

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

« 1 » сентября 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПОСЛЕДНЕГО ПОКОЛЕНИЯ»

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) образовательной программы – Электроэнергетические системы и сети

Квалификация выпускника – Магистр

Год набора – 2023

Форма обучения – Очная

Курс 1 Семестр 2

Экзамен 2 сем

Общая трудоемкость дисциплины 180.0 (академ. час), 5.00 (з.е)

Составитель А.Н. Козлов, доцент, канд. техн. наук

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

01.09.2023 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

Получение знаний об особенностях конструкции и эксплуатации современного электрооборудования и основных направлениях его совершенствования.

Задачи дисциплины:

Правильное понимание возможностей нового оборудования и грамотное функциональное применение элегазовой и вакуумной техники – в силовой части электроэнергетических объектов и цифровых (микропроцессорных) терминалов в устройствах защиты и автоматики.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Электротехническое оборудование последнего поколения» относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Изучение основных направлений развития и совершенствования

электрооборудования базируется на сведениях, излагаемых в дисциплине:

«Научные исследования электроэнергетических систем и их объектов». В свою очередь дисциплина

«Электротехническое оборудование последнего поколения» является основой для изучения курса «Эксплуатация и ремонт электрооборудования электроэнергетических систем».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 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-1ПК-2. Определяет параметры серийного и инновационного оборудования объектов профессиональной деятельности ИД-2ПК-2. Определяет и реализует эффективные режимы объектов профессиональной деятельности ИД-3ПК-2. Планирует и управляет режимами работы объектов профессиональной деятельности ИД-4ПК-2. Демонстрирует понимание инновационно- технологических рисков при внедрении новых техники и технологий
ПК-3 Способен проектировать объекты профессиональной деятельности и организовывать работу по их проектированию	ИД-1ПК-3. Готовит технические задания на проектирование объектов профессиональной деятельности ИД-2ПК-3. Разрабатывает и анализирует обобщенные варианты технических решений, находит компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности, определяет оптимальные параметры и режимы объектов профессиональной деятельности ИД-3ПК-3. Выполняет типовые и разрабатывает новые проектные решения для объектов профессиональной деятельности с учетом требуемого уровня надежности ИД-4ПК-3. Разрабатывает проектную

	документацию на различных стадиях проектирования объектов профессиональной деятельности, планирует реализацию проекта ИД-5ПК-3. Оценивает инновационный потенциал проекта, технико- экономическую эффективность и последствия принимаемых решений
--	---

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.00 зачетных единицы, 180.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, 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	Введение. Общие технические требования к подстанциям 330-750 кВ нового поколения	2	6		2								4	Отчет по практическому занятию (ПЗ)
2	Элементы конструкции силового трансформатора	2	6		2		2						4	Отчет по практическому занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
3	Группы однофазных автотрансформаторов и	2	2		2								4	Отчет по практическому занятию

	шунтирующих реакторов												(ПЗ)	
4	Основные направления совершенствования коммутационных аппаратов	2	4		2		2						4	Отчет по практическому занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
5	Выключатели наружной установки	2	2		2		4						6	Отчет по практическому занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
6	Трансформаторы и преобразователи тока и напряжения	2	6		2		4						6	Отчет по практическому занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
7	Коммутационное оборудование КРУЭ и элементы конструкции	2	2		2		2						4	Отчет по практическому занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
8	Комплектные элегазовые распределительные устройства	2	2		2		2						4	Отчет по практическому занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
9	Современные решения в области силовых кабелей	2	2										5	Подготовка к защите КП
10	Курсовой проект	2							3.0				36	Защита КП
12	Экзамен	2									0.3	35.7		
	Итого			32.0		16.0		16.0		3.0	0.0	0.3	35.7	77.0

