

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)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 04 » 09 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Программа подготовки: Оптимизация электроэнергетических сетей

Уровень высшего образования: Магистр

Форма обучения: Очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
Второй	6/216	14	28	-	129	Экз., 45
Итого	6/216	14	28	-	129	Экз., 45

Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель 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 ВО

Дисциплина «Средства и методы диагностики высоковольтного оборудования» относится к дисциплинам вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» ОПОП ВО. Дисциплина логически и содержательно тесно связана с рядом теоретических дисциплин предшествующего периода обучения, например, «Компьютерные, сетевые и информационные технологии в образовании».

К числу дисциплин наиболее тесно связанных с дисциплиной «Средства и методы диагностики высоковольтного оборудования», относятся «Современные проблемы электроэнергетики», «Электронная аппаратура и релейная защита электроэнергетики» и «Современные технические средства передачи электроэнергии». В результате освоения этих дисциплин приобретаются знания основных этапов развития средств автоматизированного анализа и управления, формируется целостное представление о научных проблемах в этой области, методологии, способах и средствах их решения.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели.	Частичное	<b>Знать:</b> методы и способы как управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла <b>Уметь:</b> осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода <b>Владеть:</b> и применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
ОПК-1. Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	Частичное	<b>Знать:</b> планировать и формулировать цели и задачи исследования <b>Уметь:</b> применять современные методы исследования <b>Владеть:</b> методом исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ПК-4. Способен организовывать и управлять проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, ориентированных на	Частичное	<b>Знать:</b> методы анализа данных для проектирования и учитывать взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации объектов профессиональной деятельности <b>Уметь:</b> организовывать и управлять проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ <b>Владеть:</b> методом исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы а также составлять конкурентоспособные варианты технических решений.

создание конкурентоспособной наукоемкой продукции.		
ПК-9. Способен применять методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования объектов профессиональной деятельности.	Частичное	<p><b>Знать:</b> 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><b>Уметь:</b> 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><b>Владеть:</b> 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 жизненного цикла</p>

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Введение в курс	2	1	1			2		
2	Основные понятия и принципы организации диагностики высоковольтного оборудования	2	1-3	3	6		15	4/44	
3	Традиционные средства ДВО, требующие снятия рабочего напряжения	2	4-6	2	10		36	2/50	Рейтинг-контроль 1
4	Средства диагностики высоковольтного оборудования под рабочим напряжением	2	7-9	4	6		36	5/50	Рейтинг-контроль 2
5	Средства мониторинга высоковольтного оборудования	2	10-13	2	2		24	2/50	
6	Электрошумовая интродиагностика – перспективное направление развития ДВО	2	14-18	2	2		16	2/50	Рейтинг-контроль 3
Всего за <u>2</u> семестр: 216 часов					14	28	129	15/47	Экзамен 45 часов

## 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. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Средства и методы диагностики высоковольтного оборудования» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Групповая дискуссия (тема № 1, тема 2);
- Тренинг (темы №3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5);
- Анализ ситуаций (тема №5.1, 5.2, 6.1, 6.2);

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

Текущий контроль успеваемости осуществляется 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?

### 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.

### 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.

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

### Темы рефератов

- Традиционных 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 средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Овчаренко Н.И. Автоматизированный анализ	2009		+

состояния высоковольтного оборудования. М.: Изд. дом МЭИ. 2009. 473с			
2. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем. М.: Изд. дом МЭИ.	2010		+
3. Таев И.С. Электрические аппараты управления. М.: Энергоатомиздат.	2003		+
4. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного оборудования. М.: Изд. дом «ДОДЭКА»..	2008		+
5. Фалин Ю.М. Интеллектуальные системы анализа и управления в системах электроснабжения. М.: Изд. дом «ДОДЭКА»..	2009		+
Дополнительная литература			
1. Алексеев, О.В. Высоковольтные аппараты / О.В. Алексеев, В.А. Фёдоров, С.И. Резин.– М.: Энергоатомиздат,	2001		+
2. Энергетическая электроника: справочное пособие / Под ред. В.А. Лабунцова. – М.: Энергоатомиздат,	2002		+
3. Зиновьев Г.С. Прямые методы определения диагностических показателей высоковольтных преобразователей. Учебник НГТУ. Новосибирск: Изд-во НГТУ.	2006		+

## 7.2. Периодические издания

Периодический научно-технический журналы «Электричество» и «Электротехника»

## 7.3. 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](http://www.elvipr.ru)
5. [www.proel.ru](http://www.proel.ru)
6. [www.vei.ru](http://www.vei.ru)



## **8. 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.

Рецензент – начальник проектного отдела ООО МФ-Электро Чебрякова Ю.С.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭтЭн

Протокол № 1 от 04.09.19 года

Заведующий кафедрой  Бадалян Н.П.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Протокол № 1 от 04.09.19 года

Председатель комиссии  Бадалян Н.П.

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2020/2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 02.09.2020 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ 

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

## 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			

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
*Подпись* *ФИО*