

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)

Северодонецкий технологический институт
Кафедра информационных технологий, приборостроения и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись) _____ 2024 года
«20» _____



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Силовая электроника в электроэнергетике»

По направлению подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электроснабжение

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Силовая электроника в электроэнергетике» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль «Электроснабжение») – 33 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Силовая электроника в электроэнергетике» разработана в соответствии федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144 (с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации № 1456 от 26.11.2020 г., № 83 от 08.02.2021 г., № 662 от 19.07.2022 г. и № 208 от 27.02.2023 г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.т.н., доцент Калюжный В.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информационных технологий, приборостроения и электротехники « 05 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой ИТПЭ  В.Г. Чебан

Переутверждена: « ____ » _____ 20 ____ г., протокол № ____.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» « 16 » сентября 2024 г., протокол № 1.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля»



Ю.В. Бородач

© Калюжный В.В., 2024 г.

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» СТИ (филиал), 2024 г.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов базовых знаний в области преобразования электроэнергии на основе использования силовых полупроводниковых приборов, получение навыков в области построения, анализа и расчета устройств силовой электроники,

Задачи:

- ознакомление с силовыми полупроводниковыми приборами;
- изучение схем преобразования электрической энергии;
- дать студентам знания в области теории, принципов действия, технических характеристик преобразователей;
- познакомить с принципиальными схемами выпрямителей, зависимых и автономных инверторов, регуляторов переменного и постоянного напряжений;
- рассмотреть основные характеристики базовых схем;
- научить анализу схем вентильных преобразователей.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.

Дисциплина «Силовая электроника в электроэнергетике» относится к дисциплинам по выбору. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания основных компонентов, используемые в электронике; принципов работы основных электронных компонентов; электрических характеристик основных компонентов, умения составить простейшую типовую электрическую принципиальную схему с аналоговыми полупроводниковыми элементами; составить простейшую типовую электрическую принципиальную схему с элементами цифровой электроники; по заданной электрической принципиальной схеме собрать её в программном симуляторе для дальнейшей отладки, навыки расчёта простейших электрических принципиальных схем с полупроводниковыми элементами и выбора аналоговых компонентов схемы; расчёта простейших электрических принципиальных схем с элементами цифровой электроники и выбора цифровых компонентов схемы; моделирования в программном симуляторе работы электрической схемы с полупроводниковыми элементами, переходных процессов в ней; навыками снятия электрических характеристик полупроводниковых компонентов.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Высшая математика», «Информационные технологии в отрасли», «Физика», «Электроника» и служит основой для освоения дисциплины «Электроснабжение», «Проектирование систем электроснабжения», «Микропроцессорные системы управления в электроэнергетике», которые позволяют в выпускной квалификационной работе выполнить специальную часть.

Особенностью дисциплины «Силовая электроника» является изучение методов преобразования электрической энергии в электроэнергетике.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
<p>ПК-3 Способен решать производственно-технологические задачи при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности</p>	<p>ПК-3.1. Знает режимы работы объектов профессиональной деятельности</p>	<p>знать: основные компоненты, используемые в электронике; принципы работы основных электронных компонентов; электрические характеристики основных компонентов, используемых в электронике;</p>
	<p>ПК-3.2. Умеет рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности</p>	<p>уметь: составить простейшую типовую электрическую принципиальную схему с аналоговыми полупроводниковыми элементами; составить простейшую типовую электрическую принципиальную схему с элементами цифровой электроники; по заданной электрической принципиальной схеме собрать её в программном симуляторе для дальнейшей отладки;</p>
	<p>ПК-3.3 Владеть: навыками анализа режимов функционирования объектов профессиональной деятельности</p>	<p>владеть: методами расчёта простейших электрических принципиальных схем с полупроводниковыми элементами и выбора аналоговых компонентов схемы; методами расчёта простейших электрических принципиальных схем с элементами цифровой электроники и выбора цифровых компонентов схемы; навыками моделирования в программном симуляторе работы электрической схемы с полупроводниковыми элементами, переходных процессов в ней; навыками снятия электрических характеристик полупроводниковых компонентов.</p>

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4зач. ед)	144 (4зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	68	16
Лекции	34	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	-	-
Лабораторные работы	34	8
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	76	128
Форма аттестации	зачет, экзамен	зачет, экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. НЕУПРАВЛЯЕМЫЕ И УПРАВЛЯЕМЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

Тема 1. Цель и задачи курса, его связь с другими дисциплинами. Классификация и структурные схемы выпрямителей.

Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Учет неидеальности вентиля и трансформатора.

Тема 2. Однофазные выпрямители.

Однофазная нулевая схема выпрямления. Однофазная мостовая схема выпрямления. Сравнение однофазных схем выпрямления.

Тема 3. Многофазные нулевые схемы выпрямителей

Трехфазная нулевая схема и ее разновидности. Шестифазная нулевая схема. Схема две обратные звезды с уравнительным реактором.

Тема 4. Трехфазная мостовая схема выпрямителя

Трехфазная мостовая схема. Сравнение многофазных схем выпрямления.

Тема 5. Режимы работы выпрямителей.

Классификация режимов. Регулировочные характеристики идеального управляемого выпрямителя при активно-индуктивной нагрузке.

Тема 6. Непрерывный режим

Влияние анодных индуктивностей на коммутацию тока. Внешние характеристики в непрерывном режиме.

Тема 7. Прерывистый и граничный режимы

Условия возникновения режимов. Работа выпрямителя на ПЭДС. Регулировочные и внешние характеристики выпрямителей в прерывистом режиме.

Тема 8. Энергетические показатели выпрямителей тока

КПД выпрямителя. Гармонические составляющие в выпрямленном напряжении и первичном токе. Коэффициент мощности выпрямителя.

Тема 9. Качество выпрямленного напряжения

Пути улучшения энергетических показателей выпрямителей и уменьшения их вредного влияния на питающую сеть. Условно двенадцатифазная схема. Схемы с нулевыми вентилями. Фазоступенчатое регулирование. Применение искусственной коммутации для улучшения $\cos \varphi$. Применение запираемых вентилях для улучшения $\cos \varphi$.

