

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Стахановский инженерно-педагогический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Кафедра электромеханики и транспортных систем

УТВЕРЖДАЮ:
Директор СИПИ (филиала)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
_____ А.А. Авершин
(подпись)
« 21 » апреля 2023 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
магистерская программа «Электроснабжение»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование электротехнических систем» по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника - 26 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование электротехнических систем» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 года № 147 (с изменениями и дополнениями от 26 ноября 2020 г., 8 февраля 2021 г.)

СОСТАВИТЕЛИ:

канд. психол. наук, доцент Авершин А.А.

канд. техн. наук, доцент Петров А.Г.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электромеханики и транспортных систем «18» апреля 2023 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой
электромеханики и транспортных систем  А.Г. Петров

Переутверждена: « » 20 г., протокол № .

Переутверждена: « » 20 г., протокол № .

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Стахановского инженерно-педагогического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» «21» апреля 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии
СИПИ (филиала) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»  Н.В. Банник

©Авершин А.А., Петров А.Г., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – изучение методов моделирования и исследования элементов и комплексов электротехники и электротехнических систем с помощью пакетов прикладных программ на электронной вычислительной машине (ЭВМ).

Задачи: формирование знаний по общим принципам и методам математического моделирования в инженерной деятельности, формирование навыков практического использования методов математического моделирования в области электромеханики, электроэнергетики и электротехники; формирование прочной теоретической базы и практического опыта в области общих физических закономерностей функционирования основного электрооборудования

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, учебного плана подготовки студентов по направлению 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Физика», «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Математическое моделирование и математическая статистика» и служит основой для освоения дисциплин «Электротехнологические установки и системы», «Телемеханика и связь», прохождения производственных практик, подготовки и защиты курсовых и квалификационных работ, научно-исследовательской деятельности магистра и будущей профессиональной деятельности

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1. Знает: принципы, методы, приемы критического анализа; структуру, классификацию проблемных ситуаций; сущность и основные принципы системного подхода; способы постановки и этапы решения проблем УК-1.2. Умеет: анализировать проблемную ситуацию на основе системного подхода;	Знать: эффективные способы совершенствования и развития своего интеллектуального и общекультурного уровня; новые методы исследования, к освоению новых сфер профессиональной деятельности; Уметь: творчески и критически мыслить, анализировать, синтезировать информацию

	<p>осуществлять сбор информации, определять ресурсы для решения проблемной ситуации, выбирать и описывать стратегию действий разрешения проблемной ситуации, оценивать выбранную (реализуемую) стратегию действий, изучать стратегические альтернативы решения проблемы; определять в рамках выбранной стратегии действий вопросы (задачи), подлежащие дальнейшей разработке</p> <p>УК-1.3. Владеет: методикой описания проблемной ситуации и формулирования проблемы; методикой решения проблемной ситуации; методами аргументации выбранных стратегий действий</p>	<p>при решении конкретных научно-исследовательских задач;</p> <p>Владеть: способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу, способностью совершенствоваться и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень;</p>
<p>ОПК-1. Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки</p>	<p>ОПК-1.1. Знает: состав, содержание и область действия нормативных правовых актов в сфере образования; психолого-педагогические основы профессионального взаимодействия; содержание основных категорий профессиональной этики; структуру управления образовательной организацией</p> <p>ОПК-1.2. Умеет: выстраивать (корректировать) профессиональную деятельность в соответствии с нормативными правовыми актами Российской Федерации и локальными нормативными актами образовательной организации; анализировать и оптимизировать процессы в сфере профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-1.3. Владеет: методами</p>	<p>Знать: методы научного исследования; особенности технологии подготовки научной документации, докладов, статей; теорию и методику педагогического проектирования;</p> <p>Уметь: профессионально составлять научную документацию, доклады, статьи; проектировать и оценивать педагогические (образовательные) системы;</p> <p>Владеть: методами педагогического проектирования; методикой внеклассных форм проведения занятий; навыками определения соответствия востребованным профессиональным квалификациям;</p>

