МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.05.05 «Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике»

Код и направление подготовки (специальность)	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль)	Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2023
Институт / факультет	Электротехнический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Электромеханика и автомобильное электрооборудование"
Кафедра-разработчик	кафедра "Автоматизированные электроэнергетические системы"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	72 / 2
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет

Самара 2023

Б1.О.05.05 «Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 144 от 28.02.2018 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат технических наук	А.Г Сорокин
(должность, степень, ученое звание)	(ФИО)

Заведующий кафедрой	И.А. Косорлуков, кандидат технических наук
	(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	В.Н Овсянников, кандидат технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	В.Н. Овсянников, кандидат технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Заведующий выпускающей кафедрой	Ю.А. Макаричев, доктор технических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 4
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 5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5
4.1 Содержание лекционных занятий 6
4.2 Содержание лабораторных занятий 6
4.3 Содержание практических занятий 9
4.4. Содержание самостоятельной работы 9
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 11
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 12
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 12
9. Методические материалы 13
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 14

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

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Общепрофессиональные компетенции			
Фундаментальная подготовка	ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментальног о исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	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
			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.
			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.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **обязательная часть**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины

ОПК-3	Инженерная и компьютерная графика; Математика; Моделирование и методы планирования экспериментов; Общая энергетика; Прикладная механика; Производство и распределение электроэнергии; Теоретические основы систем автоматизированного проектирования; Теоретические основы электротехники; Теория автоматического управления; Физика; Химия; Электроника; Электрооборудование электрических станций; Электроснабжение		Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

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

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	6 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	32	32
Лабораторные работы	32	32
Внеаудиторная контактная работа, КСР	2	2
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	38	38
выполнение задач, заданий, упражнений (в том числе разноуровневых)	8	8
подготовка к зачету	8	8
подготовка к лабораторным работам	22	22
Итого: час	72	72
Итого: з.е.	2	2

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

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Моделирование элементов электроэнергетической системы.	0	8	0	10	18

2	Математическое моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем.	0	8	0	10	18
3	Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	0	12	0	10	22
4	Современные технологии моделирования в электроэнергетике и электротехнике.	0	4	0	8	12
	КСР	0	0	0	0	2
	Итого	0	32	0	38	72

4.1 Содержание лекционных занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	**Наименование раздела**	**Тема лабораторного занятия**	**Содержание лабораторного занятия** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов / часов в электронной форме**
6 семестр				
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 инциденций: 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
2	Моделирование элементов электроэнергетической системы.	Математическое моделирование элементов электрической системы. Часть 2	Топологическое представление схемы ЭЭС с помощью теории графов. Ввод исходных данных. Формирование матриц соединений первого и второго рода. Матрицы инциденций: 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
3	Моделирование элементов электроэнергетической системы.	Расчет установившегося режима ЭЭС на основе линейных математических моделей.	Алгоритм расчета уравнений установившегося режима (УУР) по линейным моделям для сети постоянного тока. Расчет токов в ветвях схемы по обобщенному уравнению состояния через обратную матрицу коэффициентов. Расчет параметров установившегося режима для расчетной линейной схемы. Реализация алгоритма метода простой итерации. Моделирование в среде Mathcad.	2

4	Моделирование элементов электроэнергетической системы.	Расчет установившегося режима ЭЭС на основе линейных математических моделей. Часть 2	Алгоритм расчета уравнений установившегося режима (УУР) по линейным моделям для сети постоянного тока. Расчет токов в ветвях схемы по обобщенному уравнению состояния через обратную матрицу коэффициентов. Расчет параметров установившегося режима для расчетной линейной схемы. Реализация алгоритма метода простой итерации. Моделирование в среде Mathcad.	2
5	Математическое моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем.	Моделирование установившегося режима по линейным моделям для сети переменного тока.	Составление диагональной матрицы проводимостей ветвей схемы ЭЭС и матрицы проводимостей ветвей, связывающих узлы схемы с балансирующим узлом. 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. Необходимые и достаточные условия сходимости метода. Выбор начальных приближений. Моделирование в среде Mathcad.	2
6	Математическое моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем.	Моделирование установившегося режима по линейным моделям для сети переменного тока. Часть 2	Составление диагональной матрицы проводимостей ветвей схемы ЭЭС и матрицы проводимостей ветвей, связывающих узлы схемы с балансирующим узлом. 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. Необходимые и достаточные условия сходимости метода. Выбор начальных приближений. Моделирование в среде Mathcad.	2
7	Математическое моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем.	Моделирование установившегося режима ЭЭС на основе нелинейных математических моделей.	Матричное представление уравнений узловых напряжений в форме баланса мощности. Учёт плохого заполнения основных матриц уравнений режимов. Расчет матрицы проводимостей ветвей схемы и матрицы узловых проводимостей. Расчет значений узловых напряжения с использованием нелинейных уравнений узловых напряжений в форме баланса мощности Расчет параметров установившегося режима ЭЭС. Проверка по балансу мощностей. Построение итерационного процесса. Реализация алгоритма расчета УУР по методу Ньютона-Рафсона и его модификациям. Выбор базисных координат. Анализ сходимости различных методов расчета УУР. Моделирование в среде Mathcad.	2

