

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроснабжение

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная



УТВЕРЖДАЮ

Директор ФФ НИУ «МЭИ»

С.А. Абдулкеримов

2025 г.

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Блок	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Формируемая участниками образовательных отношений
Индекс дисциплины по учебному плану	Б1.В.05
Трудоемкость в зачетных единицах	6 семестр – 5
Часов (всего) по учебному плану	180
Лекции	6 семестр – 42 часа
Практические занятия	6 семестр – 28 часов
Лабораторные работы	6 семестр – 12 часов
Консультации по курсовому проекту/ работе: групповые индивидуальные	учебным планом не предусмотрены
Самостоятельная работа	6 семестр – 62 часов
включая: РГР	6 семестр – 36 часов
курсовые проекты/работы	учебным планом не предусмотрены
Промежуточная аттестация: экзамен	6 семестр – 2,5 часа
Контроль: экзамен	6 семестр – 33,5 часа

Душанбе 2025 г

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры электроэнергетики,
к.т.н.

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Х.Б. Назиров

(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой
электроэнергетики
к.т.н., доцент

(название кафедры)



(подпись)

Х.Б. Назиров

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение основ расчета и анализа режимов работы электроэнергетических систем и сетей.

Задачи дисциплины:

- изучение основных характеристик электроэнергетических систем;
- приобретение навыков составления схем замещения электрических сетей
- овладение основами расчета установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей.
- изучение методов регулирования частоты и напряжения

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-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения объектов	ИД-2пк-1 Выбирает типовые проектные решения систем электроснабжения объектов	знать: – основы конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи;
	ИД-4пк-1 Оценивает параметры режимов спроектированной системы электроснабжения объектов	знать: - – схемы замещения элементов электроэнергетических систем и сетей и их параметры; – методы расчета установившихся режимов электрических сетей различной конфигурации; уметь: – определять параметры замещения основных элементов электроэнергетических систем и сетей; – рассчитывать установившиеся режимы электрических сетей различной конфигурации; – анализировать установившиеся режимы электрических сетей;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
	ИД-5пк.1 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, расчета режимов и эксплуатации системы электроснабжения объекта	<p>знать:</p> <p>– принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Конструкционное материаловедение», «Электротехническое материаловедение», «Промышленная электроника», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «ТЭС и АЭС», «Электростанции на основе ВИЭ», «Электрические станции и подстанции».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин «Электроснабжение», «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах», «Проектирование электрических сетей», «Электропередачи сверхвысокого напряжения» и выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы						СР	Конт- роль	Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная								
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
1	Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях	10	6	6	4	-	-	-	-	-	[1], стр. 5-51 или [2], стр. 5-20, 23-51	
2	Схемы замещения элементов электроэнергетических систем и электрических сетей и их параметры	30	6	6	4	-	-	-	20	-	[1], стр. 92-102, 107-109, 134-146, 153- 154, 162-167 или [2], стр. 54-96; выполнение п.1 расчетного задания	
3	Расчет и анализ установившихся режимов электрических сетей различной конфигурации	60	6	18	14	8	-	-	20	-	[1], стр. 115-129, 170-195, или [2], стр. 97-130, 137-152; выполнение п.2 расчетного задания; подготовка к выполнению лабораторных работ № 1 и № 2	
4	Балансы мощностей в электроэнергетической системе	6	6	4	-	-	-	-	2	-	[2], стр. 153-156	
5	Основы регулирования напряжения и частоты в электроэнергетической системе	32	6	4	4	4	-	-	20	-	[1], стр. 292-305, 305-320, [2], стр. 156- 160, 164-184 или [2], стр. 200-219; выполнение п.3 расчетного задания; подготовка к выполнению лабораторной работы № 3	
6	Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем	16	6	4	2	-	-	-	10	-	[1], стр. 362-367 или [2], стр. 496-512; выполнение п.4 расчетного задания	
	Экзамен		6	-	-	-	-	-	2,5	-	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена	
	Итого:	180		42	28	12	-	-	2,5	62	33,5	

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

3.2. Краткое содержание разделов

6 семестр

1. Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях

Основные понятия и определения. Исторический обзор развития электрических сетей в России, современное состояние и перспективы дальнейшего развития. Преимущества объединенных электроэнергетических систем. Классификация электрических сетей. Номинальные напряжения электрических сетей. Требования, предъявляемые к электрическим сетям при их проектировании, сооружении и эксплуатации. Рабочие режимы работы электрических сетей. Задачи, решаемые при расчетах режимов электрических сетей.

Основные элементы электроэнергетических систем: генераторы, линии электропередачи, трансформаторы и автотрансформаторы, узлы комплексных нагрузок.

Основные сведения о конструкции воздушных линий. Конструктивные элементы воздушных линий: провода и тросы, изоляторы, линейная арматура, опоры и основания.

