

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:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

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

Инновационные технологии в области конструирования и
технологии электронных средств

(наименование дисциплины)

11.04.03 Конструирование и технология электронных средств

(код, наименование направления)

Информационные технологии проектирования электронных устройств

(магистерская программа)

Квалификация

магистр

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения

очная, заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины. Целью изучения дисциплины является приобретение навыков применения инновационных технологий в области конструирования электронных приборов, проведения научных исследований в области испытаний электронных средств.

Задачи изучения дисциплины: изучение новых физических принципов и технологий, используемых при производстве компонентов электронных средств; изучение электрических и математических моделей приборов твердотельной электроники; изучение методов контроля параметров микроэлектронных компонентов – операционных усилителей (ОУ), цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП), аналого-цифровых преобразователей (АЦП).

Дисциплина направлена на формирование профессиональных компетенций (ОПК-1, ПК-1) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит в обязательную часть БЛОКА 1 основной профессиональной образовательной программы подготовки магистров по направлению 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств (магистерская программа «Информационные технологии проектирования электронных устройств»).

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин: «Высшая математика», «Физика», «Химия», «Основы конструирования и надежности электронных устройств», «Технология производства электронных средств», «Материалы и компоненты электронной техники», «Технический дизайн», «Теория точности в разработке конструкций и технологий», «Техническая диагностика электронных средств», изученных в рамках предыдущего уровня образования, а также на базе дисциплин: «Современная элементная база промышленной электроники».

В свою очередь, дисциплина «Инновационные технологии в области конструирования и технологии электронных средств» является основой для изучения дисциплин: «Основы конструкторско-технологического проектирования и надежности электронной устройств», «Математическое моделирование устройств и систем», «САПР устройств электроники», «САПР технологической подготовки производства», «Современная элементная база промышленной электроники», «Оптимальные и адаптивные системы управления», «Проектирование и программирование цифровых устройств на ПЛИС», для прохождения учебной практики (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)), производственных практик (научно-исследовательская работа, преддипломная практика), для подготовки к процедуре защиты и защиты ВКР, в профессиональной деятельности.

Дисциплина способствует углубленной подготовке к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций, необходимых при проектировании источников электропитания.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 ак.ч. Программой дисциплины для студентов очной формы обучения предусмотрены лекционные (36 ак. ч.), практические (36 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (108 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 в 1 семестре при очной и заочной форме обучения.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

Процесс изучения дисциплины «Инновационные технологии в области конструирования и технологии электронных средств» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1	ОПК-1.1. Знает тенденции и перспективы развития конструкций и технологий электронных средств, а также смежных областей науки и техники ОПК-1.2. Умеет использовать передовой отечественный и зарубежный опыт в профессиональной сфере деятельности ОПК-1.3. Владеет передовым отечественным и зарубежным опытом в профессиональной сфере деятельности
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 электроники 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

4 Объём и виды занятий по дисциплине

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

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, выполнение индивидуального задания, 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	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 / семинарам	9	9
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	12	12
Домашнее задание(индивидуальное задание)	-	-
Подготовка к контрольной работе		-
Подготовка к коллоквиуму	6	6
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	16	16
Подготовка к экзамену	36	36
Промежуточная аттестация – экзамен	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 8 тем:

