




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО


Руководитель образовательной
программы


Дорогов Е.Ю.

(подпись) (И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Директор Департамента
энергетических систем


Штым К.А.

(подпись) (И.О. Фамилия)

«22»декабря_2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Техника высоких напряжений

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Инжиниринг электроэнергетических систем

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018 г. №144.

Директор департамента

К.А. Штым

Составители: к.т.н., ст. преподаватель

Н.И. Игнатьев

Владивосток
2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем и утверждена на заседании Департамента энергетических систем, протокол от «22» декабря 2022 г. № 4

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «___» _____ 20__ г. № _____

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «___» _____ 20__ г. № _____

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «___» _____ 20__ г. № _____

5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента/кафедры/отделения (реализующего дисциплину) и утверждена на заседании Департамента/кафедры/отделения (выпускающего структурного подразделения), протокол от «___» _____ 20__ г. № _____

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели:

- формирование у бакалавров устойчивой системы знаний о фундаментальных закономерностях зажигания и развития электрических разрядов в диэлектрических средах;

получение знаний

- о механизмах пробоя диэлектриков при воздействии сильных электрических полей;

- о видах изоляции высоковольтного оборудования и методах контроля ее состояния;

- о способах получения и измерения высоких напряжений;

- о природе возникновения перенапряжений и способов защиты от них.

Задачи:

- подготовить выпускников к проектно-конструкторской деятельности, способного к расчету, анализу и проектированию электроэнергетических элементов, объектов и систем с использованием современных средств автоматизации проектных разработок;

- подготовить выпускников к научно-исследовательской деятельности, в том числе в междисциплинарных областях, связанной с математическим моделированием процессов в электроэнергетических системах и объектах, проведением экспериментальных исследований и анализом их результатов;

- подготовить выпускников к самостоятельному обучению и освоению новых знаний и умений для реализации своей профессиональной карьеры.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования профессиональных компетенций. Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Профессиональные компетенции выпускников

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Технологический	<p>ПК-7. Способен к обоснованию необходимых действий по обеспечению требуемого уровня технического состояния теплотехнического, электротехнического и электросетевого оборудования и проведению профилактических мероприятий для предотвращения нарушений, аварий в работе теплового, электросилового и электросетевого оборудования</p>	<p>ПК-7.1. Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разъяснять значение профессиональных норм и правил для обеспечения надежной работы оборудования и требований охраны труда; - объективно оценивать и стимулировать работу оперативного персонала смены электростанции, электроподстанции; - работать с программным обеспечением АСУП, современными средствами связи. <p>ПК-7.2. Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - требования промышленной безопасности, пожарной и взрывобезопасности, охраны труда Трудовое законодательство Российской Федерации; - принципы организации работы с персоналом в электроэнергетике; - основы экономики и организации производства, труда и управления в энергетике; - передовой отечественный и зарубежный опыт в области оперативного управления на инженерных энергетических системах и электротехническом оборудовании. <p>ПК-7.3. Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инструкциями по гражданской обороне, порядком ликвидации аварийных ситуаций, положениями и инструкциями по расследованию и учету аварий и других технологических нарушений в работе инженерных энергетических систем и электротехнического оборудования, правилами расследования несчастных случаев на производстве, правилами внутреннего трудового распорядка, положениями об оплате труда и формы материального стимулирования.

Таблица 2 – Индикаторы достижения профессиональных компетенций выпускников

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
<p>ПК-7.1. Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разъяснять значение профессиональных норм и правил для обеспечения надежной работы оборудования и требований охраны труда; - объективно оценивать и стимулировать работу оперативного персонала смены электростанции, электроподстанции; - работать с программным обеспечением АСУП, современными средствами связи. 	<p>Знает значение профессиональных норм и правил для обеспечения надежной работы оборудования и требований охраны труда; работу оперативного персонала смены электростанции, электроподстанции</p>
	<p>Умеет разъяснять значение профессиональных норм и правил для обеспечения надежной работы оборудования и требований охраны труда; объективно оценивать и стимулировать работу оперативного персонала смены электростанции, электроподстанции; работать с программным обеспечением АСУП, современными средствами связи</p>
	<p>Владеет навыками обеспечения надежной работы оборудования и требований охраны труда; оценки и стимулирования работы оперативного персонала смены электростанции, электроподстанции</p>
<p>ПК-7.2. Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - требования промышленной безопасности, пожарной и взрывобезопасности, охраны труда Трудовое законодательство Российской Федерации; - принципы организации работы с персоналом в электроэнергетике; - основы экономики и организации производства, труда и управления в энергетике; - передовой отечественный и зарубежный опыт в области оперативного управления на инженерных энергетических системах и электротехническом оборудовании. 	<p>Знает требования промышленной безопасности, пожарной и взрывобезопасности, охраны труда Трудовое законодательство Российской Федерации; принципы организации работы с персоналом в электроэнергетике; основы экономики и организации производства, труда и управления в энергетике; передовой отечественный и зарубежный опыт в области оперативного управления на инженерных энергетических системах и электротехническом оборудовании.</p>
	<p>Умеет грамотно организовывать работу персонала в электроэнергетике с соблюдением требований промышленной безопасности, пожарной и взрывобезопасности, охраны труда Трудового законодательства Российской Федерации</p>
	<p>Владеет навыками организации работы персонала в электроэнергетике с соблюдением требований промышленной безопасности, пожарной и взрывобезопасности, охраны труда Трудового законодательства Российской Федерации</p>
<p>ПК-7.3. Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инструкциями по гражданской обороне, порядком ликвидации аварийных ситуаций, положениями и инструкциями по расследованию и учету аварий и других технологических нарушений в работе инженерных энергетических систем и электротехнического 	<p>Знает положения инструкций по гражданской обороне, порядке ликвидации аварийных ситуаций, по расследованию и учету аварий и других технологических нарушений в работе инженерных энергетических систем и электротехнического оборудования</p>
	<p>Умеет использовать положения инструкций по гражданской обороне, порядке ликвидации аварийных ситуаций, по расследованию и учету аварий и других технологических нарушений в работе инженерных энергетических систем и</p>

оборудования, правилами расследования несчастных случаев на производстве, правилами внутреннего трудового распорядка, положениями об оплате труда и формы материального стимулирования.	электротехнического оборудования
	Владеет инструкциями по гражданской обороне, порядком ликвидации аварийных ситуаций, положениями и инструкциями по расследованию и учету аварий и других технологических нарушений в работе инженерных энергетических систем и электротехнического оборудования, правилами расследования несчастных случаев на производстве, правилами внутреннего трудового распорядка, положениями об оплате труда и формы материального стимулирования.

II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов). Форма обучения – очная.

Структура дисциплины, виды учебных занятий и работы обучающегося представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Виды учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации
ОК	Онлайн-курс

Таблица 4 – Структура дисциплины

№	Наименование дисциплины	С е м е с т р	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Конт роль	
1	Техника высоких напряжений	7	18	18	18	-	27	27	экзамен
Итого:		7	18	18	18	-	27	27	экзамен

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (18 часов)

Тема 1. Общие сведения о разрядах в газах (2/2 часа).

Конфигурация электрических полей. Ионизационные процессы в газе. Виды объёмной и поверхностной ионизации. Лавина электронов. Условие самостоятельности разряда. Образование стримера. Закон Пашена.

Тема 2. Особенности разрядов в неоднородных полях (2/ часа).

Разряд в неоднородных полях. Эффект полярности. Образование анодного и катодного стримера. Барьерный эффект. Вольт-секундная характеристика изоляции. Влияние времени приложения напряжения на электрическую прочность газовой изоляции.

Тема 3. Коронный разряд и разряды вдоль поверхности твёрдых диэлектриков (2/ часа).

Коронный разряд. Чехол короны. Потери энергии при коронировании. Влияние погодных условий. Разряд в воздухе вдоль поверхности изоляторов. Разряд вдоль проводящей и загрязнённой поверхности изолятора. Ток утечки. Частичные перемежающиеся дуги.

