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

Рабочая программа дисциплины
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ

Блок:	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы:	**Часть, формируемая участниками образовательных отношений**
№ дисциплины по учебному плану:	**Б1.Ч.10.01.01**
Трудоемкость в зачетных единицах:	**1 семестр - 4;**
Часов (всего) по учебному плану:	**144 часа**
Лекции	**1 семестр - 32 часа;**
Практические занятия	**1 семестр - 16 часов;**
Лабораторные работы	**не предусмотрено учебным планом**
Консультации	**1 семестр - 2 часа;**
Самостоятельная работа	**1 семестр - 93,5 часа;**
в том числе на КП/КР	**не предусмотрено учебным планом**
Иная контактная работа	**проводится в рамках часов аудиторных занятий**
включая: **Тестирование** **Контрольная работа**	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	**1 семестр - 0,5 часа;**

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Темников А.Г. Идентификатор: Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00	А.Г. Темников
(должность)	(подпись)	(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Лебедева Н.А. Идентификатор: R75716a03-LebedevaNA-9930664	Н.А. Лебедева
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)
Заведующий выпускающей кафедры	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Сведения о владельце ЦЭП МЭИ Владелец: Темников А.Г. Идентификатор: Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00	А.Г. Темников
(должность, ученая степень, ученое звание)	(подпись)	(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении физических процессов, происходящих в устройствах высоковольтных электротехнологий под воздействием сильных электрических полей

Задачи дисциплины

- освоение физических процессов при разряде в газе в различных конфигурациях электродов, используемых в электротехнологических установках;
- изучение процессов, происходящих в аэрозольных и гидрозольных системах под воздействием электрических сил с практическим применением сильных электрических полей.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен принимать участие в проведении научных исследований в области объектов профессиональной деятельности (высоковольтных электротехнологий)	ИД-1$_{ПК-1}$ Демонстрирует знания научных основ электрофизических процессов в высоковольтных электротехнологиях	знать: - 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; - 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 полей. уметь: - рассчитывать движение и зарядку частицы в электрическом поле с объёмным зарядом на основе решения уравнения движения в среде MATLAB; - использовать компьютерные программы для проведения расчётов высоковольтных электротехнологических процессов и установок; - самостоятельно выполнять расчеты процессов, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Высоковольтные электротехнологии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:
- знать основные понятия и законы теории электрических цепей
- знать линейные электрические цепи постоянного тока
- знать линейные электрические цепи синусоидального тока
- знать основы теории электромагнитного поля, электростатическое поле
- знать стационарные электростатические и магнитные поля
- уметь рассчитывать режимы линейных электрических цепей синусоидального тока

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа								СР		
							Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
				Лек	Лаб	Пр	КПР	ГК	ИККП	ТК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Научные основы электрофизических процессов в газах	44	1	12	-	8	-	-	-	-	-	24	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к тестам №1-3 [1], Введение, глава 1, §1.1-§1.11, глава 2, §2.1-§2.3, глава 3, §3.1-§3.3, глава 5, §5.1-§5.3. ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 20-70 [3], 20-40 [4], 115-130 [5], 20-70
1.1	Научные основы электрофизических процессов в газах	44		12	-	8	-	-	-	-	-	24	-	
2	Зарядка частиц	20		8	-	2	-	-	-	-	-	10	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к тесту №4: [1], глава 7, §7.1-§7.2. ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 372-387 [2], 41-54 [5], 372-387
2.1	Зарядка частиц	20		8	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
3	Электрогазодинамика дисперсных систем	44		12	-	6	-	-	-	-	-	26	-	***Подготовка к контрольной работе:*** Подготовка к тестам №5,6: [1], глава 7, §7.3,§7.4, §7.6. ***Изучение материалов литературных источников:*** [1], 387-389 [5], 387-389
3.1	Электрогазодинамика дисперсных систем	44		12	-	6	-	-	-	-	-	26	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	**144.0**		**32**	**-**	**16**	**-**	**2**	**-**	**-**	**0.5**	**60**	**33.5**	

	Итого за семестр	**144.0**		**32**	**-**	**16**	**2**	**-**	**0.5**	**93.5**	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Научные основы электрофизических процессов в газах

