

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:
03474917c4d012283e5ad996c39a7206ff1a017

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

Проектирование устройств силовой электроники

(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 дисциплины является изучение современной элементной базы силовой преобразовательной техники, основных схем, характеристик и методов расчета полупроводниковых преобразователей, используемых для преобразования электрической энергии в системах электропитания промышленных предприятий и автоматизированного электропривода.

Задачи изучения дисциплины: ознакомление обучающихся с современными элементами, их характеристиками и особенностями применения в устройствах силовой преобразовательной техники; изучение схемотехники и функционирования основных классов полупроводниковых преобразователей и направления их развития; изучение и освоение современных средств моделирования, исследования и расчета полупроводниковых преобразователей; приобретение навыков составления моделей устройств СПТ и анализа электромагнитных процессов.

Дисциплина направлена на формирование универсальных компетенций (УК-3), профессиональных компетенций (ПК-3, ПК-4) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит в часть БЛОКА 1, формируемую участниками образовательных отношений (элективные дисциплины) 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: «Современная элементная база промышленной электроники», «Силовая электроника», «Источники вторичного электропитаний», «Электротехнологии в промышленности», «Электронные промышленные устройства»..

В свою очередь, дисциплина «Проектирование устройств силовой электроники» является основой для прохождения 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 предусмотрены лекционные (36 ак.ч.), практические (36 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (108 ак.ч.).

Для заочной формы обучения программой предусмотрены: лекционные (6 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) занятия, самостоятельная работа студента (170 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре для очной, очно-заочной и заочной формы обучения. Форма промежуточной аттестации – экзамен, дифференцированный зачет.

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

Процесс изучения дисциплины «Проектирование устройств силовой электроники» 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 организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3	УК-3.1. Знает методики формирования команд, методы эффективного руководства коллективами; основные теории лидерства и стили руководства УК-3.2. Умеет разрабатывать план групповых и организационных коммуникаций при подготовке и выполнении проекта; сформулировать задачи членам команды для достижения поставленной цели; разрабатывать командную стратегию; применять эффективные стили руководства командой для достижения поставленной цели УК-3.3. Владеет умением анализировать, проектировать и организовывать межличностные, групповые и организационные коммуникации в команде для достижения поставленной цели; методами организации и управления коллективом
Способен выполнять проектирование и конструирование электронных устройств и систем средствами математического и имитационного моделирования на основе владения современными методами расчета и инженерного анализа	ПК-3	ПК-3.1. Знает физические основы работы элементной базы электроники, основные принципы расчета и моделирования принципиальных электрических схем ПК-3.2. Обосновывает выбор целесообразного решения, знает основные проблемы проектирования систем электроснабжения, включая силовую энергоэлектронику; умеет строить модель разрабатываемого устройства на поведенческом и вентильном уровне ПК-3.3. Владеет навыками анализа, синтеза и оптимизации устройств и узлов аналоговой, цифровой и силовой электроники с использованием средств автоматизированного проектирования ПК-3.4. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	ПК-4	ПК-4.1. Знает основные нормативные документы своей профессиональной деятельности; техническую базу электронных компонентов и методы анализа состояния научно-технической проблемы ПК-4.2. Умеет анализировать исходную техническую документацию с целью получения необходимых для проектирования данных ПК-4.3. Умеет ориентироваться в системе государственной стандартизации, использовать различные системы нормативной документации при разработке конструкций модулей электропитания ПК-4.4. Владеет навыками оформления результатов научных исследований - оформление отчёта

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, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену, дифференцированному зачету.

