

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Поверинов Игорь Егорович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 14.06.2023 22:00:49

Уникальный программный ключ:

6d465b936eef331cede482bded6d12ab98216652f016465d53b77a2eab0de1b2

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова»)**

Факультет радиоэлектроники и автоматики
Кафедра промышленной электроники

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


И.Е. Поверинов

14 апреля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

Научная специальность – 2.4.1. Теоретическая и прикладная электротехника

Форма обучения – очная

Год начала освоения – 2023

СОСТАВИТЕЛЬ (СОСТАВИТЕЛИ):

Доцент кафедры промышленной электроники
кандидат технических наук, доцент
Г.В. Малинин

ОБСУЖДЕНО:

На заседании кафедры промышленной электроники
24 марта 2023 г., протокол № 8
Заведующий кафедрой
Г.А. Белов

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета Г.П. Охоткин
Начальник отдела подготовки и
повышения квалификации
научно-педагогических кадров С.Б. Харитонов

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля).

Цель освоения дисциплины – формирование знаний и умений, позволяющих применять основные положения теоретической и прикладной электротехники в области проектирования и эксплуатации современных полупроводниковых преобразователей электроэнергии.

Задачи освоения дисциплины:

- формирование навыков анализа и экспериментального исследования электродинамических систем;
- развитие навыков математического и схемотехнического моделирования электротехнических изделий, обеспечивающего адекватное отражение физической сущности электромагнитных процессов и законов функционирования электротехнических изделий;
- формирование способности использовать современные электро- и радиотехнические материалы и компоненты при проектировании полупроводниковых преобразователей электроэнергии.

2. Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля).

В процессе освоения данной дисциплины обучающиеся формируют следующие результаты освоения дисциплины:

K7 – способность к анализу и экспериментальному исследованию электродинамических систем, свойств и принципов функционирования электротехнических изделий, проектированию технических устройств определенного функционального назначения;

K8 – способность создавать математические, схемотехнические и структурные модели электротехнических изделий и устройств силовой электроники, алгоритмы и программы их исследования и расчета, обеспечивающие адекватное отражение в моделях физической сущности электромагнитных процессов и законов функционирования электротехнических изделий и устройств силовой электроники;

K9 – готовность к использованию современных электротехнических, радиотехнических материалов и изделий, электронной компонентной базы при проектировании технических устройств определенного функционального назначения.

3. Структура и содержание дисциплины (модуля).

3.1. Структура дисциплины (модуля).

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Формируемые компетенции	Форма текущего контроля
1	Раздел 1. Электромагнитные поля и процессы в электротехнических, электроэнергетических и информационных системах	K7	Устный опрос, реферат
2	Раздел 2. Электротехнические и радиотехнические материалы и технологии	K9	Устный опрос, реферат
3	Раздел 3. Силовая электроника	K7, K8	Устный опрос, реферат

3.2. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы.

№ п/п	Темы занятий	Лекции	Практические занятия	Самостоятель- ная работа	Всего часов
	Семестр 3				
	Раздел 1. Электромагнитные поля и процессы в электротехнических, электроэнергетических и информационных системах				
1.	Тема 1. Теоретические и экспериментальные исследования электромагнитных полей и процессов в электротехнических, электроэнергетических, информационных, управляющих и биологических системах	2		4	6
2.	Тема 2. Анализ, синтез, оптимизация и диагностика электромагнитных полей и электрических цепей	2	8	10	20
3.	Тема 3. Математическое моделирование неэлектрических явлений и процессов с использованием электромагнитных аналогов	2	4	6	12
4.	Тема 4. Теоретические и прикладные исследования электродинамических систем, интегрирующих объекты информационной и электротехнической природы	2		4	6
	Раздел 2. Электротехнические и радиотехнические материалы и технологии				
5.	Тема 5. Изучение на стадиях от разработки до утилизации физико-химических процессов, определяющих свойства электротехнических и радиотехнических материалов и изделий в связи с их химическим составом, структурой и внешними условиями эксплуатации	2		4	6
6.	Тема 6. Оптимизация параметров электротехнических, радиотехнических материалов и изделий, технологии их производства, эксплуатации и утилизации	2		4	6
7.	Тема 7. Проектирование, исследование, производство, эксплуатация и утилизация электротехнических и радиотехнических материалов, изделий на их основе	2	2	4	8
8.	Тема 8. Повышение долговечности и надежности электротехнических и радиотехнических материалов и изделий на их основе	2	2	4	8
	Итого за 3 сем., час	16	16	40	72
	Семестр 4				
	Раздел 3. Силовая электроника				
9.	Тема 9. Силовые полупроводниковые приборы	2	2	8	12
10.	Тема 10. Системы управления и защиты полупроводниковых приборов	2	2	8	12
11.	Тема 11. Устройства силовой электроники	4	4	20	28
12.	Тема 12. Системы управления устройствами силовой электроники	8	8	40	56

	Итого за 4 сем., час	16	16	76	108
	Итого, час	32	32	116	108
	Итого, з.е.				5

Вид промежуточной аттестации:

зачет – семестр 3;

кандидатский экзамен – семестр 4.

