

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 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### «МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК»

Научная специальность 2.4.3 - Электроэнергетика

Год набора – 2022

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

2022

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

01.09.2022 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Зав. отделом докторантуры и аспирантуры

Сизова Е.С. Сизова

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Годосейчук А.А. Годосейчук

« 1 » сентября 2022 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 ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

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)

1	2	3	4			5
			4.1	4.2	4.3	
1	Методы и средства диагностики Нормативная база диагностики. Диагностические характеристики.	2	2		32	Собеседование по темам раздела. Проверка рефератов
2	Цифровая диагностика электрооборудования. Трансформаторное оборудование. Коммутационная аппаратура. Цифровая диагностика электрооборудования. Диагностика и контроль вентильных разрядников и ОПН. Диагностика силовых кабельных линий.	2	2	4	32	Собеседование по темам раздела. Проверка рефератов

	Итого		4.0	4.0	64.0	Зачет
--	-------	--	-----	-----	------	-------

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Методы и средства диагностики Нормативная база диагностики. Диагностические характеристики.	<p>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 маслonaполненного оборудования. Метод контроля диэлектрических характеристик изоляции. Метод инфракрасной термографии. Метод вибродиагностики. Методы контроля частичных разрядов в изоляции. Метод 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. 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	Цифровая диагностика электрооборудования. Трансформаторное оборудование. Коммутационная аппаратура. Цифровая диагностика электрооборудования. Диагностика и контроль вентильных разрядников и ОПН. Диагностика силовых кабельных линий.	<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</p>

	(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
--	---

#### 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 маслонаполненного 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 ДИСЦИПЛИНЫ

### 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](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 // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68237.html> (дата обращения: 23.03.2020).
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 // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45084.html> (дата обращения: 23.03.2020).
4. Хорольский, В. Я. Эксплуатация электрооборудования : учебник / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, В. Н. Шемякин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-8114-2511-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169183> (дата обращения: 13.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. Загл. с экрана.

### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Операционная система MS Windows XP SP3	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
2	Операционная система MS Windows 10 Education, Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
3	MS Office 2010 standard	лицензия Microsoft office 2010 Standard RUS OLP ML Academic 50, договор №492 от 28 июня 2012 года.
4	MS Office 2013/2016 PRO PLUS Academic	Сублицензионный договор № Tr000027462 от 10.12.2015.
5	MS Access 2010	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
6	MS Visio 2010	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
7	Autodesk AutoCad Design Suite Ultimate 2018-2021 (AutoCAD AutoCAD Architecture AutoCAD MEP	Электронная лицензия Education Network license Multi-user 3000 concurrent users 3-year term.

	AutoCAD Structural Detailing Showcase AutoCAD Raster Design Recap 3ds Max Navisworks Manage )	
8	Mathcad Education – University Edition	25 раб. мест по Software Order Fulfillment Confirmation, Service Contract # 4A1934168 от 18.12.2014.
9	MATLAB+SIMULINK	Academic classroom 25 по договору №2013.199430/949 от 20.11.2013.
10	RastrWin3 Оптимизация режима	10 лиц. по договору №0323100012213000181-0001592-01/1143 от 31.12.2013 и договору №236 от 02.12.2014.
11	RastrWin3 Коммутационные модели	10 лиц. по договору №0323100012213000181-0001592-01/1143 от 31.12.2013 и договору №236 от 02.12.2014.
12	RastrWin3 ТКЗ	10 лиц. по договору №0323100012213000181-0001592-01/1143 от 31.12.2013 и договору №236 от 02.12.2014.
13	Программный комплекс АРМ СРЗА-4	15 раб. Мест по договору № 205 от 12.11.2014.
14	RastrWin3 Базовый комплекс	10 лиц. По договору №0323100012213000182-0001592-01/1144 от 31.12.2013.
15	Программный комплекс РТП 3	Сублицензионный договор №198/2014 от 07.11.2014.
16	PSCAD EE MUL	10 раб мест по лицензионному договору №21/13L/860 от 17.10.2013.
17	Energy CS	Сублицензионный договор №191-20/2014 от 05 .11.2014.
18	Тренажер по оперативным переключениям	Договор № Э-35-2015/261 от 25.12.2015.
19	ClearView-SCADA	Договор №178 от 17.10.2014.
20	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
21	ЭБС IPRbooks <a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>	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
22	ЭБС ЮРАЙТ <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a>	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
23	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	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>	Российское образование. Федеральный портал
2	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
3	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
4	<a href="https://www.runnet.ru">https://www.runnet.ru</a>	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	<a href="http://neicon.ru">http://neicon.ru</a>	Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно-информационного консорциума (НЭИКОН)
6	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>	Политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных «WebofScienceCoreCollection»
7	<a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>	Международная реферативная база данных научных изданий Scopus
8	<a href="https://minenergo.gov.ru/node/234">https://minenergo.gov.ru/node/234</a>	Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России)
9	<a href="http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/">http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/</a>	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	<a href="https://www.gis-tek.ru/">https://www.gis-tek.ru/</a>	ГИС ТЭК – федеральная государственная информационная система, содержащая информацию о состоянии и прогнозе развития топливно-энергетического комплекса РФ.
11	<a href="http://drsk.ru">http://drsk.ru</a>	Официальный сайт Акционерное общество "Дальневосточная распределительная сетевая компания"
12	<a href="http://www.rushydro.ru/company/">http://www.rushydro.ru/company/</a>	Официальный сайт ПАО «РусГидро»
13	<a href="http://www.mathnet.ru/">http://www.mathnet.ru/</a>	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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.