

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Электрофизические процессы в жидких и твердых диэлектриках**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Камалова Г.И.
	Идентификатор	Rd6e3b4d1-OykinaGI-dc975bcb

(подпись)

Г.И.

Камалова

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лебедева Н.А.
	Идентификатор	R75716a03-LebedevaNA-9930664

(подпись)

Н.А.

Лебедева

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00

(подпись)

А.Г.

Темников

(расшифровка  
подписи)

## 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:

1. ПК-1 Способен принимать участие в проведении научных исследований в области объектов профессиональной деятельности (техники и электрофизики высоких напряжений)
- ИД-6 Демонстрирует знание научных основ диагностики высоковольтной изоляции

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита лабораторной работы №1 «Исследование электрических разрядов в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика» (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 «Исследование проявлений процессов миграционной поляризации в высоковольтной изоляции» (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 «Измерение тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтной изоляции» (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы №4 «Изучение частичных электрических разрядов в твёрдой высоковольтной изоляции» (Лабораторная работа)
5. Тест "Пробой жидких диэлектриков" (Тестирование)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	13	16
Электрический разряд в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика						
Электрический разряд в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика	+	+	+	+	+	+
Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках						
Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках	+	+	+			+
Пробой жидких диэлектриков						
Пробой жидких диэлектриков	+				+	+
Пробой твёрдых диэлектриков						
Пробой твёрдых диэлектриков	+	+	+	+	+	+

	Вес КМ:	20	20	20	20	20
\$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-6ПК-1 Демонстрирует знание научных основ диагностики высоковольтной изоляции	<p>Знать:</p> <p>протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя</p> <p>научные основы диагностики изоляции оборудования ВН</p> <p>Уметь:</p> <p>применять основы диагностики изоляции оборудования ВН</p>	<p>Защита лабораторной работы №1 «Исследование электрических разрядов в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика» (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы №2 «Исследование проявлений процессов миграционной поляризации в высоковольтной изоляции» (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы №3 «Измерение тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтной изоляции» (Лабораторная работа)</p> <p>Тест "Пробой жидких диэлектриков" (Тестирование)</p> <p>Защита лабораторной работы №4 «Изучение частичных электрических разрядов в твёрдой высоковольтной изоляции» (Лабораторная работа)</p>

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

### КМ-1. Защита лабораторной работы №1 «Исследование электрических разрядов в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа, на выполнение которой студент дается 30-45 минут.

#### Краткое содержание задания:

Тема лабораторной работы: «Исследование электрических разрядов в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика».

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Какие физические процессы определяют развитие электрических разрядов в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?</li><li>2.Как и почему гигроскопичность материала поверхности твёрдого диэлектрика и влажность атмосферного воздуха влияют на разрядное напряжение в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?</li><li>3.Как и почему ориентация вектора напряжённости электрического поля относительно поверхности диэлектрика влияет на разрядное напряжение в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?</li><li>4.Как и почему плотность прилегания электродов к поверхности твёрдого диэлектрика влияет на разрядное напряжение в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?</li><li>5.Перечислите и поясните стадии развития электрического разряда в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика.</li><li>6.Поясните, почему различаются разрядные напряжения в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика для опорного и проходного изоляторов при одинаковой длине разрядного промежутка.</li><li>7.Перечислите и поясните стадии развития электрического разряда в воздухе вдоль увлажнённой загрязнённой поверхности твёрдого диэлектрика.</li><li>8.При каких условиях развитие частичного дугового разряда может завершиться перекрытием всего изолятора?</li></ol>
<p>Уметь: применять основы диагностики изоляции оборудования ВН</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Определите, при каком напряжении, приложенном к плоскому конденсатору, в имеющемся в нём воздушном зазоре между заполняющим его диэлектриком и электродом возникнет частичный разряд. Расстояние между пластинами конденсатора</li></ol>

