

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) 05.14.08 Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины по выбору

«Современные методы математического и имитационного моделирования
энергоустановок с электромеханическим преобразованием»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.1

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

код и название направления

утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07. 2014 г. № 878, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.14.08 Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии,

шифр и название специальности

утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является освоение системы программирования MATLAB аспирантами очного и заочного обучения по специальности «Энергетические установки на основе возобновляемых видов энергии», раздела "Ветроэнергетика", состоящий из двух подразделов: собственно ветроэнергетики и её электротехнической части.

Задачами дисциплины являются проведение научно-исследовательских работ современными методами математического и имитационного моделирования режимов и возможностей энергоустановок с электромеханическим преобразованием энергии.

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);

способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);

готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

владеть теоретическими вопросами гидро-, ветро- и солнечной энергетики (ПК-1);

умение решать задачи исследования свойств возобновляемых источников энергии для их эффективного использования (ПК-2).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

теорию ветроэнергетики и теорию электрических машин (УК-2);

математическое описание идеального и реального ветроколеса и электрогенератора (ОПК-1);

способы регулирования частоты вращения ветроколеса и его мощности (УК-4);

методы расчета основных характеристик ветра (ПК-1);

расширенную систему программирования MATLAB – Simulink и её дополнительные компоненты (ОПК-3).

уметь:

строить основные характеристики ветра известными методами их определения (ПК-2);

определять основные категории потенциала ветра и методы их расчёта, используя кадастры ветровой энергии (ОПК-3);

применять методы получения энергетических характеристик ветроколеса

(ОПК-2);

выбирать способы регулирования частоты вращения ветроколеса и электрогенератора (ОПК-4);

выбирать мощности электрогенератора на основе математического описания всех элементов ВЭУ и её нагрузки в расширенной системе программирования MATLAB – Simulink и её дополнительных компонентов (ОПК-2).

владеть:

способами проведения экспериментов на созданных имитационных моделях в системе программирования MATLAB – Simulink, соответствующих поставленным целям (УК-6);

методами визуализации измерений и оценки их погрешности; средствами наглядного представления результатов эксперимента (ОПК-5).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Основные моменты теории ветроэнергетики для моделирования - 10 часов

Характерные функции распределения ветра (Релея, Вейбулла, Гудрича и др.). Основные категории потенциала ветра и методы их расчёта. Кадастр ветровой энергии. Теория идеального и реального ветрового двигателя. Осевая и подъёмная сила. Рабочий момент и мощность. Методы получения энергетических характеристик ветроколеса. Способы регулирования частоты вращения ветроколеса и его мощности. Быстроходность и её связь с коэффициентом мощности и коэффициентом крутящего момента. Подведённая и полезная мощность ветроустановки с вертикальной и горизонтальной осями. Одно – и многолопастные ВЭУ, особенности их режимов. Баланс энергии в ВЭУ. Расчётные скорости ветра - минимальная, расчётная, максимальная. Ветроустановки с вертикальной осью вращения.

Основные моменты теории электротехнической части ВЭУ для моделирования - 10 часов.

Трёхфазная и двухфазная система переменного тока. Уравнения Горева - Парка машины переменного тока. Асинхронный генератор с короткозамкнутым ротором (АГ) и способы регулирования его скорости вращения. Синхронный генератор (СГ) и способы регулирования его скорости вращения. Асинхронизированный синхронный генератор и способы регулирования его скорости вращения.

Режимные параметры машин переменного тока (напряжения, токи, мощности, скорости вращения, моменты). Статическая устойчивость машин переменного тока в составе ВЭУ.

Система программирования MATLAB - 70 часов.

Расширенная система программирования MATLAB – Simulink и её дополнительные компоненты совместно образуют среду визуального имитационного и событийно управляемого моделирования ВЭУ с обширными инструментальными возможностями и богатейшими библиотеками блоков. Состав системы. Запуск MATLAB и работа в режиме диалога. Основные объекты MATLAB. Операции с векторами и матрицами. Работа с файлами. Работа со средствами графики. Полиномиальная регрессия для табличных данных. Оценка погрешности аппроксимации.

Основные возможности пакета Simulink -10 часов.

Назначение и возможности Simulink. Интеграция пакета Simulink с системой MATLAB. Особенности запуска моделей Simulink из среды MATLAB. Решение дифференциальных уравнений. Размещение блоков в окне модели. Запуск нескольких моделей одновременно. Основные приёмы подготовки и редактирования модели.

Блоки источников и получателей сигналов – 10 часов.

Основная библиотека блоков. Источник постоянного воздействия. Источник синусоидального воздействия. Источник нарастающего воздействия. Источник одиночного перепада. Сигнал – генератор. Источник случайного сигнала с нормальным распределением. Генератор нарастающей частоты. Генератор белого шума. Источник времени моделирования. Блоки From File и From Workspace служат соответственно для получения данных из внешнего файла и из рабочего пространства в том же формате, который был описан для блока From File.

Пакет Power System Blockset -15 часов.

Библиотека источников электрической энергии Electrical Sources. Источник переменного тока. Источник напряжения переменного тока. Источник напряжения постоянного тока. Управляемые источники тока и напряжения.

Библиотека компонентов – 10 часов

Последовательные и параллельные RLC – цепи. Отдельные элементы R, L и C. Модели линейного и нелинейного трансформаторов. Блок взаимной индуктивности. Выключатель. Линии электропередачи с сосредоточенными и

распределёнными параметрами. Моделирование сложной энергетической системы.