Раздел 2. ВЕДОМЫЕ И АВТОНОМНЫЕ ИНВЕРТОРЫ

Тема 10. Ведомые сетью инверторы

Классификация инверторов. Понятие о направлении потока мощности. Переход к инверторному режиму. Регулировочные и внешние характеристики ведомого инвертора. Условия устойчивой работы инвертора.

Тема 11. Рекуперирующие и реверсивные преобразователи

Классификация рекуперирующих преобразователей. Схемы реверсивных преобразователей. Внешние и регулировочные характеристики. Способы управления. Уравнительные токи при совместном управлении и способы их ограничения. Сравнение отдельного и совместного управления.

Тема 12. Системы управления ведомых преобразователей

Классификация систем импульсно-фазового управления вентильными преобразователями. Требования, предъявляемые к системам импульсно-фазового управления, и формы управляющих импульсов. Формирователи-распределители импульсов управления трехфазной мостовой схемы выпрямления. Регулировочные характеристики при различных формах опорных напряжений.

Тема 13. Системы управления реверсивных преобразователей

Системы управления и регулировочные характеристики реверсивных преобразователей при отдельном управлении. Переходные процессы в реверсивных преобразователях. Функциональная схема системы управления электроприводом постоянного тока.

Тема 14. Автономные инверторы на тиристорах с одноступенчатой коммутацией

Классификация и принципы построения автономных инверторов. Параллельные автономные инверторы тока. Автономные инверторы напряжения на тиристорах. Резонансные автономные инверторы.

Тема 15. Автономные инверторы на тиристорах с двухступенчатой коммутацией

Автономные инверторы напряжения (АИН) на транзисторах и запираемых тиристорах. Однофазные транзисторные АИН. Трехфазный мостовой АИН. Расчет идеального трехфазного мостового АИН.

Тема 16. Регулирование величины и формы напряжения в АИН

Импульсная модуляция в АИН. Регулирование напряжения в трехфазных АИН. Формирование напряжений на выводах по отношению к средней точке источника питания. Формирование фазных напряжений с помощью пространственного вектора. Формирование фазных токов

Тема 17. Многоуровневые АИН. Характеристики АИН с ШИМ

Характеристики АИН с ШИМ. Регулировочные характеристики АИН с ШИМ. Внешние характеристики трехфазного мостового АИН. Энергетические характеристики трехфазного мостового АИН с ШИМ. Сравнение автономных инверторов. Элементы защиты вентильных преобразователей. Требования, предъявляемые к системам защиты полупроводниковых преобразователей. Элементы защиты по току. Элементы для ограничения перенапряжений.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Цель и задачи курса, его связь с другими дисциплинами. Классификация и структурные схемы выпрямителей	2	2
2	Однофазные выпрямители	2	
3	Многофазные нулевые схемы выпрямителей	2	
4	Трехфазная мостовая схема выпрямителя	2	
5	Режимы работы выпрямителей	2	
6	Непрерывный режим	2	2
7	Прерывистый и граничный режимы	2	
8	Энергетические показатели выпрямителей тока	2	
9	Качество выпрямленного напряжения	2	
10	Ведомые сетью инверторы	2	2
11	Рекуперрующие и реверсивные преобразователи	2	
12	Системы управления ведомых преобразователей	2	
13	Системы управления реверсивных преобразователей	2	
14	Автономные инверторы на тиристорах с одноступенчатой коммутацией	2	
15	Автономные инверторы на тиристорах с двухступенчатой коммутацией	2	
16	Регулирование величины и формы напряжения в АИН	2	2

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
17	Многоуровневые АИН. Характеристики АИН с ШИМ. Элементы защиты вентильных преобразователей	2	
Итого:		34	8

4.4. Практические (семинарские) занятия

Не предусмотрены рабочим учебным планом.

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Вводное занятие. Техника безопасности. Ознакомление с программным обеспечением EWB5.12 и Proteus.	2	
2	Исследование работы однофазного однополупериодного выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	2	2
3	Исследование работы однофазного нулевого выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	2	
4	Исследование работы однофазного мостового выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	2	
5	Исследование работы трехфазного нулевого выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	2	2
6	Исследование работы трехфазного мостового выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	2	
7	Исследование работы однофазного нулевого выпрямителя с фазовым управлением	2	
8	Исследование работы однофазного мостового выпрямителя с фазовым управлением	2	
9	Исследование работы трехфазного нулевого выпрямителя с фазовым управлением	2	
10	Исследование работы трехфазного мостового выпрямителя с фазовым управлением	2	2
11	Исследование работы однофазного инвертора напряжения, ведомого сетью	2	
12	Исследование работы трехфазного мостового инвертора напряжения, ведомого сетью	2	
13	Исследование работы трехфазного нулевого инвертора напряжения, ведомого сетью	2	2

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
14	Исследование работы автономного однофазного инвертора напряжения	2	
15	Исследование работы автономного трехфазного мостового инвертора напряжения	2	
16	Исследование работы автономного однофазного инвертора тока	2	
17	Исследование работы автономного трехфазного мостового инвертора тока	2	
Итого:		34	8

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Расчет однофазного однополупериодного выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	5
2	Расчет однофазного нулевого выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	5
3	Расчет однофазного мостового выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	5
4	Расчет трехфазного нулевого выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	5
5	Расчет трехфазного мостового выпрямителя, нагруженного активной, активно-индуктивной или активно-емкостной нагрузкой	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	6

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
6	Расчет однофазного нулевого выпрямителя с фазовым управлением	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	6
7	Расчет однофазного мостового выпрямителя с фазовым управлением	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	6
8	Расчет трехфазного нулевого выпрямителя с фазовым управлением	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	6
9	Расчет трехфазного мостового выпрямителя с фазовым управлением	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	6
10	Расчет однофазного инвертора напряжения, ведомого сетью	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	6
11	Расчет трехфазного мостового инвертора напряжения, ведомого сетью	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	6
12	Расчет трехфазного нулевого инвертора напряжения, ведомого сетью	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	6
13	Расчет автономного однофазного инвертора напряжения	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	4	3
14	Расчет автономного трехфазного мостового инвертора напряжения	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	6	3
15	Расчет автономного однофазного инвертора тока	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	6	7
116	Расчет автономного трехфазного мостового инвертора тока	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	6	7
17	Расчет автономного трехфазного мостового инвертора тока	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	6	7

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
Итого:			76	128

4.7. Курсовые работы/проекты.

