

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Факультет приборостроения, электротехнических
и биотехнических систем

Кафедра электроэнергетики

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Тарасенко О.В.
«14» сентября 2023 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Техника высоких напряжений»

По направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль: «Электроснабжение»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

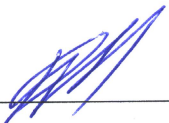
Рабочая программа учебной дисциплины «Техника высоких напряжений» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. – 24 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Техника высоких напряжений» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144.

СОСТАВИТЕЛЬ:

канд. техн. наук, доцент Колесниченко С.П.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электроэнергетики «04» апреля 2023 г., протокол № 4

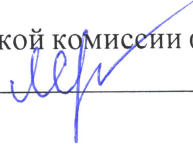
Заведующий кафедрой электроэнергетики  Половинка Д.В.

Переутверждена: «___» _____ 20__ г., протокол № _____

Переутверждена: «___» _____ 20__ г., протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем

«18» апреля 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем  Яременко С.П.

© Колесниченко С.П., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – получение студентами основных систематизированных знаний об изоляции и защите от перенапряжений в системах электропотребления высокого напряжения, которые включают комплекс информации об изоляционных конструкциях и физических процессах, которые происходят в изоляции высоковольтного электрооборудования и линиях электропередач, вызванных внешними воздействиями и внутренними коммутациями.

Задачи:

- изучение студентами физических процессов, которые происходят в изоляции электрооборудования и устройствах высоковольтных систем электропотребления при нормальных и аварийных режимах работы системы таких, как внутренние и внешние перенапряжения, короткие замыкания, которые влияют на изоляцию и токоведущие элементы и в целом на качество потребляемой электроэнергии;
- получение студентами практических навыков работы в установках высокого напряжения и практическое знакомство с оборудованием и средствами, обеспечивающими безопасность работ в установках высокого напряжения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Техника высоких напряжений» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений учебного плана. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: **знания** принципов работы, технических характеристик, конструктивных особенностей основного и защитного электрооборудования, технических способов, используемых в системах связанных с перенапряжениями, которые обеспечивают защиту изоляции от влияния перенапряжений; методы их математического описания и расчёта; основные требования, предъявляемые к передаче и распределению электроэнергии; достижения науки и техники, передовой отечественный и зарубежный опыт в данной области; правила устройства электроустановок и правила безопасности при работе на этих установках, **умения** составлять и читать рациональные схемы главных подстанций и распределительных устройств, основного и защитного электрооборудования; на основе расчётных и справочных данных электрооборудования и сети электропотребления составлять техническую документацию с необходимыми чертежами, схемами и расчётами; **навыки** практической работы на электроустановках высокого напряжения. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Физика», «Электротехнические материалы», «Теоретические основы электротехники», «Электрические и электронные аппараты» и служит основой для освоения дисциплин «Основы релейной защиты и автоматики»,

«Проектирование систем электроснабжения», «Электромагнитная совместимость», «Электрическая часть электрических станций и подстанций».

Дисциплина «Техника высоких напряжений» является необходимой для освоения профессиональных компетенций по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, а также, самостоятельного написания выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-4 Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-4.1. Знает методы обеспечения функциональной безопасности электрических сетей и электроустановок различных уровней напряжения ПК-4.2. Умеет решать производственно-технические задачи по сопровождению эксплуатации, техническому обслуживанию объектов профессиональной деятельности ПК-4.3 Владеть: методами обеспечения функциональной безопасности электрических сетей и электроустановок различных уровней напряжения.	знать: конструкцию и принцип работы, технические характеристики, конструктивные особенности основного и защитного электрооборудования, технических способов, используемых в системах связанных с перенапряжениями, которые обеспечивают защиту изоляции от влияния перенапряжений; методы их математического описания и расчёта; основные требования, предъявляемые к передаче и распределению электроэнергии; достижения науки и техники, передовой отечественный и зарубежный опыт в данной области; правила устройства электроустановок и правила безопасности при работе на этих установках;
		уметь: составлять и читать рациональные схемы главных подстанций и распределительных устройств, основного и защитного электрооборудования; на основе расчётных и справочных данных электрооборудования и сети электропотребления составлять техническую документацию с необходимыми чертежами, схемами и расчётами;
		владеть: навыками практической работы на электроустановках высокого напряжения.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная контактная работа (всего)	68		16
в том числе:			
Лекции	34		8
Семинарские занятия	-		-
Практические занятия	-		-
Лабораторные работы	34		8
Курсовая работа (курсовой проект)	-		-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-		-
Самостоятельная работа студента (всего)	76		128
Форма аттестации	зачёт, экзамен	зачёт, экзамен	зачёт, экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 1(5)

Тема 1. Вводная лекция.