1.1. Научные основы электрофизических процессов в газах

Законы классического газа. Длина свободного пробега молекул и электронов. Передача энергии при столкновении частиц. Процессы ионизации, рекомбинации и прилипания. Скорость дрейфа, подвижность и диффузия частиц. Процессы на катоде, вторичная ионизация. Понятие плазмы. Дебаевский радиус. Классификация электрических разрядов. Лавинная форма электрического разряда. Условие самостоятельности разряда. Понятия начального напряжения возникновения разряда и пробивного напряжения. Закон Пашена и закон подобия электрических разрядов Влияние полярности на начальные напряжения. Стримерная и лидерная форма разряда. Условия лавинно-стримерного и стример-лидерного перехода, влияние полярности на пробивные напряжения. Коронный разряд при различных видах воздействующего напряжения. Начальная напряжённость коронного разряда. Униполярный и биполярный коронные разряды. Распределение напряженности электрического поля и плотности объёмного заряда в промежутке при униполярном коронном разряде. Алгоритм численного расчёта поля униполярного коронного разряда. Вольт-амперная характеристика коронного разряда. Метод зондовых исследований электрических полей с объёмным зарядом. Изолированный зонд и метод пробного тела. Разряд в газе вдоль поверхности твёрдого диэлектрика. Влияние структуры электрического поля, материала и толщины слоя твердого диэлектрика на начальные и пробивные напряжения поверхностного разряда..

2. Зарядка частиц

2.1. Зарядка частиц

Общая характеристика процесса зарядки частиц в поле коронного разряда. Зарядка частиц за счёт направленного движения ионов. Диффузионная зарядка проводящих частиц. Особенности зарядки диэлектрических частиц. Зарядка частиц за счёт направленного и диффузионного частиц движения частиц. Индукционная зарядка частицы на электроде. Контактные явления и работа выхода. Трибоэлектризация..

3. Электрогазодинамика дисперсных систем

3.1. Электрогазодинамика дисперсных систем

Физическая картина и математическое описание движения вязкой среды. Ламинарный и турбулентный режимы движения потока газа. Критерии подобия в электрогазодинамике. Электрический ветер. Силы, действующие на частицу в потоке газа и электрическом поле. Сила сопротивления среды при малых значениях чисел Рейнольдса. Сила сопротивления среды при значениях чисел Рейнольдса, превышающих единицу. Сила сопротивления среды при нестационарном движение частицы. Сопротивление среды движению частиц неправильной формы. Электростатическое рассеяние частиц аэрозоля. Коагуляция частиц аэрозоля..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчёт поля униполярного коронного разряда в среде MATLAB;
2. Контрольная работа №1: « Расчёт начальных напряжений и критических параметров электронной лавины в воздушных разрядных промежутках»;
3. Расчёт зарядки частиц;
4. Расчёт электростатического поля с объёмным зарядом в простейших системах электродов;

5. Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB. Часть II;
6. Контрольная работа №2: «Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB»;
7. Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB. Часть I;
8. Движение заряженной частицы в электрическом поле. Расчёт элементарных процессов, определяющих развитие электрического разряда в газе.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Научные основы электрофизических процессов в газах"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Зарядка частиц"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Электрогазодинамика дисперсных систем"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
Знать:					
физические закономерности и математические модели движения газа и заряженных аэрозольных систем под действием сильных электрических полей	ИД-1$_{ПК-1}$			+	Контрольная работа/Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB Тестирование/Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть I Тестирование/Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть II
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	ИД-1$_{ПК-1}$	+			Тестирование/Зарядка частиц Тестирование/Коронный, барьерный и поверхностный разряд Тестирование/Развитие электрического разряда в газах
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	ИД-1$_{ПК-1}$	+	+		Тестирование/Зарядка частиц Тестирование/Коронный, барьерный и поверхностный разряд Тестирование/Развитие электрического разряда в газах Контрольная работа/Расчёт начальных напряжений и критических параметров электронной лавины в воздушных разрядных промежутках Тестирование/Физические процессы в газах,

