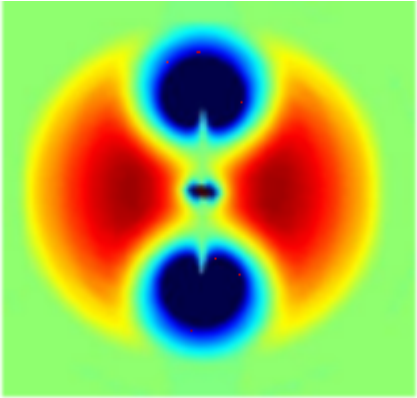
Методы численного анализа и оптимизации в радиофизике

Лекторы:



Язык:
Русский

Трудоемкость:

6 з.е.

Форма контроля:

Экзамен

Образовательная программа:

Беспроводные технологии (магистратура)

3 семестр

Пререквизиты:

Техническая электродинамика

Основы теории цепей

Программирование

Информатика

Лекции (ак.час)*	Практические занятия (ак.час)	Лабораторные занятия (ак.час)
16	16	
*1 академический час = 45 минутам		

Цель изучения данного курса – глубокое освоение современных методов и методик оптимизации сложных электродинамических систем на основе практического компьютерного моделирования. В основе курса лежит рассмотрение методов поиска оптимальных значений максимума или минимума целевой функции n-переменных, включающей искомые параметры антенн. Курс начинается с рассмотрения базовых методов оптимизации, применяющихся при проектировании сложных электродинамических систем. Рассматриваются математические аспекты методов, возможные алгоритмы их практической реализации.

Поскольку в любой практической оптимизационной задаче важным этапом является моделирование рассматриваемой физической ситуации с целью получения математической функции, подлежащей минимизации, основное внимание в курсе уделено методам численного электродинамического анализа. Первым из изучаемых, наиболее быстрым методом, является метод моментов, позволяющий производить оптимизацию проволочных антенн. В курсе в качестве основы рассмотрен метод Галеркина с кусочно-синусоидальным базисом, его реализация в среде MATLAB.

Вторым по скорости нахождения решений является метод конечных элементов и его двумерная узловая реализация. Данный метод хорошо подходит для поиска оптимальных решений для осесимметричных линий питания и антенн, включающих различные диэлектрические неоднородности. Рассмотрение данного метода основано на его практической реализации в среде MATLAB.

Третьим по скорости нахождения решений методом является метод конечных разностей во временной области. Данный метод является наиболее универсальным, поскольку позволяет рассчитывать антенны, содержащие включения из произвольных материалов в произвольных комбинациях. Поскольку скорость анализа здесь напрямую зависит от ресурсов ЭВМ и размерности задач, студенты учатся ставить оптимальные граничные условия с целью снижения данных требований. После рассматривается несколько вариантов постановки оптимизационных задач по нахождению оптимальных конструкций различных типов антенн.

Подавляющее число занятий являются практическими. Цель практических занятий – самостоятельная и пошаговая подготовка студентами алгоритмов синтеза антенн, их реализация в среде MATLAB в виде готовых программ. Основной упор в дисциплине делается на приведении физики, математики и основ программирования к понятному для студента уровню, развитие творческого и нестандартного мышления, повышение научного потенциала обучаемых, чего невозможно достичь, используя стандартные готовые пакеты программ.

Содержание курса

3 семестр

Методы численного анализа и оптимизации в радиофизике

Структура курса

Разделы	Лекции (ак.ч.)	Практика (ак.ч.)
Тема 1. Методы оптимизации в технике		
1.1. Эволюционные и градиентные методы	2	
1.2. Оптимизация широкополосной антенны квазиньютоновским методом		2
1.3. Методика конструкционного синтеза широкополосных антенн градиентным методом	2	
1.4. Методика конструкционного синтеза широкополосных антенн генетическим алгоритмом	2	
1.5. Оптимизация широкополосной антенны генетическим алгоритмом		2
Тема 2. Метод моментов как метод анализа при решении оптимизационных задач		
2.1. Решение уравнения Ричмонда	2	
2.2. Алгоритм вычисления интегральной показательной функции для метода моментов с КСБФ (MATLAB)		2
2.3. Разработка программы для расчета трехмерных моделей излучателей		2
2.4. Методика и алгоритм расчета методом моментов	2	
2.5. Оптимизация характеристики направленности проволочных излучателей алгоритмом Ричмонда		2
2.6. Решение СЛАУ средствами MATLAB методом моментов		2
2.7. Разработка модели несимметричного вибратора над поверхностями с различными электрическими параметрами		2
2.8. Оптимизация конструкции несимметричного вибратора расположенного над плоскостью с различными электрическими параметрами		2
Тема 3. Метод конечных элементов как метод анализа при решении задач оптимизации осесимметричных структур		
3.1. Применение локальных L-координат при формировании СЛАУ элементов. альных граничных условий в МКЭ	2	
3.2. Алгоритм решения уравнения Гельмгольца МКЭ	2	
3.3. Проблемы применения узлового МКЭ для решения задач излучения	2	
3.4. Первый подход к повышению точности решения двумерных электродинамических задач излучения	2	
3.5. Разработка модели с использованием оптимизированной трансформирующей функции при решении задач методом конечных элементов		2
3.6. Второй подход к повышению точности решения двумерных электродинамических задач излучения	2	
3.7. Представление векторов в узловом МКЭ и проблема «ложных» решений	2	
3.8. Применение двумерного векторного метода конечных элементов	2	
3.9. Основные соотношения векторного метода конечных элементов	2	
3.10. Тетраэдральный векторный элемент	2	
3.11. Моделирование возбуждающего зазора в методе конечных элементов на основе уравнения Поклингтона		2
Тема 4. Оптимизация граничных условий в методе КРВО		
4.1. Оптимизация граничных условий в методе КРВО	2	

