

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

19 апреля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) образовательной программы – Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2024

Форма обучения – Очная

Курс 3 Семестр 5,6

Экзамен 5,6 сем

Общая трудоемкость дисциплины 324.0 (академ. час), 9.00 (з.е)

Составитель Н.В. Савина, профессор, д-р техн. наук

Энергетический факультет

Кафедра энергетики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.18 № 144

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры энергетики

01.02.2024 г. , протокол № 6

Заведующий кафедрой Савина Н.В. Савина

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

19 апреля 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

19 апреля 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

19 апреля 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

19 апреля 2024 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

формирование знаний об электрофизических процессах в изоляции электрооборудования, о механизмах развития грозовых и внутренних перенапряжений, о координации изоляции, её проектировании, о методах испытаний и контроля состояния изоляции.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний конструктивных особенностей изоляции высоковольтного электротехнического оборудования, умение выбора электроизоляционных материалов и навыков проектирования электрической изоляции различных конструкций, представлений о новейших разработках в области высоковольтной изоляции;
- освоение учащимися методов оценки электрической прочности изоляции, надёжности молниезащиты, определения уровня перенапряжений в сетях высокого и сверхвысокого напряжения, выбора защитных устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Техника высоких напряжений» входит в Блок 1 «Дисциплины (модули)», в часть, формируемую участниками образовательных отношений.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 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-1. Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-2.ПК-1. Выбирает и реализует типовые проектные решения для объектов профессиональной деятельности. ИД-4.ПК-1. Определяет параметры электрооборудования и режимов объектов профессиональной деятельности, учитывая технические ограничения и требования по безопасности, при их проектировании.
ПК-2. Способен определять параметры оборудования, рассчитывать режимы работы и участвовать в ведении режимов объектов профессиональной деятельности	ИД-1.ПК-2. Определяет параметры оборудования объектов профессиональной деятельности.
ПК-3. Способен участвовать в эксплуатации и ремонте объектов профессиональной деятельности	ИД-1.ПК-3. Осуществляет контроль технического состояния технологического оборудования объектов профессиональной деятельности. ИД-4.ПК-3. Обеспечивает инженерно-техническое сопровождение деятельности по техническому обслуживанию объектов профессиональной

	<p>деятельности. ИД-6.ПК-3. Выполняет, контролирует и обеспечивает соблюдения требований охраны труда, техники безопасности, промышленной и пожарной безопасности на рабочем месте.</p>
--	---

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9.00 зачетных единицы, 324.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, 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	Основные положения курса	5	10										18	Входной контроль. Блиц-опросы на лекциях.
2	Внешняя изоляция	5	10				12						18	Блиц-опросы на лекциях. Защита отчетов по лабораторным работам.
3	Внутренняя изоляция	5	4										13	Блиц-опросы на лекциях.
4	Изоляция электрических установок высокого напряжения и её расчёт	5	10				4						18	Блиц-опросы на лекциях. Защита отчетов по лабораторным работам.
5	Грозовые	6	22		12		4						24	Блиц-опросы

	перенапряжени я													на лекциях. Защита отчетов по лабораторны м работам. Защита отчета по практическим занятиям.
6	Внутренние перенапряжени я	6	20		4		4						24	Блиц-опросы на лекциях. Защита отчетов по лабораторны м работам. Защита отчета по практическим занятиям.
7	Контроль и диагностика изоляции	6	6				8						16	Блиц-опросы на лекциях. Защита отчетов по лабораторны м работам.
8	Экзамен	5								0.3	26.7			
9	Экзамен	6								0.3	35.7			
	Итого		82.0		16.0		32.0	0.0	0.0	0.6	62.4	131.0		

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

№ п/ п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Основные положения курса	Тема 1. Введение и общая характеристика курса. Высоковольтная изоляция. Назначение высоковольтной изоляции. Состояние отечественной и зарубежной изоляционной техники. Задачи, стоящие перед инженерами. Классификация изоляции. Тема 2. Электрофизические процессы в диэлектрических средах . Классификация видов электрических полей. Основные виды ионизационных процессов. Виды эмиссии. Явление электроотрицательности. Понятие плазмы. Степень ионизации. Уравнение Саха. Понятие «лавина электронов». Лавинная форма развития разряда. Стример. Стримерная форма развития разряда. Разряд в резконеоднородных полях. Закон Пашена. Закономерности возникновения и развития основных видов электрических разрядов в газах: коронный, искровой, дуговой, поверхностный. Лидерная форма разряда. Молния. Понятие о частичных разрядах. Время запаздывания разряда.

