

**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**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Техника высоких напряжений**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	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	Кузнецов О.Н.
Идентификатор	Rf1ad9303-KuznetsovON-34bc149f	

О.Н.  
Кузнецов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

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

В.Н.  
Тулский

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

- ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности
- ИД-1 Применяет типовые проектные решения
- ИД-2 Выбирает параметры электрооборудования, учитывая технические и экономические ограничения

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

- Выбор линейной изоляции на опорах и изоляционных расстояний на воздушных линиях электропередачи (Расчетно-графическая работа)
- Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства (ОРУ) подстанции (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

- Контрольная работа №1 "Расчет электрических полей и выбор внешней изоляции" (Контрольная работа)
- Контрольная работа №2 "Расчет электрической прочности изоляционных промежутков" (Контрольная работа)
- Контрольная работа №3 (Контрольная работа)
- Тест №1 (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

- ЛР №1 "Электрические разряды в воздухе" (Лабораторная работа)
- ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн" (Лабораторная работа)
- ЛР №20 "Перенапряжения в дальних электропередачах за счет емкостного эффекта" (Лабораторная работа)
- ЛР №4 "Электрические разряды по поверхности твердого диэлектрика" (Лабораторная работа)
- ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" (Лабораторная работа)

Форма реализации: Устная форма

- ЛР "Испытательные установки высокого напряжения" (Экскурсия)

## БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	8	10	12	13	13

Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок						
Внешняя изоляция высоковольтных электроустановок	+	+	+	+	+	+
Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи						
Коронный разряд на проводах воздушных линий электропередачи			+		+	+
Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок						
Внутренняя изоляция высоковольтных электроустановок	+	+		+	+	+
Вес КМ:	10	20	10	20	10	30

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12
	Срок КМ:	4	8	11	12	14	16
Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях							
Грозовые перенапряжения и молниезащита в электрических сетях	+	+	+	+	+	+	+
Внутренние перенапряжения в электрических сетях							
Внутренние перенапряжения в электрических сетях		+			+	+	+
Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением							
Координация изоляции, испытания высоковольтной изоляции повышенным напряжением			+		+	+	+
Вес КМ:	10	10	30	10	10	30	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Применяет типовые проектные решения	Знать: основные методы определения зон защиты молниеотводов Уметь: рассчитывать параметры защиты от ударов молнии и грозовых перенапряжений воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройствах станций и подстанций	Тест №1 (Тестирование) ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн" (Лабораторная работа) Контрольная работа №3 (Контрольная работа) Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства (ОРУ) подстанции (Расчетно-графическая работа)
ПК-1	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Выбирает параметры электрооборудования, учитывая технические и экономические ограничения	Знать: источники, механизмы развития и способы ограничения перенапряжений в электрических сетях 6-750 кВ методы контроля состояния высоковольтной изоляции в эксплуатации	ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов" (Лабораторная работа) Контрольная работа №1 "Расчет электрических полей и выбор внешней изоляции" (Контрольная работа) ЛР №1 "Электрические разряды в воздухе" (Лабораторная работа) Контрольная работа №2 "Расчет электрической прочности изоляционных промежутков" (Контрольная работа) ЛР №4 "Электрические разряды по поверхности твердого диэлектрика" (Лабораторная работа) Выбор линейной изоляции на опорах и изоляционных расстояний на

		<p>электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внешней изоляции</p> <p>электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внутренней изоляции</p> <p>Уметь:</p> <p>применять специализированное программное обеспечение для расчета перенапряжений и для определения грозоупорности объектов электроэнергетики расчетным путем оценивать электрическую прочность высоковольтной изоляции и применять методы контроля состояния высоковольтной изоляции</p>	<p>воздушных линиях электропередачи (Расчетно-графическая работа)</p> <p>ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн" (Лабораторная работа)</p> <p>ЛР №20 "Перенапряжения в дальних электропередачах за счет емкостного эффекта" (Лабораторная работа)</p> <p>ЛР "Испытательные установки высокого напряжения" (Экскурсия)</p> <p>Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства (ОРУ) подстанции (Расчетно-графическая работа)</p>
--	--	---	---

