

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)
Физический факультет
Кафедра радиофизики

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФФ
А. Е. Бондарь
« 04 » 10 2020 г.



академик РАН

**Рабочая программа дисциплины
ПРЕЦИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ЭФУ**

направление подготовки: **03.04.02 Физика, Курс 1, семестр 2**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	72	24	8		18	18	2			2

Всего 72 часа / 2 зачетные единицы
из них:
- контактная работа 36 часов
- в интерактивных формах 8 часов
Компетенции ПК-1, ПК-2

Разработчик:
доцент кафедры радиофизики, к.т.н.

О.В. Беликов

И.о. зав. кафедрой радиофизики ФФ НГУ
к.т.н.

Г. А. Фаткин

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2020

Содержание

Аннотация	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	6
5. Перечень учебной литературы.	9
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	9
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	10
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	10
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	10

Аннотация
к рабочей программе дисциплины «Прецизионные системы питания ЭФУ»
направление подготовки: 03.04.02 Физика,
Направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика

Программа курса «Прецизионные системы питания ЭФУ» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню магистратуры по направлению подготовки **03.04.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ) кафедрой радиофизики в качестве дисциплины по выбору в весеннем семестре.

Дисциплина «Прецизионные системы питания ЭФУ» имеет своей целью: ознакомление с устройством современных систем питания электрофизических установок, а также формирование навыков проектирования различных устройств, входящих в состав систем питания.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций:

ПК-1 – способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

ПК-2 – способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать** методы и способы постановки и решения задач проектирования прецизионных систем питания в соответствии с современными требованиями электрофизических установок; физические основы построения систем питания электрофизических установок.
- **Уметь** в конкретном случае квалифицированно выбрать подходящий класс источников питания; решать типовые задачи, позволяющие производить расчёт номиналов структуры источников питания.
- **Владеть** критериями выбора оптимальной структуры для конкретной физической задачи и навыками оценки основных параметров систем питания; навыками расчёта нелинейных электрических цепей и устойчивости цепей авторегулирования с обратными связями.

Курс рассчитан на один семестр (2-й). Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия самостоятельная работа студента, консультация, экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **2** зачетные единицы / **72** академических часа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: система контроля включает текущий (по ходу семестра) контроль освоения теоретического материала, выборочный опрос в начале каждой лекции.

На практических занятиях контроль осуществляется в ходе семестра путем заслушивания и обсуждения докладов.

Промежуточная аттестация: экзамен.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Прецизионные системы питания ЭФУ» имеет своей целью: ознакомление с устройством современных систем питания электрофизических установок, а также формирование навыков проектирования различных устройств, входящих в состав систем питания.

Дисциплина «Прецизионные системы питания электрофизических установок» предназначена для обучения студентов-физиков основным методам и навыкам разработки источников питания, применяющихся на современных электрофизических установках.

Создание электрофизических установок для фундаментальных исследований и прикладных целей немисливо без использования различных систем питания, включающих сильноточные, слаботочные, высоковольтные, импульсные и другие источники питания. Специфика современных электрофизических установок в большинстве задач не позволяет применить промышленно выпускаемые изделия. Мировой прогресс в областях точных наук требует постоянного совершенствования систем питания электрофизических установок для возможностей проведения современных экспериментальных исследований. Поэтому существует постоянная востребованность специалистов в области разработки систем питания электрофизических установок.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:

- ознакомление с потребностями современных физических установок;
- изучения типов преобразователей электрической энергии для различных классов источников питания;
- формирование навыков расчёта электрических цепей источников питания;
- изучение принципов работы прецизионных измерителей, применяющихся в системах авторегулирования;
- рассмотрение современных решений в области автоматизации физических экспериментов.
- знакомство с элементами схемотехники современной элементной базы;
- ознакомление с примерами устройств современных систем питания электрофизических установок.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций:

ПК-1 – способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

ПК-2 – способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

• Знать

- методы и способы постановки и решения задач проектирования прецизионных систем питания в соответствии с современными требованиями электрофизических установок (ПК 1.1);
- физические основы построения систем питания электрофизических установок (ПК 2.1).