Рабочие напряжения электрических систем. Внутренние и грозовые перенапряжения. Внешняя и внутренняя изоляция электроустановок. Понятие о необходимости ограничения перенапряжений и координации изоляции.

Тема 2. Электрические разряды в газах. Начальные напряжения электрического разряда.

Вольт-амперная характеристика газового разряда. Потенциал ионизации. Коэффициенты, характеризующие процессы ионизации в газах. Коэффициент ударной ионизации. Образование лавин электронов. Условия самостоятельности разряда. Пробивное напряжение газа в однородном поле. Закон Пашена.

Тема 3. Режимы работы нейтрали в электроустановках электрических сетей.

Общие сведения. Режимы работы электрической сети с изолированной (незаземлённой) нейтралью. Смещение нейтрали. Роль нулевого провода. Разрыв линейного провода. Короткое замыкание фазы. Перенапряжения в электрической сети при дуговых замыканиях фазы на землю. Компенсация ёмкостных токов посредством настроенной индуктивности (реактора). Заземление нейтрали через малое сопротивление. Глухое заземление нейтрали. Конструкция, выбор, установка и настройка дугогасящих аппаратов.

Тема 4. Перенапряжения и изоляция обмоток силовых трансформаторов

Общие сведения. Распределение напряжения вдоль обмоток трансформатора при падении прямоугольной импульсной волны. Нерезонирующий трансформатор. Принцип действия, конструктивное исполнение.

Семестр 2(6).

Тема 5. Электрическая изоляция высоковольтных вращающихся электрических машин

Общие сведения. Современные конструкции изоляции высоковольтных электрических машин. Особенности конструкции изоляции высоковольтных машин. Регулирование электрического поля в изоляции статорных обмоток. Перспективы дальнейшего повышения номинальных напряжений генераторов на основе новых разработок изоляций статорных обмоток.

Тема 6. Грозозащита станций и подстанций от волн перенапряжений набегающих с линий

Необходимость защиты подстанционного и станционного электрооборудования от влияния набегающих волн. Принципы защиты подстанций (п/с) и эл. станций от набегающих волн. Уровень подстанционной изоляции. Основные способы и аппараты защиты от влияния набегающих волн. Напряжение на изоляции электрооборудования станций и подстанций в наипростейших схемах. Схема тупиковой подстанции, когда ёмкость включена до защитного разрядника (РВ). Схема тупиковой подстанции, когда ёмкость включена после защитного разрядника (РВ). Выводы.

Тема 7. Внутренние перенапряжения и меры по их ограничению

Общие положения. Коммутационные перенапряжения. Резонансные перенапряжения. Перенапряжения при отключении асинхронных электродвигателей с фазным ротором.

Тема 8. Переходные процессы при однофазных дуговых к. з. на землю в системах с изолированной нейтралью

Расчёт токов короткого замыкания в конкретной системе. Расчётная схема установки и схема замещения. Базовое напряжение и базовое сопротивление. Преобразование расчётных схем. Определение x_{PEZ} в точке к. з. Примеры расчёта токов короткого замыкания.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
Семестр 1(5)				
1.	Вводная лекция	4		2
2.	Электрические разряды в газах. Начальные напряжения электрического разряда	4		
3.	Режимы работы нейтрали в электроустановках электрических сетей	4		2
4.	Перенапряжения и изоляция обмоток силовых трансформаторов	5		
Семестр 2(6)				
5.	Электрическая изоляция высоковольтных вращающихся электрических машин	4		2
6.	Грозозащита станций и подстанций от волн перенапряжений набегающих с линий	4		
7.	Внутренние перенапряжения и меры по их ограничению	5		2
8.	Переходные процессы при однофазных дуговых к. з. на землю в системах с изолированной нейтралью	4		
Итого:		34		8

4.4. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
Семестр 1(5)				
1.	Вводное занятие. Техника безопасности.	2		
2.	Исследование электрической прочности воздушных промежутков при переменном напряжении.	2		2
3.	Исследование распределения напряжения по гирлянде изоляторов.	4		
4.	Однофазные замыкания на землю и смещение нейтрали в системах с изолированной нейтралью и дугогасящей катушкой	4		2
5.	Защита электрооборудования подстанций от набегающих волн.	4		
6.	Защита лабораторных работ. Подведение итогов.	1		
Семестр 2(6)				
10.	Вводное занятие. Техника безопасности	2		
11.	Нерезонирующий трансформатор.	2		2
12.	Исследование электрической прочности воздушных промежутков при постоянном напряжении.	2		
13.	Определение сухоразрядных напряжений изоляторов.	2		

