

Рабочая программа учебной дисциплины

Техника высоких напряжений

(Наименование дисциплины)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль)

«Электроснабжение»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	4
Общее количество часов	144
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	112
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	9
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	13
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	15
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	16
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	17

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Техника высоких напряжений» входит в «Часть, формируемая участниками образовательных отношений» подготовки обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение».

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ОПК-4. Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин

Дескрипторы универсальной компетенции:

ОПК-4.1 Использует методы анализа, расчета и моделирования электрических цепей при изучении разделов теоретических основ электротехники (линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, переходных процессов, цепей с распределенными параметрами, магнитных цепей) и применяет полученные знания при решении профессиональных задач

ОПК-4.2 Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств и их элементов и использует методы анализа и моделирования при их изучении

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
– Профессиональный стандарт Специалист по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов и управлению режимами работы муниципальных электрических сетей, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 329н от 25.04.2023	ОПК-4.1 Использует методы анализа, расчета и моделирования электрических цепей при изучении разделов теоретических основ электротехники (линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, переходных процессов, цепей с распределенными параметрами, магнитных цепей) и применяет полученные знания при решении профессиональных задач ОПК-4.2 Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств и их элементов и использует методы анализа и моделирования при их изучении	переменного тока, переходных процессов, цепей с распределенными параметрами, магнитных цепей) (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ОПК-4.2 Принципы действия электронных устройств и их элементов (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ОПК-4.1 Применять методы анализа, расчета и моделирования электрических цепей при изучении разделов теоретических основ электротехники (линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, переходных процессов, цепей с распределенными параметрами, магнитных цепей) (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ОПК-4.2 Применять принципы действия электронных устройств и их элементов при решении профессиональных задач (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки: ИД 5 ОПК-4.1 Использования

		методов анализа, расчета и моделирования электрических цепей при изучении разделов теоретических основ электротехники (линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, переходных процессов, цепей с распределенными параметрами, магнитных цепей) (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6 ОПК-4.2 Использование принципов действия электронных устройств и их элементов при решении профессиональных задач (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	---

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность
(профиль) «Электроснабжение»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Электроэнергетические системы и сети	Эксплуатация систем электроснабжения
2.	Теоретические основы электротехники	Эксплуатация передвижных электроустановок
3.	Электрические и электронные аппараты	

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»**;
- Учебного плана направления подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение. Разряды в газах и их характеристики.	18	2	2	14	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
2	Тема 2. Молниезащита и защита от атмосферных перенапряжений.	18	2	2	14	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
3	Тема 3. Изоляция электрооборудования.	18	2	2	14	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
4	Тема 4. Высоковольтные изоляторы.	18	2	2	14	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
5	Тема 5. Методы высоковольтных испытаний электрооборудования.	18	2	2	14	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
6	Тема 6. Генераторы импульсных напряжений и токов.	18	2	2	14	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
7	Тема 7. Коронный разряд на проводах линий электропередачи.	18	2	2	14	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
8	Тема 8. Диагностика высоковольтного оборудования.	18	2	2	14	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)						
Итого		144	16	16	112	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Разряды в газах и их характеристики. Дисциплина начинается с изучения физики процессов, лежащих в основе работы изоляции. Рассматриваются механизмы ионизации и деионизации газов, условия развития самостоятельного разряда. Изучаются основные виды разрядов в газах: лавина, стример и лидер. Анализируются вольт-секундные характеристики изоляции, объясняющие ее нелинейное поведение при воздействии быстроменяющихся напряжений, таких как импульсы молнии или коммутационные перенапряжения.

Тема 2. Молниезащита и защита от атмосферных перенапряжений. Эта тема посвящена защите линий электропередачи и подстанций от прямого удара молнии и индуцированных перенапряжений. Рассматриваются параметры тока молнии, а также принципы работы и конструкции стержневых и тросовых молниеотводов. Подробно изучаются устройства защиты от перенапряжений (УЗИП): трубчатые и вентильные разрядники, а также современные нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) на основе оксида цинка (ZnO), их вольт-амперные характеристики и схемы включения.

