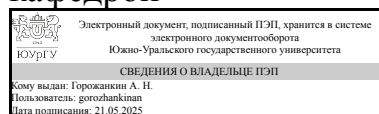


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



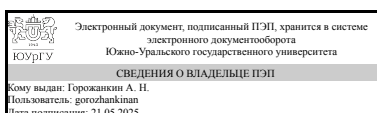
А. Н. Горожанкин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.02 Моделирование в системах электроснабжения
для направления 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
уровень Магистратура
магистерская программа Оптимизация развивающихся систем электроснабжения
промышленных предприятий и городов
форма обучения очная
кафедра-разработчик Электрические станции, сети и системы электроснабжения

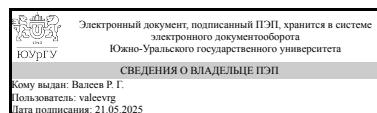
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 147

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., доц.



А. Н. Горожанкин

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



Р. Г. Валеев

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является общая подготовка студентов, обучающихся по направлению 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника» магистерской программы «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения промышленных предприятий и городов» к самостоятельной производственной, проектной, научно-исследовательской и другой деятельности в области электроснабжения, а также к выполнению выпускной работы, завершающей подготовку магистров – специалистов высшей квалификации вышеуказанного направления.

Краткое содержание дисциплины

Введение. Роль и место моделирования при решении научно-практических задач. Классификация методов моделирования и область их использования. Физическое моделирование. Основные положения метода физического подобия. Достоинства и недостатки. Область использования. Основы математического моделирования, наиболее часто используемые при решении задач в СЭС: Роль и место математического моделирования при решении научно-практических задач. Аппроксимация зависимостей, заданных таблично (интерполирование и сглаживание). Замена сложных функций на заданном интервале линейной комбинацией более простых функций. Использование методов половинного деления и хорд при решении алгебраических уравнений. Элементы теории матриц: виды матриц и основные правила действия над ними. Использование матричного исчисления при решении задач в СЭС. Применение метода узловых потенциалов и матричной алгебры для расчёта коэффициентов искажения синусоидальности и коэффициентов гармонических составляющих напряжений в узлах СЭС и токов в её ветвях. Использование метода множителей Лагранжа при решении оптимизационных задач в СЭС, в частности решения вопросов, связанных с оптимизацией потоков реактивной мощности в сетях внутривзаводского и внутрицехового электроснабжения с учётом суточных графиков реактивных нагрузок узлов СЭС. Локальные задачи оптимизации в СЭС, их математические модели и алгоритмы решения: Формирование экономико-математической модели для определения экономической плотности токов в радиальных и магистральных линиях электропередач в современных условиях с учётом динамики изменения во времени влияющих на исход решения факторов. Построение экономико-математической модели систем внешнего электроснабжения объектов с целью определения экономически обоснованного диапазона изменения величины его расчётных нагрузок с точки зрения целесообразности использования на ГПП трансформаторов с форсированной системой охлаждения. Построение экономико-математической модели систем внешнего электроснабжения объектов с целью определения целесообразности установки ремонтных перемычек в схемах ГПП с учётом динамики изменения влияющих на исход решения факторов во времени.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
--	--

УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Знает: теоретические и методологические основы управления проектами разработки объектов профессиональной деятельности; Умеет: вырабатывать стратегию решения поставленной задачи (составляет математическую или экономико-математическую модель, определяет накладываемые ограничения, вырабатывает критерии оценки полученных результатов, оценивает необходимость дополнительной информации); генерировать проекты по созданию систем электроснабжения промышленных предприятий и городов; рассчитать эффективные режимы работы электрооборудования; Имеет практический опыт: управления проектами в области энергосбережения в электроэнергетике; создания проектов и управления ими с использованием нового электрооборудования систем электроснабжения;
--	--

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Проектирование управляемых дугогасящих реакторов, Режимы нейтрали электрических сетей	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Проектирование управляемых дугогасящих реакторов	Знает: основные вопросы проектирования силовых трансформаторов систем электроснабжения промышленных предприятий и городов; Умеет: применять методы управления проектами разработки объектов профессиональной деятельности; подготовить проект и сформировать заявку на реализацию; Имеет практический опыт: управления проектами разработки объектов профессиональной деятельности;
Режимы нейтрали электрических сетей	Знает: особенности работы электрических сетей с различными режимами нейтрали при нормальных и аварийных режимах работы, релейной защиты и автоматики; Умеет: Имеет практический опыт: управления проектами на различных этапах жизненного цикла; решать вопросы создания систем электроснабжения промышленных предприятий и городов;

