

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе


_____ Драгунов В.К.



_____ 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 фотоэлектрическим преобразованием»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.2

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 "Фотоэлектричество".

Задачами дисциплины являются проведение научно-исследовательских работ современными методами математического и имитационного моделирования режимов и возможностей энергоустановок с фотоэлектрическим 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:

принципы использования солнечной энергии (УК-2);

методы расчёта валовых, технических и экономических ресурсов солнечной энергии (УК-4);

методы расчёта прихода солнечной радиации на горизонтальную и произвольно ориентированную приёмные площадки на поверхности Земли в произвольно взятой точке (ОПК-1);

структуру и конструкции солнечных элементов, их энергетические характеристики и принципы их работы (ПК-1);

концентраторы солнечного излучения, их разновидности и особенности использования (ПК-1);

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

уметь:

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

определять основные категории потенциала солнечного излучения и методы их расчёта, используя кадастры солнечной энергии (ОПК-3);

применять методы получения энергетических характеристик фотоэлектрических преобразователей (ОПК-2);

выбирать методы получения энергетических характеристик фотоэлектрических преобразователей (ОПК-4);

выбирать мощности фотоэлектрических преобразователей на основе математического описания всех элементов ФЭС 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 раздела «солнечное излучение» для моделирования – 10 часов

Методы расчёта валовых, технических и экономических ресурсов солнечной энергии. Методы расчёта прихода солнечной радиации на горизонтальную и произвольно ориентированную приёмные площадки на поверхности Земли в произвольно взятой точке. Суточная, сезонная, погодная и широтная зависимость солнечной радиации. Оптимальная ориентация приёмника солнечной радиации. Концентраторы солнечного излучения, их разновидности и особенности

использования.

Основные моменты раздела «фотоэлектрическая генерация» для моделирования – 10 часов

Фотоэлектрическая генерация энергии. Структура солнечных элементов и принципы их работы. Уравнение Шокли. Вольт-амперные характеристики $p-n$ перехода элемента и солнечной батареи при различных плотностях потока солнечного излучения. Эквивалентная схема замещения солнечного элемента. Фотоэлектрические свойства цепи и нагрузки фотоэлементов. Основные виды потерь энергии и факторы, влияющие на КПД фотоэлемента. Конструкции солнечных элементов. Основные технические требования к материалам солнечных элементов. Жёсткие и гибкие фотоэлементы. КПД основных фотоэлементов. Фотоэлектростанции (ФЭС), в том числе космические ФЭС. Проблемы сооружения космических ФЭС и проблемы передачи энергии на Землю

Система программирования MATLAB - 70 часов.

Расширенная система программирования MATLAB – Simulink и её дополнительные компоненты совместно образуют среду визуального имитационного и событийно управляемого моделирования ФЭС 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

одионого 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 -15часов.

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 асинхронных, синхронных и асинхронизированных синхронных электрических машин в качестве электрогенераторов в системах с гелиотермическим преобразованием солнечного излучения.

**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. Методы расчёта валовых, технических и экономических ресурсов солнечной энергии.

2. Методы расчёта прихода солнечной радиации на горизонтальную и произвольно ориентированную приёмные площадки на поверхности Земли в произвольно взятой точке.
3. Суточная, сезонная, погодная и широтная зависимость солнечной радиации.
4. Оптимальная ориентация приёмника солнечной радиации.
5. Концентраторы солнечного излучения, их разновидности и особенности использования.
6. Фотоэлектрическая генерация энергии.
7. Структура солнечных элементов и принципы их работы.
8. Уравнение Шокли.
9. Вольт-амперные характеристики $p-n$ перехода элемента и солнечной батареи при различных плотностях потока солнечного излучения.
10. Эквивалентная схема замещения солнечного элемента.
11. Фотоэлектрические свойства цепи и нагрузки фотоэлементов.
12. Основные виды потерь энергии и факторы, влияющие на КПД фотоэлемента.
13. Конструкции солнечных элементов.
14. Основные технические требования к материалам солнечных элементов.
Жёсткие и гибкие фотоэлементы.
15. КПД основных фотоэлементов. Фотоэлектростанции (ФЭС), в том числе космические ФЭС.
16. Проблемы сооружения космических солнечных станций
17. Проблемы передачи энергии на Землю
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 асинхронных машин (двигателей и генераторов).

57. Моделирование синхронных

58. Моделирование 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. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика. Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2008. - 276 с.
6. Дьяконов В.П. Matlab 7.- М: ДМК Пресс. 2008. -768 с.
7. 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.
8. Дьяконов В.П., Пеньков А.А. MATLAB и Simulink в электроэнергетике: справочник / М.: Горячая Линия-Телеком, 2009. – 816 с.

Дополнительная литература:

9. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие - М: КНОРУС, 2010 г.

10.Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии: учебное пособие,
СПб: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010. - 224 с.