

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

13 мая 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК»

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 2 Семестр 3

Экзамен 3 сем

Общая трудоемкость дисциплины 144.0 (академ. час), 4.00 (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

01.02.2024 г. г. _____, протокол №
Протокол № 6

Заведующий кафедрой _____ Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

_____ Чалкина Н.А. Чалкина

13 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

_____ Петрович О.В. Петрович

13 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

_____ Савина Н.В. Савина

13 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

_____ Годосейчук А.А. Годосейчук

13 мая 2024 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

Обучение студентов наиболее эффективным методам диагностики подстанционного электрооборудования в зависимости от предполагаемого дефекта.

Задачи дисциплины:

Научиться выявлять дефекты электрооборудования электрических сетей и подстанций и определять остаточный ресурс; понимать и использовать зависимость между результатами диагностики и остаточным ресурсом электрооборудования для своевременного вывода оборудования в ремонт.

2. МЕСТО УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Диагностика электроустановок» относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Изучение дисциплины базируется на сведениях, излагаемых в дисциплинах:

«Научные исследования электроэнергетических систем и их объектов» и

«Электротехническое оборудование

последнего поколения». Знания, полученные при освоении дисциплины, могут быть востребованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

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-4 Способен осуществлять организацию, управлять деятельностью и выполнять работы по эксплуатации и ремонту объектов профессиональной деятельности	ИД-1ПК-4. Организует контроль технического состояния объектов профессиональной деятельности, управляет деятельностью по проведению диагностики оборудования объектов профессиональной деятельности ИД-3ПК-4. Управляет деятельностью по эксплуатации и ремонту объектов профессиональной деятельности

4. СТРУКТУРА УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Общая трудоемкость учебного предмета составляет 4.00 зачетных единицы, 144.0 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	Введение. Методы и средства диагностики. Нормативная база диагностики.	3	2		2								4	Отчет по практическому занятию (ПЗ)
2	Техническая диагностика электрооборудования	3	2		2								4	Отчет по практическому занятию (ПЗ)
3	Диагностические характеристики, основанные на измерении электромагнитных параметров. Диагностические характеристики, основанные на определении химического состава	3	2		4		4	4					16	Отчет по практическому занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
4	Диагностика трансформаторного оборудования	3	2		8		4	4					12	Отчет по практическому занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
5	Диагностика коммутационной аппаратуры	3	2		10		2	2					12	Отчет по практическому занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
6	Диагностика состояния асинхронных	3	2		2		2	2					2	Отчет по практическому занятию (ПЗ)

	двигателей												у занятию (ПЗ) Отчет по лабораторной работе (ЛР)
7	Диагностика силовых кабельных линий	3	2				2	2				2	Отчет по лабораторной работе (ЛР)
8	Экзамен	3								0.3	35.7		
	Итого		14.0		28.0		14.0	0.0	0.0	0.3	35.7	52.0	

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение. Методы и средства диагностики. Нормативная база диагностики.	Место дисциплины в учебном плане. Отчетность. Рекомендуемая литература. Задачи диагностики. Виды технического состояния. Системы эксплуатационного контроля. Достоверность диагностических измерений, исключение посторонних влияющих факторов. «РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования».
2	Техническая диагностика электрооборудования	Процессы повреждения и износа. Понятие дефекта оборудования и его признаки. Влияние дефектов оборудования на его работоспособность. Средства и методы контроля состояния оборудования. Возможности измерительных средств. Контроль оборудования во время работы. Требования к системам контроля и диагностики.
3	Диагностические характеристики, основанные на измерении электромагнитных параметров. Диагностические характеристики, основанные на определении химического состава	на Определение коэффициента трансформации. Измерение тока и потерь холостого хода. Измерение сопротивления короткого замыкания. Измерение потерь короткого замыкания. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Газохроматографический анализ. Диагностика состояния бумажной изоляции по продуктам старения. Применение тонкослойной хроматографии при определении микроколичеств фурановых производных в изоляционном масле. Контроль качества трансформаторных масел при их эксплуатации в электрооборудовании
4	Диагностика трансформаторного оборудования	Основные дефекты силовых трансформаторов, автотрансформаторов: повреждение высоковольтных вводов, изоляции трансформатора и другого маслонаполненного оборудования и обмоток; снижение качества масла; местные перегревы; износ контактов переключателя ответвлений. Критерии неработоспособного состояния. Оценка ресурса