	<p>составляет <math>L=3</math> см, ширина зазора <math>D=0,075</math> см, относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика <math>\epsilon_d=3</math>.</p> <p>2. Определите, при каком напряжении, приложенном к цилиндрическому конденсатору, в имеющемся в нём воздушном зазоре между заполняющим его диэлектриком и электродом возникнет частичный разряд. Радиус внутреннего электрода <math>R_0=2,5</math> см, внешнего электрода - <math>R_1=5</math> см, ширина зазора <math>D=0,09</math> см, относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика <math>\epsilon_d=4</math>.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-2. Защита лабораторной работы №2 «Исследование проявлений процессов миграционной поляризации в высоковольтной изоляции»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа, на выполнение которой студент дается 30-45 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тема лабораторной работы №2: «Исследование проявлений процессов миграционной поляризации в высоковольтной изоляции».

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: научные основы диагностики изоляции оборудования ВН</p>	<p>1. Какие диэлектрики называют полярными и неполярными? В чём состоит физическая суть явления поляризации диэлектрика? Какие его разновидности Вам известны?</p> <p>2. Что такое диэлектрическая проницаемость? Как она связана с поляризацией диэлектрика?</p> <p>3. В чём заключается физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости? Почему её действительная часть зависит от частоты электрического поля, воздействующего на диэлектрик?</p>
---	---

	<p>4. Что представляет собой эффективная диэлектрическая проницаемость композиционных диэлектриков?</p> <p>5. В чём состоит явление миграционной поляризации? Каким образом и почему происходит накопление заряда абсорбции?</p> <p>6. При каких условиях происходит накопление заряда абсорбции? В чём состоит условие существования миграционной поляризации?</p> <p>7. Объясните физический механизм возникновения возвратного напряжения и форму его зависимости от времени.</p> <p>8. Как нейтрализовать риск появления возвратного напряжения в установках высокого напряжения?</p> <p>9. Объясните изменение во времени тока в многослойном диэлектрике и его сопротивления при приложении постоянного напряжения.</p> <p>10. Как использовать проявления миграционной поляризации для диагностики высоковольтной изоляции?</p>
<p>Уметь: применять основы диагностики изоляции оборудования ВН</p>	<p>1. Пространство между пластинами плоского конденсатора толщиной <math>d=0,2</math> см заполнено двухслойным твёрдым диэлектриком со слоями равной толщины с относительной диэлектрической проницаемостью <math>\epsilon_1=3,1</math> и <math>\epsilon_2=3,3</math>, удельным объёмным сопротивлением <math>r_1=7,1e9</math> и <math>r_2=6,9e9</math> Ом<math>\times</math>м. Рассчитайте значения поверхностной плотности заряда абсорбции на границе раздела между слоями и напряжённости электрического поля в них. К конденсатору приложено напряжение <math>U=12</math> кВ.</p> <p>2. Пространство между пластинами плоского конденсатора толщиной <math>d=0,2</math> см заполнено двухслойным твёрдым диэлектриком со слоями равной толщины с относительной диэлектрической проницаемостью <math>\epsilon_1=3,1</math> и <math>\epsilon_2=3,3</math>. При каком отношении значений удельного объёмного сопротивления <math>r_1/r_2</math> не будет накапливаться заряд абсорбции на границе раздела между слоями? Рассчитайте значения напряжённости электрического поля в них. К конденсатору приложено напряжение <math>U=12</math> кВ.</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*



Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### **КМ-3. Защита лабораторной работы №3 «Измерение тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтной изоляции»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа, на выполнение которой студент дается 30-45 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Тема лабораторной работы №3: «Измерение тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтной изоляции».

