стандартизации и сертификации приборов и устройств СВЧ. Уметь: проводить измерения электрических величин при помощи электроизмерительных приборов; осуществлять поиск информации с использованием информационных технологий; исследовать работу устройств СВЧ, анализировать и систематизировать результаты исследований;	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 2, Лабораторная работа 3	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

			<p>Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой;</p> <p>навыками применения физико-математического аппарата для расчета устройств СВЧ;</p> <p>навыками снятия характеристик приборов и устройств СВЧ и предоставления полученных данных;</p> <p>навыками работы с электронными библиотеками и базами данных для систематизации результатов измерений;</p> <p>навыками представления результатов исследований в виде отчетов, презентаций;</p>		
2.	ПК-10	ПК-10.1. ПК-10.2. ПК-10.3.	<p>Знать: принципы эксплуатации и обслуживания приборов СВЧ;</p> <p>современную элементную базу электроники СВЧ;</p> <p>основные направления развития эксплуатации и обслуживания электроники сверхвысоких частот, элементной базы электроники СВЧ;</p> <p>основы обслуживания приборов и устройств СВЧ различного назначения;</p> <p>Уметь: осуществлять эксплуатацию приборов</p>	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Лабораторная работа 4	Контрольные вопросы к лекциям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену

			<p>электроники СВЧ; использовать электроизмерительные приборы для обслуживания электроники СВЧ; Владеть: навыками обслуживания приборов электроники СВЧ; навыками осуществления контроля схем микроэлектронных устройств СВЧ; навыками снятия характеристик узкополосных и широкополосных усилителей на воздушных и микрополосковых линиях в процессе их планового технического обслуживания.</p>		
--	--	--	---	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Приборы и устройства СВЧ»

Контрольные вопросы к лекциям:

1. Что называют гибридной интегральной схемой СВЧ?
2. Назовите основные линии передач ГИС СВЧ.
3. Какие требования предъявляют к линиям передач ГИС СВЧ?
4. Как проводят расчет параметров линий ГИС СВЧ?
5. Что такое волновое сопротивление?
6. Как определяют коэффициент укорочения длины волны в МПЛ?
7. Каково назначение устройств распределения (суммирования) мощности СВЧ?
8. Где применяют делители (сумматоры) мощности?
9. Перечислите элементы многоканальных делителей.
10. Что такое параллельное разветвление линий передач?
11. Как устроен двухканальный синфазный направленный делитель мощности?
12. Каково назначение двухканального синфазного направленного делителя мощности?
13. Что представляет собой кольцевой мост?
14. Где используются многоканальные делители?
15. Как проводят расчет многоканальных делителей?
16. Как определяют мощности в исходных каналах делителя по заданному закону?

17. Что такое частотная характеристика делителя?
18. Как проводят расчет частотных характеристик многоканальных делителей?
19. Что представляют собой четырехканальные делители мощности?
20. Что представляют собой делители мощности на 64 канала?
21. Каковы характеристики делителей, выполненных из мостовых устройств?
22. Что такое избирательные устройства? Каково их назначение?
23. Приведите классификацию избирательных устройств, формирующих один или несколько частотных каналов?
24. Что такое микроэлектронный фильтр?
25. Для чего предназначен микроэлектронный фильтр?
26. Перечислите основные параметры микроэлектронных фильтров.
27. Что называют функцией рабочего затухания?
28. Как проводят аппроксимацию функций рабочего затухания?
29. Каково назначение фильтров нижних частот?
30. Как проводят расчет топологии фильтров нижних частот?
31. Каково назначение ФНЧ с чебышевской характеристикой на МПЛ?
32. Как проводят расчет топологии ФНЧ с чебышевской характеристикой на МПЛ?
33. Каково назначение ППФ на связанных одинаковых МПЛ?
34. Как проводят расчет топологических схем ППФ на связанных одинаковых МПЛ?
- 35.** Что представляют собой и для чего предназначены смесители?
36. Перечислите параметры смесителей.
37. Каковы основные требования к смесителям?
38. Как проводят выбор активных элементов?
39. Приведите и поясните схемы смесителей.
40. Для чего составляют математические модели смесителей?
41. Каково назначение смесителей на комбинациях линий передач?
42. Для каких целей используют усилительные устройства СВЧ?
43. Сформулируйте требования к малошумящим усилителям СВЧ.
44. Перечислите параметры малошумящих усилителей СВЧ.
45. Что такое усилительные элементы?
46. Приведите и поясните математическую модель транзистора.
47. Как проводят расчет усилителя?
48. Как используют возможности ЭВМ при расчетах и проектировании усилителей?
49. Приведите и поясните топологические схемы микроэлектронных СВЧ усилителей.
50. Для чего предназначены многокаскадные усилители?
51. Каково влияние внешних факторов на работу усилителей с ПТ?
52. Что представляют собой устройства управления мощностью?
53. Сформулируйте требования к устройствам управления мощностью.
54. Приведите классификацию устройств управления мощностью.
55. Что такое управляющие элементы?

