

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)**

Северодонецкий технологический институт
Кафедра информационных технологий, приборостроения и электротехники



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование в электроэнергетике»

По направлению подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Магистерская программа «Энергоменеджмент»

Северодонецк – 2025

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование в электроэнергетике» по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (магистерская программа «Энергоменеджмент») – 25 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование в электроэнергетике» разработана в соответствии федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 147 (с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации № 1456 от 26.11.2020 г., № 82 от 08.02.2021 г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.т.н., доцент Чебан В.Г.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информационных технологий, приборостроения и электротехники «18 » февраля 2025 г., протокол №6.

Заведующий кафедрой ИТПЭ Чебан В.Г. Чебан

Переутверждена: « » 20 г., протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» «14 » марта 2025 г., протокол №7.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля»

Бородач Ю.В. Бородач

1. Цели и задачи дисциплины

Цель изучения дисциплины – получение необходимых знаний по применению современных программных продуктов MATLAB, Simulink и SimPowerSystems при эксплуатации, проектировании и исследовании электроэнергетических систем, а также систем электроснабжения.

Задачи:

- изучить основные методы моделирования и анализа нормальных, аномальных и аварийных режимов работы объектов электроэнергетики;
- сформировать навык моделирования и анализа динамических режимов работы систем электроснабжения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование в электроэнергетике» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание возможностей программного обеспечения и вычислительной техники для решения исследовательских задач прикладного характера, особенностей системного подхода при решении задач рационального природопользования;

умения использовать системный подход при интерпретации результатов теоретических исследований;

навыки обработки информации из различных источников, в том числе с использованием современных информационных технологий.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: программа бакалавриата или специалитета.

Служит основой для изучения следующих дисциплин: «Управление режимами работы систем электроснабжения», «Автоматизированные системы управления электроснабжением», «Специальные вопросы электроснабжения», «Переходные процессы в системах электроснабжения», «Проектирование систем электроснабжения», «Практика по получению первичных навыков научно-исследовательской работы» (учебная практика), «Научно-исследовательская работа» (производственная практика), для выполнения и защиты ВКР.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способен к организации научно-исследовательской деятельности в области (сфере) профессиональной деятельности	ПК-1.1. Владеет приемами обобщения и критической оценки результатов отечественных и зарубежных научных исследований по проблемам электроэнергетических систем и сетей ПК-1.2. Обобщает, анализирует и критически оценивает результаты отечественных и зарубежных научных исследований по вопросам электроэнергетических систем и сетей	Знать: приемы обобщения и критической оценки результатов отечественных и зарубежных научных исследований по проблемам электроэнергетических систем и сетей Уметь: обобщать, анализировать и критически оценивать результаты отечественных и зарубежных научных исследований по вопросам электроэнергетических систем и сетей

	ПК-1.3. Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в соответствии с требованиями к нормативной документации в соответствующей области знаний	Владеть: навыками оформления результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в соответствии с требованиями к нормативной документации
ПК-4. Способен выполнять анализ режимов работы объектов профессиональной деятельности	<p>ПК-4.1. Знает нормативную документацию диспетчерского центра, определяющую порядок управления электроэнергетическим режимом энергосистемы, технологическими режимами работы и эксплуатационным состоянием объектов диспетчеризации</p> <p>ПК-4.2. Применяет в работе техническую, в том числе инструктивную и оперативную документацию</p> <p>ПК-4.3. Владеет основными методами создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства, поведение и режимы работы объектов профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: нормативную документацию диспетчерского центра, определяющую порядок управления электроэнергетическим режимом энергосистемы, технологическими режимами работы и эксплуатационным состоянием объектов диспетчеризации</p> <p>Уметь: применять в работе техническую, в том числе инструктивную и оперативную документацию</p> <p>Владеть: методами создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства, поведение и режимы работы объектов профессиональной деятельности</p>

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	56	28
Лекции	28	12
Семинарские занятия	—	—
Практические занятия	28	16
Лабораторные работы	—	—
Курсовая работа (курсовой проект)	—	—
Другие формы и методы организации образовательного процесса	—	—
Самостоятельная работа студента (всего)	88	116
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Общие вопросы моделирования.

Тема 1. Основные понятия и определения. Компьютерное моделирование. Требования к математическим моделям. Классификация математических моделей.

Тема 2. Основные типы задач моделирования в электроснабжении. Особенности задач моделирования в электроснабжении.

Тема 3. Основы работы с MATLAB.

Тема 4. Основы работы с Simulink.

Тема 5. Основы работы с SimPowerSystems.

