

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт архитектуры, строительства и энергетики
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

С.Н.Авдеев

« 10 » 03 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Оптимизация электроэнергетических сетей

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2022

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Средства и методы диагностики высоковольтного оборудования» является приобретение знаний основополагающих принципов обеспечения надёжности систем электроснабжения с помощью современных средств и методов диагностики высоковольтного оборудования (ДВО).

Задачи дисциплины:

- формирование способностей использовать технические средства ДВО при решении задач профессиональной деятельности;
- формирование готовности к обоснованию принятых технических решений с учётом экономических и экологических последствий их применения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Средства и методы диагностики высоковольтного оборудования» относится к дисциплинам обязательной части учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-9. Способен применять методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования объектов профессиональной деятельности.	<p>ПК-9.1. Знает методы и технические средства испытаний электрооборудования объектов профессиональной деятельности.</p> <p>ПК-9.1. Умеет применять методы и технические средства испытаний электрооборудования объектов профессиональной деятельности.</p> <p>ПК-9.2. Владеет методами и технические средства диагностики электрооборудования объектов профессиональной деятельности.</p>	<p>Знать: актуальные фундаментальные и прикладные проблемы передачи, распределения электроэнергии и диагностики высоковольтного оборудования, методы и средства их решения в научно-исследовательской, проектно-конструкторской и производственно-технологической деятельности</p> <p>Уметь: анализировать состояние систем ДВО, профессионально их эксплуатировать на различных этапах жизненного цикла и принимать решения в сфере ДВО электроэнергетических систем с учётом энерго- и ресурсосбережения</p> <p>Владеть: навыками инженерного проектирования, эксплуатации, испытаний и ремонта элементов средств ДВО электроэнергетических систем, современными измерительными и компьютерными средствами для поддержки средств ДВО электроэнергетических систем на различных этапах</p>	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Вопросы рейтинг контроля. Реферат.

		жизненного цикла	
ПК-10. Способен участвовать в организации технического обслуживания и ремонта электрооборудования объектов профессиональной деятельности.	ПК-10.1. Знает способы руководства вспомогательными и подготовительными работами по ремонту электрооборудования объектов профессиональной деятельности. ПК-10.1. Умеет осуществлять руководство вспомогательными и подготовительными работами по ремонту электрооборудования объектов профессиональной деятельности. ПК-10.2. Владеет приемами руководство ремонтом и техобслуживанием электрооборудования объектов профессиональной деятельности.	Знает способы руководства вспомогательными и подготовительными работами по ремонту электрооборудования объектов профессиональной деятельности. Умеет планировать командную работу, осуществлять руководство вспомогательными и подготовительными работами по ремонту электрооборудования объектов профессиональной деятельности. Владеет методами решения задач и приемами руководство ремонтом и техобслуживанием электрооборудования объектов профессиональной деятельности.	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Вопросы рейтинг контроля. Реферат.
ПК-12. Способен разрабатывать предложения по оперативному, текущему и перспективному планированию работ по техническому.	ПК-12.1. Знает, как разрабатывать предложения по оперативному планированию работ по техническому обслуживанию объектов профессиональной деятельности. ПК-12.2. Умеет разрабатывать предложения по текущему планированию работ по техническому обслуживанию объектов профессиональной деятельности. ПК-12.3. Владеет способами разработки предложений по перспективному планированию работ по техническому обслуживанию объектов профессиональной деятельности.	Знает общие формы организации деятельности коллектива, как разрабатывать предложения по оперативному планированию работ по техническому обслуживанию объектов профессиональной деятельности. Умеет планировать командную работу и разрабатывать предложения по текущему планированию работ по техническому обслуживанию объектов профессиональной деятельности. Владеет способами разработки предложений по перспективному планированию работ по техническому обслуживанию объектов профессиональной деятельности..	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание. Вопросы рейтинг контроля. Реферат.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов

**Тематический план
форма обучения – очная**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Введение в курс	2	1	1				2	
2	Основные понятия и принципы организации диагностики высоковольтного оборудования	2	2-3	3	6			15	
3	Традиционные средства ДВО, требующие снятия рабочего напряжения	2	4-6	2	10			36	Рейтинг-контроль 1
4	Средства диагностики высоковольтного оборудования под рабочим напряжением	2	7-9	4	6			36	
5	Средства мониторинга высоковольтного оборудования	2	10-13	2	2			24	Рейтинг-контроль 2
6	Электрошумовая интродиагностика – перспективное направление развития ДВО	2	14-18	2	2			16	Рейтинг-контроль 3
	Наличие в дисциплине КП/КР								
Всего за <u>6</u> семестр: 216 часов				14	28			129	Экзамен 45 ч.