- тема 1 (Системы автоматизированного проектирования электронных средств);
- тема 2 (Эмиссионная электроника);
- тема 3 (Инновации в твердотельной электронике. Нанoeлектроника);
- тема 4 (Транзисторы на гетероструктурах);
- тема 5 (Органические полупроводники);
- тема 6 (Контроль параметров электронных средств);
- тема 7 (Приборы для анализа переходных, амплитудных и амплитудно-частотных характеристик);
- тема 8 (Измерение динамических параметров электронных средств).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблицах 3 и 4, 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	Системы автоматизированного проектирования электронных средств	Основные определения, назначение САПР. Классификация, структура САПР. Технические средства САПР.	4	Классификация, структура САПР.	4	-	-
2	Эмиссионная электроника	Современное состояние и перспективы развития эмиссионной электроники, новые электровакуумные и газоразрядные приборы и технологии.	4	Эмиссионная электроника	4	-	-
3	Инновации в твердотельной электронике. Нанoeлектроника	Наноразмерные структуры. Гетеропереходы. Инновационные материалы гетероструктур. Квантовые ямы, проволоки и квантовые точки. Светодиоды и оптические лазеры на гетероструктурах.	4	Цифровой генератор испытательных сигналов	4	-	-
4	Транзисторы на гетероструктурах	Биполярные и полевые MOSFET – транзисторы. Планарные 2D – транзисторы. Перспективы 3D – технологий.	4	Изучение цифрового осциллографа	4		
5	Органические полупроводники	ЖК-дисплеи. Органические батареи для питания электронных средств. Солнечные элементы. Диоды и транзисторы на основе органических полупроводников	4	Исследование с помощью цифрового осциллографа переходных и амплитудно-частотных характеристик усилителей постоянного тока	4		
6	Контроль параметров электронных средств	Тестовые сигналы и приборы для контроля параметров электронных средств. Цифровые генераторы	4	Исследование с помощью цифрового	4		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практиче- ских занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных за- нятий	Трудоемкость в ак.ч.
				осциллографа пе- реходных и ам- плитудно- частот- ных характери- стик усилителей звуковой частоты			
7	Приборы для анализа переход- ных, амплитуд- ных и амплитуд- ночастотных ха- рактеристик	Цифровые осциллографы. Характеристики и применение цифровых осциллографов. Анализаторы спектра. Измерители нелиней- ных искажений	6	Исследование ам- плитудных харак- теристик усили- телей класса В	6	-	-
8	Измерение дина- мических пара- метров элек- тронных средств	Динамические параметры линейных элек- тронных цепей, ЦАП и АЦП. Методы и средства контроля динамических парамет- ров	6	Исследование ам- плитудных харак- теристик усили- телей класса АВ	6		
Всего аудиторных часов			36		36	-	

Таблица 4 – 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	Системы автоматизированного проектирования электронных средств	Основные определения, назначение САПР. Классификация, структура САПР. Технические средства САПР.	0,5	Классификация, структура САПР.	0,5	-	-
2	Эмиссионная электроника	Современное состояние и перспективы развития эмиссионной электроники, новые электровакуумные и газоразрядные приборы и технологии.	0,5	Эмиссионная электроника	0,5	-	-
3	Инновации в твердотельной электронике. Наноэлектроника	Наноразмерные структуры. Гетеропереходы. Инновационные материалы гетероструктур. Квантовые ямы, проволоки и квантовые точки. Светодиоды и оптические лазеры на гетероструктурах.	0,5	Цифровой генератор испытательных сигналов	0,5	-	-
4	Транзисторы на гетероструктурах	Биполярные и полевые MOSFET – транзисторы. Планарные 2D – транзисторы. Перспективы 3D – технологий.	0,5	Изучение цифрового осциллографа	0,5		
5	Органические полупроводники	ЖК-дисплеи. Органические батареи для питания электронных средств. Солнечные элементы. Диоды и транзисторы на основе органических полупроводников	1	Исследование с помощью цифрового осциллографа переходных и амплитудно-частотных характеристик усилителей постоянного тока	1		
6	Контроль параметров электронных средств	Тестовые сигналы и приборы для контроля параметров электронных средств. Цифровые генераторы	1	Исследование с помощью цифрового	1		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практиче- ских занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных за- нятий	Трудоемкость в ак.ч.
				осциллографа пе- реходных и ам- плитудно- частот- ных характери- стик усилителей звуковой частоты			
7	Приборы для анализа переход- ных, амплитуд- ных и амплитуд- ночастотных ха- рактеристик	Цифровые осциллографы. Характеристики и применение цифровых осциллографов. Анализаторы спектра. Измерители нелиней- ных искажений	1	Исследование ам- плитудных харак- теристик усили- телей класса В	1	-	-
8	Измерение дина- мических пара- метров элек- тронных средств	Динамические параметры линейных элек- тронных цепей, ЦАП и АЦП. Методы и средства контроля динамических парамет- ров	1	Исследование ам- плитудных харак- теристик усили- телей класса АВ	1		
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 5.

Таблица 5– Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

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

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

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 коллоквиума) – всего 40 баллов;
- за выполнение индивидуального задания – всего 60 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине проводится по результатам работы в семестре. В случае если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время экзамена студент имеет право повысить итоговую оценку. Экзамен по дисциплине проводится в форме устного экзамена по вопросам, представленным ниже, либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – 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

В качестве домашнего задания студенты выполняют работу над составлением конспекта изученного материала.