3.3. Темы занятий и краткое содержание.

Раздел 1. Электромагнитные поля и процессы в электротехнических, электроэнергетических и информационных системах

Тема 1. Теоретические и экспериментальные исследования электромагнитных полей и процессов в электротехнических, электроэнергетических, информационных, управляющих и биологических системах

Лекция 1. Исследования электромагнитных полей и процессов

1. Известный спектр электромагнитного излучения (ЭМИ). Актуальность исследования электромагнитных полей.

2. Электромагнитные помехи (ЭМП), основные их виды.

3. Регламенты и стандарты на ЭМИ и ЭМП.

Тема 2. Анализ, синтез, оптимизация и диагностика электромагнитных полей и электрических цепей

Лекция 2. Учет ЭМП при проектировании радиоэлектронной и силовой электронной аппаратуры и подавление ЭМП

1. Основные методы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС).

2. Анализ и диагностика источников ЭМП в проектируемой радиоэлектронной и силовой электронной аппаратуре.

3. Оптимизация и подавление ЭМП путем применения помехоподавляющих электрических цепей.

Практическое занятие 1. Расчет элементов помехоподавляющих цепей

Практическое занятие 2. Примеры анализа возникающих помех в схемах источников вторичного электропитания

Практическое занятие 3. Основные подходы при оценке уменьшения ЭМП в устройствах с короткими линиями связи при выраженных емкостной и индуктивной составляющих

Практическое занятие 4. Примеры расчетов электромагнитного экрана

Тема 3. Математическое моделирование неэлектрических явлений и процессов с использованием электромагнитных аналогов

Лекция 3. Основные пакеты моделирования неэлектрических явлений и процессов с использованием электромагнитных аналогов

1. MATLAB как наиболее универсальный математический пакет для моделирования различных процессов в науке и технике.

2. Примеры моделирования неэлектрических явлений и процессов с использованием электромагнитных аналогов.

Практическое занятие 5. Обзор пакета моделирования MATLAB и его основных библиотек в Simulink

Практическое занятие 6. Изучение специализированных пакетов прикладных программ в Simulink, позволяющих моделировать неэлектрические явления и процессы с использованием электромагнитных аналогов

Тема 4. Теоретические и прикладные исследования электродинамических систем, интегрирующих объекты информационной и электротехнической природы

Лекция 4. Научные подходы к исследованию электродинамических систем, интегрирующих объекты информационной и электротехнической природы

1. Моделирование объектов в виде электродинамического анализа.
2. Пример метода анализа в виде электродинамических процессов в гибридных электромагнитных элементах.

Раздел 2. Электротехнические и радиотехнические материалы и технологии

Тема 5. Изучение на стадиях от разработки до утилизации физико-химических процессов, определяющих свойства электротехнических и радиотехнических материалов и изделий в связи с их химическим составом, структурой и внешними условиями эксплуатации

Лекция 5. Учет особенностей применения электротехнических и радиотехнических материалов в изделиях в зависимости от внешних условий эксплуатации

1. Основные радио- и электротехнические материалы.
2. Учет внешних климатических, механических и радиационных факторов.

Тема 6. Оптимизация параметров электротехнических, радиотехнических материалов и изделий, технологии их производства, эксплуатации и утилизации

Лекция 6. Современные технологии производства радио- и электротехнические материалы

1. Основные технологии производства радио- и электротехнические материалы.
2. Особенности получения наноматериалов, их разновидности применительно к радио- и электротехническим материалам.
3. Организация утилизации радио- и электротехнических материалов.

Тема 7. Проектирование, исследование, производство, эксплуатация и утилизация электротехнических и радиотехнических материалов, изделий на их основе

Лекция 7. Современные радио- и электротехнические материалы. Учет их влияния при производстве, эксплуатации и утилизации

1. Промышленные выбросы в атмосферу, связанные с производством, эксплуатацией и утилизацией электротехнических и радиотехнических материалов и изделий на их основе.
2. Улучшение свойств и параметров электротехнических и радиотехнических материалов и изделий на их основе. Механически «умные» материалы.

