

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Саровский физико-технический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан физико-технического
факультета СарФТИ НИЯУ МИФИ

_____ А.К.Чернышев

«...» _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Мощная импульсная техника

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность) 03.04.01 Прикладные математика и физика

Профиль подготовки Физика фундаментальных взаимодействий

Квалификация (степень) выпускника магистр

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Автор _____ С.Л. Глушков

Рецензент _____ к.ф.-м.н. А.В. Тельнов

Согласовано:

Зав. кафедрой ЯРФ _____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Руководитель ООП _____ д.ф.-м.н. Н.В. Завьялов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и ОС НИЯУ МИФИ
(актуализирован Ученым советом университета, Протокол №21/11 от 27.07.2023 г)

Программа одобрена
на заседании кафедры Ядерной и радиационной физики
от 31.08.23 (протокол №2).

г. Саров, 2023 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса является обеспечение базовой подготовки в области мощной импульсной техники в части её применений к мощным электрофизическим устройствам для научных исследований и технологических применений. Особое внимание уделяется ёмкостным (электростатическим) первичным накопителям энергии и газонаполненным коммутаторам для мощных электрофизических установок.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина читается на 1 курсе магистратуры (2 семестр обучения) по ООП.

Курс опирается на материалы следующих дисциплин, читаемых студентам физико-технических специальностей: теоретические основы электротехники, уравнения математической физики, электродинамика, физика плазмы. Для успешного освоения дисциплины необходимо знание учащимися курсов высшей математики и общей физики. Предполагается знание материала, входящего в учебный план обучения бакалавра классического университета по направлению подготовки – физика. Необходимо иметь начальные навыки обращения с чертежами и электронными схемами. Обладать знанием основ электроники, приборов и методов исследования электрофизических процессов.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

В совокупности с другими дисциплинами специализации курс Мощная импульсная техника направлен на формирование следующих компетенций магистра прикладной математики и физики:

ПК-13.1 способен к обеспечению безопасности при проведении работ на ядерно-физических и электрофизических установках, с делящимися материалами, радиоактивными веществами и радиоактивными отходами

ПК-13.2 способен к проведению испытаний согласно техническим требованиям, анализу характеристик испытываемого изделия, а также к подготовке аналитической документации испытаний

Знать:

З-ПК-13.1 федеральные нормы и правила, отраслевые нормативные документы по ядерной и радиационной безопасности, электробезопасности и охране труда при эксплуатации исследовательских ядерных и электрофизических установок – источников излучения, высоковольтного и измерительного оборудования; технические характеристики установок и оборудования; технологические регламенты безопасной эксплуатации установок и оборудования

З-ПК-13.2 Метрологию, стандартизацию и сертификацию в атомной отрасли, методы и средства автоматизации выполнения испытаний; порядок разработки и оформления технологической, методической документации для подготовки и проведения испытаний, отчетной документации по результатам выполненных исследований

В том числе:

- основные типы первичных накопителей энергии для мощных электрофизических установок, их особенности конструкции, характеристики и параметры;
- основные типы коммутаторов для мощных электрофизических установок, их особенности конструкции, характеристики и параметры.

Уметь:

У-ПК-13.1 анализировать научно-техническую информацию по теме исследований, в том числе для организации контроля за техническим состоянием установок и оборудования; средств измерений, контроля, управления и автоматики, обеспечивающих безопасную эксплуатацию установок и стендов

У-ПК-13.2 Оценивать научно-технический уровень достигнутых результатов

В том числе:

- оценивать выходные параметры импульсных генераторов на заданной нагрузке;
- пользоваться справочной и технической документацией.

Владеть:

В-ПК-13.1 навыками разработки планов перспективных исследований по инновационным ядерным технологиям и мероприятий по обеспечению ядерной безопасности планируемых работ

В-ПК-13.2 навыками анализа и обобщения результатов выполненных научно-технических исследований и разработок, включая разработку методик выполнения измерений, испытаний и контроля работоспособности основных подсистем и узлов испытательного оборудования и применяемых средств измерений; а также анализ результатов, полученных в результате испытаний изделий (объектов испытания)

В том числе:

- навыками ведения научных дискуссий при защите научно-технических работ.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 72 а.ч. за 1 семестр, из них практические занятия – 16 а.ч., занятия в интерактивной форме 4 а.ч., СРС – 56 а.ч.

№ п/ п	Раздел дисциплины	учебной	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация Раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел*
				лекции	Прак. занятия/семинары	СРС			
2 семестр									
1	Введение	1		2		1, УО		5	
2	Первичные накопители энергии	2-4		4	15	2-4, УО	17, 3	5	
3	Коммутаторы импульсной электрической мощности	5-12		6 (2 ИФ)	15	5-12, УО	17, 3	5	
4	Линейный индукционный ускоритель ЛИУ-30	13-16		4(2 ИФ)	15	13-16, УО, Р	17, 3	5	
	Посещаемость							25	
								5	
	Итого за работу в семестре:								50
	ЗАЧЕТ								50
	Итого								100

План семинарских занятий

Раздел 1. Введение

Характеристика предмета, объем и содержание. Формы аудиторной работы. Формы контроля знаний. Описание учебной литературы.

Использование импульсной техники в различных областях науки и отраслях промышленности.

Раздел 2. Первичные накопители энергии

Электростатические накопители. Индуктивные накопители. Ударные генераторы. Аккумуляторы. Химические ВВ.

Устройство и принципы работы ГИНа Аркадьева-Маркса. Особенности ГИНа Фитча. Каскадные генераторы.