Не предусмотрены рабочим учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов (электронные конспект лекций, методические указания к лабораторным работам, методические указания к самостоятельному изучению дисциплины, размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям. При проведении лекций используется видеопроектор.

Работа в команде: каждая лабораторная работа выполняется несколькими студентами совместно в бригадах по 4-5 чел. Для каждой бригады имеется свое задание, общее для студентов этой бригады. Кроме этого каждый студент получает свое индивидуальное задание к лабораторной работе, что позволяет мотивировать каждого студента на совместную работу в команде.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Розанов Ю.К., Силовая электроника : учебник для вузов / Розанов Ю.К. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01155-3 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011553.html> - Режим доступа : по подписке.

2. Родыгин А.В., Силовая электроника : учебное пособие / Родыгин А.В. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. - 72 с. - ISBN 978-5-7782-3289-1 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778232891.html> - Режим доступа : по подписке.

б) дополнительная литература:

1. Белоус А.И., Полупроводниковая силовая электроника / Белоус А.И., Ефименко С.А., Турцевич А.С. - М. : Техносфера, 2013. - 12 с. - ISBN 978-5-94836-367-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363677.html> - Режим доступа : по подписке.

2. Шогенов А.Х., Аналоговая, цифровая и силовая электроника : Учебник / Ю.Х. Шогенов, Д.С. Стребков, А.Х. Шогенов; Под ред. академика РАН Д.С. Стребкова - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-1784-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922117845.html> - Режим доступа : по подписке.

3. Хансиоахим Б., Схемотехника и применение мощных импульсных устройств / Хансиоахим Блум; пер. с англ. Рабодзея А.М - М. : ДМК Пресс, 2016. - 352 с. (Серия "Силовая электроника".) - ISBN 978-5-94120-191-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785941201914.html> - Режим доступа : по подписке.

4. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника: Учебник для вузов./Под редакцией. В.А. Лабунцова. - М.: Энергоатомиздат, 1988. 320с., ил.

5. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1982. 360с., ил.

в) методические рекомендации

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине: «Силовая электроника». Часть 1./ Сост. Д.В. Половинка. Луганск: Изд-во ВНУ им. В.И. Даля, 2013. – 44 с.

2. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине: «Силовая электроника». Часть 2./ Сост. Д.В. Половинка. Луганск: Изд-во ВНУ им. В.И. Даля, 2013. – 44 с.

3. Методические указания к самостоятельному изучению курса по дисциплине: «Силовая электроника» / Сост. Д.В. Половинка. Луганск: Изд-во ВНУ им. В.И. Даля, 2010. – 28 с.

г) Интернет-ресурсы:

1. Б.Ю. Семенов. Силовая электроника – от простого к сложному. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.: ил. (Серия библиотека инженера) – ISBN 5-98003-223-1 // [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://bookree.org/reader?file=621965&pg=1>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Силовая электроника» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций/слайдов, аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер).

Лабораторные работы: лаборатория микропроцессорной техники и промышленной электроники, оснащенная персональными компьютерами и лабораторными стендами по силовой электронике, плакаты со схемами лабораторных работ, шаблоны отчетов по лабораторным работам, и т.д.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет и лабораторными стендами по силовой электронике.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/
Программный симулятор электронных схем	Proteus 8 Professional	http://theproteus.ru/#Скачать_программу_Proteus_Professional

8. Оценочные средства по дисциплине

**Паспорт
оценочных средств по учебной дисциплине
«Силовая электроника в электроэнергетике»**

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций
на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
Начальный	ПК-3 Способен решать производственно-технологические задачи при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	Пороговый	знать: основные компоненты, используемые в силовой электронике; принципы работы основных электронных компонентов; электрические характеристики основных компонентов, используемых в силовой электронике; основные элементы цифровой электроники;
Основной		Базовый	уметь: составить простейшую типовую электрическую принципиальную схему с аналоговыми полупроводниковыми элементами; составить простейшую типовую электрическую принципиальную схему с элементами цифровой электроники; по заданной электрической принципиальной схеме собрать её в программном симуляторе для дальнейшей отладки;
Заключительный		Высокий	владеть: методами расчёта простейших электрических принципиальных схем с полупроводниковыми элементами и выбора аналоговых компонентов схемы; методами расчёта простейших электрических принципиальных схем с элементами цифровой электроники и выбора цифровых компонентов схемы; навыками моделирования в программном симуляторе работы электрической схемы с полупроводниковыми элементами, переходных процессов в ней; навыками снятия электрических характеристик полупроводниковых компонентов.

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в
результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения), очно/заочно
1	ПК-3	Способен решать производственные задачи при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	<p>ПК-3.1. Знать: режимы работы объектов профессиональной деятельности</p> <p>ПК-3.2. Уметь: рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности</p> <p>ПК-3.3 Владеть: навыками анализа режимов функционирования объектов профессиональной деятельности</p>	<p>Тема 1. Цель и задачи курса, его связь с другими дисциплинами.</p> <p>Тема 2. Однофазные выпрямители.</p> <p>Тема 3. Многофазные нулевые схемы выпрямителей</p> <p>Тема 4. Трехфазная мостовая схема выпрямителя</p> <p>Тема 5. Режимы работы выпрямителей.</p> <p>Тема 6. Непрерывный режим Влияние анодных индуктивностей на коммутацию тока.</p> <p>Тема 7. Прерывистый и граничный режимы</p> <p>Тема 8. Энергетические показатели выпрямителей тока</p> <p>Тема 9. Качество выпрямленного напряжения</p> <p>Тема 10. Ведомые сетью инверторы</p> <p>Тема 11. Рекуперирующие и реверсивные преобразователи</p> <p>Тема 12. Системы управления ведомых преобразователей</p> <p>Тема 13. Системы управления реверсивных преобразователей</p> <p>Тема 16. Регулирование величины и формы напряжения в АИН</p>	<p>4/5</p> <p>4/5</p> <p>4/5</p> <p>4/5</p> <p>4/5</p> <p>4/5</p> <p>4/5</p> <p>4/5</p> <p>4/5</p> <p>5/6</p> <p>5/6</p> <p>5/6</p> <p>5/6</p> <p>5/6</p>