		<p>Общая характеристика теории пробоя жидких диэлектриков. Механизмы пробоя твердых диэлектриков: электрический, тепловой, электрическое старение.</p> <p>Тема 3. Условия работы и требования, предъявляемые к изоляции высоковольтных установок.</p> <p>Условия работы высоковольтной изоляции. Воздействующие напряжения: рабочее напряжение, внутренние перенапряжения, атмосферные перенапряжения. Уровни воздействующих напряжений. Механические факторы. Тепловые факторы. Атмосферные воздействия. Факторы времени. Требования, предъявляемы к электрической изоляции. Требования ГОСТ 1516-96 к изоляции. Уровень изоляции. Выбор испытательных напряжений. Типовые, периодические и контрольные испытания. Обобщенная вольт- секундная характеристика изоляции. Координация изоляции установок высокого напряжения. Требования к изоляции, исходящие из условия эксплуатации.</p> <p>Тема 4. Получение и измерение высоких напряжений.</p> <p>Методы и устройства получения высоких переменных, постоянных и импульсных напряжений. Способы измерений высоких напряжений: электростатический вольтметр, измерительный шаровой разрядник, делители напряжения. Измерение больших импульсных токов.</p>
2	Внешняя изоляция	<p>Тема 5. Восстанавливающаяся изоляция.</p> <p>Статистическое распределение напряжения пробоя и его вероятность. Практическое применение параметров распределения при выборе испытательных напряжений, оценка вероятности пробоя промежутка при заданном законе распределения воздействующих напряжений. Разряд в параллельно включенных промежутках.</p> <p>Расчет разрядных напряжений вдоль поверхности твердых диэлектриков. Однородное поле. Поле с преобладающей тангенциальной составляющей напряженности поля. Поле с преобладающей нормальной составляющей напряженности поля.</p> <p>Сухоразрядное расстояние. Сухоразрядное напряжение. Учет плотности воздуха, влажности и давления при расчете разрядных напряжений вдоль поверхности изоляционных конструкций.</p> <p>Меры повышения сухоразрядных напряжений изоляции установок высокого напряжения.</p> <p>Мокроразрядное напряжение изоляторов. Длина пути утечки. Удельная длина пути утечки. Поправочный коэффициент. Удельная эффективная длина пути утечки. Влияние</p>

		<p>конструкции на величину мокроразрядного напряжения. Влияние проводящих осадков и загрязнений на влагоразрядное (грязеразрядное) напряжение. Степень загрязненности атмосферы. Коэффициент формы изолятора. Условия перехода частичного перекрытия в полное. Механизм разряда вдоль загрязненной и увлажненной поверхности изоляции при длительном приложении напряжения.</p> <p>Тема 6. Конструктивные особенности наружной высоковольтной изоляции.</p> <p>Классификация наружной изоляции. Условия работы наружной изоляции. Материалы наружной изоляции.</p> <p>Тема 7. Изоляция воздушных линий электропередачи и ОРУ.</p> <p>Типы линейных изоляторов, их электрические и механические характеристики. Маркировка изоляторов. Расчет линейных изоляторов. Гирлянды изоляторов. Выбор числа элементов в гирлянде. Определение степени загрязненности атмосферы. Защитная арматура. Перспективы развития изоляции ЛЭП высоких и сверхвысоких напряжений. Грязестойкие изоляторы.</p> <p>Тема 8. Станционно-аппаратные изоляторы.</p> <p>Опорные изоляторы, их типы и назначение. Маркировка изоляторов. Электрический и механический расчет опорных изоляторов штыревого типа. Особенности расчета изоляторов стержневого типа. Расчет защитной арматуры. Расчет покрышек, Опорные изоляторы на основе эпоксидной изоляции.</p>
3	Внутренняя изоляция	<p>Тема 9. Твердая изоляция.</p> <p>Расчет пробивного напряжения при электрическом пробое. Органическая и неорганическая изоляция. Влияние конфигурации поля на электрическую прочность. Расчет электрической прочности твердой изоляции по Вершинину.</p> <p>Расчет пробивного напряжения твердой изоляции при тепловом пробое. Условие теплового равновесия. Устойчивое тепловое равновесие. Неустойчивое тепловое равновесие. Предельный случай теплового равновесия. Допустимый перегрев изоляции. Методы достижения тепловой устойчивости изоляции.</p> <p>Ионизационная форма пробоя твердой изоляции. Срок службы изоляции. Ионизационное старение органической и неорганической изоляции. Механизм старения изоляции при различных видах напряжения.</p> <p>Тема 10. Масляная и бумажно-масляная изоляция.</p> <p>Расчет маслобарьерной изоляции. Допустимые значения напряженностей электрического поля. Распределение напряжения в неоднородной</p>

		<p>изоляции на переменном и постоянном напряжениях.</p> <p>Бумажно- масляная изоляция. Типы бумажно-масляной изоляции. Допустимы напряженности. Расчет бумажно- масляной изоляции. Влияние толщины и плотности бумаги на электрическую прочность.</p> <p>Ионизационные процессы в БМИ. Устойчивая и неустойчивая ионизация. Газостойкость жидких диэлектриков. Методы защиты краев конденсаторных обкладок в БМИ.</p>
4	Изоляция электрических установок высокого напряжения и её расчёт	<p>Тема 11. Основы расчета изоляции трансформаторов.</p> <p>Расчет изоляции трансформаторов тока. Понятие продольной и главной изоляции. Маркировка трансформаторов тока. Конструктивные особенности трансформаторов тока и особенности расчета изоляции. Расчет изоляции трансформаторов тока со звеньевой изоляцией. Применение конденсаторной изоляции. Методика расчета конденсаторной изоляции. Использование литой и прессованной изоляции, ее преимущества и недостатки. Каскадные трансформаторы тока. Трансформаторы напряжения и силовые. Маркировка. Расчет трансформаторов на напряжение 3 кВ. Расчет изоляции трансформаторов от 6 до 35 кВ. Изоляции трансформаторов на 110 кВ и выше. Применение бумажно-масляной изоляции. Особенности расчета главной изоляции испытательных трансформаторов. Расчет изоляции импульсных трансформаторов.</p> <p>Тема 12. Изоляция вращающихся машин.</p> <p>Особенности работы изоляции вращающихся машин высокого напряжения. Материалы и структура изоляции. Корпусная и витковая изоляция. Гильзовая и непрерывная изоляция с применением слюды. Термопластичная и термореактивная изоляция. Новые виды изоляции. Регулирование электрического поля на выходе из паза. Проблема частичных разрядов.</p> <p>Тема 13. Изоляция силовых кабелей.</p> <p>Назначение кабелей. Кабельные линии высокого напряжения. Основы электрического расчета кабелей. Структура кабельной изоляции. Кабели с вязкой пропиткой, их основные характеристики и область применения. Маслонаполненные кабели низкого, среднего и высокого давления. Соединительные и концевые муфты. Кабели с газовой изоляцией. Кабели с синтетической и резиновой изоляцией. Коаксиальные кабели со сжатым газом. Импульсные кабели. Новые виды кабелей (криогенные, сверхпроводящие).</p> <p>Тема 14. Проходные изоляторы и вводы.</p>