Раздел 2. Моделирование элементов и режимов работы систем электроснабжения промышленных предприятий.

Тема 6. Математические модели базовых элементов электротехники.

Тема 7. Моделирование элементов систем электроснабжения. Математическая модель линий электропередач.

Тема 8. Математическая модель двухобмоточного трансформатора.

Тема 9. Математическая модель трехобмоточного трансформатора.

Тема 10. Моделирование комплексной нагрузки.

Тема 11. Моделирование и исследование переходного процесса в индуктивности, конденсаторе и выпрямителе.

Тема 12. Моделирование и исследование трансформаторной подстанции.

Тема 13. Моделирование и исследование двигателя постоянного тока и асинхронного двигателя.

Тема 14. Моделирование и исследование асинхронного электропривода.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основные понятия и определения. Компьютерное моделирование. Требования к математическим моделям. Классификация математических моделей.	2	–
2	Основные типы задач моделирования в электроснабжении. Особенности задач моделирования в электроснабжении.	2	–
3	Основы работы с MATLAB.	2	2
4	Основы работы с Simulink.	2	2
5	Основы работы с SimPowerSystems.	2	2
6	Математические модели базовых элементов электротехники.	2	–
7	Моделирование элементов систем электроснабжения. Математическая модель линий электропередач.	2	–
8	Математическая модель двухобмоточного трансформатора.	2	–
9	Математическая модель трехобмоточного трансформатора.	2	–
10	Моделирование комплексной нагрузки.	2	–
11	Моделирование и исследование переходного процесса в индуктивности, конденсаторе и выпрямителе.	2	–
12	Моделирование и исследование трансформаторной подстанции.	2	2
13	Моделирование и исследование двигателя постоянного тока и асинхронного двигателя.	2	2
14	Моделирование и исследование асинхронного электропривода.	2	2
Итого:		28	12

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Основы компьютерного моделирования. Требования к математическим моделям. Классификация математических моделей.	2	–
2	Основные типы и особенности задач моделирования в электроснабжении.	2	–
3	Основы работы с MATLAB.	2	2
4	Основы работы с Simulink.	2	2
5	Основы работы с SimPowerSystems.	2	2
6	Математические модели базовых элементов электротехники.	2	–
7	Математическая модель линий электропередач.	2	–
8	Математическая модель двухобмоточного трансформатора.	2	–
9	Математическая модель трехобмоточного трансформатора.	2	–
10	Моделирование комплексной нагрузки.	2	2
11	Моделирование и исследование переходного процесса в индуктивности, конденсаторе и выпрямителе.	2	2
12	Моделирование и исследование трансформаторной подстанции.	2	2
13	Моделирование и исследование двигателя постоянного тока и асинхронного двигателя.	2	2
14	Моделирование и исследование асинхронного электропривода.	2	2
Итого:		28	16

4.5 .Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

4.6 Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Компьютерное моделирование. Требования к математическим моделям. Классификация математических моделей.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	8
2	Основные типы задач моделирования в электроснабжении. Особенности задач моделирования в электроснабжении.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	8
3	Основы работы с прикладными программами MATLAB, Simulink, SimPowerSystems.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	13	17
4	Математические модели базовых элементов электротехники. Математическая модель линий электропередач.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	8

5	Математическая модель двухобмоточного и трехобмоточного трансформаторов.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	8
6	Моделирование комплексной нагрузки. Моделирование и исследование переходного процесса в индуктивности, конденсаторе и выпрямителе.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	10
7	Моделирование и исследование трансформаторной подстанции.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	10
8	Моделирование и исследование двигателя постоянного тока и асинхронного двигателя.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	10
9	Моделирование и исследование асинхронного электропривода.	Изучение лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям.	6	10
10	Подготовка к экзамену.	Проработка изученного материала	27	27
Итого:			88	116

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине

Курсовые работы/проекты не предусмотрены учебным планом

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде, самостоятельная работа, проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Голубева, Н. . Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н.В. Голубева. – 4-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 244 с. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система [сайт]. – URL:

<https://e.lanbook.com/book/393023?category=917> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Петров, А.В. Моделирование процессов и систем : учебное пособие / А.В. Петров. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 288 с. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212213?category=1537&publisher=> – Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Обухов, С.Г. Математическое моделирование в системах электроснабжения: учебное пособие / С.Г. Обухов. – Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014 – 84 с. – Текст: электронный // Корпоративный портал Томский политех : электронно-библиотечная система [сайт]. – URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SEROB/uchebrab3/Tab/UP.pdf> – Режим доступа: свободный.

