



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Чайковский филиал  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
Н.В. Лобов

« 04 » 09 2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Электроэнергетические системы и сети  
(наименование)

Форма обучения: очно-заочная  
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления)

Направленность: Электроснабжение  
(наименование образовательной программы)

Пермь 2020

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

**Цель** учебной дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций в области проектирования, расчета и анализа установившихся режимов работы, управления режимами работы электроэнергетических систем.

Задачи изучения дисциплины:

- **изучение** принципов построения и основ проектирования электроэнергетических систем, методов расчета и анализа установившихся режимов работы таких систем;
- **формирование** умений разработки основных разделов проектов электроэнергетических систем, расчета и анализа установившихся режимов работы, выбора способов и средств управления режимами работы таких систем;
- **формирование** навыков использования справочной и нормативно-методической литературы по разработке основных разделов проектов электроэнергетических систем, работы с программными комплексами по расчету установившихся режимов работы таких систем.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

**ПК-2.1.** Способность рассчитывать схемы и режимы работы электроэнергетических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры

**ПК-2.4.** Способность проводить обоснование проектных решений

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- электроэнергетические системы и сети и их компоненты;
- структура и содержание основных разделов проектов электроэнергетических систем;
- методы проектирования конструктивной части воздушных линий электропередачи;
- методы расчета и анализа установившихся режимов электрических сетей;
- принципы и методы регулирования частоты и напряжения в электроэнергетических системах.
- информационные и сквозные технологии, используемые в электроэнергетических системах и сетях..

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
<b>ПК-2.1.</b> Способность рассчитывать схемы и режимы работы электроэнергетических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры	<b>ИД-1</b> ПК-2.1 <b>Знает</b> основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы электротехнических и электро-энергетических установок различного назначения. <b>ИД-2</b> ПК-2.1 <b>Умеет</b> проектировать схемы,	Рубежное тестирование. Экзамен Курсовой проект

	<p>электротехнические и электро-энергетические установки.</p> <p><b>ИД-3</b> ПК-2.1 <b>Владеет навыками</b> расчета схем и режимов работы электронных и электротехнических установок.</p>	
<b>ПК-2.4.</b> Способность проводить обоснование проектных решений	<p><b>ИД-1</b> ПК-2.4 <b>Знает</b> нормативные требования и основные критерии оценки принимаемых проектных решений; структуру и правила оформления проектных и отчетных документов.</p> <p><b>ИД-2</b> ПК-2.4 <b>Умеет</b> формировать обоснованные проектные решения по объектам профессиональной деятельности; оформлять проектные и отчетные документы.</p> <p><b>ИД-3</b> ПК-2.4 <b>Владеет навыками</b> публичной защиты проектов и отчетов; проводить доработку проектов и отчетов с учетом высказанных замечаний.</p>	<p>Рубежное тестирование. Экзамен Курсовой проект</p>

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		9
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:		
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:	34	34
- лекции (Л)	12	12
- лабораторные работы (ЛР)	8	8
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	12	12
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа	-	-
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	107	107
2. Промежуточная аттестация	-	-
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет	-	-
Зачет	-	-
Курсовой проект (КП)	3	3
Курсовая работа (КР)	-	-
Общая трудоемкость дисциплины	180	180

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах	Объем внеаудиторных занятий по видам в часах

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p><b>Модуль 1. Расчет и анализ установившихся режимов электрических сетей.</b></p> <p>Введение. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.</p> <p>Предмет и задачи курса, краткое историческое развитие электроэнергетических систем. Состояние и перспективы развития электроэнергетических систем. Общая характеристика электроэнергетической системы.</p> <p>Источники электроэнергии и приемники. Подстанции. Потребители электроэнергии. Классификация потребителей и их характеристика. Графики электрических нагрузок. Типы электрических станций и их участие в суммарном графике нагрузок системы.</p> <p>Глобальный энергопереход. Особенность рынка электроэнергии в условиях глобального энергопереход. Смарт контракты.</p> <p>Применение промышленных накопителей электроэнергии.</p> <p><b>Классификация электрических сетей.</b> Требования к электрическим сетям. Классификация по: назначению, номинальному напряжению, току, конструкции линий, конфигурации, режиму работы нейтрали сети. Влияние режима нейтрали на надежность работы сети.</p> <p><b>Конструкции воздушных и кабельных линий.</b> Основные элементы воздушных ЛЭП и их конструкция, характеристика условий их работы, требования к материалам конструкций. Токопроводы и проводники. Конструкция кабельных линий электропередач. Конструкция кабелей. Общие сведения о кабельных ЛЭП, условиях их прокладки.</p> <p><b>Схемы замещения элементов электрических систем и определения их параметров.</b> Представление элементов сети в расчетных схемах. Схемы замещения линий и их параметры: активное сопротивление, индуктивное сопротивление, активная и емкостная проводимость. Зависимость схемы замещения от уровня напряжения и цели расчета. Схемы замещения трансформаторов и автотрансформаторов и их параметры. Математические модели потребителей. Математические модели источников электроэнергии. Математические модели компенсирующих устройств.</p> <p><b>Модуль 2. Методы расчета установившихся режимов электрических сетей.</b></p>	4	4	6	20
	4	4	4	20

