



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)
Филиал ФГБОУ ВО «СамГТУ» в г. Белебее Республики Башкортостан

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала ФГБОУ ВО «СамГТУ»
в г. Белебее Республики Башкортостан

_____ Л.М. Инаходова

28.03.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.05.04 «Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике»

Код и направление подготовки (специальность)	<u>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</u>
Направленность (профиль)	<u>Электроэнергетические системы и сети</u>
Квалификация	<u>бакалавр</u>
Форма обучения	<u>заочная</u>
Год начала подготовки	<u>2024</u>
Выпускающая кафедра	<u>Инженерные технологии</u>
Кафедра-разработчик	<u>Инженерные технологии</u>
Объем дисциплины, ч. / з.е.	<u>108 / 3</u>
Форма контроля (промежуточная аттестация)	<u>зачет</u>

Белебей 2024 г.

Рабочая программа дисциплины (далее – РПД) разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 № 144, и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД

доцент, к.т.н.
(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

Н.В. Безменова
(ФИО)

РПД рассмотрена и одобрена на заседании кафедры 28.03.2024 г., протокол № 2.

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент
(степень, ученое звание, подпись)

А.А. Цынаева
(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной
программы

доцент, к.т.н.
(степень, ученое звание, подпись)

Е.А. Кротков
(ФИО)

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	3
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	4
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	4
4.1. Содержание лекционных занятий	4
4.2. Содержание лабораторных занятий	5
4.3. Содержание практических занятий	5
4.4. Содержание самостоятельной работы	5
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)	6
6. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)	7
7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения	6
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем	8
9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)	9
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)	9
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	
Приложение 2. Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины (модуля)	
Приложение 3. Аннотация рабочей программы дисциплины	

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программ

Универсальные компетенции

Таблица 1

Наименование категории (группы) компетенций	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
не предусмотрены учебным планом				

Общепрофессиональные компетенции

Таблица 2

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИД-6 ОПК-3 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	310 ОПК-3.6 Знать: методы и средства планирования и организации научных исследований, опытно-конструкторских разработок и практических экспериментальных исследований; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации У9 ОПК-3.6 Уметь: оформлять проекты календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы проведения экспериментов, изучать процессы в электротехнических системах на их математических моделях и путем постановки научных экспериментов В9 ОПК-3.6 Владеть: математическим аппаратом планирования экспериментом; разработкой проектов календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; проведение наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов

Профессиональные компетенции

Таблица 3

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
не предусмотрены учебным планом			

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины в структуре образовательной программы: обязательная часть.

Таблица 4

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ОПК-3	Математика; Физика; Инженерная и компьютерная графика; Химия; Электроника; Теоретические основы электротехники; Прикладная механика; Электроснабжение; Теоретические основы систем автоматизированного		

	проектирования; Производство и распределение электроэнергии; Теория автоматического управления		
--	---	--	--

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Таблица 5

Вид учебной работы	Всего часов	Курс 4
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	6	6
лекционные занятия (ЛЗ)	2	2
лабораторные работы (ЛР)	2	2
практические занятия (ПЗ)	2	2
Внеаудиторная контактная работа, КСР	2	2
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	96	96
подготовка к лабораторным работам	24	24
подготовка к практическим занятиям	24	24
самостоятельное изучение материала	24	24
подготовка к зачёту	24	24
Формы текущего контроля успеваемости	Вопросы к защите лабораторных работ Контрольные задачи к практическим занятиям	Вопросы к защите лабораторных работ Контрольные задачи к практическим занятиям
Формы промежуточной аттестации	зачет	зачет
Контроль	4	4
ИТОГО: час.	108	108
ИТОГО: з.е.	3	3

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Таблица 6

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы						
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	КСР	Конт- роль	Всего часов
1	Моделирование элементов электроэнергетической системы	-	2	-	48	1	2	53
2	Математическое моделирование установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем	2	-	2	48	1	2	55
Итого:		2	2	2	96	2	4	108