		<p>Типы изоляторов и их назначение. Маркировка изоляторов. Расчет проходных изоляторов со сплошной фарфоровой изоляцией, воздушной и масляной полостью. Расчет маслобарьерных вводов. Регулирование поля в маслобарьерных вводах.</p> <p>Расчет вводов с конденсаторной бумажно-масляной изоляцией: вводы с постоянной длиной уступа и переменной толщиной изоляции между конденсаторными обкладками; вводы с постоянной толщиной изоляции и переменной длиной уступа конденсаторных обкладок.</p> <p>Вводы с бакелитовой конденсаторной изоляцией. Газонаполненные вводы.</p> <p>Расчет тепловой устойчивости конденсаторных вводов. Механический расчет проходных изоляторов и вводов.</p> <p>Тема 15. Изоляция силовых конденсаторов. Устройство и назначение конденсаторов. Маркировка конденсаторов. Расчет емкости конденсаторов.</p> <p>Расчет конденсаторов с бумажно- масляной изоляцией. Выбор напряженности электрического поля в диэлектрике конденсатора. Расчет электрической прочности при кратковременном воздействии напряжения. Расчет электрической прочности при длительном воздействии напряжения. Расчет секции конденсатора. Пакет секций. Корпусная изоляция.</p> <p>Тепловой расчет изоляции конденсатора. Потери энергии в диэлектрике. Потери энергии в металлических частях. Расчет температуры нагрева поверхности конденсатора по Мантрову.</p> <p>Особенности расчета импульсных конденсаторов. Удельные характеристики конденсаторов. Удельная емкость. Удельная энергия. Удельная реактивная мощность.</p>
5	Грозовые перенапряжения	<p>Тема 1. Общая характеристика перенапряжений. Классификация перенапряжений. Характеристика электрических сетей напряжением 6-1150 кВ. Аварийность в электрических сетях. Современное состояние молниезащиты электроустановок и линий электропередачи.</p> <p>Тема 2. Молния как источник грозových перенапряжений.</p> <p>Возникновение и развитие молнии. Количественные характеристики разряда молнии. Интенсивность грозовой деятельности. Грозопоражаемость воздушных линий.</p> <p>Тема 3. Волновые процессы в ЛЭП.</p> <p>Основные закономерности распространения электромагнитных волн. Эквивалентные схемы при волновых процессах. Набегание электромагнитных волн (ЭМВ) на шины</p>

		<p>подстанции. Прохождение ЭМВ через индуктивность, прохождение ЭМВ мимо емкости. Волновые процессы в многопроводной системе. Геометрический коэффициент связи. Распространение ЭМВ по нескольким проводам одновременно. Индуктированные перенапряжения. Влияние импульсной короны на волновой процесс.</p> <p>Тема 4. Грозоупорность воздушных линий (ВЛ). Влияние конструктивных параметров ВЛ на показатели ее грозоупорности. Влияние природно-климатических условий и особенностей трассы на грозоупорность ВЛ. Разрядные характеристики линейной изоляции. Расчет числа грозовых отключений ВЛ с тросом напряжением 110 кВ и выше. Расчет числа грозовых отключений ВЛ без троса. Определение числа отключений при ударах молнии вблизи ВЛ. Эксплуатационные показатели грозоупорности ВЛ.</p> <p>Тема 5. Защита электрических станций, подстанций и ВЛ от прямых ударов молнии. Задачи и критерии молниезащиты подстанций. Защита от прямых ударов молнии. Принципы действия и конструктивное исполнение молниеотводов. Стержневые, сетчатые и тросовые молниеотводы. Зоны защиты молниеотводов. Условия безопасного прохождения тока молнии по молниеотводу. Заземление молниеотводов, опор. Электрофизические характеристики грунта. Определение эквивалентного сопротивления неоднородного грунта. Стационарные и импульсные сопротивления заземления. Расчет сопротивления заземления (стационарного и импульсного) различных конструкций заземляющей системы.</p> <p>Тема 6. Защитные аппараты и устройства. Принцип действия защитных аппаратов. История развития защитных аппаратов: защитные промежутки, трубчатые и вентильные разрядники, ОПН. Вентильные разрядники, характеристики, конструктивное исполнение, группы вентильных разрядников, условия выбора вентильных разрядников. Комбинированные вентильные разрядники. Нелинейные ограничители перенапряжения (ОПН), конструкция, технические характеристики. Методика выбора ОПН. Определение ожидаемого срока службы ОПН. Длинноискровые разрядники.</p> <p>Тема 7. Защита ВЛ от грозовых перенапряжений. Задачи и критерии молниезащиты линий. Допустимое число грозовых отключений ВЛ и выбор средств защиты по критерию коммутационного ресурса линейных выключателей. Молниезащита ВЛ различных классов напряжений.</p>
--	--	---