№	Название темы	Объем часов		
14.	Регулирование электрического поля в месте выхода обмотки из паза статора вращающейся машины высокого напряжения	2		
15.	Разряды в воздухе по поверхности твёрдого диэлектрика.	2		2
16.	Генератор импульсных напряжений	4		
18.	Защита лабораторных работ. Подведение итогов.	1		
Итого:		34		8

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
			Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
Семестр 1(5)					
1.	Исследование электрической прочности воздушных промежутков при переменном напряжении.	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	2		2
2.	Исследование распределения напряжения по гирлянде изоляторов.	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		
3.	Однофазные замыкания на землю и смещение нейтрали в системах с изолированной нейтралью и дугогасящей катушкой	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		2
4.	Защита электрооборудования подстанций от набегающих волн.	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		
5.	Электрическая прочность изоляционных конструкций электрических установок		2		11
6.	Внутренняя изоляция электрических установок		2		11
7.	Изоляционные конструкции оборудования высокого напряжения		1		10
8.	Волновые процессы в линиях электропередачи		1		10
Семестр 2(6)					
9.	Нерезонирующий трансформатор.	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	2		2
10.	Исследование электрической прочности воздушных промежутков при постоянном напряжении.	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	2		

№	Название темы	Вид СРС	Объем часов		
11.	Определение сухоразрядных напряжений изоляторов.	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	2		
12.	Регулирование электрического поля в месте выхода обмотки из паза статора вращающейся машины высокого напряжения	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	2		
13.	Разряды в воздухе по поверхности твёрдого диэлектрика.	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	2		2
14.	Генератор импульсных напряжений	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4		
15.	Молния как источник грозовых перенапряжений		8		15
16.	Молниеотводы и заземлители		8		16
17.	Разрядники и ограничители перенапряжений		8		15
18.	Грозозащита линий электропередачи		8		16
19.	Грозозащита электрооборудования подстанций и вращающихся электрических машин		10		16
Итого:			76		128

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Техника высоких напряжений» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

- использование электронных образовательных ресурсов (презентационные материалы, электронные конспект лекций, методические указания к лабораторным работам, методические указания к самостоятельному изучению дисциплины, размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям;

- технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие, а именно, каждая лабораторная работа выполняется несколькими студентами

совместно в бригадах по 4-5 чел. Для каждой бригады имеется свое задание, общее для студентов этой бригады. Кроме этого, каждый студент получает свое индивидуальное задание к лабораторной работе, что позволяет мотивировать каждого студента на совместную работу в команде.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Загирняк М.В., Невзлин Б.И., Орлов В.В. Изоляция и перенапряжения в электрических системах и установках высокого напряжения: учебное пособие. - Харьков: Точка, 2012.- 552с.

2. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах: Учебник для вузов / В.В. Базуткин, В.П. Ларинов, Ю.С. Пинталь; Под общ. ред. В.П. Ларинова. – 3-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.

3. Техника высоких напряжений «Учебник для студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов». Под общей ред. Д.В. Разевига. Изд. 2-е, перераб и доп. М., «Энергия», 1976. – 488 с.

4. Г.Н. Александров, В.Л. Иванов, К.П. Кадомская и др. Техника высоких напряжений. Под ред. М.В. Костенко. М., «Высшая школа», 1973. – 528 с. Авт.:

б) дополнительная литература

1. Половой И.Ф., Михайлов Ю.А., Хамитов Ф.Х. Перенапряжения на электрооборудовании высокого и сверхвысокого напряжения. Л., «Энергия». 1975. – 263 с.

2. Иманов Г.М., Хамитов Ф.Х., Таджибаев А.И. Методика выбора нелинейных ограничителей необходимых для защиты изоляции сетей низкого, среднего высокого и сверхвысокого напряжения трехфазного переменного тока. Изд. ПЭИПК Минэнерго РФ, С.-Петербург, 2004 г.

3. Костенко М.В., Богатенков И.М., Михайлов Ю.А., Фирудин Х.Х. Грозозащита подстанций и электрических машин высокого напряжения. – Л.: Изд. Ленинградского политехнического института, 1982. – 56 с.

4. П.И. Анастасиев, М.М. Зеленецкий, Ю.А. Фролов. Молниезащита зданий и сооружений. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1975. – 120 с.

в) методические рекомендации

1. Колесниченко С.П. Техника высоких напряжений: Конспект лекций по дисциплине "Техника высоких напряжений" - Луганск: ЛНУ им. В.И. Даля, 2017. - 73с. (электронная версия).

2. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине: «Техника высоких напряжений» / Сост. С.П. Колесниченко, О.С. Парсентьев.- Луганск: Изд-во ВНУ им. В.И. Даля, 2019. – 35 с.

3. Методические указания к самостоятельному изучению курса по дисциплине: «Техника высоких напряжений» / Сост. В.В. Орлов. Луганск: Изд-во ВНУ им. В.И. Даля, 2012. – 30 с.

г) интернет-ресурсы:

Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/>

Справочная правовая система «Консультант Плюс» – Режим доступа: URL: <https://www.consultant.ru/sys/>

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Техника высоких напряжений» предполагает использование специализированной лаборатории (ауд. 219, 1-го корпуса) и академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Техника высоких напряжений»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-4 Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	Пороговый	знать: конструкцию и принцип работы, технические характеристики, конструктивные особенности основного и защитного электрооборудования, технических способов, используемых в системах связанных с перенапряжениями, которые обеспечивают защиту изоляции от влияния перенапряжений; методы их математического описания и расчёта; основные требования, предъявляемые к передаче и распределению электроэнергии; достижения науки и техники, передовой отечественный и зарубежный опыт в данной области; правила устройства электроустановок и правила безопасности при работе на этих установках;
Основной		Базовый	уметь: составлять и читать рациональные схемы главных подстанций и распределительных устройств, основного и защитного электрооборудования; на основе расчётных и справочных данных электрооборудования и сети электропотребления составлять техническую документацию с необходимыми чертежами, схемами и расчётами;
Заключительный		Высокий	владеть: навыками практической работы на электроустановках высокого напряжения.

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в
результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения), очно/заочно
1	ПК-4	Способен участвовать в эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-4.1. Знать: методы обеспечения функциональной безопасности электрических сетей и электроустановок различных уровней напряжения ПК-4.2. Уметь: решать производственно-технические задачи по сопровождению эксплуатации, техническому обслуживанию объектов профессиональной деятельности ПК-4.3 Владеть: методами обеспечения функциональной безопасности электрических сетей и электроустановок различных уровней напряжения.	Тема 1. Вводная лекция	5
				Тема 2. Электрические разряды в газах. Начальные напряжения электрического разряда	5
				Тема 3. Режимы работы нейтрали в электроустановках электрических сетей	5
				Тема 4. Перенапряжения и изоляция обмоток силовых трансформаторов	5
				Тема 5. Электрическая изоляция высоковольтных вращающихся электрических машин	6
				Тема 6. Грозозащита станций и подстанций от волн перенапряжений набегающих с линий	6
				Тема 7. Внутренние перенапряжения и меры по их ограничению	6
				Тема 8. Переходные процессы при однофазных дуговых к. з. на землю в системах с изолированной нейтралью	6

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-4 Способен решать производственно-технологические задачи при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-4.1. Знать: режимы работы объектов профессиональной деятельности	знать: конструкцию и принцип работы, технические характеристики, конструктивные особенности основного и защитного электрооборудования, технических способов, используемых в системах связанных с перенапряжениями, которые обеспечивают защиту изоляции от влияния перенапряжений; методы их математического описания и расчёта; основные требования, предъявляемые к передаче и распределению электроэнергии; достижения науки и техники, передовой отечественный и зарубежный опыт в данной области; правила устройства электроустановок и правила безопасности при работе на этих;	Тема 1. Вводная лекция Тема 2. Электрические разряды в газах. Начальные напряжения электрического разряда Тема 3. Режимы работы нейтрали в электроустановках электрических сетей Тема 4. Перенапряжения и изоляция обмоток силовых трансформаторов Тема 5. Электрическая изоляция высоковольтных вращающихся электрических машин Тема 6. Электрическая изоляция высоковольтных вращающихся электрических машин Тема 7. Внутренние перенапряжения и меры по их ограничению	тестовые задания к лабораторным работам
		ПК-4.2. Уметь: рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности	уметь: составлять и читать рациональные схемы главных подстанций и распределительных устройств, основного и защитного электрооборудования; на основе расчётных и справочных данных электрооборудования и сети электропотребления составлять техническую документацию с необходимыми чертежами, схемами и расчётами;	Тема 8. Переходные процессы при однофазных дуговых к. з. на землю в системах с изолированной нейтралью Тема 9. Внутренняя изоляция электрических установок Тема 10. Изоляционные конструкции оборудования высокого напряжения Тема 11. Волновые процессы в линиях электропередачи Тема 12. Молния как источник грозовых перенапряжений	тестовые задания к лабораторным работам
		ПК-4.3 Владеть: методами обеспечения функциональной безопасности электрических сетей и электроустановок различных уровней напряжения.	владеть: навыками практической работы на электроустановках высокого напряжения.	Тема 13. Молниеотводы и заземлители Тема 14. Разрядники и ограничители перенапряжений Тема 15. Грозозащита линий электропередачи Тема 16. Грозозащита электрооборудования подстанций и вращающихся электрических машин	тестовые задания к лабораторным работам