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение. Общие технические требования к подстанциям 330-750 кВ нового поколения	Место дисциплины в учебном плане. Объем (в часах) лекций, практических и лабораторных занятий. Отчетность. Рекомендуемая литература. Новые разработки и изобретения в мире энергоснабжения и электрооборудования. Основное электрооборудование. Главная схема электрических соединений. Схема собственных нужд, оперативный ток, кабельная сеть. Строительная часть подстанции. Ремонт, техническое и оперативное обслуживание.
2	Элементы конструкции силового трансформатора	Магнитная система. Обмотки трансформаторов и автотрансформаторов. Изоляция. Конструктивные элементы бака трансформатора. Сердечники из аморфных магнитных сплавов. Габариты трехфазных силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Транспортировка трансформаторов. Конструктивное исполнение трансформаторов. Сухие трансформаторы. Конструктивные особенности сухих трансформаторов.
3	Группы однофазных автотрансформаторов и шунтирующих реакторов	Соединение аппаратов в трехфазную группу. Использование «джамперной» схемы для оперативной замены поврежденной фазы на резервную.
4	Основные направления совершенствования коммутационных аппаратов	Климатическое исполнение и категория размещения. Предельная коммутационная способность (ПКС). Гашение дуги в элегазовых выключателях. Гибридные выключатели. Горизонтально-поворотные, пантографные, полупантографные разъединители. Схемы оперативной блокировки разъединителей.
5	Выключатели наружной установки	Смеси элегаза с другими газами для аппаратов, эксплуатирующихся в районах с холодным климатом. Компактное распределительное устройство ДТС. Анализ повреждаемости выключателей 110-750 кВ.
6	Трансформаторы и преобразователи тока и напряжения	Условные обозначения трансформаторов тока. Типы ТТ. Магнитооптический преобразователь на основе эффекта Фарадея. Дифференцирующие индукционные преобразователи тока (ДИПТ). Антирезонансные трансформаторы напряжения. Емкостные трансформаторы напряжения (ЕН). Оптоэлектронные трансформаторы напряжения.

7	Коммутационное оборудование КРУЭ и элементы конструкции	Разъединитель-заземлитель. Быстродействующий заземлитель. Смотровое устройство micro «Vendoscope». Проходной изолятор SF6-воздух. Кабельная муфта КРУЭ. Элегазовый выключатель нагрузки.
8	Комплектные элегазовые распределительные устройства	Основные области применения КРУЭ. Металлооксидный ограничитель перенапряжения (ОПН) КРУЭ. Шины КРУЭ 220 кВ. Опыт эксплуатации КРУЭ.
9	Современные решения в области силовых кабелей	Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Выбор и проверка основного электрооборудования при реконструкции подстанции	Конструктивные особенности основного электрооборудования различных классов напряжения. Рекомендации проектных и эксплуатационных организаций. Статистика повреждаемости
Расчет тока однофазного к.з. в сети с глухозаземленной нейтралью	Изучение методики изменения величины тока однофазного короткого замыкания в сети 110 кВ
Исследования процессов восстановления напряжения при коммутациях	Изучение методики расчета изменения напряжения на контактах выключателя при коммутации
Сравнение показателей надежности схем распределительных устройств до и после реконструкции и установки оборудования нового поколения	Конструктивные особенности распределительных устройств на различные классы напряжений. Рекомендации проектных и эксплуатационных организаций. Статистика повреждаемости
Совершенствование парка коммутационных аппаратов, находящихся в эксплуатации	Рекомендации проектных и эксплуатационных организаций по модернизации и реконструкции объектов.
Анализ повреждаемости выключателей 110 -750 кВ.	Конструктивные особенности выключателей различных типов. Принципы гашения дуги при разрыве цепи тока в выключателях разных типов. Статистика повреждаемости
Ознакомление с организацией функциональных блокировок на КРУ с цифровой защитой и управлением	Назначение, исполнение и конструктивные особенности блокировок. Виды блокировок
Изучение конструкции типового оборудования силовой понижающей подстанции 110 кВ	Просмотр учебной презентации «Изучение конструкции типового оборудования силовой понижающей подстанции 110 кВ» с последующим обсуждением

