

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Техника и электрофизика высоких напряжений

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ И КООРДИНАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ**


<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.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>2 семестр - 7;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>252 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>2 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>2 семестр - 18 часов;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 семестр - 165,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>2 семестр - 51,7 часа;</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>2 семестр - 4 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Тестирование</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсового проекта</b>	<b>2 семестр - 0,3 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>2 семестр - 0,5 часа;</b>
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рыжкова Е. Н.
	Идентификатор	R53c2ea63-RyzhkovaYN-12c1f249

(подпись)


Е.Н. Рыжкова

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лысов Н.Ю.
	Идентификатор	Re94f0ba9-LysovNY-9dc0f249


(подпись)

Н.Ю. Лысов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хренов С.И.
	Идентификатор	Rd055d891-KhrenovSI-e14cb00c

(подпись)

С.И. Хренов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** формирование знаний об условиях возникновения, развития и максимальных кратностях перенапряжений, а также способов их ограничения в электрических сетях и принципов координации изоляции, обуславливающих выбор испытательных напряжений электрооборудования

### Задачи дисциплины

- изучение условий возникновения и характеристик квазистационарных, коммутационных и грозовых перенапряжений в электрических сетях;
- освоение аналитических и компьютерных методов численной оценки уровня перенапряжений;
- приобретение навыков разработки технических решений при проектировании защиты от перенапряжений;
- формирование представлений о технической эффективности режимов заземления нейтрали электрических сетей различной конфигурации;
- изучение методов координации изоляции, теоретических и практических основ формирования требований к испытаниям изоляции электрооборудования.

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-2 Способен применять методы анализа, разрабатывать и обосновывать технические решения при проектировании объектов профессиональной деятельности (техники и электрофизики высоких напряжений)	ИД-1ПК-2 Демонстрирует знания условий возникновения и способов ограничения перенапряжений в электрических сетях и принципов координации изоляции	знать: - условия возникновения и статистику квазистационарных перенапряжений в электрических сетях 6–750 кВ; - особенности переходных процессов при включениях и отключениях; - технические аспекты влияния режима заземления нейтрали на общий уровень надежности и безопасности электрических сетей; - принцип действия, характеристики и конструктивные особенности устройств ограничения перенапряжений и их соответствие уровням воздействий в квазистационарных и переходных режимах.  уметь: - создавать расчетные модели упрощенных схем подстанций для определения кратностей перенапряжений различной природы; - рассчитывать емкостные токи замыкания на землю и кратности дуговых перенапряжений в сетях с изолированной и резистивно-заземленной нейтралью; - рассчитывать действующие значения напряжения смещения и фазных напряжений в нормальном режиме при

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		резонансной настройке ДГР и кратности перенапряжений при расстройках компенсации; - рассчитывать параметры схем замещения различных элементов электрических сетей с учетом распределенности параметров.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Техника и электрофизика высоких напряжений (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ 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	Квazистационарные перенапряжения	34	2	8	-	6	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Квazистационарные перенапряжения"</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей: 4 раздел -Расчет уровней квazистационарных перенапряжений</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Квazистационарные перенапряжения и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Квazистационарные перенапряжения" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях: Разработка расчетной модели трансформатора напряжения 220 кВ в EMTLab. Расчет и</p>	
1.1	Перенапряжения, вызванные емкостным эффектом. Влияние короны и компенсирующих устройств	9		3	-	2	-	-	-	-	-	-	4		-
1.2	Заземление нейтрали в сетях различных классов напряжения и квazистационарные перенапряжения	8		2	-	-	-	-	-	-	-	-	6		-
1.3	Феррорезонансные явления в электрических цепях	17		3	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-

													анализ феррорезонансных колебаний в схеме двухразрывным выключателем. Определение областей существования устойчивого феррорезонанса на частоте 50 Гц и субгармониках Расчет и анализ феррорезонансных явлений в сети 110 кВ с частичным разземлением нейтралей трансформаторов <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Квазистационарные перенапряжения" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 372-392, 392-414 [2], 347-376 [3], 429 -460
2	Перенапряжения переходных процессов	82	18	16	8	-	-	-	-	-	40	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Перенапряжения переходных процессов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях Численное моделирование металлического и перемежающегося дугового замыкания в сети 10 кВ. Анализ факторов, влияющих на затухание переходных процессов, на снижение смещения нейтрали Расчет параметров схем замещения силовых трансформаторов для численного моделирования импульсных перенапряжений. Анализ влияния типа обмотки на ее продольные емкости Применение детальны схем замещения трансформаторов для численного моделирования переходных процессов в трансформаторе совместно с внешней цепью. Расчет перенапряжений на межкатушечных каналах обмотки высшего напряжения в условиях импульсных
2.1	Коммутационные перенапряжения при включениях и отключениях	20	6	4	-	-	-	-	-	-	10	-	
2.2	Перенапряжения в обмотках силовых трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов	22	4	4	4	-	-	-	-	-	10	-	
2.3	Перенапряжения при однофазных дуговых замыканиях (ОДЗ) на землю в сетях 6–35 кВ	26	6	8	2	-	-	-	-	-	10	-	
2.4	Перенапряжения в экранах кабелей	14	2	-	2	-	-	-	-	-	10	-	