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

6 семестр

### КМ-1. ЛР №7 "Методы контроля изоляции, основанные на явлении абсорбции зарядов"

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится путём письменных и/или устных ответов на вопросы преподавателя

#### Краткое содержание задания:

1. Измерить и построить зависимость от времени возвратного напряжения для бакелитового конденсатора.
2. Измерить зависимость напряжения саморазряда для бакелитового конденсатора.
3. Измерить с помощью мегаомметра параметры изоляции обмотки ВН относительно земли. Сравнить и объяснить полученные результаты.
4. Измерить с помощью мегаомметра параметры изоляции обмотки НН относительно земли. Сравнить и объяснить полученные результаты.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы контроля состояния высоковольтной изоляции в эксплуатации	1.Какие дефекты в изоляции могут быть обнаружены с помощью методов испытаний, изучаемых в данной работе?
Знать: электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внутренней изоляции	1.Почему при определении кривых возвратного напряжения м самозаряда необходимо использовать электростатический вольтметр (киловольтметр)? 2.Почему ёмкость изоляции зависит от частоты?
Уметь: расчетным путем оценивать электрическую прочность высоковольтной изоляции и применять методы контроля состояния высоковольтной изоляции	1.Какого знака будет заряд абсорбции, если слои изоляции имеют равные ёмкости $C1 = C2$ , $R1 > R2$ , а источник постоянного напряжения присоединён плюсом к верхнему электроду?

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если ответы на большинство вопросов даны правильно и в полном объеме

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов раскрыто

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если ответы на основные вопросы по теме лабораторной работы даны верно

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если больше половины вопросов остались без ответа или при ответе на вопросы были допущены грубые ошибки

## КМ-2. Контрольная работа №1 "Расчет электрических полей и выбор внешней изоляции"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент в течение 2 академических часов решает задачи по теме расчёта электрических полей во внешней изоляции

Краткое содержание задания:

Решить 4 задачи

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: расчетным путем оценивать электрическую прочность высоковольтной изоляции и применять методы контроля состояния высоковольтной изоляции	1. Определить шаг расщепления одиночного расщеплённого провода (расстояние между соседними проводниками), если известно, что: - высота его подвеса над землёй составляет 20 метров; - ёмкость одиночного провода над землёй составляет 11,184 пФ/м; - расщеплённый провод состоит из 5 проводов с радиусом 1 см. 2. При какой температуре и нормальном атмосферном давлении в промежутке «плоскость-плоскость» с однородным полем шириной 2,7 мм начальная напряжённость будет равна 39,26 кВ/см?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно, включая численные значения

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если 3 задачи из 4 решены верно (включая численные значения)

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если 2 задачи из 4 решены верно (включая численные значения)

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если 1 задача из 4 решены верно (включая численные значения) или не выполнено верно ни одной задачи

### КМ-3. ЛР №1 "Электрические разряды в воздухе"

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится путём письменных и/или устных ответов на вопросы преподавателя

#### Краткое содержание задания:

1. Измерить зависимость начального и пробивного напряжений от расстояния между электродами для промежутков стержень-стержень и стержень-плоскость.
2. Измерить зависимость пробивного напряжения от расстояния между стержнем и барьером при различных полярностях напряжения.
3. Измерить зависимость начального и пробивного напряжений для цилиндрического конденсатора от радиуса внутреннего цилиндра при переменном напряжении.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внешней изоляции	1. Какой разряд называется самостоятельным? 2. Что такое начальное напряжение? 3. Что такое лавина? 4. Что такое стример?
---	--

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если ответы на большинство вопросов даны правильно и в полном объеме

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов раскрыто

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если ответы на основные вопросы по теме лабораторной работы даны верно

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если больше половины вопросов остались без ответа или при ответе на вопросы были допущены грубые ошибки

### КМ-4. Контрольная работа №2 "Расчет электрической прочности изоляционных промежутков"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент в течение 2 академических часов решает задачи по темам "Регулирование электрических полей во внутренней изоляции" и "Коронный разряд на линии электропередачи".

