Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad99c6b5a360ba57

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра электроники и радиофизики

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебной работе
_____ Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Актуальные проблемы современной электроники
(наименование дисциплины)

11.04.04 Электроника и наноэлектроника
(код, наименование направления)

Промышленная электроника
(магистерская программа)

Квалификация магистр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, очно-заочная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Целью дисциплины является изучение передовых достижений, основных направлений, тенденций, перспектив и проблем развития современной электроники с целью выработки навыков оценки новизны исследований и разработок, освоения новых методологических подходов к решению профессиональных задач в области электроники.

Задачи изучения дисциплины: изучение современного состояния слаботочной и силовой электроники, новых направлений исследования в области физики электронных процессов, путей дальнейшего развития элементной базы и схемных решений электроники, а также проблем, стоящих перед исследователями, разработчиками и пользователями электронной техники.

Дисциплина направлена на формирование:

профессиональных компетенций (ПК-1, ПК-3) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит часть БЛОКА 1, формируемую участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы подготовки магистров по направлению 11.04.04 Электроника и наноэлектроника (магистерская программа «Промышленная электроника»).

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин: «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Физические основы электроники», «Наноэлектроника и перспективы ее развития», «Материалы электронной техники», изученных в рамках предыдущего уровня образования.

В свою очередь, дисциплина «Актуальные проблемы современной электроники» является основой для изучения следующих дисциплин: «Математическое моделирование устройств и систем», «САПР устройств электроники», «Современная элементная база промышленной электроники», «Оптимальные и адаптивные системы управления», «Проектирование и программирование цифровых устройств на ПЛИС», при прохождении производственных практик (научно-исследовательская работа, преддипломная практика), для подготовки к процедуре защиты и защиты ВКР.

Математические и естественнонаучные дисциплины, а также дисциплины профессионального цикла ОПОП подготовки бакалавра формируют «входные» знания, умения необходимые для изучения дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники»:

- знание физических принципов работы электронных приборов и устройств, правила построения схем, основные принципы конструирования установок электроники, основные программные средства для проведения расчетов и численного моделирования их параметров и характеристик;
- умение анализировать физические процессы, протекающие в приборах, схемах, устройствах и установках электроники, строить простейшие математические модели и рассчитывать на их основе основные параметры и характеристики твердотельных электронных приборов и устройств, технологических процессов, схем с данными приборами, технологических установок
- владение навыками построения простейших физических и математических моделей электронных приборов, схем, устройств и установок электроники, навыками использования стандартных программных средств расчета их параметров и характеристик и их компьютерного моделирования.

Дисциплина «Актуальные проблемы современной электроники» относится к дисциплинам магистерской подготовки, формирующим современную точку зрения на приоритетные направления развития электроники и средства реализации идей микро- и наноэлектроники.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены для очной формы обучения лекционные (36 ак.ч.), практические (36 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (108 ак.ч.).

Для очно-заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (12 ак.ч.), практические (12 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (156 ак.ч.).

Для заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (6 ак.ч.), практические (6 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (168 ак.ч.).

Дисциплина изучается на первом курсе (очная, очно-заочная и заочная форма обучения – в 1 семестре). Форма промежуточной аттестации – экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Актуальные проблемы современной электроники» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники, а также смежных областей науки и техники, способен обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПК-1	ПК-1.1. Знает постановку задач математического моделирования, цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электронных средств ПК-1.2. Умеет обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения задач математического моделирования при проектировании электронных средств. ПК-1.3. Владеет системами автоматизированного проектирования и пакетами математических расчетов. ПК-1.4 Владеет навыками патентного поиска
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	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

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 5 зачётных единицы, 180 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Очная форма обучения	
	Всего ак.ч.	ак.ч. по семестрам
		2
Аудиторная работа, в том числе:	**72**	**72**
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	**108**	**108**
Подготовка к лекциям	9	9
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям	24	24
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	12	12
Домашнее задание	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	18	18
Подготовка к экзамену	27	27
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	**Э (2)**	**Э (2)**
Общая трудоемкость дисциплины: ак.ч.	**180**	**180**
з.е.	**5**	**5**

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3, дисциплина разбита на 9 тем:

– тема 1 (Современное состояние силовой электроники в развитых странах мира. Вклад российских ученых в развитие силовой электроники на современном этапе);

– тема 2 (Материаловедческие проблемы современной силовой электроники);

– тема 3 (Проблемы современной электроники больших мощностей);

– тема 4 (Технологии изготовления силовых полупроводниковых приборов, этапы развития и перспективы. Развитие технологий с применением широкозонных полупроводниковых материалов);

– тема 5 (Структуры кристаллов силовых ПП приборов);

– тема 6 (Выбор силовых полупроводниковых приборов для преобразователей электрической энергии);