		<p>Тема 8. Молниезащита электрических станций и подстанций, электрических машин высокого напряжения от набегающих волн перенапряжений. Задачи и критерии молниезащиты подстанций и электрических станций. Параметры импульсов грозовых перенапряжений, набегающих на подстанции. Защита станций и подстанций от волн, набегающих с линий электропередачи. Допустимые напряжения на защищаемой изоляции электрооборудования. Определение длины защищенного подхода к подстанции, электрической станции. Эффективность защиты электрооборудования подстанции. Молниезащита подстанций различных классов напряжения. Молниезащита электрических машин. Определение показателей надежности молниезащиты РУ станций и подстанций. Координация импульсной прочности изоляции подстанционного (станционного) оборудования с защитными характеристиками ОПН.</p>
6	Внутренние перенапряжения	<p>Тема 9. Характеристика внутренних перенапряжений. Перенапряжения – как случайное событие. Коммутационные перенапряжения и их статистические характеристики. Квазистационарные перенапряжения. Методы их анализа.</p> <p>Тема 10. Коммутационные перенапряжения и их ограничения. Перенапряжения при плановых включениях линий. Перенапряжения при отключении малозагруженных линий. Перенапряжения при коммутации линии в блоке с трансформатором. АПВ линий. Перенапряжения при отключении коротких замыканий на линии. Перенапряжения при отключении реакторов, трансформаторов, электрических машин. Дуговые перенапряжения в сетях 3 - 35 кВ. Основные принципы построения защиты от коммутационных перенапряжений, характеристика таких защит.</p> <p>Тема 11. Квазистационарные перенапряжения. Перенапряжения в конце разомкнутой линии (влияние емкостного эффекта). Перенапряжения при неполно- фазных режимах. Дуговые перенапряжения. Резонансное смещение нейтрали в сети 3 – 35 кВ. Феррорезонансные перенапряжения. Интергармоники в электропередачах. Устройства защит от таких перенапряжений.</p>
7	Контроль и диагностика изоляции	<p>Тема 12. Методы профилактического контроля и диагностики изоляции.</p> <p>Общая характеристика испытаний. Испытательные установки и методы испытаний</p>

		электрооборудования. Основные методы неразрушающих испытаний изоляции. Использование абсорбиционных явлений, контроль качества изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь, контроль изоляции по интенсивности частичных разрядов, тепловизионный контроль и др. Контроль изоляции повышенным напряжением.
--	--	---

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Грозоупорность воздушных линий	Оценка грозоупорности линий электропередач различных классов напряжения, различного конструктивного исполнения
Расчет молниезащиты подстанции	Определение зон молниезащиты, выбор высоты и места установки молниеотводов на трансформаторных подстанциях
Расчет импульсного сопротивления и заземления РУ, молниеотводов, опор	Определение зон молниезащиты, выбор высоты и места установки молниеотводов на трансформаторных подстанциях Расчет заземляющих устройств различных элементов системы электроснабжения. Расчет стационарного и импульсного сопротивления заземляющего устройства
Защита подстанции, электрических станций, ВЛ от прямых ударов молнии	Разработка организационных, технических и схемных решений для осуществления защиты элементов системы электроснабжения от прямых ударов молнии
Выбор ОПН. Выбор места расположения ОПН на плане РУ, на схеме	Изучить условия выбора нелинейных ограничителей перенапряжения. Определение мест размещения ОПН на ВЛ, ОРУ, правила заземления ОПН
Определение длины защищенного подхода к ПС, электростанции	Понятие защищенного подхода. Способы его исполнения. Расчет длины защищенного подхода
Расчет волновых процессов при перенапряжениях	Определение уровней напряжения при распространении волны перенапряжения вдоль линии электропередач. Прохождение ЭМВ мимо емкости и через индуктивность

5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Изучение конструкции, условий применения аппарата АИИ-70	Освоить принципы работы с аппаратом АИИ-70, его устройство, назначение
Исследование электрической прочности воздушных промежутков в переменном и постоянном электрическом поле	Электромагнитное поле в воздушном промежутке между электродами. Исследовать электрическую прочность воздушного промежутка между электродами различной конфигурации.
Изучение конструкций изоляторов	Назначение, материалы, конструктивное исполнение, маркировка линейных, стационарных, проходных изоляторов

