

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Амурский государственный университет»



Проректор по учебной и научной работе

УТВЕРЖДАЮ

А.В.Лейфа

«18» мая 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины «Электрические режимы в электроэнергетических системах»

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) образовательной программы «Электроэнергетические системы и сети»

Квалификация выпускника «Магистр»

Год набора 2020

Форма обучения очная

Курс 1 Семестр 2

Зачет 2 семестр

Общая трудоемкость дисциплины 108 (акад. час.), 3 (з.е.)

Составитель М.В. Чулюкова, ст.преподаватель

Факультет энергетический

Кафедра энергетики

2020 г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 - «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28.02.2018 №144

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

«15» мая 2020 г., протокол № 10

И.о.заведующего кафедрой \_\_\_\_\_  Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО  
Учебно-методического управления

 \_\_\_\_\_ Н.А. Чалкина  
« 18 » мая 2020 г.

СОГЛАСОВАНО  
Выпускающая кафедры

\_\_\_\_\_  Н.В. Савина  
« 18 » мая 2020 г.

СОГЛАСОВАНО  
Научная библиотека

\_\_\_\_\_  О.В.Петрович  
« 18 » мая 2020 г.

СОГЛАСОВАНО  
Центр информационных и образовательных технологий

\_\_\_\_\_  М.В. Артемчук  
« 18 » мая 2020 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – изучение режимов работы электроэнергетических систем (ЭЭС) и методов их моделирования при выполнении расчётов при эксплуатации и проектировании.

Основная задача дисциплины – обучение студентов (магистрантов) методам моделирования режимов ЭЭС.

Знание методов расчётов различных электрических режимов и их оптимизации позволяет максимально эффективно использовать имеющиеся средства расчёта для решения поставленной задачи.

Правильное моделирование состояний ЭЭС способствует повышению качества принимаемых решений по новому строительству реконструкции и объектов электроэнергетики и повышению эффективности процессов управления, эксплуатации и проектирования ЭЭС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования для направления подготовки 13.04.02 Энергетика и электротехника направленность (профиль) образовательной программы «Электроэнергетические системы и сети» предусматривает изучение дисциплины «Электрические режимы в электроэнергетических системах» в базовой части учебного плана.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 3.1. Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Системное и критическое мышление	ПК-2 Способен определять эффективные режимы работы объектов профессиональной деятельности, планировать и управлять режимами работы объектов профессиональной деятельности	ИД-2 ПК-2 Определяет и реализует эффективные режимы объектов профессиональной деятельности ИД-3 ПК-2 Планирует и управляет режимами работы объектов профессиональной деятельности ИД-5 ПК-2 Применяет методы и средства автоматизации при управлении режимами работы объектов профессиональной деятельности

#### 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 акад. час., 3 з.е.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и Трудоемкость (в академических часах)				Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ЛР	КТО	КЭ		
1	Характеристики режимов ЭЭС	2	2				0	Посещение занятий. Устный опрос.
2	Методы расчётов установившихся режимов ЭЭС	2	2	6			8	Посещение занятий.
3	Теоретические основы оптимизации режима ЭЭС	2	2	2			8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
4	Расчёта несимметричных режимов	2	2	4			8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
5	Математические основы моделирования переходных процессов в энергосистемах	2	2	4			8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ
6	Практические методы расчета апериодической статической устойчивости энергосистем	2	2	4			8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
7	Методы анализа статической устойчивости ЭЭС	2	2	6			10	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
8	Методы расчета динамической устойчивости энергосистем	2	2	6			9,8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ.

9	Зачет	2			0,2			
	Итого		16	32	0,2		59,8	

Л – лекция, ЛР – лабораторные работы, КТО – контроль теоретического обучения, КЭ – контроль на экзамене.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Лекции