													<p>испытаний при детальном моделировании генератора импульсных напряжений</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Перенапряжения переходных процессов"</p> <p><b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. Выполняется раздел 3 курсового проекта "Расчет уровней коммутационных перенапряжений"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Перенапряжения переходных процессов" материалу. К этому разделу относятся лабораторные работы 2,3,4</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Перенапряжения переходных процессов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

													Перенапряжения переходных процессов и подготовка к контрольной работе <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Перенапряжения переходных процессов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 414-439, 445-460 [2], 303-334 [3], 398-414, 423 -429 [4], с. 664-671
3	Координация изоляции	28	6	-	2	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Координация изоляции"
3.1	Ограничение внутренних перенапряжений	12	2	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. Выполнение 5 раздела курсового проекта: Выбор параметров и места установки ОПН
3.2	Координация изоляции в сетях с изолированной и заземленной нейтралью	16	4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Координация изоляции и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Координация изоляции" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях: Выбор наибольшего длительно допустимого напряжения ОПН по условию надежной работы при несимметричных



													коротких замыканиях. Расчет пропускной способности колонки варисторов ОПН. Выбор ОПН по условию надежной работы при коммутационных перенапряжениях Расчетное определение токов и потерь в экранах кабелей 110 кВ при частичном заземлении и транспозиции экранов. Расчет перенапряжений на изоляции экранов в кабельных муфтах <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Координация изоляции" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 460-476 [2], 335-346 [3], 415-422
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	72.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	51.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>252.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>131.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>252.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>165.2</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. Квазистационарные перенапряжения

1.1. Перенапряжения, вызванные емкостным эффектом. Влияние короны и компенсирующих устройств

Перенапряжения, вызванные емкостным эффектом. Влияние короны и компенсирующих устройств.

1.2. Заземление нейтрали в сетях различных классов напряжения и квазистационарные перенапряжения

Установившиеся перенапряжения при КЗ. Перенапряжения промышленной частоты при неполнофазных режимах. Резонансные процессы в длинных линиях и обмотках трансформаторов.

1.3. Феррорезонансные явления в электрических цепях

Свободные колебания контура с нелинейной индуктивностью. Самонастройка феррорезонансного контура на частоту источника. Разновидности феррорезонанса. Классификация схем, приводящих к возникновению феррорезонансных явлений. Феррорезонансные перенапряжения в сетях с изолированной нейтралью. Антирезонансные трансформаторы напряжения НАМИ, НАЛИ и НАМИТ. Явление «ложной земли». Феррорезонансные перенапряжения в сетях с заземленной нейтралью 220–500 кВ. Классификация феррорезонансных схем. Современные конструкции антирезонансных ТН.

### 2. Перенапряжения переходных процессов

2.1. Коммутационные перенапряжения при включениях и отключениях

Общая характеристика переходного процесса, влияние собственной частоты и фазы включения на ударный коэффициент. Возможные кратности перенапряжений при включениях линий и АПВ. Коммутационные перенапряжения при отключениях: больших токов, индуктивностей, емкостей и ненагруженных линий.

2.2. Перенапряжения в обмотках силовых трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов

Перенапряжения в обмотках трансформаторов при воздействии грозových импульсов. Понятие начального и конечного распределений напряжения. Методы расчета переходных процессов в обмотках: волновой и матричный. Определение параметров схем замещения трансформаторов для расчета высокочастотных и импульсных перенапряжений..

2.3. Перенапряжения при однофазных дуговых замыканиях (ОДЗ) на землю в сетях 6–35 кВ

Перенапряжения при однофазных дуговых замыканиях (ОДЗ) на землю в сетях 6–35 кВ с изолированной, компенсированной и резистивно заземленной нейтралью. Резонансная настройка. Ограничение восстанавливающегося напряжения на поврежденной фазе при ОДЗ. Недостатки резонансной настройки: возрастание смещения нейтрали при емкостной несимметрии, опасность недокомпенсации. Анализ требований ПУЭ, ПТЭ и инструкции по компенсации емкостных токов. Конструкции дугогасящих реакторов. Высокоомное и низкоомное заземление нейтрали. Практические проблемы реализации комбинированного заземления нейтрали. Расчет напряжения на нейтрали при несимметричных коротких замыканиях в сети с заземленной нейтралью.