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 74,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	69,5	69,5
Подготовка к написанию контрольных работ	29,5	29,5
Подготовка к сдаче экзамена	20	20
Самостоятельное изучение материала разделов и тем, которые недостаточно полно отражены в лекциях и практических занятиях	20	20
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Актуальность моделирования в СЭС и классификация и приоритетные области их использования	1	1	0	0
2	Математическое моделирование в системах электроснабжения	26	10	8	8
3	Локальные задачи оптимизации в СЭС, их математические модели и алгоритмы решения	37	21	8	8

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Роль и место моделирования при решении научно-практических задач. Классификация методов моделирования и область их использования. Основные положения метода физического подобия. Достоинства и недостатки.	1
2	2	Роль и место математического моделирования при решении научно-практических задач. Приближённое решение алгебраических и трансцендентных уравнений. Отделение и уточнение корней. Методы половинного деления и пропорциональных частей (метод хорд).	4
3	2	Приближение функций. Понятие об интерполировании, экстраполировании и сглаживании таблично заданных функций. Приоритетная область их использования. Интерполяционная формула Лагранжа. Аппроксимация	4

		зависимостей, заданных таблично, методом наименьших квадратов . Замена сложных функций линейной комбинацией более простых	
4	2	Элементы теории матриц: виды матриц, основные правила проведения математических операций с матрицами. Использование матричного исчисления при решении задач в СЭС, например, определении гармонических составляющих токов и напряжений соответственно в ветвях и узлах СЭС.	2
5	3	Методология и общий алгоритм решения задач локальной оптимизации в СЭС. Отыскание экстремумов целевых функций методом множителей Лагранжа.	2
6	3	Использование метода множителей Лагранжа для решения задачи оптимального распределения мощности высоковольтных нерегулируемых батарей конденсаторов между промежуточными распределительными устройствами	4
7	3	Формирование экономико-математической модели для определение экономической плотности токов в радиальных и магистральных линиях электропередач в современных условиях с учётом динамики изменения во времени влияющих на исход решения факторов.	6
8	3	Построение экономико-математической модели систем внешнего электроснабжения объектов с целью определения экономически обоснованного диапазона изменения величины их расчётных нагрузок с точки зрения целесообразности использования на ГПП трансформаторов с форсированной системой охлаждения.	4
9	3	Составление экономико-математической модели систем внешнего электроснабжения объектов с целью определения целесообразности установки ремонтных перемычек в схемах ГПП с учётом динамики изменения влияющих на исход решения факторов во времени.	5

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Отыскание приблизительного значения корня уравнения $x^2 \ln x = 1$ с использованием метода половинного деления и метода хорд	2
2	2	Решение системы линейных уравнений в матричной форме. Находится обратная матрица коэффициентов системы линейных уравнений. Осуществляется проверка правильности обращения матрицы и находятся корни системы заданных уравнений.	2
3	2	Расчёт распределения в СЭС токов и напряжений высших гармонических с использованием матричной алгебры. Составление схемы замещения для расчётов гармонических составляющих токов и напряжений в СЭС, определение численных значений её элементов. Подготовка матрицы узловых проводимостей и вектора задающих токов высших гармонических для расчётов на ЭВМ.	2
4	2	Расчёт коэффициентов гармонических составляющих и коэффициента искажения синусоидальности напряжения в трёх узлах СЭС с помощью ЭВМ в при отсутствии в сети конденсаторных батарей и их поочерёдном подключении к 1-й и 2-й секций шин 10 кВ. Выбор защитных реакторов в цепи конденсаторов с целью доведения указанных показателей качества напряжения до уровня, соответствующего требованиям ГОСТ, с последующей проверкой.	2
5	3	Определение экономической целесообразности использования трансформаторов с форсированной системой охлаждения при заданных:	2

