

Учреждение образования «Гомельский Государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого
_____ О.Д.Асенчик

07.07.2020

Регистрационный № УД-55-82/уч.

ИЗОЛЯЦИЯ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ /
ИЗОЛЯЦИЯ И ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»
1-43 01 02 - «Электроэнергетические системы и сети»

Учебная программа составлена на основе:

- образовательных стандартов специальности 1-43 01 02-2013 «Электроэнергетические системы и сети» ОСВО 1-43 01 02 -2013 и учебного плана первой ступени высшего образования специальности «Электроэнергетические системы и сети» рег. №I 43-1-08/уч. от 21.05.2018;
- образовательных стандартов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» ОСВО 1-43 01 03-2019 и учебных планов первой ступени высшего образования: специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», рег. № I 43-1-07/уч. от 06.02.2019; рег. № I 43-1-53/уч. от 05.04.2019, рег. № I 43-1-39/уч. от 08.02.2019.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Жуковец С.Г., старший преподаватель кафедры «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»;

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Шаповалов А.В., заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;

Дробышевский И.Н., главный энергетик ОАО «Новобелицкий комбинат хлебопродуктов».

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

(протокол № 11 от 29.04.2020);

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого.

(протокол № 8 от 26.05.2020) УДэф -07-16/уч.

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

(протокол № 5 от 04.06.2020); рег. № УДз-110-18у.

Научно-методическим советом учреждения образования Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого.

(протокол №5 от 25.06.2020).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В курсах «Изоляция и перенапряжения» и «Изоляция и перенапряжения в электроэнергетических системах» изучаются вопросы, относящиеся к конструированию, технологии изготовления, испытаниям и эксплуатации изоляции электрических установок, причинам возникновения перенапряжений в электрических сетях и методам их ограничения, т.е. координация изоляции.

Цель изучения дисциплины – показать студентам взаимную связь между электрическими свойствами основных видов изоляции, уровнями взаимодействующих на нее при эксплуатации перенапряжений и характеристиками защитной аппаратуры, а также вытекающие из этой взаимосвязи освоение навыков квалифицированной эксплуатации электроустановок.

Задача изучения дисциплины заключается в освоении студентами требований к изоляционным конструкциям, принципы выполнения изоляции, основные характеристики внешней и внутренней изоляции электроустановок, режимы систем электроснабжения, вызывающие перенапряжения, методы расчета и способы ограничения перенапряжений, выбор защитных аппаратов, нормы и методы проведения испытаний изоляции, методы профилактического контроля изоляции.

Дисциплина относится к числу специальных дисциплин и играет существенную роль при подготовке инженеров - энергетиков и позволяет изучить:

- виды воздействующих перенапряжений в электроэнергетических системах;
- виды изоляций электрических аппаратов и электрооборудования;
- объекты и нормы высоковольтных испытаний;
- методы защиты электрооборудования от перенапряжений в электроэнергетических системах.

Учебные дисциплины «Изоляция и перенапряжения» и «Изоляция и перенапряжения в электроэнергетических системах» взаимосвязаны между собой и учебной дисциплиной как «Конструкционные и электротехнические материалы».

В результате изучения дисциплины студент – должен знать:

- устройство изоляции электроустановок;
- причины возникновения перенапряжений;
- методы защиты электрооборудования от перенапряжений;

должен уметь:

- использовать нормативные документы при выборе устройств защиты от перенапряжений;
- учитывать значения уровней внутренних и грозовых перенапряжений, воздействующих на изоляцию оборудования электрических систем при ее выборе;
- использовать необходимые средства для снижения перенапряжений;

должен владеть:

- современными методами расчета изоляционных конструкций внешней и внутренней высоковольтной изоляции, расчета возможных атмосферных и

внутренних перенапряжений и выбора средств защиты для минимизации их возможных воздействий.

В рамках учебной программы требуются следующие академические, социально-личностные и профессиональные компетенции:

для специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
 - владеть системным и сравнительным анализом;
 - владеть исследовательскими навыками;
 - уметь работать самостоятельно;
 - владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
 - иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
 - обладать навыками устной и письменной коммуникации;
 - уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
 - уметь работать в команде;
 - пользоваться контрольно-измерительной аппаратурой для контроля правильности и качества монтажных операций;
 - подбирать соответствующие оборудование, аппаратуру, приборы и инструменты и использовать их при проведении наладочных работ электротехнического оборудования и систем автоматизации;
 - понимать сущность и социальную значимость своей профессии, основные проблемы в конкретной области своей деятельности,
- для специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»:*
- СК-4: знать и анализировать основные показатели качества электроэнергии и работу изоляции оборудования при перенапряжениях.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам, формы текущей аттестации по учебной дисциплине приведены в таблице.

