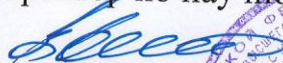


НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 01.04.13 Электрофизика,
электрофизические установки

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Численные методы расчета электромагнитных полей»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.2

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе

6 часов – контактная работа,
84 часа – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 01.04.13 Электрофизика, электрофизические установки, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является изучение численных методов расчета электромагнитных полей.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных методов анализа статических, стационарных и динамических полей (метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод граничных элементов) в линейных и нелинейных средах;
- овладение способами применения численных методов для расчета сосредоточенных параметров электрофизических устройств и установок;
- изучение методологии применения профессионального программного обеспечения для решения задач анализа и синтеза электрофизических устройств и установок.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5);
- способность проведения исследований электрофизических и электромагнитных явлений и процессов в различных средах для нужд электронной, приборостроительной, электротехнической промышленности, средств вычислительной техники и связи (ПК-2).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- численные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных, возникающих при математическом моделировании электрофизических и электромагнитных явлений и процессов в различных средах (УК-2);

уметь:

- проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные (УК-2);
- использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- проводить исследования электрофизических и электромагнитных явлений и процессов в различных средах для нужд электронной, приборостроительной, электротехнической промышленности, средств вычислительной техники и связи (ПК-2);

владеть:

- навыками работы с профессиональным программным обеспечением, реализующим численные методы расчета электромагнитных полей (ПК-2);
- навыками преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений

Прямые методы интегрирования – явные и неявные методы интегрирования, их общие свойства. Сходимость метода, скорость сходимости, вычислительная сложность метода. Распространенные расчетные схемы: метод Эйлера, метод трапеций, метод Гира. Связь методов численного интегрирования с дискретными и цифровыми фильтрами. Эффект квантования коэффициентов. Расчет в частотной области с применением дискретного преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Вейвлет-преобразование. Нелинейные задачи – метод простой итерации, метод Ньютона. Применение методов оптимизации (метод многомерного сканирования, генетический алгоритм в многоэкстремальных задачах с ограничениями в виде неравенств. Вариационные задачи, формулировка, методы решения – метод ломанных, метод конечных элементов.

Метод конечных разностей

Конечно-разностная аппроксимация уравнений Максвелла в статических и стационарных полях. Скалярный потенциал, разностные схемы различного порядка, скорость сходимости. Равномерные и неравномерные сетки. Решение нестационарных задач во временной области. Конечно-разностная аппроксимация полной системы уравнений Максвелла, ячейка Йи. Условия сходимости, выбор шага во времени и в пространстве. Особенности аппроксимации граничных условий. Метод конечных разностей в частотной области. Применение wave-фильтров, расчет в частотной области, расчет с помощью многомерного интеграла свертки.

Метод конечных элементов

Вариационная формулировка для расчета статических и стационарных полей. Выбор пробной функции, локальные координаты, виды конечных элементов. Формирование и решение системы уравнений. Принципы построения конечно-элементного разбиения. Аппроксимация граничных условий. Метод конечных элементов в электродинамике, метод Галеркина. Выбор пробных функций, $\text{curl}(\mathbf{E})$, $\text{curl}(\mathbf{H})$ элементы (элементы Неделека). Особенности задания граничных условий, импедансные граничные условия, порты Флоке. Особенности расчета внешних задач электродинамики. Принципы построения конечно-элементного разбиения, особенности

аппроксимации поля в резонансных системах. Особенности использования методов оптимизации разбиения, сходимость решения, сходимость процесса адаптации разбиения. Расчет поля – вычислительная сложность, методы понижения размерности задачи. Расчет собственных частот системы, QR-алгоритм, LR-алгоритм, блочный алгоритм Ланцоша. Учет потерь при расчете электродинамических задач.

Метод граничных элементов

Особенности расчета поля с помощью функций Грина. Элементарные излучатели. Особенности формирования систем уравнений для задач статики при заданных граничных условиях Дирихле. Расчет динамических полей. Метод моментов. Общие принципы создания сетки граничных элементов – выбор аппроксимации поверхностной плотности заряда или тока, выбор формы граничных элементов. Применение быстрого преобразования Фурье для ускорения формирования системы уравнений. Особенности учета потерь и учета граничных условий.