#### 2.4. Перенапряжения в экранах кабелей

Физический механизм возникновения токов в экранах кабелей. Расчетные соотношения для определения токов и потерь в экранах трехфазных кабельных линий. Допустимые токи. Частичное заземление и транспозиция экранов как средство снижения токов в экранах. Перенапряжения в экранах при частичном заземлении или неполной транспозиции экранов..

### 3. Координация изоляции

#### 3.1. Ограничение внутренних перенапряжений

Ограничители перенапряжений. Конструкции ограничителей. Энергоемкость ОПН. Анализ основных положений ГОСТ Р 52725. Различие подходов к выбору ОПН в сетях 6–35 кВ и 110–750 кВ. Анализ действующих методических указаний и нормативов МЭК.

#### 3.2. Координация изоляции в сетях с изолированной и заземленной нейтралью

Анализ испытательных напряжений по ГОСТ 1516.3. Допустимый уровень квазистационарных, коммутационных и грозовых перенапряжений для силовых трансформаторов, КЛ, ВЛ, электрооборудования распределительных устройств. Возможности и перспективы снижения испытательных напряжений для электрооборудования. Применение ОПН для защиты изоляции экранов.

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

1. Разработка расчетной модели трансформатора напряжения 220 кВ в EMTLab. Расчет и анализ феррорезонансных колебаний в схеме двухразрывным выключателем. Определение областей существования устойчивого феррорезонанса на частоте 50 Гц и субгармониках;
2. Расчет и анализ феррорезонансных явлений в сети 110 кВ с частичным разземлением нейтралей трансформаторов;
3. Разработка расчетных моделей воздушной и кабельной сетей 10 кВ. Расчет параметров моделей силового трансформатора, ВЛ и КЛ. Моделирование источников с изолированной нейтралью с помощью идеального трансформатора. Устройство модели идеального трансформатора в EMTlab;
4. Численное моделирование металлического и перемежающегося дугового замыкания в сети 10 кВ. Анализ факторов, влияющих на затухание переходных процессов, на снижение смещения нейтрали;
5. Расчет параметров схем замещения силовых трансформаторов для численного моделирования импульсных перенапряжений. Анализ влияния типа обмотки на ее продольные емкости;
6. Применение детальных схем замещения трансформаторов для численного моделирования переходных процессов в трансформаторе совместно с внешней цепью. Расчет перенапряжений на межкатушечных каналах обмотки высшего напряжения в условиях импульсных испытаний при детальном моделировании генератора импульсных напряжений;
7. Выбор наибольшего длительно допустимого напряжения ОПН по условию надежной работы при несимметричных коротких замыканиях. Расчет пропускной способности колонки варисторов ОПН. Выбор ОПН по условию надежной работы при коммутационных перенапряжениях;
8. Расчетное определение токов и потерь в экранах кабелей 110 кВ при частичном заземлении и транспозиции экранов. Расчет перенапряжений на изоляции экранов в кабельных муфтах.

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. Защита подстанций от набегающих волн (4 часа);
2. Перенапряжения при однофазных замыканиях на землю в сетях 6–35 кВ (4 часа);
3. Перенапряжения в сетях с резонансно-заземленной нейтралью (4 часа);
4. Импульсные перенапряжения в обмотках силовых трансформаторов (4 часа).

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Квазистационарные перенапряжения"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Перенапряжения переходных процессов"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Координация изоляции"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Квазистационарные перенапряжения"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Перенапряжения переходных процессов"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Координация изоляции"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 2 Семестр

Курсовой проект (КП)

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 10	11 - 14	15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2, 3, 4	5	6	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	55	35	10	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	55	90	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсового проекта
2	Расчет уровней грозových перенапряжений на электрооборудовании при

	ударах молнии в ВЛ
3	Расчет уровней коммутационных перенапряжений
4	Расчет уровней квазистационарных перенапряжений
5	Выбор параметров и места установки ОПН. Выводы по работе
6	Оформление материалов курсового проекта

