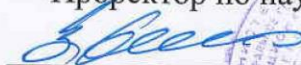


НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня

2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.09.01 Электромеханика и электрические аппараты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Теория и методы расчета физических полей»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.3

Всего: 108 часов

Семестр 3, 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 05.09.01 Электромеханика и электрические аппараты, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является изучение теории и методов расчета физических полей электротехнических систем.

Задачами дисциплины являются:

- Изучение уравнений, граничных условий и источников для моделирования полупроводниковых аппаратов, моделирования МЭМС систем, моделирования усталостных напряжений, моделирование трассировки частиц и решения оптимизационных задач;
- Получение навыков использования современного программного обеспечение для моделирования физических полей электротехнических систем;
- Получение навыков решения конкретных задач.

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

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение методами математического и физического моделирования электрических машин и аппаратов (ПК-1);
- способность к применению теории современных методов расчета магнитных полей в профессиональной деятельности (ПК-3)

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать **следующие результаты образования:**

Знать:

- Основные численные методы для расчетов полей полупроводниковых аппаратов, микроэлектромеханических систем, усталостных напряжений. Методы расчета трассировки частиц. Методы решения оптимизационных задач (ПК-1);

Уметь:

- Применять теорию, методы и программные средства для расчетов полупроводниковых аппаратов, микроэлектромеханических систем, усталостных напряжений и трассировки частиц. Анализировать процессы в системах электрических и электронных аппаратов в профессиональной деятельности. Оптимизировать электрические и электронные аппараты (ПК-1);
- применять теоретические методы для анализа явлений и процессов в электромеханических системах электрических машин и электрических аппаратов в профессиональной деятельности (ОПК-1);

Владеть:

- Методами исследования и моделирования полупроводниковых и микроэлектромеханических аппаратов на базе новейших информационно-коммуникационных технологий (ПК-3).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Моделирование полупроводниковых элементов полевыми методами

Основные уравнения, граничные условия, условия непрерывности, источники. Материальные уравнения и свойства материалов, используемые для моделирования. Модели подвижности. Модели рекомбинации. Моделирование примесей. Рассмотрение примеров моделирование диода Шоттки, тиристора, биполярного транзистора и полевого транзистора. Подключение внешних электрических цепей.

2. Моделирование микроэлектромеханических систем (МЭМС)

Микроэлектромеханический резонатор с электростатическим возбуждением, принцип действия и подход моделированию. Кварцевый резонатор, принцип действия и подход моделированию. Микроскопический термопривод, принцип действия и подход моделированию. Пьезорезистивный датчик, принцип действия и подход моделированию.

3. Моделирование механической усталости

Анализ малоцикловой и многоцикловой усталости материалов, связанной с напряжениями и деформациями. Основные уравнения и модели усталости. Тепловая усталость. Анализ накопленных повреждений.

4. Моделирование движения частиц

Расчет траекторий движения частиц в газе, в жидкости, в электрическом поле, в магнитном поле. Взаимодействие частиц между собой, взаимодействие частиц с текущей средой и взаимодействие частиц с полем. Уравнения движения частиц. Свойства частиц. Граничные условия для частиц задаваемые на стенках (“замораживание”, прилипание, отскакивание, исчезновение, диффузное отражение). Порождение частиц. Формирование вторичных частиц. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях.

5. Решение оптимизационных задач

Прямая и обратная задачи. Некорректность обратной задачи. Оптимизационная задача. Критерии оптимизации, ограничения и переменные. Алгоритмы оптимизации, градиентные методы и безградиентные методы, применяемые в программном обеспечении. Оптимизация размеров. Оптимизация формы. Оптимизация топологии.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 3 семестр – дифференцированный зачет.

1. Какие уравнения используются для моделирования поля внутри полупроводникового аппарата.
2. Как моделируются примеси в полупроводниковых устройствах.
3. Приведите примеры МЭМС устройств и сложностей их моделирования.
4. Как моделируется микроскопический термопривод.
5. Какие модели усталости применяются при моделировании.

6. Как моделируется тепловая усталость.
7. Какие силы действуют на заряженные частицы в электромагнитном поле.
8. Каким образом частицы могут взаимодействовать друг с другом.
9. В чем особенности оптимизационных задач.
10. Каким образом оптимизируется топология элементов системы.
11. Уравнения для моделирования полупроводниковых элементов полевыми методами.
12. Модели подвижности и модели рекомбинации для моделирования полупроводников.
13. Особенности моделирования МЭМС устройств, на базе стандартных примеров из программного обеспечения.
14. Принцип действия и подход к моделированию микроэлектромеханического резонатора с электростатическим возбуждением.
15. Модели для оценки усталости. Тепловая усталость.
16. Методика анализа накопленных повреждений.
17. Расчет траекторий движения частиц с учетом взаимодействий частиц с текущей средой и взаимодействий частиц с полем. Уравнения движения частиц. Свойства частиц.
18. Движение заряженных частиц в электромагнитных полях с учетом взаимодействия частиц между собой.
19. Оптимизация размеров, формы и топологии.
20. Градиентные и безградиентные методы для решения оптимизационных задач.
21. Метод конечных элементов для расчетов электромагнитных полей магнитных систем электрических аппаратов.
22. Пространственные интегральные уравнения электромагнитного поля.

23. Способы задания конструкции магнитной системы и электрофизических свойств материалов в программных комплексах COMSOL, MAXWELL, Easymag 3D.
24. Программные средства Matlab для моделирования электромеханических систем электрических аппаратов.
25. Расчет параметров макроскопических моделей электромеханических систем на основе полевого анализа.
26. Эквивалентная схема и модель для анализа процессов в электромеханических системах с электромагнитным приводом.
27. Эквивалентная схема и модель для анализа процессов в электромеханических системах с магнитоэлектрическим приводом.
28. Эквивалентная схема и модель для анализа процессов в электромеханических системах с индукционным приводом.
29. Эквивалентная схема и модель для анализа процессов в электромеханических системах с электродинамическим приводом.
30. Модели для расчета магнитных опор с высокотемпературными сверхпроводниками.
31. Модель для анализа процессов в электромеханических системах с активным магнитным подвесом.
32. Модель для анализа процессов в электромеханических системах с пассивным магнитным подвесом.

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

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Основы теории электрических аппаратов/Под ред. П.А. Курбатова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство "Лань", 2015. - 592 с.
2. Бочаров Ю.Н., Кривошеев С.И., Ненашев А.П., Таджибаев А.И., Титков В.В., Янчус Э.И. Электроэнергетика моделирования параметров и процессов высоковольтного электрооборудования. Практикум. – СПб.:

Федеральное агентство по образованию Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2012. – 111 с

3. Горбунов В.А. Моделирование теплообмена в конечно-элементном пакете FEMLAB. Учебное пособие / В.А. Горбунов; ГОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина". - Иваново, 2008. - 216 с

Дополнительная литература

4. Электрические и электронные аппараты: учебник для вузов в 2 т Т.1: Электромеханические аппараты / Е. Г. Акимов, [и др.] : под ред. А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанов; учебник– М.: Академия, 2010

5. Электрические и электронные аппараты: учебник для вузов в 2 т Т.2: Электронные аппараты / А. А. Кваснюк, [и др.] : под ред. Ю. К. Розанова; учебник– М.: Академия, 2010