56. Какой математический аппарат применяют для расчета устройств на сосредоточенных элементах?
57. Где применяют устройства на сосредоточенных управляющих элементах?
58. Где применяют устройства на элементах с распределенными параметрами?
59. Что представляют собой фазовращатели?
60. Назовите параметры полупроводниковых фазовращателей.
61. Приведите и поясните схемы фазовращателей.
62. Каковы характеристики фазовращателей с направленным ответвителем?
63. Что представляют собой ограничители мощности?
64. Назовите параметры ограничителей мощности.
65. Что представляют собой ограничительные диоды?
66. Приведите и поясните схемы ограничителей мощности.
67. Как проводят расчет ограничителей мощности?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к лекциям

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией)
4	Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности)
3	Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией)
2	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать)

Вопросы к лабораторным работам:

1. Понятие гибридной интегральной схемы СВЧ.
2. Основные линии передач ГИС СВЧ.
3. Расчет параметров линий.
4. Устройства распределения (суммирования) мощности СВЧ.
5. Применение делителей (сумматоров) мощности.
6. Элементы многоканальных делителей.
7. Параллельное разветвление линий передач.
8. Двухканальный синфазный направленный делитель мощности.
9. Кольцевой мост.
10. Многоканальные делители.

11. Алгоритмы расчета многоканальных делителей.
12. Определение мощностей в исходных каналах делителя по заданному закону.
13. Расчет частотных характеристик многоканальных делителей.
14. Четырехканальные делители мощности.
15. Делители мощности на 64 канала.
16. Характеристики делителей, выполненных из мостовых устройств.
17. Избирательные устройства.
18. Классификация избирательных устройств, формирующих один или несколько частотных каналов.
19. Основные параметры микроэлектронных фильтров.
20. Аппроксимация функций рабочего затухания.
21. Расчет топологии фильтров нижних частот.
22. Расчет топологии ФНЧ с чебышевской характеристикой на МПЛ.
23. Расчет топологических схем ППФ на связанных одинаковых МПЛ.
- 24. Смесители.**
25. Параметры смесителей.
26. Основные требования к смесителям.
27. Выбор активных элементов.
28. Схемы смесителей.
29. Математические модели смесителей.
30. Смесители на комбинациях линий передач.
31. Усилительные устройства.
32. Требования к малощумящим усилителям СВЧ.
33. Параметры малощумящих усилителей СВЧ.
34. Усилительные элементы.
35. Математическая модель транзистора.
36. Расчет усилителя.
37. Использование ЭВМ при проектировании усилителей.
38. Топологические схемы микроэлектронных СВЧ усилителей.
39. Многокаскадные усилители.
40. Влияние внешних факторов на работу усилителей с ПТ.
41. Устройства управления мощностью.
42. Требования к устройствам управления мощностью.
43. Классификация устройств управления мощностью.
44. Управляющие элементы.
45. Математический аппарат для расчета устройств на сосредоточенных элементах.
46. Устройства на сосредоточенных управляющих элементах.
47. Устройства на элементах с распределенными параметрами.
48. Фазовращатели.
49. Параметры полупроводниковых фазовращателей.
50. Схемы фазовращателей.
51. Анализ характеристик фазовращателей с направленным ответвителем.
52. Ограничители мощности.
53. Параметры ограничителей мощности.

54. Ограничительные диоды.

55. Схемы ограничителей мощности и их расчет.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
4	Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
3	Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов)
2	Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов)

Тесты:

1. К линиям передачи ГИС СВЧ предъявляются следующие требования:

- А) передача сигналов с малыми искажениями;
- Б) большие диссипативные потери;
- В) малые габаритные размеры.

2. Подложка ГИС СВЧ представляет собой:

- А) металл;
- Б) диэлектрик;
- В) полупроводник.

3. Потери в МПЛ состоят из:

- А) потерь в диэлектрике;
- Б) потерь в проводнике;
- В) потерь на излучение.

4. Потери на излучение уменьшаются с ростом:

- А) температуры;
- Б) диэлектрической проницаемости;
- В) частоты.