2. Любченко, В.Я. Применение математического моделирования в задачах электроэнергетики: учебное пособие / В.Я. Любченко, С.В. Родыгина. – Новосибирск Изд-во НГТУ, 2018 – 72 с. – Текст: электронный // Научно-техническая библиотека КузГТУ: электронно-библиотечная система [сайт]. – URL: <http://ruslan-wildfly.kuzstu.ru/pwb/detail?db=CAT&id=vtls000145036> – Режим доступа: свободный.

3. Моделирование в электроэнергетике : учебное пособие / А.Ф. Шаталов, И.Н. Воротников, М.А. Мастепаненко и др. ; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : Агрус, 2014. – 140 с. – Текст: электронный // Университетская библиотека ONLINE [сайт]. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277510> – Режим доступа: по подписке.

в) методические указания:

1. Исследование и моделирование электроэнергетических систем : методические указания / Л.А. Влацкая, Н.Г. Семенова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург, 2018. – 40 с. Текст: электронный // Открытая электронная библиотека научно-образовательных ресурсов Оренбуржья [сайт]. – URL: <http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/14563/1/%d0%92%d0%bb%d0%b0%d1%86%d0%ba%d0%b0%d1%8f%20%d0%b8%d1%81%d1%81%d0%bb%d0%b5%d0%b4%d0%be%d0%b2%d0%b0%d0%bd%d0%b8%d0%b5.pdf> – Режим доступа: свободный.

г) Интернет-ресурсы:

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф>
2. Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации – <http://www.mnr.gov.ru>
3. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://обрнадзор.gov.ru>
4. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
5. Министерство природных ресурсов и экологической безопасности ЛНР – <https://www.mprlnr.su>
6. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
7. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
8. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru>
9. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru>
10. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru>

Электронные библиотечные системы и ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» –

<http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

2. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

3. Научная электронная библиотека eLIBRARI.RU» – <http://elibrary.ru>

4. ЭБС Издательства «ЛАНЬ» – <https://e.lanbook.com>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

1. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Моделирование в электроэнергетике» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам. Лекционные и практические занятия могут проводиться в компьютерном классе (компьютеры с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде) или с применением презентационной техники (проектор, экран, компьютер).

Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 https://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/
Прикладная программа для моделирования устройств и систем	MATLAB R2024a	https://www.mathworks.com
Прикладная программа для моделирования электрических энергетических систем	SimPowerSystems	https://www.mathworks.com

**8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине**

**Паспорт
оценочных средств по учебной дисциплине
«Моделирование в электроэнергетике»**

Перечень компетенций, формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по дисциплине)	Темы учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	Способен к организации научно-исследовательской деятельности в области (сфере) профессиональной деятельности	ПК-1.1. Владеет приемами обобщения и критической оценки результатов отечественных и зарубежных научных исследований по проблемам электро-энергетических систем и сетей ПК-1.2. Обобщает, анализирует и критически оценивает результаты отечественных и зарубежных научных исследований по вопросам электро-энергетических систем и сетей ПК-1.3. Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в соответствии с требованиями к нормативной документации в соответствующей области знаний	Тема 1. Основные понятия и определения. Компьютерное моделирование. Требования к математическим моделям. Классификация математических моделей. Тема 2. Основные типы задач моделирования в электроснабжении. Особенности задач моделирования в электроснабжении. Тема 3. Основы работы с MATLAB. Тема 4. Основы работы с Simulink. Тема 5. Основы работы с SimPowerSystems. Тема 6. Математические модели базовых элементов электротехники. Тема 7. Моделирование элементов систем электроснабжения. Математическая модель линий электропередач. Тема 8. Математическая модель двухобмоточного трансформатора.	1 1 1 1 1 1 1 1

			Тема 9. Математическая модель трехобмоточного трансформатора.	1	
			Тема 10. Моделирование комплексной нагрузки.	1	
			Тема 11. Моделирование и исследование переходного процесса в индуктивности, конденсаторе и выпрямителе.	1	
			Тема 12. Моделирование и исследование трансформаторной подстанции.	1	
			Тема 13. Моделирование и исследование двигателя постоянного тока и асинхронного двигателя.	1	
			Тема 14. Моделирование и исследование асинхронного электропривода.	1	
2	ПК-4	Способен выполнять анализ режимов работы объектов профессиональной деятельности	ПК-4.1. Знает нормативную документацию диспетчерского центра, определяющую порядок управления электро-энергетическим режимом энергосистемы, технологическими режимами работы и эксплуатационным состоянием объектов диспетчеризации	Тема 1. Основные понятия и определения. Компьютерное моделирование. Требования к математическим моделям. Классификация математических моделей.	1
				Тема 2. Основные типы задач моделирования в электроснабжении. Особенности задач моделирования в электроснабжении.	1
				Тема 3. Основы работы с MATLAB.	1

