

**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
Научные основы электротехнологий**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db008

А.Г. Темников

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лебедева Н.А.
	Идентификатор	R75716a03-LebedevaNA-99306648

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, барьерный и поверхностный разряд (Тестирование)
2. Развитие электрического разряда в газах (Тестирование)
3. Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB (Контрольная работа)
4. Расчёт начальных напряжений и критических параметров электронной лавины в воздушных разрядных промежутках (Контрольная работа)
5. Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть II (Тестирование)

БРС дисциплины

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Расчёт начальных напряжений и критических параметров электронной лавины в воздушных разрядных промежутках (Контрольная работа)
- КМ-2 Развитие электрического разряда в газах (Тестирование)
- КМ-3 Коронный, барьерный и поверхностный разряд (Тестирование)
- КМ-4 Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть II (Тестирование)
- КМ-5 Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB (Контрольная работа)

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	10	12	15
Научные основы электрофизических процессов в газах						
Научные основы электрофизических процессов в газах		+	+	+	+	

Зарядка частиц					
Зарядка частиц	+	+	+	+	
Электрогазодинамика дисперсных систем					
Электрогазодинамика дисперсных систем				+	+
Вес КМ:	15	15	15	15	40

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 высоковольтных электротехнологиях	Знать: основные источники научно-технической информации по физике процессов поведения аэрозольных частиц в сильных электрических полях, по плазмохимическим процессам, по процессам воздействия сильных электромагнитных полей на материалы, по принципам действия и конструкциям высоковольтных электротехнологических аппаратов физические закономерности и математические модели движения газа и заряженных аэрозольных систем под действием сильных электрических	КМ-2 Развитие электрического разряда в газах (Тестирование) КМ-3 Коронный, барьерный и поверхностный разряд (Тестирование) КМ-6 Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть II (Тестирование) КМ-7 Расчёт начальных напряжений и критических параметров электронной лавины в воздушных разрядных промежутках (Контрольная работа) КМ-8 Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB (Контрольная работа)

		полей способы и физические процессы зарядки аэрозольных частиц, элементарные электрофизические процессы в объёме газа и на поверхности электродов, протекающие в сильных электрических полях, физические основы процессов в высоковольтных электротехнологиях Уметь: использовать компьютерные программы для проведения расчётов высоковольтных электротехнологических процессов и установок рассчитывать движение и зарядку частицы в электрическом поле с объёмным зарядом на основе решения уравнения движения в среде MATLAB самостоятельно выполнять расчеты процессов, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Расчёт начальных напряжений и критических параметров электронной лавины в воздушных разрядных промежутках

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 60 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний терминов и определений и умение самостоятельно выполнять расчеты процессов, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: способы и физические процессы зарядки аэрозольных частиц, элементарные электрофизические процессы в объеме газа и на поверхности электродов, протекающие в сильных электрических полях, физические основы процессов в высоковольтных электротехнологиях	1. В чём состоит условие самостоятельности электрического разряда? Запишите его в лавинной форме 2. Что такое начальное напряжение? Как и почему оно зависит от полярности приложенного напряжения в разрядных промежутках с резконеоднородным электрическим полем? 3. Какие разрядные промежутки называют однородными и неоднородными? В чём состоит особенность реализации условия самостоятельности в неоднородном промежутке? 4. Сформулируйте определение электронной лавины. В чём состоит условие лавинно-стримерного перехода? Какие параметры лавины называются критическими?
Уметь: использовать компьютерные программы для проведения расчётов высоковольтных электротехнологических процессов и установок	1. Рассчитайте критическое число электронов в лавине и её критический радиус в воздушном промежутке с однородным электрическим полем с напряжённостью 50 кВ/см при $d=1,05$. Какими физическими процессами определяется критический радиус и почему? 2. Между обкладками плоского конденсатора расположен заряд

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	объёмной плотностью ρ. Площадь одной обкладки конденсатора равна S, расстояние между ними равно H. Определите ёмкость рассматриваемого конденсатора 3. Рассчитайте начальное напряжение для воздушного разрядного промежутка «про-вод-плоскость» при радиусе провода $R_0=0,1$ см, расстоянии между ним и плоскостью $h=10$ см, и относительной плотности воздуха 1,05.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-2. Развитие электрического разряда в газах

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 20 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

Краткое содержание задания:

Тест ориентирован на проверку знаний терминов и определений

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные источники научно-технической информации по физике процессов поведения аэрозольных частиц в сильных электрических полях, по плазмохимическим процессам, по процессам воздействия сильных электромагнитных	1. Назовите основные виды электрических разрядов в газе 2. Что такое электронная лавина? Чем определяется радиус лавины?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
полей на материалы, по принципам действия и конструкциям высоковольтных электротехнологических аппаратов	
Знать: способы и физические процессы зарядки аэрозольных частиц, элементарные электрофизические процессы в объеме газа и на поверхности электродов, протекающие в сильных электрических полях, физические основы процессов в высоковольтных электротехнологиях	1.Какой разряд называется самостоятельным? Какие механизмы и процессы обеспечивают выполнение условия самостоятельности разряда? 2.Какие разрядные промежутки называют однородными и неоднородными? В чём состоит особенность реализации условия самостоятельности в неоднородном промежутке?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-3. Коронный, барьерный и поверхностный разряд

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 20 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

Краткое содержание задания:

Тест ориентирован на проверку знаний терминов и определений

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основные источники научно-технической	1.Что такое коронный разряд?

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
информации по физике процессов поведения аэрозольных частиц в сильных электрических полях, по плазмохимическим процессам, по процессам воздействия сильных электромагнитных полей на материалы, по принципам действия и конструкциям высоковольтных электротехнологических аппаратов	Приведите классификацию коронных разрядов. 2.Что такое барьерный разряд? Какова в нем роль диэлектрического барьера? 3.Нарисуйте электродную систему, в которой возможно развитие поверхностного разряда и укажите силовые линии
Знать: способы и физические процессы зарядки аэрозольных частиц, элементарные электрофизические процессы в объеме газа и на поверхности электродов, протекающие в сильных электрических полях, физические основы процессов в высоковольтных электротехнологиях	1.Что такое униполярный коронный разряд? Какова его структура? Какие физические процессы протекают в различных областях разрядного промежутка с коронным разрядом?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-4. Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть II

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 20 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

Краткое содержание задания:

Тест ориентирован на проверку знаний терминов и определений

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: физические закономерности и	1.Используя соображения размерности, получите

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
математические модели движения газа и заряженных аэрозольных систем под действием сильных электрических полей	формулу для силы сопротивления частице в зависимости от плотности среды γ , относительной скорости движения частицы и среды V , характерной площади частицы S . 2.Получите формулу для относительного уменьшения концентрации N/N_0 при электростатическом рассеянии аэрозоля с учётом ударной зарядки частиц.
Уметь: самостоятельно выполнять расчеты процессов, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий	1.Частица радиусом 200 мкм и плотностью материала 2 г/см ³ движется в воздухе в поле плоского конденсатора. Можно ли для расчёта скорости этой частицы использовать значение её механической подвижности? Чем это объясняется? 2.Частицы радиусом 10 мкм проходят вместе с потоком через диффузор с градиентом скорости 1,0 1/с. Считая частицы безынерционными, определите значение константы коагуляции частиц.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

КМ-5. Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 60 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний терминов и определений и умение самостоятельно выполнять расчеты процессов, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: физические закономерности и математические модели движения газа и заряженных аэрозольных систем под действием сильных электрических полей	1. Общая характеристика процесса зарядки частиц в поле коронного разряда. Диффузионная зарядка проводящих частиц. Зарядка частиц за счёт направленного и диффузионного движения частиц
Уметь: рассчитывать движение и зарядку частицы в электрическом поле с объёмным зарядом на основе решения уравнения движения в среде MATLAB	1. Частица радиусом 1 мкм движется в турбулентном потоке газа в канале электрофильтра. Известны распределения напряжённости, объёмной плотности заряда ионов и поля средних скоростей газа. Рассчитать траекторию частицы. Начальные условия для расчёта траектории: $x_0=0$, $y_0=1$ см, $V_{x0}=1,0$ м/с, $V_{y0}=0$, $q_0=0$.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Ударная ионизация в газе. Коэффициент ударной ионизации. Коэффициент прилипания. Процессы вторичной ионизации
2. Особенности зарядки эллипсоидальных частиц: диэлектрических и проводящих

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 высоковольтных электротехнологиях