• Уметь

- в конкретном случае квалифицированно выбрать подходящий класс источников питания (ПК-1.2);
- решать типовые задачи, позволяющие производить расчёт номиналов структуры источников питания (ПК-2.2).

• Владеть

- критериями выбора оптимальной структуры для конкретной физической задачи и навыками оценки основных параметров систем питания (ПК-1.3);
- навыками расчёта нелинейных электрических цепей и устойчивости цепей авторегулирования с обратными связями (ПК 2.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Прецизионные системы питания ЭФУ» реализуется в осеннем семестре 1-го курса для магистров, обучающихся по подготовки **03.04.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой радиофизики.

Студенты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны иметь общую базовую подготовку в рамках программы обучения в бакалавриате, в том числе:

– владеть математическим аппаратом линейной алгебры, математического анализа, дифференциальных уравнений.

– знать основы теории поля, электротехники и радиотехники, схемотехники, физики ускорители заряженных частиц.

– иметь практический опыт радиотехнических измерений.

Результаты освоения курса используются в следующих дисциплинах:

- Теория колебаний;
- Цифровые сигнальные процессоры.

Освоение дисциплины необходимо при подготовке и выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	72	24	8		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы из них: - контактная работа 36 часов - в интерактивных формах 8 часов										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий по подготовке докладов, консультация, экзамен.

Текущий контроль успеваемости: система контроля включает текущий (по ходу семестра) контроль освоения теоретического материала, выборочный опрос в начале каждой лекции.

На практических занятиях контроль осуществляется в ходе семестра путем заслушивания и обсуждения докладов.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоемкость курса составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

- занятия лекционного типа – 24 часа;
- практические занятия – 8 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультация и экзамен) – 22 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (лекции, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 36 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах составляет 8 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Прецизионные системы питания ЭФУ» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1 курсе магистратуры Физического факультета НГУ в весеннем семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 академических часа. Основное внимание при изложении материала обращено на принципы действия наиболее распространенных прецизионных источников питания. Рассмотрение строится так, чтобы эти вопросы можно было легко понять без сложного теоретического анализа, требующего увеличения объема курса. Устройства и конструкции источников питания, входящих в состав электрофизических установок, рассмотрены в объеме, достаточном для объяснения принципа действия, понимания особенностей применения и эксплуатации этих устройств.

Аналогичные дисциплины существуют в других вузах в нашей стране и за рубежом.

Основной отличительной чертой курса является рассмотрение структуры систем питания разработанных и созданных в Институт ядерной физики СО РАН для различных исследовательских и прикладных задач.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение	1	2	2			
2	Динамика поперечного движения пучка в циклическом ускорителе		3	2		1	
3	Классификация источников питания	2	3	2		1	
4	Высоковольтные источники напряжения	3	3	2		1	
5	Полупроводниковые компоненты источников питания	4	3	2		1	
6	Типы преобразователей	5, 6	3	2		1	
7	Элементы источников питания	7	3	2		1	
8	Измерители тока	8	3	2		1	
9	Измерители магнитного поля.	9	3	2		1	
10	Примеры источников питания для ускорителей и накопителей заряженных частиц.	10	3	2		1	
11	Питание ускорителей прямого действия (ЭЛВ)	11	3	2		1	
12	Автоматизированные системы управления и контроля на сложных электрофизических комплексах.	12-13	6	2	2	2	
13	Импульсные устройства ускорителей и накопителей и их питание	14	4		2	2	
14	Источник питания как система авторегулирования	15	4		2	2	
15	Импульсные и “квазиимпульсные” системы питания ионных и атомарных источников	16	4		2	2	
17	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		18				18
18	Консультация		2				2
19	Экзамен	17	2				2
Всего			72	24	8	18	22

Программа и содержание курса лекций (24 часа)

Введение (2 часа)

Ускорители и накопители заряженных частиц: немного истории. Требования, предъявляемые к источникам питания магнитных элементов и электростатических систем. Системы высоковольтного питания ускорителей прямого действия. Системы питания ускорителей с изменяющимся во времени магнитным полем. Влияние источников питания на основные характеристики пучков заряженных частиц. Необходимость разработки специализированных систем питания и управления.