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ПК-1	<p>ПК-1.1. Владеет приемами обобщения и критической оценки результатов отечественных и зарубежных научных исследований по проблемам электроэнергетических систем и сетей</p> <p>ПК-1.2. Обобщает, анализирует и критически оценивает результаты отечественных и зарубежных научных исследований по вопросам электроэнергетических систем и сетей</p> <p>ПК-1.3. Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в соответствии с требованиями к нормативной документации в соответствующей области знаний</p>	<p>Знать: приемы обобщения и критической оценки результатов отечественных и зарубежных научных исследований по проблемам электроэнергетических систем и сетей</p> <p>Уметь: обобщать, анализировать и критически оценивать результаты отечественных и зарубежных научных исследований по вопросам электроэнергетических систем и сетей</p> <p>Владеть: навыками оформления результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в соответствии с требованиями к нормативной документации</p>	<p>Тема 1.</p> <p>Тема 2.</p> <p>Тема 3.</p> <p>Тема 4.</p> <p>Тема 5.</p> <p>Тема 6.</p> <p>Тема 7.</p> <p>Тема 8.</p> <p>Тема 9.</p> <p>Тема 10.</p> <p>Тема 11.</p> <p>Тема 12.</p> <p>Тема 13.</p> <p>Тема 14.</p>	<p>Вопросы для контроля усвоения теоретического материала, тестовые задания, выполнение задания на практических занятиях</p>

2	ПК-4	<p>ПК-4.1. Знает нормативную документацию диспетчерского центра, определяющую порядок управления электро-энергетическим режимом энергосистемы, технологическими режимами работы и эксплуатационным состоянием объектов диспетчеризации</p> <p>ПК-4.2. Применяет в работе техническую, в том числе инструктивную и оперативную документацию</p> <p>ПК-4.3. Владеет основными методами создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства, поведение и режимы работы объектов профессиональной деятельности</p>	<p>Знать:</p> <p>нормативную документацию диспетчерского центра, определяющую порядок управления электро-энергетическим режимом энергосистемы, технологическими режимами работы и эксплуатационным состоянием объектов диспетчеризации</p> <p>Уметь: применять в работе техническую, в том числе инструктивную и оперативную документацию</p> <p>Владеть: методами создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства, поведение и режимы работы объектов профессиональной деятельности</p>	<p>Тема 1.</p> <p>Тема 2.</p> <p>Тема 3.</p> <p>Тема 4.</p> <p>Тема 5.</p> <p>Тема 6.</p> <p>Тема 7.</p> <p>Тема 8.</p> <p>Тема 9.</p> <p>Тема 10.</p> <p>Тема 11.</p> <p>Тема 12.</p> <p>Тема 13.</p> <p>Тема 14.</p>	<p>Вопросы для контроля усвоения теоретического материала, тестовые задания, выполнение задания на практических занятиях</p>
---	------	--	---	--	--

8.1. Тестовые задания

(низкий уровень)

1. В чем заключается сущность процесса моделирования?
 - а) это замещение одного объекта (оригинала) другим (моделью) и фиксация или изучение свойств оригинала путем исследования свойств модели;
 - б) моделирование – это процесс физического познания реальной системы;
 - в) моделирование – это процесс описания реальной системы с использованием средств вычислительной техники;
 - г) моделирование – это познание физических процессов.
2. Что понимается под объектом-оригиналом?
 - а) компьютерная технология;
 - б) это воображаемая система;
 - в) объектом-оригиналом может быть естественная и искусственная, реальная или воображаемая система;
 - г) это реальные процессы.

3. Что понимается под математической моделью?

- а) математическая модель – это описание реального объекта с помощью дифференциальных уравнений;
- б) математическая модель – это модель, разработанная математиком;
- в) представление изучаемого явления, процесса или объекта с помощью математических соотношений и формул;
- г) математическая модель – это описание объекта с помощью систем уравнений.

4. С чего начинается процесс моделирования?

- а) процесс моделирования начинается с разработки программы;
- б) процесс моделирования начинается с формализации объекта;
- в) моделирование начинается с выбора средств моделирования;
- г) правильных ответов нет.

5. Численное исследование модели дает

- а) возможность определять разнообразные характеристики процессов;
- б) оптимизировать конструкции или режимы функционирования проектируемых устройств;
- в) исследовать объект;
- г) верно первое и второе утверждение.

