

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 43,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Расчетно-графическая работа</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Силаев М.А.
	Идентификатор	R173a9150-SilayevMA-5e8dbd73

М.А. Силаев

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шестопалова Т.А.
	Идентификатор	Rca486bb1-ShestopalovaTA-2b9205

Т.А.  
Шестопалова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шестопалова Т.А.
	Идентификатор	Rca486bb1-ShestopalovaTA-2b9205

Т.А.  
Шестопалова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основ расчета и анализа режимов работы электроэнергетических систем и сетей

### Задачи дисциплины

- овладение основами расчета установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей;
- ознакомление с методами энергосбережения в электроэнергетических системах и электрических сетях;
- изучение методов регулирования 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-3 Способен применять знание характеристик и особенностей электроэнергетических систем, способов производства, транспорта и использования электроэнергии	ИД-1ПК-3 Демонстрирует знание основных характеристик и особенностей электроэнергетических систем, способов производства, передачи, распределения электроэнергии и электроснабжения потребителей	знать: - основные термины, определения, понятия применительно к электроэнергетическим системам, схемы замещения и параметры электрических сетей; - основы регулирования напряжения в электрических сетях.  уметь: - рассчитывать потери мощности и электроэнергии в электрических сетях; - рассчитывать и анализировать параметры установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей различной конфигурации.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать методы расчета линейных электрических цепей
- знать параметры и математические модели электрических цепей
- уметь рассчитывать линейные электрические цепи

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Цели и задачи курса. Основные понятия и определения	22	5	8	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "первый"</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Тема РГР : Расчет установившегося режима районной электрической сети 110-220кВ. Часть №1 Составление схемы замещения сети и определения ее параметров</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 5-13 [2], 66-82, 208-217 [5], 105-148</p>	
1.1	Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях	11		4	-	2	-	-	-	-	-	-	5		-
1.2	Модели, параметры и характеристики элементов электроэнергетических систем и электрических сетей	11		4	-	2	-	-	-	-	-	-	5		-
2	Расчет режимов работы электрических сетей различной конфигурации	45.7		12	12	8	-	-	-	-	-	13.7	-	<p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Тема РГР : Расчет установившегося режима районной электрической сети 110-220кВ Часть 2: Выполнение расчетов потокораспределения и напряжений в узлах сети в нормальном режиме работы сети, для случая наибольших нагрузок.</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Лабораторная работа №1 Исследование установившихся режимов двухцепной воздушной линии 220 кВ с одним источником питания лабораторная работа №2 Режимы кольцевой сети 110 кВ</p>	
2.1	Расчет разомкнутых сетей	25.7		8	8	4	-	-	-	-	-	-	5.7		-
2.2	Расчет замкнутых сетей	20		4	4	4	-	-	-	-	-	-	8		-





## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Цели и задачи курса. Основные понятия и определения

#### 1.1. 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. Основные элементы электроэнергетических систем: генераторы, линии электропередачи, трансформаторы и автотрансформаторы, узлы комплексных нагрузок. Понятие режима электроэнергетической системы. Классификация режимов. Задачи управления режимами. Средства управления режимами и их функции. Принципы построения электрических сетей России и развитых зарубежных стран. Классификация электрических сетей. Номинальные напряжения электрических сетей. Критерии выбора номинального напряжения участков электрической сети. Аналитические выражения для оценки номинального напряжения. Требования, предъявляемые к электрическим сетям при их проектировании и эксплуатации. Методические рекомендации по проектированию электрических сетей. Конфигурация электрических сетей, классификация понижающих подстанций и их схемы распределительных устройств. Принципы выбора вариантов схем электрической сети..

#### 1.2. Модели, параметры и характеристики элементов электроэнергетических систем и электрических сетей

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). 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. Понятие комплексной нагрузки. Способы задания нагрузок при расчетах режимов электрических сетей.

