

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.07</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	7 семестр - 3; 8 семестр - 3; всего - 6
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>216 часов</b>
<b>Лекции</b>	7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 60 часов
<b>Практические занятия</b>	7 семестр - 16 часов; 8 семестр - 14 часов; всего - 30 часов
<b>Лабораторные работы</b>	7 семестр - 16 часов; 8 семестр - 14 часов; всего - 30 часов
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	7 семестр - 43,7 часа; 8 семестр - 49,5 часа; всего - 93,2 часа
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Домашнее задание Лабораторная работа Расчетно-графическая работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	7 семестр - 0,3 часа;
<b>Экзамен</b>	8 семестр - 2,5 часа; всего - 2,8 часа

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Белогловский А.А.
	Идентификатор	R86421057-BeloglovskyAA-22f7da6

(подпись)

А.А.

Белогловский

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

(подпись)

В.Н. Тульский

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедрой

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

(подпись)

В.Н. Тульский

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины состоит в изучении:

- электрофизических процессов в электрической изоляции оборудования электроэнергетических систем высокого напряжения (ВН), определяющих длительную и кратковременную электрическую прочность изоляции;
- методов контроля состояния изоляции ВН в процессе её эксплуатации;
- основ молниезащиты объектов электрических сетей ВН;
- перенапряжений, воздействующих на изоляцию ВН, методов их ограничения;
- основ координации изоляции.

### Задачи дисциплины

- Изучение электрофизических процессов в электрической изоляции электрооборудования ВН, определяющих её длительную и кратковременную электрическую прочность, методов расчётной оценки электрической прочности газовой изоляции ВН.;

- Изучение электрофизических процессов, лежащих в основе контроля состояния электрической изоляции ВН в процессе её эксплуатации, современных методов диагностики изоляции.;

- Изучение принципов действия и конструкции молниеотводов, принципов построения молниезащиты объектов различного назначения, освоение методов обеспечения грозоупорности линий электропередачи и подстанций ВН.;

- Изучение источников и механизмов формирования грозовых, коммутационных и квазистационарных перенапряжений в электрических сетях ВН.;

- Освоение методики применения нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН) для защиты от перенапряжений и определения требуемых электрических параметров ОПН.;