	<p>поиска и анализа нормативных правовых актов и локальных нормативных актов образовательной организации, регламентирующих различные аспекты профессиональной деятельности; нормами профессиональной этики при взаимодействии с участниками образовательных отношений; основами анализа и планирования профессиональной деятельности</p>	
<p>ПК-3 – Способен обеспечивать учет и контроль данных об объемах потребляемых энергетических ресурсов в организации</p>	<p>ПК 3.1. Определяет и контролирует объемы потребления энергетических ресурсов по процессам и объектам организации ПК 3.2. Обеспечивает декларирование потребления энергетических ресурсов в организации</p>	<p>Знать: конструкцию и принцип действия технических средств учета и контроля данных о потреблении энергетических ресурсов организации; методы обеспечения учета и контроля данных об объемах потребляемых энергетических ресурсов предприятиями и организациями; Уметь: контролировать объемы потребления энергетических ресурсов; Владеть: методами анализа и моделирования электрических цепей объектов профессиональной деятельности; способностью применять правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда в сфере 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	Очно-заочная форма	Заочная форма
Объем учебной дисциплины (всего)	216 (6 з.е.)	216 (6 з.е.)	216 (6 з.е.)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка дисциплины (всего)	76	-	28
в том числе:			
Лекции	30	-	12
Семинарские занятия	-	-	-
Практические занятия	46	-	16
Лабораторные работы	-	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-	-
Другие методы и формы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>)	-	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	140	-	188
Итоговая аттестация	зачет, экзамен	-	зачет, экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Общая теория электротехнических комплексов и систем.

Тема 2. Методы исследования линейных и нелинейных электрических систем. Имитационное моделирование.

Тема 3. Моделирование статических режимов электрических систем.

Тема 4. Техническое и программное обеспечение для моделирования.

Тема 5. Моделирование переходных процессов в электрических системах.

Тема 6. Модели асинхронного электродвигателя.

Тема 7. Моделирование электромагнитных и тепловых полей в электротехнических устройствах.

Тема 8. Основы магнитной гидродинамики.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
1	Общая теория электротехнических комплексов и систем. Составление дифференциальных уравнений электрических цепей.	2	-	1
2	Начальные и граничные условия. Методы исследования линейных и нелинейных электрических систем.	2	-	1

3	Имитационное моделирование. Исследование систем с динамическими характеристиками	2	-	1
4	Моделирование статических режимов электрических систем. Электрические и магнитные свойства силового трансформатора.	4	-	1
5	Особенности моделирования коммутационных аппаратов. Техническое и программное обеспечение для моделирования.	2	-	1
6	Моделирование динамики электрических систем с применением преобразования Лапласа. Алгоритмы параметрического анализа.	2	-	1
7	Алгоритмы синтеза и оптимизации. Модели асинхронного электродвигателя.	2	-	1
8	Модели систем автоматического управления асинхронным электродвигателем с обратными связями по току и частоте. Моделирование электростатических полей высоковольтного оборудования.	4	-	1
9	Моделирование магнитных полей в аппаратах постоянного тока. Моделирование полей в токопроводящих элементах.	2	-	1
10	Моделирование переменных электромагнитных полей в трансформаторах. Моделирование переменных электромагнитных полей в ферромагнитных конструкциях.	4	-	1
11	Модели теплопередачи с учетом конвекции и излучения. Свободная и вынужденная конвекция в жидких диэлектриках.	2	--	1
12	Основы магнитной гидродинамики. Электровихревые течения в расплавах.	2	-	1
Итого:		30	-	12