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Характеристики режимов ЭЭС	Классификация режимов работы ЭЭС в зависимости от их продолжительности, передаваемой мощности и классов номинального напряжения. Особенности режимов сетей 35 кВ и ниже при различных схемах заземления нейтралей. Режимы работы электрических станций
2	Методы расчётов установившихся режимов ЭЭС	Характеристики основных используемых методов для расчёта режимов. Использование прямоугольной и полярной систем координат. Метод Ньютона. Метод Гаусса
3	Теоретические основы оптимизации режима ЭЭС	Оптимизация режима в системе, состоящей из ТЭС. Критерии определения экономичности режима ЭЭС, содержащей ГЭС. Оптимизация режима с учётом технологических ограничений. Оптимизация режимов в условиях рынка
4	Расчёта несимметричных режимов	Понятие о поперечной и продольной несимметрии. Применимость метода симметричных составляющих к исследованию переходных процессов. Продольная несимметрия и сложные виды повреждения. Неполнофазные режимы работы. Расчёт несимметричных режимов в фазных координатах
5	Математические основы моделирования переходных процессов в энергосистемах	Нормальная система дифференциальных уравнений. Приведение систем дифференциальных уравнений к нормальной форме. Решения систем дифференциальных уравнений. Матричная форма записи системы линейных дифференциальных уравнений и ее решение. Характеристическое уравнение системы линейных дифференциальных уравнений. Операторная форма записи линейных дифференциальных уравнений
6	Практические методы расчета апериодической статической устойчивости энергосистем	Характеристическое уравнение нерегулируемой двухмашинной энергосистемы. Связь между свободным членом характеристического уравнения и якобианом системы уравнений установившихся режимов. Расчет свободного члена характеристического уравнения при учете нагрузок статическими характеристиками. Условия совпадения якобиана и свободного члена характеристического уравнения. Построение областей статической устойчивости сложных энергосистем
7	Методы анализа статической устойчивости	Математические методы анализа статической устойчивости электроэнергетических систем.

	устойчивости ЭЭС	Устойчивость в смысле Ляпунова Критерий Гурвица. Оценка апериодической статической устойчивости системы по знаку свободного члена характеристического уравнения. Критерий Рауса. Критерии Михайлова Критерий Найквиста
8	Методы расчета динамической устойчивости энергосистем	Метод Эйлера. Решение с помощью рядов Тейлора. Исправленный метод Эйлера. Модифицированный метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Метод прогноза и коррекции. Численное решение систем дифференциальных уравнений

## 5.2 Лабораторные работы

Наименование темы	Содержание темы
Моделирование в ПВК RastrWin расчётов нормальных и послеаварийных режимов электрических сетей нескольких классов номинального напряжения.	Оценка режимов работы ЭЭС
Оптимизация режима по реактивной мощности, напряжению и коэффициентам трансформации.	Анализ потерь мощности, анализ напряжения в узлах при различных режимах работы сети
Расчёт токов несимметричных режимов в ПВК RastrWin. Расчёт шунтов	Изучение способов моделирования режимов короткого замыкания в электрической сети
Анализ статический устойчивости с использованием RastrWin.	Определение коэффициентов запаса по статической устойчивости ЭЭС, максимально допустимых перетоков
Расчёт электромеханических переходных процессов в ПВК RastrWin	Оценка динамической устойчивости ЭЭС

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Тема дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в академических часах
1	Методы расчётов установившихся режимов ЭЭС	Самостоятельное изучение методов расчёта установившихся режимов.	8
2	Теоретические основы оптимизации режима ЭЭС	Подготовка докладов и презентаций по индивидуальным темам.	8
3	Расчёта несимметричных режимов	Самостоятельное изучение методов расчёта несимметричных режимов.	8

№ п/п	Тема дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в академических часах
4	Математические основы моделирования переходных процессов в энергосистемах	Подготовка докладов и презентаций по индивидуальным темам.	8
5	Практические методы расчета апериодической статической устойчивости энергосистем	Самостоятельная проработка материала	8
6	Методы анализа статической устойчивости ЭЭС	Подготовка докладов и презентаций по индивидуальным темам.	10
7	Методы расчета динамической устойчивости энергосистем	Подготовка докладов и презентаций по индивидуальным темам. Изучение видео уроков на сайте разработчиков программного обеспечения.	9,8

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Электрические режимы в электроэнергетических системах» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные технологии, технологии активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой, технологии проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: дискуссии, проблемные ситуации, компьютерные симуляции, работа в команде, разбор конкретных ситуаций по функционированию современных ЭЭС.

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Электрические режимы в электроэнергетических системах».