4.1. Содержание лекционных занятий

Таблица 7

№ ЛЗ	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Кол-во часов
Курс 4				
1	Математическое моделирование установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем	Методы решения уравнений установившихся режимов (УУР). Уравнения установившегося режима ЭЭС в фазных	Свойства уравнений установившегося режима. Метод простой итерации, методы зейделявского типа, методы оптимизационного типа, методы ньютоновского типа, методы второго порядка. Алгоритмизация решения задач электроэнергетики. Стартовые алгоритмы. Улучшение сходимости итерационных процессов. Матричное и	2

		координатах. Моделирование аварийных режимов электрических систем (ЭС).	табличное представление режимов ЭЭС. Методы решения нелинейных УУР. Учет плохого заполнения матриц основных уравнений режимов ЭЭС. Особенности применения фазных координат. Уравнения узловых напряжений для фазных координат. Применение метода Гаусса. Решение УУР в фазных координатах методом Ньютона. Расчет потерь мощности и величин токов. Построение эквивалентных моделей для расчетов несимметричных режимов ЭС. Методы анализа аварийных режимов. Расчеты неполнофазных режимов. Расчеты несимметричных коротких замыканий. Экспериментальная проверка моделей электрических систем.	
Итого за курс:				2
Итого:				2

4.2. Содержание лабораторных занятий

Таблица 8

№ ЛР	Наименование раздела	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Кол-во часов
Курс 4				
1	Моделирование элементов электроэнергетической системы	Математическое моделирование элементов электрической системы.	Топологическое представление схемы ЭЭС с помощью теории графов. Ввод исходных данных. Формирование матриц соединений первого и второго рода. Матрицы инцидентий: узлы-ветви и контуры-ветви. Составление диагональной матрицы сопротивлений. Расчет промежуточных и блочных матриц. Законы Ома и Кирхгофа, узловых напряжений и контурных уравнений в матричной форме.	2
Итого за курс:				2
Итого:				2

4.3. Содержание практических занятий

Таблица 9

№ ПЗ	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Кол-во часов
Курс 4				
1	Математическое моделирование установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем	Расчет установившегося режима по линейным моделям для сети переменного тока. Расчет режимов симметричного короткого замыкания в ЭЭС.	Расчет напряжения в узлах схемы. Расчет параметров вектора падений напряжения в ветвях схемы. Расчет токов в ветвях схемы. Реализация алгоритма метода Гаусса-Зейделя для расчетов УУР. Моделирование на компьютере. Составление схем замещения режимов трехфазного короткого замыкания (КЗ). Учет коэффициентов трансформации. Расчет установившегося и сверхпереходного режимов симметричного КЗ. Расчет ударного тока КЗ. Моделирование на компьютере.	2
Итого за курс:				2
Итого:				2

4.4. Содержание самостоятельной работы

Таблица 10

№ п/п	Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Кол-во часов
Курс 4				
1	Моделирование элементов электроэнергетической системы	подготовка к лабораторным работам	Изучение материала и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам: Топологическое представление схемы ЭЭС с помощью теории графов. Ввод исходных данных. Формирование матриц соединений первого и второго рода. Матрицы инцидентий: узлы-ветви и контуры-ветви. Составление диагональной матрицы сопротивлений.	24

			Расчет промежуточных и блочных матриц. Законы Ома и Кирхгофа, узловых напряжений и контурных уравнений в матричной форме.	
2	Математическое моделирование установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем	подготовка к практическим занятиям	Изучение материала и подготовка к практическим работам: Расчет напряжения в узлах схемы. Расчет параметров вектора падений напряжения в ветвях схемы. Расчет токов в ветвях схемы. Реализация алгоритма метода Гаусса-Зейделя для расчетов УУР. Моделирование на компьютере. Составление схем замещения режимов трехфазного короткого замыкания (КЗ). Учет коэффициентов трансформации. Расчет установившегося и сверхпереходного режимов симметричного КЗ. Расчет ударного тока КЗ. Моделирование на компьютере.	24
3	Моделирование элементов электроэнергетической системы	самостоятельное изучение материала	Изучение теоретических сведений по темам. Законы Ома и Кирхгофа, узловых напряжений и контурных уравнений в матричной форме. Алгоритм расчета уравнений установившегося режима (УУР) по линейным моделям для сети постоянного тока.	6
			Изучение теоретических сведений по темам. Алгоритм метода Гаусса-Зейделя для расчетов УУР. Необходимые и достаточные условия сходимости метода	6
	Математическое моделирование установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем		Изучение теоретических сведений по темам. Метод упорядоченного исключения Гаусса с неизменной матрицей для подрежимов КЗ и сопряженных градиентов	6
			Изучение теоретических сведений по темам. Метод симметричных составляющих. Метод фазных координат. Практические методы анализа несимметричных переходных процессов в ЭЭС. Метод симметричных составляющих. Метод фазных координат.	6
4	Моделирование элементов электроэнергетической системы	подготовка к зачёту	Основные понятия и определения дисциплины. Методы и средства планирования и организации НИР и экспериментальных исследований. Классификация методов эквивалентирования электроэнергетической системы (ЭЭС). Сетевые эквивалентные модели. REI-эквивалентирование. Традиционные модели элементов ЭЭС. Линеаризованные эквивалентные модели в электроэнергетике. Применение решетчатых схем замещения в электроэнергетике и электротехнике. Моделирование воздушной многопроводной линии, кабельной линии, Моделирование силовых трансформаторов. Моделирование двигателей, комплексной нагрузки. и др.	12
	Математическое моделирование установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем			12
Итого за курс:				96
Итого:				96