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
1	Уравнения электрических цепей	2	-	
2	Решение дифференциальных уравнений и систем	4	--	1
3	Динамические характеристики элементов и нагрузок	4	-	1
4	Расчет параметров системы электроснабжения	4	-	2
5	Модели трансформатора. Гистререзис	4		
6	Моделирование коммутационных аппаратов. Методы задания электрической дуги	4	--	2
7	Моделирование методом передаточных функций	4	-	2
8	Моделирование асинхронного электродвигателя	4	-	2
9	Моделирование электростатических полей высоковольтного оборудования	4	-	
10	Моделирование полей в токопроводящих средах	4	-	2
11	Моделирование переменных электромагнитных полей	4	-	2

	в трансформаторе			
12	Моделирование теплопередачи токопроводящих систем с учетом конвекции и излучения	4	-	2
Итого:		46	-	16

4.5. Лабораторные работы- не предусмотрены.

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
1	Общая теория электротехнических комплексов и систем.	Подготовка к практическому занятию (ПЗ), к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	17	-	23
2	Методы исследования линейных и нелинейных электрических систем. Имитационное моделирование.	Подготовка к ПЗ, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	17	-	23
3	Моделирование статических режимов электрических систем.	Подготовка к ПЗ, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	17	-	23
4	Техническое и программное обеспечение для моделирования.	Подготовка к ПЗ, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	17	-	23
	Моделирование переходных процессов в электрических системах.	Подготовка к ПЗ, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	19	-	25
6	Модели асинхронного электродвигателя.	Подготовка к ПЗ, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	17	-	23
7	Моделирование электромагнитных и тепловых полей в электротехнических устройствах.	Подготовка к ПЗ, к текущему и промежуточному контролю знаний и умений.	19	-	25
8	Основы магнитной гидродинамики.	Подготовка к ПЗ, к текущему и	17	-	23

		промежуточному контролю знаний и умений.			
Итого:			140	-	188

4.7. Курсовые проекты (работы) - не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся используются инновационные образовательные технологии при реализации различных видов аудиторной работы в сочетании с внеаудиторной. Используемые образовательные технологии и методы направлены на повышение качества подготовки путем развития у обучающихся способностей к самообразованию и нацелены на активизацию и реализацию личностного потенциала.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- аудиторные занятия – лекции, практические работы в соответствии с учебным планом;

- информационные технологии – использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям (электронный конспект, видеофайлы, размещенные во внутренней сети).

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются:

- работа в команде: совместная работа студентов в группе при выполнении практических работ;

- самостоятельная работа студентов: освоение теоретического материала, подготовка к выполнению практических и лабораторных работ, защита выполненных работ, выполнение и защита курсового проекта, подготовка к экзамену.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими практические работы по дисциплине в следующих формах:

- собеседование (устный или письменный опрос);

- практические занятия;

- защита практических работ.

Форма аттестации: по результатам освоения дисциплины аттестация проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответы на теоретические вопросы). Студенты, выполнившие 75 % текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

Шкала оценивания (экзамен)	Характеристика знания предмета и ответов	Шкала оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме 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.	зачтено
хорошо (4)	Студент 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.	зачтено
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие 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.	зачтено
неудовлетворительно (2)	Студент 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. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.	не зачтено

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Платоненков С.В., Моделирование электромеханических систем в среде MATLAB: учебное пособие / С.В. Платоненков, Е.В. Лимонникова - Архангельск: ИД САФУ, 2016. - 104 с. - ISBN 978-5-261-01121-7 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261011217.html>

2. Волощенко П.Ю., Моделирование электронных компонентов интегральных схем методами теории электрических цепей: учебное пособие /

Волощенко П. Ю. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2017. - 104 с. - ISBN 978-5-9275-2654-3 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927526543.html>

3. Штанг А.А., Моделирование тягового привода в MATLAB Simulink: учеб.-метод. пособие / Штанг А. А. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. - 48 с. - ISBN 978-5-7782-2836-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228368.html>

4. Волощенко П.Ю., Моделирование нелинейных электрических процессов в элементах электронной волновой цепи: учебное пособие / Волощенко П. Ю. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. - 116 с. - ISBN 978-5-9275-3038-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927530380.html>

