

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: Распределительные электрические сети

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНИКА ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.11
Трудоемкость в зачетных единицах:	6 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	6 семестр - 28 часа;
Практические занятия	6 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	6 семестр - 12 часов;
Консультации	6 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	6 семестр - 87,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Лабораторная работа Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	6 семестр - 0,5 часа;

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кошелев М.А.
	Идентификатор	R98637263-KoshelevMA-6c225577

М.А. Кошелев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Валянский А.В.
	Идентификатор	R98c29a50-ValianskyAV-a927df5f

А.В. Валянский

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение электрофизических процессов в высоковольтной изоляции, которые определяют ее электрическую прочность, методов контроля состояния высоковольтной изоляции в эксплуатации; основ координации изоляции, основ молниезащиты и перенапряжений, воздействующих на изоляцию и методов их ограничения

Задачи дисциплины

- изучение электрофизических процессов в изоляции электрооборудования, определяющих ее длительную и кратковременную электрическую прочность;
- приобретение навыков расчетной оценки электрической прочности изоляции;
- формирование представлений об уровнях изоляции электрооборудования, как совокупности испытательных напряжений, определяемых на этапе координации изоляции;
- изучение электрофизических процессов, лежащих в основе контроля состояния высоковольтной изоляции в эксплуатации, и современных методов диагностики высоковольтной изоляции;
- изучение источников и механизмов формирования квазистационарных, коммутационных и грозовых перенапряжений в электрических сетях;
- изучение принципов действия и конструкции молниеотводов, принципов построения молниезащиты объектов различного назначения;
- изучение методов обеспечения грозоупорности линий электропередачи и подстанций.

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 участвовать в организации процесса эксплуатации электрических подстанций и линий электропередачи	ИД-3ПК-1 Демонстрирует знания в методах оценки технического состояния электрооборудования подстанций и линий электропередачи	знать: - методы контроля состояния высоковольтной изоляции в эксплуатации; - электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внутренней изоляции; - электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внешней изоляции. уметь: - расчетным путем оценивать электрическую прочность высоковольтной изоляции и применять методы контроля состояния высоковольтной изоляции.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

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

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 4 зачетных единицы, 144 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	Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок	23	6	4	4	4	-	-	-	-	-	11	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 23-28,220-238 [4], 12-30, 45-69, 93-101	
1.1	Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок	23		4	4	4	-	-	-	-	-	11	-		
2	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи	11		2	-	2	-	-	-	-	-	-	7	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 160-218 [4], 155-170
2.1	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи	11		2	-	2	-	-	-	-	-	-	7	-	
3	Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок	16		6	-	2	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 581-602, 607-641 [3], 50-83 [4], 102-110, 118-153, 178-208
3.1	Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок	16		6	-	2	-	-	-	-	-	-	8	-	
4	Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях	26		6	4	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 493-515 [2], 144-164, 165-172 [3], 186-192 [4], 208-284
4.1	Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях	26		6	4	4	-	-	-	-	-	-	12	-	

5	Внутренние перенапряжения в электрических сетях	15	5	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 54-129 [4], 295-376 [5], 5-44
5.1	Внутренние перенапряжения в электрических сетях	15	5	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
6	Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением	17	5	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 287-294, 383-392
6.1	Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением	17	5	4	-	-	-	-	-	-	8	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	28	12	14	-	2	-	-	0.5	54	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	12	14		2		-	0.5		87.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок

1.1. Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок

Основные электрофизические процессы и их характеристики. 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. Стриммерный 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. Вольт-секундные 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. Изоляция воздушных ЛЭП. Регулирование электрических полей во внешней изоляции.

2. Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи

2.1. 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.

3. Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок

3.1. Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок

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, которые определяют ее кратковременную и длительную электрическую прочность: проводимость диэлектриков, ее зависимость от температуры и влажности, диэлектрические потери, частичные разряды. 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. Регулирование электрических полей во внутренней изоляции.

4. Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях

4.1. Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях

Разряд молнии. Характеристики грозовой деятельности. Параметры токов молнии. Принцип действия молниеотвода. Опыты Акопяна. 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 защищенного подхода к подстанции и показателя грозоупорности подстанции. Понятие критической крутизны и длины опасной зоны. Мероприятия по повышению грозоупорности подстанций.

