

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09.08.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	8 семестр - 12 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	8 семестр - 53,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Расчетное задание	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	8 семестр - 0,3 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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н. Тульский

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тульский В.Н.
	Идентификатор	R292b173d-TulskyVN-7e812984

В.Н. Тульский

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении основных электрофизических процессов при воздействии сильных электрических и электромагнитных полей на различные среды в том числе при наличии дисперсной фазы

Задачи дисциплины

- ознакомление с электрофизическими процессами в аэрозольных и гидрозольных системах, имеющих место в высоковольтных электро-технологических установках при воздействии сильных электрических полей;;
- изучение современных высоковольтных электротехнологий, основанных на применении сильных электрических полей, плазмохимических процессов, импульсных электромагнитных полей;;
- ознакомление с методами проведения теоретических и экспериментальных исследований новых электрофизических явлений и процессов, которые могут найти применение в высоковольтных электротехнологиях;;
- ознакомление с приёмами составления физико-математических моделей отдельных электрофизических явлений и процессов в целом, в том числе при наличии дисперсной фазы..

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-2 Способен проводить обоснование проектных решений в области электроэнергетики	ИД-2ПК-2 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, расчета режимов и эксплуатации	знать: - методы зарядки аэрозольных частиц, закономерности движения частиц в воздушной среде;; - основные электрофизические процессы в высоковольтных электротехнологических установках, особенности применения сильных электрических полей, теоретические и экспериментальные методы исследования электрических полей с объёмным зарядом; уметь: - рассчитывать характеристики электрофизических процессов для ситуаций, характерных для электротехнологических установок.; - выбирать методы расчёта и экспериментального исследования полей в технологических установках;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электроэнергетика и электротехника (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве	5	8	2	-	1	-	-	-	-	-	2	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с.213-230, 335-367 [2], С. 173-192</p>	
1.1	Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве	5		2	-	1	-	-	-	-	-	2	-		
2	Электрофизические процессы в газах	60		18	8	10	-	-	-	-	-	-	24	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Электрофизические процессы в газах"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Электрофизические процессы в газах"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 153-175 [2], с. 39-46,50-56</p>
2.1	Электрофизические процессы в газах	11		2	4	1	-	-	-	-	-	-	4	-	
2.2	Методы анализа электрических полей с объемным зарядом	11		4	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	
2.3	Методы зарядки аэрозольных частиц	11		4	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	
2.4	Закономерности движения и осаждения аэрозольных частиц в электрическом поле и потоке воздуха	16	4	4	3	-	-	-	-	-	-	5	-		

2.5	Коллективные процессы в заряженных аэрозолях	11	4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
3	Основы плазмохимических технологий	15	4	4	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы плазмохимических технологий"
3.1	Основы плазмохимических технологий	15	4	4	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы плазмохимических технологий" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с.213-230, 335-367 [2], с.133-172, с 57
4	Основы импульсных высоковольтных электротехнологий	10	4	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы импульсных высоковольтных электротехнологий"
4.1	Основы импульсных высоковольтных электротехнологий	10	4	-	1	-	-	-	-	-	5	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы импульсных высоковольтных электротехнологий" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], с. 139-152,566-592 [2], с. 173-192
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	28	12	14	-	-	-	-	0.3	36	17.7	
	Итого за семестр	108.0	28	12	14	-	-	-	-	0.3	53.7		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве

1.1. Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве

Введение. Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве. Круг вопросов, характерных для физических основ высоковольтных электротехнологий..

2. Электрофизические процессы в газах

2.1. Электрофизические процессы в газах

Электрофизические процессы в газах. Основные понятия физики плазмы. Физика газового разряда. Развитие разряда в однородном поле и резко неоднородных полях. Коронный разряд..

2.2. Методы анализа электрических полей с объемным зарядом

Начальное напряжение и разрядное напряжение для промежутков с коронным разрядом. Методы анализа электрических полей с объёмным зарядом: уравнения для внешней зоны коронного разряда, характеристики коронного разряда между коаксиальными цилиндрами, характерные распределения поля и вольтамперные зависимости. Методы расчёта полей с объёмным зарядом. Экспериментальные методы.

2.3. Методы зарядки аэрозольных частиц

Характеристика аэрозольных систем. Зарядка аэрозольных частиц. Расчётная схема. Ионная зарядка: ударный и диффузионный механизмы. Ионная зарядка частиц неправильной формы. Особенности зарядки диэлектрических частиц. Контактная зарядка. Одновременное действие контактной и ионной зарядки. Зарядка эллипсоидальных частиц..

2.4. Закономерности движения и осаждения аэрозольных частиц в электрическом поле и потоке воздуха

Силы, действующие на частицы в электрическом поле, сила сопротивления среды при малых и больших значениях числа Рейнольдса, формула Стокса и поправка Кеннингема, движение частиц в электрическом поле, подвижность частиц, длина инерционного пробега, число Стокса, общий случай движения частиц в поле коронного разряда. Понятие ламинарного и турбулентного потока. Осаждение частиц. Процессы на осадительном электроде.

2.5. Коллективные процессы в заряженных аэрозолях

Коллективные процессы в заряженных аэрозолях. Электростатическое рассеяние монодисперсного аэрозоля. Движение заряженных аэрозольных частиц по силовым линиям и поперек силовых линий. Характеристики полидисперсного аэрозоля..

3. Основы плазмохимических технологий

3.1. Основы плазмохимических технологий

Основы плазмохимических преобразований. Понятие химически активных частиц. Энергия активации. Виды плазмохимических реакций. Понятие константы скорости реакции и ее связь с параметрами электрического поля. Методы расчета плазмохимических процессов.