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

1. Методические указания при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции для того, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут подняты в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т. е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплён в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т. п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно

значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

2. Методические указания при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме однотипная работа выполняется всеми обучающимися одновременно. При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчетности по данной работе.

3. Методические указания при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выработать определенные решения по обозначенной проблеме. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

4. Методические указания по самостоятельной работе

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т. д.;
- в методическом кабинете, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

6. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

Таблица 11

№ п/п	Автор(ы), наименование, место, год издания (если есть, указать «гриф»)	Книжный фонд (КФ) или электрон. ресурс (ЭР)	Литература	
			учебная	для самост. работы
1.	Моделирование элементов и расчет установившихся режимов	ЭР	+	

	электрических систем и сетей : лабораторный практикум / Н. В. Безменова [и др.]; Самар.гос.техн.ун-т, Автоматизированные электроэнергетические системы.- Самара, 2019.- 56 с.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 3669			
2.	Инаходова, Л.М. Алгоритмы и методы решения задач профессиональной деятельности :лаб.практикум / Л. М. Инаходова; Самар.гос.техн.ун-т, Автоматизированные электроэнергетические системы.- Самара, 2014.- 98 с.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 968	ЭР	+	
3.	Математическое моделирование электрических систем и их элементов: учебное пособие / Лыкин А.В., Новосибирский государственный технический университет: 2013.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 45384	ЭР	+	
4.	Киреев, К.В. Моделирование переходных процессов в электрических цепях :моногр. / К. В. Киреев; Самар.гос.техн.ун-т, Теоретическая и общая электротехника.- Самара, 2011.- 255 с.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 2284	ЭР	+	
5.	Модели развития электроэнергетических систем: учебное пособие / Ананичева С.С., Мезенцев П.Е., Мызин А.Л., Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, ред. Бартоломей П.И.: 2014.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 65947	ЭР		+
6.	Ведерников, А.С. Планирование режимов работы электроэнергетической системы :лаборатор. практикум / А. С. Ведерников, Е. М. Шишков; Самар.гос.техн.ун-т, Электрические станции.- Самара, 2016.- 95 с.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 2706	ЭР		+
7.	Инженерные методы идентификации: учебное пособие / , Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, сост. Лившиц М.Ю., Израйлев А.С., Израйлева Н.А.: 2017.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 90499	ЭР		+
8.	Дилигенский, Н.В. Методы моделирования и управления производственно-экономическими объектами : учеб.пособие / Н. В. Дилигенский, А. А. Гаврилова, М. В. Цапенко; Самар.гос.техн.ун-т, Управление и системный анализ в теплоэнергетике.- Самара, 2010.- 144 с.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 231	ЭР		+
9.	Информационные технологии моделирования и оптимизации. Краткая теория и приложения: монография / Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н., Воронежский институт высоких технологий, Научная книга: 2016.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu iprbooks 67365	ЭР		+

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование. Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной информационной образовательной среды университета.

