

Министерство просвещения Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра энергетики и транспорта

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.ДВ.01.01.0 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ»**

Направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по  
отраслям)

Профиль программы «Электроэнергетика (по элективным модулям\*)»

Автор(ы): ст. преп. Н.В. Шайхадарова  
ст. преп. И.М. Морозова

Одобрена на заседании кафедры энергетики и транспорта. Протокол от «25» января  
2022 г. №6.

Рекомендована к использованию в образовательной деятельности научно-  
методической комиссией института ИПО РГППУ. Протокол от «26» января 2022 г. №6.

Екатеринбург  
2022

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Электроэнергетические сети и системы»: формирование у студентов систематизированных знаний и представлений, в области электроэнергетических сетей и систем, питающих системы электроснабжения.

Задачи:

- изучение научных основ проектирования сетей электроэнергетических систем, методов расчета и анализа их установившихся режимов;
- рассмотрение студентами методов проектирования и алгоритма расчета по выбору электрических аппаратов электроэнергетических систем;
- усвоение знаний в сфере электроснабжения, освоение принципов регулирования напряжения и частоты;
- изучение условий работы нагрузки и источников электрической энергии в нормальных и аварийных установившихся режимах, условий выбора основного оборудования электрических систем;
- овладение методами технических и экономических расчетов, на основе которых выбираются схемы, параметры, а также конструктивные и режимные решения для источников питания и электроэнергетических сетей;
- формирование у студентов профессиональных навыков по проектированию и разработке электроэнергетических сетей и систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Электроэнергетические сети и системы» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана.

Для изучения учебной дисциплины необходимы знания, умения и владения, формируемые следующими дисциплинами:

1. Метрология и электрические измерения.
2. Теоретические основы электротехники.

Перечень учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и владения, формируемые данной учебной дисциплиной:

1. Системы электроснабжения.
2. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения.

## 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:



- УК-6 Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни;
- ПКО-8 Способен выполнять деятельность и (или) демонстрировать элементы осваиваемой обучающимися деятельности, предусмотренной программой учебного предмета, курса, дисциплины (модуля), практики;
- ПКС-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения объектов профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать:

31. Основные принципы построения электрических систем, технические, структурные и экономические особенности их развития;
32. Функциональное назначение подсистем и объектов энергосистемы постоянного и переменного тока;
33. Основные технико-экономические проблемы электрических систем и пути их решения;
34. Основные типы электростанций, принципы их работы, особенности электростанций различного вида и перспективы их развития в России;
35. Конструкцию современных воздушных и кабельных линий, конструкцию сип, их основные конструктивные элементы, особенности условий работы, внешние воздействующие факторы и особенности расчета проводов на механическую прочность;
36. Методы расчета технико-экономических параметров элементов электрических сетей и систем;
37. Действующие нормативные документы и правила;
38. Принципы отбора содержания обучения по общепрофессиональным дисциплинам и профессиональным модулям, связанным с электрическими сетями и системами.

Уметь:

- У1. Определять параметры элементов и режимов работы электрических сетей;
- У2. Выполнять расчеты по выбору конструктивных элементов электрических сетей;
- У3. Применять технические средства регулирования режимов работы электрических сетей;
- У4. Производить расчеты, анализировать, разрабатывать мероприятия по экономии электроэнергии и ее рациональному использованию в системах электроснабжения;
- У5. Конструировать содержание общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей, связанных с электрическими сетями и системами.

Владеть:



В1. Методами проектирования надежных и экономичных электроэнергетических систем и их элементов;

В2. Методами расчета нормальных и аварийных установившихся режимов электрических сетей и систем.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Объем дисциплины и виды контактной и самостоятельной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 час.), семестр изучения – 5, распределение по видам работ представлено в табл. № 1.

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Вид работы	Форма обучения
	очная
	Семестр изучения
	5 сем.
Кол-во часов	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	144
Контактная работа, в том числе:	66
Лекции	16
Практические занятия	16
Лабораторные работы	34
Самостоятельная работа студента	78
Промежуточная аттестация, в том числе:	
Экзамен	5 сем.
Курсовой проект	5 сем.