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения), очно/заочно
				Тема 15. Автономные инверторы на тиристорах с двухступенчатой коммутацией	5/6
				Тема 16. Регулирование величины и формы напряжения в АИН	5/6
				Тема 17. Многоуровневые АИН. Характеристики АИН с ШИМ. Элементы защиты вентильных преобразователей	5/6

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-3 Способен решать производственно-технологические задачи при проектировании и эксплуатации объектов профессиональной деятельности	ПК-3.1. Знать: режимы работы объектов профессиональной деятельности	знать: основные компоненты, используемые в электронике; принципы работы основных электронных компонентов; электрические характеристики основных компонентов, используемых в электронике;	Тема 1. Цель и задачи курса, его связь с другими дисциплинами. Тема 2. Однофазные выпрямители. Тема 3. Многофазные нулевые схемы выпрямителей Тема 4. Трехфазная мостовая схема выпрямителя Тема 5. Режимы работы выпрямителей. Тема 6. Непрерывный режим Влияние анодных индуктивностей на коммутацию тока. Тема 7. Прерывистый и граничный режимы Тема 8. Энергетические показатели выпрямителей тока Тема 9. Качество выпрямленного напряжения Тема 10. Ведомые сетью инверторы Тема 11. Рекуперрующие и реверсивные преобразователи Тема 12. Системы управления ведомых преобразователей Тема 13. Системы управления реверсивных преобразователей Тема 16. Регулирование величины и формы напряжения в АИН Тема 15. Автономные инверторы на тиристорах с двухступенчатой коммутацией Тема 16. Регулирование величины и формы напряжения в АИН Тема 17. Многоуровневые АИН. Характеристики АИН с ШИМ. Элементы защиты вентильных преобразователей	тестовые задания к лабораторным работам
		ПК-3.2. Уметь: рассчитывать показатели функционирования объектов профессиональной деятельности	уметь: составить простейшую типовую электрическую принципиальную схему с аналоговыми полупроводниковыми элементами; составить простейшую типовую электрическую принципиальную схему с элементами цифровой электроники; по заданной электрической принципиальной схеме собрать её в программном симуляторе для дальнейшей отладки;		тестовые задания к лабораторным работам
		ПК-3.3 Владеть: навыками анализа режимов функционирования объектов профессиональной деятельности	владеть: методами расчёта простейших электрических принципиальных схем с полупроводниковыми элементами и выбора аналоговых компонентов схемы; методами расчёта простейших электрических принципиальных схем с элементами цифровой электроники и выбора цифровых компонентов схемы; навыками моделирования в программном симуляторе работы электрической схемы с полупроводниковыми элементами, переходных процессов в ней; навыками снятия электрических характеристик полупроводниковых компонентов.		тестовые задания к лабораторным работам

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Силовая электроника»

Тестовые задания к лабораторным работам по дисциплине «Силовая электроника» содержат вопросы порогового, базового и высокого уровня. Вопросы порогового уровня направлены на определение наличия теоретических знаний у студента по данной дисциплине. Вопросы базового уровня позволяют определить умения использовать полученные знания для построения электрических принципиальных схем и характеристик компонентов аналоговой и цифровой электроники. Вопросы высокого уровня диагностируют владение студентом методиками расчета электрических принципиальных схем и навыками моделирования работы схемы и переходных процессов в программном симуляторе.

1. Устройством силовой техники, преобразующим переменное напряжение одной частоты в переменное напряжение другой постоянной, является

- *преобразователь числа фаз
- *выпрямитель
- *трансформатор
- *преобразователь частоты

2. К недостаткам МОП-транзисторов относится

- *малое значение входной емкости
- *большое значение входной емкости
- *повышенное сопротивление в проводящем состоянии
- *очень низкое сопротивление в проводящем состоянии

3. Преобразователи, в которых передача аккумулированной энергии в нагрузку выполняется на этапе включения ключа (в импульсе), называются

- *обратноходовые
- *импульсно-ходовые
- *прямоходовые
- *интервально-ходовые

4. Преобразователи, в которых передача аккумулированной энергии в нагрузку выполняется на этапе выключения ключа (в паузе), называются

- *Обратноходовые
- *импульсно-ходовые
- *прямоходовые
- *интервально-ходовые

5. Силовой биполярный транзистор в точке отсечки находится в

- *открытом состоянии и характеризуется очень малым током
- *закрытом состоянии и характеризуется очень малым током
- *закрытом состоянии и характеризуется очень большим током
- *открытом состоянии и характеризуется очень большим током

6. К основным статическим параметрам полевых транзисторов с изолированным затвором не относятся

- *энергия потерь при выключении
- *максимально допустимое напряжение затвор-исток
- *выходная емкость
- *максимально допустимый ток стока

7. Нуль-орган не может быть выполнен на базе:

- *ключевых транзисторов, работающих под управлением синхроимпульсов
- *полупроводниковых диодов, работающих под управлением синхроимпульсов
- *трансформатора, который перемагничивается в момент перехода синхронизирующего напряжения через нуль
- *сравнивающего устройства в интегральном исполнении

8. Время восстановления обратного сопротивления для диодов общего назначения достигает:

- *от 25 до 100 мкс
- *от 1 до 5 мкс
- *от 25 до 100 нс
- *от 1 до 5 нс

9. Для мостовых схем используют защитные RCD-цепи, в которых резисторы подключаются

- *соответственно к верхней и нижней монтажным шинам схем
- *перекрестно к противоположным монтажным шинам
- *схемы последовательно с силовым ключом
- *параллельно силовому ключу

10. Для включения тиристора SCR необходимо

- *подать отрицательное напряжение между анодом и катодом
- *снизить анодный ток до минимальной величины
- *подать положительное напряжение между анодом и катодом
- *подать импульс управления на управляющий электрод

11. К основным статистическим параметрам силовых биполярных транзисторов относятся

- *время спада тока коллектора
- *максимально допустимый ток коллектора
- *ток обратного смещенного коллекторного перехода
- *время нарастания тока коллектора