8	Математическое моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем.	Моделирование установившегося режима ЭЭС на основе нелинейных математических моделей. Часть 2	Матричное представление уравнений узловых напряжений в форме баланса мощности. Учёт плохого заполнения основных матриц уравнений режимов. Расчет матрицы проводимостей ветвей схемы и матрицы узловых проводимостей. Расчет значений узловых напряжения с использованием нелинейных уравнений узловых напряжений в форме баланса мощности Расчет параметров установившегося режима ЭЭС. Проверка по балансу мощностей. Построение итерационного процесса. Реализация алгоритма расчета УУР по методу Ньютона-Рафсона и его модификациям. Выбор базисных координат. Анализ сходимости различных методов расчета УУР. Моделирование в среде Mathcad.	2
9	Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	Моделирование режимов симметричного короткого замыкания в ЭЭС.	Составление схем замещения режимов короткого замыкания (КЗ). Учет коэффициентов трансформации. Построение векторных диаграмм режимов симметричного КЗ. Расчет установившегося и сверхпереходного режимов симметричного КЗ. Особенности построения алгоритмов по методам упорядоченного исключения Гаусса с неизменной матрицей для подрежимов КЗ и сопряженных градиентов. Моделирование в среде Mathcad.	2
10	Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	Моделирование режимов симметричного короткого замыкания в ЭЭС. Часть 2	Составление схем замещения режимов короткого замыкания (КЗ). Учет коэффициентов трансформации. Построение векторных диаграмм режимов симметричного КЗ. Расчет установившегося и сверхпереходного режимов симметричного КЗ. Особенности построения алгоритмов по методам упорядоченного исключения Гаусса с неизменной матрицей для подрежимов КЗ и сопряженных градиентов. Моделирование в среде Mathcad.	2
11	Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	Моделирование режимов несимметричных коротких замыкания в ЭЭС.	Моделирование переходного процесса после несимметричного короткого замыкания (НКЗ) в сложной ЭЭС. Метод симметричных составляющих. Метод фазных координат. Практические методы анализа несимметричых переходных процессов в ЭЭС. Моделирование в среде Mathcad.	2
12	Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	Моделирование режимов несимметричных коротких замыкания в ЭЭС. Часть 2	Моделирование переходного процесса после несимметричного короткого замыкания (НКЗ) в сложной ЭЭС. Метод симметричных составляющих. Метод фазных координат. Практические методы анализа несимметричных переходных процессов в ЭЭС. Моделирование в среде Mathcad.	2

13	Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	Моделирование электромеханических переходных процессов после малых возмущений в ЭЭС.	Составление схемы замещения для анализа электромеханических переходных процессов ЭЭС. Критерии СУ. Построение идеальной угловой характеристики. Уравнение предельных режимов (УПР). Расчет УПР методом Ньютона. Стартовые алгоритмы. Построение границы области устойчивости. Оценка запасов СУ. Оценка допустимых режимов. Моделирование в среде Mathcad.	2
14	Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	Моделирование электромеханических переходных процессов после малых возмущений в ЭЭС. Часть 2	Составление схемы замещения для анализа электромеханических переходных процессов ЭЭС. Критерии СУ. Построение идеальной угловой характеристики. Уравнение предельных режимов (УПР). Расчет УПР методом Ньютона. Стартовые алгоритмы. Построение границы области устойчивости. Оценка запасов СУ. Оценка допустимых режимов. Моделирование в среде Mathcad.	2
15	Современные технологии моделирования в электроэнергетике и электротехнике.	Современные технологии моделирования интеллектуальной ЭЭС.	Технологии Smart Grid, интеллектуальные ЭЭС. Модели тиристорного статического компенсатора, устройств FACTS и вставки несинхронной связи. Примеры моделирования устройств Smart Grid.	2
16	Современные технологии моделирования в электроэнергетике и электротехнике.	Современные технологии моделирования интеллектуальной ЭЭС. Часть 2	Технологии Smart Grid, интеллектуальные ЭЭС. Модели тиристорного статического компенсатора, устройств FACTS и вставки несинхронной связи. Примеры моделирования устройств Smart Grid.	2
			Итого за семестр:	**32**
			Итого:	**32**

4.3 Содержание практических занятий

Учебные занятия не реализуются.

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	**Вид самостоятельной работы**	**Содержание самостоятельной работы** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов**
6 семестр			
Моделирование элементов электроэнергетической системы.	Подготовка к зачету	Подготовка к сдаче контрольной точки 1	2
Моделирование элементов электроэнергетической системы.	Подготовка к лабораторным занятиям раздела 1	Изучение материала и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам раздела 1	6

