

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

Факультет	информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра	электроники и радиофизики

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по учебной работе

Д.В. Мулов



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование преобразователей и преобразовательных комплексов

(наименование дисциплины)

2.4.1 Теоретическая и прикладная электротехника

(цифры научных специальностей, наименование научных специальностей)

Квалификация _____

Форма обучения очная

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины. Целью освоения дисциплины является освоение современных методов моделирования и программных средств, используемых для исследования переходных и установившихся режимов работы преобразователей и преобразовательных комплексов, а также приобретение навыков моделирования и использования прикладных программ для решения задач электроснабжения с использованием устройств силовой электроники.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование у аспирантов прочной теоретической базы в области общих физических закономерностей функционирования устройств силовой электроники и преобразовательных комплексов на их основе;
- подготовка специалистов, владеющих общими принципами и методами математического моделирования в инженерной деятельности и имеющих навыки их практического использования в области электроэнергетики и электротехники.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: дисциплина «Система управления устройствами силовой электроники» относится к элективным дисциплинам блока 2 «Образовательный компонент» образовательной программы, направленна на повышение компетенций обучающихся по всем специальностям подготовки научных и научно-педагогических кадров в ФГБОУ ВО «ДонГТУ».

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин, изученных в результате освоения предшествующих программ бакалавриата, специалитета и магистратуры.

Является основой для изучения следующих дисциплин: Педагогическая практика, производственная практика (научно-исследовательская работа), Научная деятельность аспиранта, направленная на выполнение диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, а также направлена на формирование компетенций по способности использовать знания в различных сферах жизнедеятельности, способности к изучению и анализу исследовательской деятельности, способности к научно-методическому сопровождению исследовательской деятельности, способности к ведению преподавательской деятельности.

Дисциплина читается на 1 курсе. Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет.

3 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ч.), практические (36 ч.) занятия и самостоятельная работа (72 ч.).

Самостоятельная работа аспиранта включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на самостоятельную работу аспиранта в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Распределение бюджета времени на самостоятельную работу аспиранта

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		2
Аудиторная работа, в том числе:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа аспирантов, в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	8	8
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	36	36
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание	16	16
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	-	-
Аналитический информационный поиск	-	-
Работа в библиотеке	4	4
Подготовка к зачету	8	8
Промежуточная аттестация – диф. зачет (Дз)	Дз	Дз
Общая трудоемкость дисциплины		
ак.ч.	144	144
з.е.	4	4

4 Содержание дисциплины

Дисциплина разбита на 9 тем:

- тема 1 (Понятие математической и компьютерной моделей преобразовательных комплексов на базе устройств силовой электроники);
- тема 2 (Представление математической модели в виде эквивалентных схем электрических цепей);
- тема 3 (Основные сведения о среде научных и инженерных расчетов Matlab. Основные инструментарию Simulink. Библиотека математических функций);
- тема 4 (Основные сведения о среде научных и инженерных расчетов Matlab);
- тема 5 (Моделирование систем управления устройствами силовой электроники в среде Matlab+Simulink);
- тема 6 (Использование устройств силовой электроники в интеллектуальных сетях (Smart Grids) и моделирование их основных режимов);
- тема 7 (Моделирование преобразовательных комплексов для умных сетей в среде Matlab+Simulink);
- тема 8 (Моделирование систем электропривода в среде Matlab+Simulink);
- тема 9 (Особенности имитационного моделирования сложных преобразовательных комплексов на базе устройств силовой электроники).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов представлены в таблица 2.