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Техника высоких напряжений»

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Техника высоких напряжений» содержат вопросы порогового, базового и высокого уровня. Вопросы порогового уровня направлены на определение наличия теоретических знаний у студента по данной дисциплине. Вопросы базового уровня позволяют определить умения составлять и читать рациональные схемы главных подстанций и распределительных устройств, основного и защитного электрооборудования; на основе расчётных и справочных данных электрооборудования и сети электропотребления составлять техническую документацию с необходимыми чертежами, схемами и. Вопросы высокого уровня диагностируют владение студентом навыками практической работы на электроустановках высокого напряжения.

Тест № 1

Вариант 1

1. Во сколько раз отличается скорость электрона и положительного иона?
а) 2 раза б) 10 раз в) 100 раз
г) 1000 раз д) правильного ответа нет.
2. К нормальным условиям относят?
а) давление б) температуру
в) влажность г) процент кислорода
д) правильного ответа нет.
3. Рассчитайте относительную плотность воздуха если температура воздуха 7°C , атмосферное давление $1,013 \cdot 10^5$ Па.
4. Объясните, почему явление короны сопровождается свечением?

Тест № 1

Вариант 2

1. Абсолютная влажность воздуха при нормальных условиях равна:
а) 7 г/м^3 б) 9 г/м^3 в) 11 г/м^3
г) 15 г/м^3 д) 20 г/м^3 е) правильного ответа нет.
2. К нормальным условиям относят?
а) давление и температуру б) давление, влажность и процент кислорода
в) давление влажность и температуру г) влажность и температуру
д) правильного ответа нет.
3. Рассчитайте относительную плотность воздуха если температура воздуха 20°C , атмосферное давление $1,03 \cdot 10^5$ Па.
4. Объясните смысл формулы, дающей условие возникновения самостоятельного разряда.

Тест № 2

Вариант 1

1. Формула, выражающая длину свободного пробега электрона в газовой среде, означает:
а) его зависимость от начальной скорости б) способность электрона ионизировать молекулу газа
в) расстояние до столкновения с молекулой газа г) расстояние до момента рекомбинации
д) правильного ответа нет.

2. Закон Пашена связывает разрядное напряжение с:
 - а) влажностью воздуха, б) напряженностью электрического поля в) произведением δS
 - г) геометрией электродов д) правильного ответа нет.
3. Как увеличение радиуса кривизны электродов влияет на разрядное напряжение?
 - а) увеличивает б) уменьшает в) не влияет г) правильного ответа нет.
4. Объясните, почему с увеличением температуры газа разрядное напряжение уменьшается?

Тест № 2

Вариант 2

1. Почему разрядное напряжение для промежутка стержень-плоскость при положительной полярности стержня оказывается ниже, чем при отрицательной?
2. Как влияет на разрядное напряжение заземление одного из электродов?
 - а) увеличивает б) не изменяет
 - в) уменьшает г) правильного ответа нет.
3. Что является причиной свечения, сопровождающего корону?
4. Объясните, почему с увеличением давления газа и влажности воздуха разрядное напряжение увеличивается?

Тест № 3

Вариант 1

1. От каких факторов зависят величины ёмкостей C_1 и C_2 для реальных гирлянд изоляторов?
 - а) температуры б) давления в) влажности воздуха
 - г) загрязнённости изоляторов д) правильного ответа нет.
2. Почему в реальных гирляндах ёмкость C_1 больше ёмкости C_2 ?
 - а) больше площадь электродов б) больше расстояние между электродами в) больше диэлектрическая постоянная г) из-за загрязнённости поверхности изоляторов
 - д) правильного ответа нет.
3. Как влияет расщепление провода на распределение напряжения вдоль гирлянды?
4. Как влияет увеличение собственной ёмкости изоляторов на распределение напряжения?

Тест № 3

Вариант 2

1. От какого фактора больше зависят величины ёмкостей C_1 и C_2 для реальных гирлянд изоляторов?
 - а) температуры б) материала траверсы в) давления воздуха
 - г) загрязнённости изоляторов д) правильного ответа нет.
2. Каким образом можно увеличить C_0 ?
 - а) увеличить диаметр изоляторов б) увеличить ϵ цемента в) усилить оребрение изолятора
 - г) нанести покрытие на изолятор д) правильного ответа нет.
3. В каком случае ёмкость C_2 больше, при одиночном или расщеплённом проводе?
4. Какой параметр существенно изменяет защитная арматура?