Моделирование элементов электроэнергетической системы.	Выполнение задания на поисковую работу.	Подготовка архива материалов задания на поисковую работу	2
Математическое моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем.	Подготовка к зачету	Подготовка к сдаче контрольной точки 2	2
Математическое моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем.	Подготовка к лабораторным занятиям раздела 2	Изучение материала и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам раздела 2, подготовка к сдаче контрольной точки 2	6
Математическое моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем.	Выполнение задания на поисковую работу.	Подготовка реферата поисковой работы	2
Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	Подготовка к зачету	Подготовка к сдаче контрольных точек 3 и 4	2
Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	Подготовка к лабораторным занятиям раздела 3	Изучение материала и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам раздела 3	6
Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.	Выполнение задания на поисковую работу	Подготовка презентации поисковой работы	2
Современные технологии моделирования в электроэнергетике и электротехнике.	Подготовка к зачету	Подготовка к сдаче зачета	2
Современные технологии моделирования в электроэнергетике и электротехнике.	Подготовка к лабораторным занятиям раздела 4	Изучение материала и подготовка к защите отчетов по лабораторным работам раздела 4	4
Современные технологии моделирования в электроэнергетике и электротехнике.	Выполнение задания на поисковую работу.	Подготовка программируемого теста и доклада поисковой работы.	2
		Итого за семестр:	**38**
		Итого:	**38**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	Библиографическое описание	Ресурс НТБ СамГТУ (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	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	Электронный ресурс
2	Кротков, Е. А. Расчет электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах : учеб. пособие к курсовому проекту / Е. А. Кротков, В. В. Сенько; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2015.- 85 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||2207	Электронный ресурс
3	Сенько, В.В. Вопросы устойчивости электроэнергетических систем : учебное пособие / В. В. Сенько; Самарский государственный технический университет, Автоматизированные электроэнергетические системы.- Самара, 2021.- 118 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||5397	Электронный ресурс
4	Сенько, В.В. Несимметричные электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / В. В. Сенько; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2015.- 54 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||2650	Электронный ресурс
5	Э-19/12 Электромеханические переходные процессы в электрических системах : Лаборатор. практикум / Сост.: Е. А. Кротков , В. А. Стеблев; Самар.гос.техн.ун-т, Автоматизир. электроэнерг. системы.- Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2009.- 41 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||metd||1887	Электронный ресурс
Учебно-методическое обеспечение		
6	Планирование режимов работы электроэнергетических систем : учебное пособие / А. С. Ведерников [и др.]; Самар.гос.техн.ун-т, Автоматизированные электроэнергетические системы.- Самара, 2016.- 193 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||3809	Электронный ресурс
7	Справочник по проектированию электрических сетей / ред. Д. Л. Файбисович .- 3-е изд.,перераб.и доп..- М., ЭНАС, 2009.- 390 с.	Книжный фонд

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

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

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения

1	Microsoft Windows XP Professional операционная система	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	Microsoft Office 2007 Open License Academic	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
3	Пакет компьютерной алгебры Mathcad, вер. 14	PTC (Parametric Technology Corporation) (Зарубежный)	Лицензионное

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

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	ScienceDirect (Elsevier) - естественные науки, техника, медицина и общественные науки.	http://www.sciencedirect.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
2	Scopus - база данных рефератов и цитирования	http://www.scopus.com/	Зарубежные базы данных ограниченного доступа
3	Электронная библиотека "Наука и техника"	http://n-t.ru/	Ресурсы открытого доступа
4	Электронная библиотека изданий СамГТУ	http://irbis.samgtu.local/cgi-bin/irbis64r_01/cgiirbis_64.exe	Российские базы данных ограниченного доступа
5	Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/	Российские базы данных ограниченного доступа
6	Журнал Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки».	http://vestnik-teh.samgtu.ru/	Ресурсы открытого доступа
7	ТехЛит.ру	http://www.tehlit.ru/	Ресурсы открытого доступа
8	РОСПАТЕНТ	http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru	Ресурсы открытого доступа
9	Консультант плюс	http://www.consultant.ru	Ресурсы открытого доступа
10	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лабораторные занятия

Аудитории для лабораторных занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютерный класс). Занятия проводятся в компьютерных классах (ауд. № 226б, №223, корпус 1) с установленным лицензионным программным обеспечением.

Самостоятельная работа

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

- читальный зал НТБ СамГТУ (ауд. 200 корпус № 8; ауд. 125 корпус № 1; ауд. 41, 31, 34, 35 Главный корпус библиотеки, ауд. 83а, 414, 416, 0209 АСА СамГТУ; ауд. 401 корпус №10);

- компьютерные классы (ауд. 208, 210 корпус № 8).

КСР проводятся, в том числе, с применением средств электронной почты и электронной среды университета СамГТУ.

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться 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 закреплен 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.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации 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 выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). 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 отчётности по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

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 и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

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 библиотеке, 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.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.О.05.05 «Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.О.05.05 «Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике»

Код и направление подготовки (специальность)	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль)	Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2023
Институт / факультет	Электротехнический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Электромеханика и автомобильное электрооборудование"
Кафедра-разработчик	кафедра "Автоматизированные электроэнергетические системы"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	72 / 2
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет

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

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Общепрофессиональные компетенции			
Фундаментальная подготовка	ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментальног о исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	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
			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.
			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.

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Моделирование элементов электроэнергетической системы.				

ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**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	Вопросы к зачету	Да	Да
	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.	Вопросы к зачету	Да	Да
	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.	Вопросы к зачету	Да	Да
Математическое моделирование установившихся режимов электроэнергетических систем.				
ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**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.	Вопросы к зачету	Да	Да
	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	Вопросы к зачету	Да	Да
	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.	Вопросы к зачету	Да	Да
Математическое моделирование переходных режимов электроэнергетических систем.				
ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**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.	Вопросы к зачету	Да	Да
	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.	Вопросы к зачету	Да	Да

	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	Вопросы к зачету	Да	Да
Современные технологии моделирования в электроэнергетике и электротехнике.				
ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	**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.	Вопросы к зачету	Да	Да
	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	Вопросы к зачету	Да	Да
	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.	Вопросы к зачету	Да	Да