6. Что собой представляет теория моделирования?

- а) это теория разработки моделей;
- б) это взаимосвязанная совокупность положений, определений, методов и средств создания и изучения моделей;
- в) совокупность методов создания моделей;
- г) теория замещения одних объектов (оригиналов) другими объектами (моделями) и исследования свойств объектов на их моделях;
- д) нет правильного ответа.

7. Пакет ELCUT служит для моделирования

- а) электрического поля;
- б) поля постоянного тока;
- в) температурного поля;
- г) верны все высказывания;
- д) нет правильного ответа.

8. Электростатическое поле описывается уравнениями

- а) ОДУ;
- б) гиперболического типа;
- в) эллиптического типа;
- г) линейными;
- д) нет правильного ответа.

9. Что понимается под предметом теории моделирования?

- а) модели реальных объектов или систем;
- б) совокупность положений определений, методов или средств моделирования и сами модели;
- в) программные средства для разработки моделей;
- г) методы теории моделирования;

10. Какие модели вы знаете?

- а) физическая, масштабная, географическая, математическая, химическая;
- б) математическая, имитационная, оптимизационная, масштабная, аналоговая;
- в) физическая, аналоговая, математическая, абстрактная, вычислительная;
- г) физические, математические, социальные.

11. Какие методы используются для исследования математической модели?

- а) аналитические, численные, дифференциальные, графические;
- б) аналитические, имитационные, визуальные, графические;

- в) аналитические, численные, имитационные, качественные;
 г) интегральные и асимптотические.

12. В каких двух случаях мы сталкиваемся с проблемой моделирования?

- а) в процессах познания и управления;
 б) в процессах прогнозирования и анализа;
 в) в процессах наблюдения и алгоритмизации;
 г) в производственных процессах и явлениях.

13. Что понимается под управлением в теории моделирования?

- а) процесс достижения целевого состояния;
 б) процесс целенаправленного воздействия на объект;
 в) процесс создания управляющего устройства;
 г) управление – эта корректировка и настройка параметров объекта.

14. Какие типы объектов Вы знаете?

- а) статический, динамический, стохастический, детерминированный, линейный, нелинейный;
 б) статический, динамический, детерминированный, стохастический, нелинейный, идентификационный;
 в) динамический, статический, имитационный, стохастический, линейный, нелинейный;
 г) правильных ответов нет.

15. В какой программе можно моделировать электрическое поле?

- а) *FEMM;
 б) Microcap;
 в) Word;
 г) Exel.

16. Что представляет собой модель любой типовой технологической операции?

- а) это система дифференциальных и алгебраических уравнений с заданными начальными условиями;
 б) дифференциальное уравнение;

- в) блок-схема;
 г) график состояний.

17. Что понимается под технологией моделирования?

- а) строго определенная последовательность этапов исследования модели;
 б) расчет значений параметров системы;
 в) взгляд разработчика на математическую модель;
 г) совокупность математических зависимостей.

18. Модель – это...

- а) структура системы;
 б) объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала;
 в) алгоритм функционирования;
 г) описание объекта.

19. Что понимается под имитационным моделированием?

- а) расчет характеристик системы по заданному набору аналитических зависимостей;
 б) проведение экспериментов с математической моделью;
 в) искусственный вероятностный процесс для решения поставленной задачи;
 г) дискретно-событийное детерминированное представление исследуемого процесса.

20. Какой тип математических моделей использует алгоритмы?

- а) аналитические;
 б) знаковые;
 в) имитационные;
 г) детерминированные.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Тестовые задания»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5 (отлично)	85 – 100% правильных ответов
4 (хорошо)	71 – 85% правильных ответов
3 (удовлетворительно)	61 – 70% правильных ответов
2 (неудовлетворительно)	60% правильных ответов и ниже

8.2. Вопросы для контроля усвоения теоретического материала

(средний уровень)

