

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

**Авторы-составители: Лунегов Игорь Владимирович
Вольхин Игорь Львович**

Рабочая программа дисциплины

СВЧ-УСТРОЙСТВА

Код УМК 88900

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

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

СВЧ-устройства

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **11.03.02** Инфокоммуникационные технологии и системы связи
направленность Инфокоммуникационные технологии в сервисах и услугах связи

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **СВЧ-устройства** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (направленность :
Инфокоммуникационные технологии в сервисах и услугах связи)

ПК.17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики

ПК.28 умение организовывать монтаж и настройку инфокоммуникационного оборудования

ПК.29 умение организовывать и осуществлять проверку технического состояния и оценивать остаток ресурса сооружений, оборудования и средств инфокоммуникаций

ПК.3 способность осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи

ПК.33 умение составлять заявку на оборудование, измерительные устройства и запасные части

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (направленность: Инфокоммуникационные технологии в сервисах и услугах связи)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	5
Объем дисциплины (ак.час.)	180
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	70
Проведение лекционных занятий	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	56
Самостоятельная работа (ак.час.)	110
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (5) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

СВЧ-устройства

Дисциплина СВЧ-устройства включает разделы:

1. Шкала электромагнитных волн;
2. Элементы волноводной техники;
3. Передающие линии;
4. Вакуумные приборы СВЧ;
5. Антенны СВЧ;
6. Эффект Фарадея на СВЧ;
7. Полупроводниковые приборы СВЧ;
8. Радиолокация;
9. Квантовые приборы СВЧ;
10. Подготовка к промежуточной аттестации.

Введение. Шкала электромагнитных волн

Введение. Шкала электромагнитных волн. Диапазоны частот. Место диапазона СВЧ на шкале электромагнитных волн. Поддиапазоны. Особенности диапазона СВЧ волн. Техника безопасности при работе с волнами СВЧ диапазона. Применение и перспективы развития электроники СВЧ и ее применений в промышленности, связи и научных исследованиях.

Элементы волноводной техники

Элементы волноводной техники.

Соединения волноводов прямоугольного сечения: контактное, дроссельное. Короткозамыкающие механические поршни: прямой контакт, тонкие пружинящие лепестки, дроссельное соединение. Согласованная нагрузка. Аттenuаторы: поглощающие, поляризационные. Детекторные секции. Лабораторная работа "Измерение параметров полых резонаторов".

Изучение конструкции и принципа действия коаксиального полуволнового полого резонатора. Определение основных параметров полых резонаторов.

Лабораторная работа "Измерение полных сопротивлений мостовым методом".

Конструкция и принцип действия двойного волноводного тройника (моста). Измерение полных сопротивлений мостовым методом.

Передающие линии

Передающие линии СВЧ.

Применение передающих линий и колебательных систем на СВЧ. Распространение волны типа ТЕМ в коаксиальном волноводе. Волноводы прямоугольного сечения. Структура поля при волнах типа ТМ и ТЕ.

Лабораторная работа "Измерение полных сопротивлений методом измерительной линии".

Изучение конструкции и принципа работы коаксиальной измерительной линии. Измерение комплексных сопротивлений различных видов нагрузок на различных частотах.

Лабораторная работа "Радиочастотные и оптоволоконные линии связи".

Конструкция и принцип действия современных радиочастотных и оптоволоконных систем коммуникации. Исследование радиочастотных и оптоволоконных систем коммуникации и линий связи.

Эффект Фарадея на СВЧ

Эффект Фарадея на СВЧ. Устройства использующие эффект Фарадея: ячейка Фарадея, ферритовый циркулятор, ферритовый вентиль.

Лабораторная работа "Эффект Фарадея на сверхвысоких частотах".

Конструкция и принцип действия ячейки Фарадея, Исследование эффекта Фарадея на сверхвысоких

частотах.

Антенны СВЧ

Антенны. Классификация антенн. Структурная схема антенн. Основные характеристики антенн: диаграмма направленности, коэффициент направленного действия. Рабочая полоса частот.