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Индивидуальное задание 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.

6.3.1 В соответствии номером варианта из таблицы 7 выписать исходные данные задания.

Таблица 7 – Варианты задания

№ 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 R_{thJC} .

6.3.3 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 тока, а также зависимости потерь энергий от тока.

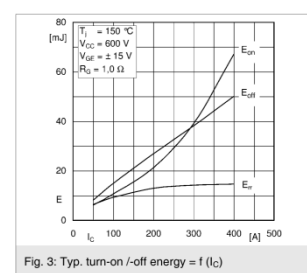
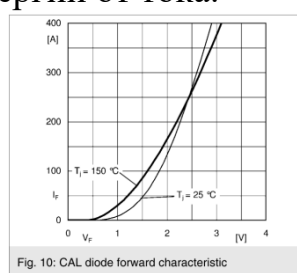
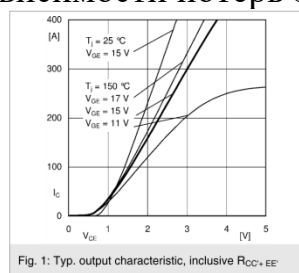


Рисунок 6.3.1 – Зависимости прямого напряжения транзистора и диода от тока, а также зависимости потерь энергий от тока

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

Таблица 8 – Характеристики сравниваемых IGBT, MOSFET модулей с рабочими напряжением XXX В и током XXX А.

Марки- ровка модуля	$U_{CE} \text{ V}$	$I_C \text{ A}$ $(T_C \text{ }^0\text{C})$	Параметры проводимости					Параметры переключения					$R_{th/j-c}$ [K/W]
			$U_{CE0} \text{ V}$	$r_{dson} \text{ m}\Omega$	$r_{dson} \text{ m}\Omega$	$r_{dson} \text{ m}\Omega$	$r_{dson} \text{ m}\Omega$	$E_{on} \text{ mJ}$	$E_{off} \text{ mJ}$	$E_{rr} \text{ mJ}$	$t_{tr} \text{ nS}$	$t_f \text{ nS}$	
			V_{TE}	V_{TD}	V_{TE}	V_{TD}	V_{TE}	V_{TD}	V_{TE}	V_{TD}	V_{TE}	V_{TD}	
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.

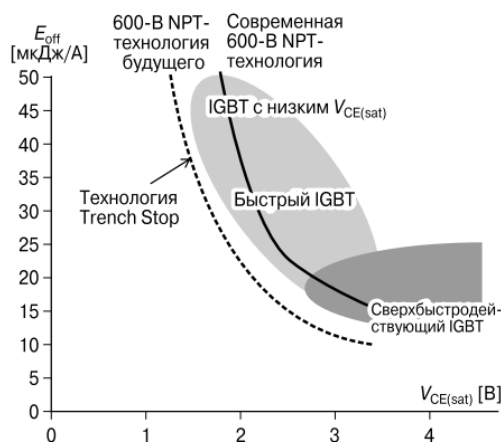


Рисунок 6.3.3 – Оптимизационная характеристика для различных технологий изготовления IGBT компании Infineon.

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 преобразования $f_{SW \max}$ по примеру характеристики приведенной на рисунке 6.2.4.

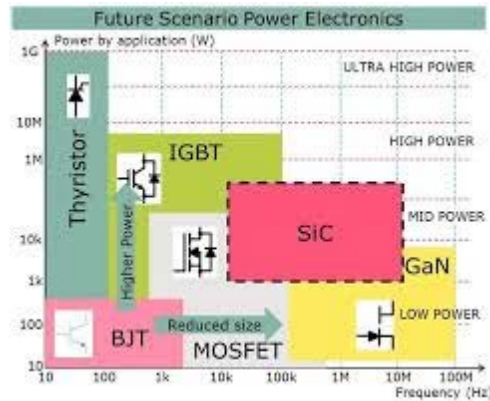
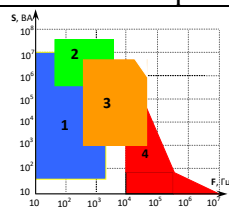


