

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ: 03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет	информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра	электромеханики им. А. Б. Зеленова



И. о. проректора по учебной работе
Д. В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физическое и математическое моделирование
электромеханических преобразователей энергии
(наименование дисциплины)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код, наименование направления)

Автоматизированные электромеханические комплексы и системы
(наименование магистерской программы)

Квалификация _____ магистр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения	очная, заочная (очная, очно-заочная, заочная)
----------------	--

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины: формирование навыков использования методов математического моделирования для описания основных электромеханических объектов и систем, а также использования пакетов прикладных математических программ для решения научных и инженерных задач, формирование основных научно-практических, общесистемных знаний в области моделирования электромеханических систем.

Задачи изучения дисциплины: формирование базы знаний в области разработки моделей электромеханических систем, создание условий, обеспечивающих овладение студентами навыками, умениями и приобретение ими опыта при создании и анализе математических моделей систем, изучение вопросов применения различных способов и средств моделирования электротехнических комплексов и систем.

Дисциплина направлена на формирование компетенций ОПК-1, ОПК-2, ПК-2 выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», часть блока 1 «Элективные дисциплины» подготовки студентов по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (магистерская программа «Автоматизированные электромеханические комплексы и системы»).

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента в результате освоения дисциплин ООП подготовки бакалавра: «Информатика», «Моделирование электромеханических систем».

Приобретенные в процессе изучения дисциплины знания и практические навыки являются базой для изучения специальных дисциплин при подготовке специалиста по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3,5 зачетных единицы, 126 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (18 ак.ч. для групп ЭМС, 6 ак. ч. для группы ЭМС-з), лабораторные работы (18 ак.ч. для групп ЭМС, 4 ак .ч. для группы ЭМС-з), практические работы (45 ак.ч. для групп ЭМС, 4 ак .ч. для группы ЭМС-з) и самостоятельная работа студента (45 ак.ч. для групп ЭМС, 112 ак.ч. для группы ЭМС-з).

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре для группы ЭМС и для группы ЭМС-з. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Физическое и математическое моделирование электромеханических преобразователей энергии» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ОПК-1	ОПК-1.1. Формирует цели и задачи исследования. ОПК-1.2. Определяет последовательность решения задач. ОПК-1.3. Формирует критерии принятия решения
Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	ОПК-2	ОПК-2.2 Проводит анализ полученных результатов; ОПК-2.3 Представляет результаты выполненной работы
Способен участвовать в разработке и проведении опытно-конструкторских и научно-исследовательских работах	ПК-2	ПК-2.4 Способен составлять и оформлять техническую документацию на различных стадиях разработки объектов профессиональной деятельности.

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единиц, 108 ак. ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к лабораторным работам, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак. ч.	Ак .ч. по семестрам
		3
Аудиторная работа, в том числе:	81	81
Лекции (Л)	18	18
Практические занятия (ПЗ)	45	45
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Курсовая работа/курсовой проект	–	–
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	45	45
Подготовка к лекциям	9	9
Подготовка к лабораторным работам	18	18
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	9	9
Выполнение курсовой работы / проекта	–	–
Расчетно-графическая работа (РГР)	0	0
Реферат (индивидуальное задание)	0	0
Домашнее задание	0	0
Подготовка к контрольной работе	0	0
Подготовка к коллоквиумам	3	3
Аналитический информационный поиск	0	0
Работа в библиотеке	0	0
Подготовка к зачету	6	6
Промежуточная аттестация – Экзамен (Э)	Э	Э
Общая трудоемкость дисциплины		
Ак. ч.	126	126
З. е.	3.5	3.5

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п. 3 дисциплина разбита на 4 темы:

- тема 1 (Моделирование на ЭВМ электромеханических систем);
- тема 2 (Обзор программных средств, используемых при моделировании электромеханических систем);
- тема 3 (Особенности математического описания и моделирования электромеханических систем);
- тема 4 (Особенности моделирования транзисторных преобразователей).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 5.1 – 5.2 соответственно.

