

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Электродинамика КВЧ

по направлению подготовки / специальности

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки / специализация:
Радиоэлектронные системы передачи информации

Форма обучения
Очная

Квалификация
Инженер

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
В.А. Мещеряков

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-5 Способен формировать и реализовывать программы макетных и экспериментальных исследований.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 5.1 Формирует программу проведения экспериментальных исследований

ИПК 5.2 Обосновывает программу эксперимента, обрабатывает результаты эксперимента, оценивает погрешности экспериментальных результатов

ИПК 5.3 Владеет: методикой и техникой проведения экспериментальных исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники; методами анализа результатов измерений

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить математический аппарат интегральных уравнений, применяемый для описания квазиоптических пучков в линиях передачи и резонаторах КВЧ и ГВЧ.

– Научиться применять понятийный аппарат прикладной квазиоптики для ... решения практических задач КВЧ и ГВЧ – техники

- Изучить принципы действия и устройство элементов субтерагерцовой и терагерцовой техники

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к вариативной части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Десятый семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Физика», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра».

...

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

-лекции: 30 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение. КВЧ и ГВЧ диапазоны. Их особенности

Место КВЧ и ГВЧ в частотном спектре электромагнитных волн. Актуальность изучения и освоения данных диапазонов. Основные особенности диапазонов КВЧ и ГВЧ.

Тема 2. Линии передачи для КВЧ и ГВЧ диапазонов.

Многомодовые линии передачи и их недостатки. Открытые линии с малым числом поперечных индексов. Виды открытых линий передачи.

Тема 3. Интегральные уравнения открытых квазиоптических линий и резонаторов.

3.1. Принципы построения интегральных уравнений. Интегральное уравнение для плоско-параллельных диафрагм и зеркал в прямоугольной системе координат

3.2. Интегральное уравнение для плоско-параллельных диафрагм и зеркал с круглой апертурой. Перекос зеркал

3.3. Интегральные уравнения для линзовых линий и резонаторов с вогнутыми (выпуклыми) зеркалами. Каустика.

3.4. Устойчивые колебания в открытом резонаторе

Тема 4. Спектральные свойства открытых резонаторов.

Уравнение для резонансных частот. Влияние конфигурации зеркал на спектральные характеристики резонатора.

Тема 5. Виды потерь в резонаторе и в линии передачи. Добротность.

Потери энергии волны за проход по резонатору (ячейке линии). Измеренная добротность и ее связь с различными видами потерь и частичными добротностями. Коэффициенты связи открытого резонатора с внешней цепью.

Тема 6. Коэффициенты передачи линии и резонатора..

Многократные переотражения и спектр пропускания квазиоптической линии передачи. Спектр пропускания открытого резонатора.

Тема 7. Устройства открытого многоволнового тракта КВЧ и ГВЧ

7.1. Устройства для деления мощности (ответвители). Устройства для уменьшения мощности (аттенюаторы).

7.2. Поляризаторы и аттенюаторы из микропроволочных решеток. Волномеры. Дифрактометры.

7.3. Замедляющие системы (диэлектрические, спиральные, гребенчатые).

Тема 8. Генераторы излучения КВЧ и ГВЧ диапазона

ЛОВ-генератор, ЛБВ-генератор, оротрон (ГДИ).

Тема 9. Детектирующие устройства КВЧ и ГВЧ –диапазонов.

Точечные детекторы. Детекторы на барьере Шоттки. Охлаждаемые болометры, Оптико-акустические преобразователи (ОАП).

Тема 10. Задачи квазиоптического контроля и диагностики.

Особенности описания возмущения открытого резонатора малым рассеивателем.

Задача о возбуждении резонатора сторонним током. Примеры применений открытых резонаторов в бесконтактной диагностике малых объектов.

Тема 11. Применения колебаний КВЧ и ГВЧ в биологии и медицине.

Эффекты КВЧ- воздействия. КВЧ – терапия. Терагерцовые спектры выдыхаемого воздуха, клеточных структур.