Рисунок 6.3.4 – Оптимизационная характеристика

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

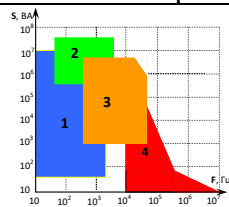
Примеры тестовых заданий коллоквиумов:

1. На диаграмме коммутлируемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером **1** занимают силовые ключи типа:



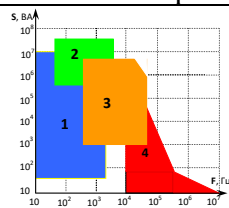
- а) Тиристор однооперационный **SCR**
- б) Тиристор запираемый **GTO**
- в) Транзистор **IGBT**
- г) Транзистор **MOSFET**

2. На диаграмме коммутлируемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером **2** занимают силовые ключи типа:



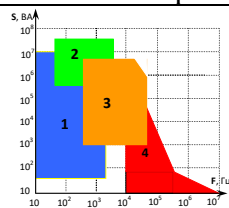
- а) Тиристор однооперационный **SCR**
- б) Транзистор **MOSFET**
- в) Транзистор **IGBT**
- г) Тиристор запираемый **GTO**

3. На диаграмме коммутлируемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером **3** занимают силовые ключи типа:



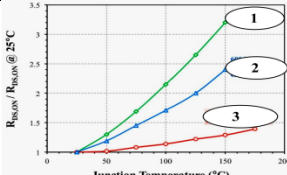
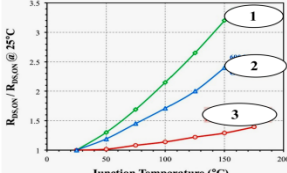
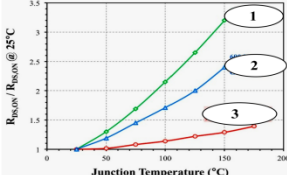
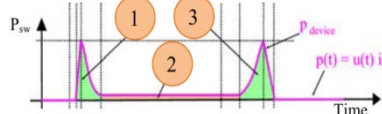
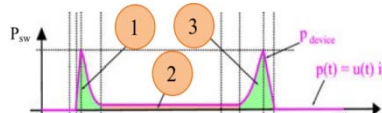
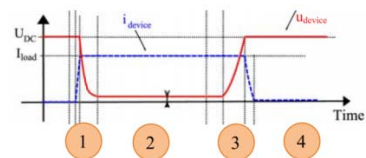
- а) Тиристор однооперационный **SCR**
- б) Транзистор **IGBT**
- в) Тиристор запираемый **GTO**
- г) Транзистор **MOSFET**

4. На диаграмме коммутлируемой 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 <i>IGBT</i> в процессе переключения с номером 1 обозначен участок который определяет:	 а) $W_{sw,on}$ - мощность включения б) $W_{sw,off}$ - мощность выключения в) W_{cond} - мощность проводимости
9. На временной диаграмме изменения мощности силового ключа <i>IGBT</i> в процессе переключения с номером 2 обозначен участок который определяет:	 а) $W_{sw,on}$ - мощность включения б) $W_{sw,off}$ - мощность выключения в) W_{cond} - мощность проводимости
10. На временной диаграмме изменения мощности силового ключа <i>IGBT</i> в процессе переключения с номером 3 обозначен участок который определяет:	 а) $W_{sw,on}$ - мощность включения б) $W_{sw,off}$ - мощность выключения в) W_{cond} - мощность проводимости
11. На временных диаграммах изменения тока и напряжения силового ключа <i>IGBT</i> 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 <i>IGBT</i> 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 <i>IGBT</i> в процессе переключения с номером 3 обозначен участок который определяет:
	а) открытое состояние ключа
	б) процесс выключения
	в) закрытое состояние ключа
	14. На временных диаграммах изменения тока и напряжения силового ключа <i>IGBT</i> 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?

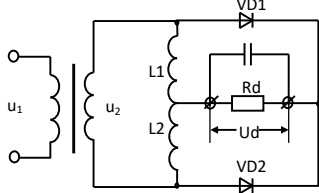
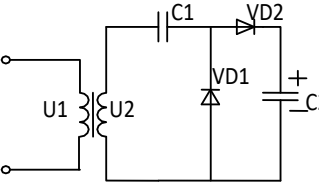
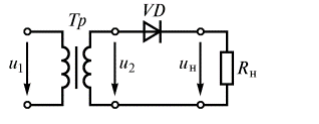
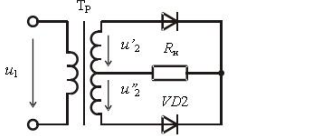
23) Каковы возможности и перспективы развития программируемых интегральных схем?