Практическое занятие 7. Примеры методик расчета промышленных выбросов

Тема 8. Повышение долговечности и надежности электротехнических и радиотехнических материалов и изделий на их основе

Лекция 8. Долговечность и надежность электротехнических и радиотехнических материалов и изделий на их основе

1. Учет тепловых и электрических режимов устройств силовой электроники и электроэнергетических преобразователей.

2. Параметры надежности устройств силовой электроники и электроэнергетических преобразователей.
3. Системы охлаждения устройств силовой электроники и электроэнергетических преобразователей.

Практическое занятие 8. Примеры расчета параметров надежности устройств силовой электроники и электроэнергетических преобразователей

Раздел. 3. Силовая электроника

Тема 9. Силовые полупроводниковые приборы

Лекция 9. Характеристика современных силовых полупроводниковых приборов

1. Особенности конструкции силовых тиристоров.
2. Особенности конструкции силовых биполярных транзисторов.
3. Особенности конструкции транзисторов с изолированным затвором.

Практическое занятие 9. Система параметров силовых полупроводниковых приборов

1. Предельные режимы работы силовых полупроводниковых приборов.
2. Области безопасных режимов работы.
3. Тепловые характеристики полупроводниковых приборов.

Тема 10. Системы управления и защиты полупроводниковых приборов

Лекция 10. Драйверы управления силовыми транзисторами

1. Структура и требования к быстродействующим драйверам.
2. Драйверы управления силовыми транзисторами.
3. Защитные цепи силовых ключей.
4. Силовые ключи с интегрированной системой защиты.

Практическое занятие 10. Выбор драйвера и защитных цепей силового полупроводникового прибора

1. Пример обоснованного выбора драйвера силового транзистора.
2. Пример построения снабберных цепей.

Тема 11. Устройства силовой электроники

Лекция 11. Устройства высоковольтной преобразовательной техники

1. Высоковольтные электрические сети. Принципы уменьшения потерь проводимости на высоком напряжении.
2. Высоковольтная силовая электроника. Тиристорный и транзисторный силовые ключи. Особенности параллельного и последовательного включения силовых ключей.
3. Частотный и плавный пуск высоковольтных электрических машин устройствами высоковольтной преобразовательной техники.
4. Устройства плавного и ступенчатого регулирования реактивной мощности в высоковольтных электрических сетях.

Практическое занятие 11. Практика применения устройств высоковольтной преобразовательной техники

1. Изучение тиристорного устройства плавного пуска высоковольтной электрической машины.
2. Влияние величины пускового тока на время пуска электрической машины.
3. Потери в двигателе при плавном пуске по сравнению с прямым пуском электрической машины.

Лекция 12. Многоуровневые преобразователи напряжения

1. Принцип последовательно включения источников переменного напряжения для увеличения значения выходного напряжения. Уменьшение величины коммутируемого напряжения и класса по напряжению силовых приборов устройств преобразовательной техники.
2. Многоуровневый преобразователь напряжения с многообмоточным входным трансформатором. Последовательное включение силовых блоков с однофазным мостовым инвертором (H-мост). Сетевой ток многообмоточного трансформатора.
3. Основные подходы к формированию многоуровневой ШИМ. Соотношение частоты коммутации силовых ключей к частоте модуляции выходного напряжения.
4. Шунтирование аварийных силовых блоков. Формирование напряжения задания при модуляции напряжения с зашунтированными силовыми блоками.

Практическое занятие 12. Практика применения многоуровневого преобразователя напряжения

1. Изучение многоуровневого преобразователя напряжения при регулировании параметров выходной мощности.
2. Частотный пуск асинхронного двигателя при скалярном законе регулирования (закон Костенко).

Тема 12. Системы управления устройствами силовой электроники

Лекция 13. Системы управления выпрямителями и инверторами, ведомыми сетью

1. Способы импульсно-фазового управления выпрямителями и инверторами.
2. Система импульсно-фазового управления (СИФУ) однофазным управляемым выпрямителем.
3. Особенности СИФУ для трехфазных выпрямителей.
4. Устранение асимметрии в многоканальных аналоговых СИФУ.

Практическое занятие 13. Системы импульсно-фазового управления

1. Изучение основных узлов СИФУ с вертикальным и горизонтальным синхронным управлением.
2. Особенности асинхронного СИФУ.

Лекция 14. Системы управления импульсными преобразователями постоянного напряжения (ИППН)

1. Одноконтурные, двухконтурные и упрощенные двухконтурные системы управления ИППН.
2. Структурные динамические модели ИППН. Методика их построения.
3. Методы анализа структурных динамических моделей ИППН.

