

**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)
« 26 » 2024 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Полупроводниковые ключи в силовых схемах»

По направлению подготовки: 11.04.04 Электроника и наноэлектроника

Магистерская программа «Промышленная электроника
и микропроцессорная техника»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника (магистерская программа «Промышленная электроника и микропроцессорная техника») – 22 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» разработана в соответствии Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 959 (с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами Министерства образования и науки Российской Федерации № 1456 от 26.11.2020 г., № 82 от 08.02.2021 г.).

СОСТАВИТЕЛЬ:

к.ф.-м.н., доцент Василенко Н. А.

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

1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» является ознакомление с областью науки и техники, ориентированной на создание и разработку систем силовой электроники. Целью изучения в практическом плане является применение полученных знаний при расчете, проектировании, исследовании и эксплуатации устройств силовой электроники с использованием новой элементной базы — силовых полупроводниковых ключей (СППК).

Основной задачей дисциплины «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» является овладение методами расчета преобразователей для выбора СППК при использовании их в современных ключевых схемах, принципами и технологиями применения СППК.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание методов решения научных задач прикладного характера;

умения использовать системный подход при интерпретации результатов экспериментальных научных исследований;

навыки обработки информации из различных источников, в том числе с использованием современных информационных технологий.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» являются «Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники».

Дисциплина «Полупроводниковые ключи в силовых схемах» является основой для изучения следующих дисциплин: «Динамика управляемых преобразовательных установок», «Магнитные элементы электронных устройств», «Моделирование электронных устройств и систем», «Конструирование электронной аппаратуры», приобретенные знания и умения используются при прохождении производственных практик, для выполнения и защиты ВКР.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-2. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.	ПК-2.1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований ПК-2.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования ПК-2.3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	Знать: основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей; источники стандартов в областях электробезопасности и коммуникационных протоколов; современные базовые технологии прямого цифрового управления; основные факты влияния качества электроэнергии на потери в электрических сетях; Уметь: анализировать качество электроэнергии по результатам измерений; оценивать

		фактический и допустимый вклад потребителей в показатели качества электроэнергии; оценивать потери электроэнергии от ухудшения качества электроэнергии; оценивать влияние качества электроэнергии на характеристики электрооборудования; делать обоснованный выбор мероприятий по улучшению качества электроэнергии; Владеть: навыками расчета показателей качества электроэнергии и характеристик электрооборудования с учетом качества электроэнергии; навыками оценки фактического и допустимого вклада потребителя в показатели качества электроэнергии; навыками обоснования и выбора мероприятий по улучшению качества электроэнергии.
ПК-3. Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	ПК-3.1. Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований ПК-3.2. Умеет подготавливать научные публикации на основе результатов исследований. ПК-3.3. Владеет навыками подготовки заявок на изобретения	Знать: основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей; источники стандартов в областях электробезопасности и коммуникационных протоколов; современные базовые технологии прямого цифрового управления; Уметь: проводить экспериментальные и теоретические исследования, подготавливать научные публикации на основе эмпирических исследований; Владеть: информацией о тенденциях и перспективах развития современных и инструментальных средств для решения практических и общенаучных задач в области силовой электроники; навыками подготовки заявок на изобретения и полезную модель.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма (2 семестр)	Заочная форма (3 семестр)
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная контактная работа (всего)	56	16
в том числе:		
Лекции	28	8
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	14	4
Лабораторные работы	14	4
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	88	128
Форма аттестации	зачет	зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Полупроводниковые структуры силовых ключей и основы их коммутации.

Эволюция развития силовых полупроводниковых ключей. Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.

Тема 2. Основные характеристики и параметры СППК. Схемы и элементная база систем управления СППК.

Характеристики и параметры силовых ключей. Выбор ключевого элемента схемы. Основные группы справочных данных по силовым ключам. Характеристики ключей и режим работы схемы. Тепловые характеристики полупроводниковых ключей

Тема 3. Методы и схемы защиты СППК.

Основные виды перегрузок по напряжению и току. Методы защиты от помех. Защитные цепи силовых ключей. Защита силовых ключей от режимов короткого замыкания. Силовые ключи с интегрированной системой защиты

Тема 4. Применение СППК в устройствах преобразовательной техники и энергетической электроники.

