

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Объединенный институт высоких температур
Российской академии наук

Принято на Ученом совете
ОИВТ РАН
Протокол № 5 от 21.06.2022

«Утверждаю»

Директор ОИВТ РАН

 академик Петров О.Ф.

« 21 » _____ 2022 год



ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

1.3.13 «Электрофизика, электрофизические установки»

по техническим наукам

Направление подготовки «Физика и астрономия» 03.06.01

Москва

2022 год

Введение

В основу настоящей программы положены следующие разделы физики: электроэнергетика, техническая физика, связанные с особенностями анализа механизмов взаимодействия физических тел, веществ, макро- и микрочастиц с электрическим, магнитным и электромагнитным полями в различных средах и вакууме, с изучением методов и принципов использования электрофизических явлений в различных приложениях.

Программа составлена на основе паспорта соответствующей научной специальности номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 24 февраля 2021 г. №118.

1. Разработка и создание технической и элементной базы источников высоковольтных и сверхкоротких импульсов, систем электропитания, управления и контроля параметров электрофизических комплексов, включая электроразрядные процессы, коммутацию больших импульсных токов, нагрев и взрыв проводников.

Пространственно-временная концентрация энергии. Способы накопления энергии и типы накопителей. Характеристики накопителей энергии, сравнительные характеристики различных типов накопителей. Максимальная плотность энергии у различных типов накопителей, физические ограничения на плотность энергии в накопителях. Способы передачи энергии от накопителей к нагрузке, оптимизация процесса передачи энергии. Согласование энергии различных видов.

Емкостные накопители энергии. Емкостные накопители энергии на основе малоиндуктивных импульсных конденсаторов. Принципы построения генераторов импульсных напряжений и генераторов импульсных токов. Классификация емкостных накопителей энергии. Защита конденсаторных

батарей на высокую энергию. Коммутаторы емкостных накопителей энергии на основе конденсаторов (вакуумные, газовые, жидкостные разрядники, разрядные колонны). Схемы поджига и синхронизации разрядников. Особенности работы коммутаторов в генераторах импульсных напряжений и генераторах импульсных токов.

Методы формирования импульсов с помощью емкостных накопителей энергии. Емкостные накопители на линиях с распределенными параметрами. Первичные и промежуточные емкостные накопители энергии. Особенности работы емкостных накопителей энергии на линиях с распределенными параметрами в режиме заряда (хранения) и разряда. Оптимизация по напряжению и мощности накопителей энергии на линиях коаксиального типа с распределенными параметрами. Коммутаторы емкостных накопителей энергии на линиях с распределенными параметрами различных типов (газовые, жидкостные и твердотельные разрядники, разрядники V/N-типа, рельсовые разрядники). Особенности работы коммутаторов накопителей на линиях, конструкции коммутаторов. Методы обеспечения режима многоканальной коммутации.

Электрический взрыв проводников применительно к коммутации многоамперных токов. Импульсные предохранители в конденсаторных батареях на основе взрывающихся проводников.

2. Разработка и создание генераторов мощных высоковольтных импульсов и систем регистрации быстропротекающих электрофизических процессов.

Виды накопителей энергии. Проблемы согласования источников мощных высоковольтных импульсов с типом нагрузки.

Параметры мощных источников энергии различных видов.

Генераторы мощных высоковольтных импульсов на основе емкостных накопителей энергии.

Генераторы мощных высоковольтных импульсов на основе индуктивных накопителей энергии. Схемы генераторов на основе индуктивных накопителей и коммутаторы тока. Выключатели токов индуктивных накопителей.

Быстропротекающие процессы взаимодействия сильных электрических полей и заряженных частиц.

Методы импульсной осциллографии и рентгенографии.

3. Разработка и создание электрофизических установок для получения сильных и сверхсильных электромагнитных полей на базе сверхпроводящих магнитных систем, соленоидов, магнитной кумуляции и других методов.

Магнитные поля в природе и технике. Расчет магнитного поля соленоида. Применение криостатов для получения сильных магнитных полей с помощью соленоидов постоянного тока. Импульсные магнитные поля.

Современные СП-материалы, технологии и устройства.

Криогеника в энергосистемах. Гибридные линии транспортировки электроэнергии. Сверхпроводниковые ограничители токов короткого замыкания в энергосистемах.

Магнитная кумуляция. Влияние скинслоя на предельные значения полей. Взрывомагнитные устройства для генерации магнитных полей и электрических импульсов.

4. Разработка и создание электрофизических установок для генерации мощных импульсов электромагнитного излучения на основе сильнооточных, в том числе и релятивистских электронных пучков, а также для ускорения микро- и макрочастиц.

Генераторы сверхкоротких и сверхширокополосных импульсов. Структура генераторов СКИ и СШП. Характеристики излучения. Показатели эффективности. Удельные характеристики. Спектральные характеристики. Возможные режимы работы.

Взрывомагнитные генераторы. Их электрическая схема. Методы получения импульсов высокого напряжения с помощью ВМГ.

Взрывомагнитные генераторы с перехватом магнитного поля. Электротехнические модели ВМГ с перехватом потока. Конструкция ВМГ с перехватом потока. Двухкаскадные ВМГ с перехватом магнитного потока.

Работа ВМГ на индуктивную нагрузку.

Генерация импульсов высокого напряжения и мощного СВЧ-излучения в схеме с формирующей линией.

Генерация импульсов высокого напряжения и мощного СВЧ-излучения при работе ВМГ на триод с виртуальным катодом в трансформаторной схеме.

Взрывомагнитные ускорители макротел.

Распространение электронных пучков в вакууме.

Распространение электронных пучков в плазме и газе.