Тема 3. Изоляция электрооборудования. Здесь дается классификация изоляции по агрегатному состоянию (газовая, жидкая, твердая, комбинированная). Особое внимание уделяется внутренней изоляции оборудования: трансформаторному маслу, бумажно-масляной изоляции, твердой литой изоляции (*RIP/RIS*). Изучаются процессы старения изоляции под воздействием электрического поля, температуры и влаги, а также методы оценки ее остаточного ресурса.

Тема 4. Высоковольтные изоляторы. Тема охватывает конструкции и материалы изоляторов, предназначенных для крепления и изоляции токоведущих частей. Изучаются подвесные и опорные изоляторы для воздушных линий (из стекла и полимеров), а также проходные, опорные и конденсаторные колонки для закрытых и открытых распределительных устройств. Рассматриваются основные причины потери диэлектрической прочности изоляторов: трекинг, эрозия, пробой.

Тема 5. Методы высоковольтных испытаний электрооборудования. В этой части рассматриваются методики проверки электрической прочности изоляции в лабораторных и полевых условиях. Изучаются испытания переменным напряжением промышленной частоты, а также испытания импульсным напряжением (полным и срезанным), имитирующим удар молнии. Анализируются схемы испытательных установок, включая каскадные трансформаторы и генераторы импульсных напряжений (ГИН).

Тема 6. Генераторы импульсных напряжений и токов. Детально изучается принцип работы генераторов импульсных напряжений (схема Аркадьева-Маркса), используемых для имитации грозовых воздействий. Рассматриваются схемы генераторов импульсных токов (ГИТ) для испытания оборудования на способность выдерживать большой ток молнии при сохранении целостности.

Тема 7. Коронный разряд на проводах линий электропередачи. Тема посвящена изучению коронного разряда как физического явления на проводах *ВЛ* сверхвысокого напряжения (*СВН*). Рассматриваются факторы, влияющие на начальное напряжение короны (радиус провода, состояние атмосферы), а также методы его ограничения (расщепление фазы). Анализируются негативные последствия короны: потери энергии, радиопомехи и акустический шум.

Тема 8. Диагностика высоковольтного оборудования. Завершающая тема посвящена современным методам оценки состояния изоляции без вывода оборудования из работы. Рассматриваются неразрушающие методы контроля: измерение характеристик частичных разрядов (*ЧР*), анализ растворенных в масле газов (*ХАРГ*), тепловизионный контроль, а также методы, основанные на измерении диэлектрических параметров ($tg \delta$, емкость).

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение. Разряды в газах и их характеристики.
ПЗ 2	Тема 2. Молниезащита и защита от атмосферных перенапряжений.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Изоляция электрооборудования.
ПЗ 5	Тема 4. Высоковольтные изоляторы.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Методы высоковольтных испытаний электрооборудования.
ПЗ 8	Тема 6. Генераторы импульсных напряжений и токов.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Введение. Разряды в газах и их характеристики.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Молниезащита и защита от атмосферных перенапряжений.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Изоляция электрооборудования.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Высоковольтные изоляторы.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Методы высоковольтных испытаний электрооборудования.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Генераторы импульсных напряжений и токов.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Коронный разряд на проводах линий электропередачи.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Диагностика высоковольтного оборудования.	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Введение. Разряды в газах и их характеристики.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Молниезащита и защита от атмосферных перенапряжений.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Изоляция электрооборудования.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Высоковольтные изоляторы.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Методы высоковольтных испытаний электрооборудования.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Генераторы импульсных напряжений и токов.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Коронный разряд на проводах линий электропередачи.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Диагностика высоковольтного оборудования.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. Лавина электронов.
2. Неразрушающие методы оценки изоляции электрооборудования.
3. Конструктивное исполнение конденсаторов.
4. Корона на проводах при переменном напряжении.
5. Тепловой пробой внутренней изоляции.
6. Перенапряжения при работе АПВ (автомата повторного включения).
7. Координация изоляции по грозовым перенапряжениям.
8. Защита подстанций вентильными разрядниками.
9. Частичные разряды в маслобязерной изоляции.
10. Перенапряжения при отключении ненагруженных ЛЭП
11. Изоляция сухих трансформаторов.
12. Изоляция электрических машин высокого напряжения.
13. Расщепление провода. Потери энергии на корону.
14. Скользящие разряды
15. Коронные разряды
16. Конструктивное исполнение кабелей с бумажной изоляцией
17. Маслонаполненные кабели.
18. Кабели с пластмассовой изоляцией
19. Кабели с резиновой изоляцией
20. Кабели с вязкой пропиткой
21. Кабельные муфты
22. Особенности разряда в элегазе.
23. Элегазовые выключатели.
24. Сопротивление изоляции.
25. Зависимость емкости изоляции от частоты.
26. Методы испытаний.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)

