

**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
Физика электрических разрядов**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Белогловский А.А.
Идентификатор	R86421057-BeloglovskyAA-22f7dae	

А.А.
Белогловский

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

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

Н.А.
Лебедева

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00f	

А.Г.
Темников

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-1 Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в электрических разрядах

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1: «Расчёт развития электронной лавины и её критических параметров» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа №2: «Оценка начальных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков» (Контрольная работа)
3. Тест №1: «Роль электрических разрядов в ТВН и электрофизические процессы в газовой изоляции» (Тестирование)
4. Тест №2: «Стримерный и лидерный механизмы развития электрических разрядов» (Тестирование)
5. Тест №3: «Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках и их пробой» (Тестирование)

БРС дисциплины

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест №1: «Роль электрических разрядов в ТВН и электрофизические процессы в газовой изоляции» (Тестирование)
- КМ-2 Контрольная работа №1: «Расчёт развития электронной лавины и её критических параметров» (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа №2: «Оценка начальных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков» (Контрольная работа)
- КМ-4 Тест №2: «Стримерный и лидерный механизмы развития электрических разрядов» (Тестирование)
- КМ-5 Тест №3: «Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках и их пробой» (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %
-------------------	---------------------------------

	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4	КМ- 5
	Срок КМ:	4	8	11	12	16
Введение в физику электрических разрядов						
Введение в физику электрических разрядов	+					+
Электрофизические процессы в газовой изоляции						
Электрофизические процессы в газовой изоляции	+					+
Лавинный механизм развития электрического разряда						
Лавинный механизм развития электрического разряда	+	+	+	+	+	+
Условие самостоятельности электрического разряда в лавинной форме						
Условие самостоятельности электрического разряда в лавинной форме				+	+	
Стримерный механизм развития электрического разряда						
Стримерный механизм развития электрического разряда	+	+	+	+	+	+
Лидерный механизм развития электрического разряда и его главная стадия						
Лидерный механизм развития электрического разряда и его главная стадия	+			+	+	+
Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках						
Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках	+			+		+
Пробой жидких и твёрдых диэлектриков						
Пробой жидких и твёрдых диэлектриков	+					+
Вес КМ:		10	25	25	20	20

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 _{ПК-1} Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в электрических разрядах	Знать: методики расчёта начальных и пробивных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков, позволяющие оценивать риски их пробоя и определять меры по повышению их электрической прочности электрофизические процессы в газовой изоляции, которые определяют появление и развитие в ней электрических разрядов, протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя современные математические модели	КМ-1 Тест №1: «Роль электрических разрядов в ТВН и электрофизические процессы в газовой изоляции» (Тестирование) КМ-2 Контрольная работа №1: «Расчёт развития электронной лавины и её критических параметров» (Контрольная работа) КМ-3 Контрольная работа №2: «Оценка начальных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков» (Контрольная работа) КМ-4 Тест №2: «Стримерный и лидерный механизмы развития электрических разрядов» (Тестирование) КМ-5 Тест №3: «Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках и их пробой» (Тестирование)

		<p>лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздухе, позволяющие прогнозировать свойства и поведение этих форм разряда</p> <p>Уметь:</p> <p>вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных электроизоляционных промежутков</p> <p>определять численные значения параметров электрофизических процессов в воздушных электроизоляционных промежутках, которые определяют возникновение и развитие в них электрических разрядов</p> <p>формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздушной среде</p>	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест №1: «Роль электрических разрядов в ТВН и электрофизические процессы в газовой изоляции»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент подготавливает письменный развернутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

Краткое содержание задания:

Тест включает в себя четыре различных вопроса, охватывающих следующие темы:

- 1) Роль и место электрических разрядов в технике высоких напряжений, высоковольтных электротехнологиях и природе; классификация электрических разрядов в электроизоляционных материалах конструкций установок высокого напряжения.
- 2) Упругие и неупругие столкновения частиц;
- 3) Процессы возбуждения атомов и молекул газа;
- 4) Диссоциация молекул;
- 5) Ударная ионизация атомов и молекул свободными электронами, прилипание электронов, термическая ионизация;
- 6) Рекомбинация ионов и электронов;
- 7) Процессы в газе с участием фотонов;
- 8) Процессы на электродах и вблизи них при электрическом разряде в газах;
- 9) Характеристики коллективного движения заряженных частиц в электрическом поле: функция распределения электронов по энергиям и уравнение Больцмана, диффузия, дрейф электронов в поле, их подвижность и средняя длина свободного пробега.
- 10) Понятие плазмы и её основные свойства, дебаевский радиус экранирования.
- 11) Проводимость плазмы. Особенности слабо ионизированной низкотемпературной плазмы электрического разряда в газах.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: электрофизические процессы в газовой изоляции, которые определяют появление и развитие в ней электрических разрядов, протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя	<ol style="list-style-type: none">1. Диффузия, дрейф электронов в электрическом поле, их подвижность и средняя длина свободного пробега.2. Процессы возбуждения атомов и молекул газа.3. Процессы диссоциации молекул.4. Ударная ионизация атомов и молекул свободными электронами.5. Процессы в газе с захватом и отрывом электронов.6. Рекомбинация ионов и электронов.7. Процессы в газе с участием фотонов.8. Термическая ионизация.9. Оцените роль и место электрических разрядов

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	<p>в ТВН. Какие их формы находят применение в высоковольтных электротехнологиях?</p> <p>10. В каких электротехнологических установках применяются электрические разряды в жидкости? Какие свойства и особенности этих разрядов делают возможным такое их применение?</p> <p>11. Оцените роль и место электрических разрядов в природе. С какими их формами можно в ней встретиться?</p> <p>12. Как классифицируются электрические разряды в газах? Сформулируйте краткое определение каждой из упомянутых Вами форм разряда.</p> <p>13. Понятие плазмы и её основные свойства, дебаевский радиус экранирования.</p> <p>14. В чём заключаются особенности слабо ионизированной низкотемпературной плазмы электрического разряда в газах?</p>
<p>Уметь: вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных электроизоляционных промежутков</p>	<p>1. Опишите качественно последовательность развития электрического разряда в коротком (миллиметровом или многосантиметровом) воздушном промежутке при нормальных атмосферных условиях. Какие формы в нём может принимать разряд?</p> <p>2. Опишите качественно последовательность развития электрического разряда в длинном (метровом или многометровом) воздушном промежутке при нормальных атмосферных условиях. Какие формы в нём может принимать разряд?</p> <p>3. Опишите качественно последовательность развития электрического разряда в жидких диэлектриках. Чем она отличается от последовательности развития разряда в газах?</p>
<p>Уметь: определять численные значения параметров электрофизических процессов в воздушных электроизоляционных промежутках, которые определяют возникновение и развитие в них электрических разрядов</p>	<p>1. Рассчитайте скорость дрейфа свободных электронов в воздухе при температуре 15 градусов Цельсия и давлении 770 Торр в электрическом поле с напряжённостью 50 кВ/см.</p> <p>2. Рассчитайте значение коэффициента эффективной ударной ионизации свободными электронами в воздухе при температуре 22 градуса Цельсия и давлении 760 Торр в электрическом поле с напряжённостью 40 кВ/см.</p> <p>3. Рассчитайте значение коэффициента прилипания свободных электронов в воздухе при температуре 30 градуса Цельсия и давлении 760 Торр в электрическом поле с</p>

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки напряжённостью 30 кВ/см.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

КМ-2. Контрольная работа №1: «Расчёт развития электронной лавины и её критических параметров»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Вариант задания выдаётся студенту в аудитории (отправляется почтой ОСЭП). Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа включает в себя три различных вопроса (два вопроса на знание и один вопрос на умение), охватывающих следующие темы:

- 1) Понятие и основные параметры электронной лавины;
- 2) Дрейфово-диффузионная математическая модель электронной лавины и её приближённая аналитическая модель;
- 3) Влияние поля зарядов электронной лавины на её радиус и число электронов в ней;
- 4) Расчётное и эмпирическое определение параметров лавины;
- 5) Статистика лавинного усиления;