Тема 4. Пробой жидких диэлектриков (4/ часа).

Классификация жидких диэлектриков. Важнейшие посторонние примеси и факторы, изменяющие напряжение пробоя жидких диэлектриков.

Влияние влаги и микропримесей. Влияние давления. Влияние температуры. Влияние времени воздействия напряжения. Влияние геометрии электродов, расстояния между ними, материала и полярности на пробивное напряжение. Барьерный эффект.

Тема 5. Пробой твёрдой изоляции (2/0 часа).

Факторы, влияющие на электрическую прочность твёрдой изоляции. Виды пробоя твёрдого диэлектрика. Вольт-временная характеристика твёрдой изоляции. Зависимость пробивного напряжения от температуры. Частичные разряды. Схема замещения твёрдого диэлектрика. Разрушающее действие частичных разрядов на диэлектрики.

Тема 6. Высоковольтная изоляция. С использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (4/0 часа).

Причины старения высоковольтной изоляции. Трекинг. Виды и конструкция линейных изоляторов. Виды и конструкция станционно-аппаратных изоляторов. Высоковольтные вводы. Изоляция высоковольтных конденсаторов. Изоляция трансформаторов. Изоляция кабелей. Изоляция электрических машин.

Тема 7. Контроль состояния изоляции. С использованием метода активного обучения «лекция-беседа» (2/0 часа).

Профилактика изоляции. Цели и задачи профилактики. Измерение сопротивления изоляции. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь. Методы регистрации частичных разрядов. Контроль влажности изоляции. Испытания повышенным напряжением.

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА, ЛАБОРАТОРНОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТ

Практические занятия проводятся с целью закрепления знаний, полученных при изучении теоретического курса.

Практические занятия (18 час.)

Занятие 1. Характеристики электрического поля. С использованием метода активного обучения «групповая консультация» (2 часа).

Расчёт средней напряжённости электрического поля на заданном участке. Расчёт диэлектрической проницаемости диэлектрика. Расчёт электрического смещения в изолирующей среде. Расчёт ёмкости конденсатора. Расчёт величины заряда, накопленной на электродах конденсатора. Построение графика изменения напряжённости электрического поля на участках слоистой изоляции плоского конденсатора.

Занятие 2. Определение ёмкости конденсаторов емкостного делителя (2/0 часа).

Расчёт эквивалентной ёмкости вольтметра и конденсатора. Расчёт эквивалентной ёмкости двух конденсаторов, соединённых последовательно. Расчёт эквивалентной ёмкости всей схемы.

Занятие 3. Выбор размеров проходного цилиндрического изолятора при минимальной толщине слоя изоляции. С использованием метода активного обучения «мозговой штурм» (2 часа).

Расчёт допустимой максимальной напряжённости электрического поля. Расчёт радиуса токоведущего стержня. Расчёт радиуса фланца. Расчёт изоляции на минимум её толщины.

Занятие 4. Расчёт пробивного напряжения проходного цилиндрического изолятора (2/0 часа).

Расчёт ёмкости, приходящейся на единицу длины слоя многослойной конструкции. Расчёт максимальной напряжённости электрического поля в отдельных слоях изоляции. Расчёт запаса прочности. Расчёт напряжения пробоя.

Занятие 5. Наведённый потенциал на проводе (2/0 часа).

Расчёт потенциального коэффициента. Расчёт дополнительного потенциала в точке. Расчёт общего потенциала в точке. Решение системы уравнений для потенциалов.

Занятие 6. Расчёт предельных размеров диаметров сфер шаровых разрядников. С использованием метода активного обучения «мозговой штурм» (2/0 часа).

Расчёт необходимого расстояния между шарами. Расчёт минимального диаметра шаров. Расчёт максимального диаметра шаров.

Занятие 7. Пробивные напряжения между изолированными стержнями (2/0 часа).

Расчёт величины относительной плотности воздуха. Расчёт пробивного напряжения между электродами при заданном расстоянии. Учёт содержания влаги в воздухе.

Занятие 8. Потери мощности на корону (2/0 часа).

Расчёт эквивалентного радиуса провода. Расчёт рабочей напряжённости вблизи провода. Расчёт критического фазного напряжения. Расчёт удельных потерь мощности. Расчёт потерь мощности на линию электропередачи заданной длины.

Занятие 9. Разряды на поверхности твёрдых диэлектриков (2/0 часа).

Расчёт напряжения возникновения скользящих разрядов по поверхности проходного изолятора. Расчёт напряжения пробоя и перекрытия по поверхности твёрдого цилиндрического диска.

Лабораторные работы (18/ час.)

Лабораторная работа № 1 (4/ часа). Разряд в слабонеоднородном поле.

Лабораторная работа № 2 (4/ часа). Разряд в воздухе в промежутке с неоднородным электрическим полем при постоянном напряжении.

Лабораторная работа № 3 (4/ часа). Влияние барьеров на электрическую прочность воздушных промежутков на постоянном напряжении.

Лабораторная работа № 4 (4/0 часа). С использованием метода активного обучения «мозговой штурм». Распределение напряжения по гирлянде подвесных изоляторов.

Лабораторная работа № 5 (4/0 часа). С использованием метода активного обучения «мозговой штурм» Электрические разряды по поверхности твердого диэлектрика.

Лабораторная работа № 6 (4/0 часа). Градуировка шкалы вольтметра трансформатора.

Лабораторная работа № 7 (4/0 часа). С использованием метода активного обучения «групповая консультация». Высоковольтная изоляция электрооборудования.

Лабораторная работа № 8 (4/0 часа). Испытание защитных средств.

Лабораторная работа № 9 (4/0 часа). Защита изоляции электрооборудования от прямых ударов молнии.

Самостоятельная работа (27 часа)

Техника высоких напряжений (9 часов)

1. Подготовка к блиц-опросу на лекции.
2. Подготовка к тестированию.
3. Подготовка к лабораторной работе.
4. Подготовка к контрольной работе

Подготовка к экзамену (18 часов)

1. Повторение пройденного в рамках дисциплины материала.
2. Подготовка к промежуточной аттестации в соответствии с вопросами к экзамену.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Техника высоких напряжений» включает в себя:

- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа студента над лекцией

Прослушанный материал лекции студент должен проработать. От того, насколько эффективно он это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать. Опыт показывает, что только

многообразная, планомерная и целенаправленная обработка лекционного материала обеспечивает его надежное закрепление в долговременной памяти человека. Предсессионный штурм непродуктивен, материал запоминается ненадолго. Необходим систематический труд в течение всего семестра. Повторение нужно разнообразить. При первом повторении изучаются все параграфы и абзацы, при втором, возможно, будет достаточно рассмотреть только отдельные параграфы, а в дальнейшем лишь тему лекции.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Общие требования рейтинговой оценки знаний доводятся до студентов на вводном занятии. При разъяснении расчета рейтинга до студентов доводится учебный план и календарный график дисциплины, распределение баллов по разделам дисциплины, система поощрительных (премиальных) и штрафных баллов.

1. За лабораторную работу 2,5 балла студент получает при условии сдачи отчета.

2. Текущий контроль оценивается по однобалльной системе. В опрос включены 10 вопросов: 7-10 правильных ответов – 1 балл; 6 и менее правильных ответов – 0 баллов. На первой неделе – входной контроль знаний. Оценивается по двухбалльной системе (десять вопросов, оценка каждого правильного ответа – 0,2 балла). В тестирование включены 5 вопросов: 3-5 правильных ответов – 1 балл; 2 и менее правильных ответов – 0 баллов. Контрольная работа оценивается по правильности ответа: ответ верен в пределах допустимой погрешности – 1 балл; ответ неверен – 0 баллов.

3. Активность на практических занятиях оценивается от 0 до 0,5 балла. Штраф – минус 1 балл за пропуск практического занятия.

VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Таблица 5 – Контроль достижения целей курса

№ п/п	Контролируемые темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1. Общие сведения о разрядах в газах	ПК-7	знает конфигурации электрических полей, классификацию ионизационных процессов в газе, механизм образования лавины электронов и стримера, уравнение самостоятельности электрического разряда в газе, закон Пашена	УО-1 устный опрос	Экзамен, вопросы 1-6
2	Тема 2. Особенности разрядов в неоднородных полях	ПК-7	знает особенности разряда в резконеоднородных полях, эффект полярности, барьерный эффект, влияние времени приложения напряжения на электрическую прочность газовой изоляции, вольт-секундную характеристику изоляции	УО-1 устный опрос	Экзамен, вопросы 7-11
3	Тема 3. Коронный разряд и разряды вдоль поверхности твёрдых диэлектриков	ПК-7	знает механизм появления и развития коронного разряда, механизм формирования разряда в воздухе вдоль сухой и загрязнённой поверхностей изолятора	УО-1 устный опрос	Экзамен, вопросы 12-15
4	Тема 4. Пробой жидких диэлектриков	ПК-7	знает важнейшие посторонние примеси и факторы и механизм их влияния на напряжение пробоя жидких диэлектриков	УО-1 устный опрос	Экзамен, вопросы 16-21

5	Тема 5. Пробой твёрдой изоляции	ПК-7	знает факторы, влияющие на электрическую прочность твёрдой изоляции, виды её пробоя, вольт-временную характеристику, зависимость пробивного напряжения от температуры, механизм образования частичных разрядов	УО-1 устный опрос	Экзамен, вопросы 22-27
6	Тема 6. Высоковольтная изоляция	ПК-7	знает причины старения высоковольтной изоляции, типы линейных и станционно-аппаратных изоляторов, устройство изоляции высоковольтных конденсаторов, трансформаторов, кабелей, электрических машин	УО-1 устный опрос	Экзамен, вопросы 28-35
7	Тема 7. Контроль состояния изоляции	ПК-7	знает цели и задачи профилактики изоляции, методы измерения сопротивления изоляции, измерения угла диэлектрических потерь, обнаружения частичных разрядов, контроля влажности изоляции, испытания изоляции повышенным напряжением	УО-1 устный опрос	Экзамен, вопросы 36-41
8	Занятие 1. Характеристики электрического поля	ПК-7	умеет рассчитывать характеристики электрического поля, владеет навыками выбора диэлектрика	ПР-1 тест	Экзамен, вопросы 1, 2
9	Занятие 2. Определение ёмкости конденсаторов емкостного	ПК-7	умеет рассчитывать ёмкость вольтметра и конденсаторов, владеет навыками	ПР-1 тест	Экзамен, вопрос 41

	делителя		выбора вольтметров		
10	Занятие 3. Выбор размеров проходного цилиндрического изолятора при минимальной толщине слоя изоляции	ПК-7	умеет рассчитывать допустимую напряжённость электрического поля, владеет навыками расчёта оптимальных размеров проходного изолятора	ПР-1 тест	Экзамен, вопрос 30
11	Занятие 4. Расчёт пробивного напряжения проходного цилиндрического изолятора	ПК-7	умеет рассчитывать ёмкость многослойной конструкции и напряжения её пробоя, владеет навыками выбора проходного изолятора	ПР-1 тест	Экзамен, вопрос 31
12	Занятие 5. Наведённый потенциал на проводе	ПК-7	умеет рассчитывать потенциалы на проводе, владеет навыками решения системы уравнений для потенциалов	ПР-1 тест	Экзамен, вопрос 10
13	Занятие 6. Расчёт предельных размеров диаметров сфер шаровых разрядников	ПК-7	умеет рассчитывать предельные размеры шаровых разрядников, владеет навыками выбора шаровых разрядников	ПР-1 тест	Экзамен, вопрос 41
14	Занятие 7. Пробивные напряжения между изолированными стержнями	ПК-7	умеет рассчитывать пробивные напряжения между изолированными стержнями, владеет навыками подбора расстояний между токоведущими частями	ПР-1 тест	Экзамен, вопрос 7
15	Занятие 8. Потери мощности на корону	ПК-7	умеет рассчитывать потери мощности на корону, владеет навыками снижения потерь на коронирование	ПР-1 тест	Экзамен, вопрос 13
16	Занятие 9. Разряды на поверхности	ПК-7	умеет рассчитывать напряжения скользящих разрядов, пробоя и	ПР-2 контрольная работа	Экзамен, вопрос 14

	твёрдых диэлектриков		перекрытия по поверхности изоляции, владеет навыками выбора изоляции исходя из условий развития разрядов		
17	Лабораторная работа №1. Разряд в слабонеоднородном поле	ПК-7	умеет обрабатывать результаты по пробою в слабонеоднородном поле, владеет навыками эксплуатации высоковольтного оборудования в условиях слабонеоднородного поля	ПР-6 лабораторная работа	Экзамен, вопрос 5
18	Лабораторная работа №2. Разряд в воздухе в промежутке с неоднородным электрическим полем при постоянном напряжении	ПК-7	умеет обрабатывать результаты по пробою в неоднородном поле воздушного промежутка, владеет навыками эксплуатации высоковольтного оборудования в условиях неоднородного поля в воздушном промежутке	ПР-6 лабораторная работа	Экзамен, вопросы 7, 8
19	Лабораторная работа №3. Влияние барьеров на электрическую прочность воздушных промежутков на постоянном напряжении	ПК-7	умеет обрабатывать результаты по учёту влияния барьеров на электрическую прочность воздушных промежутков, владеет навыками эксплуатации высоковольтного оборудования при наличии барьеров	ПР-6 лабораторная работа	Экзамен, вопрос 9
20	Лабораторная работа №4. Распределение напряжения по гирлянде подвесных изоляторов	ПК-7	умеет обрабатывать результаты по измерению распределения напряжения по гирлянде подвесных изоляторов, владеет навыками измерения	ПР-6 лабораторная работа	Экзамен, вопрос 29

			распределения напряжения по гирлянде подвесных изоляторов		
21	Лабораторная работа №5. Электрические разряды по поверхности твердого диэлектрика	ПК-7	умеет обрабатывать результаты по разрядам на поверхности твёрдого диэлектрика, владеет навыками эксплуатации высоковольтного оборудования при формировании разрядов на поверхности твёрдого диэлектрика	ПР-6 лабораторная работа	Экзамен, вопрос 14
22	Лабораторная работа №6. Градуировка шкалы вольтметра трансформатора	ПК-7	умеет рассчитывать поправочные коэффициенты для вольтметра, владеет навыками градуировки шкалы вольтметра трансформатора	ПР-6 лабораторная работа	Экзамен, вопрос 41
23	Лабораторная работа №7. Высоковольтная изоляция электрооборудования	ПК-7	умеет сравнивать основные характеристики высоковольтной изоляции электрооборудования, владеет навыками её применения	ПР-6 лабораторная работа	Экзамен, вопрос 33
24	Лабораторная работа №8. Испытание защитных средств	ПК-7	умеет обрабатывать результаты по испытанию защитных средств, владеет навыками испытания защитных средств	ПР-6 лабораторная работа	Экзамен, вопрос 36
25	Лабораторная работа №9. Защита изоляции электрооборудования от прямых ударов молнии	ПК-7	умеет рассчитывать зоны защиты от прямых ударов молнии, владеет навыками защиты изоляции электрооборудования	ПР-6 лабораторная работа	Экзамен, вопрос 11

VII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Расчёт токов короткого замыкания [Электронный ресурс] : рекомендации по выполнению курсовой работы : учебно-методическое пособие/ Игнатъев Н.И., Михайленко О.С.; Владивосток: Изд-во Дальневосточный федеральный университет, 2018. – 31 с. – Режим доступа: <http://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000876494>

2. Лавров, Ю. А. Техника высоких напряжений : учебное пособие / Ю. А. Лавров, Н. Ф. Петрова. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 204 с. - Текст : электронный. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1868894>

3. Важов, В. Ф. Техника высоких напряжений : учебник / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович. – Москва : ИНФРА-М, 2020. – 262 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Текст : электронный. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1086750>