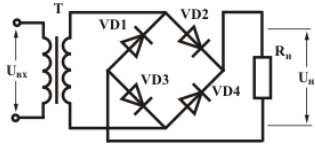
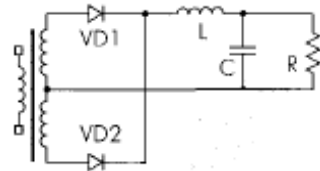
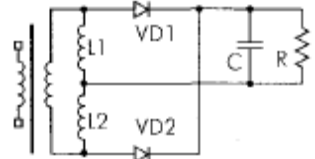
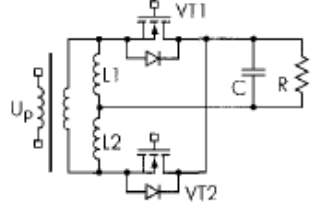
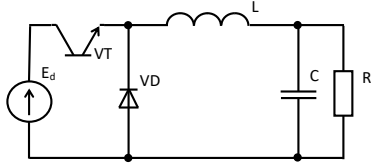
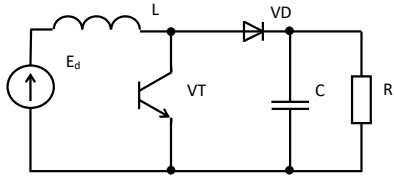
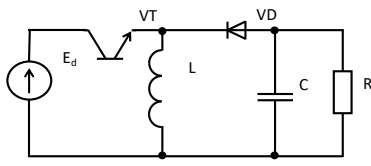
24) Каково значение силовой электроники в развитии возобновляемых источников энергии?

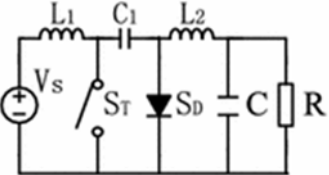
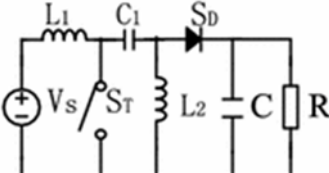
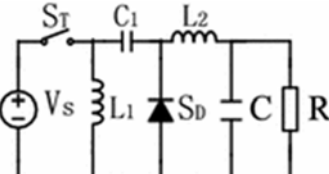
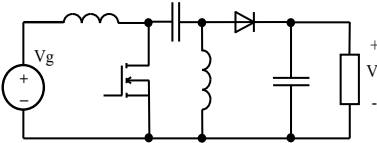
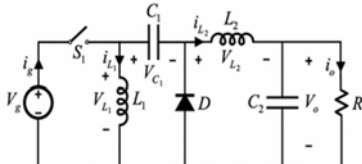
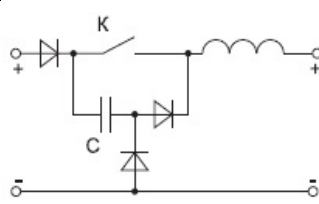
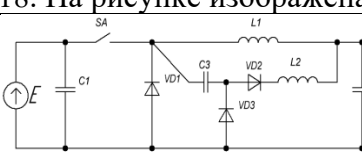
25) Каким образом достигается повышение эффективности преобразования и использования энергии?

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

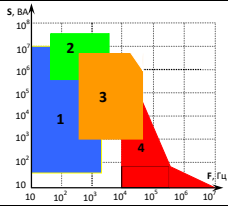
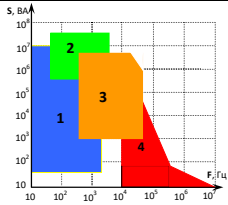
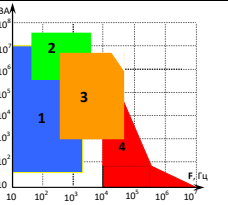
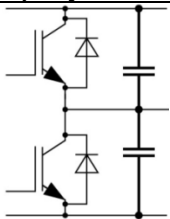
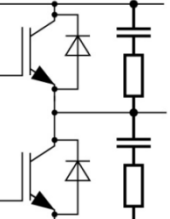
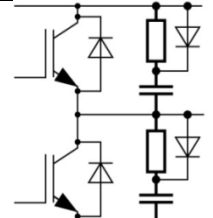
Примеры тестовых заданий коллоквиумов:

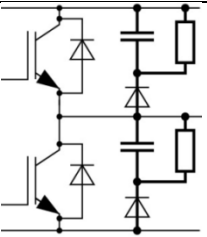
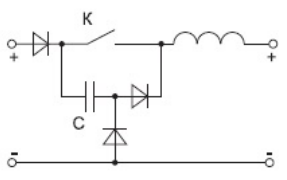
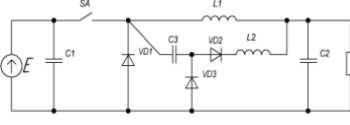
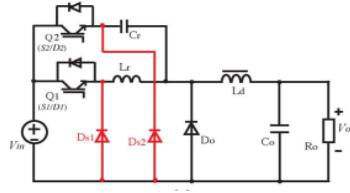
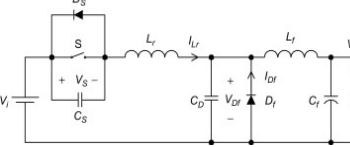
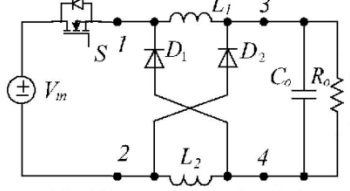
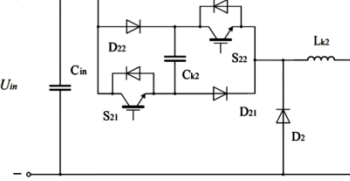
1. На рисунке изображена схема:	
	а) выпрямителя с удвоением ток
	б) выпрямителя с удвоением напряжения
	в) выпрямителя с удвоением мощности
2. На рисунке изображена схема:	
	а) выпрямителя с удвоением ток
	б) выпрямителя с удвоением напряжения
	в) выпрямителя с удвоением мощности
3. На рисунке изображена схема:	
	а) выпрямителя с удвоением ток
	б) выпрямителя с удвоением напряжения
	в) выпрямителя с удвоением мощности
4. На рисунке изображена схема:	
	а) выпрямителя с удвоением ток
	б) выпрямителя с удвоением напряжения
	в) выпрямителя с удвоением мощности

5. На рисунке изображена схема:	
	а) выпрямителя с удвоением ток
	б) выпрямителя с удвоением напряжения
	в) выпрямителя с удвоением мощности
6. На рисунке изображена схема:	
	а) Двухполупериодные выпрямители со средней точкой;
	б) Синхронный выпрямитель с удвоителем тока на МДП-транзисторах;
	в) Двухполупериодные выпрямители с удвоителем тока;
7. На рисунке изображена схема:	
	а) Синхронный выпрямитель с удвоителем тока на МДП-транзисторах;
	б) Двухполупериодные выпрямители со средней точкой;
	г) Двухполупериодные выпрямители с удвоителем тока;
8. На рисунке изображена схема:	
	а) Двухполупериодные выпрямители с удвоителем тока;
	б) Двухполупериодные выпрямители со средней точкой;
	в) Синхронный выпрямитель с удвоителем тока на МДП-транзисторах
9. На рисунке изображена схема:	
	а) понижающего ИППН-1 (Step-down Buck Converter)
	б) повышающего ИППН-2 (Step-up Boost Converter)
	в) инвертирующего ИППН-3 (Inverting Buck-Boost Converter)
10. На рисунке изображена схема:	
	а) понижающего ИППН-1 (Step-down Buck Converter)
	б) повышающего ИППН-2 (Step-up Boost Converter)
	в) инвертирующего ИППН-3 (Inverting Buck-Boost Converter)
11. На рисунке изображена схема:	
	а) понижающего ИППН-1 (Step-down Buck – Converter)
	б) повышающего ИППН-2 (Step-up Boost – Converter)
	в) инвертирующего ИППН-3 (Inverting Buck-Boost Converter)
12. На рисунке изображена схема:	