- 6) Расчёт зависимостей скорости свободных электронов, обобщённых коэффициентов ударной ионизации и прилипания электронов в воздухе от напряжённости электрического поля;
- 7) Расчёт развития электронной лавины в воздушном электроизоляционном промежутке с однородным электрическим полем

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: современные математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздухе, позволяющие прогнозировать свойства и поведение этих форм разряда	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сформулируйте определение электронной лавины. 2. Запишите двумерную математическую модель электронной лавины. Какие физические процессы в ней учтены и каким образом? 3. Какие физические процессы определяют радиус электронной лавины? Чем определяется её критический радиус? 4. Запишите в общем виде математическую модель электронной лавины. Какие допущения сделаны в её формулировке и чем они обоснованы?
Уметь: формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздушной среде	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рассчитайте и постройте график зависимости числа электронов в лавине от времени в воздушном промежутке с однородным электрическим полем с напряжённостью 50 кВ/см. Атмосферные условия нормальные. Диапазон значений времени $0 < t < 3$ нс. 2. Рассчитайте критическое число электронов в лавине и её критический радиус в воздушном промежутке с однородным электрическим полем с напряжённостью 50 кВ/см. Атмосферные условия нормальные.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если студент правильно выполнил практическое задание (задания) и показал при ответе на вопросы, что владеет материалом изучаемой дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент правильно выполнил практическое задание (задания) и в основном правильно ответил на вопросы, но допустил при этом не принципиальные ошибки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент в ответах на вопросы допустил существенные ошибки, а также не выполнил практическое задание (задания), но наметил правильный путь его выполнения.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Неудовлетворительно», если студент не ответил, либо неверно ответил, на вопросы и не смог решить задачу, либо наметить правильный путь её решения.

КМ-3. Контрольная работа №2: «Оценка начальных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Вариант задания выдаётся студенту в аудитории (отправляется почтой ОСЭП). Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

Краткое содержание задания:

Контрольная включает в себя четыре различных вопроса (два вопроса на знание и два вопроса на умение), охватывающих следующие темы:

- 1) Понятие и основные параметры электронной лавины;
- 2) Дрейфово-диффузионная математическая модель электронной лавины и её приближённая аналитическая модель;
- 3) Влияние поля зарядов электронной лавины на её радиус и число электронов в ней;
- 4) Расчётное и эмпирическое определение параметров лавины;
- 5) Статистика лавинного усиления;

- 7) Расчёт начального напряжения и напряжённости поля в воздушных электроизоляционных промежутках с однородным и неоднородным электрическим полем.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методики расчёта начальных и пробивных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков, позволяющие оценивать риски их пробоя и определять меры по повышению их электрической прочности	1. В чём заключается условие самостоятельности электрического разряда? Что такое начальное напряжение? Что такое начальная напряжённость электрического поля? 2. Что такое пробой электроизоляционного промежутка? Какие виды пробоя воздушных промежутков Вы знаете? 3. Что такое начальное напряжение? Какую роль играют процессы вторичной ионизации в его определении? Какие процессы относятся к вторичным? 4. Что такое пробой электроизоляционного промежутка? Как и почему его пробивное напряжение зависит от полярности приложенного напряжения в системах электродов с резконеоднородным полем?
Уметь: вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных	1. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
электроизоляционных промежутков	<p>«коаксиальные цилиндры» при радиусе внутреннего цилиндра $R_0 = 0,1$ см, внешнего — $R_1 = 5$ см, относительной плотности воздуха 0,95.</p> <p>2. Рассчитайте пробивное напряжение воздушного промежутка с однородным электрическим полем длиной 3 см при относительной плотности воздуха 0,95. Какой вид пробоя может реализоваться при таких условиях и почему? Как снизить риск пробоя в таком промежутке?</p> <p>3. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «провод-плоскость» при радиусе провода $R_0 = 0,1$ см, расстоянии между ним и плоскостью $h=5$ см, и относительной плотности воздуха 1,05.</p> <p>4. Рассчитайте пробивное напряжение воздушного промежутка с однородным электрическим полем длиной 0,1 см при относительной плотности воздуха 1,05. Какой вид пробоя может реализоваться при таких условиях и почему? Как снизить риск пробоя в таком промежутке?</p>