Электрический вибратор. Апертурные антенны. Рупорные антенны: Н и Е – секторальный рупор, пирамидальный рупор, конический рупор. Линзовые антенны. Зеркальные параболические антенны. Полосковые и микрополосковые антенны.

Лабораторная работа "Испытание некоторых типов поверхностных антенн".

Изучение конструкции и принципа действия пирамидальных и параболических рупорных СВЧ-антенн.

Исследование диаграмм направленности пирамидальных и параболических рупорных антенн.

Вакуумные приборы СВЧ

Теоретические принципы усиления и генерирования колебаний СВЧ при динамическом управлении электронным потоком.

Проблема электроники СВЧ и возможные пути ее решения. Два общих принципа работы всех электронных приборов СВЧ и их реализация на примере триодных генераторов диапазона ДМВ, пролетных и отражательных клистронов, магнетронов и ЛБВ. Общее устройство и качественная картина работы этих приборов. Типичные характеристики и области применения пролетных клистронов.

Классификация приборов СВЧ: электронные и квантовые, твердотельные и вакуумные приборы О- и М-типов.

Лабораторная работа "Изучение генератора на отражательном клистроне".

Изучение конструкции и принципа действия генератора на отражательном клистроне. Исследование областей генерации. Измерение длины волны и частоты генератора.

Полупроводниковые приборы СВЧ

Полупроводниковые СВЧ диоды.

Применение диодов в диапазоне СВЧ. Эквивалентные схемы и основные параметры диодов применительно к технике СВЧ. Особенности конструкций диодов СВЧ. Параметры смесительных и детекторных диодов. Детекторные головки.

Переключательные (pin-) диоды и их применение: ограничители сигнала, автоматические и управляемые переключатели, устройства защиты от перегрузок входов усилительных устройств, электронные управляемые аттенюаторы и фазовращатели на pin-диодах.

Генератор на ЛПД.

Лавинно-пролетный диод. Конструкция, ВАХ. Устройство и принцип работы генератора на ЛПД.

Основные характеристики. Подстройка частоты.

Генератор на диоде Ганна.

Конструкция диода Ганна. Появление отрицательного дифференциального сопротивления при междолинном переходе носителей заряда. Эффект Ганна. Конструкция и принцип действия генератора на диоде Ганна.

СВЧ-транзисторы.

Классификация. Конструкция и принцип действия. Основные характеристики.

Радиолокация

Принципы радиолокации. Конструкции радиолокаторов. Использование радиолокаторов для определения координат и скорости перемещения объектов.

Квантовые приборы СВЧ

Квантовые приборы СВЧ.

Квантовые усилители, генераторы и стандарты частоты диапазона СВЧ. Характеристики и области применения. Молекулярные генераторы микроволн (мазеры) Прохорова и Басова. Аммиачный, водородный, парамагнитный мазеры. Квантовые парамагнитные усилители (КПУ) проходного и отражательного типа: конструкции, особенности характеристик и областей применения.

Подготовка к итоговой аттестации

Список вопросов промежуточной аттестации приведен в присоединенном файле.