Практическое занятие 14. Структурные динамические модели ИППН

1. Структурные динамические модели понижающего ИППН.
2. Структурные динамические модели повышающего ИППН.
3. Структурные динамические модели инвертирующего ИППН.

Практическое занятие 15. Структурные динамические модели управляемого выпрямителя

1. Структурная динамическая модель управляемого выпрямителя в режиме прерывистого тока нагрузки.
2. Структурная динамическая модель управляемого выпрямителя в режиме непрерывного тока нагрузки.

Лекция 15. Системы управления корректором коэффициента мощности (ККМ)

1. ККМ с двухконтурной системой управления.
2. ККМ с одноконтурной системой управления.

Лекция 16. Векторный способ формирования напряжения устройствами силовой электроники (векторный способ ШИМ)

1. Понятие вращающегося вектора напряжения. Вычисление фазных напряжений по проекциям вращающегося мгновенного вектора напряжения. Вычисление мгновенного вектора напряжения по мгновенным значениям фазных напряжений в трёхфазной сети.
2. Базовые вектора напряжений трёхфазного мостового инвертора. Принцип формирования заданного вектора напряжения с помощью вычисления времени включения базовых векторов за период модуляции. Последовательность включения базовых векторов напряжения внутри периода модуляции.
3. Фазное и линейное напряжения инвертора при векторном способе ШИМ.

Практическое занятие 16. Практика применения векторного способа ШИМ

1. Изучение трёхфазного мостового преобразователя напряжения с векторным способом ШИМ
2. Сравнение частоты коммутации силовых ключей и максимальной амплитуды выходного напряжения инвертора при векторной и независимой пофазной ШИМ.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).

Формы и виды контроля знаний аспирантов, предусмотренные по данной дисциплине:

- текущий контроль (устный опрос, подготовка реферата);
- промежуточная аттестация (зачет, экзамен).

Критерии оценивания устного опроса.

Оценка «отлично» ставится аспиранту за глубокие и полные ответы на вопросы; самостоятельное решение задач; усвоение основной литературы по рассматриваемой на практическом занятии теме; в изложении материала отсутствуют недостатки.

Оценки «хорошо» ставится аспиранту за достаточно полные ответы на вопросы; самостоятельное с небольшими неточностями решение задач; достаточное усвоение основной литературы по рассматриваемой на практическом занятии теме; в изложении материала имеются недостатки, не носящие принципиального характера.

Оценки «удовлетворительно» ставится аспиранту за недостаточно полные ответы на вопросы; самостоятельное с ошибками решение задач; недостаточное усвоение основной литературы по рассматриваемой на практическом занятии теме; в изложении материала имеются недостатки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится аспиранту за бессодержательные ответы на вопросы; грубые ошибки при решении задач; существенные пробелы в усвоении основной литературы по рассматриваемой на практическом занятии теме; в изложении материала имеются принципиальные ошибки.

Критерии оценивания реферата.

Итоговая оценка за реферат складывается:

- 1) из оценивания преподавателем объема изученной литературы;
- 2) из оценивания представленного письменного текста с точки зрения его содержания (раскрытие темы, самостоятельность исследования, творческие выводы, анализ практики) и оформления;
- 3) из оценивания защитной речи и ответов на вопросы по теме реферата.

Критерии получения зачета по дисциплине (модулю).

Оценка «зачтено» ставится, если обучающийся выполнил задания текущей аттестации в семестре (подготовка рефератов), активно участвовал в обсуждении тем занятий и ответил на вопросы, выносимые на зачет;

Оценка «не зачтено» ставится, если обучающийся не выполнил задания текущей аттестации в семестре (подготовка рефератов), не участвовал в обсуждении тем занятий, не ответил на вопросы, выносимые на зачет.

Критерии экзаменационной оценки.

Оценка «отлично» ставится, если аспирант правильно, полно и логично построил ответ; показал умение оперировать специальными терминами; использовал в ответе дополнительный материал; иллюстрировал теоретические положения практическим материалом.

Оценка «хорошо» ставится, если аспирант в целом правильно и полно ответил с негрубыми ошибками или неточностями; показал умение оперировать специальными терминами; имел небольшие затруднения в использовании практического материала; сформулировал не вполне законченные выводы или обобщения.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если аспирант схематично, неполно сформулировал ответ; при наличии одной грубой ошибки; неумении оперировать специальными терминами или их незнании; неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если аспирант в ответе на все вопросы билета и наводящие вопросы допустил грубые ошибки; при неумении оперировать специальными терминами и их незнании; неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

4.1. Примерный перечень вопросов к зачету.

1. Теоретические и экспериментальные исследования ЭМП и процессов в различных физических и биологических системах.