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
<p>Общие положения, допущения и цель расчета устоявшихся режимов. Определение параметров режима линии электропередачи с нагрузкой. Векторные диаграммы токов и напряжения электрической линии с нагрузкой в конце линии. Падение напряжения и потеря напряжения.</p> <p><b>Аналитические методы расчетов линий электропередач.</b> Итерационный метод расчета. Расчет параметров установившегося режима разомкнутых сетей: разветвленные сети одного и нескольких уровней номинального напряжения. Расчет параметров установившегося режима простых замкнутых сетей одного и нескольких уровней номинального напряжения. Расчеты сетей местного значения, потери напряжения в линии с равномерно распределенной нагрузкой. Методы преобразования и упрощения сложных замкнутых сетей.</p> <p><b>Расчет потерь электроэнергии.</b> Потери электроэнергии. Способы их расчета по графикам нагрузок и по значению длительности максимума нагрузок и времени наибольших потерь. Нагрев проводов и кабелей сетей.</p> <p><b>Расчеты устоявшихся режимов на ЭВМ.</b> Классификация моделей устоявшихся режимов сетей. Уравнение узловых напряжений. Методы решения. Вопрос сходимости решения.</p> <p>Использование современных программных пакетов для расчетов режимов на ЭВМ</p>				
<p><b>Модуль 3 Регулирование частоты в электроэнергетической системе.</b></p> <p><b>Основы управления режимами электрических систем.</b> Баланс активной мощности и его связь с частотой. Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением. Источники и потребители реактивной мощности. Сравнительная характеристика источников реактивной мощности. Компенсация реактивной мощности. Компенсирующие устройства и их размещение в энергосистеме.</p> <p>Использование автоматизированных информационно-управляющих систем для энергетики.</p> <p><b>Регулирование частоты в электроэнергетической системе.</b> Статические характеристики потребителей и регуляторов. Первичное, вторичное и третичное регулирование частоты. Автоматическая частотная разгрузка. Связь регулирования частоты с оптимальным</p>	2	-	2	20

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
<p>распределением активных нагрузок.</p> <p><b>Регулировка напряжения в электрических сетях.</b> Необходимость регулирования напряжения. Методы регулирования напряжения. Метод встречного регулирования. Средства регулирования напряжения. Сравнительная характеристика способов. Устройства РПН, ПБВ трансформаторов. Расчет отпаек устройств РПН, ПБВ.</p> <p>Применение современных технологий в электроэнергетике для достижения целевых показателей надежности, качества электроснабжения и снижения себестоимости электроэнергии (Цифровые РЭС, АЭК, Smart Grid)</p>				
<p><b>Обеспечение качества электроэнергии.</b> Показатели качества, нормированные значения, влияние показателей на режимы, элементы системы и потребителей.</p> <p><b>Повышение экономичности замкнутых сетей.</b> Естественное и экономическое распределение мощностей, уравнивающая мощность, меры по повышению экономичности. Оптимальное распределение мощности в замкнутых контурах электрических сетей. Выбор оптимальной нагрузки трансформаторов подстанций и их количества.</p> <p>Классификация мероприятий по уменьшению потерь мощности и электроэнергии, обоснование мероприятий. Уровень усвоения темы-знакомство, умение.</p> <p><b>Классификация мероприятий по уменьшению потерь электроэнергии.</b> Организационные и технические мероприятия в питающих сетях. Уменьшение потерь мощности и электроэнергии в распределительных сетях: компенсация реактивной мощности; оптимизация режимов по напряжению. Мероприятия по изменению схемы сетей.</p> <p>Использование систем искусственного интеллекта и аналитической поддержки в электроэнергетике.</p>				
<p><b>Модуль 4. Влияние электроэнергетики на окружающую среду. Вопросы экологии.</b> Влияние генерации, передачи и распределения электроэнергии на окружающую среду. Нарушение экологического равновесия. Радиопомехи. Влияние короны. Меры по охране окружающей среды, ограничение вредных выбросов на ТЭС. Герметизированные ЛЭП и подстанции.</p> <p><b>Электробезопасность, охрана труда.</b> Электробезопасность: критерии, математические модели состояния согласно безопасности. Математическая модель наведенных напряжений на воздушных линиях.</p>	2	-	-	11

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
<b>КУРСОВОЙ ПРОЕКТ</b>				36
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>107</b>