Виды занятий и формы контроля	Дневное отделение		Заочное отделение (полная форма)	Заочное отделение (сокращенная форма)
	ЭС	ЭПП		
Специальность	ЭС	ЭПП	ЗЭ	ЗЭс
Курс	3	3	3,4	3,4
Семестр	6	6	6,7	6,7
Лекции (часов)	32	34	6	4
Лабораторные занятия (часов)	16	17	4	4
Всего аудиторных часов	110	120	120	120
Экзамен (семестр)	6	-	-	-
Зачет (семестр)	-	6	7	7
Всего зачетных единиц	3	3	3	3

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Напряжения, воздействующие на изоляцию электрического оборудования. Электрические характеристики внешней и внутренней изоляции электроустановок. Назначение и основные виды электрической изоляции электроустановок. Требования, предъявляемые к изоляции. Влияние режима заземления нейтрали на перенапряжения в электроэнергетических системах.

Модуль 1. Электрические разряды в газах

Тема 1.1. Электрическая прочность газовых промежутков. Пробивное напряжение газа в однородном поле. Закон Пашена. Коронный разряд в резконеоднородном поле. Пробивное напряжение газа в резконеоднородном поле. Влияние полярности. Методы повышения электрической прочности газов.

Тема 1.2. Разряды в газовых промежутках при импульсных напряжениях. Вольтсекундные характеристики. Коронный разряд на проводах линиях электропередачи. Методы снижения потерь на корону.

Тема 1.3. Разряд в воздухе вдоль поверхности твердого диэлектрика. Развитие разряда при неблагоприятных атмосферных воздействиях.

Модуль 2. Внешняя изоляция воздушных линий и распределительных устройств

2.1. Изоляторы высокого напряжения. Конструкции и характеристики изоляторов высокого напряжения. Распределение напряжения по гирлянде подвесных изоляторов и методы выравнивания этих напряжений. Изоляция воздушных линий (ВЛ). Внешняя изоляция распределительных устройств. Внешняя изоляция в районах повышенного загрязнения.

Модуль 3. Внутренняя изоляция электрооборудования

Тема 3.1. Особенности внутренней изоляции и зависимость ее электрической прочности от времени воздействия напряжения. Регулирование электрических полей во внутренней изоляции. Основные виды внутренней изоляции. Разряды в изолирующих жидкостях. Маслобарьерная изоляция (МБИ).

Тема 3.2. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции. Виды старения внутренней изоляции. Кратковременная электрическая прочность внутренней изоляции. Тепловой и электрический пробои внутренней изоляции.

Модуль 4. Методы и техника испытания изоляции высокого напряжения

Тема 4.1. Неразрушающие методы контроля изоляции: Контроль изоляции по величине тангенса угла диэлектрических потерь. Контроль изоляции по возвратному напряжению. Контроль изоляции по кривой саморазряда. Контроль изоляции по сопротивлению утечки и коэффициенту абсорбции. Контроль изоляции по интенсивности частичных разрядов.

Тема 4.2. Испытания изоляции повышенным напряжением: Испытания изоляции импульсными напряжениями. Испытания изоляции повышенным переменным или постоянным напряжением.

Модуль 5. Перенапряжения в электрических системах и их ограничение

Тема 5.1. Молния как источник грозовых перенапряжений. Интенсивность и количественные характеристики молнии. Защита подстанций от прямых ударов молнии. Принцип действия и конструкции молниеотводов. Зоны защиты. Заземление молниеотводов. Условия безопасного отвода тока по молниеотводу. Эффективность защиты.

Тема 5.2. Молниезащита воздушных ЛЭП. Грозоупорность линий без тросов и с тросами.

Тема 5.3. Грозозащита станций и подстанций. Обратные перекрытия изоляции на подстанции. Выбор длин защитного подхода. Защита подстанции от набегающих волн перенапряжения. Переходные процессы в обмотках трансформатора при грозовых перенапряжениях. Защита разземленной нейтрали трансформатора. Грозозащита электрических машин, подключенных к воздушным линиям.