5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Конструктивные особенности сухих трансформаторов	Принцип работы и конструктивные особенности устройства
Блокировки коммутационных аппаратов	Конструктивные особенности. Электрические схемы блокировок
Системы оперативного тока на подстанциях	Источники оперативного тока. Электрические схемы
Разъединители с улучшенной кинематикой	Конструктивные особенности. Электрические схемы управления аппаратом
Быстродействующие заземлители	Конструктивные особенности. Электрические схемы управления аппаратом
Устройство антирезонансных трансформаторов напряжения	Принцип работы и конструктивные особенности устройства
Оптические трансформаторы тока и напряжения	Принцип работы и конструктивные особенности устройства
Дифференцирующие индукционные преобразователи тока (ДИПТ)	Принцип работы и конструктивные особенности устройства

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Введение. Общие технические требования к подстанциям 330-750 кВ нового поколения	Отчет по выполнению практической работы.	4
2	Элементы конструкции силового трансформатора	Отчет по выполнению практической работы. Отчет по выполнению лабораторной работы.	4
3	Группы однофазных автотрансформаторов и шунтирующих реакторов	Отчет по выполнению практической работы.	4
4	Основные направления совершенствования коммутационных аппаратов	Отчет по выполнению практической работы. Отчет по выполнению лабораторной работы.	4
5	Выключатели	Отчет по выполнению практической	6

	наружной установки	работы. Отчет по выполнению лабораторной работы.	
6	Трансформаторы и преобразователи тока и напряжения	Отчет по выполнению практической работы. Отчет по выполнению лабораторной работы.	6
7	Коммутационное оборудование КРУЭ и элементы конструкции	Отчет по выполнению практической работы. Отчет по выполнению лабораторной работы.	4
8	Комплектные элегазовые распределительные устройства	Отчет по выполнению практической работы. Отчет по выполнению лабораторной работы.	4
9	Современные решения в области силовых кабелей	Изучение материала лекции	5
10	Курсовой проект	Подготовка к защите и защита курсового проекта	36

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Электротехническое оборудование последнего поколения» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные технологии с привлечением к преподаванию мультимедийной техники, технологии активного обучения, проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: лекции с разбором конкретных ситуаций, проблемные ситуации, компьютерные симуляции. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя: консультации и помощь при выполнении индивидуального задания, консультации по разъяснению материала, вынесенного на самостоятельную проработку, индивидуальную работу студента, в том числе в компьютерном классе ЭФ или в библиотеке.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: защита курсового проекта (2 семестр), экзамен (2 семестр).

Вопросы к экзамену (2 семестр)

1. Номинальные мощности и габариты трансформаторов
2. Транспортировка трансформаторов
3. Конструкции обмоток и исполнение масляных трансформаторов
4. Конструктивные особенности сухих трансформаторов
5. Основные направления развития трансформаторного оборудования
6. Использование «джамперной» схемы для оперативной замены поврежденной фазы

на резервную

7. Вакуумные выключатели. Новые разработки
8. Элегазовые выключатели
9. Гибридные выключатели
10. Перспективы развития коммутационной аппаратуры высокого напряжения
11. Совершенствование характеристик коммутационных аппаратов высокого напряжения
12. Горизонтально-поворотные, пантографные, полупантографные разъединители
13. Схемы оперативной блокировки разъединителей
14. Конструкции трансформаторов тока
15. Оптико-электронные трансформаторы тока
16. Дифференцирующие индукционные преобразователи тока
17. Антирезонансные заземляемые ТН
18. Емкостные трансформаторы напряжения (ЕТН)
19. Оптоэлектронные трансформаторы напряжения
20. Конструктивное устройство ОПН
21. Проблемы выбора ОПН
22. Силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена
23. Конструкция устройств FACTS
24. Автоматические выключатели ВД (выключатель дифференциальный)
25. Рекомендации по применению УЗО на различных объектах