б) дополнительная литература:

1. Черных И.В., Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink / Черных И.В. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 288 с. (Серия "Проектирование") - ISBN 5-94074-395-1 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5940743951.html>

2. Гурова Е.Г., Моделирование электротехнических систем: учеб. пособие / Гурова Е.Г. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. - 52 с. - ISBN 978-5-7782-2569-5 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778225695.html>

3. Гаврилов Л.П., Расчет и моделирование линейных электрических цепей с применением ПК: учебник / Гаврилов Л.П. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2018. - 634 с. - ISBN 978-5-91359-272-9 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913592729.html>

4. Рябенский В.М., Практическая электротехника: Основы электротехники с использованием MATLAB/Simulink / В.М. Рябенский, Л.В. Солобуто, А.И. Черевко, Е.В. Лимонникова - Архангельск: ИД САФУ, 2014. - 413 с. - ISBN 978-5-261-00970-2 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261009702.html>

5. Черевко А.И., Исследование эффективности работы управляемых выпрямителей методами математического моделирования в МС и/или Matlab / Черевко А.И. - Архангельск: ИД САФУ, 2014. - 107 с. - ISBN 978-5-261-00931-3 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261009313.html>

6. Лимонникова Е.В., Тепловые режимы работы трансформаторов с вращающимися магнитными полями: монография / Лимонникова Е.В. - Архангельск: ИД САФУ, 2014. - 82 с. - ISBN 978-5-261-00923-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261009238.html>

7. Воротников И.Н., Моделирование в электроэнергетике: учебное пособие / И.Н. Воротников, М.А. Мастепаненко, И.К. Шарипов, С.В. Аникуев. - Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2018. - 128 с. - ISBN 978-5-9596-1419-5 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785959614195.html>
8. Приступ А.Г., Моделирование магнитных полей в программе FEMM: учеб.-метод. пособие / Приступ А.Г. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. - 92 с. - ISBN 978-5-7782-1936-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778219366.html>
9. Волощенко П.Ю., Моделирование нелинейных электрических процессов в элементах электронной волновой цепи: учебное пособие / Волощенко П. Ю. - Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. - 116 с. - ISBN 978-5-9275-3038-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927530380.html>
10. Лыкин А.В., Математическое моделирование электрических систем и их элементов: учеб. пособие / Лыкин А.В. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. - 227 с. - ISBN 978-5-7782-2262-5 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778222625.html>
11. Герасименко А.А., Статистическое моделирование электрических нагрузок в задаче определения интегральных характеристик систем распределения электрической энергии / А.А. Герасименко, И.В. Шульгин - Красноярск: СФУ, 2014. - 208 с. - ISBN 978-5-7638-2931-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763829310.html>
12. Герасименко А.А., Оптимальная компенсация реактивной мощности в системах распределения электрической энергии / Герасименко А.А., Нешатаев В.Б. - Красноярск: СФУ, 2012. - 218 с. - ISBN 978-5-7638-2630-2 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763826302.html>
13. Аносов В.Н., Теория автоматического управления: учеб.-метод. пособие / Аносов В.Н. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. - 68 с. - ISBN 978-5-7782-3036-1 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778230361.html>
14. Фомичев В.П., Магнитогидродинамика: учеб. пособие / В.П. Фомичев - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. - 150 с. - ISBN 978-5-7782-1802-4 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778218024.html>
15. Темам Р., Математическое моделирование в механике сплошных сред / Р. Темам, А. Миранвиль; пер. с англ. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ, 2014. - 320 с. (Математическое моделирование.) - ISBN 978-5-9963-2312-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323128.html>
16. Инкин А.И., Специальные главы электротехники. Электротепловые поля и аналитические расчеты параметров проводников в установках

электронагрева: учеб. пособие / Инкин А.И. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. - 156 с. - ISBN 978-5-7782-2076-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778220768.html>