Программное обеспечение

Таблица 12

№ п/п	Название	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)	Правообладатель (производитель)	Страна происхождения (иностранное или отечественное)
1	LibreOffice Writer	свободно распространяемое	The Document Foundation	иностранное
2	LibreOffice Calc	свободно распространяемое	The Document Foundation	иностранное
3	LibreOffice Impress	свободно распространяемое	The Document Foundation	иностранное
4	Антивирус Касперского	лицензионное	Лаборатория Касперского	отечественное

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

Таблица 13

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1.	Электронно-библиотечная система IPRbooks	Электронно-библиотечная система	http://www.iprbookshop.ru/
2.	Электронно-библиотечная система СамГТУ	Электронная библиотека СамГТУ	https://elib.samgtu.ru/

3.	eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека	http://www.elibrary.ru/
----	-------------	--------------------------------	---

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер / ноутбук), учебно-наглядные, учебно-методические пособия, тематические иллюстрации.

Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Самостоятельная работа

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ:

методический кабинет (ауд. 9);
компьютерные классы (ауд. 6, 15).

10. Фонд оценочных средств по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

по дисциплине

Б1.О.05.04 «Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике»

Код и направление подготовки (специальность)	<u>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</u>
Направленность (профиль)	<u>Электроэнергетические системы и сети</u>
Квалификация	<u>бакалавр</u>
Форма обучения	<u>заочная</u>
Год начала подготовки	<u>2024</u>
Выпускающая кафедра	<u>Инженерные технологии</u>
Кафедра-разработчик	<u>Инженерные технологии</u>
Объем дисциплины, ч. / з.е.	<u>108 / 3</u>
Форма контроля (промежуточная аттестация)	<u>зачет</u>

1. Перечень компетенций, индикаторов достижения компетенций и признаков проявления компетенций (дескрипторов), которыми должен овладеть обучающийся в ходе освоения образовательной программы

Универсальные компетенции

Таблица 1

Наименование категории (группы) компетенций	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
не предусмотрены учебным планом				

Общепрофессиональные компетенции

Таблица 2

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИД-6 ОПК-3 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	310 ОПК-3.6 Знать: методы и средства планирования и организации научных исследований, опытно-конструкторских разработок и практических экспериментальных исследований; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации У9 ОПК-3.6 Уметь: оформлять проекты календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применять методы проведения экспериментов, изучать процессы в электротехнических системах на их математических моделях и путем постановки научных экспериментов В9 ОПК-3.6 Владеть: математическим аппаратом планирования экспериментов; разработкой проектов календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; проведение наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов

Профессиональные компетенции

Таблица 3

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
не предусмотрены учебным планом			

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Таблица 4

Код и индикатор достижения компетенции	Оценочные средства		
	Раздел 1.	Раздел 2.	Промежуточная аттестация
	Моделирование элементов электроэнергетической системы	Математическое моделирование установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем	
	Вопросы к защите лабораторных работ Контрольные задачи к практическим занятиям		Вопросы к зачету
ИД-6 ОПК-3	310 ОПК-3.6 У9 ОПК-3.6 В9 ОПК-3.6	310 ОПК-3.6 У9 ОПК-3.6 В9 ОПК-3.6	310 ОПК-3.6 У9 ОПК-3.6 В9 ОПК-3.6

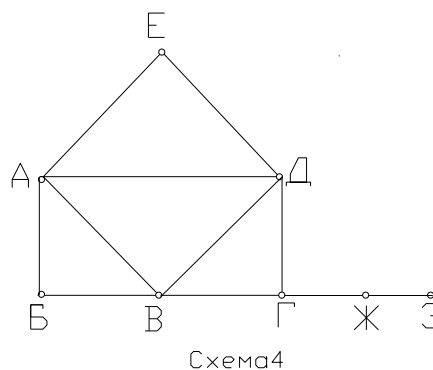
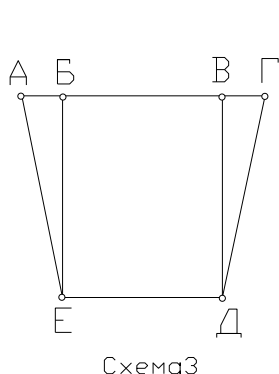
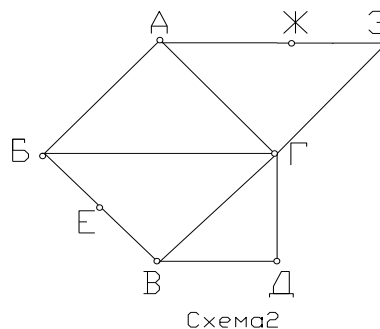
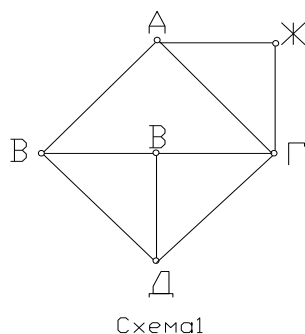
2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