5. Толщина напыления проводника в МПЛ должна быть не менее:

- А) 3 скин-слоев;
- Б) 5 скин-слоев;
- В) 10 скин-слоев.

6. Делителем мощности называют

А) устройство, сводящее в один канал мощность двух или нескольких источников СВЧ;

Б) устройство, предназначенное для деления мощности между двумя или несколькими каналами;

В) устройство, предназначенное для распределения мощности между двумя или несколькими устройствами.

7. Основные параметры, с помощью которых можно оценивать и сравнивать делители:

А) коэффициент стоячей волны;

Б) коэффициент полезного действия;

В) добротность.

8. При проектировании микроэлектронного устройства к делителю предъявляют следующие требования:

А) функциональное назначение;

Б) полоса частот, в которой сохраняются заданные количественные значения основных параметров;

В) фазочастотные характеристики.

9. Простейший двухканальный делитель содержит:

А) две линии;

Б) три линии;

В) четыре линии.

10. Коэффициенты матрицы рассеяния разветвления получают методом:

А) суммирования;

Б) свертывания;

В) фильтрации.

11. Свойства двухканального разветвления линий:

А) идеального согласования можно достигнуть только с одного плеча;

Б) разветвление обеспечивает идеальную развязку между выходными каналами;

В) идеальная развязка между выходными каналами недостижима.

12. Четырехканальный делитель мощности состоит из:

А) двух элементов деления на два канала и двух соединительных линий;

А) трех элементов деления на два канала и двух соединительных линий;

А) трех элементов деления на три канала и трех соединительных линий.

13. Четырехканальный делитель имеет коэффициент передачи с максимально плоской частотной характеристикой, если:

А) длины соединительных линий равны между собой;

- Б) длины соединительных линий не равны;
- В) длины соединительных линий равны нулю.

14. Делитель мощности на 64 канала состоит из:
- А) одинаковых двухканальных элементов деления;
 - Б) одинаковых трехканальных элементов деления;
 - В) одинаковых четырехканальных элементов деления.

15. Широкополосность делителя оценивают:
- А) по уровню коэффициента отражения в полосе частот;
 - Б) по линейности аргумента коэффициента передачи;
 - В) по величине коэффициента стоячей волны.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
4	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
3	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
2	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамену)

1. Гибридные интегральные схемы СВЧ.
2. Линии передач ГИС СВЧ.
3. Устройства распределения (суммирования) мощности СВЧ.
4. Применение делителей (сумматоров) мощности.
5. Элементы многоканальных делителей.
6. Параллельное разветвление линий передач.
7. Двухканальный синфазный направленный делитель мощности.
8. Кольцевой мост.
9. Многоканальные делители.
10. Частотные характеристики многоканальных делителей.
11. Четырехканальные делители мощности.
12. Делители мощности на 64 канала.
13. Характеристики делителей, выполненных из мостовых устройств.
14. Избирательные устройства.
15. Классификация избирательных устройств, формирующих один или несколько частотных каналов.
16. Основные параметры микроэлектронных фильтров.
17. Функций рабочего затухания.
18. Топологии фильтров нижних частот.
19. Топологии ФНЧ с чебышевской характеристикой на МПЛ.

20. Топологические схемы ППФ на связанных одинаковых МПЛ.
21. Параметры смесителей.
22. Основные требования к смесителям.
23. Схемы смесителей.
24. Математические модели смесителей.
25. Смесители на комбинациях линий передач.
26. Усилительные устройства.
27. Требования к малошумящим усилителям СВЧ.
28. Параметры малошумящих усилителей СВЧ.
29. Усилительные элементы.
30. Математическая модель транзистора.
31. Топологические схемы микроэлектронных СВЧ усилителей.
32. Многокаскадные усилители.
33. Влияние внешних факторов на работу усилителей с ПТ.
34. Устройства управления мощностью.
35. Требования к устройствам управления мощностью.
36. Классификация устройств управления мощностью.
37. Управляющие элементы.
38. Устройства на сосредоточенных управляющих элементах.
39. Устройства на элементах с распределенными параметрами.
40. Фазовращатели.
41. Параметры полупроводниковых фазовращателей.
42. Схемы фазовращателей.
43. Фазовращателей с направленным ответвителем.
44. Ограничители мощности.
45. Параметры ограничителей мощности.
46. Ограничительные диоды.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки,

	<p>непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.</p>
<p>неудовлетворительно (2)</p>	<p>Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы</p>

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)