

**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: Высоковольтные электротехнологии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Электрофизические процессы в газах**

**Москва
2023**

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-99306645

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-2d4db008

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 (высоковольтных электротехнологий)

ИД-1 Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в высоковольтных электротехнологиях

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Коронный разряд в газах (Тестирование)
2. Основы физики плазмы (Тестирование)
3. Расчёт начальных напряжений и напряжённостей воздушных разрядных промежутков (Контрольная работа)
4. Расчёт развития электронной лавины в воздухе и её критических параметров (Контрольная работа)
5. Роль и место электрических разрядов в газах в технике высоких напряжений (Тестирование)
6. Стримерный механизм развития электрического разряда в газах (Тестирование)
7. Электрофизические процессы в газах (Контрольная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %							
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
	Срок КМ:	3	5	7	10	12	14	16
Введение в физику электрических разрядов в газах								
Введение в физику электрических разрядов в газах	+				+	+		+
Электрофизические процессы в газовой изоляции								
Электрофизические процессы в газовой изоляции			+	+				
Основы физики плазмы								
Основы физики плазмы			+	+				
Лавинный механизм развития электрического разряда в газах								

Лавинный механизм развития электрического разряда в газах	+			+	+		+
Стримерный механизм развития электрического разряда в газах							
Стримерный механизм развития электрического разряда в газах	+			+	+		+
Условие самостоятельности электрического разряда в газах							
Условие самостоятельности электрического разряда в газах						+	
Коронный разряд в газах							
Коронный разряд в газах	+			+	+		+
Вес КМ:	10	20	10	20	10	20	10

\$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-1ПК-1 Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в высоковольтных электротехнологиях	Знать: современные математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде, позволяющие прогнозировать свойства и поведение названных форм разряда электрофизические процессы, протекающие в сильных электрических полях в газовой изоляции, сопровождающие и определяющие электрический разряд в его лавинной и стримерной стадиях методики расчёта начальных напряжений воздушных изоляционных промежутков устройств	Роль и место электрических разрядов в газах в технике высоких напряжений (Тестирование) Электрофизические процессы в газах (Контрольная работа) Основы физики плазмы (Тестирование) Расчёт развития электронной лавины в воздухе и её критических параметров (Контрольная работа) Стримерный механизм развития электрического разряда в газах (Тестирование) Расчёт начальных напряжений и напряжённостей воздушных разрядных промежутков (Контрольная работа) Коронный разряд в газах (Тестирование)

		ВН, позволяющие оценивать риск возникновения нежелательных электрических разрядов в воздушных изоляционных промежутках устройств ВН Уметь: формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде вычислять начальные напряжения воздушных изоляционных промежутков определять численные значения параметров электрофизических процессов в воздушной изоляции, определяющих развитие электрического разряда	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Роль и место электрических разрядов в газах в технике высоких напряжений

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование выполняется в письменном виде. На выполнение студенту дается 45 минут.

Краткое содержание задания:

Тест №1 посвящен теме: «Роль и место электрических разрядов в газах в технике высоких напряжений».

Контрольные вопросы/задания:

Знать: современные математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде, позволяющие прогнозировать свойства и поведение названных форм разряда	1.Оцените роль и место электрических разрядов в технике высоких напряжений. Какие их формы находят применение в высоковольтных электротехнологиях? 2.Приведите классификацию электрических разрядов в газовых электроизоляционных промежутках конструкций установок высокого напряжения. Сформулируйте краткое определение каждой из упомянутых Вами форм разряда. 3.В каких электротехнологических установках применяются электрические разряды в газах? Какие свойства и особенности этих разрядов делают возможным такое их применение? 4.Оцените роль и место электрических разрядов в природе. С какими их формами можно в ней встретиться? 5.Какие формы электрических разрядов применяются в электротехнологических установках высокого напряжения и почему? 6.Как классифицируются электрические разряды в газах? Сформулируйте краткое определение каждой из упомянутых Вами форм разряда.
Уметь: формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде	1.Объясните, чем отличается развитие электрических разрядов в однородных и резконеоднородных электрических полях в заполненных воздухом промежутках. В чём заключаются причины этих отличий? 2.Объясните, каких случаях в электротехнологических установках высокого напряжения, в которых применяются электрические разряды, более целесообразно использовать положительный, а в каких - отрицательный разряд? Почему?