**Краткое содержание задания:**

Решить 2 задачи

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: расчетным путем оценивать электрическую прочность высоковольтной изоляции и применять методы контроля состояния высоковольтной изоляции</p>	<p>1. Определить, при каком значении <math>e_{ps}</math> напряжённость на внешнем слое градирированной двухслойной изоляции в кабеле 1 кВ с жилой диаметром 3,40 мм не превышала бы значения 38 кВ/см, если известно, что значение максимальной напряжённости на внутреннем слое изоляции толщиной 0,10 мм с диэлектрической проницаемостью 4,30 равна 39 кВ/см. Определить радиус внешней оболочки кабеля в этом случае.</p> <p>2. Определить, являются ли потери мощности на коронный разряд для линии электропередачи экономически приемлемыми в рабочем режиме, если известно, что:</p> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> ВЛ 330 кВ проходит в равнинной местности;</li><li><input type="checkbox"/> расщеплённая фаза состоит из 2-х проводов;</li><li><input type="checkbox"/> провода в расщеплённой фазе имеют радиус 12 мм, а шаг расщепления составляет 40 см;</li><li><input type="checkbox"/> коэффициент гладкости провода в расщеплённой фазе имеет значение 0,92;</li><li><input type="checkbox"/> фазные провода расположены на опоре горизонтально, а расстояние между ними равно 8,2 м.</li></ul> <p>Все расчёты проводить для нормальных атмосферных условий.</p>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно, включая численные значения

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если решена верно (включая численные значения) 1 задача из двух и во второй задаче намечен правильный путь решения, но допущены незначительные вычислительные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если решена верно (включая численные значения) 1 задача из двух, а при решении второй

задачи намечен правильный путь решения, но допущены значительные вычислительные ошибки, которые привели к неверному ответу

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если ни одна из задач не решена верно (включая численные значения) или нет решения в обеих задачах

### **КМ-5. ЛР №4 "Электрические разряды по поверхности твердого диэлектрика"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится путём письменных и/или устных ответов на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

1. Определить действительный коэффициент трансформации испытательного трансформатора при ёмкостной нагрузке.
2. Определить разрядные напряжения воздушных промежутков различной длины.
3. Измерить разрядные напряжения опорных изоляторов с внутренним экраном и без него.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы контроля состояния высоковольтной изоляции в эксплуатации	1.Объясните, почему коэффициент трансформации испытательного трансформатора при ёмкостной нагрузке отличается от номинального?
Знать: электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внешней изоляции	1.Какие применяются меры для увеличения напряжения перекрытия проходных изоляторов?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если ответы на большинство вопросов даны правильно и в полном объеме

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов раскрыто

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если ответы на основные вопросы по теме лабораторной работы даны верно

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если больше половины вопросов остались без ответа или при ответе на вопросы были допущены грубые ошибки

## КМ-6. Выбор линейной изоляции на опорах и изоляционных расстояний на воздушных линиях электропередачи

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита расчетно-графической работы проводится путём письменных и/или устных ответов на вопросы преподавателя

### Краткое содержание задания:

1. Определить параметры изолирующих подвесок для промежуточных опор воздушных линий электропередачи (ВЛ). Расчеты выполнить для обоих указанных в исходных данных классов напряжения. Определить импульсные разрядные напряжения для каждого расчётного случая.
2. Для каждого класса напряжения выбрать опору, фазный провод и молниезащитный трос ВЛ, определить минимально допустимую длину разрядного промежутка «фазный провод - земля». Рассчитать стрелу провеса и среднюю высоту провода в пролёте.
3. Построить для обоих заданных классов напряжения распределения значений напряжённости электрических полей вдоль земли под проводами ВЛ в серединах их пролётов в плоскостях, перпендикулярных проводам линий. Определить ширину санитарно-защитных зон ВЛ.

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: электрофизические процессы в изоляции, определяющие ее электрическую прочность и способы регулировки электрических полей во внешней изоляции	1. Исходя из каких условий работы гирлянды ВЛ, выбирается число стеклянных изоляторов в ней?
Уметь: расчетным путем оценивать электрическую прочность высоковольтной изоляции и применять методы контроля состояния высоковольтной изоляции	1. Определить разрядное напряжение промежутка “провод-земля” в середине пролёта. 2. Определить минимальное расстояние промежутка “провод-земля” в середине пролёта.