- Формирование представлений об уровнях изоляции электрооборудования ВН, как совокупности испытательных напряжений, определяемых на этапе координации изоляции..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен применять знание особенностей и характеристик элементов электроэнергетических систем, способов производства и использования электроэнергии в профессиональной деятельности	ИД-3ПК-1 Демонстрирует знание техники высоких напряжений	знать: - Источники и механизмы формирования грозовых перенапряжений в электрических сетях ВН.;- Процессы, приводящие в возникновению коммутационных и квазистационарных перенапряжений в электрических сетях ВН.;- Методику расчёта потерь энергии на местный коронный разряд на воздушных линиях электропередачи ВН, способы снижения этих потерь.;- Принципы действия и конструкции молниеотводов, принципы построения молниезащиты объектов различного назначения, методы обеспечения грозоупорности линий электропередачи и подстанций ВН, включая применение ОПН.;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>- Электрофизические процессы, лежащие в основе контроля состояния электрической изоляции ВН в процессе её эксплуатации, современные методы диагностики изоляции.;</p> <p>- Электрофизические процессы в электрической изоляции электрооборудования ВН, определяющие её длительную и кратковременную электрическую прочность, формы электрических разрядов, методы оценки электрической прочности газовой изоляции ВН.;</p> <p>- Представления об уровнях электрической изоляции электрооборудования ВН, как совокупности испытательных напряжений, определяемых на этапе координации изоляции..</p> <p>уметь:</p> <p>- Вычислять показатели грозоупорности линий электропередачи и открытых распределительных устройств подстанций ВН, определять электрические параметры ОПН, необходимых для улучшения показателей.;</p> <p>- Оценивать уровни электрической изоляции электрооборудования ВН;</p> <p>- Определять потери энергии на местный коронный разряд на воздушных линиях электропередачи ВН.;</p> <p>- Оценивать расчётным путём электрическую прочность газовой изоляции ВН.;</p> <p>- Определять значения величин, характеризующих диэлектрические потери и абсорбцию зарядов во внутренней изоляции ВН.;</p> <p>- Находить значения параметров, характеризующих грозовые перенапряжения в электрических сетях ВН.;</p> <p>- Находить значения параметров, характеризующих коммутационные и квазистационарные перенапряжения в электрических сетях ВН..</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетика и электротехника (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основные понятия теории вероятности и математической статистики.
- знать Основные понятия и законы теории электрического поля и его уравнения.
- знать Основные понятия и законы теории электрических цепей с сосредоточенными и распределенными параметрами, установившихся и переходных процессов в них.
- знать Методы расчёта и анализа трёхфазных цепей переменного тока.
- знать Основные понятия молекулярной и статистической физики.
- знать Принципы производства, передачи и распределения электроэнергии.
- знать Принципиальные схемы электроэнергетических систем и сетей, принципы конструктивного выполнения воздушных и кабельных линий электропередачи.
- знать Принципиальные схемы и основное электротехническое и коммутационное оборудование электрических станций и подстанций, основные режимы работы их электрооборудования.
- знать Основы обеспечения безопасности жизнедеятельности.
- уметь Применять методы математического анализа при решении инженерных задач.
- уметь Выполнять численные и экспериментальные исследования, обрабатывать и анализировать их результаты.
- уметь Решать задачи аналитическими методами, а также на компьютере, используя современное математическое обеспечение для инженерных расчётов.
- уметь Определять параметры схем замещения основных элементов электроэнергетических систем и сетей.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Электрофизические процессы в газовой изоляции	10	7	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Выполнение домашнего задания "Расчёт и анализ начальных напряжений в газовых разрядных промежутках с однородным электрическим полем" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Глава 1 [2], п.п. 1.1-1.8, 2.1-2.5 [5], Лабораторная работа №1</p>	
1.1	Электрофизические процессы в газовой изоляции	10		4	-	2	-	-	-	-	-	4	-		
2	Внешняя изоляция установок высокого напряжения	15		4	4	2	-	-	-	-	-	5	-		<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе "Исследование электрических разрядов в воздухе и по поверхности твёрдого диэлектрика" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Главы 4-8, 17 [2], п.п. 4.1-4.4, 5.1-5.3, 5.6, 5.7 [5], Лабораторная работа №4</p>
2.1	Внешняя изоляция установок высокого напряжения	15		4	4	2	-	-	-	-	-	5	-		
3	Внутренняя изоляция установок высокого напряжения	21		8	4	4	-	-	-	-	-	5	-		
3.1	Внутренняя изоляция установок высокого напряжения	21		8	4	4	-	-	-	-	-	5	-		<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе "Изучение диэлектрических потерь и явления абсорбции зарядов во внутренней изоляции" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Главы 10-14</p>

													[2], п.п. 9.1-9.6, 10.1, 10.2, 10.6, 10.7, 11.1, 11.2, 12.1-12.8 [5], Лабораторные работы №7, №8	
4	Грозовые перенапряжения и молниезащита	44		16	8	8	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Выполнение расчётного задания "Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства подстанции высокого напряжения" <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе "Защита подстанций от набегающих волн грозовых перенапряжений" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Главы 20-24 [2], п.п. 8.1-8.7 [4], стр. 3-30
4.1	Грозовые перенапряжения и молниезащита	44		16	8	8	-	-	-	-	-	12	-	
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>26</b>	<b>17.7</b>
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>43.7</b>	
5	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи	10	8	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Выполнение домашнего задания «Ограничение коронного разряда на проводах воздушных линий электропередачи» <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Глава 16 [2], п.п. 3.1-3.5
5.1	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи	10		4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
6	Внутренние перенапряжения в электрических сетях и защита от них	26		12	4	6	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе "Изучение перенапряжений в линиях дальних электропередач за счёт емкостного эффекта" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Главы 27-29 [5], Лабораторная работа №20
6.1	Внутренние перенапряжения в электрических сетях и защита от них	26		12	4	6	-	-	-	-	-	4	-	
7	Контроль состояния	36		12	10	6	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b>