Тест № 4

Вариант 1

1. Какие параметры влияют на увеличение напряжения на защищаемой изоляции?
 - а) ток молнии б) крутизна фронта падающей волны
 - в) ёмкость оборудования г) расстояние до разрядника
 - д) правильный вариант отсутствует.

2. Каким фактором вызвано появление короткого пика напряжения на изоляции, если разрядник стоит за оборудованием?
 - а) временем движения волны б) изменением знака отраженной волны
 - в) пробоем разрядника г) ёмкостью оборудования д) правильный вариант отсутствует.
3. Каково критическое расстояние от точки удара молнии до защищаемого оборудования по крутизне набегающей волны?
 - а) 1 км б) 2 км в) 3 км г) 5 км д) правильный вариант отсутствует.
4. Испытательное напряжение при срезанной волне для внутренней изоляции трансформатора с номинальным напряжением 110 кВ равно:
 - а) 170 кВ б) 250 кВ в) 330 кВ г) 470 кВ д) правильный вариант отсутствует.

Тест № 4

Вариант 2

1. Какие параметры влияют на увеличение напряжения на защищаемой изоляции?
 - а) индуктивность соединительных проводов б) крутизна фронта падающей волны
 - в) ёмкость оборудования г) расстояние до разрядника
 - д) правильный вариант отсутствует.
2. Какие конструкции искровых промежутков разрядников позволяют многократно выдерживать токи до 10 кА?
 - а) с многократным искровым промежутком б) с плоскими пружинами
 - в) с латунными шайбами г) с магнитным гашением
 - д) правильный вариант отсутствует.
3. Почему в некоторых случаях после пробоя разрядника происходят колебательные процессы?
4. Испытательное напряжение при срезанной волне для внешней изоляции трансформатора с номинальным напряжением 110 кВ равно:
 - а) 170 кВ б) 350 кВ в) 570 кВ г) 670 кВ д) правильный вариант отсутствует.

Тест № 5

Вариант 1

1. Какой режим настройки дугогасящей катушки является наилучшим для уменьшения тока замыкания на землю:
 - а) недокомпенсация б) точная настройка в) перекомпенсация г) правильного ответа нет.
2. Как должны настраиваться дугогасящие аппараты с учётом уменьшения напряжения смещения нейтрали при несимметрии ёмкостей:
 - а) недокомпенсация б) точная настройка в) перекомпенсация г) правильного ответа нет.
3. Как влияет дугогасящая катушка на восстановление напряжения?
4. Как влияет дугогасящая катушка при несимметрии ёмкостей фаз на напряжение смещения нейтрали системы и на напряжения фаз относительно земли?

Тест № 5

Вариант 2

1. Что такое недокомпенсация, точная настройка, перекомпенсация?
2. Каким образом настраиваются дугогасящие катушки?
 - а) изменением количества витков б) изменением магнитного зазора
 - в) изменением тока подмагничивания г) изменением расстояния между катушками
 - д) правильного ответа нет.
3. Каким образом обеспечивается линейность ВАХ дугогасящей катушки?
4. Как должны настраиваться ДГК с учётом компенсации тока замыкания на землю, уменьшения скорости восстановления напряжения, уменьшения напряжения смещения нейтрали?

Тест № 6

Вариант 1

1. Чем обусловлена правильная последовательность пробоя искровых промежутков ГИН?
а) ёмкостями конденсаторов б) величиной зарядных резисторов в) диаметром шаров искровых промежутков г) расстоянием между электродами ИП
д) правильного ответа нет.
2. Как регулируется амплитуда волны напряжения на выходе ГИН?
а) регулированием питающего напряжения б) величиной зарядных резисторов
в) расстоянием между электродами ИП г) расстоянием между электродами отсекаателя
д) правильного ответа нет.
3. Как изменяется коэффициент использования ГИН при увеличении длины фронта генерируемого импульса?
4. Объясните назначение сопротивлений, включаемых последовательно с искровыми промежутками ГИН.

Тест № 6

Вариант 2

1. С помощью какого элемента схемы ГИН создаётся постоянное напряжение для заряда конденсаторов?
а) полупроводникового диода б) искровых промежутков в) кенотрона г) фазотрона
д) правильного ответа нет.
2. Параметры какого элемента схемы ГИН необходимо изменить при замене объекта испытаний, чтобы коэффициент формы волны соответствовал стандартному значению 1,2/50 мкс?
а) разрядное сопротивление б) фронтовое сопротивление
в) ёмкость фронтового конденсатора г) расстояния между электродами ИП
д) правильного ответа нет.
3. Как изменяется коэффициент использования ГИН при увеличении длины волны генерируемого импульса?
4. На что влияет величина напряжения подаваемого на первичную обмотку высоковольтного трансформатора?