1. Динамика поперечного движения пучка в циклическом ускорителе (2 часа)

2. Классификация источников питания (2 часа)

3. Высоковольтные источники напряжения (2 часа)

- 3.1 Трансформаторные преобразователи.
- 3.2 Механические преобразователи.
- 3.3 Схема удвоения.
- 3.4 Схема Кокрофта–Уолтона.
- 3.5 Симметричная схема каскадного генератора.

4. Полупроводниковые компоненты источников питания (2 часа)

- 4.1 Диод, сапрессор, варистор. Параллельное и последовательное соединение диодов. Расчёт потерь.
- 4.2 Полевой МОП-транзистор (MOSFET). Расчёт потерь. Эффект Миллера. Параллельное включение полевых транзисторов. Драйверы управления полевыми транзисторами.
- 4.3 Биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT). Временные диаграммы коммутационных процессов. Драйверы управления IGBT.
- 4.4 Тиристор. Запираемый тиристор. Симистор.

5. Типы преобразователей (2 часа)

- 5.1 Электромашинные генераторы.
- 5.2 Неуправляемые выпрямители. Трёхфазный выпрямитель Ларионова. Двенадцатифазная схема выпрямления. Параллельное соединение выпрямительных мостов
- 5.3 Управляемый трёхфазный тиристорный выпрямитель.
- 5.4 Чопперные преобразователи: понижающий, повышающий, инвертирующий.
- 5.5 Коррекция коэффициента мощности.
- 5.6 Однотактные преобразователи: прямоходовый и обратноходовый. Последовательность расчёта трансформатора.
- 5.7 Двухтактные преобразователи: полумостовой и мостовой.

6. Элементы источников питания (2 часа)

- 6.1 Скин-эффект.
- 6.2 Эффект близости.
- 6.3 Расчёт LC – фильтра.
- 6.4 Магнитный усилитель.
- 6.5 Стабилизаторы тока.
- 6.6 Активные фильтры подавления пульсаций: параметрический стабилизатор, последовательный активный фильтр, параллельное подавление пульсаций.
- 6.7 Дифференциальные усилители.
- 6.8 Модуляционно – демодуляционный усилитель.
- 6.9 Оптический усилитель.

7. Измерители тока (2 часа)

- 7.1 Шунты.
- 7.2 Датчики Холла: датчики прямого усиления и датчик компенсационного типа.
- 7.3 Магнитомодуляционный измеритель тока на 2-й гармонике.

8. Измерители магнитного поля (2 часа)

- 8.1 Измерительная катушка.

- 8.2 Датчик Холла.
- 8.3 Магнитодиоды.
- 8.4 Магниторезисторы.
- 8.5 Магнетрон.
- 8.6 Ядерный магнитный резонанс.

9. Примеры источников питания для ускорителей и накопителей заряженных частиц (2 часа)

- 9.1 Источники питания поворотных магнитов на примере ИСТ-1000.
- 9.2 Источники питания квадрупольных линз на примере ВЧ-300.
- 9.3 Источники питания слаботочных коррекций на примере УМ-6.
- 9.4 Источники подшунтирования магнитных элементов.
- 9.5 Модулятор клистрона 5045.

