

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

«Методы исследования и моделирования электрических и электронных аппаратов»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.1

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 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 методов и программных средств для исследования и моделирования электрических и электронных аппаратов для последующего использования в исследовательской и проектно-конструкторской деятельности.

Задачами дисциплины являются:

- изучение методов и программных средств для исследования и моделирования электрических и электронных аппаратов;
- освоение методов и программных средств для моделирования конструкций и анализа работы основных типов электрических и электронных аппаратов;

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

- 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:

- прикладное программное обеспечение для исследований и моделирования электрических и электронных аппаратов (ПК-1).

Уметь:

- применять методы и современное программное обеспечение для анализа процессов в электрических и электронных аппаратах с уче-

том особенностей их схмотехнических решений и конструкций (ПК-1).

- рассчитывать электрические и электронные аппараты основных типов конструкций (ПК-3).

Владеть:

- методами и программным обеспечением для исследований и моделирования электрических и электронных аппаратов (ПК-1);

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методы и программные средства для расчетов и оптимизационного проектирования магнитных систем

Основные численные методы для расчетов электромагнитных полей магнитных систем: методы пространственных и граничных интегральных уравнений для источников электромагнитного поля, метод конечных разностей, метод конечных элементов, комбинированные методы. Обзор программных средств для расчетов магнитных систем (COMSOL, MAXWELL, Easymag 3D и др.). Постановка задачи оптимизационного проектирования магнитных систем. Методы и программные средства для решения оптимизационных задач.

2. Моделирование конструкций магнитных систем и электрофизических свойств материалов при расчетах электромагнитных полей

Представление конструкции магнитной системы при использовании интегральных методов расчета в программе Easymag 3D. Геометрические и полные симметрии и их учет при вычислениях матриц коэффициентов уравнений. Сеточное представление геометрии и уравнений параметров электромагнитного поля. Конечно-элементная аппроксимация геометрии и параметров электромагнитного поля. Моделирование нелинейных гистерезисных свойств магнитных материалов. Моделирование электрических свойств проводников и сверхпроводников.

3. Макроскопические модели основных типов электромеханических преобразователей энергии, использующих электромагнитные поля

Основные допущения, эквивалентные схемы макроскопических моделей, расчет параметров эквивалентных схем с применением методов численного анализа электромагнитных полей в электромеханических преобразователях различного типа: электромагнитных,

магнитоэлектрических, электродинамических, индукционных, магнитострикционных и пьезоэлектрических.

Применение программных средств Matlab Simulink для моделирования электромеханических систем электрических аппаратов.

4. Методы расчета и моделирования электронных регуляторов постоянного и переменного тока

Анализ силовых электронных аппаратов методом "припасовывания" по интервалам постоянства структур. Методы анализа силовых электронных аппаратов на основе дискретных преобразований. Метод осреднения основных составляющих. Метод переключающих функций. Совместный анализ электромагнитных процессов в СЭА в программных комплексах *Orcad Capture* и *MATLAB Simulink*.

5. Методы моделирования систем управления силовыми электронными аппаратами

Фазовое и импульсное управления силовыми электронными аппаратами. Моделирование СЭА на основе метода осреднения переменных состояний. Разработка систем управления СЭА в программном комплексе *MATLAB Simulink*. Моделирование СЭА в "скользящих режимах". Применение методов нечеткой логики при построении систем управления СЭА. Разработка систем управления СЭА на основе методов нечеткой логики.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 1 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Метод конечных элементов для расчетов электромагнитных полей магнитных систем электрических аппаратов.
2. Формулировка уравнений электромагнитного поля при использовании метода конечных элементов.
3. Расчетная система уравнений для векторного магнитного потенциала в методе конечных элементов.
4. Пространственные интегральные уравнения электромагнитного поля.

5. Численное решение системы пространственных интегральных уравнений.

6. Постановка задачи оптимизационного проектирования магнитных систем электрических аппаратов. Методы и программные средства для решения оптимизационных задач.

7. Способы задания конструкции магнитной системы и электрофизических свойств материалов в программных комплексах *COMSOL*, *MAXWELL*, *Easymag 3D*.

8. Фазовые переменные, источники фазовых переменных, элементы, компонентные и топологические уравнения, методы построения эквивалентных схем физических подсистем электромеханической системы электрического аппарата.

9. Программные средства *Matlab Simulink* для моделирования электромеханических систем электрических аппаратов.

10. Основные методы анализа процессов в силовых электронных аппаратах.

11. Использование метода основной составляющей для анализа силовых электронных аппаратов постоянного и переменного тока

12. Анализ силовых электронных аппаратов методом припасовывания

13. Использование метода осреднения переменных состояния для моделирования импульсных регуляторов

14. Методы искусственного интеллекта (нечеткой логики и нейронных сетей) для управления силовыми электронными аппаратами

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. Математическое моделирование электромеханических систем электрических аппаратов: учеб. пособие / П.А. Курбатов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 110 с

3. Буль О.Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов : магнитные цепи, поля программа FEMM : учебное пособие для вузов / О. Б. Буль. - М. : Академия, 2005

4. Силовая электроника: учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

Дополнительная литература

5. Разевиг, В. Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab 8.0 – М. : СОЛОН-Р, 1999 . – 698 с.
6. 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
7. 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
8. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф., Журов А.И. Методы решения нелинейных уравнений математической физики и механики. М.: Физматлит, 2005
9. Теоретические основы электротехники: В 3 т. Т.1 : Учебник для вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / К. С. Демирчян, и др. . – 4-е изд., доп . – СПб. : Питер, 2003 . – 463 с
10. Теоретические основы электротехники: В 3 т. Т.2 : Учебник для вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров "Элетротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / К. С. Демирчян, и др. . – 4-е изд., доп . – СПб. : Питер, 2003 . – 576 с
11. Теоретические основы электротехники: В 3 т. Т.2 : Учебник для вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров "Элетротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / К. С. Демирчян, и др. . – 4-е изд., доп . – СПб. : Питер, 2003 . – 576 с.