– тема 7 (Возможности микропроцессоров и программируемых интегральных схем);

– тема 8 (Значение силовой электроники в развитии возобновляемых источников энергии);

– тема 9 (Повышение эффективности преобразования и использования энергии).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной, очно-заочной и заочной форм обучения, приведены в таблицах 3, 4 и 5, соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Современное состояние силовой электроники в развитых странах мира. Вклад российских ученых в развитие силовой электроники на современном этапе	Состояние и перспективы развития мировой и российской электронной промышленности. Тенденции к объединению усилий по разработке новых технических направлений. Опыт электронной индустрии мира в кризисной ситуации: рынок полупроводников и его характеристики.	4	Состояние электронной промышленности России: технология, специалисты, рынки сбыта. Отечественные производители электронных компонентов, оборудования и материалов.	4	–	–
2	Материаловедческие проблемы современной силовой электроники	Основные материалы полупроводникового производства: кремний, арсенид галлия, кварцевое стекло, графит, карбид кремния.	4	Производство монокристаллов кремния больших диаметров с минимальным количеством дефектов и монокристаллов арсенида галлия.	4	–	–
3	Проблемы современной электроники больших мощностей	Гирорезонансные приборы. Релятивистская микроволновая электроника. Генерация терагерцового излучения методами вакуумной электроники	4	Механизм излучения, на котором основаны МЦР	4	–	–
4	Технологии изготовления силовых полупроводниковых приборов, этапы развития и перспективы	Развитие технологий с применением широкозонных полупроводниковых материалов. Фоторезисты, фотошаблоны, мишени, жидкие и газообразные реактивы, технологические среды. Химическая	4	Фоторезисты, фотошаблоны, мишени, жидкие и газообразные реактивы, технологические среды. Хими-	4	–	–

		чистота материалов.		ческая чистота материалов.			
№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
5	Структуры кристаллов силовых ПП приборов	Статический индукционный транзистор. Структура кристаллов MOSFET, IGBT-транзисторов. Обзор технологических решений изготовления IGBT. Эпитаксиальная структура PT-IGBT. Однородная структура NPT-IGBT. Структура с вертикальным затвором Trench-IGBT. IGBT, изготовленные по технологии Field Stop (FS) или Trench Stop (TS). Высоковольтные структуры HV-IGBT. CSTBT технология.	4	Реализация новых типов транзисторов и электронных функциональных устройств	4	–	–
6	Выбор силовых полупроводниковых приборов для преобразователей электрической энергии	Классификация полупроводниковых преобразователей энергии для потребителей постоянного тока. Характеристики IGBT и MOSFET приборов, определяющие потери энергии. Проблемы выбора ключевых силовых транзисторов для преобразователей напряжения с жестким переключением	4	Методика оценочного расчета потерь в инверторах и оценка эффективности применения перспективных силовых транзисторов	4		
7	Возможности микропроцессоров и программируемых интегральных схем	Роль микропроцессоров и программируемых микросхем в электронных устройствах. Возможности и перспективы развития программируемых интегральных схем.	4	Возможности и перспективы развития программируемых интегральных схем	4		
8	Значение силовой электроники в развитии возобновляе-	Обзор технологий возобновляемой энергетики. Значение силовой электроники в развитии возобновля мых источников энергии	4	Анализ влияния внедрения возобновляемых источ-	4		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	мых источников энергии			ников энергии с силовыми преобразователями в их составе на протекание переходных процессов в современных энергосистемах			
9	Повышение эффективности преобразования и использования энергии	Повышение эффективности преобразования и использования энергии. Роль элементной базы и схемных решений.	4	Расчёт мощности потерь в IGBT. Расчет температуры кристалла транзисторного модуля	4		
Всего аудиторных часов			36		36	–	