Коммутирующие элементы энергетической электроники – 15 часов.

Модели коммутирующих устройств. Управляемый ключ. Полупроводниковый диод. Полевой транзистор с изолированным затвором. Упрощённая и уточнённая модели тиристора. Запираемый тиристор GTO. Силовой модуль IGBT. Универсальный мостовой модуль.

Моделирование электрических машин и схем управления ими – 10 часов.

Моделирование электрической машины постоянного тока. Моделирование синхронных машин (двигателей и генераторов). Моделирование синхронных машины с гидро – и ветротурбиной на валу. Моделирование асинхронных и асинхронизированных синхронных машин.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

3 семестр - дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

1. Характерные функции распределения ветра (Релея, Вейбулла, Гудрича и др.).
2. Основные категории потенциала ветра и методы их расчёта. Кадастр ветровой энергии.
3. Теория идеального и реального ветрового двигателя.
4. Осевая и подъёмная сила. Рабочий момент и мощность.
5. Методы получения энергетических характеристик ветроколеса.
6. Способы регулирования частоты вращения ветроколеса и его мощности.
7. Быстроходность и её связь с коэффициентом мощности и коэффициентом крутящего момента.
8. Подведённая и полезная мощность ветроустановки с вертикальной и горизонтальной осями.
9. Одно – и многолопастные ВЭУ, особенности их режимов. Баланс энергии в ВЭУ.
10. Расчётные скорости ветра - минимальная, расчётная, максимальная.
11. Трёхфазная и двухфазная система переменного тока.
12. Уравнения Горева - Парка машины переменного тока.
13. Асинхронный генератор с короткозамкнутым ротором (АГ) и способы

регулирования его скорости вращения.

14. Синхронный генератор (СГ) и способы регулирования его скорости вращения.
15. Асинхронизированный синхронный генератор и способы регулирования его скорости вращения.
16. Режимные параметры машин переменного тока (напряжения, токи, мощности, скорости вращения, моменты).
17. Статическая устойчивость машин переменного тока в составе ВЭУ.
18. Назначение и возможности Simulink.
19. Интеграция пакета Simulink с системой MATLAB.
20. Особенности запуска моделей Simulink из среды MATLAB.
21. Решение дифференциальных уравнений.
22. Размещение блоков в окне модели. Запуск нескольких моделей одновременно.
23. Основные приёмы подготовки и редактирования модели.
24. Основная библиотека блоков.
25. Источник постоянного воздействия.
26. Источник синусоидального воздействия.
27. Источник нарастающего воздействия.
28. Источник одиночного перепада.
29. Сигнал – генератор.
30. Источник случайного сигнала с нормальным распределением.
31. Генератор нарастающей частоты.
32. Генератор белого шума.
33. Источник времени моделирования.
34. Блоки From File и From Workspace.
35. Библиотека источников электрической энергии Electrical Sources.
36. Источник переменного тока.
37. Источник напряжения переменного тока.
38. Источник напряжения постоянного тока.
39. Управляемые источники тока и напряжения.
40. Последовательные и параллельные RLC – цепи.
41. Отдельные элементы R, L и C.
42. Модели линейного и нелинейного трансформаторов.
43. Блок взаимной индуктивности.
44. Выключатель.

45. Линии электропередачи с сосредоточенными и распределёнными параметрами.
46. Моделирование сложной энергетической системы.
47. Модели коммутирующих устройств.
48. Управляемый ключ.
49. Полупроводниковый диод.
50. Полевой транзистор с изолированным затвором.
51. Упрощённая и уточнённая модели тиристора.
52. Запираемый тиристор GTO.
53. Силовой модуль IGBT.
54. Универсальный мостовой модуль.
55. Моделирование электрических машин и схем управления ими.
56. Моделирование электрической машины постоянного тока.
57. Моделирование синхронных машин (двигателей и генераторов).
58. Моделирование синхронных машины с гидро – и ветротурбиной на валу.
59. Моделирование асинхронных и асинхронизированных синхронных машин.

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

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Дерюгина Г.В., Малинин Н.К., Пугачев Р.В., Шестопалова Т.А. Основные характеристики ветра. Ресурсы ветра и методы их расчета: учебное пособие / – М.: Издательство МЭИ, 2012 г.
2. Цгоев Р.С. Нетрадиционная ветроэнергетика: Учебное пособие / – М.: Издательство МЭИ, 2014 г.
3. Методы расчёта ресурсов возобновляемых источников энергии. Учебное пособие. Бурмистров А.А., Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Кунакин Д.Н., Малинин Н.К., Пугачев Р.В. – М.: Издательство МЭИ, 2-ое изд., 2007, 144 с.
4. Альдо В. да Роза. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы. Учебное пособие. - М.: Издательство Медиа Формат 2010 г. – 704 с.
5. Дьяконов В.П. Matlab 7. - М.:ДМК Пресс. 2008. -768 с.

6. Давыдов Е.Г. Решение математических задач с помощью программных пакетов Scientific Workplace, Scientific Notebook, Mathcad, Mathematica и Matlab: учебное пособие – М. : Эдиториал УРСС, 2012 . – 240 с.
7. Дьяконов В.П., Пеньков А.А. MATLAB и Simulink в электроэнергетике: справочник / М. : Горячая Линия-Телеком, 2009 . – 816 с.

Дополнительная литература:

8. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие - М: КНОРУС, 2010 г.
9. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии: учебное пособие, СПб: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010. - 224 с.