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: научные основы диагностики изоляции оборудования ВН</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Каков механизм возникновения диэлектрических потерь, если на диэлектрик воздействует постоянное или переменное периодическое электрическое поле?</li><li>2.Поясните понятие тангенса угла диэлектрических потерь. Что он характеризует?</li><li>3.Какие способы измерения тангенса угла диэлектрических потерь Вам известны?</li><li>4.Оцените характерные значения тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтной изоляции. Как и почему они изменяются в процессе эксплуатации её эксплуатации?</li><li>5.Как и почему значение тангенса угла диэлектрических потерь зависит от температуры диэлектрика?</li><li>6.Как и почему значение тангенса угла диэлектрических потерь зависит от частоты переменного периодического электрического поля, воздействующего на диэлектрик?</li><li>7.Как и почему значение тангенса угла диэлектрических потерь зависит от напряжённости электрического поля, воздействующего на диэлектрик?</li></ol>
<p>Уметь: применять основы диагностики изоляции оборудования ВН</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.О чём может свидетельствовать увеличение тангенса угла диэлектрических потерь в процессе эксплуатации высоковольтной изоляции и почему?</li><li>2.Каким образом можно использовать измерение тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтной изоляции для диагностики высоковольтной изоляции? Как следует интерпретировать результаты этих измерений?</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-4. Тест "Пробой жидких диэлектриков"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа, на выполнение которой студенту даётся 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тест охватывает теоретический материал по теме: «Пробой жидких диэлектриков».

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Какие механизмы пробоя жидких диэлектриков Вам известны?</li><li>2.Как влияет влажность жидкого диэлектрика на пробивное напряжение заполненного им промежутка? Обоснуйте свой ответ.</li><li>3.Как влияет наличие примесей в жидком диэлектрике на пробивное напряжение заполненного им промежутка? Обоснуйте свой ответ.</li><li>4.Сформулируйте основные положения теории пузырькового пробоя жидких диэлектриков.</li><li>5.Сформулируйте основные положения теории микровзрывного пробоя жидких диэлектриков.</li><li>6.Сформулируйте основные положения теории электрического пробоя жидких диэлектриков.</li><li>7.Сформулируйте основные положения теории теплового пробоя жидких диэлектриков. Как снизить риск такого пробоя?</li></ol>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на

90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

### **КМ-5. Защита лабораторной работы №4 «Изучение частичных электрических разрядов в твёрдой высоковольтной изоляции»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа, на выполнение которой студент дается 30-45 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тема лабораторной работы №4: «Изучение частичных электрических разрядов в твёрдой высоковольтной изоляции».

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что такое частичный разряд в высоковольтной изоляции? Где и по каким причинам он возникает?</li><li>2.Перечислите основные количественные характеристики частичных разрядов и поясните их физическую суть.</li><li>3.Что такое кажущийся заряд частичного разряда?</li><li>4.Как изменяется напряжение на газовом включении в высоковольтной изоляции в присутствии частичных разрядов под действием периодического синусоидального напряжения?</li><li>5.Как зависит напряжённость появления частичных разрядов от толщины диэлектрика в высоковольтной конденсаторной изоляции?</li><li>6.Что представляют собой начальные и критические частичные разряды? Как отличаются их количественные характеристики?</li><li>7.В чём заключаются причины старения высоковольтной изоляции под действием частичных разрядов?</li></ol>
--	---

	<p>8.Какие характеристики частичных разрядов используют для диагностики высоковольтной изоляции?</p> <p>9.Какие характеристики измеряются при использовании электрического и акустического методов регистрации и измерения параметров частичных разрядов?</p>
<p>Уметь: применять основы диагностики изоляции оборудования ВН</p>	<p>1.В образце твёрдого диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью <math>\epsilon=2,5</math>, помещённом в однородное электрическое поле с напряжённостью <math>E=50</math> кВ/см, присутствует сферическое газовое включение диаметром <math>2a=30</math> мкм, заполненное воздухом при давлении <math>P=775</math> Торр. Температура нормальная. Определите, выполняется ли в газовом включении в указанных условиях условие самостоятельности электрического разряда?</p> <p>2.В образце твёрдого диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью <math>\epsilon=4</math>, помещённом в однородное электрическое поле с напряжённостью <math>E</math>, присутствует сферическое газовое включение диаметром <math>2a=50</math> мкм, заполненное воздухом при давлении <math>P=725</math> Торр. Температура нормальная. Определите, при каком наименьшем значении <math>E</math> в газовом включении в указанных условиях будет выполнено условие самостоятельности электрического разряда?</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

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

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

Билет №1.