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. Шостак, А. С. Антенны и устройства СВЧ. Часть 2. Антенны : учебное пособие / А. С. Шостак. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 168 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/14004>
2. Нефедов Е. И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: учебное пособие для вузов/Е. И. Нефедов.-Москва:Академия,2010, ISBN 978-5-7695-6460-4.-3164.-Библиогр.: с. 307-314
3. Радиочастотные и оптоволоконные линии связи. Антенны и устройства СВЧ: лабораторный практикум : учебно-методическое пособие для студентов физического факультета, обучающихся по специальности "Радиофизика и электроника"/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь:Издательство Пермского государственного национального исследовательского университета,2012, ISBN 978-5-7944-2008-1.-86.-Библиогр. в конце работ
4. Шостак, А. С. Антенны и устройства СВЧ. Часть 1. Устройства СВЧ : учебное пособие / А. С. Шостак. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 125 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/14003>
5. Устройства СВЧ и антенны. Часть 2. Учебное пособие: Московский технический университет связи и информатики, 2015. Устройства СВЧ и антенны. Часть 2/Чебышев В. В.-2015.-46 <http://www.iprbookshop.ru/61569.html>
6. Трубецков Д. И. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. В 2 т. Т. 2/Д. И. Трубецков, А. Е. Храмов.-М.:Физматлит,2004, ISBN 5-9221-0200-1.-648
7. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Устройства СВЧ. Учебное пособие: Московский технический университет связи и информатики, 2014. Устройства СВЧ и антенны. Часть 1. Устройства СВЧ/Чебышев В. В.-2014.-51 <http://www.iprbookshop.ru/61568.html>
8. Устройства СВЧ и антенны. Часть 3. Устройства СВЧ. Учебное пособие: Московский технический университет связи и информатики, 2016. Устройства СВЧ и антенны. Часть 3. Устройства СВЧ/Чебышев В. В.-2016.-45 <http://www.iprbookshop.ru/61570.html>

Дополнительная:

1. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. учеб. для вузов по специальности "Электронные приборы" Т. 1. Техника сверхвысоких частот/И. В. Лебедев.-Изд. 2-е, перераб. и доп..-М.:Высш. школа,1970.-439.-Библиогр.: с. 433-434 . - Алф. указ.: с. 435-439
2. Устройства приема СВЧ сигналов : учебное пособие для студентов специальностей «5В071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации», «6М071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации» / В. В. Артюхин, А. М. Достярова, А. А. Куликов, Р. Т. Сафин. — Алматы : Нур-Принт, компания «Danilex Print Centre», 2015. — 462 с. — ISBN 978-601-207-935-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/69215.html>
3. Сечи, Ф. Мощные твердотельные СВЧ-усилители / Ф. Сечи, М. Буджатти ; перевод В. О. Султанов ; под редакцией А. А. Борисов. — Москва : Техносфера, 2015. — 416 с. — ISBN 978-5-94836-415-5. —

Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].
<http://www.iprbookshop.ru/58863.html>

4. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. учеб. для вузов по специальности "Электронные приборы" Т.
2. Электровакуумные приборы СВЧ/И. В. Лебедев ; ред. Н. Д. Девятков.-Изд. 2-е, перераб. и доп..-
М.:Высш. школа,1972.-375.-Библиогр.: с. 369-371 . - Алф. указ.: с. 372-375

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

WWW.KNIGA.SELUK.RU Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы

https://studme.org/270070/tehnika/fizicheskie_osnovy_kvantovoy_elektroniki Физические основы квантовой электроники

<https://dic.academic.ru/> Большая Советская энциклопедия

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

Образовательный процесс по дисциплине **СВЧ-устройства** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- 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 (ЕТИС ПГНИУ);
- 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 используемого программного обеспечения:

- открытая система "ALT Linux"
- офисный пакет приложений "Libreoffice";
- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиа контент PDF-файлов "Adobe Acrobat Reader DC";
- программы демонстрации видео материалов (проигрыватель) "Windows Media Player";
- программа просмотра интернет контента (браузер) "Google Chrome"

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

Лекционные занятия, групповые (индивидуальные) консультации, мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук), а также меловой (и) или маркерной доской.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в лаборатории "Сверхвысоких частот", оснащенной оборудованием указанным в паспорте лаборатории.