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
		3
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	-	-
Выполнение курсовой работы / проекта	36	36
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	12	12
Домашнее задание (индивидуальное задание)	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	-	-
Аналитический информационный поиск	18	18
Работа в библиотеке	14	14
Подготовка к экзамену	15	15
Промежуточная аттестация – экзамен (Э), дифференцированный зачет (Дз)	Э (2) Дз (2)	Э (2) Дз (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 5 тем:

- тема 1 (Элементы силовых преобразовательных устройств.);
- тема 2 (Полупроводниковые выпрямители и регуляторы переменного напряжений.);
- тема 3 (Автономные инверторы.);
- тема 4 (Импульсные преобразователи постоянного напряжения.);
- тема 5 (Преобразовательные комплексы и системы).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной, заочной формы обучения приведены в таблицах 3, 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	Элементы силовых преобразовательных устройств	Виды преобразователей электрической энергии. Типовые элементы силовой преобразовательной техники, их свойства и характеристики. Методы исследования полупроводниковых преобразователей.	8	Исследование ключевого режима работы IGBT и MOSFET транзисторов	8	-	-
2	Полупроводниковые выпрямители и регуляторы переменного напряжений	Неуправляемые однофазные и трехфазные выпрямители, схемы, электромагнитные процессы и основные характеристики. Управляемые однофазные и трехфазные выпрямители. Схемотехника, электромагнитные процессы и характеристики. Регуляторы переменного напряжения. Схемотехнические решения. Функционирование, основные характеристики.	8	Исследование резонансного инвертора напряжения (частотный способ управления)	8	-	-
3	Автономные инверторы	Классификация автономных инверторов. Схемы и электромагнитные процессы в однофазных автономных инверторах, внешняя и регулировочная характеристика. Способы стабилизации выходного напряжения. Трехфазные инверторы напряжения, схемы и характеристики. Применение инверторов напряжения для управления асинхронными двигателями.	8	Исследование резонансного инвертора напряжения (фазовый способ управления)	8	-	-
4	Импульсные преобразователи постоянного	Классификация импульсных DC/DC преобразователей: неперверсивные и реверсивные; понижающие, повышающие и	8	Исследование резонансного инвертора тока с	8	-	-

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практиче- ских занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	напряжения	универсальные; изолированные и неизо- лированные. Наиболее распространенные типы схем, электромагнитные процессы расчетные соотношения и характеристики.		импульсным регулятором			
5	Преобразова- тельные ком- плексы и систе- мы	Принципы управления. Основные группы защитных функций преобразователей: элек- трические защиты; механические системы; тепловые защиты; алгоритмические защиты и интеллектуальный контроль	4	Исследование резонансного инвертора напряжения с синхронным способом управ- ления	4		
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	Элементы силовых преобразовательных устройств.	Виды преобразователей электрической энергии. Типовые элементы силовой преобразовательной техники, их свойства и характеристики. Методы исследования полупроводниковых преобразователей	1	Исследование ключевого режима работы IGBT и MOSFET транзисторов	0,5	-	-
2	Полупроводниковые выпрямители и регуляторы переменного напряжений.	Неуправляемые однофазные и трехфазные выпрямители, схемы, электромагнитные процессы и основные характеристики. Управляемые однофазные и трехфазные выпрямители. Схемотехника, электромагнитные процессы и характеристики. Регуляторы переменного напряжения. Схемотехнические решения. Функционирование, основные характеристики	1	Исследование резонансного инвертора напряжения (частотный способ управления)	0,5	-	-
3	Автономные инверторы.	Классификация автономных инверторов. Схемы и электромагнитные процессы в однофазных автономных инверторах, внешняя и регулировочная характеристика. Способы стабилизации выходного напряжения. Трехфазные инверторы напряжения, схемы и характеристики. Применение инверторов напряжения для управления асинхронными двигателями	1	Исследование резонансного инвертора напряжения (фазовый способ управления)	1	-	-
4	Импульсные преобразователи постоянного напряжения.	Классификация импульсных DC/DC преобразователей: нереверсивные и реверсивные; понижающие, повышающие и универсальные; изолированные и неизолированные. Наиболее распространенные типы схем, электромагнитные процессы	2	Исследование резонансного инвертора тока с импульсным регулятором.	1	-	-

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практиче- ских занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		расчетные соотношения и характери- сти.					
5	Преобразова- тельные ком- плексы и систе- мы.	Принципы управления. Основные группы защитных функций преобразователей: элек- трические защиты; механические системы; тепловые защиты; алгоритмические защиты и интеллектуальный контроль	1	Исследование резонансного инвертора напряжения с синхронным способом управ- ления	1		
Всего аудиторных часов			6		4	-	

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
УК-3, ПК-3, ПК-4	Экзамен, дифференцированный зачет	Комплект контролирующих материалов для экзамена, дифференцированного зачета

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.