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очно-заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Современное состояние силовой электроники в развитых странах мира. Вклад российских ученых в развитие силовой электроники на современном этапе	Состояние и перспективы развития мировой и российской электронной промышленности. Тенденции к объединению усилий по разработке новых технических направлений. Опыт электронной индустрии мира в кризисной ситуации: рынок полупроводников и его характеристики.	1	Состояние электронной промышленности России: технология, специалисты, рынки сбыта. Отечественные производители электронных компонентов, оборудования и материалов.	1	–	–
2	Материаловедческие проблемы современной силовой электроники	Основные материалы полупроводникового производства: кремний, арсенид галлия, кварцевое стекло, графит, карбид кремния.	1	Производство монокристаллов кремния больших диаметров с минимальным количеством дефектов и монокристаллов арсенида галлия.	1	–	–
3	Проблемы современной электроники больших мощностей	Гирорезонансные приборы. Релятивистская микроволновая электроника. Генерация терагерцового излучения методами вакуумной электроники	1	Механизм излучения, на котором основаны МЦР	1	–	–
4	Технологии изготовления силовых полупроводниковых приборов, этапы развития и перспективы	Развитие технологий с применением широкозонных полупроводниковых материалов. Фоторезисты, фотошаблоны, мишени, жидкие и газообразные реактивы, технологические среды. Химическая чистота материалов.	2	Фоторезисты, фотошаблоны, мишени, жидкие и газообразные реактивы, технологические среды. Химическая чистота материалов.	2	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
5	Структуры кристаллов силовых ПП приборов	Статический индукционный транзистор. Структура кристаллов MOSFET, IGBT-транзисторов. Обзор технологических решений изготовления IGBT. Эпитаксиальная структура PT-IGBT. Однородная структура NPT-IGBT. Структура с вертикальным затвором Trench-IGBT. IGBT, изготовленные по технологии Field Stop (FS) или Trench Stop (TS). Высоковольтные структуры HV-IGBT. CSTBT технология.	2	Реализация новых типов транзисторов и электронных функциональных устройств	2	–	–
6	Выбор силовых полупроводниковых приборов для преобразователей электрической энергии	Классификация полупроводниковых преобразователей энергии для потребителей постоянного тока. Характеристики IGBT и MOSFET приборов, определяющие потери энергии. Проблемы выбора ключевых силовых транзисторов для преобразователей напряжения с жестким переключением	2	Методика оценочного расчета потерь в инверторах и оценка эффективности применения перспективных силовых транзисторов	2		
7	Возможности микропроцессоров и программируемых интегральных схем	Роль микропроцессоров и программируемых микросхем в электронных устройствах. Возможности и перспективы развития программируемых интегральных схем.	1	Возможности и перспективы развития программируемых интегральных схем	1		
8	Значение силовой электроники в развитии возобновляе-	Обзор технологий возобновляемой энергетики. Значение силовой электроники в развитии возобновля мых источников энергии	1	Анализ влияния внедрения возобновляемых источ-	1		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	мых источников энергии			ников энергии с силовыми преобразователями в их составе на протекание переходных процессов в современных энергосистемах			
9	Повышение эффективности преобразования и использования энергии	Повышение эффективности преобразования и использования энергии. Роль элементной базы и схемных решений.	1	Расчёт мощности потерь в IGBT. Расчет температуры кристалла транзисторного модуля	1		
Всего аудиторных часов			12		12	–	

Таблица 5 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Современное состояние силовой электроники в развитых странах мира. Вклад российских ученых в развитие силовой электроники на современном этапе	Состояние и перспективы развития мировой и российской электронной промышленности. Тенденции к объединению усилий по разработке новых технических направлений. Опыт электронной индустрии мира в кризисной ситуации: рынок полупроводников и его характеристики.	0,5	Состояние электронной промышленности России: технология, специалисты, рынки сбыта. Отечественные производители электронных компонентов, оборудования и материалов.	0,5	–	–
2	Материаловедческие проблемы современной силовой электроники	Основные материалы полупроводникового производства: кремний, арсенид галлия, кварцевое стекло, графит, карбид кремния.	0,5	Производство монокристаллов кремния больших диаметров с минимальным количеством дефектов и монокристаллов арсенида галлия.	0,5	–	–
3	Проблемы современной электроники больших мощностей	Гирорезонансные приборы. Релятивистская микроволновая электроника. Генерация терагерцового излучения методами вакуумной электроники	0,5	Механизм излучения, на котором основаны МЦР	0,5	–	–
4	Технологии изготовления силовых полупроводниковых приборов, этапы развития и перспективы	Развитие технологий с применением широкозонных полупроводниковых материалов. Фоторезисты, фотошаблоны, мишени, жидкие и газообразные реактивы, технологические среды. Химическая чистота материалов.	1	Фоторезисты, фотошаблоны, мишени, жидкие и газообразные реактивы, технологические среды. Химическая чистота материалов.	1	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
5	Структуры кристаллов силовых ПП приборов	Статический индукционный транзистор. Структура кристаллов MOSFET, IGBT-транзисторов. Обзор технологических решений изготовления IGBT. Эпитаксиальная структура PT-IGBT. Однородная структура NPT-IGBT. Структура с вертикальным затвором Trench-IGBT. IGBT, изготовленные по технологии Field Stop (FS) или Trench Stop (TS). Высоковольтные структуры HV-IGBT. CSTBT технология.	1	Реализация новых типов транзисторов и электронных функциональных устройств	1	–	–
6	Выбор силовых полупроводниковых приборов для преобразователей электрической энергии	Классификация полупроводниковых преобразователей энергии для потребителей постоянного тока. Характеристики IGBT и MOSFET приборов, определяющие потери энергии. Проблемы выбора ключевых силовых транзисторов для преобразователей напряжения с жестким переключением	1	Методика оценочного расчета потерь в инверторах и оценка эффективности применения перспективных силовых транзисторов	1		
7	Возможности микропроцессоров и программируемых интегральных схем	Роль микропроцессоров и программируемых микросхем в электронных устройствах. Возможности и перспективы развития программируемых интегральных схем.	0,5	Возможности и перспективы развития программируемых интегральных схем	0,5		
8	Значение силовой электроники в развитии возобновляе-	Обзор технологий возобновляемой энергетики. Значение силовой электроники в развитии возобновля мых источников энергии	0,5	Анализ влияния внедрения возобновляемых источ-	0,5		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	мых источников энергии			ников энергии с силовыми преобразователями в их составе на протекание переходных процессов в современных энергосистемах			
9	Повышение эффективности преобразования и использования энергии	Повышение эффективности преобразования и использования энергии. Роль элементной базы и схемных решений.	0,5	Расчёт мощности потерь в IGBT. Расчет температуры кристалла транзисторного модуля	0,5		
Всего аудиторных часов			6		6	–	