12. Диоды общего назначения на основе р-п-перехода характеризуются

- *высокими значениями обратного напряжения и прямого тока

- *высокими значениями прямого напряжения и прямого тока
- *низкими значениями обратного напряжения и прямого тока
- *низкими значениями обратного напряжения и обратного тока

13. Основные преимущества IGBT по сравнению с полевыми транзисторами

- *высокое входное сопротивление
- *меньшее напряжение в открытом состоянии
- *высокие частотные характеристики
- *низкий ток коммутации

14. Перегрузки по напряжению от коммутационных процессов не связаны с эффектами

- *повреждение силового ключа
- *накопление зарядов в ключевых компонентах схемы
- *влияние паразитных элементов схемы и монтажа
- *рассасывание зарядов в ключевых компонентах схемы

15. Пульсность выпрямителя

- *обратно пропорциональна частоте пульсации
- *прямо пропорциональна частоте питающего напряжения
- *прямо пропорциональна частоте пульсации
- *обратно пропорциональна частоте питающего напряжения

16. Биполярный транзистор с изолированным затвором IGBT сочетает особенности

- *полевого транзистора с горизонтальным каналом
- *униполярного транзистора
- *полевого транзистора с вертикальным каналом
- *биполярного транзистора

17. Быстродействие IGBT транзистора

- *выше быстродействия полевых транзисторов
- *ниже быстродействия полевых транзисторов
- *выше быстродействия биполярных транзисторов
- *ниже быстродействия биполярных транзисторов

18. В асинхронной одноканальной системе управления 3-х фазным выпрямителем частота задающего генератора (ЗГ)

- *в шесть раз превышает частоты питающей сети
- *в три раза меньше частоты питающей сети
- *равна частоте питающей сети
- *в три раза превышает частоту питающей сети

19. В инверсном режиме работы силового биполярного транзистора р-п-р-типа переходы смещаются

- *коллектор-база - в обратном направлении
- *эмиттер-база - в прямом направлении
- *коллектор-база - в прямом направлении
- *эмиттер-база - в обратном направлении

20. Устройством силовой техники, преобразующим переменное напряжение в постоянное, является

- *преобразователь частоты
- *инвертор
- *выпрямитель
- *регулятор переменного значения

21. В МОП-транзисторе управляющее напряжение, регулирующее ширину проводящего канала, подается на

- *исток
- *подложку
- *затвор
- *сток

22. К основным преимуществам полевых транзисторов относятся:

- *высокий уровень собственных шумов
- *высокое входное сопротивление в схеме с общим истоком (ОИ)
- *отсутствие вторичного пробоя
- *низкая плотность размещения элементов при изготовлении интегральных схем

23. В силовых инверторах с GTO ключами и двигательной нагрузкой энергия, запасаемая в паразитных и ограничивающих анодных индуктивностях,

- *прямо пропорциональна величине паразитной индуктивности
- *прямо пропорциональна квадрату величины анодного тока
- *обратно пропорциональна величине паразитной индуктивности
- *обратно пропорциональна квадрату величины анодного тока

24. Принципы построения систем управления преобразовательными устройствами не зависят от

- *функционального назначения преобразовательных устройств
- *конструкции преобразовательного устройства
- *типа преобразовательных устройств
- *элементной базы электронных ключей

25. В силовых приборах на основе многослойных р-п-переходов с неполной управляемостью

- *включение осуществляется при спаде тока через прибор до нуля

- *выключение осуществляется сигналом управления
- *включение осуществляется сигналом управления
- *выключение – при спаде тока через прибор до нуля

26. К аппаратам низкого напряжения не относятся

- *аппараты управления и защиты
- *аппараты автоматического регулирования
- *шунтирующие реакторы
- *аппараты автоматики

27. В системе управления инвертором автономного типа с 2-х ступенчатой коммутацией частота на выходе задающего генератора (ЗГ)

- *в четыре раза меньшей выходной частоты инвертора
- *в два раза превышает выходную частоту инвертора
- *в четыре раза превышает выходную частоту инвертора
- *в два раза меньшей выходной частоты инвертора

28. В структуре биполярного транзистора крайний слой, принимающий заряды, называется

- *база
- *коллектор
- *подложка
- *эмиттер

29. При включении тиристора допустимая скорость нарастания анодного тока должна находиться в пределах

- *от 10 до 100 А/мкс
- *от 1 до 100 А/мкс
- *от 1 до 10 А/мкс
- *от 10 до 1000 А/мкс

30. В структурной схеме, реализующей вертикальный способ управления, содержится

- *фазосдвигающее устройство (ФСУ)
- *нуль-орган (НО)
- *генератор пилообразного напряжения (ГПН)
- *компаратор (К)

31. В схеме ФИУ комплементарные транзисторы используют в основном для

- *увеличения мощности, потребляемой ФИУ
- *повышения частотных характеристик ФИУ
- *снижения частотных характеристик ФИУ
- *снижения мощности, потребляемой ФИУ

32. Величина заряда обратного восстановления силового диода

- *прямо пропорциональна амплитуде входного сигнала
- *прямо пропорциональна частоте коммутации
- *обратно пропорциональна мощности потерь обратного восстановления
- *прямо пропорциональна энергии обратного восстановления

33. Входной ток оптронов в импульсном режиме составляет

- *порядка 0,1 А
- *порядка 0,5 А
- *порядка 0,3 А
- *порядка 0,2 А

34. К аппаратам высокого напряжения, предназначенным для компенсации реактивной мощности, относятся

- *разъединители и отделители
- *ограничители перенапряжений
- *шунтирующие реакторы
- *разделительные трансформаторы

35. Входной ток оптронов в статическом режиме составляет

- *от 10 до 20 А
- *от 20 до 40 мА
- *от 10 до 20 мА
- *от 20 до 40 А

36. Для ограничения напряжения на затворе полевого транзистора параллельно выходному узлу драйвера включают

- *шунтирующий высокочастотный конденсатор небольшой емкости
- *быстродействующий диод
- *низкочастотный диод
- *шунтирующий низкочастотный конденсатор большой емкости

37. Для систем питания двигателей постоянного тока от сети переменного тока эффективно используют

- *симисторы (триаки)
- *однооперационные тиристоры
- *МОП-транзисторы
- *биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT)