Аудитория для самостоятельной работы: лаборатория "Сверхвысоких частот", помещения Научной библиотеки ПГНИУ, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченные доступом в электронную информационно-образовательную среду

университета

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера 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
СВЧ-устройства**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики</p>	<p>знание теоретических основ создания телекоммуникационных линий связи, умение исследовать основные характеристики телекоммуникационных линий связи, владение методиками исследования линий связи</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает теоретические основы создания передающих линий на СВЧ; не умеет изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-волноводов; не владеет методиками экспериментального исследования характеристик различных типов передающих линий на СВЧ.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно теоретические основы создания передающих линий на СВЧ, имеет общие, но не структурированные знания основных положений и упрощающих предположений, используемых при проектировании передающих линий на СВЧ; Демонстрирует частично сформированное умение изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-волноводов, не может указать направление распространения СВЧ-волны; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов передающих линий на СВЧ, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает уверенно теоретические основы создания передающих линий на СВЧ, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений используемых при проектировании передающих линий на СВЧ; умеет уверенно изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-волноводов, однако</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают потери энергии в передающих линиях на СВЧ; владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов передающих линий на СВЧ, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно теоретические основы создания передающих линий на СВЧ, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, используемых при проектировании передающих линий на СВЧ, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; умеет уверенно изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-волноводов, может объяснить в следствие каких причин возникают потери энергии в передающих линиях на СВЧ, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают отличия формы сигнала на входе и выходе передающих линий на СВЧ; владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов передающих линий на СВЧ, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>
<p>ПК.3 способность осуществлять монтаж,</p>	<p>знание теоретических основ создания устройств с использованием эффекта</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>не знает теоретические основы создания устройств с использованием эффекта</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	<p>Фарадея на СВЧ; умение использовать устройства работающие на основе эффекта Фарадея; владение навыками экспериментального исследования основных характеристик устройств с использованием эффекта Фарадея</p>	<p>Неудовлетворител Фарадея на СВЧ; не умеет изображать структуры основных типов электромагнитных волн в устройствах с использованием эффекта Фарадея на СВЧ; не владеет навыками экспериментального исследования основных характеристик различных типов устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ.</p> <p>Удовлетворительн Знает неуверенно теоретические основы создания устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ, имеет общие, но не структурированные знания упрощающих предположений, используемых при их проектировании; Демонстрирует частично сформированное умение изображать структуры основных типов электромагнитных волн в устройствах с использованием эффекта Фарадея на СВЧ; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ.</p> <p>Хорошо Знает теоретические основы создания устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений используемых при их проектировании; умеет изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают потери энергии; владеет навыками экспериментального исследования основных характеристик различных типов устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p>Хорошо измерений.</p> <p>Отлично Знает уверенно теоретические основы создания устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, используемых при их проектировании, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; умеет уверенно изображать структуры основных типов электромагнитных волн в устройствах с использованием эффекта Фарадея на СВЧ, может объяснить в следствие каких причин в них возникают потери энергии, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают отличия формы сигнала на входе и выходе устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ; владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>
<p>ПК.29 умение организовывать и осуществлять проверку технического состояния и оценивать остаток ресурса сооружений, оборудования и средств инфокоммуникаций</p>	<p>знание теоретических основ проектирования СВЧ-антенн, умение эксплуатировать антенны СВЧ-диапазона, владение методиками экспериментального исследования основных характеристик антенн</p>	<p>Неудовлетворител Не знает теоретические основы создания СВЧ-антенн; не умеет изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-антенн; не владеет навыками экспериментального исследования основных характеристик различных типов СВЧ-антенн.</p> <p>Удовлетворительн Знает неуверенно теоретические основы создания основных типов СВЧ-антенн, имеет общие, но не структурированные знания основных положений и упрощающих предположений, используемых при их</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>проектировании; Демонстрирует частично сформированное умение изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-антенн, не может указать диапазон рабочих частот основных типов СВЧ-антенн; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик СВЧ-антенн, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает уверенно теоретические основы создания основных типов СВЧ-антенн, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений используемых при проектировании СВЧ-антенн; умеет уверенно изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-антенн, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают потери энергии в СВЧ-антеннах; владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов СВЧ-антенн, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно теоретические основы создания основных типов СВЧ-антенн, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, используемых при их проектировании, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя; умеет уверенно изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-антенн, может</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>объяснить в следствие каких причин возникают потери энергии и как это влияет на диаграммы направленности СВЧ-антенн, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают отличия формы сигнала на входе и выходе СВЧ-антенн и возможные способы их компенсации;</p> <p>владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов СВЧ-антенн, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>