Основные сведения о конструкциях кабельных электрических линий. Конструкции силовых кабелей.

2. Схемы замещения элементов электроэнергетических систем и электрических сетей и их параметры

Полные и упрощенные схемы замещения электрических линий и их параметры. Активные и индуктивные сопротивления и проводимости линий. Зарядные мощности линий. Используемые сечения проводов. Транспозиция фаз. Расщепление проводов фаз линий.

Полные и упрощенные схемы замещения трансформаторов (автотрансформаторов) и их параметры. Активные и индуктивные сопротивления и проводимости трансформаторов (автотрансформаторов).

Понятие комплексной нагрузки. Статические характеристики нагрузок потребителей. Задание нагрузок при расчетах режимов электрических сетей.

3. Расчет режимов работы электрических сетей различной конфигурации

Построение схемы замещения электрической сети. Подготовка схемы замещения электрической сети к расчету режима. Расчетные схемы электрических сетей.

Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием векторных диаграмм напряжений и токов и П-образной схемы замещения в случае, когда нагрузка задана током. Анализ различных режимов работы электрической линии. Влияние емкостных токов на режимные параметры. Аналитическая зависимость между напряжениями начала и конца линии. Понятие потери и падения напряжения. Допущения, используемые при расчете сетей 110 кВ.

Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием П-образной схемы замещения в случае, когда нагрузка задана мощностью. Четыре возможных случая постановки задачи расчета режима (по данным начала, по данным конца передачи, итерационным методом «в 2 этапа»). Допущения, используемые при расчете сетей 110 кВ.

Расчет магистральных и разветвленных сетей.

Совместный расчет сетей двух номинальных напряжений.

Расчет электрических сетей с учетом статических характеристик нагрузок. Метод систематизированного подбора.

Расчет режимов замкнутых сетей. Понятие точки потокораздела. Особенности послеаварийных режимов.

Краткие сведения об электрическом расчете сложных замкнутых электрических сетей.

Расчет режимов сетей напряжением до 35 кВ. Особенности расчета режимов.

Расчет режимов работы электрических сетей с двумя источниками питания.

4. Балансы мощностей в электроэнергетической системе.

Задачи расчета балансов активной и реактивной мощности.

Составляющие балансов активной и реактивной мощности в электрических сетях.

Баланс активной мощности в электроэнергетической системе и его связь с частотой.

Баланс реактивной мощности в электроэнергетической системе и его связь с напряжением.

Потребители реактивной мощности. Источники реактивной мощности в электроэнергетических системах, их технические и экономические характеристики. Выработка реактивной мощности генераторами электростанций. Компенсация реактивной мощности.

5. Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетической системе

Основы регулирования напряжения. Способы и технические средства регулирования напряжения. Регулирующие устройства в электрических сетях. Особенности регулирования напряжения в системообразующих сетях и сетях низших напряжений.

Основы регулирования частоты. Задачи, допустимые отклонения частоты, регулировочные характеристики генераторов, методы регулирования частоты.

6. Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем

Основные сведения о характере потерь мощности и электроэнергии в различных элементах электрических сетей. Виды потерь мощности. Определение потерь мощности и электроэнергии в электрических линиях и трансформаторах (автотрансформаторах) с помощью графиков нагрузки и с использованием времени максимальных потерь.

Мероприятия по снижению потерь мощности и электроэнергии.

3.3. Темы практических занятий

6 семестр

Вводное занятие (2 часа).

Расчет параметров схемы замещения линий электропередачи (2 часа).

Расчет параметров схемы замещения трансформаторного оборудования (2 часа).

Приведенная и расчетная нагрузка подстанции (4 часа).

Расчет режимов разомкнутых электрических сетей (2 часа).

Расчет режимов электрических сетей двух номинальных напряжений (2 часа).

Расчет режимов замкнутых электрических сетей (4 часа).

Расчет режимов электрических сетей с двумя источниками (2 часа).

Оценка достаточности регулировочного диапазона устройств РПН трансформаторов (4 часа).

Расчет потерь активной мощности и электроэнергии (2 часа).

Итоговое занятие (2 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

6 семестр

№ 1. Исследование установившегося режима работы электрической сети (2 часа).

№ 2. Регулирование напряжения и потоков реактивной мощности в электрических сетях (2 часа).

№ 3. Определения влияния отклонение напряжения на потребляемую мощность нагрузки (2 часа).

№4. Исследование статических характеристик нагрузки (2 часа).

№5. Анализ показателей качества электрической энергии в электрических сетях (2 часа).

№6. Регулирование реактивной мощности в электрических сетях (2 часа).

3.5. РГР

Тип РГР: расчетное задание.

Тематика расчетных заданий

6 семестр

Расчеты нормальных и послеаварийных режимов в районной сети 220-110 кВ с одним источником питания с проверкой достаточности регулирования диапазонов РПН автотрансформаторов и трансформаторов и оценкой потерь мощности и электроэнергии.

