Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор Департамента по образовательной политике
Дата подписания: 17.09.2025 15:24:16
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ /К.И. Лушин/

«27» февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Компьютерный инжиниринг электротехнических комплексов и систем»

Направление подготовки
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль
«Интеллектуальные системы электрооборудования и промышленной электроники»

Квалификация
магистр

Формы обучения
очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):
Заведующий кафедрой «Электрооборудование
и промышленная электроника»,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Электрооборудование
и промышленная электроника»,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Руководитель образовательной программы,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Компьютерный инжиниринг электротехнических комплексов и систем» 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3 Структура и содержание дисциплины 4
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
3.3 Содержание дисциплины 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 6
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 7
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 7
4.2 Основная литература 7
4.3 Дополнительная литература 8
4.4 Электронные образовательные ресурсы 8
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 8
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 8
5 Материально-техническое обеспечение 8
6 Методические рекомендации 9
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 9
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. 9
7 Фонд оценочных средств 10
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 10
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 10
7.3 Оценочные средства 11

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Компьютерный инжиниринг электротехнических комплексов и систем»

Целью изучения дисциплины является освоение современных методов моделирования электромеханических систем для последующей оптимизации конструкции электромеханических преобразователей, синтеза систем управления электроприводов.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующих задач: изучения математического аппарата метода конечных элементов, овладение программными продуктами конечно-элементного анализа, овладение навыками синтеза систем управления и методами расчета систем с распределенными параметрами.

Курс «Компьютерный инжиниринг электротехнических систем и комплексов» предполагает освоение студентами навыков расчета электрических машин и систем электроприводов в пакете электромагнитного анализа Ansys Electromagnetic Sute.

1. Создается конечно-элементная модель электрической машины в программном пакете ANSYS Maxwell.

2. Синтез системы управления электроприводом, в которую должна быть интегрирована разработанная конечно-элементная модель. Синтез системы управления выполняется в пакете Ansys Twin Builder и рассчитывается аналитическими и численными методами.

Планируемые результаты обучения, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций.

Обучение по дисциплине **«Компьютерный инжиниринг электротехнических комплексов и систем»** направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1. Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИПК-1.1. Использует прикладные программы при разработке электромеханических систем. ИПК-1.2. Производит оптимизацию конструкции электромеханических преобразователей.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- информационные системы в электроэнергетике;
- полупроводниковые преобразователи с высокими энергетическими показателями;
- системы управления электроприводов.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 академических часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
			3
1	**Аудиторные занятия**	**90**	**90**
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия		
1.3	Лабораторные занятия	54	54
2	**Самостоятельная работа**	**90**	**90**
	В том числе:		
2.1	Выполнение курсового проекта и подготовка к защите	50	50
2.2	Оформление отчётов по лабораторным работам и подготовка к их защите.	20	20
2.3	Обучение в системе LMS	10	10
2.4	Подготовка к промежуточной аттестации	20	20
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		**Экзамен**
	Итого	**180**	**180**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Введение**	**14**	**4**	**-**	**-**		**10**
2	**Раздел 2. Моделирование процесса работы электрической машины методом конечных элементов**	**102**	**16**	**-**	**36**		**50**
2.1	Тема 1. Геометрия машины	18	2	-	6		10
2.2	Тема 2. Обмоточные данные	20	4	-	6		10
2.3	Тема 3. Геометрия ротора	22	4	-	8		10
2.4	Тема 4. Статические характеристики	22	4	-	8		10
2.5	Тема 5. Запуск расчета	20	2	-	8		10
3	**Раздел 3. Синтез системы управления электроприводом**	**64**	**16**	-	**18**		**30**
Итого		**180**	**36**	**-**	**54**		**90**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение

Методы проектирования электромеханических преобразователей и систем электроприводов. Системы с распределенными параметрами.

Расчет электромагнитных нагрузок, координат, статических характеристик работы электрической машины аналитическими методами.

Раздел 2. Моделирование процесса работы электрической машины методом конечных элементов

Тема 1. Геометрия машины

Аналитический расчет RMExpert - геометрия машины. Создаётся новый проект в системе аналитического расчёта RmExpert. Приводится геометрия электрической машины в поперечном разрезе. Производится выбор типа электрической машины. Вводятся общие параметры машины, задаются линейный размеры статора, включая размеры пазов.

Тема 2. Обмоточные данные

Аналитический расчет RMExpert - обмоточные данные. Вводятся обмоточные данные статора и ротора машины. Вводятся линейные размеры ротора машины.

Тема 3. Геометрия ротора

Аналитический расчет RmExpert. Геометрия ротора. Задаются параметрические размеры паза ротора. В обмотке ротора заполняются размеры короткозамыкающего кольца. Указывается материал статора, ротора, обмоток. Создание в библиотеке материалов сталей, требуемых для расчета машины по каталожным данным.