1. Какие физические процессы определяют развитие электрических разрядов в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?
2. Что такое тангенс угла диэлектрических потерь? Как и почему значение тангенса угла диэлектрических потерь зависит от температуры диэлектрика?
3. Задача. Рассчитайте напряжение возникновения частичного разряда в плоском газовом включении в высоковольтной конденсаторной изоляции плоского конденсатора. Включение находится у одной из обкладок конденсатора. Толщина изоляции 0,05 см, толщина включения 0,002 см, относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика 2,5.

### Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-бПК-1 Демонстрирует знание научных основ диагностики высоковольтной изоляции

### Вопросы, задания

1. Билет №2.

1. Как и почему гигроскопичность материала поверхности твёрдого диэлектрика и влажность атмосферного воздуха влияют на разрядное напряжение в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?
2. Что такое тангенс угла диэлектрических потерь? Как и почему значение тангенса угла диэлектрических потерь зависит от частоты переменного периодического электрического поля, воздействующего на диэлектрик?
3. Задача. Рассчитайте максимальное значение возвратного напряжения в плоском конденсаторе с двухслойной высоковольтной изоляцией. Расстояние между пластинами конденсатора составляет 0,2 см, а слои изоляции имеют одинаковую толщину. Относительная диэлектрическая проницаемость слоёв равна 2,1 и 2,4, а их удельное сопротивление –  $3 \times 10^{-9}$  и  $5 \times 10^{-9}$  Ом×см соответственно.
2. Объясните физический механизм возникновения возвратного напряжения и форму его зависимости от времени.
3. При каких условиях происходит накопление заряда абсорбции? В чём состоит условие существования миграционной поляризации?
4. В чём состоит явление миграционной поляризации? Каким образом и почему происходит накопление заряда абсорбции?
5. Что представляет собой эффективная диэлектрическая проницаемость композиционных диэлектриков?

6. В чём заключается физический смысл комплексной диэлектрической проницаемости? Почему её действительная часть зависит от частоты электрического поля, воздействующего на диэлектрик?
7. Что такое диэлектрическая проницаемость? Как она связана с поляризацией диэлектрика?
8. Какие диэлектрики называют полярными и неполярными? В чём состоит физическая суть явления поляризации диэлектрика? Какие его разновидности Вам известны?
9. Как нейтрализовать риск появления возвратного напряжения в установках высокого напряжения?
10. При каких условиях развитие частичного дугового разряда может завершиться перекрытием всего изолятора?
11. Поясните, почему различаются разрядные напряжения в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика для опорного и проходного изоляторов при одинаковой длине разрядного промежутка.
12. Перечислите и поясните стадии развития электрического разряда в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика.
13. Как и почему плотность прилегания электродов к поверхности твёрдого диэлектрика влияет на разрядное напряжение в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?
14. Как и почему ориентация вектора напряжённости электрического поля относительно поверхности диэлектрика влияет на разрядное напряжение в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?
15. Как и почему гигроскопичность материала поверхности твёрдого диэлектрика и влажность атмосферного воздуха влияют на разрядное напряжение в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?
16. Какие физические процессы определяют развитие электрических разрядов в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?
17. Билет №3.