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Отлично», если студент правильно выполнил практическое задание (задания) и показал при ответе на вопросы, что владеет материалом изучаемой дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Хорошо», если студент правильно выполнил практическое задание (задания) и в основном правильно ответил на вопросы, но допустил при этом непринципиальные ошибки.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Удовлетворительно», если студент в ответах на вопросы допустил существенные ошибки, а также не выполнил практическое задание (задания), но наметил правильный путь его выполнения.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной на оценку «Неудовлетворительно», если студент не ответил, либо неверно ответил, на вопросы и не смог решить задачу, либо наметить правильный путь её решения.

КМ-4. Тест №2: «Стримерный и лидерный механизмы развития электрических разрядов»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

Краткое содержание задания:

Тест включает в себя три различных вопроса, охватывающих следующие темы:

- Условие перехода электронной лавины в стример и её критические параметры: число электронов в ней, её радиус и пройденный ею путь;
- Условие самостоятельности разряда в стримерной форме;
- Особенности формирования и распространения анодонаправленного и катодонаправленного стримера;
- Роль фотоионизации газа излучением разряда в их распространении;
- Особенности возникновения и развития стримеров в промежутках с резконеоднородным полем, влияние полярности приложенного напряжения;
- Дрейфово-диффузионная математическая модель стримера;
- Расчётное и эмпирическое определение параметров стримеров, характерные значения их параметров;
- Условия перехода стримерной формы разряда в лидерную;
- Структура анодо- и катодонаправленного лидеров;
- Основные характерные параметры лидеров;
- Финальная стадия лидерного разряда и формирования главного разряда.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методики расчёта начальных и пробивных напряжений воздушных электроизоляционных промежутков, позволяющие оценивать риски их пробоя и определять меры по повышению их электрической прочности	<ol style="list-style-type: none">1. В чём состоит условие лавинно-стримерного перехода? Обоснуйте его. Какие механизмы лавинно-стримерного перехода Вам известны? Чем они отличаются?2. В чём заключается условие самостоятельности электрического разряда в стримерной форме?3. Понятие лидерного разряда и его параметры.4. Механизмы стримерно-лидерного перехода. Роль различных видов ионизации в этом процессе.5. Механизмы стримерно-лидерного перехода. Роль развития ионизационной неустойчивости в этом процессе.6. Понятие обратного разряда и его развитие. Роль обратного разряда в пробое длинных газовых промежутков.
Знать: современные математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздухе, позволяющие прогнозировать свойства	<ol style="list-style-type: none">1. Сформулируйте определение стримера. Чем его структура отличается от электронной лавины?2. Что такое анодонаправленный стример?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
и поведение этих форм разряда	<p>Какие физические процессы определяют его распространение вглубь разрядного промежутка? Как и почему характерные значения его параметров отличаются от катодонаправленного стримера?</p> <p>3. Запишите двумерную математическую модель стримера. Какие физические процессы в ней учтены и каким образом?</p> <p>4. Что такое катодонаправленный стример? Какие физические процессы определяют его распространение вглубь разрядного промежутка? Приведите оценки характерных значений его параметров.</p> <p>5. Запишите математическую модель стримера в общем виде. Какие допущения сделаны в её формулировке и чем они обоснованы?</p>
Уметь: формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда в воздушной среде	<p>1. В какой форме, лавинной или стримерной, выполняется условие самостоятельности разряда в воздушном разрядном промежутке длиной 0,5 см, к которому приложено напряжение 50 кВ? Поле в промежутке однородное. Атмосферные условия нормальные.</p> <p>2. При каком напряжении будет выполнено условие самостоятельности электрического разряда в стримерной форме в воздушном разрядном промежутке с однородным электрическим полем? Длина промежутка 0,2 см, температура воздуха составляет 25 градусов Цельсия, давление - 740 Торр.</p> <p>3. Опишите качественно развитие ионизационной неустойчивости в процессе стримерно-лидерного перехода. Почему она способствует протеканию этого процесса?</p> <p>4. Опишите качественно процесс распространения отрицательного лидера. Кратко поясните, чем он отличается от распространения положительного лидера.</p>

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

КМ-5. Тест №3: «Электрофизические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках и их пробой»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студент подготавливает письменный развёрнутый ответ и сдаёт на проверку преподавателю (отправляет фотографию или скан задания почтой ОСЭП). Время выполнения - 60 минут.