Основные области применения ключевых приборов. Типовые схемы транзисторных ключей. Тиристорные ключи. Применение ключевых транзисторов в схемах электронных балластов. Применение мощных МДП-транзисторов в импульсных источниках питания.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Эволюция развития силовых полупроводниковых ключей.	2	1
2.	Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.	2	1
3.	Характеристики и параметры силовых ключей.	2	1
4.	Выбор ключевого элемента схемы.	2	
5.	Основные группы справочных данных по силовым	2	

	ключам.		
6.	Характеристики ключей и режим работы схемы Тепловые характеристики полупроводниковых ключей.	2	1
7.	Основные виды перегрузок по напряжению и току. Методы защиты от помех.	2	
8.	Защитные цепи силовых ключей.	2	1
9.	Защита силовых ключей от режимов короткого замыкания.	2	
10.	Силовые ключи с интегрированной системой защиты	2	1
11.	Основные области применения ключевых приборов.	2	
12.	Типовые схемы транзисторных ключей. Тиристорные ключи.	2	1
13.	Применение ключевых транзисторов в схемах электронных балластов.	2	
14.	Применение мощных МДП-транзисторов импульсных источниках питания.	2	1
Итого:		28	8

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Эволюция развития силовых полупроводниковых ключей.	1	1
2.	Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.	1	
3.	Характеристики и параметры силовых ключей.	1	1
4.	Выбор ключевого элемента схемы.	1	
5.	Основные группы справочных данных по силовым ключам.	1	
6.	Характеристики ключей и режим работы схемы Тепловые характеристики полупроводниковых ключей.	1	1
7.	Основные виды перегрузок по напряжению и току. Методы защиты от помех.	1	
8.	Защитные цепи силовых ключей.	1	
9.	Защита силовых ключей от режимов короткого замыкания.	1	
10.	Силовые ключи с интегрированной системой защиты	1	1
11.	Основные области применения ключевых приборов.	1	
12.	Типовые схемы транзисторных ключей. Тиристорные ключи.	1	
13.	Применение ключевых транзисторов в схемах электронных балластов.	1	
14.	Применение мощных МДП-транзисторов импульсных источниках питания.	1	
Итого:		14	4

4.5 Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Эволюция развития силовых полупроводниковых ключей.	1	1
2.	Базовые структуры силовых полупроводниковых ключей.	1	
3.	Характеристики и параметры силовых ключей.	1	1
4.	Выбор ключевого элемента схемы.	1	
5.	Основные группы справочных данных по силовым ключам.	1	
6.	Характеристики ключей и режим работы схемы Тепловые характеристики полупроводниковых ключей.	1	1
7.	Основные виды перегрузок по напряжению и току. Методы защиты от помех.	1	
8.	Защитные цепи силовых ключей.	1	
9.	Защита силовых ключей от режимов короткого замыкания.	1	
10.	Силовые ключи с интегрированной системой защиты	1	1
11.	Основные области применения ключевых приборов.	1	
12.	Типовые схемы транзисторных ключей. Тиристорные ключи.	1	
13.	Применение ключевых транзисторов в схемах электронных балластов.	1	
14.	Применение мощных МДП-транзисторов импульсных источниках питания.	1	
Итого:		14	4

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Форма/вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Тема 1. Полупроводниковые структуры силовых ключей и основы их коммутации.	Подготовка к письменному теоретическому отчету, подготовка к выполнению практических и лабораторных работ	21	31
2.	Тема 2. Основные характеристики и параметры СППК. Схемы и элементная база систем управления СППК.	Подготовка к письменному теоретическому отчету, подготовка к выполнению практических и лабораторных работ	21	31
3.	Тема 3. Методы и	Подготовка к	21	31

	схемы защиты СППК.	письменному теоретическому отчету, подготовка к выполнению практических и лабораторных работ		
4.	Тема 4. Применение СППК в устройствах преобразовательной техники и энергетической электроники	Подготовка к письменному теоретическому отчету, подготовка к выполнению практических и лабораторных работ	21	31
5.	Зачет	Подготовка к зачету	4	4
Итого:			88	128

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине

Не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий: -дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины; -стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Лабораторные работы. Цели лабораторных занятий: -углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой; Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Практические занятия. Цели практических занятий: -совершенствовать умения и навыки решения практических задач. Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов). Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Мелешин, В.И. Транзисторная преобразовательная техника : монография / В.И. Мелешин. – Москва : Техносфера, 2005. – 628 с. : ил. – (Мир электроники). – ISBN 5-94836-051-2 ; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273791>.