		бумажной изоляции обмоток (фурановые соединения в масле). Степень полимеризации - прочность на растяжение и излом. Методы контроля вводов. Основные дефекты изоляции вводов. Основные методы испытаний. Непрерывный контроль (без вывода из работы). Хроматографический анализ растворенных газов (ХАРГ). Вибрационное обследование и диагностическое состояние силовых трансформаторов.
5	Диагностика коммутационной аппаратуры	Основные дефекты высоковольтных коммутационных аппаратов: повреждение изоляции, снижение давления сжатого воздуха, утечка газа, нагрев контактных соединений, ослабление натяжений пружин. Физико-химический контроль трансформаторного масла, определение электрической прочности, механических примесей и углерода; контроль осажденной воды; измерение сопротивления изоляции, измерение тангенса угла диэлектрических потерь, испытание изоляции повышенным напряжением, тепловизионный контроль, измерение сопротивления постоянному току, измерение скоростных и временных характеристик, измерение вытягивающих усилий подвижных контактов из неподвижных, испытание колонок изоляторов на излом.: визуальный контроль, наблюдение частичных разрядов, контроль с помощью манометров, замер утечки газа из элегазового оборудования методом регистрации отрицательных ионов, контроль с помощью термоиндикаторов.
6	Диагностика состояния асинхронных двигателей	Основные дефекты асинхронных двигателей: повреждение изоляции, витковые замыкания, обрыв роторных стержней, повреждение подшипников. Контроль состояния асинхронных двигателей во время работы: визуальный контроль, замер токов нулевой последовательности, вибрационный контроль, контроль допустимой нагрузки, температурный контроль.
7	Диагностика силовых кабельных линий	Основные дефекты кабельных линий (КЛ): повреждение изоляции, обрыв жил кабеля, коррозия брони кабеля, утечка масла. Методы диагностики и контроля КЛ: измерение сопротивления изоляции, испытание повышенным напряжением, замер тока утечки, проверка целостности жил, определение активного сопротивления жил, тепловые испытания. Контроль состояния КЛ во время работы: визуальный осмотр кабельных трасс, контроль допустимой токовой нагрузки, контроль давления масла.

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Методология диагностики. Приемы диагностики	Просмотр учебной презентации с последующим обсуждением
Диагностика измерительного оборудования	Просмотр учебной презентации «Диагностика измерительного оборудования» с последующим обсуждением
Диагностика вспомогательной аппаратуры	Просмотр учебной презентации «Диагностика вспомогательной аппаратуры» с последующим обсуждением
Диагностика переключающих устройств трансформаторного оборудования	Методика проверки. Используемое оборудование
Диагностика устройств регулирования напряжения силовых трехфазных трансформаторов	Методика проверки. Используемое оборудование
Контроль качества трансформаторных масел при их эксплуатации в электрооборудовании	Методика проверки. Используемое оборудование
Диагностика системы защиты и контрольно- измерительной аппаратуры трансформаторного оборудования.	Методика проверки. Используемое оборудование
Диагностика систем охлаждения трансформаторного оборудования	Методика проверки. Используемое оборудование
Диагностика баков трансформаторного оборудования	Методика проверки. Используемое оборудование
Диагностика вводов трансформаторного оборудования	Методика проверки. Используемое оборудование
Диагностика силовых трансформаторов	Просмотр учебной презентации «Диагностика силовых трансформаторов» с последующим обсуждением
Тепловизионное обследование коммутационной аппаратуры	Методика проверки. Используемое оборудование
Вибрационные характеристики коммутационной аппаратуры	Методика проверки. Используемое оборудование
Диагностика коммутационной аппаратуры	Просмотр учебной презентации «Диагностика коммутационной аппаратуры» с последующим обсуждением

5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Испытание масла в процессе	Изучение объема и методов проверки перед вводом

эксплуатации трансформаторов	маслонаполненного оборудования в эксплуатацию и во время эксплуатации
Диагностика вводов трансформаторного оборудования.	Изучение устройства аппарата, объема и методов его проверки перед вводом в эксплуатацию и во время эксплуатации
Контроль состояния трансформаторов тока	Измерение tg"дельта" изоляции в трансформаторах тока. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах тока. Испытание встроенных трансформаторов тока.
Контроль состояния трансформаторов напряжения	Измерение сопротивления изоляции обмоток в трансформаторах напряжения. Испытание обмоток повышенным напряжением частоты 50 Гц в трансформаторах напряжения. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах напряжения.
Устройство и принцип работы нелинейного ограничителя перенапряжений	Изучение устройства аппарата, объема и методов его проверки перед вводом в эксплуатацию и во время эксплуатации
Устройство и принцип работы высоковольтного выключателя	Изучение устройства аппарата, объема и методов его проверки перед вводом в эксплуатацию и во время эксплуатации
Устройство и принцип работы разъединителя	Изучение устройства аппарата, объема и методов его проверки перед вводом в эксплуатацию и во время эксплуатации