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-1, ПК-3	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестирование или устный опрос на коллоквиумах – всего 40 баллов;
- выполнение реферата – всего 30 баллов;
- выполнение индивидуального задания – всего 30 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 60 баллов. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального. Экзамен по дисциплине «Актуальные проблемы современной электроники» проводится в две ступени:

- тесты (30 закрытых заданий), студент должен ответить правильно не менее чем на 18 вопросов подтвердив, таким образом, успешное освоение обязательного минимума по данной дисциплине.

В случае успешной сдачи тестов студент может набрать максимум 60 баллов (зачтено) или может быть допущен к устному экзамену и претендовать на повышенную оценку.

- устный экзамен проводится по вопросам, представленным ниже. Студент получает два вопроса из приведенного перечня. Ответ на каждый вопрос оценивается из 20 баллов. Студент на устном экзамене может набрать до 40 баллов. Результат экзамена (максимум 100 баллов) определяется как сумма тестовой и устной частей.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации

приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

Домашнее задание не предусмотрено.

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Примерные темы рефератов (первая часть индивидуального задания).

1) Исторические этапы развития электроники.

2) Видные советские и российские ученые, внесшие вклад в развитие промышленной электроники.

3) Современные подходы к анализу и синтезу электронных устройств.

4) Достижения электроники, ее роль в развитии общества

5) Уровень современных систем математического моделирования электронных устройств.

6) Силовая электроника в современном мире.

7) Микроэлектроника в современном мире.

8) Общие подходы к построению силовых электронных устройств.

9) Цифровая электроника в современном мире. Импульсные режимы.

10) Общая характеристика и структура цифровых запоминающих устройств.

11) Развитие аналоговых электронных устройств.

12) Новейшие материалы электронной техники – наноматериалы.

13) Использование наноструктур в современной электронике.

14) Развитие вторичных источников питания.

15) Научно-техническое направление современной электроники – транзисторная техника.

Вторая часть индивидуального задания носит практический характер, моделирует будущую профессиональную деятельность магистранта и имеет обязательное построение в виде титульного листа; содержания; введения, включающее актуальность темы, структуру работы, обзор использованной литературы; основного содержания, раскрывающее сущность темы; заключения, содержащего результат выполненной работы и общие выводы; списка использованной литературы.

В соответствии номером варианта из таблицы 8 выписать исходные данные задания.

Таблица 8 – Варианты задания № 2

№ п/п	Производитель	Продукция	Рабочий ток (А)	Максимальное напряжение (В)	Частота преобразования (кГц)
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1	Semikron	IGBT, MOSFET	50	500	40
2	Infineon	IGBT, MOSFET	150	700	50
3	Microsemi (APT)	IGBT, MOSFET	250	900	60
4	ABB	IGBT, MOSFET	350	500	20
5	Fuji Electric	IGBT, MOSFET	50	700	30
6	Hitachi	IGBT, MOSFET	150	900	40
7	Mitsubishi Electric	IGBT, MOSFET	250	500	50
8	IXYS	IGBT, MOSFET	350	700	60
9	Semikron	IGBT, MOSFET	50	900	20
10	Infineon	IGBT, MOSFET	150	500	30
11	Microsemi (APT)	IGBT, MOSFET	250	700	40
12	ABB	IGBT, MOSFET	350	900	50
13	Fuji Electric	IGBT, MOSFET	50	500	60
14	Hitachi	IGBT, MOSFET	150	700	20
15	Mitsubishi Electric	IGBT, MOSFET	250	900	30
16	IXYS	IGBT, MOSFET	350	500	40
17	Semikron	IGBT, MOSFET	50	700	50
18	Infineon	IGBT, MOSFET	150	900	60
19	Microsemi (APT)	IGBT, MOSFET	250	500	30
20	IXYS	IGBT, MOSFET	350	700	40

6.3.2 Выполнить аналитический обзор по указанному производителю силовых ПП приборов: краткая историческая справка, обзор IGBT, MOSFET продукции;

- технология изготовления кристаллов;
- диапазон напряжений;
- диапазон токов;
- тип корпуса;
- тепловое сопротивление RthJC.