<p>ПК.33 умение составлять заявку на оборудование, измерительные устройства и запасные части</p>	<p>знание основ работы усилителей и генераторов СВЧ-диапазона, умение эксплуатировать приборы СВЧ-диапазона, владение навыками исследования основных характеристик приборов СВЧ-диапазона</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает теоретические основы создания усилителей и генераторов СВЧ-диапазона; Не умеет использовать усилители и генераторы СВЧ-диапазона; Не владеет навыками экспериментального исследования основных характеристик различных типов усилителей и генераторов СВЧ-диапазона.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает неуверенно теоретические основы создания усилителей и генераторов СВЧ-диапазона; Демонстрирует частично сформированное умение использовать усилители и генераторы СВЧ-диапазона, не может определить границы частотного диапазона и погрешности измерения приборов;</p> <p>Владеет неуверенно и фрагментарно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов усилителей и генераторов СВЧ-диапазона может провести измерения основных характеристик СВЧ-с генераторов в составе малой группы в качестве исполнителя.</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает уверенно теоретические основы создания усилителей и генераторов СВЧ-диапазона, однако затрудняется объяснить причины ограничения диапазона рабочих частот;</p> <p>умеет уверенно использовать усилители и генераторы СВЧ-диапазона, однако имеются отдельные пробелы в области их включения в антенно-волнопроводные тракты ;</p> <p>владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов усилителей и генераторов СВЧ-диапазона, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно теоретические основы создания усилителей и генераторов СВЧ-диапазона, демонстрирует систематические знания основных причин ограничения характеристик приборов СВЧ-диапазона, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя;</p> <p>умеет уверенно использовать усилители и генераторы СВЧ-диапазона, может объяснить в следствие каких причин возникают потери энергии при включении их в СВЧ-тракты и как минимизировать возникающие потери, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы;</p> <p>владеет уверенно методиками экспериментального исследования основных характеристик различных типов передающих линий на СВЧ, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>
ПК.28 умение организовывать	знание принципов работы элементов СВЧ антенно-	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные принципы работы</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>монтаж и настройку инфокоммуникационного оборудования</p>	<p>волноводных трактов, умение использовать элементы СВЧ-техники, владение методами исследования основных характеристик элементов СВЧ-техники</p>	<p>Неудовлетворител элементов СВЧ антенно-волноводных трактов, СВЧ-антенн, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе; Не умеет правильно использовать элементы СВЧ антенно-волноводных трактов, СВЧ-антенн, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе для решения учебных, научных и производственных задач; Не владеет методами расчета и экспериментального исследования основных характеристик элементов волноводной техники, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе.</p> <p>Удовлетворительн Знает неуверенно принципы работы элементов СВЧ антенно-волноводных трактов, СВЧ-антенн, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе, имеет общие, но не структурированные знания основных положений и упрощающих предположений, используемых при их проектировании в СВЧ-диапазоне; Демонстрирует частично сформированное умение использовать элементы СВЧ антенно-волноводных трактов, СВЧ-антенн, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе для решения учебных, научных и производственных задач; не может указать границы применимости СВЧ-устройств; Владеет неуверенно и фрагментарно методиками расчета и экспериментального исследования основных характеристик элементов волноводной техники, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ,</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>а также усилителей и генераторов, созданных на их основе, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает уверенно теоретические основы работы элементов СВЧ антенно-волноводных трактов, СВЧ-антенн, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе, однако имеются отдельные пробелы в области применимости упрощающих предположений используемых при их проектировании;</p> <p>умеет уверенно изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-волноводов, однако затрудняется объяснить в следствие каких причин возникают потери энергии в передающих линиях на СВЧ;</p> <p>владеет уверенно методами расчета и экспериментального исследования основных характеристик элементов волноводной техники, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе, может провести измерения в составе малой группы в качестве исполнителя, однако не может правильно определить погрешности проведения измерений.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает уверенно основные принципы работы элементов СВЧ антенно-волноводных трактов, СВЧ-антенн, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе, демонстрирует систематические знания основных положений теории и области применимости упрощающих предположений, используемых при их проектировании, может ответить на дополнительные вопросы преподавателя;</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>умеет правильно использовать элементы СВЧ антенно-волноводных трактов, СВЧ-антенн, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе для решения учебных, научных и производственных задач, может объяснить в следствие каких причин возникают потери энергии и предложить способы их уменьшения, использует дополнительные источники информации при ответе на вопросы, может объяснить в следствие каких причин возникают линейные и нелинейные искажения в элементах и устройствах СВЧ-диапазона;</p> <p>владеет уверенно методами расчета и экспериментального исследования основных характеристик элементов волноводной техники, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе, может провести измерения самостоятельно или в составе малой группы в качестве руководителя, может аргументированно объяснить полученные результаты и указать погрешности измерений.</p>