17. Каменарович М.Б., Теория и практика использования бегущего магнитного поля при заполнении литейной формы и получении отливок из алюминиевых сплавов: Монография / Каменарович М.Б. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. - 268 с. - ISBN 978-5-7038-3201-1 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703832011.html>

18. Бутырин П.А., Сборник задач по теоретическим основам электротехники: в 2 т. Том 2. Электрические цепи с распределенными параметрами. Электромагнитное поле: учебное пособие для вузов / Бутырин П.А. - М.: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01182-9 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011829.html>

в) методические указания:

1. Конспект лекций по дисциплине «Моделирование электротехнических систем» для студентов / А.Л. Кухарев – СУНИГОТ, 2017. – 83с.

2. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Моделирование электротехнических систем». / А.Л. Кухарев. – Стаханов: СУНИГОТ 2018. – 33 с.

г) интернет-ресурсы:

Министерство науки и высшего образования РФ -

<https://minobrnauki.gov.ru/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки -

<https://minobrnauki.gov.ru/>

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

Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов -

<http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»

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

2. Электронная библиотека ФГБОУ ВО «ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова» «МегаПро» <https://jiweb.srspu.ru/MegaProWeb/Web>.

3. Научная библиотека имени А.И. Коняева

<http://biblio.dahluniver.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций/слайдов, видеофайлов; аудитория, оснащенная презентационной техникой (компьютер), набор таблиц и плакатов и т.п.

Лекционные и практические занятия проводятся в специальных аудиториях оснащенных персональными компьютерами.

Освоение дисциплины предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: 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 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

9. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Моделирование электротехнических систем»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики.

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенций (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1	УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 4 Тема 5 Тема 6 Тема 7 Тема 8	1, 2
2	ОПК-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. . Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8.	1, 2
3	ПК-3	Способен обеспечивать учет и контроль данных об объемах потребляемых энергетических ресурсов в организации	ПК-3.1 ПК-3.2	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8.	1, 2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенций (по	Перечень планируемых результатов	Контролируемые разделы учебной	Наименование оценочного средства
-------	--------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------

		реализуемой дисциплине)		дисциплины	
1	УК-1	УК-1.1 УК-1.2 УК-1.3	<p>Знать: эффективные способы совершенствования и развития своего интеллектуального и общекультурного уровня; новые методы исследования, к освоению новых сфер профессиональной деятельности;</p> <p>Уметь: творчески и критически мыслить, анализировать, синтезировать информацию при решении конкретных научно-исследовательских задач;</p> <p>Владеть: способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу, способностью совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень;</p>	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8.	Собеседование (устный опрос), вопросы и задания к практическим работам, вопросы к экзамену.
2	ОПК-1	ОПК-1.1 ОПК-1.2 ОПК-1.3	<p>Знать: методы научного исследования; особенности технологии подготовки научной документации, докладов, статей; теорию и методику педагогического проектирования;</p> <p>Уметь: профессионально составлять научную документацию, доклады, статьи; проектировать и оценивать педагогические (образовательные) системы;</p> <p>Владеть: методами педагогического проектирования; методикой внеклассных форм проведения занятий; навыками определения соответствия востребованным профессиональным квалификациям;</p>	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8.	Собеседование (устный опрос), вопросы и задания к практическим работам, вопросы к экзамену.
3	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	<p>Знать: методы научного исследования; особенности технологии подготовки научной документации, докладов, статей; теорию и</p>	Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5.	Собеседование (устный опрос), вопросы и задания к

		методику педагогического проектирования; Уметь: профессионально составлять научную документацию, доклады, статьи; проектировать и оценивать педагогические (образовательные) системы; Владеть: методами педагогического проектирования; методикой внеклассных форм проведения занятий; навыками определения соответствия востребованным профессиональным квалификациям;	Тема 6. Тема 7. Тема 8.	практически м работам, вопросы к экзамену.
--	--	---	-------------------------------	--