*\*Распределение трудоемкости по видам контактной работы для заочной формы обучения (при наличии) корректируется в соответствии с учебным планом заочной формы обучения.*

##### 4.2 Содержание и тематическое планирование дисциплины

Таблица 2. Тематический план дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Сем.	Всего, час.	Вид контактной работы, час.	СРС
---	------	-------------	-----------------------------	-----



			Лекции	Практ. занятия	Лаб. работы	
1. Схемы электрических сетей	5	35	4	4	8	19
2. Расчет параметров режимов электрических сетей	5	38	4	4	10	20
3. Проектирование развития электрических систем	5	35	4	4	8	19
4. Механический расчет электрических сетей	5	36	4	4	8	20

*\*Распределение часов по разделам (темам) дисциплины для заочной формы обучения осуществляется научно-педагогическим работником, ведущим дисциплину.*

### **4.3 Содержание разделов (тем) дисциплин**

#### **Раздел 1. Схемы электрических сетей**

##### **Тема 1. Энергосистема и ее элементы**

Основные показатели развития энергетики. Краткий обзор развития электроэнергетики России. Энергетическая стратегия страны.

Энергетическая и электрическая системы. Параметры системы. Техно-экономические преимущества создания энергосистем и их объединений.

Электрические сети. Классификация электрических сетей. Виды электроустановок и их номинальные данные. Основные задачи расчетов электрических сетей.

Воздушные линии (ВЛ). Конструктивные элементы ВЛ: основные типы опор, провода и грозозащитные тросы. Расщепление проводов. Стандарты на провода и тросы. Расположение проводов и тросов на опорах. Изоляторы и линейная арматура.

Кабельные линии. Конструктивные элементы кабельных линий, конструкции кабелей, маркировка.

Самонесущий изолированный провод: конструкция, назначение, технические характеристики, особенности установки, арматура.

Криогенные линии электропередачи. Конструктивные особенности криогенных линий электропередачи. Сверхпроводящие линии электропередачи переменного тока.

##### **Тема 2. Принципы построения схем электрических сетей**

Принципы построения схем электрических сетей. Выбор номинального напряжения. Требования к схемам электрических сетей. Надежность схем. Выбор конфигурации электрических сетей по критериям экономичности и надежности.

Типы схем, питающих и распределительных электрических сетей и области их применения. Повреждаемость элементов электрических сетей. Статистические показатели надежности. Расчеты надежности последовательного и параллельного соединения элементов.



### Тема 3. Выбор сечения линий электропередач

Выбор сечений линий электропередачи по методу экономической плотности тока. Определение нормативной экономической плотности тока. Метод экономических интервалов. Экономические интервалы стандартных сечений проводов. Выбор сечений проводов с помощью экономических интервалов мощности. Выбор сечений проводов и жил кабелей местных сетей по допустимым потерям и отклонениям напряжения. Длительно допустимые нагрузки на провода и кабели по условиям их нагрева. Проверка сечения по условиям допустимого нагрева.

### Тема 4. Схемы замещения воздушных линий и трансформаторов

Схемы замещения воздушных линий. Определение параметров схем замещения. Линии с расщепленными проводами. Схемы замещения двухобмоточных, трехобмоточных трансформаторов и трансформаторов с расщепленными обмотками. Особенности конструкции автотрансформаторов. Схемы замещения автотрансформаторов. Математические модели.

Определение параметров схем замещения трансформаторов различных типов по каталожным данным. Потери мощности на корону в воздушных линиях.

### Тема 5. Графики нагрузок. Потери мощности и энергии

Графики нагрузок узлов электрических сетей. Основные группы потребителей электроэнергии и их типовые графики нагрузки. Расчетные нагрузки и их характеристики. Выражение нагрузок в токах и мощностях.

Статические характеристики нагрузок по напряжению. Способы аппроксимации статических характеристик при расчетах электрических режимов на ЭВМ.

Потери мощности в линиях при сосредоточенных нагрузках. Потери мощности в трансформаторах различных типов. Потери энергии в линиях и трансформаторах и их определение по графикам нагрузок и времени наибольших потерь. Определение наиболее выгодного числа параллельно включенных трансформаторов на подстанции.