	внутренней изоляции установок высокого напряжения в условиях её эксплуатации и координация изоляции												Подготовка к лабораторной работе "Измерение характеристик частичных разрядов в изоляции высокого напряжения электрическим методом"
7.1	Контроль состояния внутренней изоляции установок высокого напряжения в условиях её эксплуатации	18	6	4	4	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе "Контроль состояния внутренней изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь"
7.2	Координация изоляции установок высокого напряжения	18	6	6	2	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Главы 19, 25, 30 [2], п.п. 13.1-13.5 [3], стр. 3-22 [5], Лабораторная работа №8 [6], стр. 3-22 [7], стр. 3-38
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	-	2.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2.5</b>	<b>16</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2.5</b>	<b>16</b>	<b>33.5</b>	
	<b>ИТОГО</b>	<b>216.0</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2.8</b>	<b>49.5</b>	<b>93.2</b>	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Электрофизические процессы в газовой изоляции

#### 1.1. Электрофизические процессы в газовой изоляции

Назначение и виды электрической изоляции высоковольтного оборудования. Основные электрофизические процессы и их характеристики: длина свободного пробега, диффузия, дрейф, подвижность, ионизация, возбуждение, прилипание, развал, рекомбинация. Лавина электронов: число электронов и ионов, радиус лавины. Условие самостоятельности разряда. Начальное напряжение. Закон Пашена. Особенности возникновения самостоятельного разряда в промежутках с неоднородным полем: начальная напряженность, закон подобия, влияние полярности электродов и частоты воздействующего напряжения. Электрическое поле зарядов электронной лавины, электростатический радиус лавины. Условие перехода лавины в стример в однородном и неоднородном электрическом поле. Влияние полярности. Стримерный пробой: зависимость пробивного напряжения от длины промежутка, радиуса электрода. Развитие разряда в длинных воздушных промежутках: формирование лидера и его основные характеристики, влияние полярности электродов. Лидерный пробой и обратный разряд. Время развития разряда и его составляющие..

### 2. Внешняя изоляция установок высокого напряжения

#### 2.1. Внешняя изоляция установок высокого напряжения

Вольтсекундные характеристики воздушных промежутков при грозовых и коммутационных импульсах. Оценка минимальной электрической прочности при коммутационных импульсах. Зависимость начальных и разрядных напряжений воздушных промежутков от температуры, давления и влажности воздуха. Разряд в воздухе вдоль поверхности твердого диэлектрика в сухих условиях: влияние формы электрического поля, влажности воздуха и материала диэлектрика. Зависимость напряжения перекрытия промежутка при скользящем разряде от длины промежутка, поверхностной емкости и скорости изменения напряжения. Развитие разряда вдоль загрязненной и увлажненной поверхности изолятора: условие возникновения ЧДР и перекрытия, влияние интенсивности увлажнения, формы поверхности диэлектрика. Зависимость разрядного напряжения от проводимости загрязнения, длины пути утечки, диаметра изолятора и интенсивности дождя. Конструктивные особенности изоляторов различных типов. Выбор числа изоляторов и длин воздушных изоляционных промежутков на ЛЭП и подстанции..

### 3. Внутренняя изоляция установок высокого напряжения

#### 3.1. Внутренняя изоляция установок высокого напряжения

Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок станций и подстанций. Общие свойства внутренней изоляции: понятие, требования, используемые диэлектрики, вольт-секундная характеристика и механизмы пробоя. Электрофизические процессы во внутренней изоляции, определяющие ее кратковременную и длительную электрическую прочность. Проводимость диэлектриков, ее зависимость от температуры и влажности. Тангенс угла диэлектрических потерь. Частичные разряды, их основные характеристики. Кратковременная электрическая прочность жидких и твердых диэлектриков при воздействии напряжения промышленной частоты, грозовых и коммутационных импульсов: механизмы пробоя, влияние температуры, содержания влаги и расстояния между электродами. Применение комбинированных диэлектрических материалов во внутренней изоляции: масло-барьерная изоляция (структура, роль диэлектрического барьера, зависимость кратковременной электрической прочности от расстояния между электродами и вида воздействующего напряжения), бумажно-масляная изоляция (структура, используемые

диэлектрические материалы, зависимость кратковременной электрической прочности от технологии изготовления и толщины слоя бумаги). Кратковременная электрическая прочность изоляции: определение допустимых напряженностей электрического поля. Регулирование электрических полей во внутренней изоляции. Старение внутренней изоляции: тепловое, механическое, электрическое. Срок службы изоляции и его зависимость от напряженности электрического поля. Длительная электрическая прочность: допустимые рабочие напряжения и напряженности поля для внутренней изоляции..