2. Денисенко, Д.Ю. Основы силовой преобразовательной техники : учебное пособие / Д.Ю. Денисенко, Ю.И. Иванов, В.И. Финаев ; Министерство образования и науки РФ, Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2016. – Ч. 2. – 150 с. : схем., табл., ил. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-1975-0 ; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493025>.

3. Электропреобразовательные устройства РЭС: Учебник / Г.Н. Арсеньев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 544 с.: ил.; 60х90 1/16. – (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0577-7, 300 экз <http://znanium.com/bookread2.php?book=430326>

б) Дополнительная литература

1. Электроника и преобразовательная техника: Учебник для специалистов: В 2 томах Том 1: Электроника / Бурков А.Т. – М. : УМЦ ЖДТ, 2015. – 480 с.: 60х84 <http://znanium.com/bookread2.php?book=528086>

2. Электротехника и электроника в электромеханических системах горного производства [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б. С. Заварыкин, О. А. Кручек, Т. А. Сайгина, И. А. Герасимов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 304 с. – ISBN 978-5-7638-2971-6 <http://znanium.com/catalog/product/505897>

в) Интернет-ресурсы:

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф>
2. Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации – <http://www.mnr.gov.ru>
3. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru>
4. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
5. Министерство природных ресурсов и экологической безопасности ЛНР – <https://www.mprlnr.su>
6. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
7. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
8. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru>
9. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru>
10. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru>

Электронные библиотечные системы и ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
2. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU» – <http://elibrary.ru>
4. ЭБС Издательства «ЛАНЬ» – <https://e.lanbook.com>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

1. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Лекционные занятия: аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и демонстрационным оборудованием.

Практические занятия: стандартная аудитория, оборудованная доской; компьютерный класс Северодонецкого технологического института (филиал), оснащенный мультимедийным проектором, интерактивной доской, сетевой инфраструктурой и организованным доступом в Интернет, пакеты ПО MS Word, MS Excel, MS Access., MS PowerPoint.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
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/

**8. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине**

**Паспорт
оценочных средств по учебной дисциплине
«Полупроводниковые ключи в силовых схемах»**

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-2. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.	Пороговый	знать: основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей; источники стандартов в областях электробезопасности и коммуникационных протоколов; современные базовые технологии прямого цифрового управления; основные факты влияния качества электроэнергии на потери в электрических сетях;
Основной		Базовый	уметь: анализировать качество электроэнергии по результатам измерений; оценивать фактический и допустимый вклад потребителей в показатели качества электроэнергии; оценивать потери электроэнергии от ухудшения качества электроэнергии; оценивать влияние качества электроэнергии на характеристики электрооборудования; делать обоснованный выбор мероприятий по улучшению качества электроэнергии;
Заключительный		Высокий	владеть: навыками расчета показателей качества электроэнергии и характеристик электрооборудования с учетом качества электроэнергии; навыками оценки фактического и допустимого вклада потребителей в показатели качества электроэнергии; навыками обоснования и выбора мероприятий по улучшению качества электроэнергии.
Начальный	ПК-3. Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных	Пороговый	знать: основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей; источники стандартов в областях электробезопасности и коммуникационных протоколов; современные базовые технологии прямого цифрового управления;

Основной	исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	Базовый	уметь: проводить экспериментальные и теоретические исследования, подготавливать научные публикации на основе эмпирических исследований;
Заключительный		Высокий	владеть: информацией о тенденциях и перспективах развития современных и инструментальных средств для решения практических и общенаучных задач в области силовой электроники; навыками подготовки заявок на изобретения и полезную модель.

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

№ п/п	Код компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по дисциплине)	Темы учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-2	Способен организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.	ПК-2.1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований ПК-2.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования ПК-2.3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	Тема 1. Полупроводниковые структуры силовых ключей и основы их коммутации.	2
				Тема 2. Основные характеристики и параметры СППК. Схемы и элементная база систем управления СППК.	2
				Тема 3. Методы и схемы защиты СППК.	2
				Тема 4. Применение СППК в устройствах преобразовательной техники и энергетической электроники	2