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Решение задач по теме «Параметры электрической схемы замещения линий и трансформаторов»
2	Использование средств профессионального компьютерного моделирования для расчета потерь мощности в электрической сети
3	Решение задач по теме «Потери напряжения»
4	Использование средств профессионального компьютерного моделирования для расчета графика регулирования отпаяк РПН понижающих трансформаторов
5	Решение задач по теме «Расчет рабочих режимов замкнутых сетей в программном комплексе RastrWin3»
6	Решение задач по теме «Проектирование электрических сетей»

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Устройство линий электропередачи и их конструктивных элементов
2	Моделирование параметров установившегося режима участка электрической сети.
3	Расчет режима холостого хода воздушной линии электропередач.
4	Расчет и анализ режима максимальных нагрузок без учета и с учетом КУ с использованием технологии компьютерного моделирования в программном комплексе <b>RastrWin3</b> .
5	Расчет и анализ режима минимальных нагрузок без учета и с учетом КУ с использованием технологии компьютерного моделирования в программном комплексе <b>RastrWin3</b> .
6	Анализ режимов замкнутых сетей 35 – 220 кВ с использованием технологии компьютерного моделирования в программном комплексе <b>RastrWin3</b>

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Электропитающие системы и электрические сети: учебное пособие/ Н.В. Хорошилов, А.В.Пилюгин, Л.В. Хорошилова (и др.).–2-е изд, перераб. и допол.–Старый Оскол: ТНТ, 2015.–352с	5
2	Монтаж и наладка электрооборудования: учебник для студ. учрежд. высшего образования / Б.И. Кудрин, Л.Т. Магазинник. М.Г. Ошурков и др.; под ред. Б.И. Кудрина.– М.: Изд. центр « Академия»,2016.– 240с.	3
3	Киреева Э.А. Электрооборудование электрических станций, сетей и систем: учебное пособие / Э.А. Киреева. – М.: КНОРУС, 2017. – 320с.	3
4	Хрущев, Ю.В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы: учебное пособие / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков. – М.: Изд-во Юрайт,2017. –153с	4
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	. Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика (Производство тепловой и электрической энергии) : учебник / Г.Ф. Быстрицкий, Г.Г. Касангаджиев, В.С. Кожиченков.– 2-е изд., стер.– М.: КНОРУС,2016.–408с.	3
2	Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин.– 4-е изд., стер.– М.: КНОРУС,2016.–648с	2
3	Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие / Э.А.Киреева. –2-е изд., стер. – М.: КНОРУС,2017,2018. –368с.	2
4	Правила устройства электроустановок. Вопросы и ответы: учебно-практическое пособие /авт.- сост. С.С. Бодрухина. –2-е изд., стер. – М.: КНОРУС,2017. –288с.	2
5	Быстрицкий, Г.Ф. Электроснабжение. Силовые трансформаторы:	3

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
	учебное пособие / Г.Ф. Быстрицкий, Б.И. Кудрин. –2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт,2017. –175с.	
6	Климова, Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение: учебное пособие / Г.Н. Климова. –2-е изд. – М.: Изд-во Юрайт,2017. –179с.	2
<b>2.2. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используются.	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используются.	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Ковязин В.А., Ковязина И.В. Краткие методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» для студентов очной (заочной) формы обучения по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» Программа академического бакалавриата. 2020.–25с.	2+ЭБС

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы ЭБС	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность ЭБС (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. –2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС,2006.–325с		ЭБД, 6 точек доступа
Основная литература	Электротехнический справочник. В 4-х т. Т.2. Электротехнические изделия и устройства / под общ. ред. В.Г. Герасимова. –9-е изд., стер. – М.: Изд-во МЭИ,2003.–518с		ЭБД, 6 точек доступа
Дополнительная литература	Мальков, В.Д. Основы проектирования систем электроснабжение: справочное пособие / В.Д. Мальков. – СПб: НОУ ДПО «УМИТЦ», «ЭлектроСервис»,2010.–664с		ЭБД, 6 точек доступа

## 6.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>

Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### 6.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения	Microsoft Office 2007, Лицензия Microsoft Open License №42661567
Система для математических вычислений	SMath Studio in the Cloud, свободная
Среда моделирования и проектирования на основе моделей для динамических и встроенных систем	Scilabscicos, свободная, программный комплекс <b>RastrWin3</b> (студенческая версия)

#### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования	Количество единиц
Лекция (ауд. 212)	Рабочие места обучающихся.	20
	Рабочее место преподавателя.	1
	Мультимедиа комплекс в составе мультимедиа проектор потолочного крепления, ноутбук, проекционный экран, аудиоколонки.	1
	Доска для написания мелом	1
Лабораторная работа (ауд. 212)	Рабочее место преподавателя.	1
	Мультимедиа комплекс в составе мультимедиа проектор потолочного крепления, ноутбук, проекционный экран, аудиоколонки.	1
	Персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.	6
	Доска для написания мелом	1
	наглядно-демонстрационный материал. информационные стенды; учебно-наглядные пособия;	1

#### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
------------------------------