	а) импульсного преобразователя Кука (<i>Cuk-Converter</i>)
	б) импульсного преобразователя SEPIC (<i>Single - Ended Primary Inductance Converter</i>)
	в) импульсный преобразователь Zeta - Converter
13. На рисунке изображена схема:	
	а) импульсного преобразователя Кука (<i>Cuk-Converter</i>)
	б) импульсного преобразователя SEPIC (<i>Single - Ended Primary Inductance Converter</i>)
	в) импульсный преобразователь Zeta - Converter
14. На рисунке изображена схема:	
	а) импульсного преобразователя Кука (<i>Cuk-Converter</i>)
	б) импульсного преобразователя SEPIC (<i>Single - Ended Primary Inductance Converter</i>)
	в) импульсный преобразователь Zeta - Converter
15. На рисунке изображена схема импульсного преобразователя:	
	а) с инвертирующим выходом (<i>Cuk - Converter</i>)
	б) с неинвертирующим выходом SEPIC (<i>Single Ended Primary Inductance - Converter</i>)
	в) с неинвертирующим выходом (<i>Zeta - Converter</i>)
16. На рисунке изображена схема импульсного преобразователя:	
	а) с инвертирующим выходом (<i>Cuk - Converter</i>)
	б) с неинвертирующим выходом SEPIC (<i>Single Ended Primary Inductance - Converter</i>)
	в) с неинвертирующим выходом (<i>Zeta - Converter</i>)
17. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Виск преобразователя с:	
	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью
	б) регенеративной LDC демпфирующей цепью
	в) активной демпферной ячейкой ASC
	г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC
	д) переключаемой катушкой индуктивности SL
	е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC
18. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Виск преобразователя с:	
	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью
	б) регенеративной LDC демпфирующей цепью
	в) активной демпферной ячейкой ASC
	г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC
	д) переключаемой катушкой индуктивности SL
	е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC
19. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Виск преобразователя с:	
	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью
	б) регенеративной LDC демпфирующей цепью

	в) активной демпферной ячейкой ASC г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC д) переключаемой катушкой индуктивности SL е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC
20. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Виск преобразователя с:	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью б) регенеративной LDC демпфирующей цепью в) активной демпферной ячейкой ASC г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC д) переключаемой катушкой индуктивности SL е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC
21. На рисунке изображена схема:	а) мостового резонансного инвертора напряжения б) мостового инвертора тока в) мостового инвертора напряжения г) каскадного импульсного преобразователя
22. На рисунке изображена схема:	а) мостового резонансного инвертора напряжения б) мостового инвертора тока в) мостового инвертора напряжения г) каскадного импульсного преобразователя
23. На рисунке изображена схема:	а) мостового резонансного инвертора напряжения б); мостового инвертора тока в) мостового инвертора напряжения г) каскадного импульсного преобразователя
24. На рисунке изображена схема:	а) мостового резонансного инвертора напряжения б) мостового инвертора тока в) мостового инвертора напряжения г) каскадного импульсного преобразователя
25. На диаграмме коммутлируемой 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
26. На диаграмме коммутлируемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером 2 занимают силовые ключи типа:	
	а) Тиристор однооперационный SCR

	б) Транзистор <i>MOSFET</i> в) Транзистор <i>IGBT</i> г) Тиристор запираемый <i>GTO</i>
27. На диаграмме коммутуруемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером 3 занимают силовые ключи типа:	
	а) Тиристор однооперационный <i>SCR</i> б) Транзистор <i>IGBT</i> в) Тиристор запираемый <i>GTO</i> г) Транзистор <i>MOSFET</i>
28. На диаграмме коммутуруемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером 4 занимают силовые ключи типа:	
	а) Тиристор однооперационный <i>SCR</i> б) Тиристор запираемый <i>GTO</i> в) Транзистор <i>MOSFET</i> г) Транзистор <i>IGBT</i>
29. На рисунке изображена схема демпферной цепи которая применяется:	
	а) для ограничения скорости нарастания напряжения со снижением добротности паразитного колебательного контура б) для ограничения скорости нарастания напряжения с ограничением разрядного (зарядного) тока в) для ограничения скорости нарастания напряжения без ограничения разрядного (зарядного) тока, г) для защиты от перенапряжений
30. На рисунке изображена схема демпферной цепи:	
	а) для ограничения скорости нарастания напряжения со снижением добротности паразитного колебательного контура б) для ограничения скорости нарастания напряжения с ограничением разрядного (зарядного) тока в) для ограничения скорости нарастания напряжения без ограничения разрядного (зарядного) тока, г) для защиты от перенапряжений
31. На рисунке изображена схема демпферной цепи:	
	а) для ограничения скорости нарастания напряжения со снижением добротности паразитного колебательного контура б) для ограничения скорости нарастания напряжения с ограничением разрядного (зарядного) тока в) для ограничения скорости нарастания напряжения без ограничения разрядного (зарядного) тока, г) для защиты от перенапряжений
32. На рисунке изображена схема демпферной цепи:	
а) для ограничения скорости нарастания напряжения со снижением добротности паразитного колебательного	

