

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной
работе

 Лейфа А.В. Лейфа

7 мая 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ 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 – 2024

Форма обучения – Очная

Курс 1 Семестр 2

Зачет 2 сем

Общая трудоемкость дисциплины 108.0 (академ. час), 3.00 (з.е)

Составитель М.В. Чулюкова, ассистент ,

Энергетический факультет

Кафедра энергетики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.18 № 147

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

01.02.2024 г. , протокол № 6

Заведующий кафедрой Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

7 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

7 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

7 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

7 мая 2024 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

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

Задачи дисциплины:

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

Знание методов расчётов различных электроэнергетических 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 УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Электроэнергетические режимы в электроэнергетических системах» входит в Блок 1 «Дисциплины (модули)», в часть формируемую участниками образовательных отношений, и является элективной дисциплиной.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
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 УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Общая трудоемкость учебного предмета составляет 3.00 зачетных единицы, 108.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) учебного предмета, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Характеристик и режимов ЭЭС	2	2											Посещение занятий. Устный опрос.
2	Методы расчётов установившихся режимов ЭЭС	2	2				6	6					8	Посещение лекций. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
3	Теоретические основы оптимизации режима ЭЭС	2	2				2	2					8	Посещение лекций. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
4	Расчёта несимметричных режимов	2	2				4	4					8	Посещение лекций. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
5	Математические основы моделирования переходных процессов в энергосистемах	2	2				4	4					8	Посещение лекций. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
6	Практические методы расчета апериодической статической устойчивости энергосистем	2	2				4	4					8	Посещение лекций. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
7	Методы анализа статической устойчивости ЭЭС	2	2				6	6					10	Посещение лекций. Отчеты по выполнению лабораторных работ.
8	Методы расчета	2	2				6	6					9.8	Посещение лекций.

	динамической устойчивости энергосистем												Отчеты по выполнению лабораторных работ
9	Зачет	2						0.2					
	Итого		16.0	0.0	32.0	0.0	0.2	0.0	0.0	59.8			

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
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 ГЭС. 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 ЭЭС	Математические методы анализа статической устойчивости электроэнергетических систем. 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 занятия

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
Моделирование динамической модели для расчета устойчивости в RastrWin.	Изучение способов моделирования элементов ЭЭС для расчета переходных процессов
Анализ статический устойчивости с использованием RastrWin.	Определение апериодической статической устойчивости ЭЭС
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	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	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

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Электроэнергетические 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 «Электроэнергетические 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 апериодической 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 УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

а) литература

1. Кобелев, А. В. Режимы работы электроэнергетических систем : учебное пособие для бакалавров и магистров направления «Электроэнергетика» / А. В. Кобелев, С. В. Кочергин, Е. А. Печагин. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 80 с. — ISBN 978-5-8265-1411-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/64564.html> (дата обращения: 22.04.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04370-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/538807> (дата обращения: 22.04.2024).
3. 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.

4. Русина, А. Г. Режимы электрических станций и электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов / А. Г. Русина, Т. А. Филиппова. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 399 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04370-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: [https:// urait.ru/bcode/538807](https://urait.ru/bcode/538807) (дата обращения: 22.04.2024).

5. Щербаков, Е. Ф. Электроснабжение и электропотребление в строительстве : учебное пособие / Е. Ф. Щербаков, Д. С. Александров, А. Л. Дубов. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1390-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211241> (дата обращения: 22.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Скопировать в буфер

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	RastrWin3 Базовый комплекс	10 лиц. По договору №0323100012213000182-0001592-01/1144 от 31.12.2013.
2	RastrWin3 Оптимизация режима	10 лиц. по договору №0323100012213000181-0001592-01/1143 от 31.12.2013 и договору №236 от 02.12.2014.
3	RastrWin3 ТКЗ	10 лиц. по договору №0323100012213000181-0001592-01/1143 от 31.12.2013 и договору №236 от 02.12.2014.
4	Mathcad Education – University Edition	25 раб. мест по Software Order Fulfillment Confirmation, Service Contract # 4A1934168 от 18.12.2014.
5	Mozilla Firefox	Бесплатное распространение по лицензии MPL 2.0 https://www.mozilla.org/en-US/MPL/
6	Google Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html На условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html
7	WinDjView	Бесплатное распространение по лицензии GNU GPL http://www.gnu.org/licenses/oldlicenses/gpl-2.0.htm
8	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL https://ru.libreoffice.org/about-us/license/
9	ЭБС ЛАНЬ http://e.lanbook.com/	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.
10	ЭБС IPRbooks http://www.iprbookshop.ru/	Электронно- библиотечная система IPRbooks — научно- образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования.
11	ЭБС ЮРАЙТ	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000

https://urait.ru	наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований ФГОС ВО.
---	---

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	https://minobrnauki.gov.ru/	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
2	http://fgosvo.ru/	Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.
3	http://www.edu.ru/index.php	Российское образование. Федеральный портал
4	http://window.edu.ru	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
5	https://www.consultant.ru/	База данных законодательства РФ «Консультант Плюс»: кодексы, законы, указы, постановления Правительства РФ
6	https://scholar.google.ru/	Google Scholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
7	https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно- аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
8	http://www.cito.ru/gdenet/	Глобальная сеть дистанционного образования
9	https://www.runnet.ru	RUNNet (Russian UNiversity Network) - крупнейшая в России научно- образовательная телекоммуникационная сеть, обладающая протяженной высокоскоростной магистральной инфраструктурой и международными каналами, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (National Research and Education Networks, NREN) и с Интернет
10	http://neicon.ru	Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно- информационного консорциума (НЭИКОН)
11	https://www.scopus.com	Международная реферативная база данных научных изданий Scopus
12	http://www.multitran.ru/	Мультитран. Информационная справочная система «Электронные словари»
13	http://www.mathnet.ru/	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru
14	http://diss.rsl.ru/	Электронная библиотека диссертаций
15	http://drsk.ru	Официальный сайт Акционерное общество "Дальневосточная распределительная сетевая компания"
16	http://www.rushydro.ru/	Официальный сайт ПАО «РусГидро»

	company/	
17	https://gisp.gov.ru/	Государственная информационная система промышленности. Профессиональная база знаний, предоставляющая сервисы для всех субъектов промышленной деятельности — от органов власти Российской Федерации до отдельных предприятий и индивидуальных предпринимателей.
18	https://gisee.ru/	Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Экспертный портал по вопросам энергосбережения.
19	https://www.gis-tek.ru/	ГИС ТЭК – федеральная государственная информационная система, содержащая информацию о состоянии и прогнозе развития топливно-энергетического комплекса РФ.
20	https://www.gost.ru/portal/gost/	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
21	http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/	Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы. Публичное акционерное общество «создано в соответствии с программой реформирования электроэнергетики Российской Федерации как организация по управлению Единой национальной (общероссийской) электрической сетью (ЕНЭС) с целью ее сохранения и развития.
22	http://www.informika.ru	Информика. Сайт Государственного научного предприятия, способствующего обеспечению всестороннего развития и продвижения новых информационных технологий в сферах образования и науки России.
23	http://economy.gov.ru	Министерство экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России) — федеральное министерство, осуществляющее выработку и реализацию экономической политики Правительства России по ряду направлений.
24	https://minenergo.gov.ru/node/234	Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России)

10. МАТЕРИАЛЬНО- ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

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 лабораторных работах и в самостоятельной работе магистрантов используется переносной компьютерный класс, оборудованный ноутбуками с программным обеспечением, указанным выше.