Тема 5.4. Защитные разрядники и ограничители перенапряжений. Разрядники, назначение, параметры и характеристики. Ограничители перенапряжений. Особенности их работы и выбор. Длинно-искровые разрядники - область применения, назначение.

Тема 5.5. Внутренние перенапряжения в электроэнергетических системах. Общая характеристика установившихся и коммутационных перенапряжений. Перенапряжения при несимметричных коротких замыканиях. Феррорезонансные перенапряжения в электрических системах.

Тема 5.6. Коммутационные перенапряжения. Перенапряжения при включении разомкнутой линии. Коммутационные перенапряжения при отключении симметричных и несимметричных КЗ. Перенапряжение при отключении индуктивности и емкостей. Перенапряжения при дуговых замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью. Координация изоляции электрических систем.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»

(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Введение	2						
1.	Электрические разряды в газах	8						зачёт
1.1.	Электрическая прочность газовых промежутков	4			3			тест
1.2.	Разряды в газовых промежутках при импульсных напряжениях.	2			2			тест
1.3.	Разряд в воздухе вдоль поверхности твердого диэлектрика.	2			2			тест
2.	Внешняя изоляция воздушных линий и распределительных устройств	2						зачёт
2.1.	Изоляторы высокого напряжения	2			2			тест
3.	Внутренняя изоляция электрооборудования	4						зачёт
3.1.	Особенности внутренней изоляции и зависимость ее электрической прочности от времени воздействия напряжения.	2						тест
3.2.	Длительная электрическая прочность внутренней изоляции. Кратковременная электрическая прочность внутренней изоляции.	2			2			тест
4	Методы и техника испытания изоляции высокого напряжения	4						зачёт
4.1.	Неразрушающие методы контроля изоляции	2			2			тест
4.2.	Испытания изоляции по-	2						Тест

	вышенным напряжением							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Перенапряжения в электрических системах и их ограничение	14						зачёт
5.1.	Молния как источник грозовых перенапряжений. Интенсивность и количественные характеристики молнии	2						тест
5.2.	Молниезащита воздушных ЛЭП. Грозоупорность линий без тросов и с тросами.	2						тест
5.3.	Грозозащита станций и подстанций.	4						тест
5.4.	Защитные разрядники и ограничители перенапряжений.	2			2			тест
5.5.	Внутренние перенапряжения в электроэнергетических системах.	2			2			тест
5.6.	Коммутационные перенапряжения. Координация изоляции электрических систем.	2						тест
Итого		34			17			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для специальности **1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»**
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Введение	2						
1.	Электрические разряды в газах	8						зачёт
1.1.	Электрическая прочность газовых промежутков	4			2			тест
1.2.	Разряды в газовых промежутках при импульсных напряжениях.	2			2			тест
1.3.	Разряд в воздухе вдоль поверхности твердого диэлектрика.	2			2			тест
2.	Внешняя изоляция воздушных линий и распределительных устройств	2						зачёт
2.1.	Изоляторы высокого напряжения	2			2			тест
3.	Внутренняя изоляция электрооборудования	4						зачёт
3.1.	Особенности внутренней изоляции и зависимость ее электрической прочности от времени воздействия напряжения.	2						тест
3.2.	Длительная электрическая прочность внутренней изоляции. Кратковременная электрическая прочность внутренней изоляции.	2			2			тест
4	Методы и техника испытания изоляции высокого напряжения	4						зачёт
4.1.	Неразрушающие методы контроля изоляции	2			2			тест
4.2.	Испытания изоляции по-	2						тест