При оценке уровня выполнения курсового проекта, в соответствии с поставленными целями, проверяются следующие знания, умения и навыки:

- знание компонентов дисциплины, использованных при выполнении курсового проекта;

– умение: работать с научной и энциклопедической литературой, справочниками и электронными ресурсами; накапливать и группировать материал; последовательно и грамотно излагать мысли и оформлять выводы; придерживаться формы научного исследования;

– владение современными средствами компьютерных технологий;

– способность самостоятельно создать содержательную презентацию по теме подготовленной курсовой работы.

Следовательно, курсовые проекты, как компонент фонда оценочных средств по дисциплине «Проектная деятельность», позволяют оценить формирование у студентов знаниевую составляющую, определенные экспериментальные умения и ведение информационного поиска, навыки исследовательской деятельности, самостоятельной работы и опыта публичных выступлений.

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 изучают материалы конспекта лекций.

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

В соответствии с номером варианта необходимо:

1. Определить параметры высокочастотных индукционных установок для сквозного нагрева.
2. Выбрать конкретный тип преобразователя с возможностью внедрения его в автоматизированную технологическую линию.
3. Привести схему подключения преобразователя к питающей сети.
4. Определить требования по эксплуатации выбранного оборудования.
5. Предложить рабочие гипотезы по повышению эффективности эксплуатации выбранного оборудования.

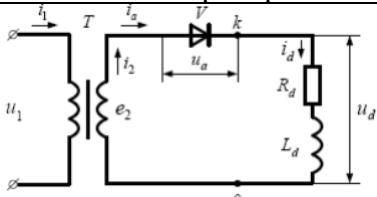
Таблица 7 – Варианты индивидуального задания

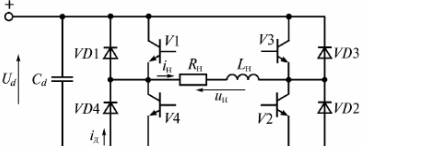
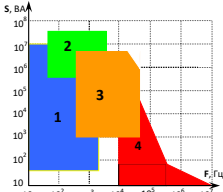
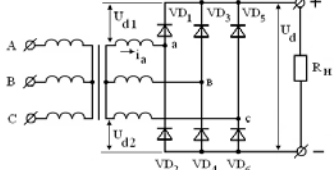
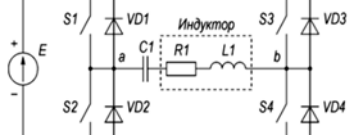
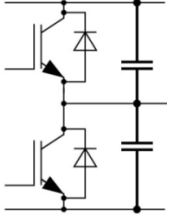
№ вар.	Тип материала	Технологический процесс	Размеры заготовки		Время тех. процесса, t (с)
			диаметр, D (мм)	длина, L (мм)	
1	Алюминий	Горячая штамповка	2-20	$2.5 \cdot D$	10
2	Сталь магнитная	Нормализация	1-10	$3 \cdot D$	15
3	Алюминий	Снятие напряжений	4-40	$3.5 \cdot D$	20
4	Латунь	Упрочнение поверхности	3-30	$4 \cdot D$	25
5	Медь	Горячая штамповка	1-10	$4.5 \cdot D$	30
6	Латунь	Нормализация	5-50	$5 \cdot D$	10
7	Сталь магнитная	Снятие напряжений	2-20	$2.5 \cdot D$	15
8	Алюминий	Упрочнение поверхности	1-10	$3 \cdot D$	20
9	Латунь	Горячая штамповка	2-20	$3.5 \cdot D$	25
10	Медь	Нормализация	3-30	$4 \cdot D$	30
11	Латунь	Снятие напряжений	2-20	$3 \cdot D$	10
12	Сталь магнитная	Упрочнение поверхности	1-10	$3.5 \cdot D$	15
13	Алюминий	Горячая штамповка	4-40	$4 \cdot D$	20
13	Медь	Нормализация	3-30	$4.5 \cdot D$	25
14	Латунь	Снятие напряжений	1-10	$5 \cdot D$	30
15	Сталь магнитная	Упрочнение поверхности	5-50	$2.5 \cdot D$	10
16	Алюминий	Горячая штамповка	2-20	$3 \cdot D$	15
17	Медь	Нормализация	1-10	$3.5 \cdot D$	20
18	Латунь	Снятие напряжений	2-20	$4 \cdot D$	25
19	Сталь магнитная	Упрочнение поверхности	3-30	$4.5 \cdot D$	30
20	Алюминий	Горячая штамповка	2-20	$5 \cdot D$	40