2. Обеспечение ЭМС электронного изделия (устройства). Основные стандарты по ЭМС, принятые в РФ для устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники. Меры для обеспечения ЭМС разрабатываемых устройств.

3. Электромагнитный экран. Обеспечение эффективного экранирования сильного электрического поля и сильного магнитного поля. Проблемы экранирования.

4. Высокочастотные ЭМП. Спектр ЭМП. Обеспечение эффективного электромагнитного экранирования для широкой полосы частот.

5. Заземление корпуса устройства как эффективный способ экранирования. Способы заземления, их достоинства и недостатки.

6. Сравнительный анализ возникновения и устранения ЭМП на примерах схем выпрямителей с емкостной и индуктивной нагрузкой.

7. Условно короткие и длинные линии связи в устройствах силовой электроники и электропреобразовательной техники. Обеспечение подавления ЭМП в таких устройствах при явно выраженных емкостной либо индуктивной составляющей.

8. Фильтрация электромагнитных помех с учетом характера нагрузки фильтра

9. Компоновка блоков внутри аппаратуры для выполнения норм по ЭМС с учетом требований защиты шин питания.

10. Нормы ЭМС при разработке печатных плат.

11. Электрические аналогии для тепловых величин и параметров. Использование электрических аналогов тепловых величин и параметров при моделировании и расчете тепловых режимов устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники.

12. Электромагнитные аналогии акустических (включая инфра- и ультразвук) величин и параметров. Использование электрических аналогов акустических величин и

параметров для моделирования и диагностики устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники.

13. Суть научных подходов к исследованию электродинамических систем, интегрирующих объекты информационной и электротехнической природы.

14. Проведение климатических испытаний устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники. Методы климатических испытаний.

15. Вибрационно-механические испытания устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники. Методы подобных испытаний.

16. Радиационная стойкость материала и изделия. Учет этого параметра в материалах и изделиях при расчете комплексного показателя надежности. Способы (методы), применяемые для увеличения радиационной стойкости материалов и изделий.

17. Суть оптимизации параметров электротехнических, радиотехнических материалов до этапа их начала производства. Последующая реализация оптимизированных параметров в технологиях получения заданных свойств электротехнических, радиотехнических материалов.

18. Сравнение электрофизических параметров материалов, изготовленных по нанотехнологиям, с материалами, изготовленными по традиционным технологиям. Примеры нанотехнологий, применяемых в производстве радио- и электротехнических материалов.

19. Суть получения механически «умных» (адаптивных к внешней среде) материалов. Сложности в получении таких материалов при нынешнем уровне технического и технологического развития. Перспективы при повсеместном внедрении и использовании механически «умных» материалов.

20. Причины появления вредных промышленных выбросов в атмосферу при производстве, эксплуатации и утилизации электротехнических и радиотехнических материалов, изделий на их основе. Меры по их устранению.

21. Экологические проблемы, возникающие при утилизации электротехнических и радиотехнических материалов. Этапы и методы утилизации электрического и электронного оборудования.

22. Электрические и тепловые режимы устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники. Учет этих режимов при разработке охлаждающих систем.

23. Системы охлаждения мощных и особо мощных электропреобразовательных устройств для электроэнергетики.

24. Комплексные показатели надежности устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники. Учет и ориентировочный расчет параметров надежности при проектировании и разработке устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники.

25. Зависимость параметров надежности устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники от внешних факторов (климатических, радиационных) и учет этой зависимости при проектировании и разработке указанных устройств.

4.2. Примерный перечень вопросов к экзамену.

1. Особенности конструкций силовых биполярных транзисторов. Основные параметры и характеристики силовых биполярных транзисторов. Предельные режимы работы силовых биполярных транзисторов.

2. Разновидности конструкций силовых полевых транзисторов. Основные параметры и характеристики силовых полевых транзисторов.

3. Типовые структуры биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT). Основные параметры и характеристики IGBT-транзисторов.