38. Достоинства БСИТ по сравнению с СИТ

- *напряжение отсечки равно нулю
- *напряжение отсечки имеет отрицательное значение

*при отсутствии напряжения на затворе БСИТ находится в закрытом состоянии

*при отсутствии напряжения на затворе БСИТ находится в открытом состоянии

39. Если при работе запираемых тиристоров скорость нарастания тока di/dt превышает предельно установленный уровень, то

*улучшаются частотные и динамические свойства прибора

*снижается мощность потерь

*ухудшаются частотные и динамические свойства прибора

*возрастает мощность потерь

40. Идеальный диод переходит в замкнутое состояние, если

*напряжение на аноде меньше, чем напряжение на катоде

*напряжение на аноде равно напряжению на катоде

*напряжение на аноде больше, чем напряжение на катоде

*напряжения на аноде и катоде отсутствуют

41. Какие полевые транзисторы не входят в общую группу по принципу действия

*транзисторы с изолированным затвором (ПТИЗ)

*транзисторы с управляющим p-n-переходом (p-n-затвором) (ПТУП)

*МОП - транзисторы (металл -окисел-полупроводник)

*МДП - транзисторы (металл -диэлектрик-полупроводник)

42. К недостаткам оптронной развязки в ФИУ не относится

*низкий коэффициент передачи тока

*температурная нестабильность параметров

*большая задержка передачи сигналов

*потенциальная развязки информационного сигнала

43. К новым типам комбинированных транзисторов относятся

*транзисторы со статической индукцией

*биполярные транзисторы с изолированным затвором

*симистор

*полевой тиристор МСТ

44. В мостовых схемах, построенных на быстрых МДП - транзисторах, могут возникнуть следующие отказы

*открытие нижнего транзистора за счет заряда входной емкости выше порогового уровня

*открытие паразитного биполярного транзистора при выключении внутреннего обратного диода *закрытие нижнего транзистора за счет заряда входной емкости выше порогового уровня

*закрытие паразитного биполярного транзистора при выключении внутреннего обратного диода

45. К основным достоинствам одноконтных схем импульсных преобразователей относятся

*симметричный режим работы трансформатора

*малое количество силовых ключей

*простота реализации схем управления

*интеллектуальная система управления

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Тестовые задания к лабораторным работам»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов)
хорошо (4)	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов)
удовлетворительно (3)	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов)
неудовлетворительно (2)	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов)

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Теоретические вопросы

1. Однофазный мостовой управляемый выпрямитель. Принцип работы на R-L-нагрузку, временные диаграммы. Вывод основных расчетных соотношений и уравнений регулировочных характеристик для R и RL - нагрузки. Влияние типа фильтра на вид внешней характеристики.

2. Трехфазный неуправляемый выпрямитель с нулевым выводом. Принцип работы на R-L-нагрузку (с учетом коммутационных процессов), временные диаграммы, вывод основных расчетных соотношений.

3. Трехфазный управляемый выпрямитель с нулевым выводом. Принцип работы на R-L-нагрузку (с учетом коммутационных процессов), временные диаграммы. Вывод основных расчетных соотношений и уравнений регулировочных характеристик для R и R-L-нагрузки.

4. Трехфазный неуправляемый мостовой выпрямитель. Принцип работы на R-L-нагрузку (с учетом коммутационных процессов), временные диаграммы, вывод основных расчетных соотношений.

5. Трехфазный неуправляемый мостовой выпрямитель. Принцип работы на R-L-нагрузку (с учетом коммутационных процессов), временные диаграммы, вывод основных расчетных соотношений.

6. Схема, принцип работы полупроводяемого выпрямителя по мостовой схеме. Вывод уравнений регулировочной характеристики.

7. Особенности работы управляемого тиристорного преобразователя по мостовой схеме.

8. Поток вынужденного подмагничивания в выпрямительных установках и метод его исключения.

9. Шестифазная схема выпрямления с выводом нулевой точки обмотки трансформатора. Принцип работы, временные диаграммы, вывод основных расчетных соотношений.

10. Выходные (внешние) характеристики мощных выпрямителей. Индуктивность рассеяния трансформатора.

11. Вывод уравнений регулировочных характеристик m -фазного управляемого выпрямителя

12. Классификация инверторов. Ведомые сетью (зависимые) инверторы. Принципы перехода от выпрямительного режима к инверторному режиму

13. Однофазный ведомый сетью инвертор с нулевым выводом. Принцип работы на машину постоянного тока, временные диаграммы, анализ коммутационных процессов, обобщенная регулировочная и входная характеристика.

14. Трехфазный мостовой зависимый инвертор. Вывод уравнения регулировочной характеристики

15. Трехфазный мостовой зависимый инвертор. Вывод уравнений входных хар-к и ограничительной хар-ки.

16. Построение совмещенных внешних и регулировочной характеристики для выпрямительного и инверторного режима работы управляемого выпрямителя.

17. Влияние коммутационных процессов на работу вентильного преобразователя

18. Расчет величины угла коммутации.

19. Причина возникновения уравнивающего тока в тиристорном преоб-ле ЭП постоянного тока и пути его снижения

20. Процессы в системе РТП (реверсивный тиристорный преобразователь) – МПТ с совместным согласованным управлением ТГ.

21. Процессы в системе РТП (реверсивный тиристорный преоб-ль) – МПТ с отдельным управлением ТГ.

22. Анализ работы системы РТП – МПТ в инверторном режиме. Вывод ограничительной характеристики

23. Режимы работы системы реверсивный тиристорный преобразователь энергии - машина постоянного тока (РТП-МПТ). Обобщенные внешние характеристики.

24. Основные схемы соединения тиристорных групп (ТГ) в РТП. Способы управления ТГ.

25. Механизм возникновения прерывистых токов в вентильном преобразователе при работе на источник ЭДС.

26. Принцип действия, основные статические характеристики и параметры IGBT-транзисторов.

27. Режимы работы преобразователей электроэнергии в зависимости от диапазона изменения угла φ

28. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ) РТП. Классификация систем управления, принцип работы и структура СИФУ вертикального типа.

29. Схемотехника генераторов опорного напряжения при линейном и нелинейном характере его изменении.