6.3.2 Выполнить аналитический обзор по указанному производителю силовых ПП приборов: краткая историческая справка, обзор IGBT, MOSFET продукции;

- технология изготовления кристаллов;
- диапазон напряжений;
- диапазон токов;
- тип корпуса;
- тепловое сопротивление RthJC.

6.2.3 Выбрать в соответствии с заданием возможные варианты IGBT и MOSFET модулей, сохранить их техническую документацию (datasheet).

Примечание – выбор ограничить модулями с одиночными приборами и полумостовыми сборками.

Для определения требуемых параметров из Datasheet скопировать и привести в отчете зависимости прямого напряжения транзистора и диода от ток, а также зависимости потерь энергий от тока.

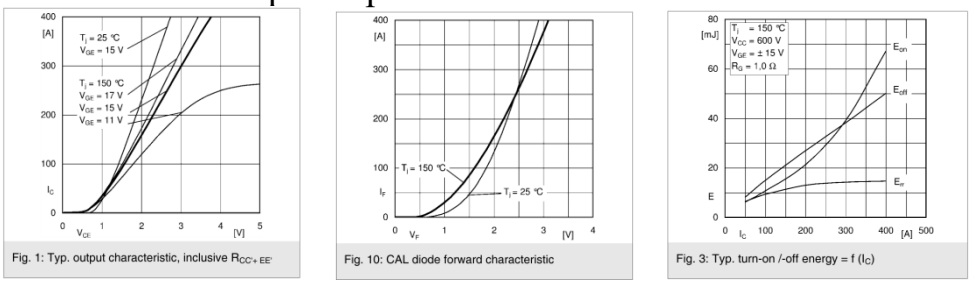


Рисунок 6.3.1 – Зависимости прямого напряжения транзистора и диода от тока, а также зависимости потерь энергий от тока

Свести в таблицу основные параметры определяющие мощность потерь силовых ПП приборов по примеру (Таблица 9).

Таблица 9 – Характеристики сравниваемых IGBT, MOSFET модулей с рабочими напряжением XXX В и током XXX А.

Маркировка модуля	***U_{CE} V***	***I_C A (T_C ^{0}C)***	***Параметры проводимости***					***Параметры переключения***					***Rth/j-c [K/W]***
			U_{CE} V	***$U_{CE\,0}$ V***		***r_d mOm***		***E_{on} mJ***	***E_{off} mJ***	***E_{rr} mJ***	***tr nS***	***tf nS***	
				VT	***VD***	***VT***	***VD***						
NPT IGBT (Ultrafast)													
SKM800 GA125D	1200	760(25^0) 530(80^0)	2,2	1.7	0.8	3.8	1.7	88	48	28	48	76	0.03
CoolMOS™ MOSFET Technology													
VMM 90-09F	900	85(25^0) 65(80^0)	4,3	--	1.2	76	14	--	--	--	180	140	0.08

6.3.4 Построить оптимизационную характеристику для сравниваемых IGBT и MOSFET модулей как зависимость от прямого напряжения $U_{CE}(I_C)$ и суммарных потерь энергии E_{TOT} по примеру как показано на рисунке 6.3.3.

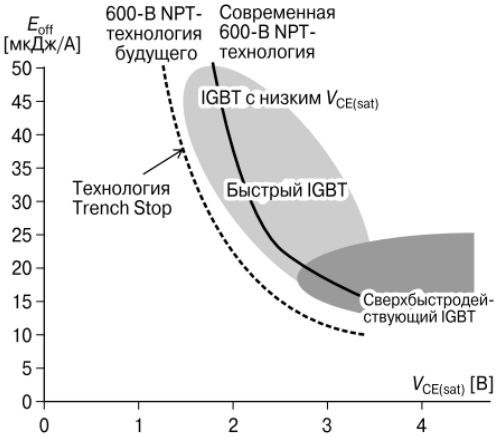


Рисунок 6.3.3 – Оптимизационная характеристика для различных технологий изготовления IGBT компании Infineon.

6.3.5 Для выбранных модулей рассчитать коммутируемую мощность S_{SW} и максимальную допустимую частоту преобразования $f_{SW\,max}$

$$S_{SW} = U_{CE\max} \cdot I_{C(80^0)}$$

$$f_{SW\max} = \frac{P_{V\max}}{E_{TOT} + P_{COND} \cdot T_{SW\max}}$$

Полученные результаты свести в таблицу, на основании которой построить оптимизационную характеристику как зависимость коммутируемой мощности S_{SW} от частоты преобразовании $f_{SW\,max}$ по примеру характеристики приведенной на рисунке 6.2.4.