1. Как и почему ориентация вектора напряжённости электрического поля относительно поверхности диэлектрика влияет на разрядное напряжение в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?
2. Что такое тангенс угла диэлектрических потерь? Как и почему значение тангенса угла диэлектрических потерь зависит от напряжённости электрического поля, воздействующего на диэлектрик?
3. Задача. Рассчитайте напряжение возникновения частичного разряда в сферическом газовом включении в высоковольтной конденсаторной изоляции коаксиального конденсатора. Включение находится посередине между обкладками конденсатора. Радиус внутреннего высоковольтного электрода составляет 0,1 см, радиус внешнего электрода – 3 см, диаметр включения – 0,003 см, относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика 2,2.
18. Перечислите и поясните стадии развития электрического разряда в воздухе вдоль увлажнённой загрязнённой поверхности твёрдого диэлектрика.
19. Каков механизм возникновения диэлектрических потерь, если на диэлектрик воздействует постоянное или переменное периодическое электрическое поле?
20. Электропроводность твёрдых диэлектриков, их ионная и электронная электропроводность.
21. В чём заключаются причины старения высоковольтной изоляции под действием частичных разрядов?
22. Что представляют собой начальные и критические частичные разряды? Как отличаются их количественные характеристики?
23. Как зависит напряжённость появления частичных разрядов от толщины диэлектрика в высоковольтной конденсаторной изоляции?

24. Как изменяется напряжение на газовом включении в высоковольтной изоляции в присутствии частичных разрядов под действием периодического синусоидального напряжения?
25. Что такое кажущийся заряд частичного разряда?
26. Перечислите основные количественные характеристики частичных разрядов и поясните их физическую суть.
27. Что такое частичный разряд в высоковольтной изоляции? Где и по каким причинам он возникает?
28. Теория перегретой электрической неустойчивости.
29. Теории ударной ионизации медленными и быстрыми электронами в твёрдых диэлектриках.
30. Механизмы пробоя твёрдых диэлектриков.
31. Теория теплового пробоя жидких диэлектриков.
32. Механизмы импульсного пробоя жидких диэлектриков.
33. Механизмы пробоя жидких диэлектриков. Влияние примесей и влажности.
34. Какие характеристики частичных разрядов используют для диагностики высоковольтной изоляции?
35. Какие характеристики измеряются при использовании электрического и акустического методов регистрации и измерения параметров частичных разрядов?
36. Явления, сопровождающие протекание тока в жидких диэлектриках.
37. Электропроводность жидких диэлектриков в сильных электрических полях.
38. Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях.
39. Как использовать проявления миграционной поляризации для диагностики высоковольтной изоляции?
40. Объясните изменение во времени тока в многослойном диэлектрике и его сопротивления при приложении постоянного напряжения.
41. Как следует интерпретировать результаты этих измерений?
42. Каким образом можно использовать измерение тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтной изоляции для диагностики высоковольтной изоляции?
43. Как и почему значение тангенса угла диэлектрических потерь зависит от напряжённости электрического поля, воздействующего на диэлектрик?
44. Как и почему значение тангенса угла диэлектрических потерь зависит от частоты переменного периодического электрического поля, воздействующего на диэлектрик?
45. Как и почему значение тангенса угла диэлектрических потерь зависит от температуры диэлектрика?
46. Оцените характерные значения тангенса угла диэлектрических потерь в высоковольтной изоляции. Как и почему они изменяются в процессе эксплуатации её?
47. Какие способы измерения тангенса угла диэлектрических потерь Вам известны?
48. Поясните понятие тангенса угла диэлектрических потерь. Что он характеризует?
49. Особенности протекания тока в тонких слоях жидких диэлектриков в комбинированной изоляции и роль коллоидных частиц.

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

1. Какое из перечисленных ниже свойств материала поверхности твёрдого диэлектрика влияет на разрядное напряжение в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика?

Ответы:

- 1 - относительная диэлектрическая проницаемость материала;
- 2 - гигроскопичность материала;
- 3 - тангенс угла диэлектрических потерь в материале;
- 4 - цвет материала.

Верный ответ: 2

2. Что нужно сделать для повышения разрядного напряжения в воздухе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика в реальной изоляционной конструкции при условии, что его материал уже определён?

