

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические аппараты управления и распределения энергии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИИ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.02 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 2 семестр - 3; 3 семестр - 4; всего - 7 |
| Часов (всего) по учебному плану: | 252 часа |
| Лекции | не предусмотрено учебным планом |
| Практические занятия | 2 семестр - 48 часа; 3 семестр - 64 часа; всего - 112 часов |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 2 семестр - 59,7 часа; 3 семестр - 79,7 часа; всего - 139,4 часа |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Тестирование Контрольная работа Творческая задача | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 2 семестр - 0,3 часа; |
| Зачет с оценкой | 3 семестр - 0,3 часа; |
| | всего - 0,6 часа |

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

| | | |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Дергачев П.А. |
| | Идентификатор | Rpс655738-DergachevPavA-c35942 |

П.А. Дергачев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Кузнецова Е.А. |
| | Идентификатор | Re7bf1ad9-KuznetsovaYA-c9331b9 |

Е.А. Кузнецова

Заведующий выпускающей
кафедрой

| | | |
|--|----------------------------------------------------|------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Киселев М.Г. |
| | Идентификатор | R572ca413-KiselevMG-f37ee096 |

М.Г. Киселев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: является изучение принципов построения цифровых двойников электромеханических систем энергетических комплексов, построение полевых моделей элементов электромеханических систем и на их базе построение полной модели электромеханической системы с сосредоточенными параметрами, основы проектирования электромеханических систем энергетических комплексов, оптимизация электрической, магнитной и тепловой подсистем электромеханических преобразователей.

Задачи дисциплины

- освоение принципов построения цифровых двойников электромеханических систем;
- освоение подходов к построению точных мультифизических полевых моделей;
- приобретение навыков построения комплексных математических моделей электромеханических систем;
- приобретение навыков построения точных мультифизических полевых моделей;
- овладение специализированным программным обеспечением для моделирования электромеханических систем и их узлов;
- овладение основами моделирования цифровых двойников электромеханических систем;
- овладение основами обработки контрольных данных, получаемых от электромеханических систем и их двойников.
- освоение принципов применения цифровых двойников в системах прогнозного мониторинга.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2 Способен по результатам исследований выбирать и проектировать новые эффективные технические решения в области профессиональной деятельности | ИД-2 _{ПК-2} Формулирует критерии оптимальности при выборе известных технических решений и проектировании новых электротехнических объектов | знать: - известные технические решения, применяемые в современных электромеханических системах; - подходы к решению оптимизационных задач в современном программном обеспечении. уметь: - объединять оптимальные технические решения различных узлов электромеханических систем. |
| ПК-2 Способен по результатам исследований выбирать и проектировать новые эффективные технические решения в области профессиональной деятельности | ИД-4 _{ПК-2} Применяет стандартные средства автоматизированного проектирования электротехнических устройств и прикладные программы для проектирования элементов электрических и электронных аппаратов | знать: - основы построения комплексных мультифизических моделей (цифровых двойников) электромеханических систем; - принципы обработки и анализа данных, получаемых из цифровых моделей и/или реальных систем. уметь: - решать обратные задачи оптимизационными методами с использованием современного программного обеспечения; - строить комплексные |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | мультифизические модели (цифровые двойники); - представлять данные в форме удобной для последующей обработки и проводить базовый анализ подготовленных данных, получаемых от цифровых моделей и/или реальных систем. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические аппараты управления и распределения энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------|----------------------------------------------------------------------|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Модуль 1 | 19 | 2 | - | - | 8 | - | - | - | - | - | 11 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Модуль 1" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модуль 1"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 1"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 94-159 [2], 5-7</p> | |
| 1.1 | Основы моделирования полевых задач в программном обеспечении, работа с интерфейсом задания: геометрии, расчетной сетки, свойств материалов, уравнений, граничных условий, источников поля и обработки результатов | 19 | | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - | 11 | | - |
| 2 | Модуль 2 | 31 | | - | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 17 | | - |
| 2.1 | Моделирования электромагнитных, тепловых, гидродинамических и механических полей | 31 | - | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 17 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 2"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Модуль 2" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модуль 2"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------------------------------------------------|--------------|---|---|---|-----------|---|---|---|---|------------|-------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | [1], 5-145 [2], 7-90 | |
| 3 | Модуль 3 | 31 | | - | - | 14 | - | - | - | - | - | 17 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 3" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Модуль 3" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модуль 3" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> |
| 3.1 | Построение мультифизических моделей | 31 | | - | - | 14 | - | - | - | - | - | 17 | - | |
| 4 | Модуль 4 | 26.7 | | - | - | 12 | - | - | - | - | - | 14.7 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Модуль 4" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 4" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модуль 4" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> |
| 4.1 | Представление и обработка результатов моделирования | 26.7 | | - | - | 12 | - | - | - | - | - | 14.7 | - | |
| | Зачет с оценкой | 0.3 | | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | - | |
| | Всего за семестр | 108.0 | | - | - | 48 | - | - | - | - | 0.3 | 59.7 | - | |
| | Итого за семестр | 108.0 | | - | - | 48 | - | - | - | - | 0.3 | 59.7 | - | |
| 5 | Модуль 5 | 36 | 3 | - | - | 16 | - | - | - | - | - | 20 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 5" |
| 5.1 | Решение обратных и оптимизационных задач на базе полевых | 36 | | - | - | 16 | - | - | - | - | - | 20 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------|--------------|---|---|---|-----|---|---|---|---|------------|--------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| реальных объектов и принципы построения систем прогнозного мониторинга | | | | | | | | | | | | | Изучение материала по разделу "Модуль 8" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 8" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 3-40 |
| Зачет с оценкой | 0.3 | | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | - | |
| Всего за семестр | 144.0 | | - | - | 64 | - | - | - | - | 0.3 | 79.7 | - | |
| Итого за семестр | 144.0 | | - | - | 64 | - | - | - | - | 0.3 | 79.7 | - | |
| ИТОГО | 252.0 | - | - | - | 112 | - | - | - | - | 0.6 | 139.4 | - | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Модуль 1