2.1. Формы текущего контроля успеваемости

Пример контрольных задач к практическим занятиям

1. Формирование схемы и нагрузок сети согласно варианту исходных данных. Формирование уравнений установившегося режима электрической сети
 - 1.1. Составление схемы замещения электрической сети, определение её параметров и нагрузок в узлах
 - 1.2. Составление элементарных матриц параметров режима сети.
 - 1.3. Расчёт матрицы узловых проводимостей и матрицы контурных сопротивлений
 - 1.4. Запись уравнений узловых напряжений при задании нагрузок в токах.
 - 1.5. Запись контурных уравнений.
2. Расчёт режима электрической сети при задании нагрузок в токах
 - 2.1. Расчёт режима электрической сети по узловым уравнениям с использованием метода исключения неизвестных Гаусса
 - 2.2. Расчёт режима электрической сети на основе контурных уравнений
 - 2.3. Сопоставление результатов расчета режима
3. Расчёт режима электрической сети по нелинейным узловым уравнениям при задании нагрузок в мощностях с использованием итерационных методов
 - 3.1. Решение нелинейных узловых уравнений в форме баланса токов методом ускоренной итерации
 - 3.2. Решение нелинейных узловых уравнений в форме баланса токов методом Ньютона
 - 3.3. Решение нелинейных узловых уравнений в обращенной форме методом простой или ускоренной итерации
- 4.1. Расчёт утяжелённого режима с применением матриц обобщенных параметров электрической сети
- 4.2. Анализ результатов расчёта режимов. Анализ сходимости итерационных методов. Выводы.

Схемы сети:



Задание для моделирования режимов ЭС

- 2.1. Провести расчёт режима электрической сети по нелинейным узловым уравнениям с помощью метода Ньютона. Алгоритмы представить в естественной форме и в виде блок-схемы. Провести предварительный ручной расчет одного из режимов ЭС.
- 2.2. В стандартном математическом пакете по методу Ньютона получить решение систем нелинейных узловых уравнений электрической сети.
- 2.3. Результаты расчетов перевести в табличную форму и сделать анализ сходимости итерационных процессов (эти результаты представить в виде графиков). Сравнить расчеты, сделанные по разным методам.
- 2.4. Составить алгоритм расчёта утяжеленного режима электрической сети по нелинейным узловым уравнениям. Провести предварительный ручной расчет одного из утяжеленных режимов ЭС.
- 2.5. В стандартном математическом пакете получить решение систем нелинейных узловых уравнений электрической сети.
- 2.6. Результаты расчетов перевести в табличную форму и сделать анализ сходимости итерационных процессов (эти результаты представить в виде графиков). Сделать общие выводы.

Расчетный вариант ЭС

Расчетная схема	Исходные данные
	$r_0 = \begin{bmatrix} 0.12 \\ 0.125 \\ 0.09 \\ 0.085 \\ 0.085 \end{bmatrix} \cdot \frac{ohm}{km}$
	$x_0 = \begin{bmatrix} 0.43 \\ 0.42 \\ 0.429 \\ 0.423 \\ 0.425 \end{bmatrix} \cdot \frac{ohm}{km}$
	$b_0 = \begin{bmatrix} 2.57 \\ 2.51 \\ 2.564 \\ 2.528 \\ 2.54 \end{bmatrix} \cdot 10^{-6} \cdot \frac{siemens}{km} \quad I = \begin{bmatrix} 90 \\ 85 \\ 130 \\ 125 \\ 140 \end{bmatrix} \cdot km$
	Мощности нагрузки узлов: $P_H = \begin{bmatrix} 60 \\ 80 \\ 120 \end{bmatrix} \cdot Mwatt \quad Q_H = \begin{bmatrix} 30 \\ 45 \\ 70 \end{bmatrix} \cdot Mvar$