4. Структура и процессы запираания однооперационного тиристора. Система справочных параметров и характеристики тиристорov.
5. Структура и процессы запираания двухоперационного тиристора. Система справочных параметров и характеристики тиристорov.
6. Выбор силового полупроводникового ключа. Группы параметров силового полупроводникового ключа.
7. Прямосмещенные и обратносмещенные области безопасных режимов силовых полупроводниковых ключей.
8. Формирователи импульсов управления с совместной передачей энергии и формы управляющего сигнала.
9. Трансформаторные формирователи импульсов для ключей с изолированным затвором.
10. Потенциальная развязка информационного сигнала формирователей импульсов управления с раздельной передачей энергии и информационного сигнала.
11. Драйверы для силовых МДП и IGBT-транзисторов. Влияние паразитных емкостей на переключение силовых МДП-транзисторов.
12. Драйверы управления полумостовыми схемами на силовых МДП и IGBT-транзисторах.
13. Основные виды перегрузок по напряжению и току в схемах с силовыми полупроводниковыми ключами.
14. Цепи формирования траектории рабочей точки силового транзистора при коммутации активно-индуктивной нагрузки.
15. Силовые ключи с интегрированной системой защиты.
16. Трехфазный мостовой выпрямитель. Работа выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку, на нагрузку. Режим прерывистого тока.
17. Трехфазный мостовой выпрямитель. Работа выпрямителя на нагрузку, содержащую противо-ЭДС и индуктивность. Режим прерывистого тока.
18. Многофазные схемы выпрямления на основе последовательного или параллельного соединения выпрямителей.
19. Взаимодействие выпрямителя с источником переменного тока. Первичные токи многофазных выпрямителей. Коэффициент мощности источника переменного тока при управляемом и неуправляемом режимах работы выпрямителя. Способы повышения коэффициента мощности.
20. Инверторы, ведомые сетью. Переход от выпрямительного режима к инверторному. Электрические процессы в инверторе, ведомом сетью, его регулировочная и входные характеристики.
21. Непосредственный преобразователь частоты. Одно- и многофазная схемы непосредственного преобразователя частоты, особенности его работы на активно-индуктивную нагрузку.
22. Трехфазный автономный параллельный инвертор тока. его внешняя характеристика. Стабилизация и регулирование выходного напряжения инвертора тока с помощью индуктивно-тиристорного компенсирующего устройства.
23. Одно- и трехфазные инверторы напряжения, особенности их работы на индуктивную нагрузку. Инвертор напряжения с одноступенчатой (прямой) коммутацией (схема Мак-Муррея-Бедфорда). Инвертор напряжения с двухступенчатой (не прямой) коммутацией.
24. Преобразователи частоты на основе инверторов напряжения и инверторов тока для частотно-управляемого электропривода.
25. Частотный и плавный пуск высоковольтных электрических машин устройствами высоковольтной преобразовательной техники.
26. Устройства плавного и ступенчатого регулирования реактивной мощности в высоковольтных электрических сетях.

27. Тиристорное устройство плавного пуска высоковольтной электрической машины. Влияние величины пускового тока на время пуска электрической машины. Потери в двигателе при плавном пуске по сравнению с прямым пуском электрической машины.

28. Принцип последовательно включения источников переменного напряжения для увеличения значения выходного напряжения. Уменьшение величины коммутируемого напряжения и класса по напряжения силовых приборов устройств преобразовательной техники.

29. Многоуровневый преобразователь напряжения с многообмоточным входным трансформатором. Последовательное включение силовых блоков с однофазным мостовым инвертором (H-мост). Сетевой ток многообмоточного трансформатора.

30. Основные подходы к формированию многоуровневой ШИМ. Соотношение частоты коммутации силовых ключей к частоте модуляции выходного напряжения.

31. Шунтирование аварийных силовых блоков. Формирование напряжения задания при модуляции напряжения с шунтированными силовыми блоками.

32. Применение многоуровневого преобразователя напряжения при регулировании параметров выходной мощности. Частотный пуск асинхронного двигателя при скалярном законе регулирования (закон Костенко).

33. Классификация систем управления выпрямителями. Вертикальное и горизонтальное управление. Синхронные и асинхронные СИФУ.

34. СИФУ для однофазных управляемых выпрямителей: принципиальная схема, временные диаграммы работы, назначение узлов.

35. Структура системы с асинхронной СИФУ, принцип действия. ГПН с автоподстройкой.

36. Структурная динамическая модель управляемого выпрямителя в режиме прерывистого тока нагрузки.

37. Системы управления импульсными преобразователями. Одноконтурные и двухконтурные системы, основные узлы систем управления (задающий генератор, ШИМ, усилитель ошибки, выходной драйвер, цепь плавного запуска, цепи защиты).

38. Уравнения силовой части понижающего преобразователя во временной области, матричные и операторные уравнения. Режимы непрерывного и прерывистого тока. Обоснование нелинейной импульсной структурной модели силовой части понижающего преобразователя. Работа модели в режиме непрерывного и прерывистого тока дросселя.

39. Уравнение силовой части повышающего преобразователя во временной области, матричные и операторные уравнения. Обоснование нелинейной импульсной структурной модели.

40. Линеаризованная усредненная динамическая модель понижающего импульсного преобразователя.