10. Питание ускорителей прямого действия (ЭЛВ) (2 часа)

11. Автоматизированные системы управления и контроля на сложных электрофизических комплексах (2 часа)

- 11.1 Импульсные устройства ускорителей и накопителей и их питание
- 11.2 Источник питания как система авторегулирования
- 11.3 Импульсные и “квазиимпульсные” системы питания ионных и атомарных источников

Программа практических занятий (8 часов)

1. Автоматизированные системы управления и контроля на сложных электрофизических комплексах (2 часа)

2. Импульсные устройства ускорителей и накопителей и их питание (2 часа)

3. Источник питания как система авторегулирования (2 часа)

4. Импульсные и “квазиимпульсные” системы питания ионных и атомарных источников (2 часа)

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение, повторение теоретического материала лекций в течении семестра	10
Подготовка темы доклада и изучение ее актуальности.	2
Изучение литературы по конкретной индивидуальной теме	4
Оформление результата в виде устного выступления с презентацией	2
Подготовка к экзамену	18

Темы для подготовки самостоятельных докладов

1. Автоматизированные системы управления и контроля на сложных электрофизических комплексах. Система питания как часть комплекса. Единство подхода к управлению и контролю. Достоверность результатов измерений. Интерфейсы связи источников с компьютером (CANBUS, Ethernet, RS-232 , RS-485) – характеристики основных модулей. Современные тенденции управления.

2. Импульсные устройства ускорителей и накопителей и их питание. Импульсные элементы каналов транспортировки пучков. Формирование высоковольтных наносекундных импульсов. Системы питания импульсных электромагнитов, основные параметры, источники погрешностей. «Трансформатор Тесла». Требования на точность синхронизации.

3. Источник питания как система авторегулирования. Многоконтурные системы стабилизации. Использование параллельного канала. Качественный анализ устойчивости в линейном режиме.

Основные типы регуляторов. Статическая и динамическая ошибки регулирования. Пример системы стабилизации тока в активно-индуктивной нагрузке. Проблемы анализа переходных процессов: необходимость учета нелинейностей, большой диапазон постоянных времени.

4. Импульсные и “квазиимпульсные” системы питания ионных и атомарных источников. Функциональные схемы систем питания. Использование емкостных накопителей и формирующих линий. Зарядные устройства. Динаметрон.

План выполнения самостоятельных индивидуальных заданий (докладов):

1. Выбор темы и ее изучение. Точная в смысловом отношении формулировка темы уточняет проблему, очерчивает рамки исследования, конкретизирует основной замысел (ПК-2, ПК-2).
2. Выявление литературы по теме и ее изучение в контексте решаемой проблемы (ПК-2).
3. Составление развернутого плана, который содержит общую характеристику предмета исследования, а также основные задачи, стоящие перед студентом. Он должен отражать очередность и логическую последовательность намеченных работ, а также наиболее существенные моменты каждого этапа исследования (ПК-1, ПК-2).

Оформление результата в виде устного выступления с презентацией.

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Гольденберг Л.М. Импульсные устройства: [учебник для радиотехн. спец. вузов] // Радио и связь, 1981222 с.: ил. Библиогр.: с.218-219.

5.2. Дополнительная литература

1. Беликов О.В., Беркаев Д.Е., Козак В.Р., Медведко А.С.. Усилители мощности УМ-6 и УМ-20 для питания корректоров комплекса ВЭПП-2000. // Новосибирск. Препринт 2007-014, ИЯФ СО РАН, 2007г. http://www.inp.nsk.su/activity/preprints/files/2007_014.pdf (свободный доступ)
2. Беликов О.В., Медведко А.С., Козак В.Р. Источник подшунтирования электромагнитов для коррекции параметров пучка в ускорителях и накопителях заряженных частиц. // Новосибирск. Вестник НГУ. Серия: Физика. Том 4, выпуск 3, 2009г. http://www.phys.nsu.ru/vestnik/catalogue/2009/03/Vestnik_NSU_09T4V3_p63_p66.pdf
3. Веремеенко В.Ф., Карпов Г.В. Двухкаскадный прецизионный широкополосный трансформатор постоянного тока на 20кА. // Новосибирск. Препринт 87-119, ИЯФ СО АН ССН, 1987г. http://www.inp.nsk.su/activity/preprints/files/1987_119.pdf (свободный доступ)
4. Казарезов И.В., Серов А.Ф., Токарев Ю.Ф. и др. Мощный импульсный источник на тиристорах для питания электрофизических установок. // Новосибирск. Препринт 84-12, ИЯФ СО АН СССР, 1984г. http://www.inp.nsk.su/activity/preprints/files/1984_012.pdf (свободный доступ)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