Генерация сильноточных электронных и ионных пучков.

Волны и неустойчивости в сильноточных пучках заряженных частиц.

5. Разработка и создание сильноточных импульсных ускорителей мощных электронных и ионных пучков.

Распространение сильноточных пучков в вакууме. Предельный ток, ограниченный пространственным зарядом. Предельный ток Альвена. Формирование виртуального катода. Нейтрализованный, самосфокусированный пучок. Е-слой. Магнитная изоляция в диодах и линиях передач.

Распространение сильноточных пучков в плазме и газе. Электромагнитные поля, возбуждаемые пучком при инжекции. Равновесное состояние пучка в плазме. Нестационарная ионизация при инжекции пучка в газах. Токовая нейтрализация пучка.

Генерация сильноточных электронных и ионных пучков. Взрывная эмиссия в сильноточном диоде.

6. Разработка и создание импульсных источников излучения, высокотемпературной и низкотемпературной плазмы, систем накачки лазеров, фотоэлектронных устройств.

Виды импульсных источников излучения. Параметры мощных источников энергии различных видов.

Особенности физических процессов в низкотемпературной плазме. Плазмохимические, металлургические и другие устройства на основе совместного применения мощных электрических дуговых разрядов и электромагнитных полей. Физика приэлектродных процессов в сильноточных дуговых разрядах.

Генераторы низкотемпературной плазмы (плазмотроны), физические основы и техническая реализация.

Системы накачки лазеров – основные типы. Оптическая накачка. Электрическая накачка в газовых и полупроводниковых лазерах.

Лазеры на свободных переходах.

Тороидальные магнитные поля. Токамаки.

7. Разработка новых технологических процессов и устройств с использованием, электроразрядных, пучковых, плазменных, фотоэлектронных и электромагнитных, в том числе лазерных, методов и подходов.

Плазменная, лазерная и электроннопучковая обработка и модернизация поверхностей.

Холодная плазма в медицине.

Лазерный скальпель и лазерный пинцет.

Радиационные, лазерные, рентгеновские технологии в медицине.

Плазменные технологии утилизации и переработки твердых бытовых, медицинских отходов и отравляющих веществ. СВЧ и ВУФ технологии обеззараживания.

8. Разработка и создание вакуумных систем и их элементов для крупных электрофизических комплексов, методы расчета их параметров.

Физика вакуума. Получение вакуума. Основы кинетической теории газов. Способы описания реального газа. Испарение и конденсация.

Конструирование элементов вакуумных систем. Процессы на поверхности твердых тел. Газопроницаемость. Адсорбция и термическая десорбция. Испарение и диссоциация. Проникновение газа сквозь стенки. Десорбция при электрофизическом воздействии. Термическая десорбция с поверхности. Десорбционный поток с разных поверхностей. Технологические вакуумные установки.

Газовый разряд при низком давлении.

Создание перспективных материалов и покрытий (2D- материалы, наноматериалы, пленки, гетероструктуры и др.). Обработка поверхности.

Вакуумные технологии в промышленности и научных исследованиях.

Конструкция форвакуумных, струевых, диффузионных, турбомолекулярных, комбинированных турбомолекулярных, сорбционных, крионасосов, геттерных, ионных насосов. Основные типы вакуумных соединений. Стыковка различных материалов в вакуумных системах.

Электроламповые приборы.

Сканирующие туннельные микроскопы

Напылительные установки.

Масс-спектрометры

9. Разработка технологий экологической и электромагнитной совместимости электрофизических установок с биологическими, физическими, химическими и информационными объектами и устройствами.

Измерения и расчет электромагнитных полей. Измерения уровня радиопомех.

Воздействие электромагнитных полей на организм человека и других живых существ и организмов. Допустимые дозы облучения.

Помехоустойчивость измерительной аппаратуры.

Электромагнитная совместимость технических средств и устройств. Виды отказов электронных устройств, возникающие в результате воздействия мощных электромагнитных импульсов и импульсов высокого напряжения на электронные устройства.

Существующие методы и средства испытаний электронных устройств на стойкость к действию мощных электромагнитных импульсов и импульсов высокого напряжения

Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. Электромагнитная стойкость оборудования и микропроцессорных устройств к протеканию токов молний по цепям молниеотводов.

Литература

1. Теоретический курс физики в 10 томах. Т. 2 Теория поля. Т. 5 Электродинамика сплошных сред / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Под ред. Л.П. Питаевского. М.: Физматгиз, 2001.
2. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.: Наука, 1987.
3. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Т. 1–4 / Под ред. В.Е. Фортова. М.: Наука, 2000.
4. Физика и техника мощных импульсных систем / Под ред. Е.П. Велихова. М.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Лебедев И.В. Техника и приборы сверхвысоких частот. М., Высшая школа. 1972.
6. Месяц Г.А. Эктоны в вакуумном разряде: пробой, искра, дуга. М.: Наука, 2000.
7. Глебов И.А., Рутберг Ф.Г. Мощные генераторы плазмы. М.: Энергоатомиздат, 1990.
8. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. 2 изд., М., 1991.
9. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика/ Под ред. Ю.В. Пименова. М. Радио и связь. 2000.
10. Вычислительные методы в электродинамике/ Под ред. Р. Митры, М., Мир. 1977.
11. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., Наука, 1978.
12. Шнеерен Г.А. Поля и переходные процессы в аппаратуре Сверхсильных токов. Изд. 2-е., М., Энергоатомиздат, 1992.

СОГЛАСОВАНО:

Ученый секретарь ОИВТ РАН, д.ф.-м.н.

Амиров Р.Х.

Заведующая аспирантурой, к.ф.-м.н.

Мартынова И.А.