3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект (курсовая работа) учебным планом не предусмотрен.

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	5	6	
Знать:								
основы конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи	ИД-2пк-1	X						Тест «Конструкция линий электропередачи»
схемы замещения элементов электроэнергетических систем и сетей и их параметры	ИД-4пк-1		X					Защита лабораторной работы № 1
принципы процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии	ИД-5пк-1	X			X		X	Тесты: «Балансы мощностей», «Регулирование напряжения и частоты», «Потери электроэнергии»
методы расчета установившихся режимов электрических сетей различной конфигурации	ИД-4пк-1			X				Защита лабораторной работы № 2
Уметь:								
определять параметры схемы замещения основных элементов электроэнергетических систем и сетей	ИД-4пк-1		X					Выполнение п.1 расчетного задания
рассчитывать установившиеся режимы электрических сетей различной конфигурации	ИД-4пк-1			X				Контрольная работа «Расчет режима», выполнение п.п. 2, 3, 4 расчетного задания
анализировать установившиеся режимы электрических сетей	ИД-4пк-1			X		X	X	Защита расчетного задания, защита лабораторной работы № 3

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

6 семестр

– тестирование:

1. Тест «Конструкция линий электропередачи»
2. Тест «Балансы мощностей»
3. Тест «Регулирование напряжения и частоты»
4. Тест «Потери электроэнергии»

– контрольные работы:

1. Контрольная работа «Расчет режима»

– выполнение и защита расчетного задания;

– защита лабораторных работ.

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

6 семестр

Экзамен.

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

В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. **Электрические системы.** Электрические сети: учебник для электроэнерг. спец. вузов / В.А. Веников, А.А. Глазунов, Л.А. Жуков и др.; под ред. В.А. Веникова, В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 1998. – 511 с.

2. **Идельчик В.И.** Электрические системы и сети: учебник для вузов. – М.: ООО «Издательский дом Альянс», 1989, 2009. – 592 с.

3. **Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях:** учебное пособие для электроэнерг. спец. / В.В. Ежков, Г.К. Зарудский, Э.Н. Зуев и др.; под редакцией В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 1999. – 352 с.

4. **Справочник по проектированию электрических сетей** / Под ред. Д.Л. Файбисовича. – М.: ЭНАС, 2005. – 392 с.

5.2 **Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:** RastrWin студенческая лицензия (для 60 узлов).

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

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>
База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>
База данных Scopus <https://www.scopus.com>
Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>
База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ
<https://rosmintrud.ru/opendata>
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты
РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>
База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>
Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>
Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная
библиотека» <https://нэб.рф>
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>
Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>
Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и
метрологии <http://protect.gost.ru/>
Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории и учебной лаборатории Электрических систем для проведения лабораторных работ, содержащей универсальные расчетные стенды переменного тока ПВЦМ ОПЗ, включающие в себя:

- элементы, моделирующие синхронные генераторы, воздушные и кабельные линии электропередачи, нагрузку потребителей, двухобмоточные и трехобмоточные силовые трансформаторы, батареи конденсаторов;
- комплект измерительных приборов, измеряющих: ток, напряжение, активную и реактивную мощности;
- коммутационную панель, на которой собираются расчетные схемы исследуемых электрических сетей.

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электроэнергетические системы и сети

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Выполнение в срок п.1 расчетного задания (расчетные нагрузки)
 КМ-2 Выполнение в срок п.2 расчетного задания (расчет режима)
 КМ-3 Выполнение в срок п.3 и п.4 расчетного задания (достаточность РПН и потери электроэнергии)
 КМ-4 Защита расчетного задания
 КМ-5 Тест «Конструкция линий электропередачи»
 КМ-6 Тест «Балансы мощностей», Тест «Регулирование напряжения и частоты», Тест «Потери электроэнергии»
 КМ-7 Контрольная работа «Расчет режима»
 КМ-8 защита лабораторной работы №1
 КМ-9 защита лабораторной работы №2
 КМ-10 защита лабораторной работы №3
 КМ-11 защита лабораторной работы №4
 КМ-12 защита лабораторной работы №5
 КМ-13 защита лабораторной работы №6

Вид промежуточной аттестации – экзамен

Трудоемкость дисциплины = 5 з.е. (без учета КП/КР)

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13
			Неделя КМ:	6	10	13	14	13	13	13	8	12	14	15	16
1	Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях					+	+			+	+	+			
2	Схемы замещения элементов электроэнергетических систем и электрических сетей и их параметры		+			+				+	+	+			
3	Расчет и анализ установившихся режимов работы электрических сетей			+		+			+	+	+	+			
4	Балансы мощностей в электроэнергетической системе							+							
5	Основы регулирования напряжения и частоты в электроэнергетической системе				+	+		+				+			+
6	Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем				+	+		+					+	+	
Вес КМ, %:			6	6	6	20	6	6	20	5	5	5	5	5	5