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Введение. Методы и средства диагностики. Нормативная база диагностики.	Отчеты по выполнению практических работ	4
2	Техническая диагностика электрооборудования	Отчеты по выполнению практических работ	4
3	Диагностические характеристики, основанные на измерении электромагнитных параметров. Диагностические характеристики, основанные на	Отчеты по выполнению практических работ Отчеты по выполнению лабораторных работ	16

	определении химического состава		
4	Диагностика трансформаторного оборудования	Отчет по выполнению практической работы. Отчет по выполнению лабораторной работы.	12
5	Диагностика коммутационной аппаратуры	Отчет по выполнению практической работы. Отчет по выполнению лабораторной работы.	12
6	Диагностика состояния асинхронных двигателей	Отчеты по выполнению практической работы Отчеты по выполнению лабораторной работы	2
7	Диагностика силовых кабельных линий	Отчеты по выполнению лабораторной работы	2

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Диагностика электроустановок» 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: экзамен (3 семестр).

Вопросы к экзамену(3 семестр)

1. Задачи диагностики
2. Виды технического состояния
3. Системы эксплуатационного контроля
4. Достоверность диагностических измерений
5. Методология диагностики и приемы диагностики
6. Определение коэффициента трансформации
7. Измерение тока и потерь холостого хода
8. Измерение сопротивления короткого замыкания
9. Измерение потерь короткого замыкания
10. Измерение сопротивления обмоток постоянному току
11. Газохроматографический анализ
12. Диагностика состояния бумажной изоляции по продуктам старения
13. Хроматографический анализ растворенных газов (ХАРГ)
14. Применение тонкослойной хроматографии при определении микроколичеств фурановых производных в изоляционном масле
15. Контроль качества трансформаторных масел при их эксплуатации в электрооборудовании

16. Испытание масла в процессе эксплуатации трансформаторов
17. Контроль качества трансформаторных масел при их эксплуатации в электрооборудовании
18. Диагностика вводов трансформаторного оборудования
19. Вибрационные характеристики коммутационной аппаратуры
20. Тепловизионное обследование электрооборудования
21. Измерение tg δ изоляции в трансформаторах тока
22. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах тока
23. Испытание встроенных трансформаторов тока
24. Измерение сопротивления изоляции обмоток в трансформаторах напряжения
25. Испытание обмоток повышенным напряжением частоты 50 Гц в трансформаторах напряжения
26. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах напряжения
27. Диагностика переключающих устройств трансформаторного оборудования
28. Диагностика устройств регулирования напряжения силовых трехфазных трансформаторов
29. Диагностика системы защиты и контрольно- измерительной аппаратуры трансформаторного оборудования
30. Диагностика систем охлаждения трансформаторного оборудования. Диагностика баков трансформаторного оборудования

9. УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

а) литература

1. Козлов, Александр Николаевич. Диагностика электроустановок: учеб. пособие / А. Н. Козлов; АмГУ, Эн. ф.: – Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2014. – 106 с. Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7129.pdf
2. Левин, В. М. Диагностика и эксплуатация оборудования электрических сетей. Часть 1 : учебное пособие / В. М. Левин. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. — 116 с. — ISBN 978-5-7782-1597-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/45084.html> (дата обращения: 02.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации / . — Москва : Издательский дом ЭНЕРГИЯ, 2013. — 348 с. — ISBN 978-5-98908-105-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22731.html> (дата обращения: 02.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 64 с. — ISBN 978-5-7996-1493-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/68237.html> (дата обращения: 02.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5. Герасимова, А. Г. Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС и АЭС : лабораторный практикум. Учебное пособие / А. Г. Герасимова. — Минск : Вышэйшая школа, 2013. — 223 с. — ISBN 978-985-06-2296-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/24063.html> (дата обращения: 02.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Mathcad Education –	25 раб. мест по Software Order Fulfillment Confirmation,

	University Edition	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 УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Занятия по дисциплине «Диагностика электроустановок» 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.