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

2.1.1. Пример заданий для защиты лабораторных работ

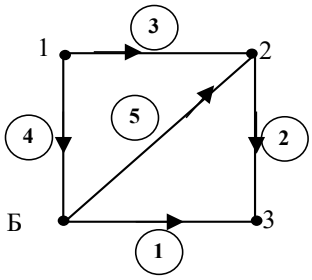
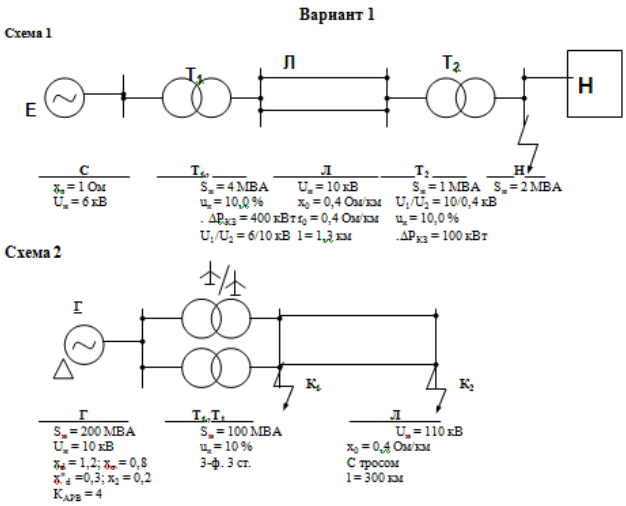


Рис. 1. Расчетная схема ЭС

Разделы 1-2

1. Составить матрицы инциденций первого и второго рода для схемы ЭС (рис. 1) для расчетов установившихся режимов.
2. Рассчитать токи в ветвях расчетной схемы сети постоянного тока, используя обобщенное уравнение состояния (Модель 1).
3. Провести расчеты установившегося режима по уравнению узловых напряжений (Модель 2).
4. Определить параметры установившегося режима для расчетной схемы по уравнению узловых напряжений в линейной форме.
5. Сформировать диагональную матрицу проводимостей ветвей в сименсах
6. Сформировать матрицу узловых проводимостей для расчета режима на основе нелинейной модели.
7. Произвести расчет установившегося режима на основе нелинейной модели: уравнения узловых напряжений в форме баланса мощности.



Разделы 3-4

1. Вывести типовые формулы (схема 1 и 2) для расчетов режимов КЗ.

2. По заданной схеме составить эквивалентную схему и рассчитать параметры схемы замещения для расчета тока КЗ. Свернуть схему к расчётному виду.
3. Рассчитать сверхпереходный и ударный токи трёхфазного короткого замыкания в заданных точках КЗ (схема 2).
4. Рассчитать в схеме 2 практическим методом сверхпереходный и ударный ток трехфазного КЗ (вид метода расчета устанавливает преподаватель). Систему АРВ генератора не учитывать.
5. Рассчитать установившийся ток трехфазного КЗ в заданных точках КЗ (схема 2) без учёта влияния системы АРВ (вид метода расчета устанавливает преподаватель).
6. Рассчитать установившийся ток трехфазного КЗ в заданных точках КЗ (схема 2). Систему АРВ генератора учитывать.
7. Построить схемы различных последовательностей для расчета несимметричного короткого замыкания (НКЗ) для ЭЭС (схема 2).
8. Рассчитать установившийся ток в заданных точках при НКЗ (схема 2) без учёта влияния системы АРВ (вид НКЗ устанавливает преподаватель).
9. Оценить самое опасное КЗ по коэффициенту тяжести аварии в схеме 2 для точек К1 (К2).
10. Построить векторную диаграмму токов (напряжений) и комплексную схему для случая НКЗ в точке К2 (вид НКЗ задает преподаватель).
11. Устойчив ли генератор (схема 2), передающий 80 процентов от номинальной мощности? С каким углом он работает? Рассчитать предел активной мощности электропередачи.
12. Построить идеальные угловые характеристики по активной мощности ЭЭС (схема 2) при работе генератора: а) при работе генератора без АРВ; б) при работе генератора с АРВ ПД; в) при работе генератора с АРВ СД.
13. Рассчитать запас статической устойчивости (СУ) системы для трех случаев работы генератора.
14. Составить схему замещения ЭЭС при замещении ее элементов полными параметрами. Построить векторные диаграммы электропередачи для трех случаев работы генератора (схема 2). Рассчитать пределы активной мощности электропередачи.
15. Рассчитать и построить угловые характеристики активной и реактивной мощностей при сложной связи генератора с приемной системой (схема 2). Оценить запасы СУ и рассчитать знак синхронизирующей мощности.

2.1.2. Вопросы к защите лабораторных работ

1. Базовые понятия дисциплины. Элементы электрической цепи и ее топология. Моделирование элементов ЭЭС.
2. Математическая модель режима электрической сети. Математическое и алгоритмическое обеспечение задач управления ЭЭС.
3. Преимущества использования теории графов и матричных методов для анализа и расчета режимов электроэнергетической системы (ЭЭС).
4. Топологии электрической сети. Дерево. Виды топологических связей в сложной ЭЭС. Связь топологии сети с ее матричным описанием.
5. Матричное описание электрической сети. Основная матрица соединений. Матрицы соединений (инциденций). Ранг матрицы.
6. Матрица контуров и матрица сечений – основные зависимости. Алгоритмы заполнения матриц по топологии ЭС.
7. Уравнения установившихся режимов (УУР) цепей переменного тока. Матричная форма уравнений состояния сети по законам Кирхгофа.
8. Закон Ома в матричной форме. Метод узловых напряжений и метод контурных токов – сравнение алгоритмов.
9. Уравнения режима электрической сети по методу контурных токов. Матричная форма уравнений. Алгоритм расчета режима.
10. Расчет режима электрической сети с помощью матрицы коэффициентов распределения. Базовые формулы и алгоритм расчета.
11. Матрицы узловых проводимостей – формирование и заполнение. Основные свойства. Топологические зависимости.
12. Расчет режима электрической сети с помощью метода узловых напряжений. Базовые формулы и алгоритм расчета.
13. Виды электромагнитных связей в электрических цепях. Взаимная индукция. Комплексная форма записи УУР.
14. Схемы замещения элементов ЭЭС. Особенности их составления в расчетах, выполняемых на ЭВМ.