Дополнительная литература

1. Техника высоких напряжений : учебное пособие / Н. А. Тиняков, К. Ф. Степанчук, Минск: Высшэйшая школа, 1971. – 327 с. – Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:381763&theme=FEFU>

2. Техника высоких напряжений : учебник для вузов / [Л. Ф. Дмоховская, В. П. Ларионов, Ю. С. Пинталь и др.] ; под общ. ред. Д. В. Разевига, Москва: Энергия, 1976. – 488 с. – Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:380637&theme=FEFU>

3. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах : учебник для вузов / В. В. Базуткин, В. П. Ларионов,

Ю. С. Пинталь ; под общ. ред. В. П. Ларионова. Москва: Энергоатомиздат, 1986. – 463 с. – Режим доступа:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:411143&theme=FEFU>

4. Электроснабжение промышленных предприятий и установок : учебник / Б. Ю. Липкин. Москва: Высшая школа, 1990. – 366 с. – Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:392600&theme=FEFU>

5. Координация изоляции электрооборудования : учебное пособие / В. Н. Лифанов ; Дальневосточный государственный технический университет. Владивосток: Изд-во Дальневосточный государственный технический университет, 2003. – 120 с. – Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:398801&theme=FEFU>

6. Электротехнический справочник . в 3 т. : т. 1 . Общие вопросы. Электротехнические материалы / под общ. ред. : В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинского, Л. А. Жукова [и др.]. Москва: Энергия, 1980. – 519 с. – Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:412846&theme=FEFU>

7. Техника высоких напряжений / Чайкина Л.П., Изд-во: УМЖ ЖДТ, 2005. – 229 с. – Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=35836

8. Техника высоких напряжений / Бочаров Ю.Н., Дудкин С.М., Титков В.В., Изд-во: СПбГПУ, 2013. – 265 с. – Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50601

9. Техника высоких напряжений / Ройзен О.Г., Изд-во: УМЦ ЖДТ, 2005. – 39 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59964

10. Важнов В.Ф., Лавринович В.А., Лопаткин С.А. Техника высоких напряжений: курс лекций для бакалавров направления "Электроэнергетика". - Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - 119 с. – Режим доступа:

<http://window.edu.ru/resource/234/75234>

11. Бутенко В.А. Техника высоких напряжений: учебное пособие / В.А. Бутенко, В.Ф. Важнов, Ю.И. Кузнецов, Г.Е. Куртенков, В.А. Лавринович, А.В.

Мытников, М.Т. Пичугина, Е.В. Старцева. - Томск: Изд-во ТПУ, 2008. - 119 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/945/73945>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека : [сайт]. – Москва, 2005. – URL: <https://www.elibrary.ru>. – Текст. Изображение : электронные.
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ : [сайт]. – Москва, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Текст: электронный.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение:

1. Научная электронная библиотека.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань».
3. Электронная библиотека «Консультант студента».
4. Электронно-библиотечная система.
5. Информационная система «ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам».
6. Доступ к электронному заказу книг в библиотеке ДВФУ, доступ к нормативным документам ДВФУ, расписанию, рассылке писем.
7. Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint и т.д.)
8. Microsoft Visual Studio.
9. Microsoft Office Visio.
10. Microsoft Office Word.
11. Графический редактор.

12. Программное обеспечение электронного ресурса сайта ДВФО, включая ЭБС ДВФУ.

Лекции проводятся с использованием проектора и мультимедийного комплекса для проведения лекций внутренней системы портала ДВФУ.

Лабораторные занятия проводятся в специализированном компьютерном классе.

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Основные виды внеаудиторной самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Техника высоких напряжений»:

1. Самостоятельная работа с лекционным материалом.
2. Самостоятельное изучение разделов, тем и отдельных вопросов программы дисциплины с использованием рекомендованной литературы и интернет-ресурсов.
3. Подготовка к устному опросу.
4. Подготовка к тестированию
5. Подготовка к лабораторным работам.
6. Подготовка к контрольной работе.
7. Подготовка к экзамену.

Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3–5 часов ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут.

При изучении дисциплины «Техника высоких напряжений» студентам рекомендуется составлять подробный конспект лекций, т.к. специфика данного курса состоит в изучении отдельных разделов физики, определяющих основы работы элементной базы технических устройств электроэнергетики и электротехники и имеющих отношение к дисциплинам, изучаемым на старших курсах.

Подготовка к самостоятельной работе над лекционным материалом должна начинаться на самой лекции. Для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать.

Несколько общих советов по конспектированию лекций и дальнейшей работе с записями.

1. Конспект лекций по каждой дисциплине должен быть в отдельной тетради.

2. Конспект должен легко восприниматься зрительно. Выделяйте заголовки, отделите один вопрос от другого, соблюдайте абзацы, подчеркните термины.

3. При прослушивании лекции обращайте внимание на интонацию лектора и вводные слова «таким образом», «итак», «необходимо отметить» и т.п., которыми он акцентирует наиболее важные моменты.

4. Не пытайтесь записывать каждое слово лектора. Постарайтесь вначале понять ее, а затем записать, используя сокращения.

5. Используйте общепринятую аббревиатуру. Придумайте собственную систему сокращений, аббревиатур и символов, удобную только вам.

6. Конспектируя лекцию, надо оставлять поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Методические рекомендации по работе с лекционным материалом

1. Внимательно прочитайте конспект лекции.
2. Дополните конспект материалом из учебных пособий, учебников, типовой лекции (типовые лекции представлены в локальной сети).
3. Выделите основные физические понятия, рассмотренные на лекции.
4. Основные определения выучите наизусть.
5. Проанализируйте вывод основных формул, самостоятельно повторите выводы.
6. Отметьте неясные и трудные для себя вопросы и попытайтесь разобраться в них с помощью учебных пособий.
7. Обязательно обратитесь за консультацией к преподавателю, чтобы получить ответы на непонятые вопросы.

Практические занятия проводятся для того, чтобы студент получил навыки расчёта основных параметров электрического поля и выбора оптимальных характеристик элементов высоковольтных конструкций и установок. На первом занятии целесообразно устроить входной контроль, на последнем – комплексную проверку качества знаний студентов.

При изложении кратких теоретических сведений рекомендуется систематизировать и обобщить материал, выделив при этом главные моменты. В процессе изложения материала целесообразно вовлекать студентов в его анализ, активизировать процесс мышления студентов за счет средств интенсивного обучения.

Устный опрос студентов или небольшое тестирование по теме практического занятия позволят лучше усвоить ход решения задач, понять их сущность.

При решении задач можно использовать разные формы. Например, преподаватель, решая задачу на доске, поясняет ее и привлекает к работе всю

группу путем вопросов, постоянно подводя студентов к правильному решению.

Другая форма решения задач - самостоятельная работа студентов под контролем преподавателя с пояснением наиболее трудных моментов. Возможно решение задачи на доске студентом, но в этом случае преподаватель руководит процессом решения и вовлекает в работу всю группу.

Как правило, защита индивидуальных домашних заданий должна проводиться во внеаудиторное время, а на практическом занятии следует показать типовые ошибки, проанализировать результаты выполнения и защиты индивидуальных заданий, отметить лучшие и худшие из них, предложить студентам в виде деловой игры принять решение по устранению замечаний.

В конце практического занятия преподаватель называет тему следующего, указывает разделы теоретического материала, которые студент должен освоить для наиболее эффективного решения задач, выдает домашнее задание.

Лабораторные работы выполняются по индивидуальному графику бригадами, состоящими из 2-3 студентов. График выполнения лабораторных работ формируется преподавателем в начале каждого семестра и представляется студентам на первом аудиторном занятии лабораторного практикума. Методические рекомендации к лабораторным работам содержатся в отдельном пособии «Методические указания к выполнению лабораторных работ».

Подготовка к лабораторной работе осуществляется студентом до аудиторных занятий в часы, отведенные на самостоятельную работу.