1.1. Основы моделирования полевых задач в программном обеспечении, работа с интерфейсом задания: геометрии, расчетной сетки, свойств материалов, уравнений, граничных условий, источников поля и обработки результатов

Интерфейс современных программных комплексов анализа физических полей. Эффективные способы задания геометрии: подготовка параметрической геометрии моделируемого объекта или системы; использование внешних программ для подготовки сложной геометрии моделируемых объектов. Использование симметрий. Задание граничных условий. Построение расчетных сеток на базе различных элементов: методы и их практическое применение к конкретной геометрии. Постобработка и представление результатом моделирования различных полей. Обзор библиотек материалов..

2. Модуль 2

2.1. Моделирования электромагнитных, тепловых, гидродинамических и механических полей

Основные уравнения электромагнетизма. Анализ электростатических полей. Анализ магнитостатических полей. Анализ квазистационарных электромагнитных полей. Анализ высокочастотных электромагнитных полей. Примеры постановки и решения типовых задач. Визуализация и составление отчетов по результатам анализа. Преимущества и недостатки методов расчета и программных комплексов, рекомендации по применению. Основные уравнения механики и прочности. Анализа прочности. Динамический анализ. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки программных комплексов, рекомендации по применению. Основные уравнения теплообмена. Стационарные и нестационарные задачи теплофизики с учетом теплопроводности, конвекции и излучения. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки программных комплексов, рекомендации по применению. Основные уравнения гидродинамики. Стационарные и нестационарные задачи гидродинамики. Ламинарные и турбулентные течения сжимаемой и несжимаемой жидкости с учетом вязкости, переход от ламинарного течения к турбулентному. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки программных комплексов, рекомендации по применению..

3. Модуль 3

3.1. Построение мультифизических моделей

Унифицированная среда моделирования. Методы выполнения сопряженных и расщепленных (последовательных) междисциплинарных расчетов. Методики расчета для решения широкого набора задач с взаимодействием явлений из нескольких областей физики. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки программных комплексов, рекомендации по применению..

4. Модуль 4

4.1. Представление и обработка результатов моделирования

Специальные подходы к визуализации сложных моделей и их элементов. Использование трассировки частиц для визуализации трехмерных полей. Подготовка данных для экспорта в другие системы. Импорт данных из других систем..