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Электротехническое оборудование последнего поколения [Электронный ресурс] : учеб. пособие для магист. программы "Электроэнергет. системы и сети" / сост. А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева; АмГУ, Эн. ф. - 2-е изд., испр. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 165 с.
Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9692.pdf
2. Немировский, А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. — 4-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 174 с. — ISBN 978-5-9729-0404-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/98362.html> (дата обращения: 13.04.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Электротехническое оборудование последнего поколения [Электронный ресурс] : метод. указания к практ. занятиям для магист. программы «Электроэнергет. системы и сети»/ АмГУ, Эн. ф.; сост.: А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева. - 2-е изд., испр. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 17 с
Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7757.pdf
4. Электротехническое оборудование последнего поколения [Электронный ресурс] : метод. указания к лаб. работам для магист. программы «Электроэнергет. системы и сети»/ АмГУ, Эн.ф.; сост.: А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева. - 2-е изд., испр. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 34 с
Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7754.pdf
5. Электротехническое оборудование последнего поколения [Электронный ресурс] : метод. указания к курс. проектированию по магист. программе "Электроэнергет. системы и сети" / АмГУ, Эн. ф.; сост.: А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева. - 2-е изд., испр. и доп. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 29 с
Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7749.pdf
6. Стребков, Д. С. Солнечные электростанции: концентраторы солнечного излучения : учебное пособие для вузов / Д. С. Стребков, Э. В. Тверьянович ; под редакцией Д. С. Стребкова. — 2-е изд., испр. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 265 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08777-2. — Текст : электронный //

Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492266> (дата обращения: 05.04.2022).

7. Удалов С.Н. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.Н. Удалов. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 460 с. — 978-5-7782-2358-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47686.html>

8. Альтернативная энергетика как фактор модернизации российской экономики. Тенденции и перспективы [Электронный ресурс] : сборник научных трудов / В. Н. Борисов, И. А. Буданов, И. Л. Владимирова [и др.] ; под ред. Б. Н. Порфирьев. — Электрон. текстовые данные. — М. : Научный консультант, 2016. — 212 с. — 978-5-9908932-3-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75112.html>

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Mathcad Education – University Edition	25 раб. мест по Software Order Fulfillment Confirmation, Service Contract # 4A1934168 от 18.12.2014.
2	RastrWin3 Базовый комплекс	10 лиц. По договору №0323100012213000182-0001592-01/1144 от 31.12.2013.
3	RastrWin3 Коммутационные модели	10 лиц. по договору №0323100012213000181-0001592-01/1143 от 31.12.2013 и договору №236 от 02.12.2014.
4	Автоматизированная информационная библиотечная система «ИРБИС 64»	Лицензия коммерческая по договору №945 от 28 ноября 2011 года.
5	Программная система «Антиплагиат.ВУЗ»	Коммерческая лицензия по подписке по лицензионному договору №200 от 04 мая 2016 года.
6	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
7	http://e.lanbook.com/	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия
8	https://urait.ru	Электронная библиотечная система «Юрайт». ЭБС «Юрайт» в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования
9	https://elibrary.ru	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	https://gisee.ru/	Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Экспертный портал по вопросам

		энергосбережения.
2	http://drsk.ru	Официальный сайт Акционерное общество "Дальневосточная распределительная сетевая компания"
3	http://www.rushydro.ru/company/	Официальный сайт ПАО «РусГидро»
4	https://www.gis-tek.ru/	ГИС ТЭК – федеральная государственная информационная система, содержащая информацию о состоянии и прогнозе развития топливно-энергетического комплекса РФ.
5	https://www.gost.ru/portal/gost/	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
6	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.
7	https://minenergo.gov.ru/node/234	Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России)

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Электротехническое оборудование последнего поколения» проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, 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 противопожарным правилам и нормам.

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций в Power Point. Для проведения лабораторных и практических занятий и в самостоятельной работе студентов используются технологические схемы, модели процессов. Практические работы проводятся с использованием стационарного и переносного компьютерных классов кафедры энергетики.

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