

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.
«12» 04 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА СВЧ»

По направлению подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
Магистерская программа «Электронные микроволновые и квантовые
приборы и устройства»

Рабочая программа учебной дисциплины «Антенно-фидерные устройства СВЧ» по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника. – 29 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Антенно-фидерные устройства СВЧ» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22.09.2017 года № 959.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко В.А.;

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.

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

Заведующий кафедрой
микро- и наноэлектроники  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

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

Цель дисциплины – изучение особенностей распространения радиоволн сверхвысокочастотного диапазона (СВЧ), физических принципов работы и конструирования основных типов антенно-фидерных устройств СВЧ.

Задачи: ознакомление студентов с основными направлениями развития современной техники приема-передачи радиосигналов диапазона СВЧ.

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

Дисциплина «Антенно-фидерные устройства СВЧ» относится к блоку факультативных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания основ специальности, физики и химии, технологических основ электроники, материалов и компонентов электроники, электронных и полупроводниковых приборов; приемно-передающих и антенно-фидерных устройств; умения проводить измерения физических величин и обработку результатов измерений.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Материалы и компоненты электроники», «Квантовая механика и статистическая физика», «Приемо-передающие и антенно-фидерные устройства», «Функциональная электроника» и служит основой для освоения дисциплин «Спутниковые системы связи», «Спутниковые навигационные системы».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-4. Способен проектировать приборы и устройства электроники с учетом заданных требований	ПК-4.1. Знает принципы построения технического задания на современные устройства. ПК-4.2. Умеет разрабатывать приборы и системы электроники. ПК-4.3. Владеет навыками разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки электронной компонентной базы изделий микро- и нанoeлектроники.	Знать: методики проведения исследований параметров и характеристик антенно-фидерных устройств СВЧ; особенности исследований распространения сантиметровых, миллиметровых длин волн, классификацию, параметры и характеристики антенн СВЧ;
		Уметь: проводить исследование, анализ и сравнение характеристик антенно-фидерных устройств различных типов диапазона СВЧ; проводить анализ физических процессов, протекающих в

		<p>антенно-фидерных устройствах диапазона СВЧ; экспериментально определять диаграммы направленности вибраторов разных типов; осуществлять поиск информации с использованием информационных технологий; навыками изготовления и испытаний антенн диапазона СВЧ;</p> <p>Владеть: навыками построения диаграмм направленности антенн диапазона СВЧ в полярной и прямоугольной системе координат, работы с технической документацией и справочной литературой; навыками использования среды MATLAB при проектировании антенно-фидерных устройств диапазона СВЧ.</p>
<p>ПК-7. Способен осуществлять эксплуатацию и обслуживание узлов и блоков электронных микроволновых и квантовых приборов и устройств</p>	<p>ПК-7.1. Знает инструкции по эксплуатации электронных микроволновых и квантовых приборов и устройств. ПК-7.2. Умеет осуществлять эксплуатацию электронных микроволновых и квантовых приборов и устройств. ПК-7.3. Владеет навыками организации обслуживания электронных микроволновых и квантовых приборов и устройств.</p>	<p>Знать: инструкции по эксплуатации антенно-фидерных устройств диапазона СВЧ; физические основы распространения радиоволн диапазона СВЧ, конструкции антенн и фидеров различного назначения, особенности эксплуатации антенно-фидерных устройств диапазона СВЧ; проводить настройку симметричных вибраторных антенн диапазона СВЧ; принципы конструирования основных типов антенн, применяемых для радиосвязи, радиовещания и телевидения диапазона СВЧ, особенности конструкции фидеров, применяемых в различных поддиапазонах СВЧ; знает схемотехнику и топологию согласующих устройств СВЧ;</p> <p>Уметь: осуществлять эксплуатацию антенн</p>