5. Модуль 5

5.1. Решение обратных и оптимизационных задач на базе полевых моделей

Методы оптимизации. Решение оптимизационных задач с использованием современных программных комплексов и параметрической модели. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки методов и программных комплексов, рекомендации по применению..

6. Модуль 6

6.1. Построение комплексных мультифизических моделей с сосредоточенными параметрами на базе точных полевых моделей

Переход от точных полевых моделей к моделям с сосредоточенными параметрами. Расчет интегральных параметров в полевых задачах. Передача зависимостей интегральных величин от изменяемых параметров для полноценного учета нелинейных эффектов в моделях с сосредоточенными параметрами. Построение и связь комплексных и мультифизических моделей с сосредоточенными параметрами..

7. Модуль 7

7.1. Построение систем управления для электромеханических систем, оптимальное управление

Основы построения систем оптимального управления для сложных комплексных систем с использованием их представления в виде моделей с сосредоточенными параметрами. Обратная связь, фильтры, ПИД-Регулятор, оптимизация параметров обратной связи по точности и/или скорости..

8. Модуль 8

8.1. Обработка и анализ данных, полученных от моделей и/или реальных объектов и принципы построения систем прогнозного мониторинга

Обработка массивов данных, получаемых от цифровых двойников и реальных объектов. Принципы построения систем прогнозного мониторинга на базе полученных данных от реальных систем и их цифровых двойников..

3.3. Темы практических занятий

1. Представление и обработка результатов моделирования;
2. Обработка и анализ данных, полученных от моделей и/или реальных объектов и принципы построения систем прогнозного мониторинга;
3. Построение систем управления для электромеханических систем, оптимальное управление;
4. Построение комплексных мультифизических моделей с сосредоточенными параметрами на базе точных полевых моделей;
5. Моделирование гидродинамических полей;
6. Моделирования электромагнитных полей;
7. Построение мультифизических моделей;
8. Моделирование механических полей;
9. Моделирования тепловых полей;
10. Решение обратных и оптимизационных задач на базе полевых моделей;
11. Основы работы в COMSOL Multiphysics.

3.4. Темы лабораторных работ
не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ
Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Знать: | | | | | | | | | | |
| подходы к решения оптимизационных задач в современном программном обеспечении | ИД-2ПК-2 | | | | | + | | | | Тестирование/Тест 1"Обратные и некорректные задачи" |
| известные технические решения, применяемые в современных электромеханических системах | ИД-2ПК-2 | + | | | | | | | | Тестирование/Тест 1"Основы физических процессов в электротехнике" |
| принципы обработки и анализа данных, получаемых из цифровых моделей и/или реальных систем | ИД-4ПК-2 | | | | + | | | | | Творческая задача/1. Индивидуальное творческое задание |
| основы построения комплексных мультифизических моделей (цифровых двойников) электромеханических систем | ИД-4ПК-2 | | | + | | | | | | Контрольная работа/2. Совместное моделирование электромагнитных и тепловых процессов. |
| Уметь: | | | | | | | | | | |
| объединять оптимальные технические решения различных узлов электромеханических систем | ИД-2ПК-2 | | + | | | | | | | Контрольная работа/1. Моделирование электромагнитных процессов |
| представлять данные в форме удобной для последующей обработки и проводить базовый анализ подготовленных данных, получаемых от цифровых моделей и/или реальных систем | ИД-4ПК-2 | | | | | | | | + | Творческая задача/2. Индивидуальное творческое задание |
| строить комплексные мультифизические модели (цифровые двойники) | ИД-4ПК-2 | | | | | | | | + | Контрольная работа/4. Построение и анализ комплексных моделей с применением моделей с сосредоточенными параметрами |
| решать обратные задачи оптимизационными методами с использованием современного программного обеспечения | ИД-4ПК-2 | | | | | | + | | | Контрольная работа/3. Расчет зависимостей для модели с сосредоточенными параметрами на основе полевого расчета |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Индивидуальное творческое задание (Творческая задача)
1. Моделирование электромагнитных процессов (Контрольная работа)
3. 2. Совместное моделирование электромагнитных и тепловых процессов. (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест 1 "Основы физических процессов в электротехнике" (Тестирование)