Таблица 5.1 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Моделирование на ЭВМ электромеханических систем	Моделирование на ЭВМ электромеханических систем. Понятие о численном интегрировании дифференциальных уравнений.	2	Разработка математических моделей асинхронной машины (АМ)	12	Особенности моделирования транзисторных преобразователей.	6
		Источники погрешностей численных методов интегрирования уравнений. Контроль и оценка точности моделирования.	2				
2	Обзор программных средств, используемых при моделировании электромеханических систем	Обзор программных средств, используемых при моделировании электромеханических систем. Преимущества и недостатки пакетов прикладных программ.	2	Разработка математических моделей асинхронной машины с фазным ротором (АМ ФР)	12	—	
		Теоретические основы автоматизации. Пакет моделирования MatLab. Работа с MatLab с использованием пакетов прикладных программ Control System Toolbox и Simulink.	2				
3	Особенности математического описания и моделирования электромеханических систем	Особенности математического описания и моделирования электромеханических систем. Математическое описание силовых взаимодействий в электромеханических системах.	2	Разработка математических моделей ЭМС (АМ и ТП)	12	Особенности моделирования широтно-импульсных модуляторов и преобразователей	6
		Способы получения обобщенных математических моделей электромеханических систем. Учет и определение эквивалентных параметров элементов электромеханических систем	2				

№ п/ п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
4	Моделирование на ЭВМ электрохимических систем	Особенности моделирования транзистор- ных преобразователей. Особенности мо- делирования вентильных преобразовате- лей. Особенности моделирования ши- роотно-импульсных модуляторов и преоб- разователей	2	Разработка мате- матических моде- лей ЭМС (ДПТ и ТП)	9	Особенности моделиро- вания электрохимиче- ских процессов в асин- хронных электродвигате- лях.	6
		Моделирование электродвигателей по- стоянного тока с независимым возбужде- нием при управлении по цепи якоря. Осо- бенности моделирования электродвигате- лей постоянного тока с последователь- ным возбуждением. Особенности моде- лирования электрохимических процес- сов в асинхронных электродвигателях. Особенности моделирования электроме- ханических процессов в синхронных электродвигателях.	4				
Всего аудиторных часов			18	—	45	—	18

Таблица 5.2 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак. ч.	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак. ч.
1	Моделирование на ЭВМ электрохимических систем	Моделирование на ЭВМ электрохимических систем. Понятие о численном интегрировании дифференциальных уравнений. Источники погрешностей численных методов интегрирования уравнений. Контроль и оценка точности моделирования. Обзор программных средств, используемых при моделировании электрохимических систем. Преимущества и недостатки пакетов прикладных программ.	6	Разработка математических моделей асинхронной машины (АМ)	–	Особенности моделирования транзисторных преобразователей	4
Всего аудиторных часов			6	–	4	–	4

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf).

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (1 коллоквиум)
- всего 40 баллов;
- лабораторные работы – всего 60 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60 % от максимального.

Экзамен по дисциплине «Физическое и математическое моделирование электромеханических преобразователей энергии» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время сессии студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п. 6.4), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашние задания

Для студентов очной формы обучения домашние задания не предусмотрены. Студенты заочной формы обучения в каждом семестре выполняют контрольную работу по имеющимся методическим указаниям.

6.3 Темы рефератов

Написание рефератов при изучении дисциплины не предусмотрено.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1 Моделирование на ЭВМ электромеханических систем

- 1) Что понимается под численным интегрированием дифференциальных уравнений?
- 2) Какие методы численного интегрирования наиболее часто применяются при моделировании электромеханических систем?
- 3) Какие основные источники погрешностей возникают при численном интегрировании дифференциальных уравнений?
- 4) Как можно контролировать точность численных методов интегрирования?
- 5) Какие критерии используются для оценки точности моделирования электромеханических систем?
- 6) Как влияет шаг интегрирования на точность и скорость расчетов?
- 7) Какие методы позволяют минимизировать погрешности при численном интегрировании?
- 8) Как можно проверить адекватность модели электромеханической системы, полученной с использованием численных методов?