Тема 4. Статические характеристики

Аналитический расчет RMExpert - статические характеристики. Задаются параметры расчета: шаг, время расчета, указываются точки сохранения картины полей для анализа на этапе постпроцессинга.

Тема 5. Запуск расчета

Проверка параметров электрической машины. Для самопроверки есть возможность посмотреть трехмерную модель получившейся машины. Запуск расчета.

Раздел 3. Синтез системы управления электроприводом

Синтез системы управления электроприводом, в которой электромеханический преобразователь представлен моделью с распределенными параметрами.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия – нет

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1. Анализ результатов расчета RMExpert.

Необходимо сопоставить полученные результаты в RM-Expert (а именно координаты ключевых точек статических характеристик, индукцию в зазоре, линейную нагрузку) с рассчитанными аналитически ранее и с каталожными данными. Для этого необходимо построить зависимость момента и тока от скорости.

Лабораторная работа №2. Создание модели конечных элементов в Maxwell.

После того, как в результате расчета в RM-Expert получена аналитическая модель электрической машины, необходимо приступить к созданию конечно-элементной модели в Ansys Maxwell. Для этого необходимо экспортировать данные расчета

Лабораторная работа №3. Настройка модели конечных элементов в Maxwell.

Задание граничных условий, параметров расчета, настройка сетки конечных элементов, задание электромагнитных нагрузок.

Лабораторная работа №4. Моделирование процесса пуска на холостом ходу.

Анализ осциллограмм переходных процессов пуска.

Лабораторная работа №5. Моделирование процесса наброса нагрузки.

Лабораторная работа №6. Анализ картины полей.

По завершению расчета процесса пуска на холостом ходу с последующим набросом нагрузки, необходимо провести качественный анализ получившихся результатов. Для этого необходимо получить картины полей машины.

Лабораторная работа №7. Анализ картины полей по полилиниям.

Помимо визуального представления картины полей, в Maxwell имеется возможность построить график распределения той или иной электромагнитный величины по конкретному пути. Так, например, большой интерес представляет распределение электромагнитной индукции в зазоре электрической машины, которое невозможно оценить визуально.

Лабораторная работа №8. Модель системы управления Simplorer.

Создание модели системы управления Simplorer с интегрированной моделью электрической машины Maxwell, питание от сети.

Лабораторная работа №9. Модель регулируемого электропривода (питание от преобразователя частоты).

Создание модели регулируемого электропривода (питание от преобразователя частоты), в которой электрическая машина представлена аналитической моделью (из библиотеки Simplorer).

Лабораторная работа №10. Модель электропривода с частотно-токовым регулированием.

Создание модели электропривода с частотно-токовым регулированием, в которой электрическая машина представлена аналитической моделью (из библиотеки Simplorer).

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Создание модели регулируемого электропривода (питание от преобразователя частоты), в которой электрическая машина представлена конечно-элементной моделью Maxwell. Расчет параметров электрической машины (сопротивлений обмоток по схеме замещения). Оптимизация параметров системы управления. Настройка регуляторов. Оптимизация несущей частоты ШИМ. Отладка модели регулируемого электропривода, в которой электрическая машина представлена конечно-элементной моделью Maxwell.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Свод правил «Электротехнические устройства» СП 76.13330.2016. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.
2. ГОСТ 30331.1–2013 (IEC 60364–1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения.

4.2 Основная литература

1. Сахаров А. С. Метод конечных элементов в механике твердых тел / Под ред. А. С. Сахарова, И. Альтенбаха. - Киев : Вища школа, 1982. - 480 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Шамраева Изд. стереотип. 2024. 272 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	Ссылка
Компьютерный инжиниринг электротехнических комплексов и систем	https://lms.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=6395

Разработанный ЭОР включают промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. Электротехническая библиотека «Элек.ру» https://www.elec.ru/library/info/
8. Netelectro. Новости электротехники, оборудование. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. https://netelectro.ru/
9. Электроцентр. http://electrocentr.info/

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами и интерактивной доской, мультимедийным проекторам и экранам: В-307 и аудитории общего фонда. Для проведения лабораторных работ используется аудитория: В-307 и аудитории в Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.9 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Компьютерный инжиниринг электротехнических комплексов и систем».

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации **«экзамен»** и их описание:

Шкала оценивания	***Критерий оценивания***
Отлично	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.*
Хорошо	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.*
Удовлетворительно	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.*
Неудовлетворительно	*Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.*

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

1. Подготовка к выполнению, оформление отчетов и защита лабораторных работ, а также прохождение тестов в системе LMS.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме письменного экзамена с последующим собеседованием по материалам ответа.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Список вопросов, выносимых на экзамен, выдается студентам на первом занятии. Для подготовки и написания ответа на билет студенту выделяется 40 минут. В процессе проведения собеседования студенту могут быть заданы дополнительные вопросы, не выходящие за рамки изученного курса.