Распределение напряжения вдоль гирлянды изоляторов	Понятие гирлянды, распределение напряжения вдоль гирлянды изоляторов.
Измерение тангенса угла диэлектрических потерь	Понятие тангенса угла диэлектрических потерь как основной характеристики диэлектриков. Способы контроля и измерения
Изучение конструкции и методов измерения сопротивления элементов защитных аппаратов (на примере ОПН и вентильных разрядников)	ОПН и вентильные разрядники как аппараты защиты электрооборудования от перенапряжения. Способы контроля и измерения сопротивления
Измерение тока проводимости защитных аппаратов. Измерение пробивного напряжения вентильных разрядников	Способы измерения тока проводимости защитных аппаратов и пробивного напряжения вентильных разрядников
Исследование волновых процессов при перенапряжениях. Перенапряжения при работе длинной линии на холостом ходу	Цели, задачи, оборудование, приборное обеспечение, периодичность и методы исследования волновых процессов при перенапряжениях. Перенапряжения при работе длинной линии на холостом ходу
Испытание электротехнических средств защиты, используемых в электроустановках	Цели, задачи, оборудование, приборное обеспечение, периодичность и методы испытания электротехнических средств защиты, используемых в электроустановках
Испытание повышенным напряжением промышленной частоты высоковольтных электрических аппаратов	Цели, задачи, оборудование, приборное обеспечение, периодичность и методы испытания повышенным напряжением промышленной частоты высоковольтных электрических аппаратов
Методы профилактических испытаний изоляции силового трансформатора. Измерение сопротивления обмоток силового трансформатора постоянному току	Цели, задачи, оборудование, приборное обеспечение, периодичность и методы профилактических испытаний изоляции силового трансформатора. Измерение сопротивления обмоток силового трансформатора постоянному току
Испытание изоляции силовых кабелей выпрямленным напряжением	Цели, задачи, оборудование, приборное обеспечение, периодичность и методы испытания изоляции силовых кабелей выпрямленным напряжением

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Основные положения курса	Подготовка к блиц-опросу на лекции; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение.	18

2	Внешняя изоляция	Подготовка к блиц-опросу на лекции; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка отчётов по выполнению лабораторных работ.	18
3	Внутренняя изоляция	Подготовка к блиц-опросу на лекции; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение.	13
4	Изоляция электрических установок высокого напряжения и её расчёт	Подготовка к блиц-опросу на лекции; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка отчётов по выполнению лабораторных работ.	18
5	Грозовые перенапряжения	Подготовка к блиц-опросу на лекции; подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	24
6	Внутренние перенапряжения	Подготовка к блиц-опросу на лекции; подготовка к практическому занятию; подготовка к лабораторной работе; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение	24
7	Контроль и диагностика изоляции	Подготовка к блиц-опросу на лекции; проработка материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к лабораторной работе	16

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации дисциплины «Техника высоких напряжений» используются традиционные и современные образовательные технологии. Из современных образовательных технологий применяются и компьютерные технологии, электронные формы обучения, с привлечением к преподаванию мультимедийной техники и интерактивной доски, технологии активного обучения, проблемного обучения. Применяются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: проблемные ситуации, компьютерные симуляции, деловые игры, разбор конкретных ситуаций по анализу перенапряжений и поражению молнией электроустановок и выработка инженерных решений по обеспечению надежной защиты электрооборудования и линий электропередачи от грозовых и внутренних перенапряжений.

В рамках дисциплины предусмотрены мастер-классы по современным методам диагностики изоляции электроустановок, встречи с представителями энергетических компаний Дальнего Востока.

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

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, индивидуальные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих

этапы формирования компетенций, а так же методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств.

Примерный перечень вопросов к экзамену:

5 семестр

1. Классификация электрической изоляции.
2. Распределение напряжения вдоль гирлянды изоляторов.
3. Опорные изоляторы.
4. Потери на коронный разряд при передаче электроэнергии.
5. Бумажно-масляная изоляция.
6. Газонаполненные кабели.
7. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь высоковольтных вводов.
8. Основы электрического расчета изоляции силовых кабелей.
9. Электрическая изоляция силовых конденсаторов.
10. Измерение сопротивления обмоток трансформатора.
11. Изоляция вращающихся машин высокого напряжения.
12. Гирлянды изоляторов. Выбор числа элементов в гирлянде.
13. Условия работы и требования, предъявляемые к электрической изоляции.
14. Маслонаполненные кабели.
15. Маслобарьерные вводы.
16. Линейные изоляторы.
17. Электрические разряды в газах.
18. Координация изоляции.
19. Кабели в стальных трубах под давлением масла или газа.
20. Расчет тепловой устойчивости вводов конденсаторного типа.
21. Изоляция измерительных трансформаторов.
22. Кабели с резиновой изоляцией.
23. Расчет проходных изоляторов.
24. Твёрдая изоляция.
25. Вводы с элегазовой изоляцией.
26. Маслобарьерная изоляция.
27. Типы линейных изоляторов, их электрические и механические характеристики.
28. Основы расчета изоляции силовых конденсаторов.
29. Кабельные линии в трубах со сжатым газом.
30. Проходные изоляторы.
31. Кабели с вязкой пропиткой.
32. Классификация электрических полей.
33. Виды ионизации.
34. Внутренняя изоляция электрических установок высокого напряжения.
35. Расчет маслобарьерных вводов.
36. Высоковольтная изоляция. Назначение высоковольтной изоляции.
37. Формы пробоя твердого диэлектрика.
38. Лавина электронов и условие самостоятельности разряда.
39. Кабельные муфты.
40. Назначение изоляторов, их цели и конструкция.
41. Основные конструкции кабелей высокого напряжения.
42. Кабели с пластмассовой изоляцией.
43. Испытание изоляции кабелей.
44. Изоляция силовых трансформаторов.
45. Высоковольтные вводы.
46. Типы и конструкции силовых кабелей.
47. Определение тангенса угла диэлектрических потерь и вывод формулы для его нахождения.
48. Виды факторов воздействия на изоляцию.