	вышенным напряжением							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Перенапряжения в электрических системах и их ограничение	12						зачёт
5.1.	Молния как источник грозовых перенапряжений. Интенсивность и количественные характеристики молнии	2						тест
5.2.	Молниезащита воздушных ЛЭП. Грозоупорность линий без тросов и с тросами.	2						тест
5.3.	Грозозащита станций и подстанций.	2						тест
5.4.	Защитные разрядники и ограничители перенапряжений.	2			2			тест
5.5.	Внутренние перенапряжения в электроэнергетических системах.	2			2			тест
5.6.	Коммутационные перенапряжения. Координация изоляции электрических систем.	2						тест
Итого		32			16			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для специальности **1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»**
(Заочная форма получения образования: полная/сокращённая)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Введение. Электрические разряды в газах.	1/1			2/2			тест
2.	Внешняя изоляция воздушных линий и распределительных устройств. Изоляторы высокого напряжения	1/1			2/2			тест
3.	Внутренняя изоляция электрооборудования. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции. Кратковременная электрическая прочность внутренней изоляции.	1/-						тест
4.	Методы и техника испытания изоляции высокого напряжения. Неразрушающие методы контроля изоляции. Испытания изоляции повышенным напряжением.	1/1						тест
5.	Перенапряжения в электрических системах и их ограничение.	2/1						тест
5.1.	Молниезащита воздушных ЛЭП. Защитные разрядники и ограничители перенапряжений.	1/1						
5.2.	Коммутационные перенапряжения. Координация изоляции электрических систем.	1/-						
Итого		6/4			4/4			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Бочаров, Ю.Н. Техника высоких напряжений: учебное пособие/ Ю.Н. Бочаров, С.М. Дудкин, В.В. Титков. – Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. - Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2013. - 265 с.
Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=36032>
2. Горелов, С.В. Изоляция и перенапряжения в системах электроснабжения: учебное пособие / С.В.Горелов, Л.Н. Татьянченко, С.О.Хомутов. 2-ое изд. – Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2016. Ч.1.- 117с.
Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430452>
3. Титков, В.В. Перенапряжения и молниезащита: учебное пособие/ В.В.Титков, Ф.Х. Халилов.- Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. - Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2011. - 222 с.
Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363061>

Дополнительная литература

4. Кужекин, И.П., Ларионов, В.П., Прохоров, Е.Н. Молния и молниезащита. – М.: «Знак», 2003. 300 с. Ил.
5. Объем и нормы испытаний электрооборудования / Под общ. ред. Б.А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. – 6-е изд., с изм. и доп. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 256 с.
6. Рыбаков, Л.М., Калявин, В.П. Диагностирование оборудование систем электроснабжения. Монография – Йошкар-Ола, Марийское книжное изд-во, 1994.- 196 с.
7. Ушаков, В.Я. Изоляция установок высоко напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 496 с. Ил.
8. Михалков, А.В. Техника высоких напряжений в примерах и задачах./ А.В.Михалков – Москва: Издательство Высшая школа, 1965. - 266с.

Учебно-методические материалы

1. Курганов, В.В. Изоляция и перенапряжения в электроэнергетических системах. Курс лекций для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» и 1-43 01 02 - «Электроснабжение и сети», 2010. – 85с.
2. Курганов, В.В. Техника высоких напряжений. Практическое пособие к лабораторным работам, 2002. -64с.

Электронные учебно-методические комплексы

1. Комплекс электронных тестов.

2. Курганов В.В. Изоляция и перенапряжения в электроэнергетических системах: электронный учебно-методический комплекс дисциплин / В.В.Курганов; кафедра "Электроснабжение". - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010, <http://elib.gstu.by>.
3. Жуковец С.Г. Изоляция и перенапряжения: электронный курс / С.Г.Жуковец; кафедра "Электроснабжение". - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019, <http://elib.gstu.by>.

Примерный перечень лабораторных занятий

1. Техника измерения напряжений при высоковольтных испытаниях.
2. Исследование пробивного напряжения воздушных промежутков в резконеоднородном поле.
3. Исследование электрических разрядов по поверхности твердого диэлектрика.
4. Изучение конструкций линейных изоляторов и исследование распределения напряжений по гирлянде подвесных изоляторов.
5. Исследование феррорезонансных перенапряжений в электрических сетях.
6. Методы испытания изоляции, основанные на явлении абсорбции.
7. Испытания изоляции электрооборудования повышенным напряжением.
8. Конструкции и характеристики защитных разрядников и ОПН

Вопросы к экзамену по дисциплине «Изоляция и перенапряжения в электроэнергетических системах»

для специальности 1-43 01 02 - «Электроэнергетические системы и сети»

1. Цели и задачи курса «Изоляция и перенапряжения в электроэнергетических системах»
2. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Формы самостоятельного разряда.
3. Физические процессы в ионизированных газах. Условие ионизации газов. Виды ионизации.
4. Электрическая прочность газовых промежутков.
5. Пробивное напряжение газа в однородном поле. Закон Пашена.
6. Объясните механизм развития разряда в газе в резко неоднородном поле.
7. Влияние полярности электродов на пробивное напряжение газа. Назначение барьера.
8. Коронный разряд на проводах ЛЭП и методы снижения потерь на корону.
9. Методы повышения электрической прочности газов.
10. Разряд в воздухе вдоль поверхности твердой изоляции.
11. Разряд по сухой и увлажненной поверхности изолятора.
12. Изоляторы высокого напряжения. Назначение и типы.
13. Распределение напряжений по изоляторам гирлянды.
14. Регулирование электрических полей во внутренней изоляции.