### 2. Расчет режимов работы электрических сетей различной конфигурации

#### 2.1. Расчет разомкнутых сетей

Построение схемы замещения электрической сети. Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием векторных диаграмм напряжений и токов и П-образной схемы замещения. Расчет электрических линий 110-220 кВ с использованием П-образной схемы замещения в случае, когда нагрузка задана мощностью. Рабочие режимы работы электрических сетей. Задачи, решаемые при расчетах режимов электрических сетей. Понятия приведенная и расчетная нагрузка. Определение расчетных нагрузок подстанций электрических сетей. Расчетные схемы электрической сети и подготовка схемы замещения электрической сети к расчету режима. Режимные характеристики линии: аналитическая зависимость между напряжениями начала и конца линии, формулы расчета потерь мощности. Понятие потери и падения напряжения. Расчет режима по данным начала, по данным конца передачи, итерационным методом «в два 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..

#### 2.2. Расчет замкнутых сетей

Расчет режимов замкнутых сетей. Понятие точки потокораздела. Особенности послеаварийных режимов. Расчет режимов сетей напряжением до 35 кВ, особенности расчета режимов. Расчет режимов работы электрических сетей с двумя источниками питания. Краткие сведения об расчете режимов сложнзамкнутых электрических сетей. Методы расчета параметров установившегося режима сложнзамкнутых сетей. Анализ параметров режима..

### 3. Основы регулирования напряжения и частоты в электроэнергетической системе

#### 3.1. 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. Компенсация реактивной мощности. Понятие качества электроэнергии.

#### 3.2. Основы регулирования напряжения и частоты в электроэнергетической системе

Шкала номинальных напряжений электрических. Определение границ областей применения различных напряжений регулирования напряжения. Способы и технические средства регулирования напряжения. Оценка достаточности регулировочного диапазона трансформаторов. Задачи регулирования напряжения. Особенности регулирования напряжения в системообразующих сетях и сетях низших напряжений. Регулирующие устройства в электрических сетях. Основы регулирования частоты. Частота как показатель качества электроэнергии. Регулирование частоты в энергосистеме. Задачи регулирования частоты, допустимые отклонения частоты, регулировочные характеристики генераторов. Виды регулирования частоты: первичное, вторичное, третичное. Их характеристики. Современные требования к регулированию частоты. Общее и нормированное регулирование частоты. Резервы мощности для регулирования частоты. Автоматическая частотная разгрузка..

### 4. Потери мощности и электроэнергии

#### 4.1. 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. Понятие времени максимальных потерь и время максимальных нагрузок. Определение потерь мощности и электроэнергии в электрических линиях и трансформаторах (автотрансформаторах) с помощью графиков нагрузки и с использованием времени максимальных потерь. Определение затрат на возмещение потерь электроэнергии в элементах электрической сети. Понятие неоднородности электрической сети. Характерные особенности и тенденции электропотребления энергосистем России. Графики нагрузок. Мероприятия по снижению потерь мощности и электроэнергии..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Оценка достаточности регулировочного диапазона устройств РПН трансформаторов;
2. Расчет режимов замкнутых электрических сетей;
3. Расчет режимов электрических сетей двух номинальных напряжений;
4. Расчет режимов разомкнутых электрических сетей;
5. Расчет параметров схемы замещения трансформаторного оборудования.  
Приведенная и расчетная нагрузка подстанции;



6. Расчет параметров схемы замещения линий электропередачи;
7. Расчет потерь активной мощности и электроэнергии.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Регулирование напряжения в сетях 110-220 кВ;
2. Режимы кольцевой сети 110 кВ;
3. Исследование установившихся режимов двухцепной воздушной линии 220 кВ с одним источником питания.

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Цели и задачи курса. Основные понятия и определения"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет режимов работы электрических сетей различной конфигурации"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы регулирования напряжения и частоты в электроэнергетической системе"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Потери мощности и электроэнергии"