Ответы:

- 1 - обеспечить плотное прилегание диэлектрика к электродам;
- 2 - отполировать поверхность диэлектрика;
- 3 - защитить изолятор от загрязнений его поверхности;
- 4 - защитить изолятор от увлажнения его поверхности под действием атмосферных осадков.

Верный ответ: 1

3. Какой процесс определяет протекание тока в чистой диэлектрической жидкости в слабых электрических полях?

Ответы:

- 1 - катафоретическая проводимость;
- 2 - электронная проводимость;
- 3 - диссоциация молекул жидкости с образованием положительных и отрицательных ионов;
- 4 - ионная проводимость.

Верный ответ: 4

4. Что такое частичный разряд?

Ответы:

- 1 - электрический пробой одного из слоёв в многослойной изоляции;
- 2 - коронный разряд в области сильного электрического поля вблизи острых кромок электродов;
- 3 - электрический разряд в газовом включении в жидком или твёрдом диэлектрике;
- 4 - локальное проявление ударной ионизации молекул жидкого или твёрдого диэлектрика свободными электронами.

Верный ответ: 3

5. Какой из перечисленных ниже видов примесей в жидком диэлектрике приводит к наибольшему снижению пробивного напряжения?

Ответы:

- 1 - вода в капельной форме;
- 2 - вода в растворённой форме;
- 3 - частицы целлюлозы;
- 4 - металлические частицы.

Верный ответ: 1

6. В чём заключаются особенности протекания тока в тонких слоях жидких диэлектриков в комбинированной изоляции?

Ответы:

- 1 - в загрязнении диэлектрической жидкости частицами твёрдого изоляционного материала;
- 2 - в возможности пробоя слоя диэлектрической жидкости из-за разности относительных диэлектрических проницаемостей твёрдого и жидкого диэлектриков;
- 3 - в уменьшении концентрации ионов в диэлектрической жидкости из-за их осаждения на поверхности твёрдого диэлектрика и соответствующем снижении ионной проводимости;
- 4 - в уменьшении концентрации коллоидных частиц в диэлектрической жидкости из-за их осаждения на поверхности твёрдого диэлектрика и соответствующем снижении катафоретической проводимости;

Верный ответ: 4



7. Какое проявление миграционной поляризации представляет опасность для персонала, обслуживающего установки высокого напряжения?

Ответы:

- 1 - разрушение изоляционной конструкции;
- 2 - пробой одного из слоёв изоляции в изоляционной конструкции;
- 3 - возникновение возвратного напряжения в конструкциях с многослойной изоляцией;
- 4 - появление частичных разрядов между слоями изоляции.

Верный ответ: 3

8. Что характеризует тангенс угла диэлектрических потерь?

Ответы:

- 1 - мощность активных потерь в изоляции, обусловленную протеканием тока проводимости, поляризацией диэлектрика и частичными разрядами в нём;
- 2 - падение напряжения на диэлектрике;
- 3 - силу тока, протекающего в диэлектрике;
- 4 - поляризацию диэлектрика при приложении к нему напряжения.

Верный ответ: 1

9. Как бы Вы интерпретировали увеличение тангенса угла диэлектрических потерь в диэлектрическом материале?

Ответы:

- 1 - произошло механическое разрушение диэлектрика;
- 2 - произошёл пробой диэлектрика;
- 3 - в результате старения материала увеличилась проводимость материала диэлектрика;
- 4 - произошло увлажнение материала диэлектрика, сопровождающееся увеличением его проводимости.

Верный ответ: 3, 4

10. Чем объясняется изменение во времени тока в многослойном диэлектрике и его сопротивления при приложении постоянного напряжения?

Ответы:

- 1 - старением материала диэлектрика;
- 2 - слоистой структурой материала диэлектрика и накоплением со временем заряда абсорбции на границах раздела между слоями;
- 3 - нагревом диэлектрика, который сопровождается изменением удельного сопротивления материала;
- 4 - пробоем материала диэлектрика.

Верный ответ: 2

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*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 не принципиальные 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.*

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