Таблица 2 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Понятие математической и компьютерной моделей преобразовательных комплексов на базе устройств силовой электроники.	Электрическая и тепловая модели преобразовательных комплексов на базе устройств силовой электроники. Применение теории подобия для математического моделирования типовых устройств силовой электроники.	4	Изучение системы моделирования электронных устройств (MATLAB – SIMULINC), инструментарий, способы графического изображения и корректировки схем, элементная библиотека, принципы настройки параметров.	4	—	—
2	Представление математической модели в виде эквивалентных схем электрических цепей	Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов объектов силовой электроники. Методы построения эквивалентных схем математических моделей. Объединение моделей отдельных подсистем в единую систему.	4	Математическое моделирование трехфазного однофазного двухполупериодного мостового выпрямителя	4	—	—
3	Основные сведения о среде научных и инженерных расчетов Matlab. Основные инструментарии Simulink.	Библиотека математических функций. Библиотека SimPowerSystems.	4	Математическое моделирование трехфазного мостового управляемого выпрямителя	4	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
4	Моделирование устройств силовой электроники в среде Matlab+Simulink.	Компьютерные модели полупроводниковых приборов и узлов на их основе	4	Математическое моделирование преобразователя	4	—	—
5	Моделирование систем управления устройствами силовой электроники в среде Matlab+Simulink.	Имитационные модели типовых узлов систем управления устройствами силовой электроники	4	Исследование трехфазного управляемого выпрямителя в режимах выпрямления и инвертирования на компьютерной модели	4	—	—
6	Использования устройств силовой электроники в интеллектуальных сетях (Smart Grids) и моделирование их основных режимов	Понятие интеллектуальной сети (Smart Grid). Моделирование «микросетей» (microgrid) на базе устройств силовой электроники	4	Исследование однофазного мостового инвертора с симметричным управлением на компьютерной модели	4	—	—
7	Моделирование преобразовательных комплексов для умных сетей в среде Matlab+Simulink. электроэнергии постоянного тока в переменный	Имитационные модели полупроводниковых преобразователей электроэнергии переменного тока в постоянный. Имитационные модели полупроводниковых преобразователей	4	Исследование мостового широтно-импульсного преобразователя с симметричным законом управления на компьютерной модели	4	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
8	Моделирование систем электропривода в среде Matlab+Simulink.	Модель двигателя на базе источника тока. Модель двигателя на базе источника напряжения. Моделирование системы «преобразователь частоты-групповая двигательная нагрузка»	4	Моделирование преобразователей постоянного напряжения с идеальными и неидеальными компонентами (силовыми ключами, магнитными элементами)	4	—	—
9	Особенности имитационного моделирования сложных преобразовательных комплексов на базе устройств силовой электроники.	Достоверность результатов моделирования. Обеспечение устойчивости процесса моделирования. Приемы упрощения схем при моделировании. Моделирование процессов с различными временными характеристиками	4	Цепи формирования траектории переключения силового транзисторного ключа	4	—	—
Всего аудиторных часов			36	36		—	

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

5.1 Критерии оценивания

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

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

- за выполнение практического задания согласно таблице 2 рабочей программы (по выбору аспиранта) – всего 40 баллов;
- за выполнение домашнего задания – всего 60 баллов.

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

Дифференцированный зачет по дисциплине «Моделирование преобразователей и преобразовательных комплексов» проводится по результатам работы за курс. В случае, если полученная сумма баллов не устраивает аспиранта, во время промежуточной аттестации аспирант имеет право повысить итоговую оценку в форме устного собеседования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
1-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

5.2 Домашнее задание

Домашнее задание №1:

- 1) Разработать функциональную модель современного ШИМ-контроллера для среды Simulink (конкретная модель и производитель

контроллера выбирается по согласованию с преподавателем).

2) Описание ШИМ-контроллера и особенностей библиотеки SimPower System среды Simulink, на основе которого должны быть определены требования к функциональной модели – режимы работы и характеристики, которое должна отражать модель, а также возможные упрощения по сравнению с реальным объектом.

3) Описание модели с необходимыми комментариями назначения её составных частей.

4) Моделирование, подтверждающее адекватность полученной модели, сравнение характеристик модели и данных о характеристиках ШИМ-контроллера. Для этого возможно использовать различные типовые и тестовые схемы включения. Все заявленные режимы работы и характеристики, описываемые моделью, должны быть подтверждены моделированием.

5.3 Темы рефератов

1) Программа для моделирования электромагнитных и тепловых задач Femm.

2) Программа для моделирования электромагнитных и тепловых задач Ansys multiphysics.

3) Программа для моделирования электромагнитных и тепловых задач MagNet и ThermNet 2D/3D.