		форме суточного графика нагрузки, диапазоне возможного изменения величины нагрузки, длины питающей подстанцию линии.	
6	3	Продолжение решения задачи по определению экономической целесообразности использования трансформаторов с форсированной системой охлаждения при заданных: форме суточного графика нагрузки, диапазоне возможного изменения величины нагрузки, длины питающей подстанцию линии.	2
7	3	Расчёты по обоснованию экономической целесообразности использования в схемах ГПП ремонтных перемычек.	2
8	3	Продолжение решения задачи по обоснованию экономической целесообразности использования в схемах ГПП ремонтных перемычек.	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	2	Сглаживание таблично заданных зависимостей с использованием метода наименьших квадратов.	4
2	2	Приближение дискретно заданных зависимостей с использованием интерполяционной формулы Лагранжа.	4
3	3	Решение локальной задачи по оптимизации потоков реактивной мощности в радиально ступенчатой схеме внутриводского электроснабжения с использованием метода множителей Лагранжа.	4
4	3	Исследование степени влияния на величину экономической плотности тока в радиальной сети факторов, учтённых в экономико-математической модели.	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к написанию контрольных работ	Осн. ПУМД: [1, стр. 112-123, 225-236, 264-267, 268-272, 527-531]; Осн.Эл.УМД [1, стр. 112-123, 225-236, 264-267, 268-272, 527-531]	3	29,5
Подготовка к сдаче экзамена	Осн. ПУМД: [1, стр. 112-123, 225-236, 264-267, 268-272, 527-531]; [3. стр. 154-170, 204-214, 422-437]; Осн.Эл.УМД [1, стр. 112-123, 225-236, 264-267, 268-272, 527-531] ; Доп. Эл.УМД: [5, стр. 551-623]	3	20
Самостоятельное изучение материала разделов и тем, которые недостаточно полно отражены в лекциях и практических занятиях	Осн.Эл.УМД [1, стр. 112-123, 225-236, 264-267, 268-272, 527-531]; Доп. Эл.УМД: [5, стр. 551-623]	3	20

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Семестр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Лабораторная работа №1	1	10,5	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
2	3	Текущий контроль	Лабораторная работа №2	1	10,5	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
3	3	Текущий контроль	Лабораторная работа №3	1	10,5	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
4	3	Текущий контроль	Лабораторная работа № 4	1	10,5	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
5	3	Текущий контроль	Контрольная работа №1	1	6,33	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
6	3	Текущий контроль	Контрольная работа № 2	1	6,33	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
7	3	Текущий контроль	Контрольная работа № 3	1	6,33	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
8	3	Текущий контроль	Контрольная работа № 4	1	6,33	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
9	3	Текущий контроль	Контрольная работа № 5	1	6,33	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
10	3	Текущий контроль	Контрольная работа № 6	1	6,33	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
11	3	Текущий контроль	Посещение лекционных и практических занятий	1	12	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
12	3	Текущий контроль	Посещение лабораторных занятий	1	8	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС , вложенного в фонд оценочных средств	экзамен

13	3	Промежуточная аттестация	Экзаменационные билеты, в каждом из которых содержится 4 вопроса из разных разделов дисциплины	-	100	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС, вложенного в фонд оценочных средств	экзамен
14	3	Бонус	Бонусы за призовые места на олимпиадах и конкурсах по тематике дисциплин, предусмотренных учебным планом, а также за участие в научно-практических конференциях	-	15	Приведён в описании методики определения итоговой оценки по БРС, вложенного в фонд оценочных средств	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	ЭКЗАМЕН сдаётся в письменной форме. При этом каждому студенту даётся возможность вытянуть из общей колоды один экзаменационный билет, количество вариантов которых превышает количество экзаменуемых студентов. Каждый студент садится за отдельный стол или парту. На написание ответов на заданные в билетах вопросы даётся 1,5 астрономических часа, в течение которых студенты находятся под наблюдением преподавателя. По завершению отведённого времени преподаватель забирает у студентов билеты и тексты с ответами. По завершению проверки ответов объявляются результаты. При несогласии студента с выставленной оценкой за экзамен с ним проводится дополнительное собеседование в устной форме, в котором преподаватель аргументированно комментирует допущенные студентом ошибки в ответах на вопросы экзаменационного билета. Полученное по формуле количество баллов переводится в оценку с использованием шкалы, приведенной в таблице 3 Положения о балльно-рейтинговой системе, принятой в ЮУрГУ. Методика оценивания ответов на вопросы экзаменационного билета приведена в описании определения итоговой оценки по БРС	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
УК-2	Знает: теоретические и методологические основы управления проектами разработки объектов профессиональной деятельности;			+					+	+	+	+	+	+	
УК-2	Умеет: вырабатывать стратегию решения поставленной задачи (составляет математическую или экономико-математическую модель, определяет накладываемые ограничения, вырабатывает критерии оценки полученных результатов, оценивает необходимость дополнительной информации); генерировать проекты по созданию систем	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+

	электроснабжения промышленных предприятий и городов; рассчитать эффективные режимы работы электрооборудования;																			
УК-2	Имеет практический опыт: управления проектами в области энергосбережения в электроэнергетике; создания проектов и управления ими с использованием нового электрооборудования систем электроснабжения;																			