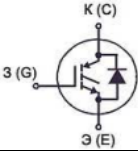
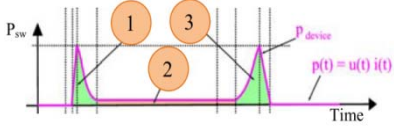
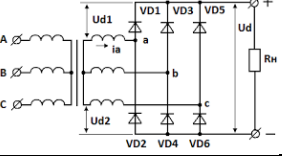
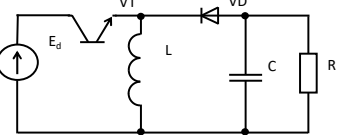
6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Примеры тестовых заданий к коллоквиумам:

Вариант №1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	В качестве устройств в силовой электронике не используются	а) диоды б) тиристоры в) транзисторы г) трансформаторы
2	В основе однооперационного тиристора лежит	а) однослойная структура в) трехслойная структура б) двухслойная структура г) четырехслойная структура
3	В каком режиме может находиться биполярный транзистор в зависимости от приложенного к переходам напряжения. Выберите один или несколько вариантов ответов:	а) индуктивном б) инверсном в) отсечки г) импульсном
4	Транзистор – это	а) полупроводниковый полностью управляемый прибор с тремя и более выводами б) полупроводниковый полностью управляемый прибор с двумя и более выводами в) полупроводниковый частично управляемый прибор с тремя и более выводами г) полупроводниковый частично управляемый прибор с двумя и более выводами
5	Схема какого преобразователя приведена на рисунке 	а) выпрямителя б) инвертора тока в) инвертора напряжения г) импульсного преобразователя
6	Мощность потерь обратного восстановления диода равна:	а) отношению частоты коммутации и энергии прямого восстановления б) произведению энергии прямого восстановления и частоты коммутации в) отношению энергии обратного восстановления и частоты коммутации г) произведению энергии обратного восстановления и частоты коммутации
7	Стабилизатор напряжения, в котором регулирующий элемент работает в ключевом режиме называется	а) импульсным б) периодическим в) синхронным г) волновым