Примерный перечень вопросов к защите лабораторных работ

1. Каким способом задается информация об электрических цепях при их расчетах на компьютере? Приведите примеры для промышленных пакетов.
2. В чем сходство и различие методов простой и ускоренной итерации?
3. Объясните принцип решения системы нелинейных уравнений узловых напряжений методом простой и методом ускоренной итерации.
4. Как формулируются условия сходимости итерационных процессов решения систем линейных алгебраических уравнений? систем нелинейных уравнений?
5. Перечислите основные критерии сходимости итерационного процесса расчета УУР электрической сети.
6. Как провести доказательство теоремы сходимости при решении узловых уравнений УУР?
7. Нарисуйте блок-схему алгоритма решения УУР по методу Гаусса.
8. В чем особенность метода Гаусса-Зейделя для решения каких задач его выгоднее применять?
9. Таблицы взаимных индуктивных и емкостных связей. Формирование и заполнение. Алгоритмы расчетов.
10. Таблицы узловых и контурных характеристик. Формирование и заполнение. Алгоритмы расчетов.
11. Применение табличных структур в задачах расчета режимов электрических сетей. Законы Кирхгофа. Уравнения небалансов.
12. Метод условных потенциалов. Движение потенциала. Прямой и обратный ход. Алгоритм расчета режима.
13. Задачи расчета установившегося режима ЭЭС. Балансирующий узел. Алгоритм расчета нормального режима.
14. Алгоритм решения уравнений узловых напряжений в форме баланса токов. Вычислительная эффективность.

15. Методы и алгоритмы решения систем линейных уравнений (СЛУ) – точные и приближенные. Сравнительная характеристика.
16. Метод обратной матрицы и метод Гаусса – сравнение и алгоритмы. Достоинства и недостатки.
17. Решение уравнений состояния ЭС по методу Гаусса и его модификациям. Факторы, влияющие на точность решения.
18. Итерационные методы – Якоби, Гаусса-Зейделя и релаксационный. Алгоритмы. Сравнительная характеристика эффективности расчетов.
19. Алгоритмы ускорения расчета итерационными методами линейных уравнений, описывающих режимы электроэнергетической системы.
20. Алгоритмы и методы решения систем нелинейных уравнений, описывающих режимы ЭЭС. Сравнительная характеристика.
21. Критерии и анализ сходимости итерационного процесса решения нелинейных уравнений, описывающих режимы ЭЭС.
22. Собственные значения матрицы. Нормы матрицы. Ускорение сходимости итерационных методов решения УУР электрической системы.
23. Метод простой итерации и метод Зейделя – сравнение и алгоритмы. Достоинства и недостатки. Вычислительная эффективность.
24. Метод Гаусса-Зейделя - алгоритм. Организация итерационного процесса при решении системы нелинейных алгебраических уравнений. Сходимость.
25. Вычислительный процесс метода Гаусса-Зейделя при использовании табличной формы описания электрической сети.

2.2. Формы промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация - зачет в форме опроса.

Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Основные понятия и определения дисциплины.
2. Классификация методов эквивалентирования электроэнергетической системы (ЭЭС).
3. Сетевые эквивалентные модели. REI-эквивалентирование.
4. Традиционные модели элементов ЭЭС.
5. Линеаризованные эквивалентные модели в электроэнергетике.
6. Применение решетчатых схем замещения в электроэнергетике и электротехнике.
7. Моделирование воздушной многопроводной линии, кабельной линии,
8. Моделирование силовых трансформаторов.
9. Моделирование двигателей, комплексной нагрузки.
10. Моделирование многопроводных элементов в фазных координатах.
11. Свойства уравнений установившегося режима (УУР) электрической системы.
12. Метод простой итерации решения линейных УУР.
13. Методы зейделевского типа в электроэнергетике и электротехнике.
14. Методы оптимизационного типа в электроэнергетике и электротехнике.
15. Методы ньютоновского типа в электроэнергетике и электротехнике.
16. Методы второго порядка для решения нелинейных УУР.
17. Алгоритмизация решения задач электроэнергетики. Стартовые алгоритмы. Улучшение сходимости итерационных процессов.
18. Матричное и табличное представление режимов ЭЭС.
19. Учет плохого заполнения матриц основных уравнений режимов ЭЭС.
20. Особенности применения фазных координат для моделирования режимов ЭЭС. Уравнения узловых напряжений для фазных координат. Применение метода Гаусса.
21. Решение УУР в фазных координатах методом Ньютона.
22. Расчет потерь мощности и величин токов режимов ЭЭС.
23. Построение эквивалентных моделей для расчетов несимметричных режимов ЭС.
24. Методы анализа аварийных режимов ЭЭС.
25. Расчеты и моделирование неполнофазных режимов ЭЭС.
26. Расчеты и моделирование несимметричных коротких замыканий в ЭЭС.
27. Экспериментальная проверка моделей электрических систем.
28. Методы исследования статической устойчивости (СУ) энергосистем.
29. Уравнения предельных режимов и их решение.
30. Расчет запасов СУ в детерминированной и стохастической постановке.
31. Оценка допустимых по условиям СУ режимов энергосистем.
32. Аппроксимация границ области устойчивости. Фрактальный характер областей устойчивости.

33. Учет продольной и поперечной несимметрии в расчетах предельных режимов.
34. Системный подход к моделированию в электроэнергетике и электротехнике.
35. Оценивание состояния ЭЭС. Постановка задачи идентификации.
36. Анализ погрешностей определения параметров ЛЭП и трансформаторов.
37. Обзор методов параметрической идентификации, применяемых в электроэнергетике.
38. Применение вероятностных моделей режимов ЭЭС.
39. Технологии корреляционного и регрессионного анализа в электроэнергетике.
40. Имитационное моделирование в электроэнергетике и электротехнике.
41. Интервальный анализ. Интервальная арифметика. Интервальные векторы и матрицы.
42. Интервальные модели режимов ЭЭС.
43. Принципы построения интеллектуальных ЭЭС (ИЭЭС).
44. Комплексный подход к моделированию ИЭЭС.
45. Технологии моделирования элементов Smart Grid.
46. Модели тиристорного статического компенсатора.
47. Модели устройств FACTS и вставок несинхронной связи.
48. Примеры моделирования устройств Smart Grid в ИЭЭС.
49. Перспективы развития математических моделей в электроэнергетике и электротехнике.

Типовые задания для проведения промежуточной аттестации

Таблица 5

Номер задания	Содержание вопроса	Компетенция	Время выполнения задания, мин
1.	Методы эквивалентирования электроэнергетической системы	ОПК-3	5
2.	Типы эквивалентных моделей в электроэнергетике	ОПК-3	5
3.	Классификация методов анализа аварийных режимов ЭЭС	ОПК-3	5
4.	Имитационное моделирование в электроэнергетике и электротехнике	ОПК-3	5
5.	Классификация ЭЭС	ОПК-3	5

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

3.1. Характеристика процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Таблица 6

№ п/п	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания	Методы оценивания	Виды выставляемых оценок	Способ учета индивидуальных достижений, обучающихся
1.	Вопросы к защите лабораторных работ	систематически на лабораторных работах /письменно и устно / в личном кабинете	экспертный	По пятибалльной шкале	ведомость текущего контроля
2.	Контрольные задачи к практическим занятиям	систематически на практических занятиях / письменно и устно / в личном кабинете	экспертный	По пятибалльной шкале	ведомость текущего контроля
3.	Промежуточная аттестация – вопросы к зачету	по окончании изучения дисциплины / устно и письменно	экспертный	зачтено / не зачтено	зачетная ведомость, зачетная книжка

3.2. Критерии и шкала оценивания результатов изучения дисциплины во время занятий (текущий контроль успеваемости)

Критерии оценивания задач для решения на практических занятиях

Таблица 7

Шкала оценивания	Критерии оценки	Кол-во баллов
«Отлично»	выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с	(39-50) баллов

	практикой, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.	
«Хорошо»	выставляется студенту, если он по существу излагает материал, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Знает наиболее важные закономерности	(26-38) баллов
«Удовлетворительно»	выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Знает перечень наиболее важных категорий, основные направления взаимодействия указанных категорий. Умеет определять смысл. Владеет основными методами способами и средствами получения, хранения, переработки информации.	(13-25) баллов
«Неудовлетворительно»	выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на практикоориентированные вопросы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	(0-12) баллов