При подготовке к лабораторной работе полностью руководствуйтесь методическими указаниями к выполнению лабораторных работ. Описание каждой лабораторной работы содержит: цель работы, оборудование, краткое изложение теоретического материала по теме лабораторной работы,

описание лабораторного стенда, порядок выполнения работы, указания по обработке полученных результатов измерения, контрольные вопросы.

Студент обязан приходить на занятие подготовленным. Наличие заготовки к лабораторной работе является обязательным условием допуска студента к выполнению лабораторной работы. Студенты, не готовые к занятиям, к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Перед выполнением работы преподаватель проверяет степень подготовленности каждого студента. Критерием допуска к работе является: понимание студентом цели работы, знание метода и порядка выполнения экспериментов, а также представление об ожидаемых результатах.

Окончательное оформление работы, обработка результатов эксперимента и подготовка к отчету по контрольным вопросам проводится студентом в часы самоподготовки.

Оформление отчета и подготовка к защите лабораторной работы осуществляется студентом в часы, отведенные на самостоятельную работу. К следующему (после выполнения очередной лабораторной работы) занятию каждый студент должен предоставить отчет о выполненной лабораторной работе.

После оформления отчета студент готовится к защите лабораторной работы, изучая теоретические основы данной темы, ориентируясь на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях.

Для получения зачета по лабораторной работе студент представляет преподавателю оформленный отчет со всеми необходимыми расчетами и защищает его в ходе последующего собеседования.

«Защита» выполненных лабораторных работ проводится преподавателем в устной (или в письменной) форме в виде ответов на вопросы по теме лабораторной работы. Для успешной «защиты» работы студент должен знать: теоретический материал по данной теме, методику эксперимента и обработки результатов, уметь проанализировать полученные

результаты и объяснить причины расхождения теоретических и опытных данных.

Отметка о зачете лабораторной работы (в случае успешной «защиты») делается преподавателем в лабораторном журнале.

Выполнение лабораторных работ и отчет по ним в полном объеме является обязательным условием допуска к экзамену по данной дисциплине.

Основная форма контроля знаний, предусмотренная рабочей программой дисциплины «Техника высоких напряжений», это экзамен.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и один качественный, вопросы подбираются из различных разделов и тем, изучаемых в семестре. Время подготовки к ответу на экзамене составляет 30-40 минут.

При ответе на вопросы билета студент должен продемонстрировать знание теоретического материала и умение применить его при анализе качественного вопроса, изложение материала должно быть четким, кратким и аргументированным. Ответ на экзамене оценивается в баллах.

На подготовку к экзамену выделяется, как правило, от 3 до 5 дней. В течение этого времени студент может только повторить и систематизировать изученный материал, но не выучить его.

Для успешной сдачи экзамена рекомендуется соблюдать несколько правил:

1. Подготовка к экзамену должна проводиться систематически, в течение всего семестра.

2. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена.

3. Каждый вопрос следует проработать по конспекту лекций, по учебнику или учебному пособию.

4. После повтора каждого вопроса нужно, закрыв конспект и учебники, самостоятельно вывести формулы, воспроизвести иллюстративный материал с последующей самопроверкой.

5. Все трудные и не полностью понятые вопросы следует выписывать на отдельный лист бумаги, с последующим уточнением ответов на них у преподавателя на консультации.

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства, интерактивная доска. Материал лекций представлен в виде презентаций в Power Point. Для проведения практических занятий и в самостоятельной работе студентов используются электрические схемы энергетических компаний Дальнего Востока, однолинейные электрические схемы электрических станций и подстанций, расположенных на Дальнем Востоке, систем электроснабжения промышленных предприятий и городов.

Лекционные и практические занятия по дисциплине «Техника высоких напряжений» проходят в аудиториях, оборудованных компьютерами типа Lenovo C360G-i34164G500UDK с лицензионными программами MicrosoftOffice 2010 и аудио-визуальными средствами: проектор Panasonic DLPProjectorPT-D2110XE, плазма LG FLATRON M4716CCBAM4716CJ. Для выполнения самостоятельной работы студенты в жилых корпусах ДВФУ обеспечены Wi-Fi.

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

- аппарат испытания масел АИМ-90;
- комплектный трансформаторный пункт;
- аппарат испытания изоляции АИИ-70;
- аппарат испытания диэлектриков АИД-70;
- высоковольтный вольтметр С-100;
- мегаомметр Мб-4;
- ограничитель напряжения ОПН-П-10;
- указатель высокого напряжения УВН-35;
- индивидуальный сигнализатор опасного напряжения ИСОН;
- мультиметр М890G.

X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств включает в себя:

- шкалу оценивания уровня сформированности компетенций с описанием индикаторов достижения освоения дисциплины согласно заявленным компетенциям (таблица 6);
- методические рекомендации, определяющие процедуру оценивания результатов освоения дисциплины;
- перечень типовых экзаменационных вопросов;
- критерии выставления оценки студенту на экзамене (таблица 7);
- примеры задач по контрольной работе;
- критерии оценки контрольных работ;
- инструкцию для студента;
- тесты для текущего контроля;
- критерии оценки промежуточного тестирования.

Таблица 6 – Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
ПК-7 - готовность определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса в области высоковольтной электроэнергетики по заданной методике	знает (пороговый уровень)	основные фундаментальные процессы возникновения и развития разрядов в газообразных, жидких и твёрдых диэлектриках	знание основных фундаментальных процессов возникновения и развития разрядов в газообразных, жидких и твёрдых диэлектриках	способность перечислить возможные конфигурации электрических полей, описать виды ионизации в газах, объяснить процессы появления лавины электронов, образования стримера, особенности разряда в неоднородных полях, эффект полярности,

				барьерный эффект, коронный разряд, разряд в воздухе вдоль поверхности изоляторов, влияние влаги, микропримесей, давления, температуры, времени воздействия напряжения, геометрии электродов, расстоянии между ними, материала и полярности на пробивное напряжение жидкого диэлектрика, факторы, влияющие на электрическую прочность твёрдого диэлектрика, частичные разряды
	умеет (продвинутый)	проводить расчёт основных параметров электрического поля, влияющих на возникновение пробоя высоковольтного оборудования	умение проводить расчёт основных параметров электрического поля, влияющих на возникновение пробоя высоковольтного оборудования	способность рассчитать характеристики электрического поля, ёмкости конденсаторов емкостного делителя, пробивное напряжение проходного изолятора, наведённый потенциал на проводе, потери мощности на корону, напряжения возникновения скользящих разрядов и напряжения

				перекрытия по поверхности твёрдого диэлектрика
	владеет (высокий)	навыками выбора оптимальных характеристик элементов высоковольтных конструкций и установок при соблюдении принципов их надёжного функционирования	владение навыками выбора оптимальных характеристик элементов высоковольтных конструкций и установок при соблюдении принципов их надёжного функционирования	способность выбрать размеры проходного цилиндрического изолятора при минимальной толщине слоя изоляции, размеры диаметров сфер шаровых разрядников, допустимые расстояния между элементами высоковольтного электроэнергетического оборудования
	знает (пороговый уровень)	устройство и причины старения высоковольтной изоляции электроэнергетического оборудования	знание устройства и причин старения высоковольтной изоляции электроэнергетического оборудования	способность объяснить причины старения высоковольтной изоляции, конструкцию линейных и станционно-аппаратных изоляторов, высоковольтных вводов, устройство изоляции высоковольтных конденсаторов, трансформаторов, кабелей, электрических машин, основные способы профилактики высоковольтной изоляции
	умеет (продвинутый)	обрабатывать результаты по пробою газообразных промежутков	умение обрабатывать результаты по пробою газообразных	способность обрабатывать результаты экспериментов по пробою

		различного типа	промежутков различного типа	газообразных промежутков в воздухе и по поверхности твёрдого диэлектрика в электрическом поле различной степени неоднородности при наличии и отсутствии барьеров
	владеет (высокий)	навыками эксплуатации высоковольтного оборудования и обеспечения его надёжного и безопасного функционирования	владение навыками эксплуатации высоковольтного оборудования и обеспечения его надёжного и безопасного функционирования	способность обеспечить надёжность функционирования оборудования путём повышения его электрической прочности; способность выявить дефект в гирлянде подвесных изоляторов, проградуировать шкалу вольтметра, испытать защитные средства, защитить изоляцию электрооборудования от прямых ударов молнии

**Методические рекомендации, определяющие
процедуру оценивания результатов освоения дисциплины**

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Техника высоких напряжений» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине **«Техника высоких напряжений»** проводится в форме контрольных мероприятий (устного опроса, проведение лабораторных и контрольных работ, тестирования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в АРС. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине **«Техника высоких напряжений»** проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине **«Техника высоких напряжений»** предусмотрен экзамен, который проводится в устной форме.