2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролирующих материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Введение. Разряды в газах и их характеристики.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
2	Тема 2. Молниезащита и защита от атмосферных перенапряжений.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
3	Тема 3. Изоляция электрооборудования.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
4	Тема 4. Высоковольтные изоляторы.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
5	Тема 5. Методы высоковольтных испытаний электрооборудования.	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
6	Тема 6. Генераторы импульсных напряжений и токов.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2

7	Тема 7. Коронный разряд на проводах линий электропередачи.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2
8	Тема 8. Диагностика высоковольтного оборудования.	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ОПК-4.1 ИД 2 ОПК-4.2 ИД 3 ОПК-4.1 ИД 4 ОПК-4.2 ИД 5 ОПК-4.1 ИД 6 ОПК-4.2

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

- Расчет геометрических параметров стержневого молниеотвода.**
 - Задание:** Рассчитать высоту одиночного стержневого молниеотвода для защиты здания прямоугольной формы (15х30 м) с высотой 15 м. Определить радиус зоны защиты на уровне земли и на уровне крыши.
- Расчет и построение вольт-секундной характеристики (ВСХ) разрядника.**
 - Задание:** По паспортным данным вентильного разрядника построить его вольт-секундную характеристику. Проанализировать, как она согласуется с ВСХ защищаемой изоляции.
- Расчет потерь на корону для линии электропередачи (ЛЭП).**
 - Задание:** Для линии электропередачи 500 кВ с проводом АС-400/51, работающей в нормальном атмосферном давлении, рассчитать средние потери мощности на корону.
- Выбор схемы и расчет элементов ГИН (Генератор Импульсных Напряжений).**
 - Задание:** Для испытательной лаборатории требуется генератор, формирующий стандартный грозовой импульс 1.2/50 мкс с амплитудой 1000 кВ. Выбрать схему ГИН (Аркадьева-Маркса) и рассчитать количество ступеней, напряжение на конденсаторе и сопротивление фронтового резистора.
- Анализ результатов измерения частичных разрядов (ЧР).**
 - Задание:** Даны результаты измерения ЧР в трансформаторе (кажущийся заряд Q , интенсивность в пКл). Определить тип дефекта (например, воздушный пузырь в твердой изоляции или частичное пробивное напряжение масла) и дать заключение о степени опасности.
- Расчет электрического поля в проходном изоляторе.**
 - Задание:** Для проходного изолятора на напряжение 110 кВ построить картину электрического поля (например, методом конечных разностей или по готовым формулам) и определить наиболее напряженную точку.
- Выбор и расчет ограничителя перенапряжений нелинейного (ОПН).**
 - Задание:** Для защиты оборудования подстанции 110 кВ выбрать тип ОПН. Рассчитать его основные параметры: номинальное напряжение, пропускную способность (энергию), расчетный ток коммутационных перенапряжений.
- Расчет испытательных напряжений для оборудования класса 10 кВ.**