15. Расчет установившихся режимов линейной электрической сети. Упрощающие приемы. Разбиение матрицы на блоки.
16. Маркировка схемы электрической сети и виды этой маркировки. Принцип ярусности. Алгоритм нумерации ЭС.
17. Формирование и заполнение таблицы узловых характеристик. Алгоритмы расчетов.
18. Таблицы взаимных индуктивных и емкостных связей. Формирование и заполнение. Алгоритмы расчетов.
19. Таблицы узловых и контурных характеристик. Формирование и заполнение. Алгоритмы расчетов.
20. Применение табличных структур в задачах расчета режимов электрических сетей. Законы Кирхгофа. Уравнения небалансов.
21. Метод условных потенциалов. Движение потенциала. Прямой и обратный ход. Алгоритм расчета режима.
22. Задачи расчета установившегося режима ЭЭС. Балансирующий узел. Алгоритм расчета нормального режима.
23. Алгоритм решения уравнений узловых напряжений в форме баланса токов. Вычислительная эффективность.
24. Методы и алгоритмы решения систем линейных уравнений (СЛУ) – точные и приближенные. Сравнительная характеристика.
25. Метод обратной матрицы и метод Гаусса – сравнение и алгоритмы. Достоинства и недостатки.
26. Алгоритмы и методы решения систем нелинейных уравнений, описывающих режимы ЭЭС. Сравнительная характеристика.
27. Критерии и анализ сходимости итерационного процесса решения нелинейных уравнений, описывающих режимы ЭЭС.
28. Собственные значения матрицы. Нормы матрицы. Ускорение сходимости итерационных методов решения УУР электрической системы.
29. Метод простой итерации и метод Зейделя – сравнение и алгоритмы. Достоинства и недостатки. Вычислительная эффективность.
30. Метод Гаусса-Зейделя в решении УУР. Организация итерационного процесса при решении системы нелинейных алгебраических уравнений. Исследование сходимости.
31. Алгоритмы применения корреляционного и регрессионного анализа в электроэнергетике. Построение регрессионных моделей и корреляционный анализ параметров состояния ЭЭС.
32. Случайные события и случайные процессы в электроэнергетике и их математические и их стохастические описания. Статистические распределения и их характеристики в задачах статистического анализа в ЭЭС.
33. Алгоритмы анализа электромеханических переходных процессов в электрических системах и способы их реализации.
34. Математические модели в анализе устойчивости ЭЭС и их алгоритмическая реализация.
35. Алгоритмы методов анализа волновых процессов в ЭЭС.
36. Алгоритмы частотного метода анализа переходных процессов в ЭЭС.
37. Линейное, нелинейное и динамическое программирование в задачах проектирования, планирования и управления в электроэнергетике и их реализация с помощью ЭВМ.
38. Классификация методов математического программирования, симплекс-метод и его алгоритмизация в задачах электроэнергетики.
39. Развитие математических моделей, алгоритмов и методов решения задач управления режимами работы ЭЭС.
40. Алгоритмы и математические модели в задачах проектирования электрических систем с активно-адаптивными элементами.

2.1.3. Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине

Форма промежуточной аттестации в **6 семестре** проходит в виде письменного зачета по вопросам и заключается в ответе на два вопроса из списка.

1. Основные понятия и определения дисциплины. Исторический обзор.
2. Методы и средства планирования и организации научных исследований, опытно-конструкторских разработок и практических экспериментальных исследований в электроэнергетике и электротехнике.
3. Классификация методов эквивалентирования ЭЭС. Сетевые эквивалентные модели. REI-эквивалентирование. Линеаризованные эквивалентные модели.
4. Топологическое представление схемы электроэнергетической системы (ЭЭС) с помощью теории графов.