В экзаменационном билете один вопрос связан с выполнением расчёта в общем виде и оценивается в 3 балла. Второй вопрос связан с общими теоретическими положениями и оценивается в 2 балла.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Перечень типовых экзаменационных вопросов

1. Конфигурации электрических полей.
2. Классификация ионизационных процессов в газе.
3. Лавина электронов.
4. Вывод уравнения самостоятельности электрического разряда в газе.
5. Образование стримера.
6. Закон Пашена.
7. Особенности разряда в резконеоднородных полях.
8. Эффект полярности.
9. Барьерный эффект.
10. Влияние времени приложения напряжения на электрическую прочность газовой изоляции.
11. Вольт-секундная характеристика изоляции.
12. Коронный разряд.
13. Потери энергии при коронировании.
14. Разряд в воздухе вдоль поверхности изоляторов.
15. Разряд вдоль проводящей и загрязнённой поверхности изолятора.
16. Важнейшие посторонние примеси и факторы, влияющие на напряжение пробоя жидких диэлектриков.
17. Влияние влаги и микропримесей на пробой жидких диэлектриков.
18. Влияние давления на пробой жидких диэлектриков.
19. Влияние температуры на пробой жидких диэлектриков.
20. Влияние времени воздействия напряжения на пробой жидких диэлектриков.
21. Влияние полярности, геометрии, материала электродов и расстояния между ними на пробой жидких диэлектриков.

22. Факторы, влияющие на электрическую прочность твёрдой изоляции.
23. Виды пробоя твёрдого диэлектрика.
24. Вольт-временная характеристика твёрдой изоляции.
25. Зависимость пробивного напряжения твёрдой изоляции от температуры.
26. Частичные разряды.
27. Разрушающее действие частичных разрядов на диэлектрики.
28. Причины старения высоковольтной изоляции.
29. Линейные изоляторы.
30. Стационарно-аппаратные изоляторы.
31. Высоковольтные вводы.
32. Изоляция высоковольтных конденсаторов.
33. Изоляция трансформаторов.
34. Изоляция кабелей.
35. Изоляция электрических машин.
36. Цели и задачи профилактики изоляции.
37. Измерение сопротивления изоляции.
38. Измерение угла диэлектрических потерь.
39. Методы обнаружения частичных разрядов.
40. Контроль влажности изоляции.
41. Испытание изоляции повышенным напряжением.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене
по дисциплине «Техника высоких напряжений»**

Таблица 7 – Критерии выставления оценки студенту на экзамене

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100 - 86	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил основные фундаментальные процессы возникновения и развития разрядов в газообразных, жидких и твёрдых диэлектриках, устройство и причины старения высоковольтной изоляции электроэнергетического оборудования, умеет проводить расчёт основных параметров электрического поля, влияющих на возникновение пробоя высоковольтного оборудования, обрабатывать результаты по пробую газообразных промежутков различного типа, владеет навыками выбора оптимальных характеристик элементов высоковольтных конструкций и установок при соблюдении принципов их надёжного функционирования, навыками эксплуатации высоковольтного оборудования и обеспечения его надёжного и безопасного функционирования.
85 - 76	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо усвоил основные фундаментальные процессы возникновения и развития разрядов в газообразных, жидких и твёрдых диэлектриках, устройство и причины старения высоковольтной изоляции электроэнергетического оборудования, умеет проводить расчёт основных параметров электрического поля, влияющих на возникновение пробоя высоковольтного оборудования, обрабатывать результаты по пробую газообразных промежутков различного типа.
75 - 61	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет поверхностные знания об основных фундаментальных процессах возникновения и развития разрядов в газообразных, жидких и твёрдых диэлектриках, об устройстве и причинах старения высоковольтной изоляции электроэнергетического оборудования.
60 и менее	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в определениях, с большими затруднениями выполняет расчёт основных параметров электрического поля. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ АТТЕСТАЦИИ

Примеры задач по контрольной работе

1. Для измерения напряжения 110 кВ применена схема емкостного делителя, состоящая из двух последовательно соединённых конденсаторов C_1 и электростатического вольтметра на напряжение 15 кВ, шунтированного конденсатором емкостью $C_2 = 100$ пФ. Определите емкость каждого из конденсаторов C_1 , если емкость вольтметра $C_v=10$ пФ.

2. Проходной цилиндрический изолятор имеет сечение токоведущего стержня 3 см^2 . Изоляция – текстолит ($E_{\text{пр}} = 80 \text{ кВ/см}$). Напряжение между стержнем и фланцем 130 кВ. Коэффициент запаса прочности 1,5. Определите внутренний радиус крепящего фланца. Определите радиусы стержня и фланца таким образом, чтобы обеспечить минимальную толщину слоя изоляции.

3. Под проводом линии электропередачи напряжением 220 кВ подвешен надёжно изолированный провод. Определить потенциал, наведённый на этом проводе, если радиусы проводов одинаковы и равны 8 мм, а расстояние между проводами и изолированным проводом и землёй составляет 3 метра.

4. Определить потери активной мощности на корону для линии электропередачи при напряжении 220 кВ, если протяжённость линии 100 км, провод АС-70, провода расположены треугольником с расстоянием между ними 5 м. Температура воздуха 20°C , давление 710 мм.рт.ст., коэффициент негладкости 0,85, погода ясная.

5. Проходной цилиндрический изолятор имеет наружный радиус бакелитовой втулки 1 см, а радиус токоведущего стержня 0,4 см. Определить напряжение скользящих разрядов по наружной поверхности бакелита, если его относительная диэлектрическая проницаемость равна 4.

Критерии оценки выполнения контрольных работ

- 10-9 баллов выставляется студенту, если студент правильно выполнил все задания контрольной работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

- 8-7 баллов – работа выполнена полностью, допущено не более 1 ошибки. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

- ✓ 6-5 баллов – работа выполнена не полностью, допущено не более 2 ошибок. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

- ✓ 4-0 баллов – работа выполнена не полностью. Допущено несколько ошибок в расчётах. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

Инструкция для студента

Билет для тестового опроса содержит 8 вопросов по всем аттестуемым темам дисциплины. В билетах приводятся также варианты ответов.

Ответ на билет следует привести на отдельном листе с указанием фамилии и инициалов студента, группы и номера билета.

При ответе вопросы и тесты переписывать не следует; достаточно указать номера вопросов и номера (буквы) ответов (например, «8–б» означает ответ по варианту «б» на вопрос № 8).

Для ответа на вопросы пакета отводится один академический час.

Результаты аттестаций оцениваются по четырехбалльной шкале. Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо правильно ответить не менее чем на 4 вопроса.

Тесты для текущего контроля

1. В каких единицах измеряется энергия ионизации атомов?

- а.* В генри [Гн]
- б.* В веберах [Вб]
- в.* В электронвольтах [эВ]

Правильный ответ: в

2. Чему равно значение коэффициента неоднородности для резконеоднородного поля?

- а.* $K_H = 1$
- б.* $1 < K_H \leq 3$
- в.* $K_H > 3$

Правильный ответ: в

3. В каком случае разряд в газе из несамостоятельного может перейти в самостоятельный?

- а.* Если увеличить приложенное к электродам напряжение
- б.* Если количество электронов и ионов в газе будут одинаковыми
- в.* Если уменьшить приложенное к электродам напряжение

Правильный ответ: а

4. Что подразумевается под ступенчатой ионизацией?