Краткое содержание задания:

Тест включает в себя четыре различных вопроса, охватывающих следующие темы:

- Поляризация диэлектриков: её виды, основные соотношения; полярные и неполярные диэлектрики;
- Поляризация в постоянном и переменном электрическом поле, комплексная диэлектрическая проницаемость;
- Миграционная поляризация;
- - Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях, их электропроводность в сильных полях;
- Явления, сопровождающие протекание тока в жидких диэлектриках;
- Особенности протекания тока в тонких слоях жидких диэлектриков в комбинированной изоляции и роль коллоидных частиц;
- Электропроводность твёрдых диэлектриков, их ионная и электронная электропроводность;
- - Частичные разряды, диэлектрические потери и тангенс угла диэлектрических потерь;
- Основные экспериментальные данные о пробое жидкостей;
- Влияние примесей, влажности, времени воздействия напряжения, формы и размеров электродов на значения пробивного напряжения в жидких диэлектриках;
- Механизмы пробоя жидких диэлектриков;
- Основные экспериментальные данные о пробое твёрдых диэлектриков;
- Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях, их электропроводность в сильных полях;

- Механизмы пробоя твёрдых диэлектриков.

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
<p>Знать: электрофизические процессы в газовой изоляции, которые определяют появление и развитие в ней электрических разрядов, протекающие в электрических полях физические процессы в жидких и твёрдых диэлектриках, механизмы их пробоя</p>	<ol style="list-style-type: none">1.Поляризация диэлектриков: её виды, основные соотношения. Что такое миграционная поляризация диэлектриков?2.Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях. Какие явления сопровождают протекание тока в жидких диэлектриках?3.Электропроводность жидких диэлектриков: их электропроводность в сильных электрических полях.4.Полярные и неполярные диэлектрики. Поляризация в постоянном и переменном электрическом поле, комплексная диэлектрическая проницаемость.5.Какие особенности возникают при протекании тока в тонких слоях жидких диэлектриков в комбинированной изоляции? Какую роль играют здесь коллоидные частицы?6.Электропроводность твёрдых диэлектриков, их ионная и электронная электропроводность.7.Понятие и определение заряда абсорбции в неоднородных диэлектриках. При каких условиях не происходит его накопление?8.Электрические схемы замещения неоднородных диэлектриков. Определение их параметров.9.Особенности миграционной поляризации в неоднородных диэлектриках при переменном напряжении.10.Понятие возвратного напряжения и его объяснение.11.Понятие диэлектрических потерь и определение их мощности.12.Понятие и определение угла диэлектрических потерь. Что он характеризует?13.Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от напряжённости приложенного электрического поля и частоты приложенного напряжения.14.Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от температуры.15.Какие механизмы пробоя жидких диэлектриков Вам известны?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	<p>16. Как влияет влажность жидкого диэлектрика на пробивное напряжение заполненного им промежутка? Обоснуйте свой ответ.</p> <p>17. Как влияет наличие примесей в жидком диэлектрике на пробивное напряжение заполненного им промежутка? Обоснуйте свой ответ.</p> <p>18. Какие механизмы пробоя твердых диэлектриков Вам известны?</p>
<p>Уметь: вычислять начальные и пробивные напряжения воздушных электроизоляционных промежутков</p>	<p>1. Пространство между пластинами плоского конденсатора толщиной $d=0,2$ см заполнено двухслойным твёрдым диэлектриком со слоями равной толщины с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon_1=3,1$ и $\epsilon_2=3,3$. При каком отношении значений удельного объёмного сопротивления r_1/r_2 не будет накапливаться заряд абсорбции на границе раздела между слоями? Рассчитайте значения напряжённости электрического поля в них. К конденсатору приложено напряжение $U=12$ кВ.</p>
<p>Уметь: определять численные значения параметров электрофизических процессов в воздушных электроизоляционных промежутках, которые определяют возникновение и развитие в них электрических разрядов</p>	<p>1. Особенности работы с оборудованием высокого напряжения, содержащим неоднородные диэлектрики.</p> <p>2. Использование возвратного напряжения для изучения структуры неоднородного диэлектрика.</p> <p>3. В образце твёрдого диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon=3$, помещённом между пластинами плоского конденсатора с расстоянием $d=2$ см между ними, присутствует сферическое газовое включение диаметром $2a=50$ мкм, заполненное воздухом при давлении $P=730$ Торр. Температура нормальная. Определите начальную напряжённость поля в газовом включении в указанных условиях и соответствующее ей напряжение $U_{чр}$ возникновения частичного разряда в нём (имеется ввиду напряжение между пластинами конденсатора).</p> <p>4. В образце твёрдого диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon=2,5$, помещённом в однородное электрическое поле с напряжённостью $E=50$ кВ/см, присутствует сферическое газовое включение диаметром $2a=5$ мкм, заполненное воздухом при давлении $P=775$ Торр. Температура</p>