		<p>диапазона СВЧ, применять и программировать микропроцессорные устройства управления фазированными антенными решетками диапазона СВЧ; при помощи программ проводить расчеты напряженности полей, создаваемых антеннами различных поддиапазонов СВЧ, проводить расчеты различных типов антенн диапазона СВЧ связанные с их эксплуатацией; применять компьютерные методики расчета и проектирования антенно-фидерных устройств различного назначения диапазона СВЧ для заданных условий эксплуатации;</p> <p>Владеть: навыками организации обслуживания антенн диапазона СВЧ, антенно-фидерных устройств, устройств согласования, устройств формирования диаграммы направленности антенн диапазона СВЧ и устройств наведения и слежения; навыками работы с компьютерными программами для разработки топологии принципиальных и монтажных схем антенно-фидерных устройств диапазона СВЧ;</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)	108 (3 зач. ед)	-
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	42	-
Лекции	14	-

Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	14	-
Лабораторные работы	14	-
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)	66	-
Форма аттестации	Семестр 3	зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 3

Тема 1. Распространение радиоволн диапазона СВЧ.

Электромагнитные поля и волны. Распространение сантиметровых и миллиметровых волн. Распространение дециметровых волн.

Тема 2. Антенно-фидерные устройства диапазона СВЧ.

Классификация, параметры и характеристики антенн диапазона СВЧ. Элементарный электрический вибратор. Симметричный и несимметричный вибраторы. Системы излучателей. Основные положения теории приема.

Фидеры. Вибраторные антенны диапазона СВЧ. Антенны сантиметровых и миллиметровых волн. Антенны дециметровых волн.

Тема 3. Эксплуатация антенно-фидерных устройств диапазона СВЧ.

Основные вопросы эксплуатации антенно-фидерных устройств (АФУ) и общие положения охраны труда при работе с АФУ диапазона СВЧ.

Электромагнитная экология радиочастот и электромагнитный мониторинг средств объектов телевидения, радиовещания и радиосвязи диапазона СВЧ.

Тема 4. Основные уравнения электродинамики в теории излучения антенн диапазона СВЧ.

Уравнения Максвелла для свободных и возбужденных полей. Волновые уравнения. Граничные условия для идеального проводника. Электродинамические потенциалы. Векторный и скалярный потенциалы электрического и магнитного видов.

Уравнения Максвелла в комплексной форме записи. Векторные потенциалы в комплексной форме записи.

Комплексный коэффициент распространения. Коэффициент фазы и коэффициент затухания. Фазовая скорость распространения волны.

Тема 5. Излучение радиоволн диапазона СВЧ в свободном неограниченном пространстве.

Общее решение внешней граничной задачи возбуждения свободного неограниченного пространства сторонними электрическим и магнитным токами. Случаи объемного, поверхностного и линейного распределения токов на излучателях. Точечные источники возбуждения волн и уравнение функции Грина в методе наложения.

Мощность излучения и сопротивление излучения. Элементарный излучатель и его характеристики. Представление и объяснение тока в излучателе.

Тема 6. Вибраторные антенны диапазона СВЧ.

Распределение электрических токов и зарядов в симметричном вибраторе. Нахождение электромагнитного поля в дальней зоне для симметричного вибратора. Общая формула диаграммы направленности симметричного вибратора. Зависимость направленных свойств симметричного вибратора от распределения стороннего электрического тока по длине вибратора. Зависимость сопротивления излучения вибратора от распределения тока по длине вибратора. Влияние металлического экрана на излучение вибратора. Влияние поверхности земли на диаграмму направленности вибратора. Настройка симметричных вибраторных антенн.

Тема 7. Конструкции вибраторных антенн диапазона СВЧ.

Симметричный и несимметричный вибраторы. Магнитные (щелевые) вибраторы. Диапазон рабочих частот тонких вибраторов. Широкополосные вибраторы. Конструкция вибраторной антенны диапазона СВЧ.

Особенности питания симметричных и несимметричных вибраторов. Симметрирующие и согласующие устройства для подключения питающего фидера ко входу вибраторных антенн.

Дискоконусная антенна. Диаграмма направленности, входное сопротивление и диапазон рабочих частот биконической и дискоконусной антенн. Изготовление вибраторных антенн на основе технологии микрополосковых линий передачи. Миниатюризация вибраторных антенн.

Апертурный метод расчета характеристик излучения антенн. Излучение прямоугольной площадки при различных распределениях амплитуды поля в апертуре. Излучение круглой площадки при различных распределениях амплитуды поля в апертуре.