4.2. Формирование поглощающих слоев при решении задач методом КРВО		2
4.3. Оптимизация ПГУ Мура первого порядка точности		2
4.4. Разработка ПГУ Мура второго порядка точности		2
4.5. Особенности разработки модели расчетной области с идеально согласованными слоями		2
4.6. Разработка модели расчетной области с поглощающими граничными условиями		2
4.7. Сравнение результатов расчета при моделировании электродинамических задач с использованием различных поглощающих слоев		2
4.8. Разработка и расчет трехмерной диаграммы направленности		2
4.9. Модели возбуждения, применяемые в методе КРВО	2	
4.10. Модель возбуждения Гауссовым импульсом	2	
4.11. Возбуждение антенн Гауссовым импульсом		2
4.12. Возбуждение антенн многочастотным оптимальным сигналом		2
4.13. Оптимизация многовибраторных антенн связкой КРВО-Хука-Дживса		2
4.14. Оптимизация электрических характеристик антенн сложной конфигурации связкой КРВО-метод Ньютона		2
4.15. Моделирование и расчет линий питания антенн методом КРВО		2
4.16. Оптимизация объектовой ЭМС при расчетах методом КРВО		2

Рекомендуемые ресурсы

Обязательная:
1. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с английского / Б. Банди. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
2. Бородулин Р.Ю. Конструкционный синтез электрически малых антенн / Моногр. – СПб.: ВАС, 2020. – 180 с.: ил.

Дополнительная:
1. Рейклетис Г. Оптимизация в технике: В 2-х кн. Пер. с англ / Г. Рейклетис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел. – М.: Мир, 1986, 200 с.
2. Chambers D.L. The Practical Handbook of Genetic Algorithms, applications – 2nd ed., N.-Y: Chapman & Hall/ CRC, 2001.

Политика оценивания

Оценочные средства дисциплины: контрольное задание, практическое задание, коллоквиум, экзамен.

В конце семестра проводится публичная защита выданного на семестр контрольного задания (оформление в виде презентации и текстовой части).
При выставлении итоговой оценки учитывается процент выполненных практических заданий.

Тема контрольного задания формируется в начале семестра, закрепляется за каждым студентом индивидуально, исходя из предпочтений и темы магистерской диссертации.

Все практические задания выполняются в виде текстовых отчетов с приложением рабочих скриптов программ.

Оценка за коллоквиум формируется исходя из количества представленных отчетов :
1. по аналитической части курса (max 30 баллов)
2. по численным методам анализа, пройденным за половину курса (max 40 баллов)
3. по представленной математической модели из практического задания (в виде рабочего скрипта и письменного отчета) (max 30 баллов)
Максимальное число баллов за коллоквиум - 100 баллов.
Оценка за коллоквиум формируется исходя из количества баллов: от 90 до 100 – «отлично», от 74 до 90 – «хорошо», от 60 до 74 – «удовлетворительно».

Допуск к экзамену производится по результатам защиты практического задания. Если работа не защищена, то студент на экзамене получает 0 баллов за практику, что приводит к выставлению оценки "неудовлетворительно".

Оценка за экзамен складывается из баллов за теорию и за практику. Практика является определяющей.
Оценка за практику формируется исходя из количества представленных отчетов за:
1. рабочие скрипты программ по реализации методов оптимизации в системе MATLAB с их верификацией (оформление в виде письменного отчета) (max 30 баллов)
2. рабочие скрипты программ по конструкционному синтезу и оптимизации рассмотренных в курсе антенн в системе MATLAB (оформление в виде письменного отчета) (max 40 баллов)
Максимальное число баллов за практику 70 баллов.

Устная часть экзамена проводится по билетам, состоящим из двух вопросов:
1. по аналитической части курса (max 10 баллов)
2. по математическому аппарату численных методов и методов оптимизации (max 20 баллов)
Максимальное число баллов за теорию 30 баллов.

Оценка за экзамен формируется исходя из общего количества баллов: от 90 до 100 – «отлично», от 74 до 90 – «хорошо», от 60 до 74 – «удовлетворительно».

Тип самостоятельных заданий

Примеры задач:
Задача 1. Рассчитать электрические характеристики антенны волновой канал методом моментов.
Задача 2. Рассчитать и построить трехмерную диаграмму направленности несимметричного вибратора, расположенного на идеальнопроводящей плоскости.
Задача 3. Рассчитать входное сопротивление ЛПА в полосе частот методом моментов.

Требования к выполнению задач:
- создать модель;
- разработать программу;
- провести расчет;
- представить результаты расчета в виде пояснительной записки.

Описание задания на курсовой проект (работу): разработать компьютерную программу, позволяющую решать электродинамические задачи и рассчитывать электрические характеристики антенн используя методики и алгоритмы численных методов решения задач электродинамики. Результаты расчета должны соответствовать теоретическим данным, необходимо доказать, что результаты, полученные в ходе решения задачи в рамках курсовой работы верны, а разработанная программа, позволяет получить корректный результат.

Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:
1. Общий случай некомпланарного расположения взаимодействующих проводников. Собеседование с экспертами, перекрестное собеседование, письменный ответ на билет.
2. Анализ сходимости метода при тонкопроволочной аппроксимации.
3. При использовании кусочно-синусоидального базиса, в случае малого радиуса проводников.
Перечень вопросов к зачету получить у преподавателя за 1 месяц до начала промежуточной аттестации через ответственного за связь с преподавателем. Подготовку осуществлять с использованием текстов лекций, основной и дополнительной литературы.