5. Формирование матриц соединений первого и второго рода. Матрицы инциденций: узлы-ветви и контуры-ветви. Ввод исходных данных.
6. Составление диагональной матрицы сопротивлений. Расчет промежуточных и блочных матриц.
7. Законы Ома и Кирхгофа, узловых напряжений и контурных уравнений в матричной форме.
8. Алгоритмизация решения задач электроэнергетики. Матричное и табличное представление режимов ЭЭС.
9. Стартовые алгоритмы, применяемые для улучшения сходимости итерационных процессов при решении УУР.
10. Алгоритм расчета уравнений установившегося режима (УУР) по линейным моделям для сети постоянного тока.
11. Расчет токов в ветвях схемы по обобщенному уравнению состояния через обратную матрицу коэффициентов.
12. Расчет параметров установившегося режима для расчетной линейной схемы.
13. Реализация алгоритма метода простой итерации. Моделирование его в среде Mathcad.
14. Составление диагональной матрицы проводимостей ветвей схемы ЭЭС и матрицы проводимостей ветвей, связывающих узлы схемы с балансирующим узлом.
15. Расчет напряжения в узлах схемы. Расчет параметров вектора падений напряжения в ветвях схемы.
16. Расчет токов в ветвях схемы. Реализация алгоритма метода Гаусса-Зейделя для расчетов УУР.
17. Необходимые и достаточные условия сходимости метода Гаусса-Зейделя. Выбор начальных приближений.
18. Моделирование расчетов линейных УУР ЭЭС в среде Mathcad. Обзор методов расчета.
19. Матричное представление уравнений узловых напряжений в форме баланса мощности. Учёт плохого заполнения основных матриц уравнений режимов ЭЭС.
20. Расчет матрицы проводимостей ветвей схемы и матрицы узловых проводимостей для анализа установившегося режима ЭЭС.
21. Расчет значений узловых напряжения с использованием нелинейных уравнений узловых напряжений в форме баланса мощности
22. Расчет параметров установившегося режима ЭЭС. Проверка по балансу мощностей. Построение итерационного процесса.
23. Реализация алгоритма расчета УУР по методу Ньютона-Рафсона и его модификациям.
24. Выбор базисных координат. Анализ сходимости различных методов расчета нелинейных УУР.
25. Моделирование расчета нелинейных УУР в среде Mathcad. Обзор методов решения нелинейных УУР.
26. Составление схем замещения режимов короткого замыкания (КЗ). Учет коэффициентов трансформации. Построение векторных диаграмм режимов симметричного КЗ.
27. Расчет установившегося и сверхпереходного режимов симметричного КЗ.
28. Особенности построения алгоритмов по методам упорядоченного исключения Гаусса с неизменной матрицей для подрежимов КЗ и сопряженных градиентов. \
29. Моделирование режимов симметричного КЗ ЭЭС в среде Mathcad.
30. Моделирование переходного процесса после несимметричного короткого замыкания (НКЗ) в сложной ЭЭС.
31. Моделирование несимметричных электромагнитных процессов. Метод симметричных составляющих. Метод фазных координат.
32. Особенности применения фазных координат. Уравнения узловых напряжений для фазных координат. Применение метода Гаусса.
33. Решение УУР в фазных координатах методом Ньютона. Расчет потерь мощности и величин токов.
34. Построение эквивалентных моделей для расчетов несимметричных режимов ЭС.
35. Методы анализа аварийных режимов. Расчеты неполнофазных режимов ЭЭС.
36. Расчеты несимметричных коротких замыканий. Экспериментальная проверка моделей электрических систем.
37. Практические методы анализа несимметричых переходных процессов в ЭЭС. Моделирование в среде Mathcad.
38. Составление схемы замещения для анализа электромеханических переходных процессов ЭЭС. Построение идеальной угловой характеристики электропередачи.
39. Методы исследования СУ. Метод малых колебаний. Моделирование и оценка колебательной устойчивости ЭЭС. .
40. Критерии СУ. Оценка запасов СУ. Учет влияния промежуточного подключения на СУ
41. Уравнение предельных режимов (УПР) ЭЭС.
42. Расчет УПР методом Ньютона. Стартовые алгоритмы.

43. Построение границы области устойчивости. Оценка запасов СУ. Оценка и моделирование допустимых режимов ЭЭС.
44. Моделирование предельных режимов ЭЭС в среде Mathcad.
45. Оценивание состояния ЭЭС. Постановка задачи идентификации. Анализ погрешностей определения параметров ЛЭП и трансформаторов.
46. Обзор методов параметрической идентификации в электроэнергетике.
47. Применение вероятностных моделей режимов ЭЭС. Технологии корреляционного и регрессионного анализа в электроэнергетике.
48. Имитационное моделирование в электроэнергетике и электротехнике.
49. Интервальный анализ. Интервальная арифметика. Интервальные векторы и матрицы. Интервальные модели режимов ЭЭС.
50. Системный подход к моделированию в электроэнергетике и электротехнике.
51. Технологии Smart Grid, интеллектуальные ЭЭС (ИЭЭС). Технологии моделирования элементов Smart Grid.
52. Комплексный подход к моделированию интеллектуальных ЭЭС. Модели тиристорного статического компенсатора, устройств FACTS и вставки несинхронной связи.
53. Примеры моделирования инновационных устройств распределенной генерации, применяемых в ИЭЭС.
54. Перспективы развития математических моделей и алгоритмов в электроэнергетике и электротехнике

2.1.4. Задание на поисковую работу по дисциплине

Провести поисковую работу по теме своего варианта, по результатам поиска составить исследовательский реферат (15-20 стр.), подготовить презентацию (40-50 слайдов) и сделать на ее основе устный доклад. Подготовить программируемый тест (10 вопросов) для самоконтроля знаний.

Содержание поисковой работы (ПР):

1. **Архив поисковой работы и исследовательский реферат – файл *.doc или *.docx.**

Требования – текст должен основываться на Вашей поисковой работе, содержать основной текст от 15 до 20 стр. Текст реферат должен соответствовать теме ПОИСКОВОЙ РАБОТЫ и быть структурирован с применением единого стиля, содержание - автоматически сформировано. Все формулы, рисунки, таблицы должны быть пронумерованы и быть оформлены в соответствии с ГОСТ. В тексте реферата обязательно вставить ссылки на рисунки, таблицы и список источников. Текст реферата проверить на плагиат, результаты оригинальности не должны быть меньше 50 процентов.

Архив поисковой работы содержит действующие ссылки на учебники, учебные пособия, монографии и научные труды.

2. **Презентация - файл *.ppt или *.pptx.**

Требования – дизайн совпадает с оформлением примера и содержит от 40 до 50 слайдов. Презентация создаётся в качестве визуальной опоры для устного доклада по теме Вашего варианта ПОИСКОВОЙ РАБОТЫ. Письменная версия устного доклада прилагается в виде отдельного файла Доклад.