1. Из каких элементов состоит схема замещения ЛЭП, какова их физическая сущность?
2. В чем состоит основное отличие схем замещения ЛЭП городских электрических сетей от схем замещения ЛЭП районных электрических сетей?
3. Чем обусловлена активная и емкостная проводимость ЛЭП?
4. В чем основное отличие схем замещения ЛЭП, выполненных проводами СИП?
5. Нарисуйте схему замещения ЛЭП, принятую в программе MATLAB, назовите ее основные отличия от схем замещения ЛЭП городских электрических сетей.
6. Какими стандартными блоками библиотеки Simulink можно моделировать участки линий городских электрических сетей?
7. В каких случаях необходим учет емкостной проводимости ЛЭП городских электрических сетей напряжением 10 и 35 кВ?
8. Какими схемами замещения моделируется двухобмоточный трансформатор?
9. Какие элементы схемы замещения трансформатора учитывают магнитную связь между обмотками?
10. Какие каталожные данные необходимо знать при определении параметров трансформатора для моделирования стандартными блоками библиотеки Simulink.
11. Как перейти от параметров, заданных в абсолютных единицах, к относительным единицам.
12. Из каких разделов состоит поле задания параметров трансформатора блока Tree-Phase Transformer (Two Windings) и в каких единицах возможно задание параметров этого блока?
13. Как можно с помощью программы MATLAB проверить соответствие параметров трансформатора, полученных расчетным путем, его каталожным данным?
14. Какие схемы соединения обмоток трансформаторов применяются в городских электрических сетях и почему?
15. Какими параметрами задаются нагрузки в системах электроснабжения?
16. Что такое регулирующий эффект нагрузки?
17. Как называется зависимость изменения нагрузки во времени?
18. Какие способы моделирования нагрузок вы знаете?
19. Какие способы моделирования нагрузок применяются в программе MATLAB?
20. Чем отличается моделирование в программе MATLAB реального и идеального источников электрической энергии?
21. От чего зависят потери напряжения в линии?
22. Что такое потеря напряжения и падение напряжения?
23. Как определяются продольная и поперечная составляющие падения напряжения в линии?
24. Как определяется величина потерь напряжения в линии при расчете сети по упрощенной методике?
25. Как влияет принятая модель нагрузки на результаты расчета?
26. Как влияет регулирующий эффект нагрузки на уровень напряжения в сети? Как его можно учесть при моделировании сети в программе MATLAB?
27. Постройте векторную диаграмму падения напряжения в линии с одной нагрузкой на конце.

28. В чем разница в моделях линии напряжением 10кВ и 110 кВ?
29. Какая сеть называется однородной?
30. Может ли напряжение в начале линии быть меньше, чем напряжение в конце?
31. Как с помощью моделирования силовых трансформаторов можно проверить правильность определения параметров трансформатора?
32. Как влияет коэффициент загрузки трансформатора на величину потерь энергии в сети? При какой величине коэффициента загрузки потери мощности в трансформаторе минимальны?
33. На какую составляющую потерю мощности трансформатора влияет увеличение коэффициента мощности сети?
34. Эффективность снижения потерь напряжения в сети за счет компенсации реактивной мощности выше при выполнении линии проводами марок АС или СИП?
35. От каких факторов зависит пропускная способность сети?
36. Назовите методы повышения пропускной способности сети.
37. По какому условию осуществляется выбор конденсаторных батарей для продольного включения в сеть 10 кВ?
38. Как с помощью моделирования сети определить точку оптимального продольного включения конденсатора в сеть?
39. Какое напряжение для измерения необходимо задавать в окне настроек блока Three-Phase V-I Measurement при использовании его для подключения блока 3-phase Instantaneous Active &?
40. Каковы преимущества и недостатки линий с двухсторонним питанием?
41. В чем заключается сложность расчета линии с двухсторонним питанием?
42. Как найти распределение мощностей (токов) в схеме с двухсторонним питанием?
43. От каких параметров сети зависит величина уравнительной мощности (тока), когда она возникает?
44. Как определить наибольшие потери напряжения в линии с двухсторонним питанием в нормальном и аварийном режиме?
45. Как определить оптимальную точку размыкания сети по условию минимума потерь мощности в ней?
46. Объясните необходимость задания напряжения источника в виртуальной модели сети выше номинального значения для того, чтобы нагрузка в каждой точке сети соответствовала заданному вами в настройках блока значению. Какие устройства в реальных электрических сетях применяются для такого регулирования?
47. Как с помощью блока Powergui определить потери и падение напряжения на каждом участке моделируемой сети?
48. Назовите основные показатели качества электрической энергии.
49. Какие факторы влияют на величину допустимых потерь напряжения в сети?
50. Как влияет отклонение напряжения от номинального на работу электроприемников?
51. Каковы причины значительных отклонений напряжения у городских потребителей?
52. Каковы причины несимметрии напряжения у городских потребителей?
53. Какие существуют способы регулирования напряжения, какие из них наиболее приемлемы для городских электрических сетей?
54. Что показывает коэффициент потерь мощности, как он определяется?
55. Объясните с помощью векторной диаграммы напряжений причину появления напряжения смещения нейтральной точки сети.
56. Что является причиной появления систематической и вероятностной несимметрии в сети 0,38 кВ?
57. Назовите основные способы уменьшения несимметрии в городских распределительных сетях 0,38 кВ.
58. На чем основан принцип действия симметрирующих устройств? Нарисуйте их принципиальные схемы по результатам патентного поиска.