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.

Оценка: 2

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

КМ-2. Электрофизические процессы в газах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа выполняется в письменном виде. На выполнение студенту дается 90 минут.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа №1 посвящена теме: «Электрофизические процессы в газах».

Контрольные вопросы/задания:

Знать: электрофизические процессы, протекающие в сильных электрических полях в газовой изоляции, сопровождающие и определяющие электрический разряд в его лавинной и стримерной стадиях	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.
Уметь: определять численные	1. Рассчитайте значения скорости дрейфа и

значения параметров электрофизических процессов в воздушной изоляции, определяющих развитие электрического разряда	подвижность электронов в воздухе при напряжённости электрического поля 35 кВ/см. Температура воздуха составляет 10 градусов Цельсия, давление - 740 Торр. 2. Определите значения обобщённого коэффициента ударной ионизации и эффективной ионизации свободными электронами в воздухе при напряжённости электрического поля 30 кВ/см. Температура воздуха составляет 20 градусов Цельсия, давление - 745 Торр.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Контрольная работа считается выполненной 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: Контрольная работа считается выполненной 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: Контрольная работа считается выполненной 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

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

КМ-3. Основы физики плазмы

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование выполняется в письменном виде. На выполнение студенту дается 45 минут.

Краткое содержание задания:

Тест №2 охватывает тему: «Основы физики плазмы».

Контрольные вопросы/задания:

Знать: электрофизические процессы, протекающие в сильных электрических полях в газовой изоляции, сопровождающие и определяющие электрический разряд в его лавинной и стримерной стадиях	1. Понятие плазмы и её основные свойства. 2. Что такое дебаевский радиус экранирования? Как и какими параметрами плазмы он определяется? 3. В чём состоят особенности плазмы стримерного электрического разряда в газах? 4. Что такое плазма? В чём заключаются особенности плазмы лидерного электрического разряда в газах. 5. Что такое дебаевский радиус экранирования? Какие физические свойства плазмы определяются его величиной? 6. Проводимость плазмы. Как и какими параметрами плазмы она определяется?
Уметь: определять численные значения параметров электрофизических процессов в воздушной изоляции, определяющих развитие электрического разряда	1. Рассчитайте значение дебаевского радиуса экранирования в низкотемпературной плазме с концентрацией свободных электронов и положительных ионов 3×10^{12} 1/куб.см и температурой газа 50 градусов Цельсия. 2. Рассчитайте значение проводимости низкотемпературной плазмы в азоте с концентрацией свободных электронов и положительных ионов 1×10^{12} 1/куб.см и температурой газа 30 градусов Цельсия.

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.

Оценка: 2

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

КМ-4. Расчёт развития электронной лавины в воздухе и её критических параметров

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа выполняется в письменном виде. На выполнение студенту дается 90 минут.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа №2 посвящена теме «Расчёт развития электронной лавины в воздухе и её критических параметров»

Контрольные вопросы/задания:

Знать: современные математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде, позволяющие прогнозировать свойства и поведение названных форм разряда	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, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде	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

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

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

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

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-5. Стримерный механизм развития электрического разряда в газах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование выполняется в письменном виде. На выполнение студенту дается 45 минут.

Краткое содержание задания:

Тест №3 охватывает теоретический материал по теме: «Стримерный механизм развития электрического разряда в газах»

Контрольные вопросы/задания:

Знать: современные математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде, позволяющие прогнозировать свойства и поведение названных форм разряда	1.Сформулируйте определение стримера. Чем его структура отличается от электронной лавины? 2.Что такое анодонаправленный стример? Какие физические процессы определяют его распространение вглубь разрядного промежутка? Как и почему характерные значения его параметров отличаются от катодонаправленного стримера? 3.Запишите двумерную математическую модель стримера. Какие физические процессы в ней учтены и каким образом? 4.Что такое катодонаправленный стример? Какие физические процессы определяют его распространение вглубь разрядного промежутка? Приведите оценки характерных значений его параметров. 5.В чём состоит условие лавинно-стримерного перехода? Обоснуйте его. Какие механизмы лавинно-стримерного перехода Вам известны? Чем они отличаются? 6.Запишите математическую модель стримера в общем виде. Какие допущения сделаны в её формулировке и чем они обоснованы?
Уметь: формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде	1.Рассчитайте критический путь электронной лавины в воздушном разрядном промежутке с электрическим полем с напряжённостью 40 кВ/см. Температура воздуха 20 градусов Цельсия, давление - 765 Торр. 2.В какой форме, лавинной или стримерной, реализуется условие самостоятельности разряда в заполненном воздухом однородном разрядном промежутке длиной 1 см при давлении 500 Торр и температуре 25 градусов Цельсия?

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.

Оценка: 2

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

КМ-6. Расчёт начальных напряжений и напряжённостей воздушных разрядных промежутков

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа выполняется в письменном виде. На выполнение студенту дается 90 минут.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа №3 касается следующей темы: «Расчёт начальных напряжений и напряжённостей воздушных разрядных промежутков»

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методики расчёта начальных напряжений воздушных изоляционных промежутков устройств ВН, позволяющие оценивать риск возникновения нежелательных электрических разрядов в воздушных изоляционных промежутках устройств ВН	1. В чём заключается условие самостоятельности электрического разряда? Что такое начальное напряжение? Что такое начальная напряжённость электрического поля? 2. Что такое начальное напряжение? Какую роль играют процессы вторичной ионизации в его определении? Какие процессы относятся к вторичным?
Уметь: вычислять начальные	1. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного

напряжения воздушных изоляционных промежутков	разрядного промежутка «коаксиальные цилиндры» при радиусе внутреннего цилиндра $R_0 = 0,1$ см, внешнего — $R_1 = 5$ см, относительной плотности воздуха 0,95. 2. 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.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

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

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

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-7. Коронный разряд в газах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование выполняется в письменном виде. На выполнение студенту дается 45 минут.

Краткое содержание задания:

Тест №5 по теме: «Коронный разряд в газах».

Контрольные вопросы/задания:

Знать: современные математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде,	1. Коронный разряд, его формы и структура. 2. Математическое описание униполярного коронного разряда: математическая модель, описывающая процессы в его чехле и зоне дрейфа (внешней области). 3. Вольтамперные характеристики униполярного
---	--

позволяющие прогнозировать свойства и поведение названных форм разряда	коронного разряда. 4. В чём состоят особенности процессов в биполярном коронном разряде по сравнению в униполярным? 5. Математическое описание униполярного коронного разряда: упрощённая математическая модель его внешней области. Какие допущения приняты при её построении? 6. Каковы особенности распределения напряжённости электрического поля во внешней области униполярного коронного разряда по сравнению с электростатическим полем?
Уметь: формулировать и применять математические модели лавинной и стримерной стадий электрического разряда, а также униполярного коронного разряда в воздушной среде	1. Рассчитайте напряжённость электростатического поля и электрического поля униполярного коронного разряда вблизи поверхности внешнего цилиндра в системе электродов “коаксиальные цилиндры”. Радиус внутреннего коронирующего цилиндра, к которому приложено напряжение 30 кВ, составляет 0,05 см, а внешнего заземлённого - 10 см. Пространство между ними заполнено воздухом при температуре 20 градусов Цельсия и давлении 720 Торр. 2. Рассчитайте плотность объёмного заряда, созданного униполярным коронным разрядом вблизи поверхности внешнего цилиндра в системе электродов “коаксиальные цилиндры”. Радиус внутреннего коронирующего цилиндра, к которому приложено напряжение 25 кВ, составляет 0,05 см, а внешнего заземлённого - 6 см. Пространство между ними заполнено воздухом при температуре 20 градусов Цельсия и давлении 770 Торр.

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.

Оценка: 2

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 технике высоких напряжений.
2. Особенности слабо ионизированной низкотемпературной плазмы электрического разряда в газах.
3. 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-1ПК-1 Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в высоковольтных электротехнологиях

Вопросы, задания

1. Билет №2.