Раздел 3. Коммутаторы импульсной электрической мощности

Общая характеристика коммутаторов. Газонаполненные разрядники. Вакуумные разрядники. Твердотельные и полупроводниковые разрядники.

Разрядники атмосферного и повышенного давления. Принцип работы, устройство, основные характеристики тригатронов, разрядников каскадного типа, разрядников с искажением поля. Параллельная работа разрядников.

Раздел 4. Линейный индукционный ускоритель ЛИУ-30

Принцип работы и блок-схема. Системы ускорителя. Система импульсной зарядки индукторов. Конденсаторная батарея продольного магнитного поля. Коммутаторы первичных накопителей энергии и индукторов.

Самостоятельная работа студентов

Каждый студент в течение семестра должен подготовить 1 реферат. Темы рефератов выдаются на 8 неделе. К 16 неделе студенты усваивают материал курса в полной мере. Защита рефератов проходит на 16 неделе в виде докладов. Все студенты принимают активное участие в обсуждении тем рефератов.

Номер недели	Задание для СРС	Форма занятий для контроля	Кол-во часов
1-16	Подготовка к занятиям	УО	16
1-16	Подготовка к дискуссии (две)	Д	4
8-16	Написание реферата, подготовка к защите реферата	Реферат	10
17	Подготовка к зачету	Зачет	26
		ИТОГО:	56

Темы рефератов:

1. Принцип действия импульсного трансформатора. Конструктивные особенности. Расчёт длительности импульса и напряжения на нагрузке
2. Первичные накопители энергии. Индуктивные накопители
3. Первичные накопители энергии. Механические накопители
4. Особенности работы импульсных конденсаторов в ёмкостных накопителях энергии
5. Устройство и принципы работы генератора импульсных напряжений Аркадьева-Маркса
6. Генератор импульсных напряжений Фитча
7. Статический пробой газов. Импульсный пробой газов. Формирование искрового разряда
8. Газонаполненные разрядники
9. Вакуумные разрядники
10. Твердотельные и полупроводниковые разрядники
11. Принцип работы линейного индукционного ускорителя
12. Безжелезные линейные индукционные ускорители ВНИИЭФ

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Формы контроля:

Промежуточный контроль: зачет на 17 неделе обучения

Вопросы к зачету

1. Использование импульсной техники в различных областях науки и отраслях промышленности.
2. Зарядные устройства ёмкостных накопителей энергии.
3. Первичные накопители энергии. Основные принципы работы.
4. Генератор импульсных напряжений Фитча.
5. Генератор импульсных напряжений Аркадьева-Маркса.
6. Элементы ёмкостных накопителей. Их надёжность.
7. Типы коммутаторов импульсной электрической мощности.
8. Принцип работы, устройство, основные характеристики тригатронов.
9. Принцип работы, устройство, основные характеристики разрядников каскадного типа.
10. Принцип работы, устройство, основные характеристики разрядников с искажением поля.
11. Пути повышения стабильности срабатывания разрядников и уменьшения времени развития разряда.
12. Зависимость сопротивления искрового разрядника от длины зазора в разряднике протекающего тока.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основная литература:

1. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. – М.: Наука, 2004. – 704с.

2. Месяц Г.А., Пегель И.В. Введение в наносекундную импульсную энергетику и электронику. – М.: ФИАН, 2009. – 192 с.
3. Соковнин С.Ю. Мощная импульсная техника. Екатеринбург ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2008 – 65с.
4. Пичугина М.Т. Физика и техника генерирования и измерения высоковольтных и сильноточных сигналов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007 – 209с.
5. Х. Блум. Схемотехника и применение мощных импульсных устройств. М.: Изд. дом «Додека-XXI». 2008. С. 352.
6. Куффель, Е. Техника и электрофизика высоких напряжений : пер. с англ./ Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель. – Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 517с.
7. Винтизенко И.И. Линейные индукционные ускорители. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016

Дополнительная литература:

1. Месяц Г.А., Проскуровский Д.И. Импульсный электрический разряд в вакууме. – Новосибирск, Наука, 1984. – 256 с.
2. Лебедев А.Н., Шальнов А.В. Основы физики и техники ускорителей. М: Энергоатомиздат, 1991.
3. Высокие плотности энергии: Сборник научных трудов. – Саров 1997, с.107 – 133.
4. Шибкова Л.В., Шибков В.М. Разряд в смесях инертных газов. 2002. 200 с.
5. Рукин С.А. Генераторы мощных наносекундных импульсов с полупроводниковыми прерывателями тока. ПТЭ. 1999. №4. С. 5-36.
6. Мешков А.Н. Магнитные генераторы мощных наносекундных импульсов. ПТЭ. 1990. №1. С. 23-36.
7. Аристов Ю.В., Воронков В.Б., Грехов И.В. и др. Мощный полупроводниковый переключатель высоковольтных импульсов с наносекундным фронтом нарастания. ПТЭ. 2007. №2. С. 87-90.
8. Ebert U., Hundsdofer W., Grekhov I., Rodin P.. Superfast fronts of impact ionization in semiconductor structures. Journal of Applied Physics. 2002. V. 92. №4. P. 1971-1980.

Периодическая литература

1. Приборы и техника эксперимента
2. Вопросы атомной науки и техники (ВАНТ). Серия: Ядерно-физические исследования
3. Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. Разделы: Ускорители; Приборы и техника эксперимента

4. Успехи физических наук
5. Известия вузов: Физика
6. Приборы для научных исследований (Review Scientific Instruments)
7. Physical Review
8. Журнал технической физики
9. International Symposium on High Current Electronics
10. Conference on High-Power Particle Beams (BEAMS)
11. IEEE International Pulsed Power Conference (PPC)