### 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	
<b>Знать:</b>					
принцип действия, характеристики и конструктивные особенности устройств ограничения перенапряжений и их соответствие уровням воздействий в квазистационарных и переходных режимах	ИД-1ПК-2		+	+	Лабораторная работа/защиты лабораторных работ Контрольная работа/Контрольная работа «Применение ОПН в сетях различных классов напряжения»
технические аспекты влияния режима заземления нейтрали на общий уровень надежности и безопасности электрических сетей	ИД-1ПК-2	+	+		Лабораторная работа/защиты лабораторных работ Контрольная работа/Контрольная работа «Квазистационарные перенапряжения»
особенности переходных процессов при включениях и отключениях	ИД-1ПК-2		+		Тестирование/Контрольная работа «Коммутационные перенапряжения» Контрольная работа «Режимы нейтрали»
условия возникновения и статистику квазистационарных перенапряжений в электрических сетях 6–750 кВ	ИД-1ПК-2	+			Контрольная работа/Контрольная работа «Квазистационарные перенапряжения»
<b>Уметь:</b>					
рассчитывать параметры схем замещения различных элементов электрических сетей с учетом распределенности параметров	ИД-1ПК-2	+			Контрольная работа/Контрольная работа «Квазистационарные перенапряжения»
рассчитывать действующие значения напряжения смещения и фазных напряжений в нормальном режиме при резонансной настройке ДГР и кратности перенапряжений при расстройках компенсации	ИД-1ПК-2		+		Тестирование/Контрольная работа «Коммутационные перенапряжения» Контрольная работа «Режимы нейтрали»
рассчитывать емкостные токи замыкания на землю и кратности дуговых перенапряжений в сетях с	ИД-1ПК-2		+		Лабораторная работа/защиты лабораторных работ

изолированной и резистивно-заземленной нейтралью					Тестирование/Контрольная работа «Коммутационные перенапряжения» Контрольная работа «Режимы нейтрали»
создавать расчетные модели упрощенных схем подстанций для определения кратностей перенапряжений различной природы	ИД-1ПК-2		+		Лабораторная работа/защиты лабораторных работ

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

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

**2 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Квазистационарные перенапряжения» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Коммутационные перенапряжения» Контрольная работа «Режимы нейтрали» (Тестирование)
3. Контрольная работа «Применение ОПН в сетях различных классов напряжения» (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. защиты лабораторных работ (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №2)

Итоговая оценка формируется БАРС с учетом оценок текущей успеваемости и экзаменационной

Курсовой проект (КП) (Семестр №2)

Итоговая оценка формируется БАРС с учетом оценок текущей успеваемости и полученной на защите

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Техника высоких напряжений : Учебник для электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов / Л. Ф. Дмоховская, и др. ; Общ. ред. Д. В. Разевиг . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергия, 1976 . – 488 с.;
2. 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.;
3. Долгинов, А. И. Техника высоких напряжений в электроэнергетике : Учебное пособие для втузов / А. И. Долгинов . – М. : Энергия, 1968 . – 464 с.;
4. 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).



## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Acrobat;
5. Майнд Видеоконференции;
6. Scilab.

## 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 Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>  
<http://docs.cntd.ru/>
10. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Д-209, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Д-209, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Д-5, Учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, экран, доска маркерная передвижная, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Перенапряжения и координация изоляции

(название дисциплины)

#### 2 семестр

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

- КМ-1 Контрольная работа «Квазистационарные перенапряжения» (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа «Коммутационные перенапряжения» Контрольная работа «Режимы нейтрали» (Тестирование)
- КМ-3 Контрольная работа «Применение ОПН в сетях различных классов напряжения» (Контрольная работа)
- КМ-4 защиты лабораторных работ (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	11	15	16
1	Квазистационарные перенапряжения					
1.1	Перенапряжения, вызванные емкостным эффектом. Влияние короны и компенсирующих устройств		+			
1.2	Заземление нейтрали в сетях различных классов напряжения и квазистационарные перенапряжения		+			+
1.3	Феррорезонансные явления в электрических цепях		+			
2	Перенапряжения переходных процессов					
2.1	Коммутационные перенапряжения при включениях и отключениях			+		+
2.2	Перенапряжения в обмотках силовых трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов					+
2.3	Перенапряжения при однофазных дуговых замыканиях (ОДЗ) на землю в сетях 6–35 кВ		+	+		+
2.4	Перенапряжения в экранах кабелей				+	+
3	Координация изоляции					
3.1	Ограничение внутренних перенапряжений				+	+
3.2	Координация изоляции в сетях с изолированной и заземленной нейтралью				+	+
Вес КМ, %:			20	30	30	20

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Перенапряжения и координация изоляции**

(название дисциплины)

**2 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

КМ-1 соблюдение графика выполнения КП (разделы 1-4)

КМ-2 соблюдение графика выполнения КП (раздел 5)

КМ-3 качество оформления КП

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	10	14	15
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсового проекта		+		
2	Расчет уровней грозовых перенапряжений на электрооборудовании при ударах молнии в ВЛ		+		
3	Расчет уровней коммутационных перенапряжений		+		
4	Расчет уровней квазистационарных перенапряжений		+		
5	Выбор параметров и места установки ОПН. Выводы по работе			+	
6	Оформление материалов курсового проекта				+
Вес КМ, %:			55	35	10