2	ПК-3.	Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	ПК-3.1 Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований	Тема 1. Полупроводниковые структуры силовых ключей и основы их коммутации.	2
			ПК-3.2 Умеет подготавливать научные публикации на основе результатов исследований.	Тема 2. Основные характеристики и параметры СППК. Схемы и элементная база систем управления СППК.	2
			ПК-3.3 Владеет навыками подготовки заявок на изобретения	Тема 3. Методы и схемы защиты СППК.	2
				Тема 4. Применение СППК в устройствах преобразовательной техники и энергетической электроники	2

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижений компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-2.	ПК-2.1. Знает способы организации и проведения экспериментальных исследований ПК-2.2. Умеет самостоятельно проводить экспериментальные исследования ПК-2.3. Владеет навыками проведения исследования с применением современных средств и методов	Знать: основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей; источники стандартов в областях электробезопасности и коммуникационных протоколов; современные базовые технологии прямого цифрового управления; основные факты влияния качества электроэнергии на	Тема 1. Полупроводниковые структуры силовых ключей и основы их коммутации. Тема 2. Основные характеристики и параметры СППК. Схемы и элементная база систем управления СППК. Тема 3. Методы и схемы защиты СППК. Тема 4. Применение СППК в устройствах преобразовательных	Письменный теоретический отчет, выполнение заданий на практических и лабораторных занятиях

			потери в электрических сетях; Уметь: анализировать качество электроэнергии по результатам измерений; оценивать фактический и допустимый вклад потребителей в показатели качества электроэнергии; оценивать потери электроэнергии от ухудшения качества электроэнергии; оценивать влияние качества электроэнергии на характеристики электрооборудования; делать обоснованный выбор мероприятий по улучшению качества электроэнергии; Владеть: навыками расчета показателей качества электроэнергии и характеристик электрооборудования с учетом качества электроэнергии; навыками оценки фактического и допустимого вклада потребителей в показатели качества электроэнергии; навыками обоснования и выбора мероприятий по улучшению качества электроэнергии.	ой техники и энергетической электроники	
--	--	--	---	--	--

2	ПК-3.	ПК-3.1 Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований ПК-3.2 Умеет подготавливать научные публикации на основе результатов исследований. ПК-3.3 Владеет навыками подготовки заявок на изобретения	Знает: основные факты, базовые концепции, принципы, модели и методы в области силовых цепей; источники стандартов в областях электробезопасности и коммуникационных протоколов; современные базовые технологии прямого цифрового управления; Умеет: проводить экспериментальные и теоретические исследования, подготавливать научные публикации на основе эмпирических исследований; Владеет: информацией о тенденциях и перспективах развития современных и инструментальных средств для решения практических и общенаучных задач в области силовой электроники; навыками подготовки заявок на изобретения и полезную модель.	Тема 1. Полупроводниковые структуры силовых ключей и основы их коммутации. Тема 2. Основные характеристики и параметры СППК. Схемы и элементная база систем управления СППК. Тема 3. Методы и схемы защиты СППК. Тема 4. Применение СППК в устройствах преобразовательной техники и энергетической электроники	Письменный теоретический отчет, выполнение заданий на практических и лабораторных занятиях
---	-------	--	--	--	---

8.1. Тестовые задания

пороговый уровень)

1. Как называется в англоязычной литературе переключение полупроводникового ключа при нуле тока? Варианты ответов:

- а) ZVS.
- б) ZCS.
- в) HS.

г) NS.

2. Как называется в англоязычной литературе переключение полупроводникового ключа при нуле напряжения? Варианты ответов:

а) ZVS.

б) ZCS.

в) HS.

г) NS.

3. Как называется в англоязычной литературе переключение полупроводникового ключа при нуле тока и нуле напряжения? Варианты ответов:

а) ZVS.

б) ZCS.

в) HS.

г) NS.

4. Как называется в англоязычной литературе переключение полупроводникового ключа при токе и напряжении, сравнимыми с его рабочими значениями? Варианты ответов:

а) ZVS.

б) ZCS.

в) HS.

г) NS.

5. Расставить номера следующих полупроводниковых ключей в порядке возрастания их (приборов) рабочего напряжения. Тиристоры-1; Силовые биполярные транзисторы с изолированным затвором-2; Силовые полевые транзисторы-3. Варианты ответов:

а) 3-2-1.

б) 1-2-3.

в) 1-3-2.

г) 2-3-1.

6. Как называется интервал времени между моментом снятия управляющего сигнала с полупроводникового управляемого ключа, выполненного на основе МДП транзистора, и моментом начала роста напряжения на стоке транзистора? Варианты ответов:

а) Временем задержки включения.