41. Линеаризованная усредненная динамическая модель повышающего импульсного преобразователя.

42. Импульсные преобразователи с упрощенным токовым контуром управления. Структура, принцип действия, преимущества, временные диаграммы. Микросхема UC3842 для импульсных преобразователей с упрощенным токовым контуром управления.

43. Линеаризация ШИМ в упрощенном токовом контуре. Импульсная динамическая модель токового контура управления. Передаточная функция токового контура.

44. Назначение, структура и принцип действия корректора коэффициента мощности (ККМ) с двухконтурной системой управления с микросхемой UC3854.

45. Принцип действия ККМ с одноконтурной системой управления с микросхемой UC3852.

46. Понятие вращающегося вектора напряжения. Вычисление фазных напряжений по проекциям вращающегося мгновенного вектора напряжения. Вычисление мгновенного вектора напряжения по мгновенным значениям фазных напряжений в трёхфазной сети.

47. Базовые вектора напряжений трёхфазного мостового инвертора. Принцип формирования заданного вектора напряжения с помощью вычисления времени включения базовых векторов за период модуляции. Последовательность включения базовых векторов напряжения внутри периода модуляции.

48. Трёхфазный мостовой преобразователь напряжения с векторным способом ШИМ.

49. Сравнение частоты коммутации силовых ключей и максимальной амплитуды выходного напряжения инвертора при векторной и независимой пофазной ШИМ.

50. Обеспечение ЭМС электронного изделия (устройства). Основные стандарты по ЭМС, принятые в РФ для устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники. Меры для обеспечения ЭМС разрабатываемых устройств.

51. Проведение климатических и вибрационно-механических испытаний устройств силовой электроники. Методы климатических и вибрационно-механических испытаний.

52. Суть оптимизации параметров электротехнических, радиотехнических материалов до этапа их начала производства Последующая реализация оптимизированных параметров в технологиях получения заданных свойств электротехнических, радиотехнических материалов.

53. Электрические и тепловые режимы устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники. Учет этих режимов при разработке охлаждающих систем.

54. Комплексные показатели надежности устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники. Учет и ориентировочный расчет параметров надежности при проектировании и разработке устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники. Зависимость параметров надежности устройств силовой электроники и электропреобразовательной техники от внешних факторов.

Каждому аспиранту на экзамене дополнительно задаются вопросы по теме диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).

5.1. Рекомендуемая основная литература.

№	Название
1.	Мелешин, В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. — Москва: Техносфера, 2005. — 623 с. — ISBN 5-94836-051-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/31873.html
2.	Белов Г. А. Теория импульсных преобразователей: [монография] / Белов Г. А. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. - 330с.
3.	Никифоров И.К. Радиоэлектронная и силовая электронная аппаратура. Основы электроники. Электро- и радиотехнические материалы и изделия: учеб. пособие. — Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – 300 с.

5.2. Рекомендуемая дополнительная литература.

№	Название
1.	Родыгин, А. В. Устройства силовой электроники : учебное пособие / А. В. Родыгин. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-7782-4129-9. — Текст : электронный //

	Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/99231.html
2.	Белоус, А. И. Полупроводниковая силовая электроника / А. И. Белоус, С. А. Ефименко, А. С. Турцевич. — Москва : Техносфера, 2013. — 228 с. — ISBN 978-5-94836-367-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/31876.html
3.	Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник и практикум для вузов / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов ; под редакцией Ю. К. Розанова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 206 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9440-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/489539
4.	Никифоров И.К. Радиоэлектронная и силовая электронная аппаратура. Микро- и нанотехнологии. Материалы и технологии: учеб. пособие. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. – 354 с.
5.	Никифоров И.К. Радиоэлектронная и силовая электронная аппаратура. Электромагнитные компоненты и элементы. Электромагнитная совместимость. Основы магнитоэлектроники: учеб. пособие. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – 444 с.
6.	Яковлев В.Н. и др. Электромагнитная совместимость электрооборудования электроэнергетики и транспорта [Электронный ресурс]: Допущено УМО вузов России по образованию в области энергетики и электротехники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии". - Москва: Издательский дом МЭИ, 2010. - — Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383003985.html
7.	Зиновьев Г.С. и др. Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники. Часть 4 [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 64 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45197.html
8.	Зиновьев Г.С., Удовиченко А.В. Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники. Часть 5 [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 56 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45198.html
9.	Фролов В.Я., Смородин В.В. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 332 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/106890
10.	Коткин, Попов, Черкасский Компьютерное моделирование физических процессов с использованием Matlab [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов. - Москва: Юрайт, 2020. - 202 с — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/455883
11.	Иванов А. Г. Системы управления полупроводниковыми преобразователями: Изд-во Чуваш. ун-та / Иванов А. Г., Белов Г. А., Сергеев А. Г., Чуваш. гос. ун-т им. И. Н. Ульянова - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2010. – 447 с.
12.	Белов Г. А. Динамика импульсных преобразователей: Изд-во Чуваш. ун-та / Белов Г. А., отв. ред. Афанасьев А. А. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2001. – 528 с.
13.	Иванов А. Г. Силовая электроника в электроприводе: Изд-во Чуваш. ун-та / Иванов А. Г., Сергеев А. Г. - Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2012. – 380 с.