15. Основные виды внутренней изоляции.
16. Кратковременная электрическая прочность внутренней изоляции.
17. Длительная электрическая прочность внутренней изоляции.
18. Разряды в жидком диэлектрике и повышение электрической прочности таковой изоляции.
19. Изоляция силовых трансформаторов.
20. Изоляция силовых кабелей.
21. Изоляция силовых выключателей.
22. Объекты и методы высоковольтных испытаний.
23. Измерение диэлектрических потерь.
24. Контроль изоляции по возвратному напряжению и по кривой саморазряда.
25. Контроль изоляции по емкостным характеристикам.
26. Методы испытания изоляции, основанные на явлении абсорбции.
27. Испытание изоляции электрооборудования повышенным напряжением.
28. Испытание изоляции импульсными напряжениями.
29. Понятие перенапряжения в электроэнергетических системах и виды воздействующих перенапряжений
30. Молния как источник грозовых перенапряжений. Основные параметры молнии.
31. Защита от прямых ударов молнии.
32. Защитные зоны стержневых молниеотводов.
33. Грозозащита ЛЭП.
34. Обратные перекрытия изоляции на подстанции.
35. Защита подстанции от набегающих волн перенапряжения.
36. Разрядники. Их параметры и характеристики.
37. Ограничители перенапряжений (ОПН). Устройство и назначение.
38. Классификация внутренних перенапряжений.
39. Устройство и назначение длиноискрового разрядника.
40. Классификация внешних перенапряжений.

Вопросы к зачету по дисциплине «Изоляция и перенапряжения»
для специальности **1-43 01 03 - «Электроснабжение (по отраслям)»**

1. История развития в электроэнергетике высоких напряжений
2. Влияние режима заземления нейтрали на перенапряжения в электроэнергетических системах
3. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Формы самостоятельного разряда.
4. Виды ионизации.
5. Закон Пашена.
6. Ударная ионизация в газе.
7. Влияние полярности электродов на пробивное напряжение газа. Назначение барьера.
8. Разряды в газовых промежутках при импульсных напряжениях.

9. Коронный разряд на проводах ЛЭП и методы снижения потерь на корону.
10. Методы повышения электрической прочности газов.
11. Разряд в воздухе вдоль поверхности твердой изоляции.
12. Изоляторы высокого напряжения. Назначение и типы.
13. Распределение напряжений по изоляторам гирлянды.
14. Регулирование электрических полей во внутренней изоляции.
15. Внутренняя изоляция электроустановок и ее электрические характеристики.
16. Разряды в жидком диэлектрике и повышение электрической прочности такой изоляции.
17. Изоляция силовых трансформаторов, силовых выключателей и кабелей.
18. Неразрушающие методы контроля изоляции.
19. Контроль изоляции по сопротивлению утечки и коэффициенту абсорбции
20. Испытание изоляции электрооборудования повышенным напряжением.
21. Классификация внутренних перенапряжений.
22. Классификация внешних перенапряжений.
23. Молния как источник грозовых перенапряжений. Основные параметры молнии.
24. Защита от прямых ударов молнии.
25. Грозозащита ЛЭП.
26. Обратные перекрытия изоляции на подстанции.
27. Защита подстанции от набегающих волн перенапряжения.
28. Разрядники. Устройство и назначение.
29. Ограничители перенапряжений (ОПН). Устройство и назначение.
30. Устройство и назначение длиноискрового разрядника.