**Тематический план
форма обучения –заочная**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником	Самост оятельн	Формы текущего контроля успеваемости,
						контроля успеваемости,

				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		форма промежуточной аттестации (по семестрам)
1	Введение в курс	2	1	1					
2	Основные понятия и принципы организации диагностики высоковольтного оборудования	2	2-3	1	1			25	
3	Традиционные средства ДВО, требующие снятия рабочего напряжения	2	4-6	1	2			45	
4	Средства диагностики высоковольтного оборудования под рабочим напряжением	2	7-9	1	2			45	
5	Средства мониторинга высоковольтного оборудования	2	10-13	1	2			35	
6	Электрошумовая интродиагностика – перспективное направление развития ДВО	2	14-18	1	1			25	
	Наличие в дисциплине КП/КР								
Всего за <u>6</u> семестр: 216 часов				6	8			175	Экзамен 27 ч.

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Введение

Раздел 2. Основные понятия и принципы организации диагностики высоковольтного оборудования

Тема 2.1. Современное состояние парка высоковольтного оборудования в России

Тема 2.2. Диагностические параметры

Раздел 3. Традиционные средства ДВО, требующие снятия рабочего напряжения

Тема 3.1. Определение коэффициента трансформации

Тема 3.2. Определение сопротивления изоляции.

Тема 3.3. Определение коэффициента трансформации.

Тема 3.4. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости жидкого диэлектрика.

Тема 3.5. Определение пробивного напряжения.

Раздел 4. Средства диагностики высоковольтного оборудования под рабочим напряжением

Тема 4.1. Контроль диэлектрических свойств высоковольтной изоляции

Тема 4.2. Вибродиагностика

Тема 4.3. Диагностика по магнитным полям рассеяния.

Тема 4.4. Акустическая диагностика высоковольтного оборудования

Раздел 5. Средства мониторинга высоковольтного оборудования

Тема 5.1. Физические основы метода. Диагностическая аппаратура.

Тема 5.2. Объекты и условия проведения диагностики. диагностик

Раздел 6. Электрошумовая интродиагностика – перспективное направление развития ДВО

Тема 6.1. Физические основы метода.

Тема 6.2. Информативные параметры

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 3. Традиционные средства ДВО, требующие снятия рабочего напряжения

Тема 3.1. Определение коэффициента трансформации

Тема 3.2. Определение сопротивления изоляции.

Тема 3.3. Определение коэффициента трансформации.

Тема 3.4. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости жидкого диэлектрика.

Тема 3.5. Определение пробивного напряжения.

Раздел 4. Средства диагностики высоковольтного оборудования под рабочим напряжением

Тема 4.1. Контроль диэлектрических свойств высоковольтной изоляции

Тема 4.2. Вибродиагностика

Тема 4.3. Диагностика по магнитным полям рассеяния.

Тема 4.4. Акустическая диагностика высоковольтного оборудования

Раздел 5. Средства мониторинга высоковольтного оборудования

Тема 5.1. Физические основы метода. Диагностическая аппаратура.

Тема 5.2. Объекты и условия проведения диагностики. диагностик

Раздел 6. Электрошумовая интродиагностика – перспективное направление развития ДВО

Тема 6.1. Физические основы метода.

Тема 6.2. Информативные параметры

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости осуществляются по следующему перечню контрольных вопросов

Рейтинг – контроль №1

- Назовите традиционные методы диагностики высоковольтного оборудования.
- В чём заключаются главные недостатки традиционных методов диагностики высоковольтного оборудования?
- Какова структура цифровой системы анализа состояния высоковольтного оборудования?
- Какие дефекты трансформаторов позволяет выявить измерение сопротивлений электрических цепей?
- Какие дефекты трансформаторов позволяет выявить измерение тока и потерь холостого хода?

- Какие дефекты трансформаторов позволяет выявить ХАРГ-диагностика?
- Какие дефекты трансформаторов позволяет выявить измерение полного сопротивления и потерь в режиме КЗ?
- Каковы основные преимущества интродиагностики высоковольтного оборудования?
- Какие дефекты высоковольтного оборудования позволяет выявить анализ магнитных полей рассеяния?
- Какие дефекты высоковольтного оборудования позволяет выявить анализ высокочастотного электромагнитного излучения?
- Какие дефекты высоковольтного оборудования позволяет выявить анализ частичных разрядов?
- Какие дефекты высоковольтного оборудования позволяет выявить акустический метод диагностики?
- Что называется регулировочной характеристикой выпрямителя?
- Назвать важнейшие энергетические показатели качества электромагнитных процессов.
- Назвать важнейшие энергетические показатели качества использования преобразовательных устройств силовой электронной аппаратуры.
- Перечислите основные методы расчёта энергетических показателей.
- Когда рационально применение составных выпрямителей?