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 47 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 47 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Введение. Шкала электромагнитных волн Входное тестирование	Основные единицы измерения в системе СИ, основы высшей математики, основы радиоэлектроники, основы физики твёрдого тела.
ПК.28 умение организовывать монтаж и настройку инфокоммуникационного оборудования	Элементы волноводной техники Защищаемое контрольное мероприятие	знание теоретических основ работы волноводной техники на СВЧ; умение изображать структуры основных типов электромагнитных волн в элементах волноводной техники на СВЧ; владение навыками экспериментального исследования основных характеристик различных элементов волноводной техники на СВЧ.
ПК.17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики	Передающие линии Защищаемое контрольное мероприятие	знание теоретических основ создания передающих линий на СВЧ; умение изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-волноводов; владение навыками экспериментального исследования основных характеристик различных типов передающих линий на СВЧ.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.3 способность осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p>	<p>Эффект Фарадея на СВЧ Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>знание теоретических основ создания устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ; умение изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ; владение навыками экспериментального исследования основных характеристик различных типов устройств с использованием эффекта Фарадея на СВЧ.</p>
<p>ПК.29 умение организовывать и осуществлять проверку технического состояния и оценивать остаток ресурса сооружений, оборудования и средств инфокоммуникаций</p>	<p>Антенны СВЧ Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>знание теоретических основ создания СВЧ-антенн; умение изображать структуры основных типов электромагнитных волн в различных типах СВЧ-антенн; владение навыками экспериментального исследования основных характеристик различных типов СВЧ-антенн.</p>
<p>ПК.33 умение составлять заявку на оборудование, измерительные устройства и запасные части</p>	<p>Вакуумные приборы СВЧ Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>знание теоретических основ создания усилителей и генераторов СВЧ-диапазона; умение использовать усилители и генераторы СВЧ-диапазона; владение навыками экспериментального исследования основных характеристик различных типов усилителей и генераторов СВЧ-диапазона.</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.3 способность осуществлять монтаж, наладку, настройку, регулировку, опытную проверку работоспособности, испытания и сдачу в эксплуатацию сооружений, средств и оборудования сетей и организаций связи</p> <p>ПК.17 способность применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики</p> <p>ПК.28 умение организовывать монтаж и настройку инфокоммуникационного оборудования</p> <p>ПК.29 умение организовывать и осуществлять проверку технического состояния и оценивать остаток ресурса сооружений, оборудования и средств инфокоммуникаций</p> <p>ПК.33 умение составлять заявку на оборудование, измерительные устройства и запасные части</p>	<p>Подготовка к итоговой аттестации</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>знание основных принципов работы элементов СВЧ антенно-волноводных трактов, СВЧ-антенн, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе; умение правильно использовать элементы СВЧ антенно-волноводных трактов, СВЧ-антенн, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе для решения учебных, научных и производственных задач; владение методами расчета и экспериментального исследования основных характеристик элементов волноводной техники, основных вакуумных и твердотельных приборов СВЧ, а также усилителей и генераторов, созданных на их основе.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение. Шкала электромагнитных волн