49. Силовые кабели: назначение и конструктивное (принципиальное) исполнение.
50. Масло- и газонаполненные кабели.
51. Понятие электрического пробоя.
52. Виды разрядов.
53. Типы твёрдых диэлектриков.
54. Устройство и назначение конденсаторов.
55. Состояние и перспективы отечественной и зарубежной изоляции для техники высоких напряжений.
56. Вводы с конденсаторной бумажно-масляной изоляцией.

6 семестр

1. Регулирование электрических полей.
2. Классификация ионизационных процессов.
3. Вывод уравнения самостоятельности электрического разряда в газе.
4. Особенности разряда в резконеоднородных полях.
5. Основные типы проводимости жидких диэлектриков.
6. Общая характеристика перенапряжений.
7. Классификация перенапряжений.
8. Закономерности распространения электромагнитных волн перенапряжений
9. Многократные отражения электромагнитных волн перенапряжений и их анализ. 10. Набегание электромагнитных волн на шины подстанции.
11. Прохождение электромагнитных волн перенапряжений через индуктивность.
12. Прохождение электромагнитных волн перенапряжений мимо ёмкости
13. Волновые процессы в многопроводной системе.
14. Прохождение электромагнитных волн перенапряжений вдоль провода, расположенного вблизи другого изолированного провода (трос-провод).
15. Распространение электромагнитных волн перенапряжений по двум параллельным проводам в системе из трёх проводов (2 троса -провод).
16. Распространение электромагнитных волн перенапряжений по нескольким проводам одновременно.
17. Затухание и деформация электромагнитных волн перенапряжений.
18. Влияние импульсной короны на волновой процесс перенапряжений.
19. Молния как источник грозовых перенапряжений.
20. Развитие молнии.
21. Основные параметры и электрические характеристики молнии.
22. Характеристики грозовой деятельности.
23. Эксплуатационные характеристики грозоупорности линий.
24. Прямой удар молнии в воздушную линию без тросов.
25. Прямой удар молнии в воздушную линию с тросом.
26. Определение удельного числа отключений ВЛ вследствие прямого удара молнии для линий с тросами и без них.
27. Индуцированные перенапряжения на ЛЭП.
28. Средства повышения грозоупорности ВЛ.
29. Молниеотводы, их принцип действия.
30. Конструктивное исполнение молниеотводов.
31. Конструктивное исполнение тросовых молниеотводов.
32. Зона защиты стержневых молниеотводов.
33. Зона защиты тросовых молниеотводов.
34. Условия безопасного прохождения молнии по молниеотводу.
35. Заземление в электроустановках высокого напряжения.
36. Заземление молниеотводов, опор.
37. Заземление подстанций.
38. Условия прохождения тока молнии по заземлителю.
39. Общая характеристика защитных аппаратов от перенапряжений и их анализ.
40. Защитные промежутки.

41. Трубчатые разрядники.
42. Вентильные разрядники.
43. Группы вентильных разрядников и их электрические характеристики.
44. Комбинированные вентильные разрядники.
45. ОПН.
46. Защита подстанций от набегающих импульсов грозовых перенапряжений.
47. Типовые схемы молниезащиты подстанций.
48. Особенности молниезащиты подстанций различного уровня напряжения, присоединенных к ВЛ отпайками.
49. Молниезащита генераторных блоков и электрических машин.
50. Координация изоляции электрооборудования подстанции с защитными аппаратами.
51. Определение длин защищенных подходов к подстанции.
52. Грозоупорность подстанций.
53. Общая характеристика коммутационных перенапряжений.
54. Перенапряжение переходного процесса при отключении ёмкости ненагруженных линий.
55. Перенапряжение переходного процесса при включении разомкнутой линии.
56. Перенапряжение переходного процесса при АПВ.
57. Перенапряжение переходного процесса при отключении КЗ.
58. Перенапряжение переходного процесса при отключении малых индуктивных токов.
59. Общая характеристика установившихся перенапряжений в электропередачах.
60. Феррорезонансные перенапряжения в сети с изолированной нейтралью с падением провода.
61. Влияние насыщения силовых трансформаторов на повышение напряжения в системах с заземленной нейтралью.
62. Сравнительный анализ методов расчета коммутационных и установившихся перенапряжений.
63. Общая характеристика способов и средств ограничения внутренних перенапряжений.
64. Ограничение внутренних перенапряжений с помощью вентильных разрядников и выключателей двухступенчатого действия с шунтирующими сопротивлениями.
65. Основные принципы построения защит от коммутационных перенапряжений.
66. Испытательные установки и методы испытаний электрооборудования.
67. Основы неразрушающих испытаний изоляции.
68. Использование абсорбционных явлений.
69. Контроль качества изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь.
70. Контроль изоляции по интенсивности частичных разрядов.
71. Испытания изоляции повышенным напряжением.

