

Современные вычислительные методы в задачах электромагнитной совместимости

(название дисциплины)

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современные вычислительные методы в задачах электромагнитной совместимости» относится к числу общеобразовательных дисциплин, является дисциплиной выбора и изучается на втором году обучения, в третьем семестре. Дисциплина предполагает изучение современных численных методов моделирования распространения электромагнитных волн, освоение методов представления результатов моделирования и их анализа, а также Изучение и моделирование взаимодействия электромагнитного излучения с метаматериалами.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. Необходимо владеть методами построения дискретных моделей физических систем. Уметь составлять и отлаживать сложные программы на одном из современных алгоритмических языков. Уметь графически представлять на компьютере результаты моделирования во времени. Знать основы электродинамики, в особенности, законы излучения, поглощения и распространения электромагнитных волн.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями выпускников)

Код формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1	Знать 31 Знать общие принципы проведения научно-исследовательской деятельности в области вычислительной физики. 32 Знать общие принципы и методы построения математических и дискретных моделей физических систем. 33 Знать общие подходы и парадигмы построения компьютерных программ моделирования. Уметь У1 Уметь планировать и проводить компьютерные эксперименты. У2 Уметь представлять и анализировать результаты компьютерного эксперимента. Владеть В1 Владеть навыками работы с источниками информации для выбора наиболее современного подхода к исследованию. В2 Владеть навыками работы со сложными структурами данных.
ОПК-2	Знать 31 Знать основы построения моделей физических систем. 32 Знать источники ошибок вычисления при компьютерном моделировании. 33 Знать методы решения уравнений математической физики при помощи компьютера.

	Уметь У1 Уметь строить физические, математические и дискретные модели физических систем. Владеть В1 Владеть общими и специальными методами решения уравнений математической физики на компьютере. В1 Владеть навыками работы с источниками информации с целью обновления собственных знаний.
ПК-1	Знать 31 Знать методы построения моделей сложных физических систем. 32 Знать особенности проведения компьютерного эксперимента в зависимости от типа модели. Уметь У1 Уметь находить параметры исследуемых систем в литературе и глобальной сети. У2 Уметь отыскивать экспериментальные или теоретические данные для проверки правильности результатов моделирования. Владеть В1 Владеть навыками отладки и верификации компьютерных программ, моделирующих физическую систему.
ПК-4	Знать 31 Знать методы моделирования распространения электромагнитных волн в специальных средах (метаматериалах). 32 Знать методы моделирования распространения волн в средах с дисперсией, анизотропией и нелинейных средах. Уметь У1 Уметь реализовывать сложные алгоритмы распространения волн в средах с дисперсией. У2 Уметь создавать структуры данных для проведения моделирования в средах с дисперсией и нелинейностью. Владеть В1 Владеть численными методами решения волновых уравнений для сред с дисперсией и нелинейностью. В2 Владеть методами проведения параллельных вычислений.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы - всего 108 часов, из которых 54 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов занятия лекционного типа, 18 часов занятия семинарского типа (практические занятия, компьютерное моделирование), 36 часов мероприятия контроля успеваемости, 18 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

4. Содержание дисциплины

Раздел 1. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения. Задачи вычислительной электродинамики. Обзор методов вычислительной электродинамики

В разделе приводятся необходимые сведения из электродинамики: уравнения

Максвелла, материальные уравнения, связывающие векторы электрической и магнитной индукции с соответствующими напряжённостями полей. Приводится перечень задач, которые решает вычислительная электродинамика и методов решения.

Раздел 2. Метод конечных разностей во временной области. Структура данных. Ячейка Йи.

В разделе описывается один из самых популярных методов моделирования в электродинамике – метод FDTD. Приводится схема дискретизации пространства и времени для решения задачи, предложенная Кевинем Йи в 1966 году. Приводятся нотации для описания электрического и магнитного поля. Дается схема проведения вычислений. Анализируется проблема устойчивости разностной схемы.

Раздел 3. Условия на внешней границе области моделирования. Условия Мура и Беренджера. Конволюционные граничные условия.

Данный раздел посвящён методам задания граничных условий на внешней границе области моделирования. Показывается необходимость таких условий. Представлены условия Мура (ABC) и условия Беренджера (PML). Приводится схема реализации условий Беренджера. Представлены более современные конволюционные граничные условия.

Раздел 4. Источники электромагнитного излучения в методе FDTD. Внешние и внутренние источники.

В разделе приведены два типа источников излучения, которые используются при FDTD – моделировании: внутренние источники, которые моделируют излучение, возникающее при работе электронных приборов, и внешние источники, чаще всего плоские волны, приходящие из-за пределов области моделирования. Описаны «мягкие» и «жёсткие» типы внутренних источников. Приводится схема TFSF для моделирования внешнего источника.

Раздел 5. Моделирование распространения электромагнитных волн в средах с дисперсией.

В данном разделе приводятся основы теории дисперсии электромагнитных волн. Рассматриваются методы модификации алгоритма FDTD для моделирования сред с дисперсией: метода конволюционного интервала, метода вспомогательных уравнений и метода Z – преобразований. Анализируются численные схемы реализации этих методов для модели Друде и Лоренца.

Раздел 6. Повышение эффективности работы программы по методу FDTD. Параллельные вычисления. Оптимизация структур данных для повышения скорости вычислений.

Раздел содержит оценки скорости работы алгоритма. Показано как можно увеличить скорость за счёт проведения «предварительных» вычислений и хранения данных. Показана возможность параллельных вычислений, приводящих к значительному увеличению эффективности расчёта. Описываются подходы к представлению результатов моделирования средствами компьютерной графики.

5. Аттестация по дисциплине

Итоговая аттестация – экзамен, включающий в себя ответ на контрольные вопросы по основным темам дисциплины.

Занятия по дисциплине проходят в лекционной форме и в форме самостоятельной работы студентов. Практические занятия проводятся в компьютерном классе, используются элементы технологии дифференцированного обучения. Промежуточный контроль –

выполнение заданий по моделированию распространения волн в различных условиях и исследованию характеристик алгоритмов.

Лекционный курс включает как классические, так и современные (проблемные, модульные, интерактивные) формы проведения занятий с разбором конкретных ситуаций.

Самостоятельная работа студентов включает активное изучение лекционного материала вместе с соответствующими разделами учебных и учебно-методических пособий, в том числе с использованием систем компьютерной графики и электронных образовательных ресурсов. Одной из основных задач самостоятельной работы является подготовка к выполнению моделирующих компьютерных программ.

Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя текущие отчеты по заданиям (компьютерное моделирование), обсуждение полученных результатов с преподавателем.

Автор: ассистент Сёмин Ю.А.