#### 4. Грозовые перенапряжения и молниезащита

##### 4.1. Грозовые перенапряжения и молниезащита

Формирование молнии. Характеристики грозовой деятельности. Параметры токов молнии. Зоны защиты стержневых молниеотводов. Заземление молниеотводов (стационарное и импульсное сопротивление заземления). Допустимое расстояние защищаемого объекта от молниеотвода. Ограничители перенапряжений: принцип ограничения, конструкции, электрические характеристики. Молниезащита воздушных линий электропередачи. Расчет вероятности перекрытия линейной изоляции при прямом ударе молнии в фазный провод. Угол тросовой защиты. Алгоритм расчета вероятности обратного перекрытия линейной изоляции при ударе молнии в опору воздушной ЛЭП, кривая опасных параметров. Допустимое число грозových отключений ВЛ. Рекомендуемые способы молниезащиты ВЛ 6–750 кВ. Современные методы повышения грозоупорности ВЛ: подвесные ОПН, мультикамерные разрядники. Молниезащита оборудования станций и подстанций от прямых ударов молнии и от грозových импульсов, приходящих по линиям электропередачи. Анализ грозových перенапряжений на изоляции оборудования в простейших схемах. Влияние расстояния между защищаемым объектом и ОПН, крутизны грозového импульса, числа отходящих линий на величину напряжения на защищаемом объекте. Определение длины защитного подхода к подстанции и показателя грозоупорности подстанции. Понятие критической крутизны и длины опасной зоны. Выбор ОПН для защиты от грозových перенапряжений. Мероприятия по повышению грозоупорности подстанций..

#### 5. Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи

##### 5.1. Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи

Коронный разряд на воздушной ЛЭП: определение, формы, общая и местная корона. Расщепленные провода и их характеристики. Расчет потерь энергии при местной короне по обобщенным характеристикам потерь. Экологические аспекты электроустановок высокого напряжения: электромагнитные помехи и акустические шумы от коронного разряда; допустимые уровни помех и шумов..

#### 6. Внутренние перенапряжения в электрических сетях и защита от них

##### 6.1. Внутренние перенапряжения в электрических сетях и защита от них

Заземление нейтрали электрических систем. Преимущества и недостатки способов заземления. Согласование уровня квазистационарных перенапряжений с характеристиками ОПН и вентильных разрядников. Виды внутренних перенапряжений. Перенапряжения в дальних электропередачах за счет емкостного эффекта. Реакторы поперечной компенсации. Перенапряжения при однофазных замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью. Феррорезонансные явления в электрических сетях с изолированной и заземленной нейтралью. Антирезонансные трансформаторы напряжения. Перенапряжения при отключении малых индуктивных токов вакуумными выключателями. Защитные RC-цепи.

Коммутационные перенапряжения в сетях 110–750 кВ. Выбор ОПН для защиты изоляции электрооборудования подстанций..

### 7. Контроль состояния внутренней изоляции установок высокого напряжения в условиях её эксплуатации и координация изоляции

7.1. Контроль состояния внутренней изоляции установок высокого напряжения в условиях её эксплуатации

Цели и методы испытаний. Неразрушающие методы электрического контроля степени увлажненности изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь, абсорбционным характеристикам. Контроль изоляции по интенсивности частичных разрядов. Неэлектрические методы контроля изоляции: акустические, оптические, контроль по составу и концентрации газов, растворенных в масле..