Тема 2 Программные средства для моделирования электромеханических систем

- 1) Какие программные средства наиболее часто используются для моделирования электромеханических систем?
- 2) Каковы преимущества и недостатки пакета MatLab для моделирования электромеханических систем?
- 3) Как работает пакет прикладных программ Control System Toolbox в MatLab?
- 4) Какие возможности предоставляет Simulink для моделирования динамических систем?
- 5) Какие альтернативные программные средства, кроме MatLab, используются для моделирования электромеханических систем?
- 6) Как автоматизировать процесс моделирования с использованием MatLab?
- 7) Какие инструменты в MatLab позволяют анализировать точность моделирования?
- 8) Как выбрать подходящий пакет прикладных программ для конкретной задачи моделирования?

Тема 3 Математическое описание и моделирование электромеханических систем

- 1) Каковы особенности математического описания силовых взаимодействий в электромеханических системах?
- 2) Какие способы используются для получения обобщенных математических моделей электромеханических систем?
- 3) Как учитываются эквивалентные параметры элементов электромеханических систем при моделировании?
- 4) Какие методы применяются для определения эквивалентных параметров элементов электромеханических систем?
- 5) Как учитываются нелинейные эффекты в математических моделях электромеханических систем?
- 6) Какие упрощения допускаются при построении математических моделей электромеханических систем?
- 7) Как учитываются динамические характеристики элементов электромеханических систем?
- 8) Какие подходы используются для моделирования сложных электромеханических систем с множеством взаимодействующих элементов?

Тема 4 Моделирование преобразователей и электродвигателей

- 1) Каковы особенности моделирования транзисторных преобразователей?

- 2) Какие методы применяются для моделирования вентильных преобразователей?
- 3) Как моделируются широтно-импульсные модуляторы и преобразователи?
- 4) Каковы особенности моделирования электродвигателей постоянного тока с независимым возбуждением при управлении по цепи якоря?
- 5) Как учитываются особенности электродвигателей постоянного тока с последовательным возбуждением при моделировании?
- 6) Какие подходы используются для моделирования электромеханических процессов в асинхронных электродвигателях?
- 7) Каковы особенности моделирования электромеханических процессов в синхронных электродвигателях?
- 8) Как учитываются переходные процессы при моделировании электродвигателей и преобразователей?

6.5 Вопросы для подготовки к экзамену

- 1) Что понимается под численным интегрированием дифференциальных уравнений?
- 2) Какие методы численного интегрирования наиболее часто применяются при моделировании электромеханических систем?
- 3) Какие основные источники погрешностей возникают при численном интегрировании дифференциальных уравнений?
- 4) Как можно контролировать точность численных методов интегрирования?
- 5) Какие критерии используются для оценки точности моделирования электромеханических систем?
- 6) Как влияет шаг интегрирования на точность и скорость расчетов?
- 7) Какие методы позволяют минимизировать погрешности при численном интегрировании?
- 8) Как можно проверить адекватность модели электромеханической системы, полученной с использованием численных методов?
- 9) Какие программные средства наиболее часто используются для моделирования электромеханических систем?
- 10) Каковы преимущества и недостатки пакета MatLab для моделирования электромеханических систем?
- 11) Как работает пакет прикладных программ Control System Toolbox в MatLab?
- 12) Какие возможности предоставляет Simulink для моделирования динамических систем?