4) Программа для моделирования электромагнитных и тепловых задач Jmag Designe.

5) Программа для моделирования электромагнитных и тепловых задач Elcut.

6) Программа для моделирования электромагнитных и тепловых задач Cedrat flux 2D/3D.

7) Программа для моделирования электромагнитных и тепловых задач Comsol multiphysics.

5.4 Перечень вопросов и заданий для подготовки к дифференцированному зачету

1) Что такое математическая и компьютерная модели преобразовательных комплексов на базе устройств силовой электроники?

2) Какова цель моделирования преобразовательных комплексов на базе устройств силовой электроники на ЭВМ? Каковы основные характерные черты компьютерной модели системы?

3) Как соотносятся понятия «эксперимент» и «машинное моделирование»? Каковы особенности имитационного моделирования систем? Какова эффективность моделирования систем на ЭВМ?

4) Как выглядят электрическая и тепловая модели преобразовательных

комплексов на базе устройств силовой электроники?

5) Как применяется теория подобия для математического моделирования типовых устройств силовой электроники?

6) Как представляется математическая модель в виде эквивалентных схем электрических цепей?

7) Как выглядят эквивалентные схемы типовых элементов и узлов устройств силовой электроники и каковы методы их построения?

8) Что такое статические и динамические модели объекта?

9) Какие условия и особенности использования при разработке моделей систем различных типовых схем существуют? Как происходит объединение моделей отдельных подсистем в единую систему?

10) Какие основные сведения о среде научных и инженерных расчетов Matlab существуют?

11) Что такое операционная среда Simulink? Как выглядит обзор основной библиотеки Simulink?

12) Каковы основные приемы подготовки и редактирования Simulink-модели? Как устанавливаются параметры моделирования и как выполняется само моделирование?

13) Что представляет собой библиотека блоков SimPowerSystems? Каковы элементы силовой электроники Power Electronics?

14) Как моделируются полупроводниковые приборы и узлы на их основе в среде Matlab+Simulink? Каковы моделировальные аспекты силового диода Diode и тиристора Thyristor, Detailed Thyristor?

15) Как моделируются полупроводниковые приборы и узлы на их основе в среде Matlab+Simulink? Каковы моделировальные аспекты полностью управляемого тиристора GTO Thyristor, биполярного транзистора IGBT, транзистора MOSFET и идеального ключа Ideal Switch?

16) Как моделируются полупроводниковые приборы и узлы на их основе в среде Matlab+Simulink? Каковы моделировальные аспекты универсального моста Universal Bridge и трехуровневого моста Three_Level Bridge?

17) Как выглядят имитационные модели типовых узлов систем управления устройствами силовой электроники в среде Matlab+Simulink?

18) Как моделируются измерительные и контрольные устройства? Как выглядит моделирование систем импульсно-фазового управления?

19) Как используются устройства силовой электроники в интеллектуальных сетях (Smart Grids) и как моделируются их основные режимы?

20) Что такое концепция интеллектуальной сети (Smart Grid)? Каковы основные положения данной концепции? Каковы функциональные свойства энергосистемы на базе концепции Smart Grid?

21) Как моделируются «микросети» (microgrid) на базе устройств силовой электроники?

22) Как моделируются устройства силовой электроники в Smart Grids? Как выглядят имитационные модели активных выпрямителей?

23) Как моделируются устройства силовой электроники в Smart Grids? Как выглядят имитационные модели инверторов напряжения?

24) Как моделируются устройства силовой электроники в Smart Grids? Как выглядит моделирование статического компенсатора реактивной мощности?

25) Как выглядит моделирование систем электропривода в среде Matlab+Simulink?

26) Как выглядит модель двигателя на базе источника тока? Как выглядит модель двигателя на базе источника напряжения?

27) Что такое машина постоянного тока DC Machine? Как выглядит модель системы электропривода с двигателем постоянного тока с независимым возбуждением?

28) Что такое асинхронная машина Asynchronous Machine? Как выглядит моделирование системы «преобразователь частоты - асинхронный двигатель»?

29) Как моделируется система «преобразователь частоты-групповая двигательная нагрузка»?