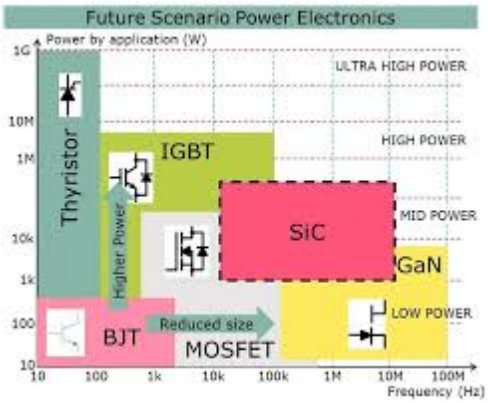
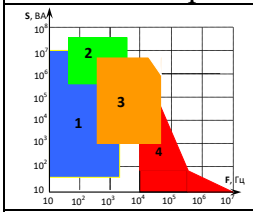
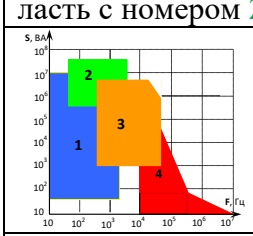
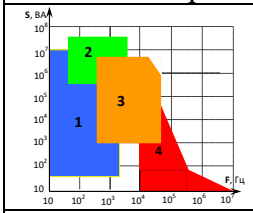
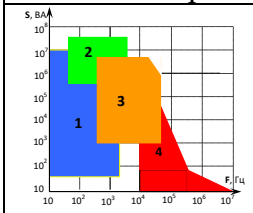
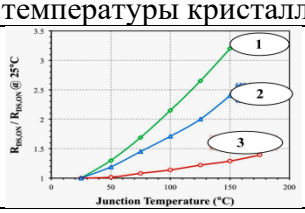
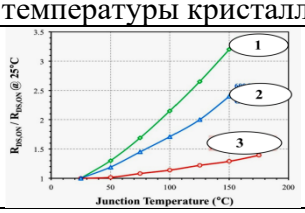


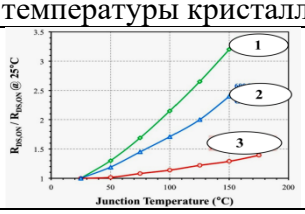
Рисунок 6.3.4 – Оптимизационная характеристика

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Примеры тестовых заданий коллоквиумов:

1. На диаграмме коммутируемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером **1** занимают силовые ключи типа:	
	а) Тиристор однооперационный ***SCR***
	б) Тиристор запираемый ***GTO***
	в) Транзистор ***IGBT***
	г) Транзистор ***MOSFET***
2. На диаграмме коммутируемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером **2** занимают силовые ключи типа:	
	а) Тиристор однооперационный ***SCR***
	б) Транзистор ***MOSFET***
	в) Транзистор ***IGBT***
	г) Тиристор запираемый ***GTO***
3. На диаграмме коммутируемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером **3** занимают силовые ключи типа:	
	а) Тиристор однооперационный ***SCR***
	б) Транзистор ***IGBT***
	в) Тиристор запираемый ***GTO***
	г) Транзистор ***MOSFET***
4. На диаграмме коммутируемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером **4** занимают силовые ключи типа:	
	а) Тиристор однооперационный ***SCR***
	б) Тиристор запираемый ***GTO***
	в) Транзистор ***MOSFET***
	г) Транзистор ***IGBT***
5. На диаграмме относительного сопротивления силовых полупроводниковых приборов от температуры кристалла, под номером **1** обозначена характеристика силового ключа:	
	а) **SiC-MOSFET** на основе **карбида кремния**
	б) **GaN-HEMT** (GaN-HFET) на основе **нитрид галлия**
	в) **Si-MOSFET** на основе **кремния**
6. На диаграмме относительного сопротивления силовых полупроводниковых приборов от температуры кристалла, под номером **2** обозначена характеристика силового ключа:	
	а) **SiC-MOSFET** на основе **карбида кремния**
	б) **GaN-HEMT** (GaN-HFET) на основе **нитрид галлия**
	в) **Si-MOSFET** на основе **кремния**

7. На диаграмме относительного сопротивления силовых полупроводниковых приборов от температуры кристалла, под номером **3** обозначена характеристика силового ключа:

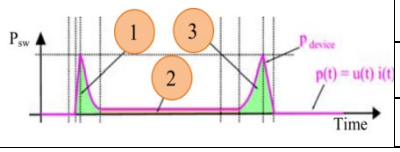


а) **SiC-MOSFET** на основе **карбида кремния**

б) **GaN-HEMT** (GaN-HFET) на основе **нитрид галлия**

в) **Si-MOSFET** на основе **кремния**

8. На временной диаграмме изменения мощности силового ключа *IGBT* в процессе переключения с номером **1** обозначен участок который определяет:

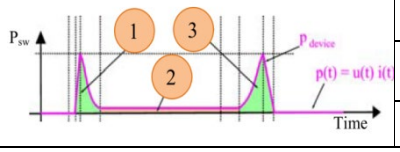


а) $\mathbf{W_{sw,on}}$ - мощность включения

б) $\mathbf{W_{sw,off}}$ - мощность выключения

в) $\mathbf{W_{cond}}$ - мощность проводимости

9. На временной диаграмме изменения мощности силового ключа *IGBT* в процессе переключения с номером **2** обозначен участок который определяет:

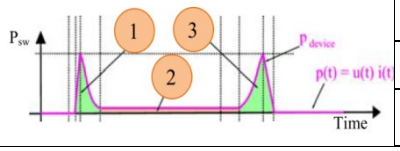


а) $\mathbf{W_{sw,on}}$ - мощность включения

б) $\mathbf{W_{sw,off}}$ - мощность выключения

в) $\mathbf{W_{cond}}$ - мощность проводимости

10. На временной диаграмме изменения мощности силового ключа *IGBT* в процессе переключения с номером **3** обозначен участок который определяет:

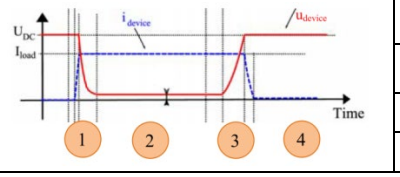


а) $\mathbf{W_{sw,on}}$ - мощность включения

б) $\mathbf{W_{sw,off}}$ - мощность выключения

в) $\mathbf{W_{cond}}$ - мощность проводимости

11. На временных диаграммах изменения тока и напряжения силового ключа *IGBT* в процессе переключения с номером **1** обозначен участок который определяет:



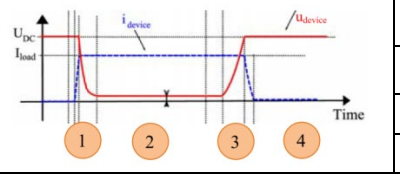
а) открытое состояние ключа

б) процесс выключения

в) закрытое состояние ключа

г) процесс включения

12. На временных диаграммах изменения тока и напряжения силового ключа *IGBT* в процессе переключения с номером **2** обозначен участок который определяет:



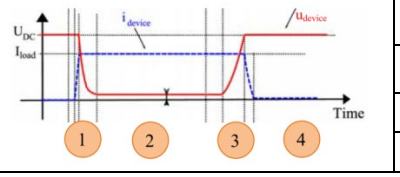
а) открытое состояние ключа

б) процесс выключения

в) закрытое состояние ключа

г) процесс включения

13. На временных диаграммах изменения тока и напряжения силового ключа *IGBT* в процессе переключения с номером **3** обозначен участок который определяет:



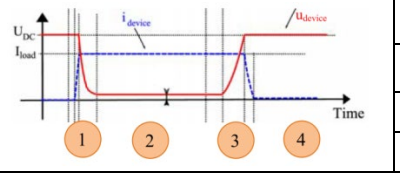
а) открытое состояние ключа

б) процесс выключения

в) закрытое состояние ключа

г) процесс включения

14. На временных диаграммах изменения тока и напряжения силового ключа *IGBT* в процессе переключения с номером **4** обозначен участок который определяет:



а) открытое состояние ключа

б) процесс выключения

в) закрытое состояние ключа

г) процесс включения

6.5 Вопросы для подготовки к экзамену (тестовому коллоквиуму)

1) Каково современное состояние силовой электроники в развитых странах мира?

2) Какой вклад российских ученых в развитие электроники на современном этапе?

3) Какие материаловедческие проблемы современной электроники вам известны?

4) Какие материалы полупроводникового производства наиболее распространены?

5) Что такое кварцевое стекло, свойства и применение материала в электронике?

6) Что такое графит, свойства и применение материала в электронике?

7) Что такое карбид кремния, свойства и применение материала в электронике?

8) Каковы основные проблемы современной электроники больших мощностей?

9) Каковы этапы развития и перспективы технологий изготовления силовых полупроводниковых приборов?

10) Каковы этапы развития и перспективы технологий с применением широкозонных полупроводниковых материалов?

11) Какими свойствами обладает статический индукционный транзистор?

12) Опишите структуру кристаллов MOSFET, IGBT?

13) Какие вам известны технологические решения изготовления IGBT?

14) Какими свойствами обладает эпитаксиальная структура PT-IGBT?

15) Какими свойствами обладает однородная структура NPT-IGBT?

16) Какими свойствами обладает структура с вертикальным затвором Trench-IGBT?

17) Какими свойствами обладают IGBT, изготовленные по технологии Field Stop (FS) и Trench Stop (TS)?

