

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Моделирование в электроэнергетике и электротехнике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	2 семестр - 73,2 часа;
в том числе на КП/КР	2 семестр - 16 часов;
Иная контактная работа	2 семестр - 4 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	2 семестр - 0,3 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ванин А.С.
	Идентификатор	Rd4f34a31-VaninAS-037682a9

(подпись)


А.С. Ванин

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Козьмина И.С.
	Идентификатор	Ra036a963-KozminaIS-f85c8f2a

(подпись)

И.С. Козьмина

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тулский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

(подпись)

В.Н. Тульский

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: является изучение математических моделей, применяемых в электроэнергетике

Задачи дисциплины

- изучение основных параметров и областей применения математических моделей в электроэнергетике;
- приобретение навыков составления схем замещения и расчетов режима элементов и систем в электроэнергетике.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в электроэнергетике и электротехнике	ИД-4 _{ПК-3} Работает с универсальными моделями электроэнергетики и электротехники	знать: - схемы замещения, характеристики и методы расчета режимов работы электроэнергетического оборудования и электроэнергетических систем. уметь: - рассчитывать установившиеся режимы электроэнергетических систем.
ПК-3 Способность принимать участие в математическом и компьютерном моделировании в электроэнергетике и электротехнике	ИД-6 _{ПК-3} Использует в профессиональной деятельности методы моделирования состояния и работы высоковольтного электрооборудования	знать: - параметры защит и систем управления в электроэнергетических системах. уметь: - рассчитывать характеристики переходных процессов в электроэнергетических системах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Моделирование в электроэнергетике и электротехнике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Общие вопросы моделирования в электроэнергетике	17	2	8	-	4	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Общие вопросы моделирования в электроэнергетике"</p> <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Общие вопросы моделирования в электроэнергетике" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Общие вопросы моделирования в электроэнергетике"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], стр. 34-48</p>
1.1	Общие вопросы моделирования в электроэнергетике	17		8	-	4	-	-	-	-	-	-	5	
2	Моделирование	17.7		8	-	4	-	-	-	-	-	5.7	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u>

															<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Расчеты переходных режимов в электроэнергетике" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчеты переходных режимов в электроэнергетике"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 48-63 [3], стр. 46-58</p>
4	Моделирование релейной защиты и систем управления	19	8	-	4	-	-	-	-	-	-	7	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Моделирование релейной защиты и систем управления"</p>	
4.1	Моделирование релейной защиты и систем управления	19	8	-	4	-	-	-	-	-	-	7	-	<p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Моделирование релейной защиты и систем управления" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Моделирование релейной защиты и систем управления"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>	

														[1], стр. 234-254
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Курсовая работа (КР)	36.3	-	-	-	16	-	4	-	0.3	16	-		
	Всего за семестр	144.0	32	-	16	16	2	4	-	0.8	39.7	33.5		
	Итого за семестр	144.0	32	-	16	18		4		0.8	73.2			

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Общие вопросы моделирования в электроэнергетике

1.1. Общие вопросы моделирования в электроэнергетике

Общие понятия и структура курса. Основные принципы инженерного моделирования. Виды моделирования в электроэнергетике. Моделирование элементов электроэнергетических систем. Схемы замещения электрооборудования. Способы задания источников питания и нагрузок. Принципы моделирования электрических схем. Сбор схемы. Последовательность составления расчетной модели. Сбор исходных данных. Оценка параметров оборудования. Настройка расчетной модели. Тестирование и верификация расчетной модели.

2. Моделирование установившихся режимов в электроэнергетике

2.1. Моделирование установившихся режимов в электроэнергетике

Цель расчета установившегося режима. Рассматриваемые сценарии. Нормальные и послеаварийные режимы. Учет регулируемых устройств в расчетах установившихся режимов. Моделирование суточных, недельных и годовых графиков нагрузки. Моделирование ВИЭ в расчетах установившихся режимов. Сценарии развития сети. Экономические расчеты. Оптимизационные расчеты для установившихся режимов.

3. Расчеты переходных режимов в электроэнергетике

3.1. Расчеты переходных режимов в электроэнергетике

Цель расчета. Рассматриваемые сценарии. Исходные данные для расчетов. Сценарии расчетов. Расчеты в соответствии с ГОСТ/IEC/ANSI. Выбор оборудования. Расчеты симметричных замыканий. Расчеты несимметричных замыканий. Схемы замещения обратной и нулевой последовательности. Режим работы нейтрали. Схема замещения электродвигателя. Оценка параметров электродвигателей. Характеристики асинхронных электродвигателей. Статический и динамический пуск двигателя. Устройства плавного пуска. Частотный пуск. Модели нагрузки. Групповой пуск. Выбег электродвигателей. Самозапуск электродвигателей. Выбор сценария расчета. Оценка времени АВР. Самозапуск после отключения основного источника питания. Самозапуск после КЗ. Расчет группового самозапуска. Оценка результатов в графическом виде.

4. Моделирование релейной защиты и систем управления

4.1. Моделирование релейной защиты и систем управления

Необходимы данные. Типы реле. Сценарии расчета. Моделирование релейной защиты для использования в динамических расчетах. Защиты по току и напряжению. Направленные защиты. Характеристики защит в соответствии с кодами ANSI. Защиты в сетях низкого напряжения. Времятоковые характеристики автоматических выключателей и предохранителей. Оценка селективности. Оценка чувствительности. Расчет последовательности срабатывания защит. Системы управления генераторов. Первичные регуляторы и регуляторы системы возбуждения.