7.2. Координация изоляции установок высокого напряжения

Воздействия на изоляцию в условиях эксплуатации. Номинальные и наибольшие рабочие напряжения. Координация изоляции. Испытательные напряжения внешней и внутренней изоляции напряжением промышленной частоты, грозowymi и коммутационными импульсами..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Оценка потерь энергии, обусловленных местным коронным разрядом на проводах воздушных линий электропередачи высокого напряжения (2 часа).;
2. Оценка значений тангенса угла диэлектрических потерь и их мощности в электрической изоляции высокого напряжения (2 часа).;
3. Расчёт перенапряжений при отключении малых индуктивных токов вакуумными выключателями (2 часа).;
4. Расчёт феррорезонансных перенапряжений в электрических сетях с изолированной и заземленной нейтралью (2 часа).;
5. Расчёт перенапряжений при однофазных замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью (2 часа).;
6. Расчёт зарядов абсорбции и кривой возвратного напряжения в изоляционных конструкциях высокого напряжения со слоистой изоляцией (2 часа).;
7. Регулирование электрических полей в изоляционных конструкциях в (2 часа).;
8. Определение зон защиты стержневых одиночных и парных молниеотводов (2 часа).;
9. Расчёт числа грозowych отключений воздушных линий электропередачи (2 часа).;
10. Расчёт зависимости от времени сопротивления слоистой электрической изоляции высокого напряжения (2 часа).;
11. Оценка начального напряжения возникновения частичных разрядов (ЧЛ) в электрической изоляции высокого напряжения (2 часа).;
12. Расчёт показателя грозоупорности открытого распределительного устройства подстанции высокого напряжения (2 часа).;
13. Расчёт начальных напряжений заполненных газом разрядных промежутков (2 часа).;
14. Расчёт стационарного и импульсного сопротивлений контура заземления подстанции высокого напряжения (2 часа).;
15. Выбор гирлянд стеклянных изоляторов и стержневых полимерных изоляторов на опорах воздушных линий электропередачи и порталах открытых распределительных устройств высокого напряжения (2 часа)..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Контроль состояния внутренней изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь (4 часа).;
2. Измерение характеристик частичных разрядов в изоляции высокого напряжения электрическим методом (6 часов).;
3. Изучение перенапряжений в линиях дальних электропередач за счёт ёмкостного эффекта (4 часа).;
4. Защита лабораторной работы «Исследование электрических разрядов в воздухе и по поверхности твёрдого диэлектрика» (4 часа).;
5. Защита подстанций от набегающих волн грозовых перенапряжений, часть 1 (4 часа).;
6. Изучение диэлектрических потерь и явления абсорбции зарядов во внутренней изоляции (4 часа).;
7. Защита подстанций от набегающих волн грозовых перенапряжений, часть 2 (4 часа)..

### **3.5 Консультации**

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультация по выполнению домашнего задания «Расчёт и анализ начальных напряжений в газовых разрядных промежутках с однородным электрическим полем»
2. Консультация по выполнению лабораторной работы «Исследование электрических разрядов в воздухе и по поверхности твёрдого диэлектрика»
3. Консультация по выполнению лабораторной работы «Изучение диэлектрических потерь и явления абсорбции зарядов во внутренней изоляции»
4. Консультация по выполнению лабораторной работы «Защита подстанций от набегающих волн грозовых перенапряжений»
5. Консультация по выполнению расчётного задания «Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства подстанции высокого напряжения»
6. Консультация по выполнению домашнего задания «Ограничение коронного разряда на проводах воздушных линий электропередачи»
7. Консультация по выполнению лабораторной работы «Изучение перенапряжений в линиях дальних электропередач за счёт ёмкостного эффекта»
8. Консультация по выполнению лабораторной работы «Контроль состояния внутренней изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь»
9. Консультация по выполнению лабораторной работы «Измерение характеристик частичных разрядов в изоляции высокого напряжения электрическим методом»

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>Знать:</b>										
Представления об уровнях электрической изоляции электрооборудования ВН, как совокупности испытательных напряжений, определяемых на этапе координации изоляции.	ИД-3пк-1								+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Измерение характеристик частичных разрядов в изоляции высокого напряжения электрическим методом" Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Контроль состояния внутренней изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь»
Электрофизические процессы в электрической изоляции электрооборудования ВН, определяющие её длительную и кратковременную электрическую прочность, формы электрических разрядов, методы оценки электрической прочности газовой изоляции ВН.	ИД-3пк-1	+	+							Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Исследование электрических разрядов в воздухе и по поверхности твёрдого диэлектрика» Домашнее задание/Расчёт и анализ начальных напряжений газовых разрядных промежутков
Электрофизические процессы, лежащие в основе контроля состояния электрической изоляции ВН в процессе её эксплуатации, современные методы диагностики изоляции.	ИД-3пк-1			+						Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Изучение диэлектрических потерь и явления абсорбции зарядов во внутренней изоляции»
Принципы действия и конструкции молниеотводов, принципы построения молниезащиты объектов различного назначения, методы обеспечения грозоупорности линий электропередачи и подстанций ВН, включая применение ОПН.	ИД-3пк-1				+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Защита подстанций от набегающих волн грозовых перенапряжений»