Заключение. Перспективы развития техники диапазонов КВЧ и ГВЧ.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу по темам, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в десятом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит три вопроса: общетеоретический 1. вопрос, касающийся математического аппарата прикладной квазиоптики, 2. вопрос о поведении полей в линиях передачи и резонансных системах КВЧ, 3 вопрос о принципах действия того или иного элемента КВЧ-тракта. Продолжительность зачета 1,5 часа.

1. Примерный перечень общетеоретических вопросов

1.1. Какой принцип классической электродинамики положен в основу построения интегральных уравнений квазиоптики?

1.2. Как связан параметр μ в интегральном уравнении с величиной потерь энергии волны за проход по резонатору (элементу линии передачи)?

1.3. Как записывается обобщенное соотношение для добротности и как оно связано с видами потерь мощности в открытом резонаторе?

1.4. Чему равен интервал частот между соседними колебаниями одной моды открытого резонатор?

1.5. Что общего и в чем принципиальное отличие частотного и тайм-доменного спектрометров КВЧ и ГВЧ – диапазонов.

2. Примерный перечень вопросов о поведении полей в квазиоптических линиях передачи и в открытых резонаторах.

2.1. В чем основное преимущество открытой линии передачи по сравнению с металлическим волноводом в КВЧ, ГВЧ диапазонах длин волн?

2.2. Благодаря какому физическому явлению удерживаются колебания в квазиоптической диафрагменной линии передачи и в резонаторе с плоско-параллельными зеркалами?

2.3. Что называют каустикой резонансного колебания? Что понимается под термином устойчивости колебаний в открытом резонаторе?

2.4...Как выглядят «пятна поля» для основного и 2-х низших видов колебаний на вогнутых зеркалах прямоугольной апертуры?

2.5. Как выглядят «пятна поля» для основного и 2-х низших видов колебаний на вогнутых зеркалах круглой апертуры?

3. Примерный перечень вопросов о принципах действия элементов КВЧ - тракта

3.1. Принцип действия регулируемого квазиоптического направленного ответвителя призмного типа

3.2. Принцип действия регулируемого аттенюатора на проволочных решетках.

3.3. Принцип действия и устройство волномера на основе открытого резонатора

3.4..Оптоакустический преобразователь – приемник Голлея

3.5. Устройство и принцип действия КВЧ и ГВЧ-генератора - оротрона

Результаты зачета численной оценкой не определяются, фиксируется либо «зачет», либо «не зачет».

Однако, промежуточный контроль осуществляется и оценивается по системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», при этом по итогу курса «зачет» выставляется только при оценке промежуточной аттестации не ниже «удовлетворительно»

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://lms.tsu.ru/course/view?id=00000>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Вайнштейн Л.А. Открытые резонаторы и открытые волноводы. – М.: Сов. радио, 1966.
- Дунаевский Г.Е. Открытые резонаторные преобразователи. – Томск: Изд-во НТЛ, 2006. - 304 с.
- Неганов В.А., Осипов О.В., Раевский С.Б., Яровой Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Радио и связь, 2005. – 648 с.
- Техника субмиллиметровых волн. /Под ред. Р.А. Валитова. - М.: Сов. радио, 1969.
- Завьялов А.С., Дунаевский Г.Е. Измерение параметров материалов на сверхвысоких частотах. – Томск: Изд-во ТГУ, 1985.
- Царёв М.В. Генерация и регистрация терагерцового излучения ультракороткими лазерными импульсами. Учебное пособие. – Нижний Новгород. Нижегородский государственный университет, 2011.– 75 с.

б) дополнительная литература:

- Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Лань, 2009. - 432 с.
- Неганов В.А., Осипов О.В., Раевский С.Б., Яровой Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Радио и связь, 2005. – 648 с.
- Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. – М.: Радио и связь, 1988. – 440 с.
- Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991.
- Шестопалов В.П. Физические основы миллиметровой и субмиллиметровой техники. Т.1,2. – Киев.: Наукова думка. 1985

в) ресурсы сети Интернет:

- электронный учебный курс на базе виртуальной обучающей среды lms.tsu (сайт <http://rff-lms.tsu.ru>);
- открытые онлайн-курсы

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юпайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

...

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Дунаевский Григорий Ефимович, доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой радиоэлектроники РФФ НИ ТГУ