- **Задание:** Определить величины испытательных напряжений промышленной частоты и полного грозового импульса для нового комплектного распределительного устройства наружной установки (КРУН) класса 10 кВ согласно ГОСТ.
- 9. **Анализ схемы защиты подстанции от набегающих волн.**
 - **Задание:** Начертить упрощенную схему защиты открытого распределительного устройства (ОРУ) 220 кВ от волн перенапряжений, приходящих с линии. Указать места установки ОПН, разрядников и защитных аппаратов на подходах ЛЭП.
- 10. **Расчет заземляющего контура высоковольтной испытательной установки.**
 - **Задание:** Рассчитать сопротивление заземляющего устройства для высоковольтной лаборатории, где проводятся испытания импульсным напряжением до 1000 кВ. Определить конфигурацию контура и необходимое количество вертикальных заземлителей.
- 11. **Оценка состояния масла по результатам хроматографического анализа газов (ХАРГ).**
 - **Задание:** Даны результаты ХАРГ пробы масла из трансформатора (содержание газов: H_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6). Интерпретировать данные, определить вероятный вид дефекта (перегрев, дуговой разряд) и его локализацию.
- 12. **Сравнение характеристик вентильного разрядника и ОПН.**
 - **Задание:** Составить сравнительную таблицу вентильного разрядника типа РВО и современного ОПН по следующим параметрам: принцип действия, нелинейность вольт-амперной характеристики, габариты, надежность, область применения.
- 13. **Расчет емкостного тока замыкания на землю в сети 6 кВ.**
 - **Задание:** Для кабельной сети 6 кВ длиной 10 км сечением $3 \times 185 \text{ мм}^2$ рассчитать емкостный ток однофазного замыкания на землю.
- 14. **Изучение методов диагностики изоляции на основе измерения $\tan \delta$.**
 - **Задание:** Описать метод измерения тангенса угла диэлектрических потерь ($\tan \delta$) для оценки состояния изоляции трансформатора. Объяснить, как изменение этого параметра во времени свидетельствует об увлажнении или старении изоляции.
- 15. **Разработка мер по снижению потерь на корону на ЛЭП СВН.**
 - **Задание:** Предложить комплекс мер для снижения потерь на корону на строящейся линии электропередачи 750 кВ. Обосновать выбор оптимального радиуса провода и необходимость применения расщепленной фазы.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

- 1 Частичные разряды в изоляции ЭМ: скользящие разряды, коронный разряд.
- 2 Напряженность электрического поля внутри изоляции ЭМ.
- 3 Испытательное напряжение.
- 4 Виды изоляции линий.
- 5 Изоляционные конструкции и воздушные промежутки.
- 6 Классификация изоляционных конструкций.
- 7 Виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения.
- 8 Изоляция электрооборудования станций и подстанций, открытых и закрытых распределительных устройств.
- 9 Конструктивное выполнение распределительных устройств.
- 10 Изоляция электрических машин (ЭМ). Виды изоляции ЭМ.
- 11 Применение изоляции в основных типах ЭМ.
- 12 Электроизоляционные материалы ЭМ

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы к экзамену

1. Частичные разряды в изоляции ЭМ: скользящие разряды, коронный разряд.
2. Напряженность электрического поля внутри изоляции ЭМ.
3. Испытательное напряжение.

4. Виды изоляции линий.
5. Изоляционные конструкции и воздушные промежутки.
6. Классификация изоляционных конструкций.
7. Виды электрической изоляции оборудования высокого напряжения.
8. Изоляция электрооборудования станций и подстанций, открытых и закрытых распределительных устройств.
9. Конструктивное выполнение распределительных устройств.
10. Изоляция электрических машин (ЭМ). Виды изоляции ЭМ.
11. Применение изоляции в основных типах ЭМ.
12. Электроизоляционные материалы ЭМ.
13. Частичные разряды в изоляции ЭМ: скользящие разряды, коронный разряд.
14. Напряженность электрического поля внутри изоляции ЭМ.
15. Испытательное напряжение.
16. Внешняя и внутренняя изоляция.
17. Частичные разряды.
18. Электрическая прочность маслостойкой изоляции.
19. Особенности конструкций силовых трансформаторов.
20. Распределение импульсного напряжения по обмотке при грозовых перенапряжениях.
21. Сухие трансформаторы.
22. Изоляция силовых конденсаторов.
23. Кабели с вязкой пропиткой.
24. Маслонаполненные кабели.
25. Кабели в стальных трубах с маслом или газом под давлением.
26. Кабели с пластмассовой и резиновой изоляцией.
27. Кабельные муфты
28. Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена.
29. Особенности конструкции.
30. Водный триинг.
31. Элегазовая изоляция. Особенности разряда в элегазе.
32. Элегазовые выключатели.
33. Элегазовые комплектные распределительные герметичные устройства (КРУЭ).
34. Вакуумная изоляция.
35. Разрядные напряжения.
36. Вакуумные выключатели. Достоинства вакуумного выключателя.
37. Отключение токов.
38. Процессы в многослойной изоляции.
39. Миграционная поляризация.
40. Кривая возвратного напряжения.
41. Сопротивление изоляции.
42. Зависимость емкости изоляции от частоты.
43. Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь $\tan \delta$. Измерения $\tan \delta$.
44. Контроль сопротивления изоляции.
45. Контроль емкости изоляции.
46. Хроматографический анализ масла.
47. Контроль диэлектрических потерь в изоляции. Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь $\tan \delta$. Измерения $\tan \delta$.
48. Частичные разряды.
49. Контроль изоляции по параметрам частичных разрядов.
50. Измерения параметров частичных разрядов.
51. Методы испытания электрической прочности изоляции.
52. Испытания изоляции коммутационными импульсами напряжения или напряжением промышленной частоты.
53. Испытания изоляции грозовыми импульсами.
54. Испытания изоляции кабелей, трансформаторов и высоковольтных вводов.