5.3. Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы, интернет-ресурсы.

№	Перечень программного обеспечения, профессиональных баз данных и информационных справочных систем, интернет-ресурсов
Перечень программного обеспечения	
1.	Пакет офисных программ Microsoft Office
2.	Операционная система Windows
Перечень ЭБС	
1.	Научная библиотека ЧувГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://library.chuvsu.ru
2.	Электронно-библиотечная система IPRBooks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru
3.	Образовательная платформа «Юрайт»: для вузов и ссузов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.urait.ru
Интернет-ресурсы	
1.	Единое окно к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://window.edu.ru
2.	Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rsl.ru
3.	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nlr.ru
4.	Научная электронная библиотека «Киберленинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cyberleninka.ru
5.	Научная электронная библиотека «Elibrary» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.elibrary.ru
6.	Библиографическая и реферативная база данных «Scopus» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.scopus.com
7.	Поисковая платформа «Web of Science» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://webofknowledge.com

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Учебные аудитории для лекционных и практических занятий по дисциплине оснащены мультимедийным проектором и настенным экраном.

Учебные аудитории для самостоятельных занятий по дисциплине оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

7. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям лиц с ограниченными возможностями.

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

–для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

–для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

8. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы.

Самостоятельная работа определяется спецификой дисциплины и методикой ее преподавания, временем, предусмотренным учебным планом, а также ступенью обучения, на которой изучается дисциплина.

Для самостоятельной подготовки можно рекомендовать следующие источники: конспекты лекций и/или практических и лабораторных занятий, учебную литературу соответствующего профиля.

Преподаватель в начале чтения курса информирует обучающихся о формах, видах и содержании самостоятельной работы, разъясняет требования, предъявляемые к результатам самостоятельной работы, а также формы и методы контроля и критерии оценки.

Методические рекомендации по подготовке к зачету

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором обучающиеся получают предварительный перечень вопросов к зачёту и список рекомендуемой литературы, их ставят в известность относительно критериев выставления зачёта и специфике текущей и промежуточной аттестации. С самого начала желательно планомерно осваивать материал, руководствуясь перечнем вопросов к зачету и списком рекомендуемой литературы, а также путём самостоятельного конспектирования материалов занятий и результатов самостоятельного изучения учебных вопросов.

Темы, вынесенные на самостоятельное изучение, необходимо законспектировать. В конспекте кратко излагается основная сущность учебного материала, приводятся необходимые обоснования, табличные данные, схемы, эскизы, графики и т.п. Конспект целесообразно составлять целиком на тему. При этом имеется возможность всегда дополнять составленный конспект материалами из журналов, данных из Интернета и других источников. Таким образом, конспект становится сборником необходимых материалов, куда аспирант вносит всё новое, что он изучил, узнал. Такие конспекты представляют, большую ценность при подготовке к занятиям.

Основные этапы самостоятельного изучения учебных вопросов:

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.
2. Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
5. Составление опорного конспекта.

Методические рекомендации по подготовке к экзамену

Экзамен преследует цель оценить работу обучающегося за определенный курс: полученные теоретические знания, их прочность, развитие логического и творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умения анализировать и синтезировать полученные знания и применять на практике решение практических задач.

Формулировка вопросов совпадает с формулировкой перечня вопросов, доведенного до сведения обучающихся за один месяц до экзаменационной сессии. В процессе подготовки к экзамену организована предэкзаменационная консультация для всех учебных групп. Результат экзамена выражается оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

С целью уточнения оценки экзаменатор может задать не более одного-двух дополнительных вопросов, не выходящих за рамки требований рабочей программы дисциплины. Под дополнительным вопросом подразумевается вопрос, не связанный с тематикой вопросов билета. Дополнительный вопрос, также как и основные вопросы билета, требует развернутого ответа. Кроме того, преподаватель может задать ряд уточняющих и наводящих вопросов, связанных с тематикой основных вопросов билета. Число уточняющих и наводящих вопросов не ограничено.