Рейтинг – контроль №2

- Каковы основные достоинства микропроцессорных комплексов управления?
- Каковы принципы действия измерительной части комплексов?
- В чём заключается многофункциональность комплекса?
- Каковы функции микропроцессорных систем защиты высоковольтных двигателей?
- Каковы функции микропроцессорных систем защиты высоковольтных выключателей?
- Каковы функции микропроцессорных систем защиты высоковольтных силовых трансформаторов?
- Каковы функции микропроцессорных систем защиты высоковольтных измерительных трансформаторов?
- Каковы функции микропроцессорных систем защиты высоковольтных сборных шин?
- Дайте определение прерывистого режима работы выпрямителя.
- Дайте определение КПД выпрямителя и зависимого инвертора.
- Дайте определение КПД выпрямителя и зависимого инвертора.
- Дайте определение коэффициента мощности выпрямителя и зависимого инвертора.
- Какие гармоники (номера) имеются в первичных токах трансформатора выпрямителя?
- Какие гармоники (номера) имеются в выпрямленном напряжении выпрямителя?
- Каковы функции микропроцессорных систем защиты высоковольтных вентильных преобразователей?

Рейтинг – контроль №3

- Каково назначение микропроцессорных устройств автоматического повторного включения?
- В чём заключаются особенности АПВ линий с двухсторонним питанием?
- Как осуществляется контроль синхронизма для АПВ линий с двухсторонним питанием?

- Возможна ли работа АПВ линий с двухсторонним питанием без контроля синхронизма?
- Каково назначение микропроцессорных устройств автоматического включения резерва?
- Как расшифровывается аббревиатура «УРОВ»?

- Каково назначение микропроцессорных УРОВ?
- Пусковые органы устройств автоматического включения резерва.
- Каково назначение микропроцессорных устройств автоматической частотной разгрузки?
- Каковы принципы автоматического регулирования напряжения в высоковольтных сетях?
- Каковы принципы автоматического регулирования реактивной мощности в высоковольтных сетях?
- В чём состоит основное отличие схем инверторов напряжения от схем инверторов тока?
- Каковы схемные особенности резонансных инверторов?
- В каких типах инверторов возможна рекуперация энергии из нагрузки?
- Каково назначение инверторов напряжения?

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Контрольные вопросы для экзамена

1. Назначение средств диагностики состояния высоковольтного оборудования в системах электроснабжения.
 1. Современное состояние парка высоковольтного оборудования в России.
 2. Основные понятия и принципы организации функциональной диагностики.
 3. Определение коэффициента трансформации.
 4. Определение сопротивления изоляции.
 5. Хроматографический анализ растворённых газов (ХАРГ).
 6. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости жидкого диэлектрика.
 7. Определение пробивного напряжения.
 8. Контроль диэлектрических свойств высоковольтной изоляции.
 9. Вибродиагностика высоковольтного оборудования.
 10. Тепловизионное обследование высоковольтного оборудования.
 11. Диагностика на основе анализа магнитных полей рассеяния.
 12. Принципы мониторинга состояния высоковольтного оборудования.
 13. Понятие интродиагностики высоковольтного оборудования.
 14. Современные методы интродиагностики.
 15. Физические основы электрошумовой интродиагностики.
 16. Акустические методы интродиагностики и мониторинга.
 17. Магнитные методы интродиагностики и мониторинга.
 18. Тепловые методы интродиагностики и мониторинга.
 19. Вибрационные методы интродиагностики и мониторинга.
 20. СВЧ методы интродиагностики и мониторинга.
 21. Интродиагностика и мониторинг методом частичных разрядов.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа студентов выполняются в виде рефератов, темы которых приведены ниже

Тематика курсовых работ:

- Разработка первичных преобразователей для диагностического комплекса силового трансформатора.
- Разработка элементов системы обработки информации для диагностического комплекса силового трансформатора.
- Разработка первичных преобразователей для диагностического комплекса высоковольтного выключателя.
- Разработка элементов системы обработки информации для диагностического комплекса высоковольтного выключателя.
- Разработка элементов системы тепловизионного мониторинга высоковольтного оборудования электрической подстанции.
- Разработка элементов системы электрошумового мониторинга высоковольтного оборудования электрической подстанции.
- Разработка элементов системы вибрационного мониторинга высоковольтного оборудования электрической подстанции.
- Разработка элементов системы СВЧ мониторинга высоковольтного оборудования электрической подстанции.

Темы рефератов

- Традиционные методы диагностики высоковольтного оборудования.
- Интродиагностика высоковольтного оборудования.
- Принципы мониторинга состояния высоковольтного оборудования.
- Тепловизионное обследование высоковольтного оборудования.
- Акустическое обследование высоковольтного оборудования.
- Электрошумовое обследование высоковольтного оборудования.
- Вибрационное обследование высоковольтного оборудования. недели семестра.
- Мониторинг состояния высоковольтного оборудования.