Лектор или преподаватель, ведущий практические занятия по дисциплине производит устный опрос по пройденным теоретическим материалам и выставляет оценку в журнале с текущей успеваемостью.

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству
«Вопросы для контроля усвоения теоретического материала»**

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5 (отлично)	Обучающийся глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
4 (хорошо)	Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

8.3 Практическое (прикладное) задание

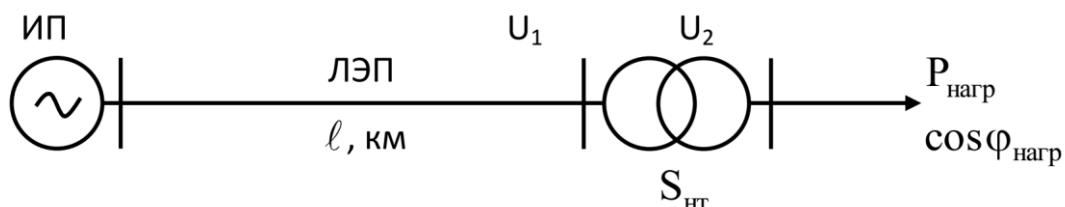
(высокий уровень)

Задания, выполняемые на практических занятиях:

Задание 1.

1. Для схемы сети, изображенной на рисунке определить параметры для создания модели в программе MATLAB.

Схема состоит из источника питания (ИП), одноцепепной ЛЭП длиной ℓ , силового трансформатора номинальной мощностью $S_{\text{нт}}$, номинальным напряжением обмоток U_1 и U_2 . К трансформатору подключена нагрузка на напряжении U_2 с мощностью $P_{\text{нагр}}$ и коэффициентом мощности $\cos\varphi_{\text{нагр}}$.



2. Выполнить моделирование сети с помощью стандартных блоков программы MATLAB.

3. Найти напряжение на шинах источника, токи на стороне высокого и низкого напряжений, коэффициент мощности у источника питания. Сравнить коэффициенты мощности источника питания и нагрузки, сделать вывод.

4. Исследовать на созданной модели сети влияние коэффициента загрузки трансформатора на потери мощности в сети.

5. На шинах нагрузки подключить конденсаторную батарею, оценить влияние реактивной мощности генерируемой батареей, на величину потерь напряжения и потерь мощности в линии.

6. Определить величину емкости конденсаторной батареи для продольного включения в сеть на головном участке моделируемой сети с целью полной компенсации индуктивного сопротивления линии, оценить, насколько при этом увеличивается напряжение на выходе конденсаторной батареи по сравнению с напряжением на входе.

Задание 2.

1. Изучить теоретические сведения о расчете сложных замкнутых сетей, рассмотреть расчет сетей.

2. Для заданного варианта выполнить электрический расчет замкнутой сети.

3. Определить потоки мощностей по участкам сети в нормальном режиме, определить точку токораздела.

4. Выполнить расчет потерь напряжения в нормальном и аварийном режимах.

5. Вычислить напряжения в узловых точках линии и построить кривые распределения напряжений по длине линии.

6. По заданному варианту задания рассчитать параметры схемы замещения сети для моделирования в программе MATLAB.

7. Собрать имитационную модель сети в программе MATLAB приложении Simulink.

8. Результаты измерений и вычислений свести в таблицу и построить графики изменения напряжения вдоль линии.

9. Выполнить оценку величины уравнительных токов (мощностей) от уровня напряжений источников, оценить их влияние на распределение мощностей между источниками

10. Сравнить экспериментальные и расчетные данные и дать заключение по выполненной работе.

11. Определить потери мощности в сети по показаниям приборов в модели сети, поочередно произвести размыкание в сети в узлах 1, 2, 3. Найти оптимальную точку размыкания с точки зрения минимума потерь мощности. Дать пояснения, сделать выводы.

12. Выполнить сравнительный анализ моделирования нормального режима работы сети по параметрам, рассчитанным в данной работе, и по параметрам, рассчитанным с помощью инструмента «Compute RLC Line Parameters» блока Powergui, передав их в блок Three-Phase PI Section Line, дать необходимые пояснения, оценку погрешности при несовпадении результатов расчета.

Задание 3.