Темы рефератов

1. Виды электрических полей и классификация ионизационных процессов.
2. Особенности разряда в резконеоднородных полях.
3. Проводимости жидких диэлектриков.
4. Общая характеристика и классификация перенапряжений.
5. Закономерности распространения электромагнитных волн перенапряжений
6. Волновые процессы в многопроводной системе.
7. Влияние импульсной короны на волновой процесс перенапряжений.
8. Молния как источник грозовых перенапряжений.
9. Индуцированные перенапряжения на ЛЭП.
10. Средства повышения грозоупорности ВЛ.
11. Молниеотводы, их принцип действия и конструктивное исполнение.
12. Заземление в электроустановках высокого напряжения.

13. Заземление молниеотводов, опор.
14. Заземление подстанций.
15. Защита подстанций от набегающих импульсов грозовых перенапряжений.
16. Типовые схемы молниезащиты подстанций.
17. Молниезащита генераторных блоков и электрических машин.
18. Координация изоляции электрооборудования подстанции с защитными аппаратами.
19. Общая характеристика коммутационных перенапряжений.
20. Перенапряжение переходного процесса.
21. Характеристика установившихся перенапряжений в электропередачах.
22. Влияние насыщения силовых трансформаторов на повышение напряжения в системах с заземленной нейтралью.
23. Сравнительный анализ методов расчета коммутационных и установившихся перенапряжений.
24. Общая характеристика способов и средств ограничения внутренних перенапряжений.
25. Ограничение внутренних перенапряжений с помощью вентильных разрядников и выключателей двухступенчатого действия с шунтирующими сопротивлениями.
26. Основные принципы построения защит от коммутационных перенапряжений.
27. Испытательные установки и методы испытаний электрооборудования.
28. Использование абсорбционных явлений.
29. Контроль качества изоляции по различным параметрам.
30. Испытания изоляции повышенным напряжением.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Савина, Н.В. Техника высоких напряжений. Грозовые перенапряжения и защита от них [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. В. Савина; АмГУ, Эн. ф. - Благовещенск: Издво Амур. гос. ун- та, 2015. - 191 с. [http:// irbis.amursu.ru/ DigitalLibrary/ AmurSU_Edition/7361.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7361.pdf)
2. Бочаров, Ю. Н. Техника высоких напряжений : учебное пособие / Ю. Н. Бочаров, С. М. Дудкин, В. В. Титков. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2013. — 265 с. — ISBN 978-5-7422-3998-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/43976.html> (дата обращения: 29.03.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Куффель, Е. Техника и электрофизика высоких напряжений [Текст] : учеб.-справ. рук. / Е. Куффель, В. Цаенгель, Дж. Куффель ; пер. с англ. С. М. Смольского ; И. П. Кужекина. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 520 с.
4. Изоляция и перенапряжения. Лабораторный практикум [Текст] : учеб. пособие: рек. ДВ РУМЦ / Н. В. Савина [и др.] ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун- та, 2008
5. Техника высоких напряжений [Электронный ресурс]: метод. указания к практическим занятиям / АмГУ, Эн. ф.; сост.: Н. В. Савина, П. П. Проценко. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун- та, 2015. - 106 с. [http:// irbis.amursu.ru/ DigitalLibrary/ AmurSU_Edition/7364.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7364.pdf)
6. Изоляция электроустановок [Электронный ресурс]: метод. указ. к лаб. работам по дисц. по направлению подгот. 140400.62 / АмГУ, Эн. ф.; сост. Н. В. Савина, В. В. Соловьев. - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2013. - 111 с. [http://irbis.amursu.ru/ DigitalLibrary/ AmurSU_Edition/7152.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7152.pdf)
7. Соловьев, В. В. Изоляция электроустановок [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. В. Соловьев ; АмГУ, Эн.ф. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2014. - 101 с. [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/ AmurSU_Edition/7134.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7134.pdf)

8. Техника высоких напряжений [Текст]: учеб.: Рек. УМО по напр. "Электроэнергетика" / под общ. ред. Г. С. Кучинского. - СПб. :Энергоатомиздат, 2003. - 607 с.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL https://ru.libreoffice.org/about-us/license/
2	Операционная система Linux	GNU-лицензия (GNU General Public License)
3	Google Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html на условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html .
4	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
5	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 новых ФГОСов.

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	http://www.edu.ru/index.php http://window.edu.ru https://scholar.google.ru/ https://elibrary.ru/ http://www.cito.ru/gdenet/ https://www.runnet.ru	Российское образование. Федеральный портал Единое окно доступа к образовательным ресурсам GoogleScholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно- аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования Глобальная сеть дистанционного образования 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. Полнотекстовый архив ведущих западных научных журналов на российской платформе Национального электронно- информационного консорциума (НЭИКОН)