Методология преподавания численных методов

Внедрение изучения численных методов расчета краевых задач в учебный процесс для различных направлений подготовки: особенности реализации, используемое программное обеспечение. Сравнение подходов в России и за рубежом. Использование специализированного программного обеспечения в лаборатории. Литературные источники: статьи, учебники и пособия, практикумы. Англоязычная литература, особенности терминологии.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

1 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Основные понятия, термины, задачи и проблемы электромагнитной совместимости технических средств. Нормативная база.
2. Метод простой итерации, метод Ньютона, методы многомерной оптимизации.
3. Конечно-разностная аппроксимация уравнений Максвелла в статических и стационарных полях.
4. Конечно-разностная аппроксимация полной системы уравнений Максвелла, ячейка Йи.
5. Вариационная формулировка для расчета статических и стационарных полей.
6. Метод конечных элементов: выбор пробной функции, локальные координаты, виды конечных элементов.
7. Метод конечных элементов в электродинамике, метод Галеркина.
8. Метод конечных элементов в электродинамике: $\text{curl}(\mathbf{E})$, $\text{curl}(\mathbf{H})$ элементы. Особенности задания граничных условий, импедансные граничные условия, порты Флоке.
9. Расчет собственных частот системы, QR-алгоритм, LR-алгоритм, блочный алгоритм Ланцоша.
10. Метод граничных элементов: основные положения, особенности формирования систем уравнений для задач статики при заданных граничных условиях Дирихле.
11. Метод моментов: общие принципы создания сетки граничных элементов – выбор аппроксимации поверхностной плотности заряда или тока, выбор формы граничных элементов.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Власова Е.А., Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н. Приближенные методы математической физики –М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2001
2. Вишняков С.В., Гордюхина Н.М., Федорова Е.М. Расчет электромагнитных полей с помощью программного комплекса ANSYS –М.: Издательство МЭИ, 2003
3. Чобану М. К. Многомерные многоскоростные системы обработки сигналов М.: Техносфера, 2009
4. Турчак Л.И., Плотников П.В. Основы численных методов -М.: Физматлит, 2002, 304 с.
5. Самарский А.А., Гулин А.В. Устойчивость разностных схем -М.: Либроком, 2009, 384 с.
6. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В. Вычислительные методы – СПб. : Лань, 2014 . – 672 с.
7. Нгуен-Куок Ши Основы математического моделирования низкотемпературной плазмы. – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 446 с.
8. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Численные методы решения обратных задач математической физики. – М. : Эдиториал УРСС, 2014 . – 480 с.

Дополнительная литература:

9. Зейферт Г., Трельфалль В. Вариационное исчисление в целом. 2-е изд., — М.: РХД, 2000
10. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. / К. С. Демирчян, и др. . – СПб. : Питер, 2009
11. Ульянов М.В. Ресурсно-эффективные компьютерные алгоритмы. Разработка и анализ -М.: Физматлит, 2008, 304 с.
12. Лобанов А.И., Петров И.Б., Старожилова Т.К, Вычислительные методы для анализа моделей сложных динамических систем. -М.: Изд-во МФТИ, 2002, 160 с.
13. Гольцов Н.А. Основы численного анализа и алгоритмы для многопроцессорных вычислительных систем -М.: МГУЛ, 2002, 98 с.

14. Соловейчик Ю. Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач: учебное пособие / Ю. Г. Соловейчик, М. Э. Рояк, М. Г. Персова - Сер. «Учебники НГТУ», 2007. - 896 с.

15. Шакиров М. А. Теоретические основы электротехники. Тензоры в ТОЭ. Электродинамика. Теория относительности – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011 . – 315 с.

16. Демирчян К. С. Движущийся заряд в четырехмерном пространстве по Максвеллу и Энштейну / – М. : Комтехпринт, 2008 . – 144 с.

17. Калиткин Н. Н. Численные методы– СПб. : БХВ-Петербург, 2014 . – 592 с.