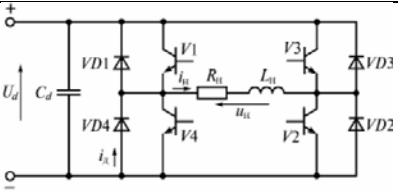
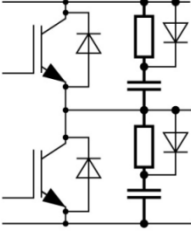
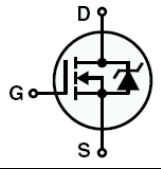
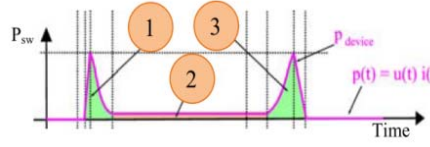
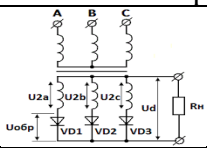
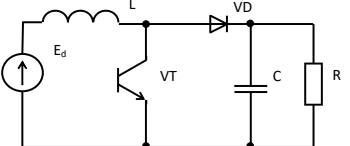
8	Схема какого преобразователя приведена на рисунке 	а) выпрямителя б) инвертора тока в) инвертора напряжения г) импульсного преобразователя
9	Какой стабилизатор переменного напряжения состоит из двух дросселей?	а) широтно - импульсный б) фазоимпульсный в) электронный г) феррорезонансный
10	На диаграмме коммутруемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером 4 занимают силовые ключи типа: 	а) Тиристороднооперационный SCR б) Тиристор запираемый GTO в) Транзистор MOSFET г) Транзистор IGBT
11	На рисунке изображен принцип управления Корректором Коэффициента Мощности: 	а) управление по пиковому значению тока б) метод разрывных токов с ШИМ в) управление по среднему значению тока
12	На рисунке изображена схема: 	а) трёхфазного мостового выпрямителя б) трёхфазного мостового выпрямителя с ККМ в) трёхфазного мостового выпрямителя VIENNA
13	На рисунке изображена схема: 	а) мостового резонансного инвертора напряжения б) мостового инвертора тока в) мостового инвертора напряжения г) каскадного импульсного преобразователя
14	На рисунке изображена схема демпферной цепи предназначенная . . . 	а) для ограничения скорости нарастания напряжения со снижением добротности паразитного колебательного контура б) для ограничения скорости нарастания напряжения с ограничением разрядного) тока в) для ограничения скорости нарастания напряжения без ограничения разрядного (зарядного) тока, г) для защиты от перенапряжений
15	На современном этапе развития производства силовых полупроводниковых приборов наиболее перспективной считается технология производства на основе:	Ответ:
16	По международной классификации, УГО какого силового ключа изображено на рисунке :	

		Ответ:
17	На временной диаграмме изменения мощности силового ключа <i>IGBT</i> в процессе переключения с номером 3 обозначен участок который определяет мощность: 	Ответ:
18	Для представленной схемы выпрямителя при значении фазного напряжения вторичной обмотки трансф-ра 220В, напряжение нагрузки будет иметь значение $U_d = \dots$ В 	Ответ:
19	Для представленной схемы ИППН коэффициент преобразования $k_{np} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$ при значении коэффициента заполнения равного $D=0.5$ будет иметь значение $k_{np} = \dots$ 	Ответ:
20	Как влияет увеличение частоты переключения импульсного регулятора на его массу и габариты, при одинаковых значениях пульсации тока и напряжения?	Ответ:

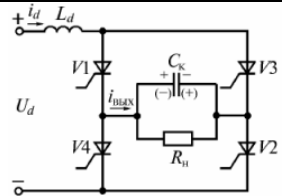
Вариант №2

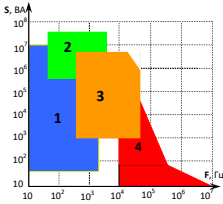
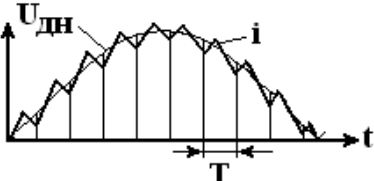
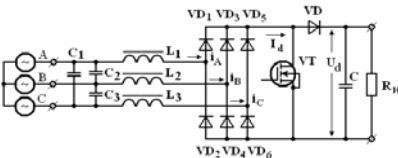
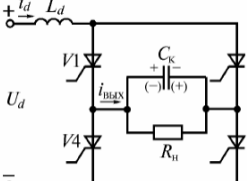
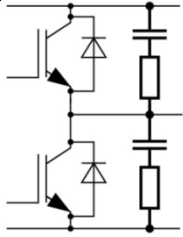
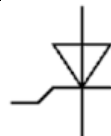
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	В основе биполярного транзистора лежит	а) однослойная структура б) двухслойная структура в) трехслойная структура г) четырехслойная структура
2	Время восстановления обратного сопротивления для диодов общего назначения достигает	а) от 15 до 25 мкс б) от 25 до 100 мкс в) от 100 до 250 мкс г) от 10 до 50 мкс
3	В режиме отсечки биполярный транзистор можно заменить	а) источником тока эмиттера, управляемого током базы б) источником тока коллектора, управляемого током базы в) замкнутым ключом г) разомкнутым ключом
4	Идеальный диод переходит в замкнутое состояние, если:	а) напряжение на аноде больше, чем напряжение на катоде б) ток на аноде меньше, чем ток на катоде в) ток на аноде больше, чем ток на катоде