4. Основы импульсных высоковольтных электротехнологий

4.1. Основы импульсных высоковольтных электротехнологий

Основы импульсных электротехнологий: формирование и характеристики импульсных разрядов в жидкости, силовое воздействие сильных импульсных магнитных полей на материалы..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет скорости плазмохимических реакций. Расчет зависимости скорости плазмохимических реакций от внешних условий;
2. Расчет характеристик разряда в однородном и неоднородном электрическом поле;
3. Расчет параметров коронного разряда. Расчет начальных и разрядных напряжений для промежутков с коронным разрядом;
4. Расчет электрических полей промежутков с коронным разрядом. Расчет характеристик ко-ронного разряда;
5. Расчёт зарядов аэрозольных частиц при ионной зарядке;
6. Расчёт подвижности заряженных частиц в электрическом поле;
7. Расчет характеристик ламинарного и турбулентного потока. Расчет процесса осаждения ча-стиц на поверхность электрода;
8. Расчет сил, действующих на частицу в электрическом поле при ее движении в атмосфере;
9. Расчет сил, действующих на частицу на осадительном электроде в электрическом поле и при коронном разряде в промежутке;
10. Расчет процессов электростатического рассеяния заряженного аэрозоля;
11. Расчет процессов коллективного движения заряженных аэрозольных частиц в электрическом поле;
12. Расчёт зарядов аэрозольных частиц при контактной зарядке;
13. Расчет скорости плазмохимических реакций. Расчет зависимости скорости плазмохимических реакций от внешних условий;
14. Расчет основных характеристик неравновесной плазмы;
15. Расчёт движения заряженных аэрозольных частиц в однородном электрическом поле.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Плазмохимические технологии (изучение основ технологического применения озона, исследование работы озонатора) (4 часа).;
2. Электроимпульсные и другие высоковольтные электротехнологии (магнитно-импульсная обработка металлов, исследование работы нейтрализаторов статического электричества) (4 часа).;
3. Высоковольтные электротехнологии на основе сильных электрических полей (нанесение порошковых полимерных покрытий в камерах с электрическим кипящим слоем, электросепарация, исследование работы электрофильтра) (4 часа)..

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электрофизические процессы в газах"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы плазмохимических технологий"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы импульсных высоковольтных электротехнологий"

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	4	
Знать:						
основные электрофизические процессы в высоковольтных электротехнологических установках, особенности применения сильных электрических полей, теоретические и экспериментальные методы исследования электрических полей с объёмным зарядом;	ИД-2ПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа № 1. Электрофизические характеристики газоразрядной плазмы; характеристики коронного разряда, зарядка аэрозольных частиц
методы зарядки аэрозольных частиц, закономерности движения частиц в воздушной среде;	ИД-2ПК-2		+			Контрольная работа/Контрольная работа 2. Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле Расчетное задание/Расчетное задание "Расчет процессов движения и зарядки проводящих и диэлектрических частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода».
Уметь:						
выбирать методы расчёта и экспериментального исследования полей в технологических установках;	ИД-2ПК-2		+			Контрольная работа/Контрольная работа 2. Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле Расчетное задание/Расчетное задание "Расчет процессов движения и зарядки проводящих и диэлектрических частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода».
рассчитывать характеристики электрофизических процессов для ситуаций, характерных для электротехнологических установок.	ИД-2ПК-2		+			Контрольная работа/Контрольная работа 2. Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле

						Расчетное задание/Расчетное задание "Расчет процессов движения и зарядки проводящих и диэлектрических частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода».
--	--	--	--	--	--	--

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 2. Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле (Контрольная работа)
2. Контрольная работа № 1. Электрофизические характеристики газоразрядной плазмы; харак-теристики коронного разряда, зарядка аэрозольных частиц (Контрольная работа)
3. Расчетное задание "Расчет процессов движения и зарядки проводящих и диэлектрических частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода». (Расчетное задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

В соответствии с положением о БАРС НИУ МЭИ

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. 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;
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 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>

5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - [Http://proinfosoft.ru; http://docs.cntd.ru/](Http://proinfosoft.ru;http://docs.cntd.ru/)
8. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-2(1), Лаборатория каф. "ТЭВН"	парта, стеллаж, Витрина, доска маркерная передвижная, многофункциональный центр
	ВВ Зал, Лаборатория каф. ТЭВН	стеллаж, стол, стул, оборудование для экспериментов, оборудование учебное
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-21, Лаборатория каф. "ТЭВН"	стеллаж, стул, шкаф, оборудование для экспериментов
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, 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-213, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы высоковольтных электротехнологий

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работа № 1. Электрофизические характеристики газоразрядной плазмы; харак-теристики коронного разряда, зарядка аэрозольных частиц (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа 2. Расчёт движения и зарядки аэрозольных частиц в электрическом поле (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчетное задание "Расчет процессов движения и зарядки проводящих и диэлектрических частиц в электрическом поле коронного разряда в атмосферном воздухе и на поверхности электрода». (Расчетное задание)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	12	14
1	Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве				
1.1	Роль высоковольтных электротехнологий в современном производстве		+		
2	Электрофизические процессы в газах				
2.1	Электрофизические процессы в газах		+		
2.2	Методы анализа электрических полей с объемным зарядом		+	+	+
2.3	Методы зарядки аэрозольных частиц			+	+
2.4	Закономерности движения и осаждения аэрозольных частиц в электрическом поле и потоке воздуха			+	+
2.5	Коллективные процессы в заряженных аэрозолях			+	+
3	Основы плазмохимических технологий				
3.1	Основы плазмохимических технологий		+		
4	Основы импульсных высоковольтных электротехнологий				
4.1	Основы импульсных высоковольтных электротехнологий		+		
Вес КМ, %:			20	20	60