- а.* Ионизация атома за счёт энергии нескольких, последовательно воздействующих на атом электронов
- б.* Процесс ионизации атома при ударе о него электрона (или другой заряженной частицы)
- в.* Потеря атомом электронов под действием температуры

Правильный ответ: а

5. Где может возникнуть объемная ионизация?

- а. В диэлектрике
- б. В проводнике
- в. На поверхности электрода
- г. В объёмном промежутке газовой среды

Правильный ответ: в

6. Как называется газ, в котором значительная часть атомов и молекул ионизирована ($n_{\text{ион}} \geq 10^{12} \div 10^{14}$ ионов на см^3)?

- а. Плазма
- б. Разряженный газ
- в. Наэлектризованный газ

Правильный ответ: а

7. Какое явление называется “коронным разрядом”?

- а. Форма самостоятельного газового разряда, возникающего в однородных полях
- б. Форма самостоятельного газового разряда, возникающего в резконеоднородных полях
- в. Накопление электростатического заряда на остроконечных электродах

Правильный ответ: б

8. Плазма состоит в основном из положительных или отрицательных зарядов?

- а. В основном из положительных зарядов
- б. В основном из отрицательных зарядов
- в. Концентрация положительных и отрицательных зарядов в плазме примерно одинакова

Правильный ответ: в

9. Как определяется средняя напряженность электрического поля?

а. Отношение заряда на электроде q к расстоянию между электродами, S

б. Произведение заряда на электроде q и расстояния между электродами

S

в. Отношение напряжения, приложенного к электродам U , к расстоянию между электродами S

Правильный ответ: в

10. Чем характеризуется степень неоднородности электрического поля между электродами?

а. Коэффициентом неоднородности K_H

б. Средним значением напряженности поля E_{cp}

в. Максимальным значением напряженности поля E_{max}

Правильный ответ: а

11. Какой процесс называется лавиной электронов?

а. Кучное движение электронов по атомным орбиталам

б. Свободное движение атомов в газах под действием гравитационного поля

в. Неуклонно нарастающий процесс размножения электронов в результате ионизации атомов и молекул газа в электрическом поле, как правило, электронным ударом

Правильный ответ: в

12. Между какими электродами электрическое поле будет однородным?

а. Между двумя плоскопараллельными пластинами

б. Между двумя проводниками стержневой формы

в. Между плоским проводником и проводником стержневой формы

Правильный ответ: а

13. Как определяется коэффициент ударной ионизации газа?

а. Число ионизаций, производимых электроном на пути в 1 м по направлению действия электрического поля

б. Отношение максимальной скорости свободных электронов к их средней скорости

в. Отношение минимальной скорости свободных электронов к их средней скорости

Правильный ответ: а

14. Воздух – это внешняя или внутренняя изоляция линий электропередачи?

а. Внешняя

б. Внутренняя

в. И внешняя, и внутренняя

Правильный ответ: а

15. Каково условие осуществления фотоионизации газа?

а. Необходимо, чтобы энергия фотонов, излучаемая возбужденными атомами или молекулами, была меньше энергии ионизации при поглощении фотона нейтральным атомом или молекулой

б. Необходимо, чтобы энергия фотонов, излучаемая возбужденными атомами или молекулами, была строго равна энергии ионизации при поглощении фотона нейтральным атомом или молекулой

в. Необходимо, чтобы энергия фотонов, излучаемая возбужденными атомами или молекулами, была больше энергии ионизации при поглощении фотона нейтральным атомом или молекулой

Правильный ответ: в

16. Какое явление называется “электрической дугой”?

а. Электрическая дуга является частным случаем плазмы и состоит из ионизированного, электрически квазинейтрального газа

б. Форма самостоятельного газового разряда, возникающего в резко неоднородных полях

в. Вид стационарного электрического разряда в газах; формируется, как правило, при низком давлении газа и малом токе

Правильный ответ: а

17. Что подразумевается под понятием “ионизация атома”?

а. Когда распадается ядро атома

б. Когда сложная молекула делится на независимые атомы

в. Когда электрон атома в результате получения им внешней энергии становится свободным, и образуются две независимые частицы: электрон и положительный ион

Правильный ответ: в

18. Каков смысл закона Пашена?

а. При неизменном давлении разрядное напряжение в однородном поле является функцией произведения концентрации свободных электронов в газе q на расстояние между электродами S

б. При неизменном давлении разрядное напряжение в однородном поле является функцией произведения температуры газа T на расстояние между электродами S

в. При неизменной температуре разрядное напряжение в однородном поле является функцией произведения давления P на расстояние между электродами S

Правильный ответ: в

19. Что подразумевается под ударной ионизацией?

а. Соударение атомов в разряженной газовой среде

б. Процесс ионизации атомов при ударе о него электрона (или другой заряженной частицы)

в. Первый электрон, воздействующий на нейтральный атом, переводит его только в возбужденное состояние (энергии первого электрона недостаточно для ионизации атома), воздействие второго электрона на возбужденный атом приводит к его ионизации

Правильный ответ: б

20. Что называется “барьерным эффектом”?

а. Увеличение разрядных напряжений изоляционных промежутков за счет увеличения давления газа

б. Увеличение разрядных напряжений изоляционных промежутков за счет размещения в них барьеров из твердого диэлектрика

в. Увеличение разрядных напряжений изоляционных промежутков за счет ионизации газа

Правильный ответ: б

21. Как изменяется напряжение возникновения коронного разряда при увеличении степени неоднородности поля?

а. Увеличивается

б. Не меняется

в. Уменьшается

Правильный ответ: в

22. Как определяется вольт-секундная характеристика изоляции?

а. Падение напряжения на электрической дуге

б. Зависимость напряжения на электродах от времени

в. Зависимость напряжения разряда в газовой среде от времени действия электрического импульса

Правильный ответ: в

23. Как коронный разряд действует на линии электропередач?

а. Ионизация воздуха, возникающая при коронном разряде, повышает срок службы изоляции и металлической арматуры линий электропередач

б. Ионизация воздуха, возникающая при коронном разряде, повышает емкостное сопротивление линий электропередач относительно земли

в. Ионизация воздуха, возникающая при коронном разряде, разрушительно действуют на изоляцию и металлическую арматуру линий электропередач

Правильный ответ: в

24. Какое напряжение больше в резконеоднородных полях: напряжение пробоя или напряжение возникновения коронного разряда?

а. Напряжение пробоя

б. Напряжение возникновения коронного разряда

в. Напряжение пробоя практически равно напряжению возникновения коронного разряда

Правильный ответ: а

25. Создает ли потери в линиях электропередач коронный разряд?

а. Не создает

б. Создает

в. Создает только во время грозы

Правильный ответ: б

26. Создает ли коронный разряд акустический шум?

а. Не создает

б. Создает только в солнечную погоду

в. Создает

Правильный ответ: в

27. В каком случае обеспечивается надежная защита высоковольтного оборудования при использовании разрядника?

а. Если вольт-секундная характеристика (ВСХ) разрядника и ВСХ защищаемого оборудования совпадают во всем диапазоне времен воздействующего напряжения

б. Если вольт-секундная характеристика (ВСХ) разрядника лежит выше ВСХ защищаемого оборудования во всем диапазоне времен воздействующего напряжения

в. Если вольт-секундная характеристика (ВСХ) разрядника лежит ниже ВСХ защищаемого оборудования во всем диапазоне времен воздействующего напряжения

Правильный ответ: в

28. При какой температуре может существовать плазма?

а. 5000 К и выше

б. 1000 К и выше

в. 500 °С и выше

Правильный ответ: а

29. Что обозначает первая цифра в характеристике стандартного грозового импульса 1,2/50 мкс?

а. $\tau_f = 1,2$ мкс – длительность переднего фронта (возрастания напряжения) стандартного грозового импульса

б. $\tau_f = 1,2$ мкс – длительность заднего фронта (снижения напряжения) стандартного грозового импульса

в. $\tau_n = 1,2$ мкс – длительность стандартного грозового импульса

Правильный ответ: а

30. Каким образом обеспечивается защита высоковольтного оборудования от воздействия грозových и коммутационных перенапряжений?