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 пятый вопрос	10
Ответ на шестой вопрос	10

Ответ на седьмой вопрос	10
Ответ на восьмой вопрос	10
Ответ на четвёртый вопрос	10
Ответ на десятый вопрос	10
Ответ на первый вопрос	10
Ответ на второй вопрос	10
Ответ на третий вопрос	10
Ответ на девятый вопрос	10

Элементы волноводной техники

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Измерение параметров полых резонаторов" и дополнительные вопросы преподавателя один балл за один правильный ответ.	8
Выполнение заданий лабораторной работы "Измерение параметров полых резонаторов". 100% заданий.	2
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Измерение параметров полых резонаторов". 100% заданий.	2
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Измерение параметров полых резонаторов". 50-90% заданий.	1
Выполнение заданий лабораторной работы "Измерение параметров полых резонаторов". 50-90% заданий.	1
Оформленный отчет по лабораторной работе "Измерение параметров полых резонаторов".	1

Передающие линии

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Измерение полных сопротивлений методом измерительной линии" и дополнительные вопросы преподавателя один балл за один правильный ответ.	8
Выполнение заданий лабораторной работы "Измерение полных сопротивлений методом	2

измерительной линии" 100% заданий.	
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Измерение полных сопротивлений методом измерительной линии" 100% заданий.	2
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Измерение полных сопротивлений методом измерительной линии" 50-90% заданий.	1
Оформленный отчет по лабораторной работе "Измерение полных сопротивлений методом измерительной линии"	1
Выполнение заданий лабораторной работы "Измерение полных сопротивлений методом измерительной линии" 50-90% заданий.	1

Эффект Фарадея на СВЧ

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Измерение полных сопротивлений методом измерительной линии" и дополнительные вопросы преподавателя один балл за один правильный ответ.	8
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Эффект Фарадея на сверхвысоких частотах" 100% заданий.	2
Выполнение заданий лабораторной работы "Эффект Фарадея на сверхвысоких частотах" 100% заданий.	2
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Эффект Фарадея на сверхвысоких частотах" 50-90% заданий.	1
Оформленный отчет по лабораторной работе "Эффект Фарадея на сверхвысоких частотах"	1
Выполнение заданий лабораторной работы "Эффект Фарадея на сверхвысоких частотах" 50-90% заданий.	1

Антенны СВЧ

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Испытание некоторых типов поверхностных антенн" и дополнительные вопросы преподавателя один балл за один	8

правильный ответ.	
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Испытание некоторых типов поверхностных антенн" 100% заданий.	2
Выполнение заданий лабораторной работы "Испытание некоторых типов поверхностных антенн" 100% заданий.	2
Оформленный отчет по лабораторной работе "Испытание некоторых типов поверхностных антенн" .	1
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Испытание некоторых типов поверхностных антенн" 50-90% заданий.	1
Выполнение заданий лабораторной работы "Испытание некоторых типов поверхностных антенн" 50-90% заданий.	1

Вакуумные приборы СВЧ

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **15**

Проходной балл: **7**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на контрольные вопросы лабораторной работы "Изучение генератора на отражательном клистроне" и дополнительные вопросы преподавателя один балл за один правильный ответ.	8
Выполнение заданий лабораторной работы "Изучение генератора на отражательном клистроне" 100% заданий.	2
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Изучение генератора на отражательном клистроне" 100% заданий.	2
Обработка результатов измерений лабораторной работы "Изучение генератора на отражательном клистроне" 50-90% заданий.	1
Выполнение заданий лабораторной работы "Изучение генератора на отражательном клистроне" 50-90% заданий.	1
Оформленный отчет по лабораторной работе "Изучение генератора на отражательном клистроне".	1

Подготовка к итоговой аттестации

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **6 часа**

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **25**

Проходной балл: **12**

Показатели оценивания	Баллы
Ответы на первый вопрос.	10
Ответы на второй вопрос.	10

Контроль лабораторного журнала и самостоятельной работы студента.	5