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	нормальная. Определите, выполняется ли в газовом включении в указанных условиях условие самостоятельности электрического разряда, и в какой форме будет существовать разряд?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

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.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет №1.

1. Роль и место электрических разрядов в ТВН.
2. Особенности слабо ионизированной низкотемпературной плазмы электрического разряда в газах.
3. Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях.
4. Задача. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «коаксиальные цилиндры» при радиусе внутреннего цилиндра $R_0 = 0,1$ см, внешнего — $R_1 = 7,5$ см, относительной плотности воздуха 0,95.

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-1_{ПК-1} Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в электрических разрядах

Вопросы, задания

1. Билет №2.

1. Классификация электрических разрядов в электроизоляционных материалах конструкций установок высокого напряжения.
2. Коронный разряд, его формы и структура.
3. Электропроводность жидких диэлектриков: их электропроводность в сильных электрических полях.
4. Задача. Рассчитайте и постройте график зависимости числа электронов в лавине от времени в воздушном промежутке с однородным электрическим полем с напряжённостью 55 кВ/см. Атмосферные условия нормальные. Диапазон значений времени $0 < t < 2,5$ нс.

2. Билет №3.

1. Процессы возбуждения атомов и молекул газа.
2. Математическое описание униполярного коронного разряда.
3. Явления, сопровождающие протекание тока в жидких диэлектриках.
4. Задача. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «провод-плоскость» при радиусе провода $R_0 = 0,05$ см, расстоянии между ним и плоскостью $h = 5$ см, и относительной плотности воздуха 1,025.

3. Билет №1.

1. Роль и место электрических разрядов в ТВН.
2. Особенности слабо ионизированной низкотемпературной плазмы электрического разряда в газах.
3. Электропроводность жидких диэлектриков: их ионная и катафоретическая проводимость в слабых электрических полях.

4. Задача. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «коаксиальные цилиндры» при радиусе внутреннего цилиндра $R_0 = 0,1$ см, внешнего — $R_1 = 7,5$ см, относительной плотности воздуха 0,95.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Формирование какого из перечисленных далее природных процессов определяется развитием электрического разряда в атмосфере?

Ответы:

- 1 - извержение вулкана;
- 2 - поражение молнией объекта на поверхности земли;
- 3 - выпадение осадков;
- 4 - течения воды в водоёмах.

Верный ответ: 2

2. Какая из названных ниже электротехнологий не основана на применении электрических разрядов?

Ответы:

- 1 - очистка топочных газов в электрофильтрах;
- 2 - электросинтез озона;
- 3 - электромагнитная штамповка;
- 4 - конверсия газообразных примесей в воздушной среде.

Верный ответ: 3

3. Что такое ионизация газа?