	контура б) для ограничения скорости нарастания напряжения с ограничением разрядного (зарядного) тока в) для ограничения скорости нарастания напряжения без ограничения разрядного (зарядного) тока, г) для защиты от перенапряжений
33. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Buck преобразователя с:	
	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью б) регенеративной LDC демпфирующей цепью в) активной демпферной ячейкой ASC г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC д) переключаемой катушкой индуктивности SL е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC
34. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Buck преобразователя с:	
	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью б) регенеративной LDC демпфирующей цепью в) активной демпферной ячейкой ASC г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC д) переключаемой катушкой индуктивности SL е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC
35. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Buck преобразователя с:	
	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью б) регенеративной LDC демпфирующей цепью в) активной демпферной ячейкой ASC г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC д) переключаемой катушкой индуктивности SL е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC
36. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Buck преобразователя с:	
	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью б) регенеративной LDC демпфирующей цепью в) активной демпферной ячейкой ASC г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC д) переключаемой катушкой индуктивности SL е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC
37. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Buck преобразователя с:	
	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью б) регенеративной LDC демпфирующей цепью в) активной демпферной ячейкой ASC г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC д) переключаемой катушкой индуктивности SL е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC
38. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Buck преобразователя с:	
	а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью б) регенеративной LDC демпфирующей цепью в) активной демпферной ячейкой ASC г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC д) переключаемой катушкой индуктивности SL е) ячейкой на переключаемом конденсаторе ER-SWC

6.4 Вопросы для подготовки к экзамену

- 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?

6.5 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Коростелин, А.В. Импульсные источники питания. Элементная база, архитектура и ремонт. — М. СОЛОН-Пресс, 2020. — 392 с. URL: <https://3kl.dontu.ru/mod/resource/view.php?id=98619>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
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. Браун, М. Источники питания. Расчет и конструирование. : Пер. с англ.. — К.: "МК-Пресс", 2007. — 288 с. — URL: <https://3kl.dontu.ru/mod/resource/view.php?id=98617>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
3. Мэк, Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению / Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Додэка-XXI", 2008. — 272 с. — URL: <https://3kl.dontu.ru/mod/resource/view.php?id=98618>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
4. 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> (дата обращения 30.08.2024 г.).
5. 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. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

6. Шустов, М.А. Основы силовой электроники / М.А. Шустов. — Спб.: Наука и Техника, 2017. — 336 с. URL: <https://moodle.dstu.education/mod/resource/view.php?id=98105>. — 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 8.

Таблица 8 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест), оборудованная проектором EPSON EMP-X5 (1 шт.); домашний кинотеатр НТ-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet</i> Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: <i>Компьютерный класс (11 посадочных мест) для групповых и индивидуальных консультаций, организации самостоятельной работы, оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС, доской маркерной магнитной</i> <i>Лаборатория силовой электроники и автоматизированных систем управления (25 посадочных мест) для проведения лабораторных и практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, <u>оборудованная учебной мебелью, специализированными лабораторными стендами, осциллографами, источниками питания, генераторами сигналов и др. специализированным оборудованием</u></i>	ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u> ауд. <u>207</u> корп. <u>3</u> ауд. <u>211</u> корп. <u>3</u>

Лист согласования РПД

Разработал:

Доцент кафедры
электроники и радиофизики
(должность)


(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.)

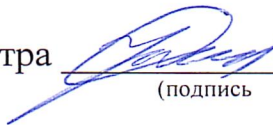
Согласовано

Председатель методической комиссии
по направлению подготовки 11.04.03
Конструирование и технология
электронных средств
(магистерская программа
«Информационные технологии
проектирования электронных устройств»)


(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	