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если студент хорошо ориентируется в своей работе и ответы на большинство вопросов даны правильно и в полном объеме

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если студент хорошо ориентируется в своей работе и большинство вопросов раскрыто

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если студент хорошо ориентируется в своей работе и ответы на основные вопросы по теме расчетно-графической работы даны верно

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студент плохо ориентируется в своей работе или если больше половины вопросов остались без ответа или при ответе на вопросы были допущены грубые ошибки

7 семестр

КМ-7. Тест №1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент в течение 20 минут проходит тестирование по материалам практических и лекционных занятий

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы теста

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы определения зон защиты молниеотводов	1. Что такое зона защиты молниеотвода?
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если дан ответ на все вопросы верно или допущен не совсем точный ответ не более чем в одном вопросе

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если не более двух вопросов остались без правильного ответа

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если студент ответил верно на половину вопросов

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студент ответил верно на менее чем половину вопросов

**КМ-8. ЛР №17 "Защита подстанции от набегающих волн"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится путём письменных и/или устных ответов на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

Изучить влияние параметров схемы (взаиморасположения оборудования и защитного аппарата и расстояния между ними, количества и места включения отходящих линий) на максимальные напряжения на оборудовании.

Определить опытным путём по схеме замещения подстанции длину опасной зоны.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: источники, механизмы развития и способы ограничения перенапряжений в электрических сетях 6-750 кВ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Что такое опасная зона?</li> <li>2.Что такое защищённый подход?</li> <li>3.Какие мероприятия по повышению грозоупорности подстанции от набегающих волн Вы знаете?</li> </ol>
Уметь: рассчитывать параметры защиты от ударов молнии и грозовых перенапряжений воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройствах станций и подстанций	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Построить осциллограмму напряжения на изоляции оборудования в упрощённой схеме замещения.</li> <li>2.Рассчитать вероятность обратного перекрытия при ударе молнии в опору при заданных параметрах.</li> </ol>
Уметь: применять специализированное программное обеспечение для расчета перенапряжений и для определения грозоупорности объектов электроэнергетики	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Определить длину опасной зоны при заданных условиях.</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если ответы на большинство вопросов даны правильно и в полном объеме*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если ответы на основные вопросы по теме лабораторной работы даны верно*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если больше половины вопросов остались без ответа или при ответе на вопросы были допущены грубые ошибки*

**КМ-9. Контрольная работа №3**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент в течение 2 академических часов решает задачи по теме грозовых перенапряжений и молниезащиты линии электропередачи.

**Краткое содержание задания:**

Решить задачи

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: рассчитывать параметры защиты от ударов молнии и грозových перенапряжений воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройствах станций и подстанций</p>	<p>1. По фазному проводу воздушной линии электропередачи движется грозовой импульс с некоторой амплитудой тока <math>I_m</math>. Волновое сопротивление фазного провода линии составляет 300 Ом. Импульсная электрическая прочность гирлянды изоляторов воздушной линии равна <math>U_{50\%}=800</math> кВ. Какова вероятность перекрытия гирлянды изоляторов под действием грозowego импульса?</p>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если получены правильные числовые значения во всех задачах и ответы сформулированы верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если получены правильные числовые значения, но ответы сформулированы неверно (неточно) или допущены незначительные вычислительные ошибки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если получены правильные числовые значения и ответы сформулированы верно не менее чем в половине задач

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

**КМ-10. ЛР №20 "Перенапряжения в дальних электропередачах за счет емкостного эффекта"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита лабораторной работы проводится путём письменных и/или устных ответов на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

Исследовать влияние длины линии на распределение напряжения вдоль длинной линии. Компенсировать напряжение в длинной линии путём установки шунтирующих реакторов в различных местах линии.