б) Временем задержки выключения.

в) Временем нарастания тока.

г) Временем нарастания напряжения.

7. Чему равно время включения транзисторного ключа при активной нагрузке? Варианты ответов:

а) Времени задержки включения.

б) Времени нарастания тока.

в) Разности времени нарастания тока и времени задержки включения.

г) Сумме времени нарастания тока и времени задержки включения.

8. По какой из приведенных формул можно оценить мощность статических потерь в транзисторном ключе на MOSFET? Варианты ответов:

а) $\Delta P = \Delta U_o \cdot I_{кр.}$

б) $\Delta P = (I_k)^2 \cdot R_{ост.}$

в) $\Delta P = U_{п.} \cdot I_{км.} \cdot (t_{он} + t_{офф}) \cdot f_k / 2.$

г) $\Delta P = U_{п.} \cdot I_{км.} \cdot (t_{он} + t_{офф}) \cdot f_k / 6,$

где: ΔP – потери мощности в транзисторе; ΔU_o – падение напряжения на включенном транзисторе; $I_{кр.}$ – среднее значение тока транзистора на периоде переключения; I_k – эффективное значение тока транзистора на периоде переключения; $R_{ост.}$ – остаточное активное сопротивление транзистора; $U_{п.}$ – напряжение питания транзисторного ключа; $I_{км.}$ – мгновенное значение тока переключения транзистора; $(t_{он} + t_{офф})$ – время включения и выключения транзистора; f_k – частота переключения транзистора.

9. Как называется специализированная микросхема для силовой электроники, на которой реализуется система управления импульсным преобразователем электрической энергии?

Варианты ответов:

- а) Драйвером.
- б) Микроконтроллером.
- в) ШИМ-контроллером.
- г) БИС.

10. Как называется специализированная микросхема для силовой электроники, на которой реализуется усиление управляющего сигнала системы управления импульсным преобразователем электрической энергии по мощности, гальваническая развязка управляющего сигнала от потенциала системы управления и управление силовым транзистором? Варианты ответов:

- а) Драйвером.
- б) Микроконтроллером.
- в) ШИМ-контроллером.
- г) БИС.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Тестовые задания»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

8.2. Вопросы для контроля усвоения теоретического материала

1. Какие полупроводниковые приборы относят к силовым?
2. Маркировка силовых полупроводниковых диодов?
3. Что такое режим лавинного пробоя?
4. В чем отличие и преимущество диодов Шоттки от диодов на основе рп перехода?
5. Что такое время обратного восстановления
6. В чем особенности структуры силового биполярного транзистора?
7. Чем определяется быстродействие силового биполярного транзистора?
8. Принцип действия тиристора?
9. Условия включения и выключения тиристора?
10. Вольтамперная характеристика тиристора?
11. Структура тиристор-диод?
12. Структура симметричного тиристора (симистора)?
13. Принцип действия симметричного тиристора (симистора)?
14. Структура запираемого тиристора (GTO-тиристор)?
15. Что такое класс тиристора?
16. Какие виды тириستоров используются в силовой электронике?
17. Как определяется время включения и выключения тиристора?
18. Структуры мощных силовых МДП-транзисторов (MOSFET)?
19. Эквивалентная электрическая схема мощного МДП-транзистора (MOSFET) с учетом «паразитных» элементов?
20. Статические характеристики мощного МДП-транзистора (MOSFET)?

21. Особенности переключения мощного МДП-транзистора (MOSFET), эффект Миллера?
 22. Пути снижения сопротивления канала открытого мощного МДП-транзистора (MOSFET)?
 23. Структура статического индукционного транзистора (SITr)?
 24. Вольтамперные характеристики статического индукционного транзистора (SITr)?
 25. Структуры биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT)?
 26. Эквивалентная электрическая схема биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT)?
 27. Особенность процесса выключения биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT)?
 28. Структура и эквивалентная электрическая схема статического индукционного транзистора (SITh)?
 29. Тиристоры, коммутируемые по цепи управления (GCT и IGCT)?
 30. Структура тиристоров с полевым управлением (MCT) n- и p-типа?
 31. Эквивалентная электрическая схема тиристора с полевым управлением (MCT)?
 32. Предельные характеристики силовых полупроводниковых приборов?
 33. Влияние температуры на характеристики силовых полупроводниковых приборов?
 34. Потери в силовых полупроводниковых приборах?
 35. Что такое тепловое сопротивление?
 36. Выбор силового полупроводникового прибора, обобщенная последовательность выбора?
 37. Энергия магнитного поля. Энергия контура с током.
 38. Защита силовых полупроводниковых приборов от токов короткого замыкания, от превышения температуры, от недонасыщения?
 39. Причины перенапряжений на силовых полупроводниковых приборах?
 40. Защитные цепи (снабберы) от перенапряжений?
- Лектор или преподаватель, ведущий практические занятия по дисциплине производит устный опрос по пройденным теоретическим материалам и выставляет оценку в журнале с текущей успеваемостью.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству
«Вопросы для контроля усвоения теоретического материала»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5 (отлично)	Обучающийся глубоко и в полном объеме 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.
4 (хорошо)	Обучающийся 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.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие 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.