18) Какими свойствами обладает высоковольтные структуры HV-IGBT?

19) Что собой представляет CSTBT технология?

20) Каким образом проводится выбор силовых полупроводниковых приборов для преобразователей электрической энергии?

21) Каковы возможности микропроцессоров и программируемых интегральных схем?

22) Какова роль микропроцессоров и программируемых микросхем в электронных устройствах?

23) Каковы возможности и перспективы развития программируемых интегральных схем?

24) Каково значение силовой электроники в развитии возобновляемых источников энергии?

25) Каким образом достигается повышение эффективности преобразования и использования энергии?

6.6 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Фролов В. Я. Силовая полупроводниковая элементная база. Технология производства. Конструктивные решения: Учебное пособие для вузов / В.Я. Фролов, А.М. Сурма, К.Н. Васерина, А.А.Черников. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 228 с. – URL: https://7books.ru/v-frolov-a-surma-a-chernikov-k-vaserina-silovaya-poluprovodnikovaya-yelementnaya-baza-tekhnologiya-proizvodstva-konstruktivnye-resheniya-978-5-8114-3507-4/ — Текст : электронный (дата обращения: 30.08.2024).

2. Кушнер, Д.А. Основы промышленной электроники: учеб. пособие / Д.А. Кушнер. — Минск: РИПО, 2020. — 268 с. — URL: https://fileskachat.com/file/101275_9e1d6ce45ce7302f30b7a3cdace22075.html. — (дата обращения 30.08.2024 г.).

3. Негадаев, В. А. Силовая электроника : учеб. пособие / В. А. Негадаев; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2020. – 125 с. URL: https://fileskachat.com/file/90357_b7321fe4fd8c5c831aab0d01159958dd.html. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

Дополнительная литература

1. Дробот, П. Н. История и философия нововведений в области электроники и электронной техники / П. Н. Дробот. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. — 208 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/72110.html (дата обращения: 30.08.2024).

2. Душутин, Н.К. Из истории электроники : учеб. пособие / Н.К. Душутин, Ю.В. Ясюкевич. — Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. — 343 с. — URL: https://djvu.online/file/DleHGXltr2ACp?ysclid=m8g9uz4t20277455873 — (дата обращения 30.08.2024 г.). — Текст : электронный.

3. Белоус А.И. Полупроводниковая силовая электроника / А.И. Белоус, С.А. Ефименко, А.С. Турцевич. — Москва: Техносфера, 2013. — 216 с. — URL: https://djvu.online/file/2Y48izlg7vdVE?ysclid=m8g9w6rxqo169264993. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

4. Зеленцов В. И. Полупроводниковые преобразователи энергии: Учеб. пособие / В.И. Зеленцов, О.С. Сусенко. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. унта, 2005. — 59 с. — URL: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/23132/1/Zelentsov_Susenko_2005.pdf?ysclid=m8g9x1xry026993139. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

5. Шустов, М.А. Основы силовой электроники / М.А. Шустов. — Спб.: Наука и Техника, 2017. — 336 с. URL:

https://djvu.online/file/fPHs9SsykGo4I?ysclid=m8g9z6qraf611821898. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

6. Смит, Джон М. Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей / Пер. с англ. Н.П. Ильиной; Под ред. О.А. Чембровского. — М.: Машиностроение, 1980. — 271 с. — URL: https://djvu.online/file/28zFaaHF5yfRz?ysclid=m8g9zz3i1e825773018. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

7. Розанов Ю.К.Силовая электроника. Эволюция и применение : учебное издание / Ю.К. Розанов. — М.: Знак, 2018. — 140 с. — URL: https://obuchalka.org/20181006104273/silovaya-elektronika-evoluciya-i-primenenie-rozanov-u-k-2018.html?ysclid=m8ga0f5wk7577684129. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: http://ntb.bstu.ru/jirbis2/. — Текст : электронный.
3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x. — Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: http://www.iprbookshop.ru/. —Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: *Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест),* оборудованная *п*роектором EPSON EMP-X5 (1 шт.); домашний кинотеатр HT-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet	ауд. *206* корп. *3*
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: *Лаборатория преобразовательной и микропроцессорной техники* (*25 посадочных мест)* для проведения практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, оборудованная учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС	ауд. *203* корп. *3*

Лист согласования РПД

Разработал:

Доцент кафедры электроники и радиофизики (должность) _____ (подпись) А.М. Афанасьев (Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой электроники и радиофизики _____ (подпись) А.М. Афанасьев (Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры электроники и радиофизики от 30.08.2024 г.

И.о. декана факультета информационных технологий и автоматизации производственных процессов _____ (подпись) В.В. Дьячкова (Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической комиссии по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника (магистерская программа «Промышленная электроника») _____ (подпись) А.М. Афанасьев (Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра _____ (подпись) О.А. Коваленко (Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	