55. Восстановление напряжения при отключении коротких замыканий.
56. Перенапряжения при включении длинных линий.
57. Перенапряжения при рассогласовании фаз.
58. Перенапряжения при отключении ненагруженных трансформаторов.
59. Перенапряжения при отключении асинхронных двигателей.
60. Перенапряжения при отключении емкостных токов.
61. Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю в системах с изолированной нейтралью.
62. Феррорезонансные перенапряжения.
63. Защита изоляции электрооборудования от внутренних перенапряжений.
64. Коммутационный разрядник.
65. Высокочастотные ограничители перенапряжений.
66. Шунтирующие реакторы с искровым подключением.
67. Защита от прямых ударов молнии.
68. Защита от обратных перекрытий.
69. Защита от волн, набегающих с линии электропередачи.
70. Защита подходов линии к подстанции.
71. Молниезащита электрических машин высокого напряжения.
72. Молниезащита воздушных линий.
73. Экологические аспекты электроустановок высокого напряжения

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

Прочитайте вопрос и выберите один правильный ответ.

Вопрос 1.1 Какое явление является основной причиной возникновения коронного разряда на проводах линий электропередачи сверхвысокого напряжения? а) Ионизация воздуха из-за высокой напряженности электрического поля на поверхности провода; б) Нагрев провода током нагрузки; в) Воздействие ультрафиолетового излучения; г) Вибрация провода под действием ветра.

Правильный ответ: а)

Вопрос 1.2 Как называется стандартная форма волны испытательного напряжения, имитирующая удар молнии при высоковольтных испытаниях оборудования? а) Коммутационный импульс; б) **Полный грозовой импульс (1.2/50 мкс)**; в) Импульс переменной частоты; г) Импульс постоянного тока.

Правильный ответ: б)

Вопрос 1.3 Каков основной принцип действия нелинейного ограничителя перенапряжений (ОПН)? а) Создание искрового промежутка в воздухе; б) Использование вентильных свойств р-п переходов; в) **Использование нелинейной вольт-амперной характеристики варисторов на основе оксида цинка (ZnO)**; г) Создание магнитного поля для гашения дуги.

Правильный ответ: в)

Вопрос 1.4 Какая основная задача решается при выборе трассы линии электропередачи с точки зрения техники высоких напряжений? а) Минимизация стоимости материалов; б) **Обеспечение требуемого изоляционного расстояния от проводов до земли и объектов**; в) Максимальное приближение к населенным пунктам; г) Пересечение только с низковольтными линиями.

Правильный ответ: б)

Вопрос 1.5 Какое устройство используется для защиты от атмосферных перенапряжений на подходах линий электропередачи к подстанции? а) Силовой трансформатор; б) Разъединитель; в) **Трубчатый разрядник или ОПН**; г) Измерительный трансформатор тока.

Правильный ответ: в)

Прочитайте вопрос и выберите два правильных ответа.