Векторная диаграмма токов и напряжений линии электропередачи. Падение и потери напряжения в элементах электрической сети. Электрический расчет линии электропередачи по току и мощности нагрузки. Анализ режимов работы линии с помощью векторных диаграмм. Приближенные методы определения потерь напряжения в линиях с одной или несколькими нагрузками.

## **Раздел 2. Расчет параметров режимов электрических сетей**

### Тема 6. Методы расчета режимов электрических сетей

Задачи расчета параметров режимов линий электропередачи и электрических сетей. Системообразующие, районные и местные электрические сети, их место и роль в электрических системах. Схемы замещения местных и районных электрических сетей. Приведение параметров схем замещения к одной ступени напряжения. Расчетные нагрузки потребителей.



Расчет разомкнутой сети по мощностям и токам нагрузок. Метод последовательных приближений. Критерий остановки итеративного процесса. Элементы топологии разомкнутой сети. Первая матрица соединений. Расчет режима разомкнутой сети в матричной форме методом последовательных приближений. Частные случаи расчета местных электрических сетей.

Принципы расчетов установившихся режимов замкнутых электрических сетей. Правило моментов в расчетах кольцевых электрических сетей. Последовательность расчета кольцевых сетей. Метод точки потокоузла. Метод уравнивающего потока. Особенности расчета сети с двухсторонним питанием.

Особенности учета трансформаторных связей при выполнении расчетов установившихся режимов.

Методы решения уравнений установившегося режима электрической сети. Итерационные методы. Сходимость итерационного расчета.

Понятие об однородной электрической сети. Использование свойства однородности для упрощения электрических расчетов. Понятие о принципах работы расчетных моделей —анализаторов электрических сетей. Применение метода преобразования к расчету сети. Коэффициенты распределения. Расчет режима сети методом коэффициентов распределения. Метод наложения и его применение для расчета режима сети. Использование ЭВМ для расчетов режимов электрических сетей. Программа расчета установившихся режимов Rastr.

### **Раздел 3. Проектирование развития электрических систем**

#### **Тема 8. Проектирование развития электрических систем**

Основы технико-экономических расчетов электрических систем. Капиталовложения в элементы энергосистем. Расходы по эксплуатации электрической сети. Стоимость потерь электроэнергии в энергосистеме. Ущерб от аварийных нарушений электроснабжения: системный ущерб и ущерб потребителей. Приведенные затраты. Основные принципы технико-экономических расчетов при проектировании электрических систем.

#### **Тема 9. Аварийные режимы работы электрических систем**

Особые режимы работы электрических систем. Анализ переходных режимов. Особенности расчета несимметричных режимов. Способы и средства симметрирования режима электрической системы.

Виды коротких замыканий и их последствия. Симметричные и несимметричные короткие замыкания. Особенности составления схемы замещения для расчета симметричных токов короткого замыкания. Основные положения метода симметричных составляющих. Параметры элементов электрических систем для токов обратной и нулевой последовательностей.

Схемы замещения электрической системы прямой, обратной и нулевой последовательностей. Комплексные схемы замещения.

Продольная и поперечная несимметрия. Работа электрической системы при обрыве одной или двух фаз. Схемы замещения и методы расчета продольной



несимметрии. Сложные виды обрывов. Программа ТКЗ - 3000 для расчета токов короткого замыкания.

#### Тема 10. Электрическая часть станций и подстанций

Основное оборудование электрических систем, конструкция и назначение выключателей, разъединителей, отделителей, короткозамыкателей, измерительных трансформаторов и реакторов. Схемы соединения. Схемы электрической части станций и подстанций.

Выбор основного оборудования электрических систем по номинальным параметрам и проверка по режиму короткого замыкания.

Защита элементов электрических систем в аварийных режимах. Типы защит, выбор схем и расчет установок.

### **Раздел 4. Механический расчет электрических сетей**

#### Тема 11. Механический расчет ВЛ, эксплуатация и экология

Расчет воздушных ЛЭП на механическую прочность. Расчетные климатические условия. Ветровые и гололедные нагрузки. Влияние температуры.

Вибрация и пляска проводов. Кривая провисания провода и определение стрел провеса.

Тяжение в точках подвеса. Длина провода в пролете.

Уравнение состояния провода. Критические пролеты. Критическая температура. Расчет сталеалюминевых проводов.

Выбор типов изоляторов и арматуры.