1. Определить параметров схемы замещения сети и нагрузок по заданному варианту для моделирования в программе MATLAB.

2. Определить потери мощности в каждой фазе по приборам виртуальной установки. Потери определяются как разность показаний приборов в начале и конце моделируемого участка (Display1 и Display2) каждой фазы.

3. Определить величины токов и напряжений и их фазы на каждом участке сети по показаниям блока Powergui.

4. Построить векторные диаграммы токов несимметричного режима. Определить симметричные составляющие и показатели несимметрии для каждого из рассматриваемых режимов.

5. Оценить влияние показателей несимметрии на величину потерь напряжения и потерь мощности в сети.

6. Оценить влияние конструктивного исполнения линии (сечения фазных проводов и нулевого провода, марка провода) на потери мощности в сети при одной и той же несимметрии нагрузки.

7. Определить коэффициенты увеличения мощности.

8. Построить зависимости коэффициента потерь мощности от коэффициентов несимметрии K_{2U} , K_{0U} , K_{2I} , K_{0I} .

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Практическое задание»

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов
5 (отлично)	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала.
4 (хорошо)	Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала.

8.4 Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Вопросы к экзамену:

1. Дать определение математического моделирования.
2. Что такое математическая модель?
3. Что такое физическая модель?
4. Отличие материальных и идеальных моделей.
5. Свойства эффективной модели.
6. Процедура формирования эффективной модели.
7. Правила составления математических моделей.
8. Для чего составляются дифференциальные уравнения.
9. Как вычислить корень характеристического уравнения.
10. Методы решения дифференциальных уравнений в математическом пакете MathCad.
11. Типы дифференциальных уравнений.
12. Операторы для решения дифференциальных уравнений в математическом пакете MathCad.
13. Что такое 1-я производная?
14. Что такое 2-я производная?
15. Из чего складывается погрешность решения дифференциального уравнения в математическом пакете MathCad?
16. Дать определения установившегося режима в цепи?
17. Что такое постоянная времени измерительной цепи?
18. Что такое электрический конденсатор?
19. Дать определение переходному процессу.
20. Основные методы анализа переходных процессов.
21. Необходимость применения моделирования при исследовании технических систем.
22. Нужно ли стремиться к абсолютному подобию модели и оригинала?
23. Дайте определения понятиям «модель», «оригинал», «моделирование».
24. Приведите примеры объектов и их возможных моделей в электроснабжении.

25. Каковы основные цели моделирования технических объектов?
26. Назовите и кратко охарактеризуйте основные этапы моделирования.
27. Назовите возможные классификационные признаки моделей.
28. Приведите классификацию и дайте примеры идеальных (абстрактных) моделей.
29. Приведите классификацию и дайте примеры материальных моделей.
30. Охарактеризуйте особенности физического и натурного моделирования, приведите примеры их использования в задачах электроснабжения.
31. Дайте характеристику математических моделей; приведите их примеры.
32. Назовите достоинства и особенности математического моделирования.
33. Охарактеризуйте основные этапы компьютерного моделирования.
34. Основные требования к математическим моделям.
35. Классификация математических моделей.
36. В чем состоит основное отличие между структурными и функциональными математическими моделями, их достоинства и недостатки?
37. В чем состоит основное отличие между аналитическими и алгоритмическими математическими моделями, их достоинства и недостатки?
38. Дайте характеристику имитационных математических моделей; назовите область их применения, объясните преимущества.
39. Назовите основные типы задач моделирования в электроснабжении, дайте им краткую характеристику.
40. Каковы особенности задач моделирования в электроснабжении, требования к точности выходных данных?
41. Математические модели простейших элементов электротехнических устройств.
42. Математическая модель резистора в цепи переменного тока, временные диаграммы напряжения, тока, мощности и энергии.
43. Математическая модель индуктивности в цепи переменного тока, временные диаграммы напряжения, тока, мощности и энергии.
44. Математическая модель емкости в цепи переменного тока, временные диаграммы напряжения, тока, мощности и энергии.
45. Математические модели источников питания систем электроснабжения и какие существуют особенности их моделирования.
46. Математическая модель двигателей для учета подпитки места короткого замыкания.
47. Как моделируются элементы электрических сетей при расчете рабочих режимов систем электроснабжения?
48. Математическая модель силового трансформатора.
49. Математическая модель линии электропередач.
50. Основные методы моделирования электрических нагрузок, их достоинства и недостатки.

Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации «экзамен»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5 (отлично)	Обучающийся глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.

4 (хорошо)	Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медицинско-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;

- продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;

- продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			