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: источники, механизмы развития и способы ограничения перенапряжений</p>	<p>1. Что является причиной повышения напряжения вдоль разомкнутой на конце или малонагруженной линии?</p>
--	--

электрических сетях 6-750 кВ	
Уметь: применять специализированное программное обеспечение для расчета перенапряжений и для определения грозоупорности объектов электроэнергетики	<p>1. Какой вид имеют распределения напряжения вдоль линии электропередачи с двусторонним питанием в режимах передачи натуральной мощности и холостого хода?</p> <p>2. Определить значение мощности шунтирующего реактора, необходимой для полной компенсации емкостного тока в начале линии при включении реактора в начале, конце и середине линии.</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "отлично" выставляется, если ответы на большинство вопросов даны правильно и в полном объеме*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов раскрыто*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "удовлетворительно" выставляется, если ответы на основные вопросы по теме лабораторной работы даны верно*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если больше половины вопросов остались без ответа или при ответе на вопросы были допущены грубые ошибки*

**КМ-11. ЛР "Испытательные установки высокого напряжения"**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Экскурсия

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответить на вопросы по результатам

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: источники, механизмы развития и способы ограничения перенапряжений в электрических сетях 6-750 кВ	1. Какими временными параметрами характеризуются грозовые импульсы?
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка "зачтено" выставляется, если студент посетил экскурсию и ответил на основные вопросы по материалам экскурсии*

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется, если студент не посетил экскурсию или не ответил на основные вопросы по материалам экскурсии

**КМ-12. Расчёт молниезащиты открытого распределительного устройства (ОРУ) подстанции**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита расчётно-графической работы проводится путём письменных и/или устных ответов на вопросы преподавателя

**Краткое содержание задания:**

1. Выбрать промежуточные опоры воздушных линий электропередачи (ВЛ), подходящих к открытому распределительному устройству (ОРУ) подстанции, и определить параметры изолирующих подвесок для опор ВЛ и для порталов ОРУ. Расчеты выполнить для обоих указанных в исходных данных классов напряжения. Определить импульсные разрядные напряжения для каждого расчётного случая.
2. Определить длину опасной зоны и защищенного подхода и рассчитать ожидаемое число повреждений изоляции оборудования на подстанции от ударов молнии в ВЛ в пределах защищенного подхода.
3. Определить необходимое число и высоту стержневых молниеотводов для защиты электрооборудования от прямых ударов молнии и расставить молниеотводы на территории ОРУ, обеспечив требуемую надёжность.
4. Определить параметры контура заземления подстанции (длину и число вертикальных электродов, шаг сетки), обеспечивающие допустимую величину его стационарного сопротивления заземления. Построить зависимость импульсного сопротивления контура заземления подстанции от тока молнии. Определить число повреждений в год изоляции электрооборудования ОРУ от прямых ударов молнии.
5. Определить показатель грозоупорности подстанции.
6. Предложить методы повышения грозоупорности подстанции.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы определения зон защиты молниеотводов	1.Что такое зона защиты молниеотвода? 2.Принцип действия молниеотвода.
Знать: источники, механизмы развития и способы ограничения перенапряжений в электрических сетях 6-750 кВ	1.Принцип работы ОПН.
Уметь: рассчитывать параметры защиты от ударов молнии и грозовых перенапряжений воздушных линий электропередачи и открытых распределительных устройствах станций и подстанций	1.Определить вероятность обратного перекрытия при ударе молнии в молниеотвод, расположенный на портале подстанции. 2.Предложить мероприятия по увеличению показателя грозоупорности подстанции 3.Оценить влияние коронного разряда на показатель грозоупорности подстанции

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если студент хорошо ориентируется в своей работе и ответы на большинство вопросов даны правильно и в полном объеме

*Оценка:* 4

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 65

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если студент хорошо ориентируется в своей работе и большинство вопросов раскрыто

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если студент хорошо ориентируется в своей работе и ответы на основные вопросы по теме расчётно-графической работы даны верно

*Оценка:* 2

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студент плохо ориентируется в своей работе или если больше половины вопросов остались без ответа или при ответе на вопросы были допущены грубые ошибки