**Фонды оценочных средств по дисциплине
«Моделирование электротехнических систем»**

Вопросы для собеседования (устного опроса)

1. Какое свойство модели называется фундаментальным?
2. Как классифицируются модели?
3. Чем различаются прямые и обратные задачи исследования объекта?
4. Свойства математических моделей электротехнических систем.
5. Физический смысл законов Кирхгофа.
6. Однородные и неоднородные дифференциальные уравнения.
7. Явные и неявные методы интегрирования дифференциальных уравнений.
8. Нулевые и ненулевые начальные условия.
9. Свойства корней характеристического уравнения;
10. Виды граничных условий.
11. Принцип составления уравнений состояния.
12. Методы решения нелинейных стационарных уравнений.
13. Методы решения нелинейных дифференциальных уравнений.
14. Принципы визуализации модели.
15. Параметры модели трансформатора.
16. Параметры модели выключателя.
17. Основные параметры модели.
18. Назовите элементы цепей с переменными по времени параметрами.
19. Способы задания переменных параметров.

20. Методы расчета электрических цепей с динамическими характеристиками.

21. Матрицы узловых проводимостей и узловых сопротивлений.

22. Сущность метода Гаусса.

23. Сущность метода Зейделя.

24. Сущность метода Ньютона.

25. Сходимость итерационного процесса.

26. Назовите параметры схемы замещения трансформатора.

27. Формулы определения параметров схемы замещения.

28. Уравнения аппроксимации кривой намагничивания.

29. Уравнения гистерезиса.

30. Назовите параметры модели и схемы замещения идеального ключа.

31. Уравнения дуги Кассии-Майра.

32. Назовите параметры модели и схемы замещения полупроводникового ключа.

33. Принципы построения моделей в пакете Matlab.

34. Основные блоки подпрограммы Simulink.

35. Принципы обработки графической информации.

36. Рабочее пространство модели.

37. Задача идентификации электротехнических систем.

38. Графики элементарных передаточных функций.

39. Способы получения общей передаточной функции.

40. Принципы построения частотных характеристик.

41. Критерии устойчивости.

42. Сущность параметрического анализа.

43. Вариация параметров.

44. Анализ массивов данных.

45. Способы построения графических характеристик.

46. Методы синтеза электрических цепей.

47. Критерии и задачи оптимизации.

48. Математическая постановка оптимизационных задач.

49. Уравнения асинхронного двигателя.

50. Расчет параметров схемы замещения асинхронного электродвигателя.

51. Сбросы и набросы нагрузки.

52. Принцип обратной связи.

53. Способы настройки ПИ и ПИД (пропорционально-интегрально-дифференцирующих) регуляторов.

54. Потенциал, градиент потенциала.

55. Уравнения Лапласа.

56. Условия на границе раздела двух диэлектриков.
57. Определение матрицы частичных емкостей.
58. Магнитная индукция и напряженность поля.
59. Уравнения магнитного поля.
60. Граничные условия.
61. Матрица частичных индуктивностей.
62. Сосредоточенные и распределенные обмотки.
63. Пульсирующее магнитное поле.
64. Влияние частоты на потери в магнитопроводе.
65. Электромагнитное поле в массивных средах.
66. Понятие скин-эффекта и эффекта близости.
67. Вихревые токи.
68. Граничные условия при переходе магнитного поля.
69. Особенности теплопередачи в электротехнических устройствах.
70. Граничные условия теплопередачи конвекцией и излучением.
71. Методы определения тепловых параметров.
72. Способы задания зависимости плотности от температуры.
73. Приближение Буссинеска.
74. Критерий Грасгофа.
75. Критерий Рейнольдса.
76. Уравнения магнитной гидродинамике.
77. Критерии подобия (Гартмана, Стюарта)
78. Вмороженность и диффузия магнитного поля.
79. Схемы развития электровихревых течений.
80. Влияние диаметров электродов и плотности тока.
81. Критерии подобия при электровихревых течениях.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству собеседование
(устный опрос)