									Расчетно-графическая работа/Защита расчётного задания «Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства подстанции высокого напряжения»
Методику расчёта потерь энергии на местный коронный разряд на воздушных линиях электропередачи ВН, способы снижения этих потерь.	ИД-3ПК-1						+		Домашнее задание/Ограничение коронного разряда на проводах воздушных линий электропередачи
Процессы, приводящие в возникновению коммутационных и квазистационарных перенапряжений в электрических сетях ВН	ИД-3ПК-1							+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Изучение перенапряжений в линиях дальних электропередач за счёт емкостного эффекта»
Источники и механизмы формирования грозовых перенапряжений в электрических сетях ВН.	ИД-3ПК-1						+		Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Защита подстанций от набегающих волн грозовых перенапряжений» Расчетно-графическая работа/Защита расчётного задания «Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства подстанции высокого напряжения»
<b>Уметь:</b>									
Находить значения параметров, характеризующих коммутационные и квазистационарные перенапряжения в электрических сетях ВН.	ИД-3ПК-1							+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Изучение перенапряжений в линиях дальних электропередач за счёт емкостного эффекта»
Находить значения параметров, характеризующих грозовые перенапряжения в электрических сетях ВН.	ИД-3ПК-1						+		Расчетно-графическая работа/Защита расчётного задания «Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства

									подстанции высокого напряжения»
Определять значения величин, характеризующих диэлектрические потери и абсорбцию зарядов во внутренней изоляции ВН.	ИД-3ПК-1				+				Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Изучение диэлектрических потерь и явления абсорбции зарядов во внутренней изоляции»
Оценивать расчётным путём электрическую прочность газовой изоляции ВН.	ИД-3ПК-1	+	+						Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Исследование электрических разрядов в воздухе и по поверхности твёрдого диэлектрика»  Домашнее задание/Расчёт и анализ начальных напряжений газовых разрядных промежутков
Определять потери энергии на местный коронный разряд на воздушных линиях электропередачи ВН.	ИД-3ПК-1					+			Домашнее задание/Ограничение коронного разряда на проводах воздушных линий электропередачи
Оценивать уровни электрической изоляции электрооборудования ВН	ИД-3ПК-1							+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы "Измерение характеристик частичных разрядов в изоляции высокого напряжения электрическим методом"  Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Контроль состояния внутренней изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь»
Вычислять показатели грозоупорности линий электропередачи и открытых распределительных устройств подстанций ВН, определять электрические параметры ОПН, необходимых для улучшения показателей.	ИД-3ПК-1					+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы «Защита подстанций от набегающих волн грозовых перенапряжений»

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **7 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Расчёт и анализ начальных напряжений газовых разрядных промежутков (Домашнее задание)

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчётного задания «Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства подстанции высокого напряжения» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы «Защита подстанций от набегающих волн грозовых перенапряжений» (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы «Изучение диэлектрических потерь и явления абсорбции зарядов во внутренней изоляции» (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы «Исследование электрических разрядов в воздухе и по поверхности твёрдого диэлектрика» (Лабораторная работа)

###### **8 семестр**

Форма реализации: Выполнение задания

1. Ограничение коронного разряда на проводах воздушных линий электропередачи (Домашнее задание)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы "Измерение характеристик частичных разрядов в изоляции высокого напряжения электрическим методом" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы «Изучение перенапряжений в линиях дальних электропередач за счёт емкостного эффекта» (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы «Контроль состояния внутренней изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №7)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

*Экзамен (Семестр №8)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Печатные и электронные издания:

1. Базуткин, В. В. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах : Учебник для электроэнергетических специальностей вузов / В. В. Базуткин, В. П. Ларионов, Ю. С. Пинталь . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986 . – 464 с.;
2. Бортник И.М. , Белогловский А. А., Верещагин И. П., Вершинин Ю. Н.- "Электрофизические основы техники высоких напряжений", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (704 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72343](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72343);
3. Диэлектрические потери. Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь : учебное пособие по курсу "Техника высоких напряжений" по направлению "Электроэнергетика" / М. А. Кошелев, С. И. Хренов, С. В. Белоусов, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" ; ред. С. И. Хренов . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 24 с. - ISBN 978-5-7046-1732-7 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8580>;
4. Гилязов, М. З. Компьютерная лабораторная работа "Защита подстанций от набегающих волн" : методическое пособие по курсу "Изоляция и перенапряжения" по направлению "Электроэнергетика" / М. З. Гилязов, В. С. Ларин, Д. А. Матвеев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4096>;
5. Лабораторные работы по технике высоких напряжений : Учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов / М. А. Аронов, и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоиздат, 1982 . – 352 с.;
6. Акустический контроль разрядных процессов в изоляции : учебное пособие по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / М. А. Кошелев, М. Д. Рощупкин, С. И. Хренов, С. К. Цветаев, М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) ; Ред. С. И. Хренов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 24 с. - ISBN 978-5-383-00659-7 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=2854>;
7. Изучение факторов, влияющих на съемку тепловизором объектов электроэнергетического оборудования. Лабораторный практикум : учебное пособие по курсу "Диагностика изоляции оборудования и установок высокого напряжения" по направлению "Электроэнергетика" / С. А. Дегтярев, М. А. Кошелев, Н. Ф. Першина, С. И. Хренов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" ; ред. С. И. Хренов . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 40 с. - ISBN 978-5-7046-1455-5 ..

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Scilab;
4. Libre Office.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>
12. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
13. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-5, Учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, экран, доска маркерная передвижная, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер
	Д-2(3), Лаборатория каф. "ТЭВН"	лабораторный стенд
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Техника высоких напряжений

(название дисциплины)

#### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Расчёт и анализ начальных напряжений газовых разрядных промежутков (Домашнее задание)
- КМ-2 Защита лабораторной работы «Исследование электрических разрядов в воздухе и по поверхности твёрдого диэлектрика» (Лабораторная работа)
- КМ-3 Защита лабораторной работы «Изучение диэлектрических потерь и явления абсорбции зарядов во внутренней изоляции» (Лабораторная работа)
- КМ-4 Защита лабораторной работы «Защита подстанций от набегающих волн грозовых перенапряжений» (Лабораторная работа)
- КМ-5 Защита расчётного задания «Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства подстанции высокого напряжения» (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	16
1	Электрофизические процессы в газовой изоляции						
1.1	Электрофизические процессы в газовой изоляции		+	+			
2	Внешняя изоляция установок высокого напряжения						
2.1	Внешняя изоляция установок высокого напряжения		+	+			
3	Внутренняя изоляция установок высокого напряжения						
3.1	Внутренняя изоляция установок высокого напряжения				+		
4	Грозовые перенапряжения и молниезащита						
4.1	Грозовые перенапряжения и молниезащита					+	+
Вес КМ, %:			10	20	20	20	30

#### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-6 Ограничение коронного разряда на проводах воздушных линий электропередачи (Домашнее задание)
- КМ-7 Защита лабораторной работы «Изучение перенапряжений в линиях дальних электропередач за счёт емкостного эффекта» (Лабораторная работа)

- КМ-8 Защита лабораторной работы «Контроль состояния внутренней изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь» (Лабораторная работа)
- КМ-9 Защита лабораторной работы "Измерение характеристик частичных разрядов в изоляции высокого напряжения электрическим методом" (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи					
1.1	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи		+			
2	Внутренние перенапряжения в электрических сетях и защита от них					
2.1	Внутренние перенапряжения в электрических сетях и защита от них			+		
3	Контроль состояния внутренней изоляции установок высокого напряжения в условиях её эксплуатации и координация изоляции					
3.1	Контроль состояния внутренней изоляции установок высокого напряжения в условиях её эксплуатации				+	+
3.2	Координация изоляции установок высокого напряжения				+	+
Вес КМ, %:			10	30	30	30