Ответы:

- 1 - образование свободного электрона и положительного иона в результате взаимодействия нейтральной молекулы (атома) с квантом излучения, свободным электроном или другой молекулой, которые обладают достаточной для этого энергией;
- 2 - образование возбуждённых молекул (атомов) в результате их взаимодействия друг с другом, если они обладают достаточной для этого энергией;
- 3 - образование свободного электрона в результате взаимодействия фотона с электродом (катодом), если фотон обладает достаточной для этого энергией;
- 4 - образование отрицательного иона в результате взаимодействия свободного электрона и нейтральной молекулы.

Верный ответ: 1

4. Что такое электронная лавина?

Ответы:

- 1 - термоионизированный плазменный канал, соединяющий электроды с разной полярностью;
- 2 - нетермоионизированный квазинейтральный плазменный канал с избыточным зарядом на его конце, в поле которого происходит ударная ионизация;
- 3 - поток электронов, ускоряемых внешним электрическим полем;
- 4 - компактная группа электронов, дрейфующих в газе в электрическом поле и совершающих на своём пути акты ударной ионизации.

Верный ответ: 4

5. Что такое критическое число электронов в лавине?

Ответы:

- 1 - количество электронов в лавине в момент начала её формирования;
- 2 - количество электронов в лавине в момент достижения ею анода;
- 3 - количество электронов, накопившееся в лавине к моменту её перехода в стример;
- 4 - количество электронов, накопившееся в лавине за время пересечения ею всего разрядного промежутка.

Верный ответ: 3

6. Что такое начальное напряжение разрядного промежутка?

Ответы:

- 1 - это минимальное значение напряжения, приложенного к промежутку, при котором происходит полная потеря его электрической прочности;
- 2 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке выполняется условие самостоятельности электрического разряда;
- 3 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке становится возможной эффективная ударная ионизация;
- 4 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке возникает коронный разряд.

Верный ответ: 2

7. Что такое пробивное напряжение разрядного промежутка?

Ответы:

- 1 - это минимальное значение напряжения, приложенного к промежутку, при котором происходит полная потеря его электрической прочности;
- 2 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке выполняется условие самостоятельности электрического разряда;
- 3 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке становится возможной эффективная ударная ионизация;
- 4 - это минимальное значение напряжения, при котором в промежутке возникает коронный разряд.

Верный ответ: 1

8. Чем структура лидера отличается от структуры стримера?

Ответы:

- 1 - ничем, кроме того, что плазменный канал лидера термоионизирован;
- 2 - лидер имеет плазменный канал, а стример - нет;
- 3 - с головки лидера развивается лавинный коронный разряд;
- 4 - с головки лидера развивается стримерная корона.

Верный ответ: 4

9. Какой вид проводимости определяет протекание тока в чистых диэлектрических жидкостях в слабых электрических полях?

Ответы:

- 1 - ионная;
- 2 - катафоретическая;
- 3 - электронная.

Верный ответ: 1

10. Какой механизм пробоя жидких диэлектриков играет основную роль при длительном протекании в них электрического тока?

Ответы:

- 1 - пузырьковый;
- 2 - микровзрывной;
- 3 - электрический;
- 4 - электротепловой.

Верный ответ: 4

11. Что определяет тангенс угла диэлектрических потерь?

Ответы:

- 1 - значение тока, протекающего в диэлектрике;
- 2 - мощность потерь в диэлектрике из-за наличия в нём проводимости;
- 3 - падение напряжения на диэлектрике;
- 4 - сопротивление диэлектрика.

Верный ответ: 2

12. Почему на выводах конденсатора с многослойной изоляцией возникает возвратное напряжение?

Ответы:

- 1 - из-за наличия частичных разрядов в многослойной изоляции;
- 2 - из-за неравномерности распределения электрического поля в изоляции;
- 3 - из-за накопления электрического заряда на границе раздела между слоями изоляции;
- 4 - из-за пробоя одного из слоёв изоляции.

Верный ответ: 3

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

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 («хорошо»)

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 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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 («неудовлетворительно»)

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 нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.