### Вопросы к зачету

1. Классификация электрических режимов.
2. Методы расчёта установившихся режимов и области их применения.
3. Оптимизация режима в системе, состоящей из ТЭС.
4. Критерии определения экономичности режима ЭЭС, содержащей ГЭС.
5. Оптимизация режима с учётом технологических ограничений.
6. Оптимизация режимов в условиях рынка.
7. Понятие о поперечной и продольной несимметрии.

8. Применимость метода симметричных составляющих к исследованию переходных процессов. Продольная несимметрия и сложные виды повреждения.
9. Неполнофазные режимы работы.
10. Расчёт несимметричных режимов в фазных координатах.
11. Приведение систем дифференциальных уравнений к нормальной форме.
12. Решения систем дифференциальных уравнений.
13. Матричная форма записи системы линейных дифференциальных уравнений и ее решение. Характеристическое уравнение системы линейных дифференциальных уравнений  
Операторная форма записи линейных дифференциальных уравнений
14. Характеристическое уравнение нерегулируемой двухмашинной энергосистемы.
15. Связь между свободным членом характеристического уравнения и якобианом системы уравнений установившихся режимов.
16. Расчет свободного члена характеристического уравнения при учете нагрузок статическими характеристиками.
17. Условия совпадения якобиана и свободного члена характеристического уравнения. Построение областей статической устойчивости сложных энергосистем.
18. Математические методы анализа статической устойчивости электроэнергетических систем. Устойчивость в смысле Ляпунова.
19. Критерий Гурвица.
20. Оценка аperiodической статической устойчивости системы по знаку свободного члена характеристического уравнения.
21. Критерий Рауса.
22. Критерии Михайлова
23. Критерий Найквиста.
24. Метод Эйлера для расчета динамической устойчивости энергосистем.
25. Решение задачи оценки динамической устойчивости ЭЭС с помощью рядов Тейлора. Исправленный метод Эйлера.
26. Модифицированный метод Эйлера.
27. Метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Метод прогноза и коррекции.
28. Численное решение систем дифференциальных уравнений.

## **9.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) литература:**

1. Кобелев А.В. Режимы работы электроэнергетических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А.В. Кобелев, С.В. Кочергин, Е.А. Печагин. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 80 с. — 978-5-8265-1411-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64564.html>

2. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04370-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.biblio-online.ru/bcode/453167>

### **б) дополнительная литература:**

1. Коротков В.Ф., Автоматическое регулирование в электроэнергетических системах : учебник для вузов / В.Ф. Коротков. - М. : Издательский дом МЭИ, 2013. - 416 с. - ISBN 978-5-383-00771-6 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007716.html>

2. Короткие замыкания и несимметричные режимы электроустановок [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО / И. П. Крючков [и др.] ; под ред. И. П. Крюčkова. - 2-е изд., стер. - М. : Изд-во Моск. энергет. ин-та, 2011. - 472 с.



3. Герасимова В.Г., Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 4. Использование электрической энергии / Герасимова В.Г. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01205-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012055.html>

4. Бурман А.П., Основы современной энергетики : в 2 т. Том 2. Современная электроэнергетика : учебник для вузов : в 2 т. / - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01338-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013380.html>

5. Лыкин, А. В. Электроэнергетические системы и сети : учебник для вузов / А. В. Лыкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 360 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04321-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.biblio-online.ru/bcode/451023>

6. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление в строительстве [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 512 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/9469> . — Загл. с экрана.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Операционная система MS Windows 7 Pro	Windows 7 Pro – DreamSparkPremiumElectronicSoftwareDelivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
2	RastrWin3 Базовый комплекс	10 лиц. По договору №0323100012213000182-0001592-01/1144 от 31.12.2013
3	RastrWin3 Оптимизация режима	10 лиц. по договору №0323100012213000181-0001592-01/1143 от 31.12.2013 и договору №236 от 02.11.2014
4	RastrWin3 Коммутационные модели	
5	RastrWin3 ТКЗ	
6	Mathcad Education – University Edition	25 раб. мест по Software Order Fulfillment Confirmation, Service Contract # 4A1934168 от 18.12.2014
7	Mozilla	Бесплатное распространение по лицензии MPL 2.0 <a href="https://www.mozilla.org/en-US/MPL/">https://www.mozilla.org/en-US/MPL/</a>
8	Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium <a href="http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html">http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html</a> На условиях <a href="https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html">https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html</a>
9	Firefox	Бесплатное распространение по лицензии MPL 2.0 <a href="https://www.mozilla.org/en-US/MPL/">https://www.mozilla.org/en-US/MPL/</a>
10	WinDjView	бесплатное распространение по лицензии GNU GPL <a href="http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.htm">http://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.htm</a>
11	LibreOffice	бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL <a href="https://ru.libreoffice.org/about-us/license/">https://ru.libreoffice.org/about-us/license/</a>
12	ЭБС ЛАНЬ <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>	Электронно-библиотечная система, включающая в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. В пакете Инженерно- Технические науки содержится коллекция Издательского дома МЭИ