Вопросы, задания

1. Особенности использования высоких напряжений в электротехнологиях. Области применения
2. Сильные электрические поля и технологии, основанные на их действии
3. Основные характеристики газовой среды, ионизованного газа, подвижность частиц
4. Ударная ионизация в газе. Коэффициент ударной ионизации. Коэффициент прилипания. Процессы вторичной ионизации
5. Лавина электронов. Условие самостоятельности разряда. Пробивное напряжение
6. Развитие разряда в резко неоднородных полях. Начальные и разрядные напряжения при разных полярностях напряжения
7. Плазма и ее основные свойства. Дебаевский радиус. Использование плазмы в технологических процессах
8. Коронный разряд в воздухе. Формы разряда. Начальная напряженность
9. Общая характеристика методов исследования полей с объемным зарядом. Коронный разряд
10. Начальные напряженности и напряжения коронного разряда
11. Пробивные напряжения промежутков с коронным разрядом
12. Уравнение поля коронного разряда
13. Подвижность ионов
14. Характеристики коронного разряда между коаксиальными цилиндрами
15. Общая характеристика методов расчета поля при коронном разряде
16. Распределение поля коронного разряда в различных системах электродов
17. Области применения различных методов расчета. Вольтамперная характеристика
18. Метод зарядки частиц
19. Зарядка в поле короны: ударная, диффузионная
20. Ударная зарядка проводящих сферических частиц. Зарядка диэлектрических частиц
21. Диффузионная зарядка
22. Зарядка в промежуточном диапазоне размеров частиц
23. Особенности зарядки эллипсоидальных частиц: диэлектрических и проводящих

24. Индукционная зарядка частиц. Изменение заряда во времени
25. Зарядка частиц на электроде в поле коронного разряда
26. Силы, действующие на частицы при движении в электрическом поле
27. Силы сопротивления среды. Число Рейнольдса. Формулы Стокса, Осеена
28. Особенности движения частиц неправильной формы. Сила сопротивления среды

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что такое напряженность электрического поля E ?

Ответы:

- а) Величина, равная отношению силы, с которой поле действует на положительный пробный заряд, помещенный в данную точку пространства, к величине этого заряда
- б) Величина, равная отношению потенциальной энергии электрического заряда в электростатическом поле к величине этого заряда
- в) Величина, равная разности вектора магнитной индукции и вектора намагниченности

Верный ответ: а

2. Что такое коэффициент неоднородности поля k_n ?

Ответы:

- а) Отношение пробивного напряжения промежутка к номинальному напряжению электроустановки
- б) Отношение максимальной напряженности в промежутке к среднему значению напряженности
- в) Отношение значений напряженности в различных точках промежутка
- г) Отношение минимальной напряженности в промежутке к максимальному значению напряженности

Верный ответ: б

3. Что такое коэффициент ударной ионизации?

Ответы:

- а) Это коэффициент характеризующий ионизацию при ударе молнии в электросеть
- б) Это коэффициент характеризующий вероятность образования ударной ионизации
- в) Это коэффициент, который определяет число актов ионизации в газе, совершаемых электроном на пути в 1 см при движении вдоль силовых линий

Верный ответ: в

4. Какие виды коронного разряда Вам известны?

Ответы:

- а) Униполярный коронный разряд
- б) Биполярный коронный разряд
- в) Ультракоронный разряд

Верный ответ: а, б

5. Какова роль диэлектрика в барьерном разряде?

Ответы:

- а) Ограничение тока разряда
- б) Охлаждение разрядной зоны
- в) Снижение разрядного напряжения

Верный ответ: а

6. Зависит ли скорость диффузионной зарядки от температуры окружающего частицу воздуха?

Ответы:

- а) Нет, не зависит
- б) Да, зависит

Верный ответ: б

7. Каков характер зависимости числа электронов в лавине от пройденного расстояния?

Ответы:

- а) Линейный
- б) Квадратичный
- в) Экспоненциальный

Верный ответ: в

8. Существует ли предельный заряд, который может приобрести частица, при ударной зарядке?

Ответы:

- а) Да, существует
- б) Нет, не существует

Верный ответ: а

9. Какой из механизмов ионной зарядки следует учитывать для частицы радиусом 1 мкм в поле коронного разряда напряжённостью 1 кВ/см

Ответы:

- а) Только ударный
- б) Только диффузионный
- в) Ударный и диффузионный

Верный ответ: в

10. Что такое число Рейнольдса Re ?

Ответы:

- а) Число определяет соотношение силы инерции к силе вязкости в газе
- б) Число определяет величину сопротивления газа
- в) Число определяет степень неоднородности электрического поля

Верный ответ: а

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за освоение дисциплины определяется на основании семестровой составляющей и экзаменационной (зачетной) составляющей. В приложение к диплому выносятся оценки за 1 семестр.