Зависимость ширины луча и уровня боковых лепестков от закона распределения амплитуды поля в апертуре. Влияние фазовых искажений поля в апертуре на основные характеристики излучения апертурных антенн. Излучение из открытого конца полых металлических волноводов диапазона СВЧ.

Пирамидальные рупорные антенны. Рупор как устройство согласования полого металлического волновода с неограниченным свободным пространством. Параболические зеркальные антенны диапазона СВЧ.

Виды облучателей зеркальных антенн. Влияние зеркала на облучатель. Двухзеркальные антенны системы Грегори и системы Кассегрена.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Распространение радиоволн диапазона СВЧ.	2	-
2	Антенно-фидерные устройства диапазона СВЧ .	2	-
3	Эксплуатация антенно-фидерных устройств диапазона СВЧ.	2	-
4	Основные уравнения электродинамики в теории излучения антенн диапазона СВЧ.	2	-
5	Излучение радиоволн диапазона СВЧ в свободном неограниченном пространстве.	2	-
6	Вибраторные антенны диапазона СВЧ.	2	-
7	Конструкции вибраторных антенн диапазона СВЧ. Апертурные антенны диапазона СВЧ.	2	-
Итого:		14	-

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Составление схемы распространения волн различных поддиапазонов СВЧ	2	-
2	Построение диаграмм направленности в полярной системе координат. Построение диаграмм направленности в прямоугольной системе координат	2	-
3	Сравнительный анализ параметров антенн диапазона СВЧ. Изучение конструктивных особенностей антенн	2	-
4	Компьютерное моделирование распространения радиоволн диапазона СВЧ	2	-
5	Ближние замирания и меры борьбы с ними	2	-
6	Экологическая безопасность радиопередающих устройств	2	-
7	Радиоприемники. Радиопередатчики диапазона СВЧ	2	-
Итого:		14	-

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Частотные поддиапазоны волн диапазона СВЧ.	2	-
2	Расчет напряженности поля.	2	-
3	Построение диаграмм направленности симметричных вибраторов диапазона СВЧ	2	-
4	Построение диаграмм направленности несимметричных вибраторов диапазона СВЧ	2	-
5	Исследование зависимости основных параметров симметричного вибратора от относительной длины.	2	-
6	Распространение радиоволн. Антенно-фидерные устройства. Эксплуатация антенно-фидерных устройств. Основные уравнения электродинамики в теории излучения антенн диапазона СВЧ.	2	-
7	Исследование основных параметров несимметричного вибратора диапазона СВЧ	2	-

Итого:	14	-
---------------	-----------	----------

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Распространение радиоволн диапазона СВЧ.	Подготовка к лабораторным работам	5	-
		Подготовка к тестированию	4	-
2	Антенно-фидерные устройства диапазона СВЧ.	Подготовка к лабораторным работам	5	-
		Подготовка к тестированию	4	-
3	Эксплуатация антенно-фидерных устройств диапазона СВЧ.	Подготовка к лабораторным работам	5	-
		Подготовка к тестированию	4	-
4	Основные уравнения электродинамики в теории излучения антенн диапазона СВЧ.	Подготовка к лабораторным работам	5	-
		Подготовка к тестированию	5	-
5	Экзамен по дисциплине	Подготовка к семестровому экзамену	5	-
6	Излучение радиоволн в свободном неограниченном пространстве.	Подготовка к лабораторным работам	5	-
		Подготовка к тестированию	5	-
7	Вибраторные антенны диапазона СВЧ.	Подготовка к лабораторным работам	5	-
		Подготовка к тестированию	5	-
Итого:			66	-

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 и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

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

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 в 7 семестре обучения проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы), а в 8 семестре обучения – в форме зачета. Студенты, выполнившие 75 % текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В 7 семестре обучения 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)

В 8 семестре обучения в экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
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.	зачтено
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.	
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.	
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	не зачтено