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5	Полно и аргументировано отвечает по содержанию вопроса. Обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные. Излагает материал последовательно и правильно.
4	Студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «5», но допускает 1...3 ошибки, которые сам же исправляет.
3	Студент обнаруживает знание и понимание основных положений вопроса, но: излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и

	доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.
2	Студент обнаруживает незнание ответа на вопрос, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал; отмечаются такие недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

Задания к практическим занятиям

1. Решить уравнения электрических цепей.
2. Решить дифференциальные уравнения и системы.
3. Построить динамические характеристики элементов и нагрузок.
4. Рассчитать параметры системы электроснабжения.
5. Смоделировать трансформатор.
6. Смоделировать коммутационные аппараты. Изучить методы задания электрической дуги.
7. Научиться моделировать методом передаточных функций.
8. Смоделировать асинхронный электродвигатель.
9. Смоделировать электростатические поля высоковольтного оборудования.
10. Смоделировать поля в токопроводящих средах.
11. Смоделировать переменные электромагнитные поля в трансформаторе.
12. Смоделировать теплопередачу токопроводящих систем с учетом конвекции и излучения.

Контрольные вопросы к практическим занятиям

1. Методы составления уравнений и систем.
2. Способы решения уравнений электрической цепи с линейным элементом.
3. Способы решения уравнений электрической цепи с нелинейным элементом.
4. Правила составления матриц.
5. Явные и неявные методы решения дифференциальных уравнений.
6. Методы решения уравнений с использованием преобразования Лапласа.
7. Задание начальных условий.
8. Способы представления динамических характеристик.

9. Задание динамических характеристик с использованием случайных параметров.
10. Анализ гармонических составляющих.
11. Способы составления схем замещения системы электроснабжения. Методы эквивалентирования.
12. Расчет параметров схемы замещения.
13. Методы составления и решения уравнений.
14. Дифференциальные уравнения трансформатора.
15. Кусочно-линейная вольт-амперная характеристика (ВАХ) трансформатора. Способы построения.
16. Уравнения гистерезиса.
17. Параметры коммутационных аппаратов.
18. Особенности моделирования межконтактного промежутка.
19. Методы ограничения воздействия электрической дуги.
20. Способы преобразования передаточных функций.
21. Анализ переходных процессов при различных входных воздействиях.
22. Частотный анализ передаточных функций.
23. Модель асинхронного электродвигателя.
24. Способы контроля тока, скорости вращения и момента электродвигателя.
25. Режимы пуска и останова электродвигателя.
26. Особенности частного управления электродвигателем.
27. Особенности моделирования электротехнического оборудования.
28. Граничные условия.
29. Особенности распределения потенциалов и напряженности поля.
30. Анализ неоднородности поля.
31. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме.
32. Особенности распределения плотности тока в массивных проводниках.
33. Проявление скин-эффекта и эффекта близости.
34. Толщина скин-слоя.
35. Особенности моделирования трансформатора.
36. Граничные условия.
37. Особенности распределения магнитной индукции в трехстержневом магнитопроводе.
38. Модели конвекции.
39. Модели излучения.
40. Взаимосвязь электромагнитного и теплового полей.

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству
«практическое занятие»**

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
4	Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
3	Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
2	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлено (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

Вопросы к экзамену:

1. Понятия о физическом и математическом моделировании технических объектов. Перспективные направления в моделировании сложных электротехнических объектов.
2. Классификация математических моделей.
3. Математическое описание процессов, протекающих в объекте моделирования. Параметры, характеризующие состояние объекта.
4. Понятие о методе переменных состояния.
5. Модели объекта проектирования. Понятие математической модели. Уровни математических моделей. Микро-, макро-, метауровень; способы описания моделей на этих уровнях. Примеры математического описания.
6. Требования адекватности, универсальности и экономичности, предъявляемые к математическим моделям объектов.
7. Линейные и нелинейные модели систем.
8. Математическое описание физических процессов, протекающих в асинхронном электродвигателе. Структурная модель электромеханического преобразования энергии в асинхронном электродвигателе.
9. Математическое описание физических процессов, протекающих в управляемых источниках постоянного тока на примере тиристорного преобразователя.
10. Математическое описание физических процессов, протекающих в управляемых источниках переменного тока преобразователя частоты и

напряжения в системе частотный преобразователь-асинхронный двигатель) ПЧ-АД. Моделирование преобразователя частоты.