Примерный перечень контрольных вопросов и задач
для самостоятельной работы студентов

1. Опишите явление ударной ионизации и развитие самостоятельного разряда.
2. Охарактеризуйте различие пробоя в однородном и неоднородном полях.
3. Как определяется пробивное напряжение в неоднородном поле?
4. Почему изменение температуры, давления и плотности воздуха влияет на начальное и пробивное напряжения?
5. Особенности пробоя воздуха по поверхности изолятора. Влияние на разрядное напряжение диэлектрической проницаемости диэлектрика и увлажнения его поверхности.
6. Охарактеризуйте процесс прохождения электрического тока в жидких и твердых диэлектриках и как влияют на него различные примеси?
7. Области применения газов под давлением и вакуума в электроустановках.
8. Опишите процесс формирования молнии и ее стадии.
9. Как характеризуется интенсивность грозовой деятельности?
10. Проанализируйте кривые распределения амплитуды и крутизны токов первого и последующего импульсов молнии.
11. На чем основано защитное действие молниеотводов?

12. Как определяется защитная зона одиночных и многократных стержневых молниеотводов?
13. Как выполняются заземлители опор и подстанций, от чего зависит величина импульсного сопротивления?
14. Поясните принципы защиты изоляции ВЛ и ПС от набегающих волн атмосферных перенапряжений.
15. Поясните принцип действия длинно-искровых разрядников.
16. Как выбирается число изоляторов в гирлянде?
17. Каковы принципы грозозащиты ВЛ?
18. Какова оценка уровня грозоупорности ВЛ на металлических опорах без троса и пути ее повышения?
19. Почему удар молнии в вершину опоры на ВЛ с тросом является более тяжелым, чем удар в трос в середине пролета?
20. Как снизить вероятность прорыва молнии через тросовую защиту?
21. С чем связаны более высокие перенапряжения при АПВ по сравнению с плановым включением линии?
22. Какие средства применяются для ограничения внутренних перенапряжений?
23. Чем объясняется нелинейность разрядных напряжений в больших промежутках при увеличении расстояний между электродами?
24. Какие преимущества имеют герметизированные распределительные устройства?
25. Какие профилактические испытания внутренней изоляции должны проводиться в эксплуатации?

Задача 1.

На линии передачи подвешены в горизонтальной плоскости сталеалюминевые провода с внешним радиусом r , расстояние между ними d . Коэффициент шероховатости проводов принять равным 0,85, а коэффициент погоды 1 и 0,8. Частота 50Гц .

Определить потери мощности на корону в сухую и дождливую погоду для воздушной трехфазной линии передачи с линейным напряжением U , протяженностью l при атмосферных условиях, указанных в таблице 1. Определить также напряжение появления короны на проводах воздушной линии передачи в случаях: 1) удвоения радиуса провода, 2) удвоения расстояния между проводами.

Таблица 1

Данные	Номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение линейное U, kV	110	154	220	330	110	330	220	154	110	220

Протяженность $l, км$	120	150	240	300	100	250	200	180	140	260
Температура воздуха, $^{\circ}C$	15	20	25	30	35	40	28	23	18	21
Давление воздуха, $мм рт. ст.$	730	735	740	745	750	760	765	770	750	740
Радиус проводов $r, мм$	6	7	8	10	7	11	7	6	5	6
Расстояние между проводами $d, м$	4	6	7	8	4	8	7	6	4	7

Задача 2.

Определить пробивное напряжение проходного изолятора на номинальное напряжение 6 кВ . Наружный диаметр фарфора D , диаметр токоведущего стержня d , толщина фарфора n , прочность фарфора $E_{пр.ф}$, относительная диэлектрическая проницаемость фарфора ϵ указаны в таблице 2. Прочность воздуха $E_{пр.в} = 30 \text{ кВ/см}$.

Таблица 2

Вариант	$D, см$	$d, см$	$n, см$	ϵ	$E_{пр.ф}, \text{ кВ/см}$
1	7,5	1,1	8	6	60
2	7,5	1,15	9	6	60
3	8	1,2	10	6	65
4	8,5	1,25	11	6,3	68
5	9,4	1,3	12	6,3	70
6	9,5	1,35	13	6,3	75
7	10	1,37	14	6,5	78
8	11	1,38	15	6,5	80
9	12	1,4	16	6,5	85
10	13	1,42	17	6,8	87

Требуется определить начальное напряжение появления короны на стержне и начальное напряжение скользящего разряда, отношение пробивного напряжения к напряжению скользящего разряда.

Привести эскиз проходного изолятора и показать пути разряда.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Производство электроэнергии 2. Охрана труда	«Электроснабжение»	-	№11 от 29.04.2020

Заведующий кафедрой
«Электроснабжение»

А.О.Добродей