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Цели и задачи курса. Основные понятия и определения"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчет режимов работы электрических сетей различной конфигурации"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы регулирования напряжения и частоты в электроэнергетической системе"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Потери мощности и электроэнергии"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 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	
<b>Знать:</b>						
основы регулирования напряжения в электрических сетях	ИД-1ПК-3			+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №3
основные термины, определения, понятия применительно к электроэнергетическим системам, схемы замещения и параметры электрических сетей	ИД-1ПК-3	+				Расчетно-графическая работа/Выполнение расчетно-графического задания , пункт 1 : схема замещения и ее параметры
<b>Уметь:</b>						
рассчитывать и анализировать параметры установившихся режимов электроэнергетических систем и сетей различной конфигурации	ИД-1ПК-3		+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №1 Лабораторная работа/Защита лабораторной работы №2
рассчитывать потери мощности и электроэнергии в электрических сетях	ИД-1ПК-3				+	Расчетно-графическая работа/Выполнение расчетно-графического задания , пункт 2,3.4

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Выполнение расчетно-графического задания , пункт 2,3.4 (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Соблюдение графика выполнения задания

1. Выполнение расчетно-графического задания , пункт 1 : схема замещения и ее параметры (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

Итоговая оценка проставляется по промежуточной аттестации

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Герасимов В.Г.- "Электротехнический справочник. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы", Издательство: "МЭИ", Москва, 2007 - (440 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383000823.html>;
2. Локтионов, С. В. Электроэнергетические системы. Конспект лекций : учебное пособие по курсу "Электроэнергетические системы" по профилю "Электрические станции" направления "Электроэнергетика и электротехника" / С. В. Локтионов, С. В. Шульженко, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 148 с. - ISBN 978-5-7046-1430-2 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=5704>;
3. Методы расчета установившихся режимов электрических сетей : учебное пособие по направлению "Электроэнергетика и электротехника" по курсам "Электроэнергетические системы" и "Дальние электропередачи СВН" / О. В. Дичина, С. В. Локтионов, А. Н. Шаров, С. В. Шульженко, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 108 с. - ISBN 978-5-7046-2140-9 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10710>;
4. Электрические системы. Электрические сети : Учебник для вузов по направлению " Энергетика и энергомашиностроение" / В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков, и др. ;

Ред. В. А. Строев . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1998 . – 511 с. - ISBN 5-06-001031-7 : 30.80 .;

5. Современные тенденции развития техники и технологий электроэнергетических систем : учебник по программе бакалавриата по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" и программам магистратуры по направлению 13.04.02 "Электроэнергетика и электротехника", аспирантов по направлению 13.06.01 "Электро- и теплотехника" / А. Ф. Бондаренко, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. Ю. В. Шаров . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 408 с. - Победитель Всерос. конкурса рукописей учеб., науч.-техн. и справ. лит. по энергетике 2017 года . - ISBN 978-5-7046-1958-1 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10734>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### **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](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/>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-201, Лаборатория Электродинамическая модель электрических систем	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	Г-206, Аспирантская кафедры "ГВИЭ"	кресло рабочее, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая

<p>Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря</p>	<p>Г-225, Кладовая кафедры "ГВИЭ"</p>	<p>стеллаж для хранения инвентаря, стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, наборы демонстрационного оборудования, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, запасные комплектующие для оборудования, сменные запчасти для ЭВМ</p>
---	---------------------------------------	--

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Электроэнергетические системы и сети

(название дисциплины)

#### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Выполнение расчетно-графического задания , пункт 1 : схема замещения и ее параметры (Расчетно-графическая работа)
- КМ-2 Защита лабораторной работы №1 (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы №2 (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы №3 (Лабораторная работа)
- КМ-5 Выполнение расчетно-графического задания , пункт 2,3.4 (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	6	8	12	15	16
1	Цели и задачи курса. Основные понятия и определения						
1.1	Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях		+				
1.2	Модели, параметры и характеристики элементов электроэнергетических систем и электрических сетей		+				
2	Расчет режимов работы электрических сетей различной конфигурации						
2.1	Расчет разомкнутых сетей			+	+		
2.2	Расчет замкнутых сетей			+	+		
3	Основы регулирования напряжения и частоты в электроэнергетической системе						
3.1	Балансы мощностей в электроэнергетической системе					+	
3.2	Основы регулирования напряжения и частоты в электроэнергетической системе					+	
4	Потери мощности и электроэнергии						
4.1	Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем						+
Вес КМ, %:			15	15	15	15	40