11. Программные средства, применяющиеся при моделировании сложных технических объектов, возможности и области применения. Пакет прикладных программ Matlab, общая характеристика, аппаратные требования, функциональные возможности.

12. Возможности системы "Matlab + Simulink + дополнительные пакеты расширения" при моделировании сложных технических систем.

13. Пакет Simulink - как основа визуализации моделирования динамики технических систем. Типовые блоки для моделирования линейных систем.

14. Пакет Simulink - как основа визуализации моделирования динамики технических систем. Типовые блоки для моделирования нелинейных систем.

15. Фундаментальные принципы управления. Классификация и краткая характеристика основных систем управления электроприводами. Основные подходы к моделированию систем управления. Регуляторы - как основной элемент систем управления. Типы регуляторов. Моделирование регуляторов.

16. Параметрическая оптимизация. Программные средства, обеспечивающие параметрическую оптимизацию систем.

17. Устойчивость моделей.

18. Синтез структурных схем. Методы и способы синтеза.

19. Блочно-функциональная декомпозиция систем и подсистем электротехнических комплексов.

20. Критерии энергетической оптимизации

21. Дифференциально-алгебраические уравнения в моделировании электроэнергетических систем. Методы решения дифференциально-алгебраических уравнений.

22. Общая структура алгоритма расчета переходных процессов в электроэнергетических системах.

23. Частные функции электротехнических комплексов.

24. Электрическая, электромагнитная, механическая и тепловая подсистемы физической системы электротехнического комплекса.

25. Применение теории подобия для математического моделирования основных подсистем электротехнических объектов.

26. Представление математической модели в виде эквивалентных схем электрических цепей. Эквивалентные схемы типовых элементов и узлов электротехнических объектов.

27. Моделирование линий электропередачи.

28. Моделирование процессов с различными временными характеристиками.

29. Задание кривой намагничивания. Учет максимального значения индукции при формировании кривой намагничивания.

30. Постановка электромагнитной задачи различной размерности с помощью векторного и скалярного потенциалов.

31. Граничные условия электромагнитной задачи для расчетной области, охватывающей весь объект или его фрагмент.

32. Нелинейные электромагнитные задачи. Способы учета нелинейностей.

33. Конечно-элементная формулировка электромагнитной задачи. Требования к сетке конечных элементов.

34. Проверка на устойчивость решения системы уравнений.

35. Структура систем уравнений для потенциальных и вихревых задач.

36. Задание источников в электромагнитной задаче в среде Ansys. Задание нулевой проводимости проводников. Параллельное и последовательное соединение витков.

37. Взаимосвязанные задачи в программном пакете Ansys. Связанная электротепловая задача.

38. Постановка тепловой задачи различной размерности с внутренними источниками тепла. Граничные условия тепловой задачи.

39. Нелинейные тепловые задачи. Способы учета нелинейностей. Конечно-элементная формулировка тепловой задачи.

40. Уравнения и процессы магнито-гидродинамических (МГД)-технологий.

Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации
«зачет», «экзамен»

Шкала оценивания (экзамен)	Характеристика знания предмета и ответов	Шкала оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме 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.	зачтено
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в	зачтено

	утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.	
удовлетворительно (3)	Студент 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.	зачтено
неудовлетворительно (2)	Студент 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. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы	Не зачтено

Лист изменений и дополнений

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