3. **Программируемый тест для самоконтроля знаний - файлы *.doc**

Объём – 10 вопросов. Вопросы необходимы для самооценки полученных знаний и должен отражать только ту информацию, которая дана в реферате и презентации. Каждый вопрос (тест) должен быть понятным вне других вопросов и названия общей темы (правильный ответ – всегда первый, остальные ответы – неверные). Программируемый тест (10 заданий) – вшивается как Приложение в реферате.

Общие требования по содержанию реферата:

- Титульный лист - ВУЗ, кафедра, дисциплина. Название темы и ключевые слова; ФИО автора и руководителя; дата сдачи (год).
- Введение (не нумеруется) – актуальность и практическая значимость темы
- Краткие теоретические сведения реферата с рисунками и таблицами,
- Заключение (не нумеруется) - выводы по работе и о перспективах развития;
- Список использованных источников (не нумеруется) - список адресов интернет-ресурсов и печатной литературы, которые были использованы (в тексте реферата и презентации - ссылки на них обязательны!)
- Список сокращений (Приложение А).

Требования по срокам выполнения - реферат, программируемый тест, презентацию и все материалы надо собрать в общую электронную папку (на ЯндексДиск) и переслать ссылку на нее в окно последнего занятия СДО университета.

После проверки Реферат, доклад, тест распечатать на А4, сшить в одну папку (Приложения вшиваются после Списка использованных источников). **Этот бланк задания** вшивается в реферат после титульного листа перед листом Содержания. Директорию с файлами поиска (архив файлов *,mht и др.), разработанные файлы - архив запросов и поисковой работы, реферат, отчет проверки на плагиат, файл с презентацией записать на тот же ЯнДиск. К зачету (экзамену) будут допущены студенты после полной проверки их электронной и письменной версий результатов ПР и устного выступления на семинаре во время занятий.

2.1.5. Примерный перечень тем поисковой работы

1. Основные понятия и определения дисциплины. Исторический обзор.
2. Методы и средства планирования и организации научных исследований, опытно-конструкторских разработок и практических экспериментальных исследований в электроэнергетике.
3. Классификация методов эквивалентирования ЭЭС. Сетевые эквивалентные модели. REI-эквивалентирование. Линеаризованные эквивалентные модели.
4. Традиционные модели элементов ЭЭС.
5. Применение решетчатых схем замещения. Моделирование воздушной многопроводной линии, кабельной линии, трансформаторов, двигателей.
6. Моделирование многопроводных элементов в фазных координатах.
7. Свойства и формы записи уравнений установившегося режима ЭЭС.
8. Метод простой итерации, методы зейделевского типа, методы оптимизационного типа, методы ньютоновского типа, методы второго порядка.
9. Алгоритмизация решения задач электроэнергетики.
10. Стартовые алгоритмы. Улучшение сходимости итерационных процессов при решении УУР.
11. Матричное и табличное представление режимов ЭЭС.
12. Методы решения нелинейных УУР. Учет плохого заполнения матриц основных уравнений режимов ЭЭС.
13. Особенности применения фазных координат. Уравнения узловых напряжений для фазных координат. Применение метода Гаусса.
14. Решение УУР в фазных координатах методом Ньютона. Расчет потерь мощности и величин токов.
15. Построение эквивалентных моделей для расчетов несимметричных режимов ЭС.
16. Методы анализа аварийных режимов. Расчеты неполнофазных режимов ЭЭС.
17. Расчеты несимметричных коротких замыканий. Экспериментальная проверка моделей электрических систем.
18. Методы исследования статической устойчивости (СУ).
19. Уравнения предельных режимов ЭЭС и их решение.
20. Расчет запасов СУ в детерминированной и стохастической постановке.
21. Оценка допустимых режимов. Аппроксимация границ области устойчивости.
22. Фрактальный характер областей устойчивости.
23. Учет продольной и поперечной несимметрии в расчетах предельных режимов.
24. Системный подход к моделированию в электроэнергетике и электротехнике.
25. Оценивание состояния ЭЭС. Постановка задачи идентификации.
26. Анализ погрешностей определения параметров ЛЭП и трансформаторов.
27. Обзор методов параметрической идентификации в электроэнергетике.
28. Применение вероятностных моделей режимов ЭЭС.
29. Технологии корреляционного и регрессионного анализа в электроэнергетике.
30. Имитационное моделирование в электроэнергетике и электротехнике.
31. Интервальный анализ. Интервальная арифметика. Интервальные векторы и матрицы. Интервальные модели режимов ЭЭС.
32. Технологии моделирования элементов Smart Grid.
33. Комплексный подход к моделированию интеллектуальных ЭЭС.
34. Перспективы развития математических моделей и алгоритмов в электроэнергетике и электротехнике

Тесты по компетенциям

Дисциплина Б1.О.05.05 «Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике»
Профиль «Электроэнергетические системы и сети»

№	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы РПД	Семестр
ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач				
1	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** Цель математического моделирования элемента электрической системы состоит в... А) Описании только внешнего вида оборудования Б) Формализованном представлении свойств элемента в виде уравнений и параметров В) Замене электрических величин механическими без связи с объектом Г) Отказе от расчетов режима сети	Б	Математическое моделирование элементов электрической системы	6
2	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** Линейная математическая модель удобна тем, что для нее справедлив... А) Принцип суперпозиции Б) Только закон сохранения массы В) Запрет на использование комплексных чисел Г) Метод случайного перебора	А	Расчет установившегося режима ЭЭС на основе линейных математических моделей	6
3	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** При расчете установившегося режима сети переменного тока по линейной модели широко применяют... А) Метод экспертных оценок Б) Метод определения тарифов В) Только табличный способ без уравнений Г) Метод узловых напряжений	Г	Моделирование установившегося режима по линейным моделям для сети переменного тока	6
4	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** Для решения нелинейной задачи потокораспределения в ЭЭС наиболее часто используют... А) Метод линейной интерполяции без итераций Б) Метод экстраполяции только по времени В) Итерационный метод Ньютона-Рафсона Г) Только графический метод	В	Моделирование установившегося режима ЭЭС на основе нелинейных математических моделей	6
5	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** При моделировании симметричного трехфазного короткого замыкания в электрической системе обычно достаточно рассматривать...	Б	Моделирование режимов симметричного короткого замыкания в ЭЭС	6