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	«Консультант Плюс»: кодексы, законы, указы, постановления Правительства РФ	Компьютерная справочная правовая система в России. Реализованы все современные возможности для поиска и работы с правовой информацией
2	Университетская информационная система Россия (УИС Россия)	Система предназначена для исследований и учебных курсов в области экономики, управления, социологии, лингвистики, философии, филологии, международных отношений и других гуманитарных наук
3	Мультитран	Информационная справочная система «Электронные словари»
4	Информационно-коммуникационные технологии в образовании	Федеральный образовательный портал, обеспечивающий информационную поддержку образования в области современных информационных и телекоммуникационных технологий, а также деятельности по применению ИКТ в сфере образования
5	«Информика»	Обеспечивает информационную поддержку всестороннего развития и продвижения новых информационных технологий в сферах образования и науки России
6	Google Scholar	Поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, лабораторных работ с лабораторным оборудованием, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, компьютерная техника с выходом в сеть Интернет и электронную информационно-образовательную среду университета, учебная мебель, лицензионное программное обеспечение. интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций.

На практических занятиях и в самостоятельной работе магистрантов используется переносной компьютерный класс, оборудованный ноутбуками с программным обеспечением, указанным выше.

### ПРИЛОЖЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

В соответствии с учебным планом для очной формы обучения предусмотрено

Зачет 2 сем ,0,2 акад часа

Лекции 16 (акад. час.)

Лабораторные работы 32 (акад. час.)

Самостоятельная работа 59,8 (акад. час)

Общая трудоемкость дисциплины \_108 (акад. час.), 3 (з.е.)

### СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и Трудоемкость (в академических часах)				Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ЛР	КТО	КЭ		
1	Характеристики режимов ЭЭС	2	2				0	Посещение занятий. Устный опрос.
2	Методы расчётов установившихся режимов ЭЭС	2	2	6			8	Посещение занятий.
3	Теоретические основы оптимизации режима ЭЭС	2	2	2			8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
4	Расчёта несимметричных режимов	2	2	4			8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
5	Математические основы моделирования переходных процессов в энергосистемах	2	2	4			8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ
6	Практические методы расчета апериодической статической устойчивости энергосистем	2	2	4			8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
7	Методы анализа статической устойчивости ЭЭС	2	2	6			10	Посещение занятий. Отчеты по выполнению

								лабораторных работ.
8	Методы расчета динамической устойчивости энергосистем	2	2	6			9,8	Посещение занятий. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
9	Зачет	2			0,2			
	Итого		16	32	0,2		59,8	

### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Тема дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в академических часах
1	Методы расчётов установившихся режимов ЭЭС	Самостоятельное изучение методов расчёта установившихся режимов.	8
2	Теоретические основы оптимизации режима ЭЭС	Подготовка докладов и презентаций по индивидуальным темам.	8
3	Расчёта несимметричных режимов	Самостоятельное изучение методов расчёта несимметричных режимов.	8
4	Математические основы моделирования переходных процессов в энергосистемах	Подготовка докладов и презентаций по индивидуальным темам.	8
5	Практические методы расчета апериодической статической устойчивости энергосистем	Самостоятельная проработка материала	8
6	Методы анализа статической устойчивости ЭЭС	Подготовка докладов и презентаций по индивидуальным темам.	10
7	Методы расчета динамической устойчивости энергосистем	Подготовка докладов и презентаций по индивидуальным темам. Изучение видео уроков на сайте разработчиков программного обеспечения.	9,8