Расчет тяжения провода при обрыве в одном из пролетов. Зависимость тяжения провода от горизонтального перемещения одной из его точек подвеса. Случай обрыва провода во втором пролете от анкерной опоры.

Расстановка опор по профилю трассы. Продольный профиль. Расстановка опор по профилю с помощью шаблона.

Грозозащита и заземление. Общие сведения о грозозащите. Типы и виды молниеотводов. Зона защиты. Разрядники. Защита переходов.

Типы и конструкция заземляющих устройств для деревянных, металлических и железобетонных опор.

Экология и энергетика. Влияние ЛЭП СВН на окружающую среду.

### **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Для изучения дисциплины используются различные образовательные технологии:

1. Традиционные образовательные технологии, которые ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.





2. Для поддержки самостоятельной работы обучающихся использованы информационно-коммуникационные образовательные технологии, в частности, облачные технологии, электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС), электронные средства обучения и электронно-библиотечные системы. При этом результативность организации самостоятельной работы обучающихся существенно повышается за счет доступности материалов, упорядоченности работ и возможности получения консультации преподавателя.

3. Технология обучения в сотрудничестве применяются при проведении семинарских, практических и лабораторных занятий, нацелены на совместную работу в командах или группах и достижение качественного образовательного результата.

4. При реализации образовательной программы с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения:

- состав видов контактной работы по дисциплине (модулю), при необходимости, может быть откорректирован в направлении снижения доли занятий лекционного типа и соответствующего увеличения доли консультаций (групповых или индивидуальных) или иных видов контактной работы;

- информационной основой проведения учебных занятий, а также организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) являются представленные в электронном виде методические, оценочные и иные материалы, размещенные в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) университета, в электронных библиотечных системах и открытых Интернет-ресурсах;

- взаимодействие обучающихся и педагогических работников осуществляется с применением ЭИОС университета и других информационно-коммуникационных технологий (видеоконференцсвязь, облачные технологии и сервисы, др.);

- соотношение контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю) может быть изменено в сторону увеличения последней, в том числе самостоятельного изучения теоретического материала.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **6.1 Основная литература**

1. Короткевич М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник. - Минск : Вышэйшая школа, 2014. - 351 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35574>.

2. Лагута С. А. Оборудование электростанций и сетей. Лабораторный практикум : учебное пособие. - Минск : Республиканский институт профессионального образования, 2015. - 84 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67671>.

3. Ананичева, С. С. Анализ электроэнергетических сетей и систем в примерах и задачах : учебное пособие / С. С. Ананичева, С. Н. Шелюг ; [научный редактор Е.



Н. Котова] . - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2016. – 176 с.  
.- Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/42390>.

4. Короткевич, М. А. Эксплуатация электрических сетей : учебник для вузов [Гриф Минобразования Республики Беларусь] / М. А. Короткевич. - Минск : Вышэйшая школа, 2014. - 350 с. - Режим доступа: <http://ibooks.ru/reading.php?productid=344254>.

## **6.2 Дополнительная литература**

1. Ананичева С. С., Мезенцев П. Е., Мызин А. Л. Модели развития электроэнергетических систем : учебное пособие. - Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2014. - 148 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/65947>.

2. Воронцова О. А., Дружинина Т. В., Мироненко А. А. Основы механического расчета опор воздушных линий электропередачи : учебно-методическое пособие. - Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2015. - 60 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66182>.

3. Титков, В. В. Перенапряжения и молниезащита : учебное пособие / В. В. Титков, Ф. Х. Халилов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-5819-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145845>

4. Кобелев А. В., Кочергин С. В., Печагин Е. А. Режимы работы электроэнергетических систем : учебное пособие. - Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2015. - 80 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64564>.

5. Русина А. Г., Филиппова Т. А. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебник. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2014. - 400 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45157>.

## **6.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

Интернет-ресурсы:

1. Научная электронная библиотека. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

2. Публичная электронная библиотека. . Режим доступа: <http://www.plib.ru/>

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

Перечень материально-технического обеспечения для реализации образовательного процесса по дисциплине:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа.



2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского (практического) типа, проведения групповых и индивидуальных консультаций, проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

3. Лаборатория проектирования энергосистем.

4. Помещения для самостоятельной работы.