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Мальцев П.П. Системы на кристалле со встроенными антеннами на наногетероструктурах АЗВ5 [Электронный ресурс] / Под редакцией д.т.н., профессора П.П. Мальцева - М.: Техносфера, 2019. - 528 с. - ISBN 978-5-94836-526-8 – Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365268.html>

2. 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>

б) Дополнительная литература:

1. Сомов А.М. Антенно-фидерные устройства [Электронный ресурс]: Учебное пособие / А.М. Сомов, В.В. Старостин, Р.В. Кабетов; под ред. А.М. Сомова. - М.: Гор. линия-Телеком, 2011. - 404 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Специальность). (обложка) ISBN 978-5-9912-0152-0, 500 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/265578>

2. Головин О.В. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / О.В. Головин. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 783 с.: ил.; 70x100 1/16. (обложка) - ISBN 978-5-9912-0196-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/333203>

3. Семенихин А.И. Проектирование зеркальных антенн с помощью пакета Mathcad [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Семенихин А.И., Кошкидько В.Г., Климов А.В. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2016. - 80 с. - ISBN 978-5-9275-1918-7 - Текст: электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/989923>

4. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов [Электронный ресурс]: Учебное пособие для вузов / Е.А. Колосовский. - 2-е изд. - М.: Гор. линия-Телеком, 2012. - 456 с.: ил.; 60x88 1/16. - (Специальность). (обложка) ISBN 978-5-9912-0265-7, 100 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/364795>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Антенно-фидерные устройства СВЧ» для студентов специальности “Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства” (электронное издание) / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: Изд-во ЛГУ, 2020. – 34 с.

2. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Антенно-фидерные устройства СВЧ» для студентов специальности «Электронные микроволновые и квантовые приборы и устройства» (электронное издание) / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: Изд-во ЛГУ, 2020. – 35 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 некомпьютеризированных и компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, компьютерной математической среды MATLAB.

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
«Антенно-фидерные 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	ПК-4	Способен проектировать приборы и устройства электроники с учетом заданных требований	ПК-4.1. ПК-4.2. ПК-4.3.	Тема 1 Распространение радиоволн СВЧ	3
				Тема 2 Приемопередающие и антенно-фидерные устройства СВЧ	3
				Тема 3 Эксплуатация антенно-фидерных устройств СВЧ	3
				Тема 4 Основные уравнения электродинамики и в теории излучения антенн СВЧ	3
				Тема 5 Излучение радиоволн в свободном неограниченном пространстве	3
				Тема 6 Вибраторные антенны СВЧ	3
				Тема 7 Конструкции вибраторных антенн СВЧ. Апертурные антенны СВЧ.	3
2.	ПК-7	Способен осуществлять эксплуатацию и	ПК-7.1. ПК-7.2. ПК-7.3.	Тема 2 Приемопередающие и антенно-	3

		обслуживание узлов и блоков электронных микроволновых и квантовых приборов и устройств		фидерные устройства СВЧ	
				Тема 3 Эксплуатация антенно-фидерных устройств СВЧ	3
				Тема 4 Основные уравнения электродинамики и в теории излучения антенн СВЧ	3
				Тема 5 Излучение радиоволн в свободном неограниченном пространстве	3

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-4	ПК-4.1. ПК-4.2. ПК-4.3.	Знать: принципы построения технического задания на современные антенно-фидерные устройства СВЧ; особенности исследований распространения сантиметровых, дециметровых, миллиметровых волн, классификацию, параметры и характеристики антенн; Уметь: разрабатывать антенно-фидерные	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Практическое занятие 1, Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 2	Контрольные вопросы к практическим занятиям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к зачету, вопросы к экзамену

			<p>устройства различных типов; проводить анализ физических процессов, протекающих в антенно-фидерных устройствах; экспериментально определять диаграммы направленности вибраторов разных типов; осуществлять поиск информации с использованием информационных технологий; навыками изготовления и испытаний вибраторных антенн;</p> <p>Владеть: навыками разработки рабочей топологии и плана технологии монтажа и сборки антенн, работы с технической документацией и справочной литературой; навыками использования среды MATLAB при проектировании антенно-фидерных устройств.</p>		
2.	ПК-7	ПК-7.1. ПК-7.2. ПК-7.3.	<p>Знать: инструкции по эксплуатации; физические основы распространения радиоволн, конструкции</p>	<p>Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Практическое занятие 2, Лабораторная работа 3,</p>	<p>Контрольные вопросы к практическим занятиям, вопросы к лабораторным работам,</p>