	<p>http://neicon.ru</p> <p>http://webofscience.com</p> <p>https://www.scopus.com</p> <p>http://www.mathnet.ru/</p> <p>http://drsk.ru</p> <p>http://www.rushydro.ru/company/</p> <p>https://www.gost.ru/portal/gost/</p> <p>http://www.fsk-ees.ru/about/standards_organization/</p> <p>http://economy.gov.ru</p> <p>nenergo.gov.ru/node/234</p> <p>http</p>	<p>Политематическая реферативно- библиографическая и наукометрическая (библиометрическая) база данных «WebofScienceCoreCollection»</p> <p>Международная реферативная база данных научных изданий Scopus</p> <p>Общероссийский математический портал Math-Net.Ru</p> <p>Официальный сайт Акционерное общество "Дальневосточная распределительная сетевая компания"</p> <p>Официальный сайт ПАО «РусГидро»</p> <p>Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)</p> <p>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.</p> <p>Министерство экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России) — федеральное министерство, осуществляющее выработку и реализацию экономической политики Правительства России по ряду направлений.</p> <p>Министерство энергетики Российской Федерации (Минэнерго России)</p>
2	<p>http://www.drsk.ru/</p>	<p>Акционерное общество «Дальневосточная распределительная сетевая компания» (АО «ДРСК») осуществляет деятельность по передаче и транспортировке электрической энергии по распределительным сетям на территории Амурской области, Хабаровского края, Еврейской автономной области, Приморского края, Южного района республики САХА (Якутия)</p>
3	<p>http://www.burges.rushydro.ru</p>	<p>Филиал Публичного акционерного общества «Федеральная гидрогенерирующая компания» <input type="checkbox"/></p>

	/	<p>«Бурейская ГЭС» (сокращенное наименование <input type="checkbox"/> Филиал ПАО «Рус-Гидро» <input type="checkbox"/> «Бурейская ГЭС») создан на основании решения Совета директоров ОАО «ГидроОГК» от 27.08.2007 (протокол №38)</p> <p>Основные функции в Дальневосточной энергосистеме: выдача мощности и выработка электроэнергии; принятие не- равномерной нагрузки; участие в регулировании основных параметров энергосистемы; обеспечение аварийного резерва, как кратковременного по мощности, так и длительно-го <input type="checkbox"/> по энергии; резкое повышение надежности функционирования всей энергосистемы региона</p>
4	http://www.zges.rushydro.ru/	<p>Филиал Публичного акционерного общества «Федеральная гидрогенерирующая компания» <input type="checkbox"/> «Зейская ГЭС» (сокращенное наименование <input type="checkbox"/> Филиал ПАО «РусГидро» <input type="checkbox"/> «Зейская ГЭС») создан на основании решения Совета директоров ОАО «ГидроОГК» от 27.08.2007 (протокол №38).</p> <p>В Дальневосточной энергосистеме Зейская ГЭС осуществляет следующие функции: выдача мощности и выработка электроэнергии; регулирование частоты; прием суточных и недельных неравномерностей нагрузки по энергосистеме; кратковременный по мощности и длительный по энергии аварийный резерв</p>
5	http://www.soups.ru/index.php?id=rdu_amur	<p>Филиал АО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Амурской области» (Амурское РДУ) осуществляет функции оперативно- диспетчерского управления объектами электроэнергетики на территории Амурской области, а также Алданского и Нерюнгринского районов (улусов) Республики Саха (Якутия) и входит в зону операционной деятельности Филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Востока</p>
6	http://www.dvec.ru/amur-blag/	<p>Публичное акционерное общество «Дальневосточная энергетическая компания» (ПАО «ДЭК») образовано путем слияния региональных энергосистем Дальнего Востока и осуществляет деятельность на территории Приморья, Хабаровского края, Амурской области, ЕАО.</p> <p>Филиал «Амурэнергосбыт» поставляет электроэнергию потребителям на территории Амурской области</p>
7	http://www.fsk-ees.ru/	<p>Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ПАО «ФСК ЕЭС») 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.</p> <p>Амурское ПМЭС (Амурское предприятие магистральных электрических сетей) <input type="checkbox"/> предприятие, входящее в состав филиала ПАО «ФСК ЕЭС» <input type="checkbox"/> МЭС Востока и осуществляющее эксплуатацию линий</p>

		электропередачи (ЛЭП) и подстанций (ПС) напряжением 220 кВ и сверхвысокого напряжения (500 кВ) в Амурской области и на юге Республики Саха (Якутия)
--	--	---

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Техника высоких напряжений» проводятся в специализированных помещениях, представляющих собой аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, лабораторных работ с лабораторным оборудованием, 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 санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно- библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду университета.

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

В качестве материально- технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций

Лабораторные работы проводятся в специализированной высоковольтной лаборатории – зал высоких напряжений, в составе которой:

Измеритель параметров изоляции комплект «Вектор-2,0м»;

Комплектный трансформаторный пункт.

Физическая модель гирлянды изоляторов.

Высоковольтные конденсаторы.

КРУ – 10 кВ.

Физическая модель РУ-10 кВ.

Лабораторно-демонстрационные стенды по релейной защите.

Микропроцессорное реле фирмы «Механотроника».

Микропроцессорный терминал «Защита отходящей линии» производства НПЦ «Механотроника».

Трансформаторы тока: ТВК-10УКЛЗ, ТЛМ-10, УТТ 5М, Т-0,66УЗ, STE-10, ТК-2,0-0,66KV, ТПЛ-10УЗ.

На практических занятиях и в самостоятельной работе магистрантов используется переносной компьютерный класс, оборудованный ноутбуками с программным обеспечением, указанным выше.