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 6 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Понятие внешней и внутренней изоляции. Номинальное и рабочее напряжение в трехфазной системе. Пробой и перекрытие изоляции. Изоляция самовосстанавливающаяся и не самовосстанавливающаяся. Факторы, действующие на изоляцию. Конфигурация электрических полей, коэффициент неоднородности электрического поля. Связь толщины изоляции и коэффициента неоднородности электрического поля. Особенность системы электродов «коаксиальные цилиндры».
2. Диэлектрические потери в изоляции. Тангенс угла диэлектрических потерь и мощность диэлектрических потерь. Особенность тангенса угла диэлектрических потерь как диагностического параметра. Принцип измерения тангенса угла диэлектрических потерь цифровым прибором. Прямая и перевернутая схема измерений.
3. Диэлектрик прямоугольной формы (длина  $a=300$  мм, ширина  $b=200$  мм, высота  $h=4$  мм) находится между пластинами плоского конденсатора. Расстояние между пластинами плоского конденсатора равно высоте диэлектрика. Удельное объемное сопротивление диэлектрика равно  $\rho_v=5 \cdot 10^{10}$  Ом\*м. Определить удельное поверхностное сопротивление диэлектрика  $\rho_s$ , при котором сопротивление диэлектрика протекающему по его объему току, будет равно сопротивлению диэлектрика, протекающему по его поверхности току.

### Процедура проведения

Экзамен проводится устно по билетам

#### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Применяет типовые проектные решения

#### **Вопросы, задания**

1. Общая характеристика внешней изоляции. Назначение и типы изоляторов.
2. Регулирование электрических полей во внешней изоляции. Электростатические экраны. Внутренний экран в опорном изоляторе. Регулирование распределения напряжения по гирлянде изоляторов, емкостной экран. Принудительное распределение напряжения в изоляционной конструкции. Применение барьеров.
3. Коронный разряд на проводах воздушной линии электропередачи. Общая и местная корона. Расщепленные провода. Расчет потерь энергии при местной короне по обобщенным характеристикам потерь.
4. Регулирование электрических полей во внутренней изоляции – скругление краев электродов, градирование изоляции, применение конденсаторных обкладок, применение полупроводящих покрытий.
5. Сопротивление изоляции. Измерение сопротивления изоляции мегаомметром, блок – схема цифрового мегаомметра. Участки изоляции в однофазном силовом трансформаторе. Измерение сопротивления участков изоляции в однофазном силовом трансформаторе, контроль достоверности результатов измерений.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Какая изоляция является самовосстанавливающейся?

Ответы:

- А) Газовая
- Б) Жидкая
- В) Твердая

Верный ответ: А), Б)

2.Что означают цифры, характеризующие импульс высокого напряжения: 1,2/50 ?

Ответы:

- А) 1,2 - напряжение в кВ, 50 – напряженность электрического поля в В/м.
- Б) 1,2 – длительность импульса в миллисекундах, 50 – длительность фронта импульса в мкс.
- В) 1,2 – длительность фронта импульса в мкс, 50 – длительность импульса в мкс.
- Г) 1,2 – длительность фронта импульса в мкс, 50 – максимальное напряжение в кВ.

Верный ответ: В)

3.При какой форме испытательного напряжения происходит измерение сопротивления изоляции?

Ответы:

- А) При постоянном напряжении.
- Б) При напряжении промышленной частоты.
- В) При импульсном напряжении.

Верный ответ: А)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Выбирает параметры электрооборудования, учитывая технические и экономические ограничения

### Вопросы, задания

1.Развитие разряда вдоль загрязненной и увлажненной поверхности изолятора, частичный дуговой разряд.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Какой параметр лежит в основе классификации электрических полей?

Ответы:

- А) Расстояние между электродами
- Б) Радиус кривизны электрода
- В) Коэффициент неоднородности электрического поля
- Г) Средняя напряженность электрического поля
- Д) Разность потенциалов между электродами

Верный ответ: В)

2.Напряженность под воздушной линией электропередачи на высоте 1,8 метра над землей составляет 0,1 кВ/см. Человек высотой 1,8 м встал под линией электропередачи таким образом, чтобы макушка его головы находилась в месте с указанной выше напряженностью электрического поля. Определить напряжённость на макушке человека в этом случае.

Выберите вариант ответа, который в принципе не может быть правильным.