30. Принципы формирования управляющих импульсов по длительности и мощности. Диаграмма управления тиристором

31. Схемотехника транзисторных и тиристорных блоков усиления и формирования импульсов в СИФУ.

32. Автономные инверторы. Классификация, принципы реализации схем и их работы, особенности, области применения

33. Однофазный автономный инвертор напряжения на IGBT- ключах. Реализация, принцип работы, временные диаграммы.

34. Принципы реализации схем, способы формирования и регулирования выходного напряжения в однофазных автономных инверторах напряжения (АИН) на IGBT- ключах.

35. Трехфазный автономный инвертор напряжения на IGBT- ключах. Реализация, принцип работы, временные диаграммы, способы регулирования выходных параметров.

36. Принцип регулирования выходного напряжения АИН на IGBT- ключах по цепи источника питания и по цепи нагрузки

37. Принцип регулирования выходного напряжения АИН на IGBT- ключах внутренними средствами: ШИМ - регулирование.

38. Принцип регулирования выходного напряжения АИН на IGBT- ключах внутренними средствами: метод геометрического суммирования.

39. Гармонический состав и расчетные коэффициенты выходного напряжения преобразователей в зависимости от числа фаз m .

40. Улучшение гармонического состава кривой выходного напряжения АИН методом амплитудной модуляции с использованием p -источников ЭДС.

41. Анализ гармонического состава кривой выходного напряжения АИН.

42. Особенности работы Г-образного LC-фильтра в схеме АИН.

43. Улучшение гармонического состава кривой выходного напряжения АИН методом амплитудной модуляции с использованием многосекционного трансформатора

44. Улучшение гармонического состава кривой выходного напряжения АИН методом суммированием напряжений разных частот.

45. Улучшение гармонического состава кривой выходного напряжения АИН методом ШИМ.

46. Улучшение гармонического состава кривой выходного напряжения АИН методом выборки гармоник.

47. Улучшение гармонического состава кривой выходного напряжения АИН методом геометрического суммирования напряжений.

48. Принцип реализации двухполярной ШИМ в трехфазном автономном инверторе напряжения на IGBT- ключах. Регулирование выходного напряжения

49. Принцип реализации однополярной ШИМ в трехфазном автономном инверторе напряжения на IGBT- ключах. Способы регулирования выходного напряжения АИН.

50. Однофазный автономный параллельный инвертор тока. Принцип работы, временные диаграммы. Построение векторной диаграммы на основе схемы замещения инвертора. Частотная $U_N=f(f_K)$, нагрузочная $U_N=f(I_N)$ и токовая $I_{BX}=f(I_N)$ характеристики автономного параллельного инвертора тока.

51. Трехфазный параллельный автономный инвертор тока. Реализация, принцип работы, временные диаграммы, характеристики.

52. Регулирование выходного напряжения АИТ.

53. Автономные инверторы резонансные. Варианты реализации, функционирование, характеристики.

54. Автономный резонансный инвертор без обратных диодов, схема, функционирование, характеристики.

55. Автономные резонансные инверторы с обратными диодами.

56. Импульсные преобразователи постоянного напряжения (ИППН). Принцип построения и способ регулирования напряжения ИППН понижающего типа.

57. Импульсные преобразователи постоянного напряжения. Принцип построения и способ регулирования напряжения ИППН повышающего типа.

58. Импульсные преобразователи постоянного напряжения. Принцип построения и способ регулирования напряжения ИППН инвертирующего типа.

59. Тиристорные преобразователи переменного напряжения (ППН). Схемотехника ППН и методы регулирования напряжения. Фазовый метод регулирования напряжения. Регулировочные характеристики, способы повышения коэффициента мощности.

60. Тиристорные преобразователи переменного напряжения (ППН). Схемотехника ППН и методы регулирования напряжения. Ступенчатый и фазоступенчатый метод регулирования напряжения.

61. Реализация и принципы функционирования корректора коэффициента мощности в выпрямительной установке (первый способ формирования тока).

62. Реализация и принципы функционирования корректора коэффициента мощности в выпрямительной установке (второй способ формирования тока).

63. Коэффициент мощности преобразовательных установок: неуправляемого и управляемого выпрямителя. Зависимость коэффициента мощности и коэффициента искажения от угла управления α .

64. Коммутация тиристоров в цепях постоянного тока. Схемотехника и принцип работы УПК параллельного и последовательного типа.

65. Преобразователи частоты с непосредственной связью (ПЧНС). Принцип работы и временные диаграммы на примере однофазных и трехфазных схем ПЧНС.

66. Непосредственное преобразование частоты с переменным углом управления тиристорами.

67. Трехфазный преобразователь частоты с непосредственной связью, принцип работы, временные диаграммы.

68. Структура преобразователя частоты со звеном постоянного тока. Схемотехника и принцип работы трехфазного ПЧЗПТ.

69. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока. Схемотехника и принцип работы ПЧЗПТ с двухступенчатой коммутацией

70. Преобразователи частоты с непосредственной связью (ПЧНС). Реализация выпрямительного и инверторного режима работы в ПЧНС.

Практические задания

1. Для управляемого однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой; $U_d=110$ В, $I_d=80$ А, $\alpha=60^\circ$, подключенного к сети переменного тока с напряжением 380/220 В и работающего на активную нагрузку определить среднее значение тока, протекающего через вентиль.
2. Для управляемого однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой; $U_d=110$ В, $I_d=80$ А, $\alpha=60^\circ$, подключенного к сети переменного тока с

напряжением 380/220 В и работающего на активную нагрузку определить максимальное значение обратного напряжения.