	электрической системе обычно достаточно рассматривать... А) Только нулевую последовательность Б) Схему прямой последовательности В) Только обратную последовательность Г) Только активные мощности нагрузки			
6	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** Для моделирования несимметричных коротких замыканий в ЭЭС применяют... А) Метод симметричных составляющих Б) Только метод контурных токов без преобразований В) Метод определения себестоимости электроэнергии Г) Графический способ без схем замещения	А	Моделирование режимов несимметричных коротких замыкания в ЭЭС	6
7	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** Малые возмущения в электроэнергетической системе исследуют, как правило, путем... А) Только прямого натурного эксперимента на энергосистеме Б) Расчета освещенности помещений В) Определения среднегодовой температуры воздуха Г) Линеаризации модели около установившегося режима и анализа устойчивости	Г	Моделирование электромеханических переходных процессов после малых возмущений в ЭЭС	6
8	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** Одной из характерных особенностей моделирования интеллектуальной электроэнергетической системы является... А) Полное отсутствие источников распределенной генерации Б Учет активных потребителей, распределенной генерации и информационно-управляющей инфраструктуры В) Использование только постоянных нагрузок без управления Г) Отказ от обмена данными между элементами сети	Б	Современные технологии моделирования интеллектуальной ЭЭС	6
9	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** В математическую модель силового трансформатора обычно обязательно включают... А) Только массу и габариты бака Б) Только цвет изоляции обмоток В) Коэффициент трансформации и параметры схемы замещения, включая сопротивление короткого замыкания Г) Только стоимость монтажа	В	Математическое моделирование элементов электрической системы	6
10	**Прочитайте текст вопроса и выберите правильный ответ.** Синхронизированные векторные измерения (PMU) в интеллектуальных сетях применяют прежде всего для... А) Верификации моделей и мониторинга динамического состояния сети в реальном времени	А	Современные технологии моделирования интеллектуальной ЭЭС	6

	Б) Замены всех силовых трансформаторов В) Измерения только температуры масла Г) Формирования бумажного архива документов			

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

Учебная дисциплина формирует компетенции в соответствии с табл. 2, процедура оценивания представлена в табл. 3 и реализуется поэтапно:

1-й этап процедуры оценивания: оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – индикатора достижения компетенций в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП (Приложение 1 ОПОП). Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных индикаторов достижения компетенций, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения (табл. 2).

2-й этап процедуры оценивания: интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Характеристика процедуры промежуточной аттестации по дисциплине

Таблица 3

№	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры	Методы оценивания	Виды выставляемых оценок	Способ учета индивидуальных достижений,
1	Вопросы к защите лабораторных работ	Систематически на лабораторных занятиях	Экспертный	зачет /незачет	журнал учета успеваемости
2	Задание и перечень тем поисковой работы	Систематически на лабораторных занятиях	Экспертный	зачет /незачет	журнал учета успеваемости
3	Вопросы к зачету	В конце 6 семестра	Экспертный	зачет /незачет	ведомость, зачетная книжка и учебная карточка

Шкала и процедура оценивания сформированности компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (индикаторов достижения компетенций) представлены в карте компетенции.

Форма оценки знаний: оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно». Лабораторные работы, практические занятия (если есть) оцениваются: «зачет», «незачет». Возможно использование балльно-рейтинговой оценки.

Шкала оценивания:

«Отлично» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов достижения компетенций 86% более (в соответствии с картами компетенций) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций;

«Хорошо» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов достижения компетенций на *61%* и более (в соответствии с картами компетенций) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно», допускается оценка «удовлетворительно»: обучающийся показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций;

«Удовлетворительно» – выставляется, если сформированность заявленных индикаторов достижения компетенций *51%* и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: обучающийся показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой;

«Неудовлетворительно»– выставляется, если сформированность заявленных индикатора достижения компетенций менее чем *51%* (в соответствии с картами компетенций ОПОП)

оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность.

Соответствие критериев оценивания сформированности планируемых результатов обучения (индикаторы достижения компетенций) системам оценок представлено в табл. 4.

Интегральная оценка

Таблица 4

Критерии	Традиционная оценка	Балльно-рейтинговая оценка
5	5	86 - 100
4	4	61-85
3	3	51-60
2 и 1	2, Незачет	0-50
5, 4, 3	Зачет	51-100

Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные учебным планом дисциплины, учебный процесс контролируется электронным способом (в том чисел, в Системе дистанционного обучения) е АИС СамГТУ (посещаемость, контрольные точки, ведомости).

Оценка «Удовлетворительно» (или «зачет») по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других учебных дисциплин.

Критерии оценивания тестов

Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

– задание в закрытой форме – 3 балла,

– задание в открытой форме – 3 балла,

– задание на установление правильной последовательности – 3 балла,

– задание на установление соответствия – 3 балла,

– решение компетентностно-ориентированной задачи – 15 баллов.