Тест № 7

Вариант 1

1. Что такое эквивалентная частота?
2. Почему в начальный момент времени напряжение распределяется только по ёмкостным элементам?
3. Как изменится «входная» ёмкость трансформатора при наличии экрана?
4. Какое основное условие расчёта нерезонирующего трансформатора?

Тест № 7

Вариант 2

1. Как отличается начальное и установившееся распределение напряжения?
2. Как должна изменяться ёмкость экранированных элементов по длине обмотки от ввода?
а) увеличиваться б) не изменяться
в) уменьшаться г) правильного ответа нет.
3. От чего зависит начальная входная ёмкость трансформатора $C_{вх}$?
4. Объясните возможность изучения процесса начального распределения напряжения.

Тест № 8

Вариант 1

1. При какой напряженности электрического поля возможно возникновение короны или скользящих разрядов в месте выхода обмотки из паза статора:
а) 2,5 кВ/см б) 8,7 кВ/см в) 20 кВ/см г) 31 кВ/см
д) правильного ответа нет.
2. Какой способ снижения напряженности электрического поля в месте выхода обмотки из паза статора наиболее технологичен?
а) нанесение проводящего покрытия б) нанесение полупроводящего покрытия
в) с помощью проводящих экранов; г) полупроводящей стеклоткани
д) правильного ответа нет.
3. Какой величины должна приниматься действительная длина покрытия – больше или меньше расчётной и почему?
4. Чем определяется длина проводящего покрытия в месте выхода обмотки из паза статора?

Тест № 9

Вариант 1

1. Как величина сухоразрядного напряжения зависит от времени воздействия напряжения на изоляцию?
а) не зависит б) сухоразрядное напряжение со временем снижается
в) сухоразрядное напряжение со временем увеличивается г) сухоразрядное напряжение со временем значительно увеличивается
д) правильного ответа нет.
2. Какое влияние оказывают воздушные прослойки между диэлектриком и электродами на работу изолятора?
а) увеличивают разрядное напряжение б) уменьшают разрядное напряжение
в) уменьшают разрядное напряжение со временем г) не влияют на разрядное напряжение
д) правильного ответа нет.
3. Какими способами увеличивают сухо и мокроразрядное напряжение изоляторов?
4. Какие факторы приводят к искажению поля на поверхности изолятора?

Тест № 10

Вариант 1

1. Какой материал менее гигроскопичен и чем это объясняется?
а) стекло б) фарфор в) стеклопластик
г) парафин д) винипласт.
2. Какие конструкционные элементы используют для увеличения напряжения перекрытия проходных изоляторов?
3. С какой целью устанавливается экран в опорном изоляторе?
4. Почему при помещении диэлектрика в однородном поле разряд будет происходить всегда по его поверхности?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Тестовые задания к лабораторным работам»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
хорошо (4)	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
удовлетворительно (3)	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
неудовлетворительно (2)	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Теоретические вопросы

1. Основные сведения об электрофизических процессах в диэлектриках. Движение заряженных частиц в газе.
2. Пробивное напряжение в однородном поле. Стриммерная теория разряда.
3. Электрическая прочность воздушных промежутков. Начальные напряжения электрического разряда, коэффициенты ионизации в газах; условие самостоятельности разряда, закон Пашена.
4. Влияние давления, температуры и влажности воздуха на разрядные напряжения в однородном поле. Функции распределения разрядных напряжений.
5. Методы повышения электрической прочности газов.
6. Коронный разряд на проводах линии электропередачи. Потери энергии на местную корону. Экологическое воздействие коронного разряда.
7. Электропроводность жидких диэлектриков, общие понятия. Электропроводность в слабых и сильных полях.
8. Пробой жидких диэлектриков.
9. Электропроводность твёрдых диэлектриков.
10. Поляризация диэлектриков. Диэлектрические потери, факторы вызывающие эти потери.
11. Пробой твёрдых диэлектриков.
12. Подстанционные и линейные изоляторы, технические параметры и конструкции изоляторов.
13. Механизм перекрытия изолятора в сухом состоянии, разрядные напряжения.
14. Изоляция воздушных линий электропередачи на опорах; изоляционные расстояния в пролётах воздушных линий; особенности изоляции линий на деревянных опорах.
15. Механизм перекрытия изолятора при загрязнённой и увлажнённой поверхности и под дождём.
16. Защита электрооборудования подстанций от набегающих из линий волн грозовых перенапряжений.
17. Маслобарьерная и бумажно-масляная изоляции, область использования, конструктивное исполнение, основные технические характеристики.
18. Молния как источник грозовых перенапряжений. Образование грозовых волн, развитие грозового разряда, параметры молнии.
19. Основные принципы построения защиты от коммутационных перенапряжений. Ограничение перенапряжений с помощью вентильных разрядников и встроенных в выключатели резисторов.