			<p>антенн и фидеров различного назначения, особенности эксплуатации антенно-фидерных устройств; проводить настройку симметричных вибраторных антенн; принципы конструирования основных типов антенн, применяемых для радиосвязи, радиовещания и телевидения, особенности конструкции фидеров, применяемых в различных диапазонах длин волн; знает схемотехнику и топологию согласующих устройств;</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять эксплуатацию фазированных антенных решеток; применять компьютерные методики расчета и проектирования антенно-фидерных устройств различного назначения;</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками организации обслуживания антенн, антенно-фидерных устройств,</p>	Лабораторная работа 4	тесты, вопросы зачету, вопросы экзамену	к к
--	--	--	---	-----------------------	---	--------

			<p>устройств согласования, устройств формирования диаграммы направленности и устройств наведения и слежения; навыками работы с компьютерными программами для разработки топологии принципиальных и монтажных схем антенно-фидерных устройств;</p>		
--	--	--	---	--	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Антенно-фидерные устройства СВЧ»

Контрольные вопросы к практическим занятиям:

1. Перечислите основные элементы структурной схемы линии радиосвязи СВЧ и сформулируйте назначение каждого из них.
2. Дайте определение коэффициента полезного действия передающей антенны СВЧ.
3. Дайте определения амплитудной характеристики направленности и амплитудной диаграммы направленности.
4. Чем отличаются ненормированная диаграмма направленности от нормированной?
5. Назовите достоинства и недостатки изображения диаграммы направленности в полярной системе координат.
6. Назовите достоинства и недостатки изображения диаграммы направленности в прямоугольной (декартовой) системе координат.
7. Назовите достоинства и недостатки изображения диаграммы направленности в прямоугольной системе координат с логарифмическим масштабом.
8. В чем отличие диаграммы направленности антенны «по полю» от диаграммы направленности «по мощности»?
9. Поясните физический смысл параметров «ширина диаграммы направленности по уровню половинной мощности» и «ширина диаграммы направленности по уровню нулевого излучения».
10. Дайте определение коэффициента направленного действия передающей антенны.
11. Дайте определение коэффициента усиления передающей

- антенны СВЧ.
12. В чем состоит принципиальная разница коэффициентами направленного действия и усиления передающей антенны?
 13. Дайте определение входного сопротивления передающей антенны СВЧ.
 14. Какие волновые режимы могут иметь место в фидере, чем они определяются?
 15. Поясните физический смысл коэффициентов бегущей и стоячей волны. В каких пределах могут меняться их значения?
 16. Что понимается под согласованием фидера с передающей антенной?
 17. Поясните сущность различных видов поляризации электромагнитного поля излучения передающей антенны СВЧ.
 18. Поясните физический смысл параметров передающей антенны: эффективная площадь, коэффициент использования поверхности апертуры, действующая длина.
 19. Каким параметром характеризуется электрическая прочность передающей антенны СВЧ и её фидера?
 20. Дайте определение рабочей полосы частот антенны СВЧ.
 21. Поясните физическую природу источника электродвижущей силы в эквивалентной схеме приемной антенны СВЧ.
 22. Поясните значение принципа взаимности для теории и практики антенн.
 23. Дайте определение коэффициента направленного действия приемной антенны.
 24. Дайте определение коэффициента усиления приемной антенны СВЧ.
 25. Поясните смысл параметра приемной антенны «шумовая температура».
 26. В чем заключается антенный эффект фидеров передающих и приемных антенн СВЧ?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к практическим занятиям