В ходе практических занятий студенты используют учебную компьютерную базу данных по средствам автоматизированного анализа и управления в системах электроснабжения.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература*		
1. Ершов, А. М. Релейная защита в системах электроснабжения напряжением 0,38-110 кВ : учебное пособие для практических расчетов / А. М. Ершов. - 2-е изд., перераб. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 608 с. - ISBN 978-5-9729-0511-9.	2020	https://znanium.com/catalog/product/1168545
2. Хренников, А. Ю. Высоковольтное электротехническое оборудование в электроэнергетических системах: диагностика, дефекты, повреждаемость, мониторинг : учеб. пособие / А.Ю. Хренников. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 186 с. www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5d0c6b71495137.62422666. - ISBN 978-5-16-014439-9.	2019	https://znanium.com/catalog/product/982407
3. Холодный, С. Д. Методы испытаний и диагностики в электроизоляционной и кабельной технике : учебное пособие / С. Д. Холодный, С. В. Серебрянников, М. А. Боев - Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. - ISBN 978-5-383-00974-1.	2016	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009741.html
4. Агафонов, А. И. Современная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем : учебное пособие / А. И. Агафонов, Т. Ю. Бростилова, Н. Б. Джазовский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 300 с. - ISBN 978-5-9729-0505-8.	2020	https://znanium.com/catalog/product/1168586
Дополнительная литература		
1. Ершов, А. М. Релейная защита в системах электроснабжения напряжением 0,38-110 кВ : учебное пособие для практических расчетов / А. М. Ершов. - 2-е изд., перераб. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 608 с. - ISBN 978-5-9729-0511-9.	2020	https://znanium.com/catalog/product/1168545
2. Диагностика и прогнозирование технического состояния электротехнических систем энергетики : монография / О. В. Крюков, Н. И. Сычев, М. Н. Сычев [и др.] ; под общ. ред. д-р техн. наук О. В. Крюкова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 184 с. - ISBN 978-5-9729-0708-3.	2021	https://znanium.com/catalog/product
2. Дубяго, М. Н. Совершенствование методов диагностики и прогнозирования электроизоляционных материалов систем энергоснабжения : монография / М. Н. Дубяго, Н. К. Полуянович. - Ростов н/Д : ЮФУ, 2019. - 192 с. - ISBN 978-5-9275-3374-9.	2019	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785927533749.html

6.2. Периодические издания

Периодический научно-технический журналы

- 1.«Электричество»
- 2.«Электротехника»

6.3. Интернет-ресурсы


1. Электронное средство обучения по дисциплине «Развитие средств автоматизированного анализа и управления» / Комплект из 52 слайдов. Составитель В.А. Шахнин. Акт внедрения электронного средства обучения от 2.12.2009 г. – Владимир: ВлГУ.
2. Микропроцессорные устройства управления энергетической электроники. НТЦ «Радиус-Автоматика» / Компьютерная презентация. – Зеленоград: НТЦ «Радиус-Автоматика» 2009г.
3. Интеллектуальные вентильные силовые модули (г. Саранск) / Компьютерная презентация. – Саранск: ОАО «Электровыпрямитель», 2009г
4. www.elvipr.ru
5. www.proel.ru
6. www.vei.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

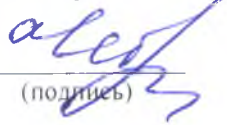
Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Лекции читаются в аудиториях кафедры ЭтЭн, оборудованных электронными проекторами (ауд. 520-3; 522-3), с использованием комплекта слайдов (Электронное средство обучения по дисциплине «Средства и методы диагностики высоковольтного оборудования»). Практические работы проводятся в компьютерном классе кафедры 519/3 и 518/3.

В ходе практических занятий студенты используют учебную компьютерную базу данных по средствам автоматизированного анализа и управления в системах электроснабжения.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения - программный комплекс для научных и инженерных расчетов MANLAB.


Рабочую программу составил д.т.н. профессор Бадалян Н.П. 
(ФИО, должность, подпись)

Рецензент - начальник проектного отдела ООО МФ-Электро

Чебрякова Ю.С. 
(подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры _____


Протокол № 8 от 10.03.2022 года

Заведующий кафедрой ЭТЭН Н.П.Бадалян 
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 13.04.02 _____

Протокол № 8 от 10.03.2022 года

Председатель комиссии Н.П.Бадалян 
(ФИО, должность, подпись)

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

*НАИМЕНОВАНИЕ*образовательной программы направления подготовки *код и наименование ОП*, направленность:
наименование (указать уровень подготовки)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой _____ / _____

*Подпись**ФИО*