1. Классификация электрических разрядов в газах.
2. Электронная лавина в газе и её математическая модель.
3. 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. Математическая модель униполярного коронного разряда.
3. Коронный разряд, его формы и структура.
4. Условие самостоятельности электрического разряда в стримерной форме.
5. Закон подобия электрических разрядов.
6. Особенности реализации условия самостоятельности электрического разряда в резконеоднородном поле, определение начальной напряжённости электрического поля.
7. Закон Пашена.
8. Условие самостоятельности электрического разряда в лавинной форме, определение начального напряжения.
9. Катодонаправленный и анодонаправленный стримеры, сопоставление их параметров и его объяснение.
10. Определение стримера, его структура, характерные значения его параметров.
11. Условие лавинно-стримерного перехода, критические параметры электронной лавины.
12. Электронная лавина в газе и её математическая модель.

13. Особенности слабо ионизированной низкотемпературной плазмы электрического разряда в газах.
14. Дебаевский радиус экранирования в плазме.
15. Понятие плазмы и её основные свойства.
16. Термическая ионизация.
17. Дрейф электронов в электрическом поле, их подвижность и средняя длина свободного пробега.
18. Диффузия заряженных частиц в газе. Амбиполярная диффузия.
19. Процессы на электродах и вблизи их поверхности в электрическом разряде в газах.
20. Процессы в газе с участием фотонов.
21. Рекомбинация ионов и электронов.
22. Процессы в газе с захватом и отрывом электронов.
23. Ударная ионизация атомов и молекул свободными электронами.
24. Процессы диссоциации молекул.
25. Процессы возбуждения атомов и молекул газа.
26. Классификация электрических разрядов в газах.
27. Роль и место электрических разрядов в технике высоких напряжений.
28. Билет №3.

1. Процессы возбуждения атомов и молекул газа.
2. Условие лавинно-стримерного перехода, критические параметры электронной лавины.
3. 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.
29. Математическая модель внешней области униполярного коронного разряда.
30. Вольтамперные характеристики униполярного коронного разряда.

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. Что такое Дебаевский радиус экранирования?

Ответы:

- 1 - расстояние между разноимёнными электродами в разрядном промежутке;
- 2 - размер области, занятой плазмой в межэлектродном пространстве;
- 3 - минимальный размер занятой плазмой области, в пределах которой плазму можно считать квазинейтральной;
- 4 - размер зоны ионизации вокруг коронирующего электрода.

Верный ответ: 3

10. Какой физический процесс определяет трансформацию стримера в лидер?

Ответы:

- 1 - прямая ударная ионизация молекул и атомов газа свободными электронами;
- 2 - разогрев газа в стримерном канале током стримерной вспышки до температуры, при которой становится возможной трёхчастичная и ассоциативная ионизация молекул и атомов газа;
- 3 - прилипание свободных электронов с образованием отрицательных ионов;
- 4 - рекомбинация заряженных частиц.

Верный ответ: 2

11. Какова основная роль фотоионизации молекул и атомов газа излучением разряда в развитии последнего?

Ответы:

- 1 - обеспечивает генерацию вторичных электронов, инициирующих формирование новых лавин;
- 2 - способствует увеличению концентрации свободных электронов в разрядной плазме;
- 3 - обеспечивает инактивацию бактерий и вирусов в окружающей разряд воздушной среде;
- 4 - способствует образованию отрицательных ионов.

Верный ответ: 1

12. Что такое коронный электрический разряд?

Ответы:

- 1 - это форма несамостоятельного разряда в однородном электрическом поле;
- 2 - это форма самостоятельного разряда в однородном электрическом поле;
- 3 - это форма самостоятельного разряда в резконеоднородном электрическом поле, при которой эффективная ударная ионизация газа происходит вблизи электрода с малым радиусом кривизны;
- 4 - это форма самостоятельного разряда в резконеоднородном электрическом поле, при которой условие самостоятельности разряда выполняется вблизи электрода с малым радиусом кривизны.

Верный ответ: 4

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 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 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.