2 (неудовлетворительно)	Обучающийся 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. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы.
-------------------------	---

8.3. Практическое (прикладное) задание (высокий уровень)

1. Нарисовать схему СПК на биполярном транзисторе, коммутирующем активную нагрузку. Привести временные диаграммы работы СПК.
2. Выбрать основные элементы цепи управления для СПК по пункту 2, если известно, что применен транзистор КТ841А; напряжение источника питания $E=100$ В; сопротивление нагрузки $R=20$ Ом; степень насыщения транзистора $s=1,2$; частота работы ключа $f=20$ кГц; относительная длительность замкнутого состояния ключа $=0,75$.
3. Рассчитать статические и динамические потери СПК и его К.П.Д.
4. Построить тепловую модель СПК и определить температуру полупроводникового кристалла, если температура корпуса транзистора $T_k=60$ С.
5. По буквенно-цифровому обозначению СПК например, IRGP6690DPbF, найти техническую документацию (даташит), определить фирму-изготовителя, назвать тип прибора и привести его условное графическое обозначение (УГО), определить его номинальные параметры: напряжение, ток, частоту коммутации.
6. Рассчитать потери в ключе в режиме осечки и в режиме насыщения, при напряжении 600 В, токе 75 А и относительной длительности включенного состояния 0,4.
7. Определить среднюю и максимальную мгновенную мощность, необходимую для включения ключа при частоте коммутации 20 кГц.
8. Рассчитать динамические потери в СПК при напряжении 600 В, токе 75 А, частоте 20 кГц.
9. Рассчитать максимальную температуру на корпусе СПК и на радиаторе, приняв температуру полупроводникового перехода 150 С.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Практическое задание»

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов
5 (отлично)	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала.
4 (хорошо)	Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала.

8.4. Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет)

Вопросы к зачету:

1. Чем определяется выбор ключевого элемента схемы?
2. Какие бывают основные группы справочных данных по силовым ключам?
3. Что определило развития силовых полупроводниковых ключей?
4. Чем определяется выбор ключевого элемента схемы?
5. Какие бывают основные группы справочных данных по силовым ключам?
6. Что понимается под составом материалов электронной техники?
7. Назовите способы повышения коэффициента мощности вентильных преобразователей.
8. Какие существуют требования к блокам питания электронной аппаратуры?
9. Назовите особенности работы выпрямителя, оснащенного фильтром.
10. От чего зависят характеристики ключей и режим работы схемы?
11. Приведите тепловые характеристики полупроводниковых ключей.
12. Назовите области применения преобразователей средней и большой мощности.
13. Какие виды сглаживающих фильтров используют в преобразователях?
14. Назовите внешние характеристики прерывателей?
15. Основные виды перегрузок по напряжению и току?
16. Как подразделяются защитные цепи силовых ключей?
17. Как осуществляется защита силовых ключей от режимов короткого замыкания?
18. Какие узнаете виды силовых ключей с интегрированной системой защиты?
19. Как влияют высшие гармоники входного тока выпрямителя на питающую сеть?

Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации «зачет»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
зачтено	Обучающийся глубоко и в полном объеме 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.
	Обучающийся 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.
	Обучающийся 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.
не зачтено	Обучающийся 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.

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа учебной дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК). В случае необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося), а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников, например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения – аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной (модулем), за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
 - продолжительность сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, – не более чем на 90 минут;
 - продолжительность подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, – не более чем на 20 минут;
 - продолжительность выступления обучающегося при защите курсовой работы – не более чем на 15 минут.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений с указанием страниц	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)
1.			
2.			
3.			
4.			