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Демидович, Б. П. Основы вычислительной математики Текст учеб. пособие для техн. вузов Б. П. Демидович, И. А. Марон. - Изд. 8-е, стер. - СПб. и др.: Лань, 2011. - 664 с. ил.
2. Федоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий Текст Учебник для вузов по спец. "Электроснабжение пром. предприятий, городов и сел. хоз-ва" А. А. Федоров, В. В. Каменева. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 472 с. ил.
3. Кудрин, Б. И. Электроснабжение потребителей и режимы Текст учеб. пособие для вузов по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника" Б. И. Кудрин, Б. В. Жилин, Ю. В. Матюнина. - М.: Издательский дом МЭИ, 2013. - 412 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Веников, В. А. Теория подобия и моделирования: Применительно к задачам электроэнергетики Учеб. для вузов для электроэнерг. спец. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1976. - 479 с. ил.
2. Электротехнический справочник Текст Т. 3 Производство, передача и распределение электрической энергии / подгот. Е. А. Волкова и др. в 4 т. под общ. ред. В. Г. Герасимова и др. - 10-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ, 2009. - 963 с. ил.
3. Справочник по проектированию электроснабжения Текст Под ред. Ю. Г. Барыбина и др. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с. ил.
4. Основы теории цепей Текст учеб. для электротехн. и электроэнергет. специальностей вузов Г. В. Зевеке и др. - 5-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 528 с. ил.
5. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования Сост. П. И. Анастасиев и др.; Под ред. Ю. Г. Барыбина и др. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 464 с. ил.
6. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов Текст учеб. пособие И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. - СПб. и др.: Лань, 2009. - 608 с. ил.
7. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов Пер. с нем.; Под ред. Г. Гроше, В. Циглера. - Изд. перераб. - М.: Наука, 1980. - 975 с. Ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:
Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Даченко, В. А., Гетманов, В.Т. Математическое моделирование в системах электроснабжения. Учебное пособие/ Том. политех. ун-т. - Томск, 2005. - 120 с. : window.edu.ru/resource/262/75262
2. Электротехника [Текст] Кн. 3 Электроприводы. Электроснабжение / Н. Ф. Ильинский, Ю. С. Усынин, О. И. Осипов и др. учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. и специальностям в обл. техники и технологии : в 3 кн. под ред. П. А. Бутырина и др. ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Моск. энергет. ин-т (техн. ун-т) ; ЮУрГУ. - Челябинск ; М.: Издательство ЮУрГУ, 2005. - 638 с. ил. (Электронный текст раздела "Электроснабжение" размещён на сайте кафедры ЭССиСЭ ЮУрГУ: ses.susu.ru/studentu/)
3. Валеев, Р.Г. Моделирование в системах электроснабжения: Учебное пособие к лабораторным работам / Г. С. Валеев, Р. Г. Валеев— Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2022. – 52 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Даченко, В. А., Гетманов, В.Т. Математическое моделирование в системах электроснабжения. Учебное пособие/ Том. политех. ун-т. - Томск, 2005. - 120 с. : window.edu.ru/resource/262/75262
2. Электротехника [Текст] Кн. 3 Электроприводы. Электроснабжение / Н. Ф. Ильинский, Ю. С. Усынин, О. И. Осипов и др. учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. и специальностям в обл. техники и технологии : в 3 кн. под ред. П. А. Бутырина и др. ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Моск. энергет. ин-т (техн. ун-т) ; ЮУрГУ. - Челябинск ; М.: Издательство ЮУрГУ, 2005. - 638 с. ил. (Электронный текст раздела "Электроснабжение" размещён на сайте кафедры ЭССиСЭ ЮУрГУ: ses.susu.ru/studentu/)
3. Валеев, Р.Г. Моделирование в системах электроснабжения: Учебное пособие к лабораторным работам / Г. С. Валеев, Р. Г. Валеев— Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2022. – 52 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
5	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Учебно-методические материалы кафедры	Раздел "Электроснабжение" из книги "Электротехника [Текст] Кн. 3 Электроприводы. Электроснабжение / Н. Ф. Ильинский, Ю. С. Усынин, О. И. Осипов и др. учеб. пособие для вузов по направлениям подгот. и специальностям в обл. техники и технологии : в 3 кн. под ред. П. А. Бутырина и др. ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Моск. энергет. ин-т (техн. ун-т) ; ЮУрГУ. - Челябинск ; М.: Издательство ЮУрГУ, 2005. - 638 с. ил. " http://enegy.net.susu.ru/

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. ООО "ГарантУралСервис"-Гарант(31.12.2022)
2. -Консультант Плюс(31.07.2017)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	526 (1)	ЭВМ с необходимым программным обеспечением
Лекции	526 (1)	Компьютеры и мультимедийный экран
Практические занятия и семинары	526 (1)	ЭВМ с необходимым программным обеспечением