Ответы:

- А) 0,1 кВ/см
- Б) 0,5 кВ/см
- В) 0,05 кВ/см
- Г) 0,01 кВ/см

Верный ответ: А) , В), Г)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен неё; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

**7 семестр**

**Форма промежуточной аттестации: Экзамен**

**Пример билета**

1. Понятие перенапряжения. Классификация перенапряжений.
2. Испытания и координация изоляции электрооборудования по уровню внутренних перенапряжений.
3. Задача. В зоне защиты одиночного стержневого молниеотвода расположен объект высотой 4,5 метра. Молниеотвод и защищаемый объект имеют общее заземление. Расстояние между молниеотводом и защищаемым объектом равно 5 метров, погонная индуктивность молниеотвода 2 мкГн/м, средняя разрядная напряженность электрического поля в воздухе равна 5 кВ/м. Определить вероятность перекрытия с молниеотвода на защищаемый объект при ударе молнии в вершину молниеотвода.

## Процедура проведения

Экзамен проводится устно по билетам

### ***1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины***

#### **1. Компетенция/Индикатор: ИД-1<sub>ПК-1</sub> Применяет типовые проектные решения**

##### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Какие виды перенапряжений наиболее опасны для ОПН?

Ответы:

- А) Грозовые.
- Б) Коммутационные.
- В) Режимные (квазистационарные).

Верный ответ: В)

2. Какие токи короткого замыкания характерны для сети 10 кВ с изолированной нейтралью?

Ответы:

- А) 10-25 А
- Б) 1-3 кА
- В) 5-20 кА

Верный ответ: А)

#### **2. Компетенция/Индикатор: ИД-2<sub>ПК-1</sub> Выбирает параметры электрооборудования, учитывая технические и экономические ограничения**

##### **Вопросы, задания**

1. Пути повышения эффективности молниезащиты воздушных линий электропередачи.
2. Координация изоляции электрооборудования по уровню грозовых перенапряжений. Испытательные напряжения грозовых импульсов.
3. Кратность внутренних перенапряжений, допустимая кратность внутренних перенапряжений. Однофазное короткое замыкание в сетях с изолированной нейтралью. Влияние длины линии. Гашение дуги короткого замыкания с помощью катушки Петерсона.
4. Испытания и координация изоляции электрооборудования по уровню внутренних перенапряжений.

##### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. За счет чего повышается эффективность молниезащиты воздушной линии электропередачи при уменьшении сопротивления заземления опоры?

Ответы:

- А) За счет снижения вероятности перехода искрового разряда в дуговой разряд.
- Б) За счет снижения вероятности обратного перекрытия.
- В) При уменьшении сопротивления заземления опоры эффективность молниезащиты воздушной линии электропередачи не изменяется.

Верный ответ: Б)

2. При каком угле защиты фазный провод воздушной линии электропередачи защищен от ударов молнии наилучшим образом.

Ответы:

- А) 5 градусов.
- Б) 10 градусов.
- В) 20 градусов.

Г) 0 градусов.

Верный ответ: Г)

3. Имеются ли отличия защитного аппарата и защитного промежутка?

Ответы:

А) Защитный аппарат и защитный промежуток ограничивают амплитуду импульсов перенапряжений и различий между ними нет.

Б) Защитный аппарат в отличие от защитного промежутка обеспечивает отключение сопровождающего тока.

В) Защитный аппарат и защитный промежуток обеспечивают отключение сопровождающего тока.

Верный ответ: Б)

4. Как стримерная корона влияет на параметры грозового импульса, который движется по фазному проводу воздушной линии?

Ответы:

А) Стримерная корона приводит к увеличению амплитуды импульса.

Б) Стримерная корона приводит к уменьшению амплитуды импульса.

В) Стримерная корона приводит к уменьшению длительности фронта импульса.

Г) Стримерная корона приводит к увеличению длительности фронта импульса.

Верный ответ: Г)

5. Может ли импульсный коэффициент заземлителя быть меньше единицы?

Ответы:

А) Да, из-за искрообразования вблизи заземлителя.

Б) Нет, из-за искрообразования вблизи заземлителя.

В) Да, из-за влияния индуктивности заземлителя.

Г) Нет, из-за влияния индуктивности заземлителя.

Верный ответ: А)

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен неё; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***