

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

24 мая 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК»

Научная специальность 2.4.3. Электроэнергетика

Год набора – 2024

Год обучения – 2

Общая трудоемкость дисциплины 72.0 (академ. час), 2.00 (з.е)

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

Энергетический факультет

Кафедра энергетики

2024

Рабочая программа составлена на основании Федеральных государственных требований по научной специальности от 20.10.21 № 951

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

01.02.2024 г. , протокол № 6

Заведующий кафедрой Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Зав. отделом докторантуры и аспирантуры

Сизова Е.С. Сизова

24 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

24 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

24 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Годосейчук А.А. Годосейчук

24 мая 2024 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

– обучение аспирантов 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 «Методы диагностики электрооборудования электроустановок» относится к факультативным дисциплинам.

Дисциплина базируется на дисциплинах направления подготовки «Электроэнергетика и электротехника», входящих в основную образовательную программу высшего образования магистров или специалистов

3. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.00 зачетных единицы, 72.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины

3 – Год обучения

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

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – ПЗ (Практические занятия)

4.3 – Самостоятельная работа (в академических часах)

5 – Формы текущего контроля успеваемости (по семестрам), Форма промежуточной аттестации (по семестрам)

4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

4.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Методы и средства диагностики Нормативная база диагностики. Диагностические характеристики.	Четыре возможных состояния оборудования. Система технического диагностирования. Достоверность диагностических измерений. Понятие дефекта электрооборудования. Влияние дефектов оборудования на его работоспособность. Средства и методы контроля состояния оборудования. Физико-химические методы. Метод хроматографического контроля масла в оборудовании. Метод контроля диэлектрических характеристик изоляции. Метод инфракрасной термографии. Метод вибродиагностики. Методы контроля частичных разрядов в изоляции. Метод

		<p>ультразвукового зондирования.</p> <p>Диагностические характеристики, основанные на измерении электромагнитных параметров. Определение коэффициента трансформации. Измерение тока и потерь холостого хода. Измерение сопротивления короткого замыкания. Измерение потерь короткого замыкания. Измерение сопротивления обмоток постоянному току. Методика измерения сопротивления обмоток постоянному току.</p> <p>Диагностические характеристики, основанные на определении химического состава. 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</p>
2	<p>Цифровая диагностика электрооборудования.</p> <p>Трансформаторное оборудование.</p> <p>Коммутационная аппаратура. Цифровая диагностика электрооборудования.</p> <p>Диагностика и контроль вентильных разрядников и ОПН. Диагностика силовых кабельных линий.</p>	<p>Структура цифрового регистратора (ЦР). Интродиагностика быстродействующих РПН (БРПН) с применением ЦР. Контроль токоограничивающих резисторов БРПН. Автоматизированный метод снятия круговой диаграммы переключающих устройств</p> <p>Интродиагностика высоковольтных выключателей. Ускоренный контроль высоковольтных выключателей (ВВ) без вскрытия бака. Определение собственного времени включения и отключения ВВ..</p> <p>Методы и технические устройства контроля вентильных разрядников. Автоматическое определение пробивного напряжения вентильных разрядников. Диагностика ОПН в эксплуатации. Проблемы кабелей с изоляцией из полиэтилена (РЕ) и сшитого полиэтилена (VPE). Проблемы на кабелях с пропитанной бумажной изоляцией. Проблемы в муфтах и концевых заделках. Диэлектрическая диагностика. Диагностика частичных разрядов (ЧР). Правила интерпретации результатов ЧР-диагностики силовых кабелей</p>

4.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Цифровая диагностика электрооборудования. Трансформаторное оборудование.	Цифровая диагностика электрооборудования. Трансформаторное оборудование.
Коммутационная аппаратура.	Коммутационная аппаратура.

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в
-------	-----------------------------	---------------------------	----------------

			академических часах
1	Методы и средства диагностики Нормативная база диагностики. Диагностические характеристики.	Подготовка к опросу на лекции. Подготовка реферата	32
2	Цифровая диагностика электрооборудования. Трансформаторное оборудование. Коммутационная аппаратура. Цифровая диагностика электрооборудования. Диагностика и контроль вентильных разрядников и ОПН. Диагностика силовых кабельных линий.	Подготовка к опросу на лекции. Подготовка реферата	32

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Методы диагностики электрооборудования 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 аспирантов 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.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Темы рефератов:

1. Диагностика трансформаторного оборудования под рабочим напряжением.
2. Диагностика состояния посредством измерения характеристик масла.
3. Испытание изоляции повышенным напряжением частоты 50 Гц.
4. Измерение сопротивления короткого замыкания обмоток в силовых трансформаторах, автотрансформаторах и масляных реакторах.
5. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах тока.
6. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в трансформаторах напряжения.
7. Применение тонкослойной хроматографии при определении микроколичеств фурановых производных в изоляционном масле.
8. Импульсное дефектографирование.
9. Определение влагосодержания изоляции.
10. Диагностика магнитопроводов трансформаторного оборудования.