3. Для управляемого однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой; $U_d=110$ В, $I_d=80$ А, $\alpha=600$, подключенного к сети переменного тока с напряжением 380/220 В и работающего на активную нагрузку определить действующее значение вторичного фазного напряжения.
4. Для управляемого однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой; $U_d=110$ В, $I_d=80$ А, $\alpha=600$, подключенного к сети переменного тока с напряжением 380/220 В и работающего на активную нагрузку определить номинальное вторичное напряжение трансформатора.
5. Для управляемого однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой; $U_d=110$ В, $I_d=80$ А, $\alpha=600$, подключенного к сети переменного тока с напряжением 380/220 В и работающего на активную нагрузку определить действующие значения первичного и вторичного токов.
6. Для управляемого однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой; $U_d=110$ В, $I_d=80$ А, $\alpha=600$, подключенного к сети переменного тока с напряжением 380/220 В и работающего на активную нагрузку определить типовую мощность трансформатора.
7. Для управляемого однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой; $U_d=110$ В, $I_d=80$ А, $\alpha=600$, подключенного к сети переменного тока с напряжением 380/220 В и работающего на активную нагрузку построить регулировочную характеристику выпрямителя и определить предельные значения угла регулирования при изменении напряжения на нагрузке в диапазоне $(1 \dots 0,1)U_d$.
8. Для импульсного нереверсивного преобразователя постоянного напряжения на транзисторах ($U_d=115$ В, $f=200$ Гц, $I_H=20$ А, $R_H=0,5$ Ом, $\Delta I/I_H=0,1$), работающего на якорь электродвигателя, начертить временные диаграммы токов и напряжений во всех элементах схемы при произвольном значении коэффициента заполнения импульсов.
9. Для импульсного нереверсивного преобразователя постоянного напряжения на транзисторах ($U_d=115$ В, $f=200$ Гц, $I_H=20$ А, $R_H=0,5$ Ом, $\Delta I/I_H=0,1$), работающего на якорь электродвигателя, выбрать и начертить схему преобразователя, обладающего возможностью работать в режиме рекуперации.
10. Для импульсного нереверсивного преобразователя постоянного напряжения на транзисторах ($U_d=115$ В, $f=200$ Гц, $I_H=20$ А, $R_H=0,5$ Ом, $\Delta I/I_H=0,1$), работающего на якорь электродвигателя, указать расчетные режимы работы преобразователя для выбора полупроводниковых приборов по току и напряжению.

11. Для импульсного нереверсивного преобразователя постоянного напряжения на транзисторах ($U_d=115$ В, $f=200$ Гц, $I_H=20$ А, $R_H=0,5$ Ом, $\Delta I/I_H=0,1$), работающего на якорь электродвигателя, определить средние значения токов и амплитуду напряжений приборов в расчетных режимах (под расчетными понимаются режимы с максимальными значениями исследуемых величин).
12. Для импульсного нереверсивного преобразователя постоянного напряжения на транзисторах ($U_d=115$ В, $f=200$ Гц, $I_H=20$ А, $R_H=0,5$ Ом, $\Delta I/I_H=0,1$), работающего на якорь электродвигателя, для ограничения пульсаций тока нагрузки до заданного значения ($\Delta I/I_H$) определить необходимую величину индуктивности цепи нагрузки.
13. Для однофазного мостового автономного инвертора напряжения (АИН) на транзисторах ($R_H=15$ Ом, $L_H=15$ мГн, $f_H=100$ Гц, $U_d=110$ В, $\alpha=800$), работающего на активно-индуктивную нагрузку
14. Для однофазного мостового автономного инвертора напряжения (АИН) на транзисторах ($R_H=15$ Ом, $L_H=15$ мГн, $f_H=100$ Гц, $U_d=110$ В, $\alpha=800$), работающего на активно-индуктивную нагрузку начертить электрическую схему указанного инвертора.
15. Для однофазного мостового автономного инвертора напряжения (АИН) на транзисторах ($R_H=15$ Ом, $L_H=15$ мГн, $f_H=100$ Гц, $U_d=110$ В, $\alpha=800$), работающего на активно-индуктивную нагрузку построить временные диаграммы напряжений источника и нагрузки, токов источника, нагрузки, транзисторов и обратных диодов.
16. Для однофазного мостового автономного инвертора напряжения (АИН) на транзисторах ($R_H=15$ Ом, $L_H=15$ мГн, $f_H=100$ Гц, $U_d=110$ В, $\alpha=800$), работающего на активно-индуктивную нагрузку определить действующие значения напряжения и тока нагрузки.
17. Для однофазного мостового автономного инвертора напряжения (АИН) на транзисторах ($R_H=15$ Ом, $L_H=15$ мГн, $f_H=100$ Гц, $U_d=110$ В, $\alpha=800$), работающего на активно-индуктивную нагрузку определить средние значения токов транзисторов, обратных диодов, источника питания.
18. Для однофазного мостового автономного инвертора напряжения (АИН) на транзисторах ($R_H=15$ Ом, $L_H=15$ мГн, $f_H=100$ Гц, $U_d=110$ В, $\alpha=800$), работающего на активно-индуктивную нагрузку определить коэффициент мощности нагрузки.
19. Для однофазного мостового автономного инвертора напряжения (АИН) на транзисторах ($R_H=15$ Ом, $L_H=15$ мГн, $f_H=100$ Гц, $U_d=110$ В, $\alpha=800$), работающего на активно-индуктивную нагрузку определить требуемую величину емкости конденсатора фильтра.

20. Для трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на транзисторах ($R_H=80 \text{ Ом}$, $L_H=30 \text{ мГн}$, $f_H=300 \text{ Гц}$, $U_d=220 \text{ В}$, $K=4$), начертить диаграмму переключения транзисторов с углом проводимости 180 эл. град .
21. Для трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на транзисторах ($R_H=80 \text{ Ом}$, $L_H=30 \text{ мГн}$, $f_H=300 \text{ Гц}$, $U_d=220 \text{ В}$, $K=4$), начертить временные диаграммы напряжения на нагрузке при включении ее по схемам «звезда» и «треугольник».
22. Для трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на транзисторах ($R_H=80 \text{ Ом}$, $L_H=30 \text{ мГн}$, $f_H=300 \text{ Гц}$, $U_d=220 \text{ В}$, $K=4$), определить действующие значения фазного и линейного напряжений, токи нагрузки, среднее значение тока источника питания, коэффициент мощности нагрузки, необходимую емкость конденсатора.
23. Для трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на транзисторах ($R_H=80 \text{ Ом}$, $L_H=30 \text{ мГн}$, $f_H=300 \text{ Гц}$, $U_d=220 \text{ В}$, $K=4$), сформировать алгоритм переключения транзисторов и начертить кривые линейных напряжений при широтно-импульсном регулировании и числе импульсов на периоде $K_{ин}$.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль («экзамен»)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)