3.3. Темы практических занятий

1. Автоматизация расчетов. Составление ревизий данных. Создание конфигураций коммутационных аппаратов. Создание сценариев расчета и выгрузка данных;
2. Моделирование регуляторов. АРВ. АРС. Системный стабилизатор. Расчеты динамической устойчивости;

3. Расчет самозапусков двигателей;
4. Расчет пусков двигателей. Статический и динамический пуск. Устройства плавного пуска;
5. Расчет коротких замыканий и проверка электрооборудования;
6. Расчет установившихся режимов с учетом графиков нагрузки. Моделирование ВИЭ.;
7. Расчет установившихся режимов в сетях переменного тока. Настройка расчета, задание параметров, анализ результатов;
8. Составление расчетной модели. Поиск ошибок. Оценка исходных данных.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Общие вопросы моделирования в электроэнергетике"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Моделирование установившихся режимов в электроэнергетике"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчеты переходных режимов в электроэнергетике"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Моделирование релейной защиты и систем управления"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 2 Семестр

Курсовая работа (КР)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 12	13 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	1	3	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	40	35	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	40	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Моделирование суточных, недельных и годовых графиков нагрузки. Моделирование ВИЭ в расчетах установившихся режимов
1	Сценарии развития сети. Экономические расчеты. Оптимизационные

	расчеты для установившихся режимов
3	Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части КР

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
схемы замещения, характеристики и методы расчета режимов работы электроэнергетического оборудования и электроэнергетических систем	ИД-4пк-3	+				Тестирование/«Общие вопросы моделирования в электроэнергетике»
параметры защит и систем управления в электроэнергетических системах	ИД-6пк-3				+	Тестирование/«Моделирование релейной защиты»
Уметь:						
рассчитывать установившиеся режимы электроэнергетических систем	ИД-4пк-3		+			Контрольная работа/«Выбор мощности асинхронного двигателя для механизмов собственных нужд»
рассчитывать характеристики переходных процессов в электроэнергетических системах	ИД-6пк-3			+		Тестирование/«Защиты в электрических сетях»

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. «Защиты в электрических сетях» (Тестирование)
2. «Общие вопросы моделирования в электроэнергетике» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. «Выбор мощности асинхронного двигателя для механизмов собственных нужд» (Контрольная работа)
2. «Моделирование релейной защиты» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Курсовая работа (КР) (Семестр №2)

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Электротехнический справочник. В 4 т. Т.1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / и др. ; Ред. В. Г. Герасимов . – 9-е изд., стер . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 440 с. - ISBN 5-7046-0985-6 .;

2. Глазунов, А. А. Проектирование районной электрической сети : методические указания к курсовому проектированию по курсам "Электрические сети электропитающих систем" и "Электроэнергетические системы и сети" по направлению "Электроэнергетика" / А. А. Глазунов, Г. В. Шведов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 72 с.

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1488;

3. Зуев, Э. Н. Выбор основных параметров линий электропередачи районных электрических сетей в современных условиях. Курсовое и дипломное проектирование : методическое пособие по курсу "Электрические системы и сети" для студентов электроэнергетических специальностей, по направлению "Электроэнергетика" / Э. Н. Зуев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Информэлектро, 2003 . – 64 с.;

4. Методические указания по курсовому проекту "Районная электрическая сеть" / А. А. Глазунов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – 1980 . – 31 с.;
5. Герасимова В.Г.- "Электротехнический справочник: В 4 т. Т.1: Общие вопросы. Электротехнические материалы", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012062.html>;
6. Васильев И.Е.- "Надежность электроснабжения", Издательство: "МЭИ", Москва, 2014 - (174 с.)
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008096.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Антиплагиат ВУЗ;
6. Acrobat Reader;
7. SimInTech;
8. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
11. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
12. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
13. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-407, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-409, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения	Ж-407, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая

промежуточной аттестации		
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	3-203/5, Кабинет сотрудников каф. "ТОЭ"	стол, стул, шкаф
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	3-403/56, Помещение каф. "ТОЭ"	стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование в электроэнергетике

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 «Общие вопросы моделирования в электроэнергетике» (Тестирование)
- КМ-2 «Выбор мощности асинхронного двигателя для механизмов собственных нужд» (Контрольная работа)
- КМ-3 «Защиты в электрических сетях» (Тестирование)
- КМ-4 «Моделирование релейной защиты» (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Общие вопросы моделирования в электроэнергетике					
1.1	Общие вопросы моделирования в электроэнергетике		+			
2	Моделирование установившихся режимов в электроэнергетике					
2.1	Моделирование установившихся режимов в электроэнергетике			+		
3	Расчеты переходных режимов в электроэнергетике					
3.1	Расчеты переходных режимов в электроэнергетике				+	
4	Моделирование релейной защиты и систем управления					
4.1	Моделирование релейной защиты и систем управления					+
Вес КМ, %:			15	30	30	25

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Математическое моделирование в электроэнергетике

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

КМ-1 Соблюдение графика выполнения (готовность КР – 50%)

КМ-2 Соблюдение графика выполнения (готовность КР – 75%)

КМ-3 Допуск к защите КР (готовность КР – 100%)

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	8	12	16
1	Моделирование суточных, недельных и годовых графиков нагрузки. Моделирование ВИЭ в расчетах установившихся режимов		+		
2	Сценарии развития сети. Экономические расчеты. Оптимизационные расчеты для установившихся режимов			+	
3	Оформление расчетно-пояснительной записки и графической части КР				+
Вес КМ, %:			40	35	25