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. Электромагнитные поля и волны.
2. Распространение сантиметровых, дециметровых и метровых волн.
3. Распространение декаметровых волн.
4. Распространение гектометровых, километровых, мириаметровых волн.
5. Классификация, параметры и характеристики антенн.
6. Элементарный электрический вибратор.
7. Симметричный и несимметричный вибраторы.
8. Системы излучателей.
9. Основные положения теории приема.
10. Фидеры.
11. Вибраторные антенны дециметровых и метровых волн.
12. Антенны сантиметровых волн.
13. Антенны декаметровых волн.
14. Рупорные антенны СВЧ.
15. Электромагнитная экология радиочастот и электромагнитный мониторинг средств объектов телевидения, радиовещания и радиосвязи.
16. Уравнения Максвелла для свободных и возбужденных полей.
17. Волновые уравнения.
18. Граничные условия для идеального проводника.
19. Электродинамические потенциалы.
20. Векторный и скалярный потенциалы электрического и магнитного видов.
21. Уравнения Максвелла в комплексной форме записи.
22. Принцип перестановочной двойственности (дуализма) А.А. Пистолькорса.
23. Векторные потенциалы в комплексной форме записи.
24. Однородные и неоднородные комплексные волновые уравнения или уравнения Гельмгольца.
25. Комплексный коэффициент распространения.
26. Коэффициент фазы и коэффициент затухания.
27. Фазовая скорость распространения волны.
28. Общее решение внешней граничной задачи возбуждения свободного неограниченного пространства сторонними электрическим и магнитным токами.
29. Точечные источники возбуждения волн и уравнение функции Грина в методе наложения.
30. Функция Грина неограниченного трехмерного свободного пространства и ее различные представления.
31. Элементарный электрический излучатель Герца и его характеристики.
32. Мощность излучения и сопротивление излучения.
33. Элементарный магнитный (щелевой) излучатель Герца и его характеристики.
34. Распределение электрических токов и зарядов в симметричном вибраторе.
35. Нахождение электромагнитного поля в дальней зоне для симметричного вибратора.

- 36.Общая формула диаграммы направленности симметричного вибратора.
- 37.Зависимость направленных свойств симметричного вибратора от распределения стороннего электрического тока по длине вибратора.
- 38.Зависимость сопротивления излучения вибратора от распределения тока по длине вибратора.
- 39.Влияние металлического экрана на излучение вибратора.
- 40.Влияние поверхности земли на диаграмму направленности вибратора.
- 41.Настройка симметричных вибраторных антенн.
- 42.Симметричный и несимметричный вибраторы.
- 43.Магнитные (щелевые) вибраторы.
- 44.Широкополосные вибраторы.
- 45.Симметрирующие и согласующие устройства для подключения питающего фидера ко входу вибраторных антенн.
- 46.Диаграмма направленности, входное сопротивление и диапазон рабочих частот биконической и диско-конусной антенн.
- 47.Апертурный метод расчета характеристик излучения антенн СВЧ.

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. Фидер определяется как:

а) электрическая цепь и вспомогательные устройства, с помощью которых информация передается от радиопередатчика к антенне или от антенны к радиоприемнику;

б) электрическая цепь и вспомогательные устройства, с помощью которых энергия радиочастотного сигнала подводится от радиопередатчика к антенне или от антенны к радиоприемнику;

в) электрическая цепь и вспомогательные устройства, с помощью которых энергия радиочастотного сигнала подводится от радиопередатчика к антенне.

2. Под радиоволнами понимают:

- а) электромагнитные волны в диэлектрических средах;
- б) электромагнитные волны в электрических цепях;
- в) электромагнитные волны в электронных приборах.

3. Требование к фидеру передающей антенны:

- а) передача энергии от выхода радиопередатчика до входа антенны с максимальными потерями;
- б) передача информации от выхода радиопередатчика до входа антенны с минимальными потерями;
- в) передача энергии от выхода радиопередатчика до входа антенны с минимальными потерями.

4. Требование к передающей антенне:

- а) преобразовать электромагнитную энергию, поступающую на её вход, в энергию радиоволн с минимальными потерями;
- б) обеспечить необходимую пространственную концентрацию излучаемой энергии;
- в) обеспечить совместно с радиопередатчиком в месте приема необходимое значение напряженности электромагнитного поля.

