

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.02.01 «РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ В  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ»**

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль программы «Электроэнергетические системы»

Автор(ы): канд. техн. наук, доцент,  
доцент В.И. Зеленцов

Одобрена на заседании кафедры энергетики и транспорта. Протокол от «10» ноября 2022 г. №4.

Рекомендована к использованию в образовательной деятельности научно-методической комиссией института ИПО РГППУ. Протокол от «14» ноября 2022 г. №3.

Екатеринбург  
2022

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетических системах»: освоение магистрантами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области проектирования и эксплуатации электроэнергетических систем и электрических сетей различного класса напряжений.

Задачи:

- использовать методы анализа и моделирования электрических цепей;
- использовать методы решения задач анализа и расчета параметров электрических цепей;
- рассчитывать параметры режимов работы электроэнергетических систем и сетей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Регулирование напряжения и частоты в электроэнергетических системах» относится к дисциплинам по выбору учебного плана.

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

1. Методы исследования электроэнергетических сетей и систем.
2. Цифровые системы автоматизации и управления.
3. Современные электроэнергетические системы.

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

1. Управление качеством электроэнергии.
2. Научно-исследовательская работа.

## 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- ПК-2 Способен определять эффективные режимы работы объектов профессиональной деятельности, планировать и управлять режимами работы объектов профессиональной деятельности;
- ПК-3 Способен проектировать объекты профессиональной деятельности и организовывать работу по их проектированию;
- ПК-4 Способен осуществлять организацию, управлять деятельностью и выполнять работы по эксплуатации и ремонту объектов профессиональной деятельности.



В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать:

31. Конструкцию, параметры и схемы замещения элементов электрических систем;
32. Параметры и математические модели электрических цепей;
33. Критерии экономической эффективности проектов;
34. Методы расчета линейных электрических цепей;
35. Основные типы электрических станций, их характеристики.

Уметь:

- У1. Применять методы анализа и моделирования электрических цепей;
- У2. Рассчитывать параметры режимов работы электроэнергетических систем и сетей.

Владеть:

- В1. Методами анализа и моделирования электрических цепей;
- В2. Методами расчета параметров режимов работы электроэнергетических систем и сетей.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. (108 час.), семестр изучения – 2, распределение по видам работ представлено в табл. № 1.

Таблица 1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Вид работы	Форма обучения
	очная
	Семестр изучения
	2 сем.
	Кол-во часов
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108
Контактная работа, в том числе:	48
Лекции	16
Практические занятия	16
Лабораторные работы	16
Самостоятельная работа студента	60
Промежуточная аттестация, в том числе:	
Зачет с оценкой	2 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. Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях	2	16	2	2	2	10
2. Модели, параметры и характеристики элементов электроэнергетических систем и электрических сетей	2	18	4	2	2	10
3. Расчет и анализ установившихся режимов работы электрических сетей	2	16	2	2	2	10
4. Балансы мощностей в электроэнергетической системе	2	20	2	4	4	10
5. Основы регулирования напряжения и частоты в электроэнергетической системе	2	16	2	2	2	10
6. Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем	2	22	4	4	4	10

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

## 4.3 Содержание разделов (тем) дисциплин

### Раздел 1. Общие сведения об электроэнергетических системах и электрических сетях

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.

## **Раздел 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). Понятие комплексной нагрузки. Статические характеристики нагрузок потребителей. Задание нагрузок при расчетах режимов электрических сетей.

## **Раздел 3. Расчет и анализ установившихся режимов работы электрических**

### **сетей**

Построение схемы замещения электрической сети. Подготовка схемы замещения электрической сети к расчету режима. Расчетные схемы электрических сетей. Расчет электрических линий 35-110 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. Случаи, 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. Понятие точки токораздела. 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.

## **Раздел 4. Балансы мощностей в электроэнергетической системе**



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.

## **Раздел 5. Основы регулирования 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.

## **Раздел 6. Потери мощности и электроэнергии в электрических сетях электроэнергетических систем**

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.

## **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 организации процесса обучения и самостоятельной работы используются информационно-коммуникационные образовательные технологии, представленные в виде педагогических программных средств и электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС). Технологии расширяют возможности образовательной среды, как разнообразными программными средствами, так и методами развития креативности обучаемых. К числу таких программных средств относятся моделирующие программы, поисковые, интеллектуальные обучающие, экспертные системы, программы для проведения деловых игр.



3. Технология «тренинг диагностического мышления» направлена на развитие и формирование у будущих специалистов системы общих и специфических умений, которые способствуют решению профессиональных задач проблемного типа. Структурирование диагностической информации разворачивается посредством трёх основных способов логического рассуждения: дедукции, индукции и трансдукции. Технологию применяется для проведения практических и семинарских занятий.

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. Ярош В. А. Электрические системы и сети. Курсовое проектирование : учебное пособие для вузов / Ярош В. А., Ефанов А. В., Ястребов С. С. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 172 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/147106>.

2. Афонин В. В., Набатов К. А. Электрические станции и подстанции. Часть 1. Электрические станции и подстанции : учебное пособие. - Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2015. - 90 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64621>.

3. Абрамович Б. Н., Жуковский Ю. Л., Сычев Ю. А., Устинов Д. А. Электроснабжение предприятий : учебное пособие. - Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский горный университет, 2015. - 297 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71713>.



4. Стрельников Н. А. Электроснабжение промышленных предприятий : учебное пособие. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. - 100 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45457>.

## **6.2 Дополнительная литература**

1. 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>.

2. Хальясмаа А. И., Дмитриев С. А., Кокин С. Е., Глушков Д. А. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие. - Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2015. - 64 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68237>.

3. Гуревич В. И. Защита оборудования подстанций от электромагнитного импульса : учебное пособие. - Москва : Инфра-Инженерия, 2016. - 302 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40230>.

4. Быковская Л. В., Быковский В. В. Линейные электрические цепи : учебное пособие. - Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. - 140 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71283>.

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

Интернет-ресурсы:

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

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

3. Электронная библиотека. Режим доступа: <http://stratum.pstu.as.ru>

Программное обеспечение:

1. Офисная система Office Professional Plus.

2. Операционная система Windows.

Информационные системы и платформы:

1. Система дистанционного обучения «Moodle».

2. Информационная система «Таймлайн».

3. Платформа для организации и проведения вебинаров «Mirapolis Virtual Room».

## **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. Помещения для самостоятельной работы.
4. Лаборатория "Альтернативная энергетика" - лаборатория основных направлений альтернативной энергетике для изучения источников тока, материаловедения, электротехники.