1. Рама Редди С. Основы силовой электроники. М. Техносфера, 2006г.
2. Месяц Г.А. Генерирование мощных наносекундных импульсов. М.: Сов. радио, 1974.

А также Интернет-ресурсами

1. Беликов О.В., Беркаев Д.Е., Козак В.Р., Медведко А.С.. Усилители мощности УМ-6 и УМ-20 для питания корректоров комплекса ВЭПП-2000. // Новосибирск. Препринт 2007-014, ИЯФ СО РАН, 2007г. http://www.inp.nsk.su/activity/preprints/files/2007_014.pdf
2. Беликов О.В., Медведко А.С., Козак В.Р. Источник подшунтирования электромагнитов для коррекции параметров пучка в ускорителях и накопителях заряженных частиц. // Новосибирск. Вестник НГУ. Серия: Физика. Том 4, выпуск 3, 2009г. <http://www.phys.nsu.ru/vestnik/>
3. Веремеенко В.Ф., Карпов Г.В. Двухкаскадный прецизионный широкополосный трансформатор постоянного тока на 20кА. // Новосибирск. Препринт 87-119, ИЯФ СО АН ССН, 1987г. http://www.inp.nsk.su/activity/preprints/files/1987_119.pdf
4. Воробьев Г.А., Месяц Г.А. Техника формирования высоковольтных наносекундных импульсов. М. Госатомиздат, 1963г.
5. Казарезов И.В., Серов А.Ф., Токарев Ю.Ф. и др. Мощный импульсный источник на тиристорах для питания электрофизических установок. // Новосибирск. Препринт 84-12, ИЯФ СО АН СССР, 1984г. http://www.inp.nsk.su/activity/preprints/files/1984_012.pdf

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используется.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Прецизионные системы питания ЭФУ» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации. Есть возможность использования мультимедийного проектора, интернет библиотек.

Реализация дисциплины в части лекционных занятий или промежуточной аттестации может осуществляться с применением электронного обучения (*на платформе ZOOM*), где обучение проводится на виртуальных аналогах, позволяющим достигать запланированных результатов по дисциплине.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Система контроля включает текущий контроль освоения теоретического материала: выборочный опрос в начале каждой лекции.

Текущий контроль на практических занятиях: осуществляется в ходе семестра путем заслушивания и обсуждения докладов.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию, по билетам, в устной форме. Экзаменационные вопросы охватывают весь объем лекционного курса.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности

использовать специализированные знания в области знаний методов и способов постановки и решения задач создания высокочастотных систем ускорительных комплексов, физических, экспериментальных исследований и промышленных установок.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Каждый билет содержит два вопроса и одну задачу. Вопросы и задача в билете подбираются таким образом, чтобы можно было оценить уровень сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Прецизионные системы питания ЭФУ».

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.1 ПК 2.1	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.1 ПК 2.1	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

Перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Прецизионные системы питания ЭФУ»

На проверку сформированности компетенции ПК-1:

1. Активные фильтры подавления пульсаций: параметрический стабилизатор, последовательный активный фильтр, параллельное подавление пульсаций. Магнитный усилитель.
2. Биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT). Временные диаграммы коммутационных процессов. Драйверы управления IGBT.
3. Высоковольтные источники напряжения: механические преобразователи, трансформатор Тесла.
4. Высоковольтные источники напряжения: схема удвоения, схема Кокрофта–Уолтона.
5. Коррекция коэффициента мощности.
6. Магнитомодуляционный измеритель тока на 2-й гармонике.
7. Модуляционно – демодуляционный усилитель. Оптический усилитель.
8. Однотактный обратногоходовой преобразователь.
9. Полевой МОП-транзистор (MOSFET). Эффект Миллера. Параллельное включение полевых транзисторов. Драйверы управления полевыми транзисторами.
10. Скин-эффект. Эффект близости.
11. Чопперные преобразователи: понижающий, повышающий, инвертирующий.
12. Измерители тока на основе эффекта Холла.
13. Биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT). Временные диаграммы коммутационных процессов. Драйверы управления IGBT.
14. Коррекция коэффициента мощности

На проверку сформированности компетенции ПК-2:

1. Активные фильтры подавления пульсаций: параметрический стабилизатор, последовательный активный фильтр, параллельное подавление пульсаций. Магнитный усилитель.
2. Высоковольтные источники напряжения: механические преобразователи, трансформатор Тесла.
3. Высоковольтные источники напряжения: схема удвоения, схема Кокрофта–Уолтона.
4. Измерение магнитного поля при помощи магнитодиодов, магниторезисторов, магнетронов.
5. Измерители тока на основе эффекта Холла.
6. Измеритель магнитного поля на основе ядерного магнитного резонанса.
7. Магнитомодуляционный измеритель тока на 2-й гармонике.
8. Модуляционно – демодуляционный усилитель. Оптический усилитель.
9. Однотактный обратногоходовой преобразователь.
10. Чопперные преобразователи: понижающий, повышающий, инвертирующий
11. Полевой МОП-транзистор (MOSFET). Эффект Миллера. Параллельное включение полевых транзисторов. Драйверы управления полевыми транзисторами.
12. Скин-эффект. Эффект близости.
13. Измерение магнитного поля при помощи магнитодиодов, магниторезисторов, магнетронов.
14. Измеритель магнитного поля на основе ядерного магнитного резонанса.

Примеры задач для подготовки к экзамену:

1. По заданным параметрам рассчитать LC – фильтр 1-го порядка для однотактного ШИМ – преобразователя. Получить условие непрерывности тока в дросселе.
2. Для диода с известными параметрами рассчитать потери мощности в выпрямительном мосте Ларионова. Заданные параметры выпрямительного моста считать известными.
3. Спроектировать выпрямитель для обратногоходового преобразователя, из диодов с известными характеристиками. Заданные параметры выпрямительного моста и допустимый разбаланс токов считать известными.
4. По известным характеристикам оценить динамическую входную ёмкость для полевого транзистора.
5. Рассчитать снаберную цепочку для обратногоходового преобразователя. Заданные параметры обратногоходового преобразователя и индуктивность первичной обмотки трансформатора считать известными.

6. Рассчитать количество витков первичной обмотки трансформатора обратноходового преобразователя, если известны параметры магнитопровода и заданные параметры обратноходового преобразователя.
7. Рассчитать тепловые потери мостового преобразователя, выполненного на полевых транзисторах с известными характеристиками. Заданные параметры мостового преобразователя считать известными.

Пример экзаменационного билета

БИЛЕТ № 4

1. Скин-эффект. Эффект близости.
2. Однотактный обратноходовый преобразователь.

Задача: Для полевого транзистора IRFB4310 оценить динамическую входную ёмкость, если известно: $C_{зс} = 300 \text{ pF}$, $C_{зи} = 7300 \text{ pF}$, $(dI_C/dU_{зи}) = 7 \text{ A/V}$, $R_H = 36 \text{ }\Omega$.

Форма билета к экзамену представлена на рисунке

<p>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</p> <p>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования</p> <p>«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</p> <p>Физический факультет</p>
<p>БИЛЕТ № _____</p>
<p>1.</p> <p>2.</p> <p>Задача</p>
<p>Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись)</p> <p>« ____ » _____ 20 ____ г.</p>

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Прецизионные системы питания ЭФУ»
по направлению 03.04.02 Физика
Профиль: «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета	Подпись ответственного