5. Коэффициентом полезного действия антенны называется:

- а) отношение мощности радиоизлучения, создаваемого антенной, к мощности радиочастотного сигнала, подводимого к её выходу;
- б) отношение мощности радиочастотного сигнала, подводимого к её входу, к мощности радиоизлучения, создаваемого антенной;
- в) отношение мощности радиоизлучения, создаваемого антенной, к мощности радиочастотного сигнала, подводимого к её входу.

6. Амплитудная характеристика направленности антенны:

- а) зависимость амплитуды напряженности излучаемого антенной поля от времени при неизменном расстоянии до точки наблюдения;
- б) зависимость амплитуды напряженности излучаемого антенной поля от азимутального угла при неизменном расстоянии до точки наблюдения;
- в) зависимость амплитуды напряженности излучаемого антенной поля от направления в пространстве при неизменном расстоянии до точки наблюдения.

7. Фазовой характеристикой направленности антенны называют:

- а) зависимость фазы напряженности поля, создаваемого антенной в точке наблюдения, от времени;
- б) зависимость амплитуды и фазы напряженности поля, создаваемого антенной в точке наблюдения, от направления на эту точку;
- в) зависимость фазы напряженности поля, создаваемого антенной в точке наблюдения, от направления на эту точку.

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 (экзамен)

1. Классификация, параметры и характеристики антенн СВЧ.
2. Элементарный электрический вибратор.
3. Симметричный и несимметричный вибраторы СВЧ.
4. Системы излучателей. Основные положения теории приема.
5. Фидеры СВЧ.
6. Вибраторные антенны СВЧ.
7. Антенны сантиметровых волн.
8. Антенны дециметровых волн.
9. Антенны СВЧ.
10. Электромагнитная экология радиочастот и электромагнитный мониторинг средств объектов телевидения, радиовещания и радиосвязи.
11. Уравнения Максвелла для свободных и возбужденных полей. Волновые уравнения.
12. Граничные условия для идеального проводника. Электродинамические потенциалы.
13. Векторный и скалярный потенциалы электрического и магнитного видов.
14. Уравнения Максвелла в комплексной форме записи.
15. Принцип перестановочной двойственности.
16. Векторные потенциалы в комплексной форме записи.
17. Однородные и неоднородные комплексные волновые уравнения или уравнения Гельмгольца.
18. Комплексный коэффициент распространения.
19. Коэффициент фазы и коэффициент затухания.
20. Фазовая скорость распространения волны.

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

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме 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, 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.
неудовлетворительно (2)	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

Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

1. Общее решение внешней граничной задачи возбуждения свободного неограниченного пространства сторонними электрическим и магнитным токами.
2. Точечные источники возбуждения волн и уравнение функции Грина в методе наложения.
3. Функция Грина неограниченного трехмерного свободного пространства и ее различные представления.
4. Элементарный электрический излучатель Герца и его характеристики.
5. Мощность излучения и сопротивление излучения.
6. Элементарный магнитный излучатель Герца и его характеристики.
7. Распределение электрических токов и зарядов в симметричном вибраторе СВЧ.
8. Нахождение электромагнитного поля в дальней зоне для симметричного вибратора СВЧ.
9. Общая формула диаграммы направленности симметричного вибратора.
10. Зависимость направленных свойств симметричного вибратора от распределения стороннего электрического тока по длине вибратора.
11. Зависимость сопротивления излучения вибратора от распределения тока по длине вибратора.
12. Влияние металлического экрана на излучение вибратора СВЧ.
13. Влияние поверхности земли на диаграмму направленности вибратора СВЧ.
14. Настройка симметричных вибраторных антенн СВЧ.
15. Симметричный и несимметричный вибраторы СВЧ.
16. Магнитные вибраторы.

17. Широкополосные вибраторы СВЧ.
18. Симметрирующие и согласующие устройства для подключения питающего фидера ко входу вибраторных антенн СВЧ.
19. Диаграмма направленности, входное сопротивление и диапазон рабочих частот биконической и диско-конусной антенн СВЧ.
20. Апертурный метод расчета характеристик излучения антенн СВЧ.

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

Характеристика знания предмета и ответов	Зачеты
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.	зачтено
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.	
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.	
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	не зачтено

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)