Вопрос 2.1 Выберите два основных негативных последствия коронного разряда на проводах ЛЭП. а) **Потери активной мощности и энергии**; б) **Радиопомехи и акустический шум (треск)**; в) Увеличение пропускной способности линии; г) Снижение напряжения в конце линии.

Правильный ответ: а), б)

Вопрос 2.2 Выберите два основных метода диагностики состояния изоляции высоковольтного оборудования без его вскрытия. а) Измерение сопротивления постоянному току; б) Измерение характеристик частичных разрядов (ЧР); в) Хроматографический анализ растворенных в масле газов (ХАРГ); г) Визуальный осмотр вводов.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.3 Выберите два основных фактора, от которых зависит электрическая прочность жидкой диэлектрической изоляции (например, трансформаторного масла). а) Цвет масла; б) Степень увлажнения и содержания механических примесей; в) Температура масла; г) Объем бака трансформатора.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.4 Выберите два основных элемента, из которых состоит схема Аркадьева-Маркса для генерации импульсных напряжений. а) Индуктивность и резистор; б) Конденсаторы и искровые разрядники; в) Трансформаторы и выпрямители; г) Тиристоры и диоды.

Правильный ответ: б)

Вопрос 2.5 Выберите два основных преимущества полимерных изоляторов перед стеклянными и фарфоровыми. а) Высокая гидрофобность поверхности; б) Высокая механическая прочность при меньшем весе; в) Более низкая стоимость производства; г) Абсолютная неуязвимость к вандализму.

Правильный ответ: а), б)

Установите соответствие между типом дефекта изоляции и основным диагностическим признаком.

А) Перегрев токоведущих соединений	1) Высокое содержание газов C_2H_2 и C_2H_4
Б) Дуговой разряд (искрение)	2) Высокое содержание газа H_2
В) Термический дефект низкой температуры (< 300 °C)	3) Высокое содержание газа CH_4
Г) Термический дефект высокой температуры (> 700 °C)	4) Высокое содержание газов CO и CO_2

Правильный ответ: А – 4, Б – 1, В – 3, Г – 2

4) На установление последовательности (1 вопрос)

Укажите правильную последовательность процессов при развитии разряда в газе. 1\$ Столкновение электрона с нейтральной молекулой, приводящее к ее ионизации. 2\$ Появление свободного электрона у поверхности катода (эмиссия). 3\$ Ускорение электрона в электрическом поле. 4\$ Возникновение электронной лавины.

Правильный ответ: 2-3-1-4

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Прогнозирование ресурса электроизоляционных материалов силовых кабелей с использованием метода искусственных нейронных сетей: монография / Н. К. Полуянович, М. Н. Дубяго, Н. В. Азаров, А. В. Огреничев; под редакцией Н. К. Полуяновича. — Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2022. — 116 с. — ISBN 978-5-9275-4057-0. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/123933.htm>

2. Барочкин, Е. В. Общая энергетика : учебное пособие / Е. В. Барочкин, М. Ю. Зорин, А. Е. Барочкин ; под редакцией Е. В. Барочкина. — 4-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 312 с. — ISBN 978-5-9729-2215-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/154755.html>

7.2. Дополнительная литература

3. Шайтор, Н. М. Энергосберегающие режимы и технологии. Интеллектуальная электроэнергетика : учебное пособие / Н. М. Шайтор, А. В. Горпинченко. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 224 с. — ISBN 978-5-9729-1302-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/133202.html>

4. Монаков, В. К. Электробезопасность: теория и практика: монография / В. К. Монаков, Д. Ю. Кудрявцев. — 2-е изд. — Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. — 184 с. — ISBN 978-5-9729-1324-4. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/133209.html>

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Оборудование:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Пробковая доска
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся с выходом в интернет
- Виртуальный лабораторный стенд «Электрические цепи» на 20 рабочих мест;
- Виртуальный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники» ТС-ЭТиОЭ2-ЛС на 16 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого реле» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого контроллера» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Цифровая и микропроцессорная техника» на 20 рабочих мест
- Набор учебно-методических материалов к разделу «Электротехника и электроника» (плакаты, презентации).

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Техника высоких напряжений**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Техника высоких напряжений

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)