Критерии оценивания защиты отчёта по лабораторным работам

Таблица 8

Шкала оценивания	Критерии оценки	Кол-во баллов
«Отлично»	ставится, если учащийся выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасности труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей. Отвечает на все поставленные вопросы	(39-50) баллов
«Хорошо»	ставится, если выполнены требования к оценке «отлично», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта	(26-38) баллов
«Удовлетворительно»	ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки. Затрудняется дать ответы на поставленные вопросы	(13-25) баллов
«Неудовлетворительно»	ставится, если работа выполнена не полностью	(0-12) баллов

Общие критерии и шкала оценивания результатов для допуска к промежуточной аттестации

Таблица 9

Наименование оценочного средства		Балльная шкала
1.	Контрольные задачи к практическим занятиям	0-50 баллов
2.	Вопросы к защите лабораторных работ	0-50 баллов
Итого:		100 баллов

Максимальное количество баллов за семестр – 100. Обучающийся допускается к экзамену при условии 51 и более набранных за семестр баллов.

3.3. Критерии и шкала оценивания результатов изучения дисциплины на промежуточной аттестации

Основанием для определения оценки на зачетах служит уровень освоения обучающимися материала и формирования компетенций, предусмотренных программой учебной дисциплины.

Успеваемость на **зачете** определяется оценками: «зачтено», «не зачтено».

Оценку «зачтено» получает обучающийся, освоивший компетенции дисциплины на всех этапах их формирования **на 51-100 %**, показавший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные рабочей программой, усвоивший основную и ознакомленный с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, освоивший компетенции дисциплины на всех этапах их формирования менее чем **на 51%**, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных рабочей программой заданий.

Шкала оценивания результатов

Таблица 10

Процентная шкала (при ее использовании)	Оценка в системе: «зачтено - не зачтено»
0-50%	Не зачтено
51-100%	Зачтено

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала ФГБОУ ВО «СамГТУ»
в г. Белебее Республики Башкортостан

_____ Л.М. Инаходова
« ____ » _____ 20__ г.

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины (модуля)

Б1.О.05.04 «Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике»

по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» по
направленности (профилю) подготовки «Электроэнергетические системы и сети»

на 20__/20__ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) _____ ;
- 2) _____ ;

Разработчик дополнений и изменений:

_____ (должность, степень, ученое звание) _____ (подпись) _____ (ФИО)

Дополнения и изменения рассмотрены и одобрены на заседании кафедры « ____ » _____ 20__ г.,
протокол № ____.

Заведующий кафедрой

_____ (степень, звание, подпись) _____ (ФИО)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Б1.О.05.04 «Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике»

Код и направление подготовки (специальность)	<u>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</u>
Направленность (профиль)	<u>Электроэнергетические системы и сети</u>
Квалификация	<u>бакалавр</u>
Форма обучения	<u>заочная</u>
Год начала подготовки	<u>2024</u>
Выпускающая кафедра	<u>Инженерные технологии</u>
Кафедра-разработчик	<u>Инженерные технологии</u>
Объем дисциплины, ч. / з.е.	<u>108 / 3</u>
Форма контроля (промежуточная аттестация)	<u>зачет</u>

Курс	Час. / з.е.	Лек. зан., час.	Лаб. зан., час.	Практич. зан., час.	КСР	СРС	Контроль	Форма контроля
8	108 / 3	2	2	2	2	96	4	зачет
Итого	108 / 3	2	2	2	2	96	4	зачет

Универсальные компетенции:	
не предусмотрены учебным планом	
Общепрофессиональные компетенции:	
ОПК-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
ИД-6 ОПК-3	Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования
Профессиональные компетенции:	
не предусмотрены учебным планом	

Целью изучения дисциплины является усвоение основных положений, связанных с моделированием в электроэнергетике и электротехнике, с помощью математических методов, что необходимо для понимания и успешного решения инженерных проблем будущей специальности.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме контрольных задач к практическим занятиям, вопросов к защите лабораторных работ и промежуточный контроль в форме зачета.