30) Каковы особенности имитационного моделирования сложных преобразовательных комплексов на базе устройств силовой электроники? Как обеспечивается достоверность результатов моделирования?

31) Как осуществляется выбор метода интегрирования и как обеспечивается устойчивость процесса моделирования?

32) Как моделируются процессы с различными временными характеристиками? Как проводится серия вычислительных экспериментов?

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Королев, А.Л. Компьютерное моделирование объектов, процессов и систем: учебное пособие / А.Л. Королев, Н.Б. Паршукова. — Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуманитар.-пед. ун-та, 2020. — 329 с. — URL: <https://djvu.online/file/XWDNtz4DahziX> (дата обращения: 30.08.2024).

2. Затонский, А.В. Информационные технологии: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению "Информатика и вычислительная техника" / А.В. Затонский. — М. : РИОР, 2023 . — 344 с.: ил. (8 экз.)

Дополнительная литература

1. Ибрагимов, Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические методы. Симметрия и принципы инвариантности / Перевод с англ. И.С. Емельяновой. Нижний Новгород: Издательство Нижегородского госуниверситета, 2007. — 421 с. — URL: <https://djvu.online/file/yg7CPPLGvDqTW> (дата обращения: 30.08.2024).

2. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. — Мн.: ДизайнПРО, 2004. — 640 с. — URL: <https://djvu.online/file/v8X4ui3aayQmz> (дата обращения: 30.08.2024).

3. Андриевский, Б.Р. Элементы математического моделирования в программ-ных средах MATLAB 5 и Scilab / Б.Р. Андриевский, А.Л. Фрадков. — СПб.: Наука, 2001. — 286 с. — URL: <https://djvu.online/file/bVy0MabNRRTUq> (дата обращения: 30.08.2024).

4. Смит, Джон М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей / Пер. с англ. Н.П. Ильиной; Под ред. О.А. Чембровского. — М.: Машиностроение, 1980. — 271 с. — URL: <https://djvu.online/file/28zFaaHF5yfRz> (дата обращения: 30.08.2024).

6.2 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. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования <http://www.fgosvo.ru/>

7. Сайт Национального фонда профессиональных квалификаций (НФПК) <http://univer.ntf.ru/p82aa1.html>

8. Сайт Проекта 5/100 <https://5top100.ru/>

9. Сайт опорных университетов <http://опорныйуниверситет.рф/>

10. Сайты ведущих университетов РФ

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Лаборатории преобразовательной и микропроцессорной техники</i> ПТК AMD AthlonX2 255 (1 шт.); ПТК AMD AthlonX2 250 (1 шт.); ПТК Celeron420 (1 шт.); ПТК AMD Athlon 64×2 Dual Core5200+ (1 шт.); ПТК AMD Sempron140 2.71 (1шт.); стенд лабораторный для исследования автономных инверторов тока, автономных инверторов напряжения, импульсных источников питания, схем на полупроводниковых ключах (6 шт.); демонстрационные платы DM183021 (2 шт.); DM-00020 (1 шт.); адаптер AC002013, AC300020, AC300021 (3 шт.); отладочный комплект Anadigm Designer (1 шт.); отладочная плата Altera de2 (1шт.); генератор сигналов низкочастотный ГЗ-112 (1 шт.); источник питания универсальный (2 шт.); вольтметр универсальный В7-16а (4 шт.); мост универсальный измерительный Е7-4 (1 шт.); микротренажер МТ1804 (5 шт.); регистратор электронный (1 шт.). лабораторная мебель: столы, стулья для студентов (по количеству обучающихся), рабочее место преподавателя.	ауд. <u>203</u> корп. <u>3</u>

Лист согласования рабочей программы дисциплины

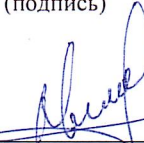
Разработал

доцент кафедры ЭР

(должность)


(подпись)А.М. Афанасьев

(Ф.И.О.)

И.о. зав. кафедрой
электроники и радиофизики
(подпись)А.М. Афанасьев

(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электроники и радиофизики от 30.08 2024 г.

Согласовано

Заведующий аспирантурой


(подпись)М.А. Филатов

(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	