- а. Последовательно защищаемому объекту включается разрядник
- б. Разрядник устанавливается на корпус защищаемого объекта
- в. Параллельно защищаемому объекту включается разрядник

Правильный ответ: в

31. Как атмосферные осадки изменяют начальное напряжение возникновения короны?

- а. Атмосферные осадки резко снижают начальное напряжение возникновения короны
- б. Атмосферные осадки не влияют на начальное напряжение возникновения короны
- в. Атмосферные осадки резко повышают начальное напряжение возникновения короны

Правильный ответ: а

32. Как изменяется напряженность на электроде-стержне при увеличении степени неоднородности поля?

- а. Увеличивается
- б. Не меняется
- в. Уменьшается

Правильный ответ: а

33. Какое напряжение больше в слабонеоднородных полях: напряжение пробоя или напряжение возникновения коронного разряда?

- а. Напряжение пробоя
- б. Напряжение возникновения коронного разряда
- в. Напряжение пробоя практически равно напряжению возникновения коронного разряда

Правильный ответ: в

34. При каком напряжении потери на коронирование проводов больше?

а. При переменном напряжении потери энергии на корону существенно больше, чем при постоянном напряжении

б. При постоянном напряжении потери энергии на корону существенно больше, чем при переменном напряжении.

в. При переменном и постоянном напряжении потери на корону в проводах одинаковые

Правильный ответ: а

35. Что называется временем разряда?

а. Время для развития разряда в газовой среде

б. Время для развития и завершения разряда в газовой среде

в. Время устойчивого разряда в газовой среде

Правильный ответ: б

36. Создает ли коронный разряд помехи радио- и телесигналам?

а. Не создает

б. Создает

в. Создает только во время грозы

Правильный ответ: б

37. Как может увеличиться разрядное напряжение при положительной полярности остrokонечного электрода в случае использования “барьерного эффекта”?

а. Может увеличиться в 20 раз

б. Может увеличиться в 2 раза

в. Может увеличиться в 200 раз

Правильный ответ: б

38. Где используются проходные изоляторы?

- а.* При креплении высоковольтных проводов к опорам электропередач
- б.* Где токоведущие части проходят через стены, перекрытия зданий, ограждения электроустановок
- в.* В монтажных схемах систем управления

Правильный ответ: б

39. Каково среднее значение электрической прочности для хорошо очищенных жидкостных диэлектриков?

- а.* До 100000 кВ/см
- б.* До 1000 кВ/см
- в.* До 10 кВ/см

Правильный ответ: б

40. Как увеличение давления трансформаторного масла влияет на значение его напряжения пробоя?

- а.* Снижает напряжение пробоя
- б.* Повышает напряжение пробоя
- в.* Изменение давления трансформаторного масла не меняет напряжение

его пробоя

Правильный ответ: б

41. Что из перечисленных жидкостей не относится к диэлектрикам?

- а.* Вода
- б.* Углеводороды растительные: касторовое, льняное и другие масла
- в.* Углеводороды минеральные: трансформаторное, конденсаторное и др.

масла

Правильный ответ: а

42. Какая изоляция имеет наибольшее значение напряжения пробоя: твердая, жидкостная, газообразная?

- а.* Жидкостная
- б.* Твердая
- в.* Газообразная

Правильный ответ: б

43. Может ли подвесной изолятор использоваться при напряжении 110 кВ?

- а.* Может
- б.* Не может
- в.* Может, если изолятор изготовлен из фторопласта

Правильный ответ: а

44. Какой из диэлектриков обладает большей электрической прочностью: жидкость или газ?

- а.* Жидкостный диэлектрик
- б.* Газообразный диэлектрик и газообразный диэлектрик обладают одинаковой электрической прочностью
- в.* Газообразный диэлектрик

Правильный ответ: а

45. Как толщина твердой изоляции влияет на значение ее удельной электрической прочности E [В/мм]?

- а.* С увеличением толщины твердой изоляции ее удельная электрическая прочность снижается
- б.* С увеличением толщины твердой изоляции ее удельная электрическая прочность увеличивается
- в.* С увеличением толщины твердой изоляции ее удельная электрическая прочность не меняется

Правильный ответ: а

46. Какой срок службы должна иметь высоковольтная изоляция?

а. 20 лет

б. 2-3 года

в. В пределах одного года

Правильный ответ: а

47. Какие изоляторы относятся к линейным?

а. Станционно-аппаратные

б. Опорные и проходные

в. Штыревые и подвесные

Правильный ответ: в

48. Какой высоковольтный кабель называется “криогенный”?

а. Кабель, рабочая температура которого составляет 1000 °С

б. Кабель с охлаждением до температуры жидкого азота (77 К) или жидкого гелия (5 К)

в. Кабель с дополнительным обогревом

Правильный ответ: б

49. В каком случае более вероятно возникновение частичных разрядов?

а. Если диэлектрик имеет однородную структуру

б. Если имеются местные неоднородности диэлектрика

в. Структура диэлектрика не влияет на вероятность возникновения частичных разрядов

Правильный ответ: б

50. Как наличие загрязнений в трансформаторном масле влияет на значение его напряжения пробоя?

- а.* Снижает напряжение пробоя
- б.* Повышает напряжение пробоя
- в.* Наличие загрязнений в трансформаторном масле не меняет напряжение его пробоя

Правильный ответ: а

51. Как влияет сухое загрязнение изоляторов линий электропередач на значение пробивного напряжения?

- а.* Пробивное напряжение практически не меняется
- б.* Пробивное напряжение уменьшается
- в.* Пробивное напряжение увеличивается

Правильный ответ: а

52. Как увлажнение загрязнения изоляторов линий электропередач влияет на значение пробивного напряжения?

- а.* Пробивное напряжение увеличивается
- б.* Пробивное напряжение практически не меняется
- в.* Пробивное напряжение уменьшается

Правильный ответ: в

53. Как изменяется напряжение пробоя жидкого диэлектрика при увеличении площади электродов?

- а.* Изменение площади электродов не влияет на напряжение пробоя жидкостного диэлектрика
- б.* Повышает напряжение пробоя
- в.* Снижает напряжение пробоя

Правильный ответ: в

54. Какие виды дефектов позволяет зафиксировать измерение тангенса угла диэлектрических потерь?

- а. Общее увлажнение изоляции
- б. Частичный пробой, несквозные пути утечки
- в. Процессы ионизации и старения изоляции в целом

Правильный ответ: в

55. Для каких целей проводится измерение ёмкости изоляции?

- а. Для контроля влажности трансформаторов и электрических машин
- б. Для оценки минимального запаса электрической прочности
- в. Для обнаружения путей утечки гирлянд изоляторов

Правильный ответ: а

Критерии оценки промежуточного тестирования

Цель тестов – определение уровня усвоения студентами знаний по технике высоких напряжений в соответствии с учебной программой в процессе промежуточных и итоговой аттестаций.

Содержание тестов. В соответствии с учебной рабочей программой тесты и вопросы соответствуют следующим темам дисциплины «Техника высоких напряжений»:

- 1) общие сведения о разрядах в газах;
- 2) особенности разрядов в неоднородных полях;
- 3) коронный разряд и разряды вдоль поверхности твёрдых диэлектриков;
- 4) пробой жидких диэлектриков;
- 5) пробой твёрдой изоляции;
- 6) высоковольтная изоляция;
- 7) контроль состояния изоляции.

Структура тестов и вопросов.

Каждая тема содержит по несколько основных тестов. К каждому вопросу тестов прилагаются ответы, один из которых правильный.

Условия применения. Для контроля минимального уровня знаний студент отвечает на билет из 8 тестовых вопросов по всем темам. Билеты из вопросов формирует лектор потока из всех разделов дисциплины. Набор вопросов и тестов в билетах изменяется лектором.

Для ответа на тесты отводится один академический час.