- 13) Какие альтернативные программные средства, кроме MatLab, используются для моделирования электромеханических систем?
- 14) Как автоматизировать процесс моделирования с использованием MatLab?
- 15) Какие инструменты в MatLab позволяют анализировать точность моделирования?
- 16) Как выбрать подходящий пакет прикладных программ для конкретной задачи моделирования?
- 17) Каковы особенности математического описания силовых взаимодействий в электромеханических системах?
- 18) Какие способы используются для получения обобщенных математических моделей электромеханических систем?
- 19) Как учитываются эквивалентные параметры элементов электромеханических систем при моделировании?
- 20) Какие методы применяются для определения эквивалентных параметров элементов электромеханических систем?
- 21) Как учитываются нелинейные эффекты в математических моделях электромеханических систем?
- 22) Какие упрощения допускаются при построении математических моделей электромеханических систем?
- 23) Как учитываются динамические характеристики элементов электромеханических систем?
- 24) Какие подходы используются для моделирования сложных электромеханических систем с множеством взаимодействующих элементов?
- 25) Каковы особенности моделирования транзисторных преобразователей?
- 26) Какие методы применяются для моделирования вентильных преобразователей?
- 27) Как моделируются широтно-импульсные модуляторы и преобразователи?
- 28) Каковы особенности моделирования электродвигателей постоянного тока с независимым возбуждением при управлении по цепи якоря?
- 29) Как учитываются особенности электродвигателей постоянного тока с последовательным возбуждением при моделировании?
- 30) Какие подходы используются для моделирования электромеханических процессов в асинхронных электродвигателях?
- 31) Каковы особенности моделирования электромеханических процессов в синхронных электродвигателях?
- 32) Как учитываются переходные процессы при моделировании электродвигателей и преобразователей?

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Дьяконов В. П.. MATLAB [Электронный ресурс]: Полный самоучитель. - Саратов: Профобразование, 2019. - 768 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/87981.html> (дата обращения: 20.08.2024). (дата обращения: 20.08.2024).

Дополнительная литература

1. Лазарева Н. М., Яров В. М., Белов Г. А.. Компьютерное моделирование. SimPowerSystems: практикум [для 2 курса по специальности "Промышленная электроника"]. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. - 67с.

2. Фролов В. Я., Смородинов В. В.. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 332 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106890>. (дата обращения: 20.08.2024).

3. Семенова Т. И., Шакин В. Н., Юсков И. О., Юскова И. Б.. Введение в математический пакет Matlab [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие. - Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2016. - 88 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61469.html> (дата обращения: 20.08.2024)

4. Компьютерное моделирование электромеханических систем постоянного и переменного тока в среде MATLAB Simulink : учебное пособие / Ю. Н. Дементьев, В. Б. Терехин, И. Г. Однокопылов, В. М. Рулевский. — Томск : Томский политехнический университет, 2018. — 497 с. — ISBN 978-5-4387-0819-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98983.html> (дата обращения: 20.05.2024).

Учебно-методическое обеспечение

1. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «ФММ ЭМПЭ» : (для студ. напр. подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника») / сост. И.А. Карпук ; Каф. электромеханики им. А.Б.Зеленова . — Алчевск : ФГБОУ ВО «ДонГТУ», 2024 . — 64 с. [https://moode.dstu.education/pluginfile.php/61962/mod_resource/content/1/МУ%20ФММ ЭМПЭ.pdf](https://moode.dstu.education/pluginfile.php/61962/mod_resource/content/1/МУ%20ФММ%20ЭМПЭ.pdf)

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.
3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.
6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) : официальный сайт. — Москва. — <https://www.gosnadzor.ru/>. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 8.

Таблица 8.1 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Компьютерный класс кафедры ЭМ</i> - Персональный компьютер – 17 шт - Принтер HP1100 - Сканер	ауд 319, корп. главный

Лист согласования РПД

Разработал
доц. кафедры электромеханики
им. А. Б. Зеленова
(должность)

(должность)

(должность)


(подпись) И.А. Карпук
(Ф.И.О.)

(подпись) (Ф.И.О.)

(подпись) (Ф.И.О.)

Заведующий кафедрой


(подпись) Д. И. Морозов
(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электромеханики им. А.Б. Зеленова

от 22.08.2024г.

Декан факультета


(подпись) В. В. Дьячкова
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
13.04.02 Электроэнергетика и
электротехника


(подпись) Л.Н. Комаревцева
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись) О.А. Коваленко
(Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	