20. Разряды в резко неоднородных полях. Влияние полярности электродов. Разрядные напряжения в газах по опытным данным.
21. Волновые процессы на подходах к подстанциям. Развитие колебаний в обмотках трансформаторов при влиянии грозowych туч, градиенты перенапряжений в обмотках.
22. Общая характеристика координации изоляции. Характеристики изоляции при атмосферных и внутренних перенапряжениях.
23. Внутренние перенапряжения и защита от них в системах с изолированной нейтралью с компенсацией ёмкостных токов.
24. Методы испытания изоляции. Испытание изоляции повышенным напряжением, нормы испытательного напряжения, измерение сопротивления изоляции.
25. Перенапряжения при отключении двухфазных коротких замыканий.
26. Изоляция кабелей высокого напряжения. Структура бумажно-масляной кабельной изоляции. Кабели с вязкой пропиткой; развитие ветвистого пробоя в изоляции кабеля.
27. Нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН), назначение, принцип действия, конструктивное исполнение.
28. Образование грозowych туч, развитие грозowego разряда, избирательность разряда, параметры и влияние тока молнии.
29. Молниеотводы. Принцип действия, зона защиты, заземления, конструктивное исполнение.
30. Молниезащита электрических машин.
31. Время разряда и вольт-секундные характеристики воздушных промежутков.
32. Методы исследования грозозащиты реальных подстанций.
33. Частичные разряды в изоляции, интенсивность, причины возникновения, индикация и изменение интенсивности частичных разрядов.
34. Перенапряжения при отключении ненагруженных линий.
35. Внутренняя защита изоляции обмоток трансформатора от воздействия внешних импульсных перенапряжений.
36. Перенапряжения при автоматическом повторном включении (АПВ).
37. Перенапряжения в контуре, который состоит из индуктивности со стальным сердечником и ёмкости. Резонансные перенапряжения.
38. Изоляция силовых кабелей высокого напряжения.
39. Распространение волн в линиях без потерь, преломление и отражение волн, правило Петерсена, прохождение волн мимо ёмкости или через индуктивность.
40. Регулирование электрических полей в изоляции электрических машин высокого напряжения. Меры борьбы с коронным разрядом в обмотках статора.
41. Вентильные разрядники, назначение, принцип действия, конструктивное исполнение.
42. Нерезонирующий трансформатор; основное условие расчёта параметров нерезонирующего трансформатора.
43. Методика определения коэффициента ударной ионизации в газах « α ».
44. Маслонаполненные кабели низкого, среднего и высокого давлений. Основные электрические характеристики изоляции.
45. Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю в системах с изолированной нейтралью. Короткое замыкание фазы на землю, роль дугогасительной катушки, её выбор и настройка.
46. Изоляция вводов высокого напряжения (трансформаторов, выключателей), особенности конструкции вводов.
47. Виды старения внутренней изоляции, общие закономерности электрического и теплового старения. Старение изоляции при механических нагрузках.
48. Трубочатые разрядники, назначение принцип действия, конструктивное исполнение.
49. Частичные разряды в бумажно-масляной и маслобарьерной изоляции.
50. Схема замещения обмотки трансформатора для анализа волновых процессов. Параметры элементов схемы.
51. Перенапряжения при отключении малых индуктивных токов (срез тока).

52. Методы профилактического контроля внутренней изоляции.
53. Скользящий разряд по поверхности твёрдого диэлектрика в воздушной и жидкой изоляционной среде.
54. Кратковременная электрическая прочность внутренней изоляции.
55. Тросовые молниеотводы, назначение, условия выбора и места установки молниеотвода.
56. Индуктированные перенапряжения на линиях электропередачи.
57. Перенапряжения при отключении асинхронных электродвигателей с фазным ротором.
58. Разряды в газах при импульсах. Время разряда и его структура. Вольт-секундные характеристики и их значение при координации изоляции.
59. Генераторы импульсных напряжений (ГИН). Принцип действия многоступенчатого ГИН и методы регулирования формы импульса.
60. Методика настройки дугогасящих аппаратов в системах с изолированной нейтралью с учётом величины тока к.з. на землю, уменьшения скорости восстановления напряжения и уменьшения напряжения смещения нейтрали при несимметрии ёмкостей проводов фаз.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль («экзамен»)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)