

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: Электрические и электронные аппараты

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.08.09
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	8 семестр - 12 часов;
Консультации	8 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 65,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

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	Кузнецова Е.А.
	Идентификатор	Re7bf1ad9-KuznetsovaYA-c9331b9

Е.А. Кузнецова

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

М.Г. Киселев

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-3 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических и электронных аппаратов различного функционального назначения	ИД-5 _{ПК-3} Демонстрирует знание техники высоких напряжений и владеет навыками проведения экспериментов	знать: - электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внешней изоляции; - электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внутренней изоляции; - методы контроля состояния высоковольтной изоляции в эксплуатации; - источники, механизмы развития и способы ограничения перенапряжений в электрических сетях 6-750 кВ. уметь: - расчетным путем оценивать электрическую прочность высоковольтной изоляции и применять методы контроля состояния высоковольтной изоляции; - применять специализированное программное обеспечение для расчета перенапряжений и для определения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>грозоупорности объектов электроэнергетики; - рассчитывать параметры защиты от ударов молнии и грозových перенапряжений воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройствах станций и подстанций.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические и электронные аппараты (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 3 зачетных единицы, 108 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	Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок	14	8	4	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 23-28,220-238 [4], стр. 12-30, 45-36, 93-101	
1.1	Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок	14		4	4	-	-	-	-	-	-	6	-		
2	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи	7		3	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], с. 160-218 [4], с. 150-170
2.1	Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи	7		3	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
3	Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок	10		5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 50-83 [2], с. 581-602, 607-641 [4], с. 208-284
3.1	Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок	10		5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	
4	Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях	16		6	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
4.1	Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях	16		6	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	

5	Внутреннее перенапряжения в электрических сетях	10	5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [3], с. 54-129 [4], с. 295-347
5.1	Внутреннее перенапряжения в электрических сетях	10	5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	
6	Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением	15	5	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [4], с. 287-294, 383-392
6.1	Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением	15	5	4	-	-	-	-	-	-	6	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0	28	12	-	-	2	-	-	0.5	32	33.5	
	Итого за семестр	108.0	28	12	-	2	-	-	-	0.5	65.5		

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 не предусмотрено

3.4. Темы лабораторных работ

1. ЛР №17 "Защита подстанций от набегающих волн";
2. ЛР№ 7 "Методы контроля изоляции , основанные на явлении абсорбции зарядов", ЛР№8 "Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь";
3. ЛР № 4 "Электрические разряды по поверхности твердого диэлектрика", ЛР №1 "Электрические разряды в воздухе".

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:								
источники, механизмы развития и способы ограничения перенапряжений в электрических сетях 6-750 кВ	ИД-5ПК-3				+	+	+	Лабораторная работа/ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн"
методы контроля состояния высоковольтной изоляции в эксплуатации	ИД-5ПК-3			+				Лабораторная работа/ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" или ЛР №8 "Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь"
электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внутренней изоляции	ИД-5ПК-3			+				Лабораторная работа/ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" или ЛР №8 "Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь"
электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внешней изоляции	ИД-5ПК-3	+	+					Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 или Лабораторная работа №4
Уметь:								
рассчитывать параметры защиты от ударов молнии и грозовых перенапряжений воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройствах станций и подстанций	ИД-5ПК-3				+			Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 или Лабораторная работа №4 Лабораторная работа/ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн"
применять специализированное программное обеспечение для расчета перенапряжений и для определения грозоупорности объектов электроэнергетики	ИД-5ПК-3				+	+		Лабораторная работа/ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн"
расчетным путем оценивать электрическую	ИД-5ПК-3	+		+				Лабораторная работа/ЛР №7 "Методы контроля

прочность высоковольтной изоляции и применять методы контроля состояния высоковольтной изоляции								изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" или ЛР №8 "Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь"
---	--	--	--	--	--	--	--	--

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Лабораторная работа №1 или Лабораторная работа №4 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн" (Лабораторная работа)
2. ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" или ЛР №8 "Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь" (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

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. Вазов, В. Ф. Техника высоких напряжений : учебник для вузов по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" (квалификация (степень) "бакалавр") / В. Ф. Вазов, В. А. Лавринович . – Москва : ИНФРА-М, 2020 . – 262 с. – (Высшее образование . Бакалавриат) . - ISBN 978-5-16-010565-9 .;
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;
3. 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>;
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..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows / Операционная система семейства Linux;
2. Видеоконференции (Майнд, Сберджем, ВК и др);
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
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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
8. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
9. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
11. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
12. 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 лабораторных занятий	Д-010, Лаборатория каф. "ТЭВН"	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	ЭЭА-13, Аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, экран, доска маркерная, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-300, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
Помещения для консультирования	ЭЭА-13, Аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, экран, доска маркерная, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Техника высоких напряжений

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Лабораторная работа №1 или Лабораторная работа №4 (Лабораторная работа)

КМ-2 ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн" (Лабораторная работа)

КМ-4 ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" или ЛР №8 "Контроль изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь" (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12
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, %:			30	40	30