Вопросы к зачету

1. Возможные состояния оборудования.
2. Система технического диагностирования.
3. Достоверность диагностических измерений.
4. Понятие дефекта электрооборудования.
5. Влияние дефектов оборудования на его работоспособность.
6. Метод хроматографического контроля маслonaполненного оборудования.
7. Метод контроля диэлектрических характеристик изоляции.
8. Метод инфракрасной термографии.
9. Метод вибродиагностики.
10. Методы контроля частичных разрядов в изоляции.
11. Метод ультразвукового зондирования
12. Диагностические признаки.
13. Категории контроля.
14. Монтажные испытания и испытания после капитального ремонта.
15. Определение коэффициента трансформации.
16. Измерение тока и потерь холостого хода.
17. Измерение сопротивления короткого замыкания.
18. Измерение потерь короткого замыкания.
19. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.
20. Диагностика состояния бумажной изоляции по продуктам старения.
21. Применение тонкослойной хроматографии при определении микроколичеств фурановых производных в изоляционном масле.
22. Контроль качества трансформаторных масел при их эксплуатации в электрооборудовании.
23. Интродиагностика быстродействующих РПН (БРПН) с применением ЦР.
24. Контроль токоограничивающих резисторов БРПН.
25. Автоматизированный метод снятия круговой диаграммы переключающих устройств
26. Ускоренный контроль высоковольтных выключателей (ВВ) без вскрытия бака.
27. Определение собственного времени включения и отключения ВВ.
28. Автоматическое определение пробивного напряжения вентильных разрядников.
29. Диагностика ОПН в эксплуатации.
30. Проблемы кабелей с изоляцией из полиэтилена (РЕ) и сшитого полиэтилена (VPE).
31. Проблемы на кабелях с пропитанной бумажной изоляцией.
32. Проблемы в муфтах и концевых заделках.
33. Диэлектрическая диагностика.
34. Диагностика частичных разрядов (ЧР).
35. Правила интерпретации результатов ЧР-диагностики силовых кабелей

8. 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. 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](https://www.iprbookshop.ru/68237.html) (дата обращения: 23.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. 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: 23.05.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Хорольский, В. Я. Эксплуатация электрооборудования : учебник / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, В. Н. Шемякин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 268 с. — ISBN 978-5-8114-2511-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212927> (дата обращения: 23.05.2024). — Режим доступа: для авториз.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Автоматизированная информационная библиотечная система «ИРБИС 64»	Лицензия коммерческая по договору №945 от 28 ноября 2011 года.
2	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
3	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
4	ЭБС ЮРАЙТ https://urait.ru	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 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
5	ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» www.studentlibrary.ru	Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" (www.studentlibrary.ru) является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения (ФГОС ВО 3+) к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы, для СПО, ВПО и аспирантуры.

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	http://www.edu.ru/index.php	Российское образование. Федеральный портал
2	http://window.edu.ru	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
3	https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
4	https://www.runnet.ru	RUNNet (RussianUNiversityNetwork) - крупнейшая в России научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обладающая протяженной высокоскоростной магистральной инфраструктурой и международными каналами, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (NationalResearchandEducationNetworks, NREN) и с Интернет.
5	http://neicon.ru	Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН)
6	http://webofscience.com	Политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных «WebofScienceCoreCollection»
7	https://www.scopus.com	Международная реферативная база данных научных изданий Scopus
8	https://minenergo.gov.ru/node/234	Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России)
9	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.
10	https://www.gis-tek.ru/	ГИС ТЭК – федеральная государственная информационная система, содержащая информацию о состоянии и прогнозе развития топливно-энергетического комплекса РФ.
11	http://drsk.ru	Официальный сайт Акционерное общество "Дальневосточная распределительная сетевая компания"
12	http://www.rushydro.ru/company/	Официальный сайт ПАО «РусГидро»
13	http://www.mathnet.ru/	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Занятия по дисциплине «Методы диагностики электрооборудования 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.