					определяющие возникновение, формирование и развитие электрических разрядов
Уметь:					
самостоятельно выполнять расчеты процессов, лежащих в основе высоковольтных электротехнологий	ИД-1$_{ПК-1}$	+	+	+	Тестирование/Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть II
использовать компьютерные программы для проведения расчётов высоковольтных электротехнологических процессов и установок	ИД-1$_{ПК-1}$	+			Контрольная работа/Расчёт начальных напряжений и критических параметров электронной лавины в воздушных разрядных промежутках
рассчитывать движение и зарядку частицы в электрическом поле с объёмным зарядом на основе решения уравнения движения в среде MATLAB	ИД-1$_{ПК-1}$			+	Контрольная работа/Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Зарядка частиц (Тестирование)
2. Коронный, барьерный и поверхностный разряд (Тестирование)
3. Развитие электрического разряда в газах (Тестирование)
4. Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB (Контрольная работа)
5. Расчёт начальных напряжений и критических параметров электронной лавины в воздушных разрядных промежутках (Контрольная работа)
6. Физические процессы в газах, определяющие возникновение, формирование и развитие электрических разрядов (Тестирование)
7. Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть I (Тестирование)
8. Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть II (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

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

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Электрофизические основы техники высоких напряжений : Учебник для вузов по специальности "Техника и электрофизика высоких напряжений" / И. М. Бортник, и др. – М. : Энергоатомиздат, 1993 . – 542 с. : 350.00 .;
2. Высоковольтные электротехнологии : Учебное пособие для втузов по курсу "Основы электротехнологии" / О. А. Аношин, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) ; Ред. И. П. Верещагин . – М. : Изд-во МЭИ, 2000 . – 204 с. - ISBN 5-7046-0535-4 .;
3. Соколова, М. В. Электрофизические процессы в газовой изоляции : учебное пособие по направлению 140200 "Электроэнергетика" / М. В. Соколова, С. А. Кривов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 112 с. - ISBN 978-5-383-00228-5 .;
4. Райзер, Ю. П. Физика газового разряда / Ю. П. Райзер . – 3-е изд., перераб. и доп . – Долгопрудный : Интеллект, 2009 . – 736 с. - ISBN 978-591559-019-8 .;
5. Бортник И.М. , Белогловский А. А., Верещагин И. П., Вершинин Ю. Н.- "Электрофизические основы техники высоких напряжений", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (704 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72343.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Майнд Видеоконференции;
4. Scilab.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:
1. **ЭБС Лань** - https://e.lanbook.com/
2. **ЭБС "Университетская библиотека онлайн"** - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. **Научная электронная библиотека** - https://elibrary.ru/
4. **База данных ВИНИТИ online** - http://www.viniti.ru/
5. **База данных журналов издательства Elsevier** - https://www.sciencedirect.com/
6. **Электронные ресурсы издательства Springer** - https://link.springer.com/
7. **База данных Web of Science** - http://webofscience.com/
8. **База данных Scopus** - http://www.scopus.com
9. **Национальная электронная библиотека** - https://rusneb.ru/
10. **ЭБС "Консультант студента"** - http://www.studentlibrary.ru/
11. **Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ)** - http://elib.mpei.ru/login.php

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-5, Учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, экран, доска маркерная передвижная, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер
	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-5, Учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, экран, доска маркерная передвижная, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер
	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-5, Учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, экран, доска маркерная передвижная, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-5, Учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стул, экран, доска маркерная передвижная, лабораторный стенд, компьютер персональный, кондиционер
	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер

Помещения для консультирования	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Научные основы электротехнологий

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Физические процессы в газах, определяющие возникновение, формирование и развитие электрических разрядов (Тестирование)
КМ-2 Расчёт начальных напряжений и критических параметров электронной лавины в воздушных разрядных промежутках (Контрольная работа)
КМ-3 Развитие электрического разряда в газах (Тестирование)
КМ-4 Коронный, барьерный и поверхностный разряд (Тестирование)
КМ-5 Зарядка частиц (Тестирование)
КМ-6 Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть I (Тестирование)
КМ-7 Электрогазодинамика дисперсных систем. Часть II (Тестирование)
КМ-8 Расчёт движения и зарядки частиц в среде MATLAB (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	14	15	16
1	Научные основы электрофизических процессов в газах									
1.1	Научные основы электрофизических процессов в газах		+	+	+	+	+		+	
2	Зарядка частиц									
2.1	Зарядка частиц		+	+	+	+	+		+	
3	Электрогазодинамика дисперсных систем									
3.1	Электрогазодинамика дисперсных систем							+	+	+
		Вес КМ, %:	10	10	10	10	10	10	10	30