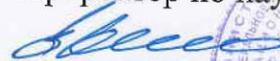


НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«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

«Моделирование процессов в электромеханических системах
электрических аппаратов»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.3.1

Всего: 72 часа

Семестр 5, в том числе

6 часов – контактная работа,
48 часов – 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 моделирования процессов в электромеханических системах электрических аппаратов для последующего использования в исследовательской и проектно-конструкторской деятельности.

Задачами дисциплины являются:

- изучение принципов построения и существующих типовых конструкций электромеханических систем электрических аппаратов;
- освоение методов и программных средств для моделирования конструкций и анализа динамики работы основных типов электромеханических систем электрических 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 продемонстрировать **следующие результаты образования:**

Знать:

- методы математического моделирования параметров электромеханических систем электрических аппаратов основных типов конструкций (ПК-1);

Уметь:

- применять методы и современное программное обеспечение для анализа процессов в различных электромеханических системах электрических аппаратах с учетом особенностей их схемотехнических решений и конструкции (ПК-3).
- рассчитывать электромеханические системы аппаратов постоянного и переменного токов (ПК-1).

Владеть:

- методами и программным обеспечением для математического моделирования процессов при анализе электромеханических систем электрических аппаратов (ПК-1);

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методы и программные средства для моделирования процессов в электромеханических системах электрических аппаратов

Основные численные методы для расчетов электромагнитных полей магнитных систем. Обзор программных средств для расчетов магнитных систем (*COMSOL, MAXWELL, Easymag 3D* и др.). Методика моделирования электромеханических систем и анализа процессов в программном комплексе *Matlab*.

2. Моделирование магнитных систем и электрофизических свойств материалов при полевом расчете электромагнитных полей

Моделирование магнитной системы при использовании интегральных методов расчета в программе *Easymag 3D*. Представление конструкции с использованием геометрической и локальной симметрий и их учет при расчете параметров эквивалентных схем электромеханических систем. Определение и задание магнитных и электрических свойств материалов.

Моделирование магнитной системы при использовании метода конечных элементов в программе *COMSOL*. Представление конструкции и особенности задания конечно-элементной сетки и свойств материалов.

Анализ электромагнитного поля магнитных систем.

3. Моделирование процессов в электромеханических системах с электромагнитным и магнитоэлектрическим приводом

Типовые конструкции электромеханических систем электрических аппаратов с электромагнитными и магнитоэлектрическими приводами. Построение эквивалентных схем и моделей в программном комплексе *Matlab* с использованием библиотек *Simulink*. Определение параметров моделей на основе данных численного расчета электромагнитного поля. Анализ

динамики работы электромеханических систем электрических аппаратов с электромагнитными и магнитоэлектрическими приводами.

4. Моделирование процессов в электромеханических системах с электродинамическим и индукционным приводом

Типовые конструкции электромеханических систем электрических аппаратов с электродинамическими и индукционными приводами. Построение эквивалентных схем и моделей в программном комплексе *Matlab* с использованием библиотек *Simulink* и *Simacape*. Определение параметров моделей на основе данных численного расчета электромагнитного поля. Анализ динамики работы электромеханических систем электрических аппаратов с электродинамическими и индукционными приводами.

5. Моделирование процессов в электромеханических системах со сверхпроводящими элементами

Модели свойств высокотемпературных сверхпроводящих материалов и особенности электромагнитных расчетов магнитных систем с их применением. Магнитные подшипники и подвесы на основе высокотемпературных сверхпроводников. Анализ электромагнитных процессов в электромеханических системах со сверхпроводящими элементами. Построение эквивалентных схем и моделей в программном комплексе *Matlab*.

6. Моделирование процессов в электромеханических системах магнитных опор

Типовые конструкции электромеханических систем с магнитными опорами. Статические магнитные подшипники. Управляемые (активные) магнитные подшипники. Особенности применения в электромеханических системах. Комбинированный магнитный подвес. Построение эквивалентных схем и моделей в программном комплексе *Matlab* с использованием библиотек *Simulink* и *Simacape*. Определение параметров моделей на основе данных численного расчета электромагнитного поля. Анализ динамики работы электромеханических систем электрических аппаратов с электродинамическими и индукционными приводами.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 5 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Метод конечных элементов для расчетов электромагнитных полей магнитных систем электрических аппаратов.
2. Пространственные интегральные уравнения электромагнитного поля.
3. Способы задания конструкции магнитной системы и электрофизических свойств материалов в программных комплексах COMSOL, MAXWELL, Easymag 3D.
4. Программные средства Matlab для моделирования электромеханических систем электрических аппаратов.
5. Расчет параметров макроскопических моделей электромеханических систем на основе полевого анализа.
6. Эквивалентная схема и модель для анализа процессов в электромеханических системах с электромагнитным приводом.
7. Эквивалентная схема и модель для анализа процессов в электромеханических системах с магнитоэлектрическим приводом.
8. Эквивалентная схема и модель для анализа процессов в электромеханических системах с индукционным приводом.
9. Эквивалентная схема и модель для анализа процессов в электромеханических системах с электродинамическим приводом.
10. Модели для расчета магнитных опор с высокотемпературными сверхпроводниками.
11. Модель для анализа процессов в электромеханических системах с активным магнитным подвесом.
12. 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. 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.

Дополнительная литература

4. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф., Журов А.И. Методы решения нелиней-ных уравнений математической физики и механики. М.: Физматлит, 2005
5. 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
6. 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
7. 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
8. Разевиг, В. Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab 8.0 – М. : СОЛОН-Р, 1999 . – 698 с.
9. 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
10. 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