5. Внутренние перенапряжения в электрических сетях

5.1. Внутренние перенапряжения в электрических сетях

Заземление нейтрали электрических систем. Виды внутренних перенапряжений. Перенапряжения при однофазных замыканиях на землю в сетях с изолированной нейтралью. Перенапряжения в дальних электропередачах за счет емкостного эффекта, реакторы поперечной компенсации. Перенапряжения при отключении ненагруженных линий и батарей конденсаторов. Перенапряжения при отключении малых индуктивных токов вакуумными выключателями. Защитные РС-цепи. Выбор ОПН для защиты изоляции электрооборудования подстанций. Согласование уровня квазистационарных перенапряжений с характеристиками ОПН и вентильных разрядников.

6. Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением

6.1. Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением

Понятие координации изоляции. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты, коммутационными и грозowymi импульсами. Методы диагностики изоляции на основе явлений абсорбции. Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчёт электростатических полей в однородной изотропной среде;
2. Расчёт начальных напряжений и начальных напряжённостей во внешней изоляции;
3. Выбор линейной изоляции;
4. Расчёт зоны защиты молниеотводов, расчет контура заземления подстанции;
5. Контрольная работа №1;
6. Расчёт числа грозowych отключений воздушной линии электропередачи;
7. Расчёт числа повреждений оборудования подстанции под действием импульсов напряжения, набегающих с ВЛ. Выбор защитных аппаратов. Защищённый подход к подстанции и определение его длины.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов;
2. Защита подстанции от набегающих волн;
3. Электрические разряды в воздухе;
4. Электрические разряды по поверхности твердого диэлектрика.

3.5 Консультации

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	
Знать:								
электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внешней изоляции	ИД-3ПК-1	+						Контрольная работа/Контрольная работа №1 Лабораторная работа/ЛР №1 "Электрические разряды в воздухе"
электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внутренней изоляции	ИД-3ПК-1			+				Лабораторная работа/ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" Тестирование/Тест №1
методы контроля состояния высоковольтной изоляции в эксплуатации	ИД-3ПК-1						+	Лабораторная работа/ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов"
Уметь:								
расчетным путем оценивать электрическую прочность высоковольтной изоляции и применять методы контроля состояния высоковольтной изоляции	ИД-3ПК-1		+		+		+	Контрольная работа/Контрольная работа №1 Лабораторная работа/ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн" Лабораторная работа/ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов"

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
2. Тест №1 (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. ЛР №1 "Электрические разряды в воздухе" (Лабораторная работа)
2. ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн" (Лабораторная работа)
3. ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №6)

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. 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;
2. В. В. Титков, Ф. Х. Халилов- "Перенапряжения и молниезащита", Издательство: "Издательство Политехнического университета", Санкт-Петербург, 2011 - (222 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363061>;
3. Важов, В. Ф. Техника высоких напряжений : учебник для вузов по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" (квалификация (степень) "бакалавр") / В. Ф. Важов, В. А. Лавринович . – Москва : ИНФРА-М, 2020 . – 262 с. – (Высшее образование . Бакалавриат) . - ISBN 978-5-16-010565-9 .;
4. 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.;
5. Вайнштейн, Р. А. Режимы работы нейтрали в электрических системах : учебное пособие / Р. А. Вайнштейн, и др., М-во высшего и среднего специального образования РСФСР, Томский политехн. ин-т им. С.М. Кирова . – Томск : Томский политехн. ин-т, 1981 . – 79 с..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;
4. Scilab;
5. 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
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. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
11. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
12. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
13. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
14. 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
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Д-2/19, Учебная лаборатория "Вычислительный"	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в

	центр"	Интернет, компьютер персональный, принтер, телевизор
Помещения для консультирования	Д-26, Учебная аудитория каф. "ЭЭС"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для хранения инвентаря, вешалка для одежды, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, ноутбук, кондиционер, инвентарь специализированный, инвентарь учебный, учебно-наглядное пособие, канцелярский принадлежности, мел, маркер, стилус
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	НТБ-214, Кладовая "НТБ"	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Техника высоких напряжений

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест №1 (Тестирование)
 КМ-2 ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн" (Лабораторная работа)
 КМ-3 Контрольная работа №1 (Контрольная работа)
 КМ-4 ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" (Лабораторная работа)
 КМ-5 ЛР №1 "Электрические разряды в воздухе" (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	12	14
1	Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок						
1.1	Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок				+		+
2	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи						
2.1	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи			+	+	+	
3	Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок						
3.1	Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок		+			+	
4	Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях						
4.1	Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях			+	+	+	
5	Внутренние перенапряжения в электрических сетях						
5.1	Внутренние перенапряжения в электрических сетях			+	+	+	
6	Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением						
6.1	Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением					+	
Вес КМ, %:			5	20	35	20	20