3 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. 2. Индивидуальное творческое задание (Творческая задача)
2. 3. Расчет зависимостей для модели с сосредоточенными параметрами на основе полевого расчета (Контрольная работа)
3. 4. Построение и анализ комплексных моделей с применением моделей с сосредоточенными параметрами (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест 1 "Обратные и некорректные задачи" (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №2)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

Зачет с оценкой (Семестр №3)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. В. В. Титков- "Физические основы расчета тепловых процессов в элек-троэнергетическом оборудовании", Издательство: "Издательство Политехнического университета", Санкт-Петербург, 2011 - (172 с.)
[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362997;](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362997)

2. Карпова И. М., Титков В. В.- "Компьютерные технологии в науке и производстве. Расчет физических полей в электроэнергетике", Издательство: "СПбГПУ", Санкт-Петербург, 2010 - (212 с.)

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50604;

3. Электрические аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата, для вузов по инженерно-техническим направлениям и специальностям / отв. ред. П. А. Курбатов . – М. : Юрайт, 2017 . – 250 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-9715-6 .;

4. Самарский, А. А. Численные методы решения обратных задач математической физики / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич . – 3-е изд . – М. : Эдиториал УРСС, 2009 . – 480 с. - ISBN 978-5-382-00990-2 .;

5. Гребенко, Ю. А. Методы цифровой обработки сигналов в радиоприемных устройствах : учебное пособие по курсам "Методы и устройства цифровой обработки сигналов" и "Радиоприемные устройства" по направлению "Радиотехника" / Ю. А. Гребенко, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 48 с. - ISBN 5-903072-46-1 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Ansys / CAE Fidesys;
4. OpenModelica;
5. EasyMag.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Помещения для самостоятельной работы | ЭЭА-7, Типограф | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | ЭЭА-2б, Архив | стол, стул, документы |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Цифровые технологии в электромашиностроении**

(название дисциплины)

2 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест 1 "Основы физических процессов в электротехнике" (Тестирование)
 КМ-2 1. Моделирование электромагнитных процессов (Контрольная работа)
 КМ-3 2. Совместное моделирование электромагнитных и тепловых процессов. (Контрольная работа)
 КМ-4 1. Индивидуальное творческое задание (Творческая задача)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Модуль 1 | | | | | |
| 1.1 | Основы моделирования полевых задач в программном обеспечении, работа с интерфейсом задания: геометрии, расчетной сетки, свойств материалов, уравнений, граничных условий, источников поля и обработки результатов | | + | | | |
| 2 | Модуль 2 | | | | | |
| 2.1 | Моделирования электромагнитных, тепловых, гидродинамических и механических полей | | | + | | |
| 3 | Модуль 3 | | | | | |
| 3.1 | Построение мультифизических моделей | | | | + | |
| 4 | Модуль 4 | | | | | |
| 4.1 | Представление и обработка результатов моделирования | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 10 | 25 | 25 | 40 |

3 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-5 Тест 1 "Обратные и некорректные задачи" (Тестирование)
 КМ-6 3. Расчет зависимостей для модели с сосредоточенными параметрами на основе полевого расчета (Контрольная работа)
 КМ-7 4. Построение и анализ комплексных моделей с применением моделей с сосредоточенными параметрами (Контрольная работа)
 КМ-8 2. Индивидуальное творческое задание (Творческая задача)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Модуль 5 | | | | | |
| 1.1 | Решение обратных и оптимизационных задач на базе полевых моделей | | + | | | |
| 2 | Модуль 6 | | | | | |
| 2.1 | Построение комплексных мультифизических моделей с сосредоточенными параметрами на базе точных полевых моделей | | | + | | |
| 3 | Модуль 7 | | | | | |
| 3.1 | Построение систем управления для электромеханических систем, оптимальное управление | | | | + | |
| 4 | Модуль 8 | | | | | |
| 4.1 | Обработка и анализ данных, полученных от моделей и/или реальных объектов и принципы построения систем прогнозного мониторинга | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 10 | 25 | 25 | 40 |