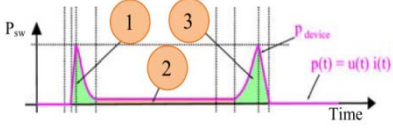
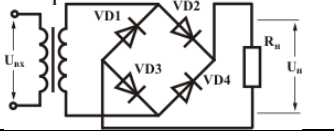
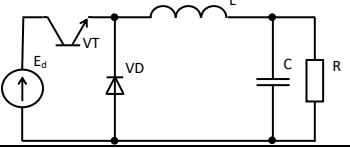
		d) напряжение на аноде меньше, чем напряжение на катоде
5	Силовым диодом называется	a) полупроводниковый управляемый прибор с тремя выводами b) полупроводниковый управляемый прибор с двумя выводами c) полупроводниковый неуправляемый прибор с тремя выводами d) полупроводниковый неуправляемый прибор с двумя выводами
6	Обязательным элементов импульсных источников питания является электронный...	a) усилитель b) ключ c) интегратор d) модулятор
7	Преобразователь электрической энергии, позволяющий получать на выходе напряжение, находящееся в заданных пределах при больших колебаниях входного напряжения, называется...	a) выпрямителем b) усилителем c) стабилизатором d) компенсатором
8	Основная функция силового диода:	a) преобразование постоянного сигнала b) выпрямление переменного сигнала c) ослабление переменного сигнала
9	Что такое статические потери?	a) Потери, обусловленные протеканием тока в силовых ключах; b) Потери, обусловленные переключением силовых ключей схемы; c) Потери, обусловленные статическим напряжением.
10	На диаграмме коммутационной мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером 3 занимают силовые ключи типа:	a) Тиристор однооперационный SCR b) Транзистор IGBT c) Тиристор запираемый GTO d) Транзистор MOSFET
11	На рисунке изображен принцип управления Корректором Коэффициента Мощности:	a) управление по пиковому значению тока b) метод разрывных токов с ШИМ c) управление по среднему значению тока
12	На рисунке изображена схема:	a) трёхфазного мостового выпрямителя b) трёхфазного мостового выпрямителя с ККМ c) трёхфазного мостового выпрямителя VIENNA
13	На рисунке изображена схема:	a) мостового резонансного инвертора напряжения b) мостового инвертора тока c) мостового инвертора напряжения d) каскадного импульсного преобразователя

		
14	На рисунке изображена схема демпферной цепи предназначенная . . .  а) для ограничения скорости нарастания напряжения со снижением добротности паразитного колебательного контура б) для ограничения скорости нарастания напряжения с ограничением разрядного тока в) для ограничения скорости нарастания напряжения без ограничения разрядного (зарядного) тока, г) для защиты от перенапряжений	
15	Аббревиатура ZVS обозначает коммутацию (переключение) транзистора при нулевом ... ?	Ответ:
16	По международной классификации, УГО какого силового ключа изображено на рисунке 	Ответ:
17	На временной диаграмме изменения мощности силового ключа IGBT в процессе переключения с номером 2 обозначен участок который определяет мощность: 	Ответ:
18	Для представленной схемы выпрямителя при значении фазного напряжения вторичной обмотки транс-ра 220В, напряжение нагрузки будет иметь значение $U_d = \dots$ В 	Ответ:
19	Для представленной схемы ИППН коэффициент преобразования $k_{np} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$ при значении коэффициента заполнения равного $D=0.5$ будет иметь значение. $k_{np} = \dots$ 	Ответ:
20	Как соотносится КПД импульсного регулятора к КПД линейного регуляторов?	Ответ:

Вариант №3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	В основе полупроводникового диода лежит	а) однослойная структура б) двухслойная структура в) трехслойная структура г) четырехслойная структура
2	При переходе в закрытое состояние мощность потерь в силовом диоде	а) плавно уменьшается б) не изменяется в) резко увеличивается г) резко уменьшается
3	Коэффициент насыщения биполярного транзистора прямо пропорционален	а) току базы в насыщенном режиме б) току базы в граничном режиме в) току коллектора в насыщенном режиме
4	В режиме лавинного пробоя силового диода:	а) резко увеличивается обратный ток при незначительном изменении обратного напряжения б) резко увеличивается обратный ток при резком изменении обратного напряжения в) незначительно увеличивается обратный ток при незначительном изменении обратного напряжения г) незначительно увеличивается обратный ток при резком изменении обратного напряжения
5	Электрический пробой силового диода возникает, когда:	а) прямое напряжение увеличивается сверх установленного порога б) обратное напряжение уменьшается ниже установленного порога в) обратное напряжение увеличивается сверх установленного порога г) прямое напряжение уменьшается ниже установленного порога
6	Полупроводниковый диод с малым падением напряжения при прямом включении, названный в честь немецкого физика?	а) диод Шоттки б) диод Шокли в) диод Ганна г) диод Зенера
7	Схема какого преобразователя приведена на рисунке 	а) выпрямителя б) инвертора тока в) инвертора напряжения г) импульсного преобразователя
8	Преобразователь электрической энергии, позволяющий получать на выходе напряжение, находящееся в заданных пределах при значительных колебаниях сопротивления нагрузки, называется...	а) инвертором б) выпрямителем в) стабилизатором г) конвертором
9	Что такое динамические потери?	а) Потери, обусловленные изменением входного напряжения стабилизатора; б) Потери, обусловленные переключением сило-

		вых ключей схемы; с) Потери, обусловленные изменением тока нагрузки.
10	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 с) Транзистор IGBT д) Транзистор MOSFET
11	На рисунке изображен принцип управления Корректором Коэффициента Мощности: 	а) управление по пиковому значению тока б) метод разрывных токов с ШИМ с) управление по среднему значению тока
12	На рисунке изображена схема: 	а) трёхфазного мостового выпрямителя б) трёхфазного мостового выпрямителя с ККМ с) трёхфазного мостового выпрямителя VIENNA
13	На рисунке изображена схема: 	а) мостового резонансного инвертора напряжения б) мостового инвертора тока с) мостового инвертора напряжения д) каскадного импульсного преобразователя
14	На рисунке изображена схема демпферной цепи предназначенная . . . 	а) для ограничения скорости нарастания напряжения со снижением добротности паразитного колебательного контура б) для ограничения скорости нарастания напряжения с ограничением разрядного (зарядного) тока с) для ограничения скорости нарастания напряжения без ограничения разрядного (зарядного) тока, д) для защиты от перенапряжений
15	Аббревиатура ZCS обозначает коммутацию (переключение) транзистора при нулевом ...?	Ответ: . . .
16	По международной классификации, УГО какого силового ключа изображено на рисунке : 	Ответ: . . .
17	На временной диаграмме изменения мощности силового ключа IGBT в процессе переключения с номером 1 обозначен участок который определяет мощность:	

		Ответ: . .
18	Для представленной схемы выпрямителя при значении напряжения нагрузки 36В определить значение напряжения вторичной обмотки $U_2 = \dots$ В 	Ответ:
	Для представленной схемы ИППН коэффициент преобразования $k_{np} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$ при значении коэффициента заполнения равного $D=0.5$ будет иметь значение. $k_{np} = \dots$	
19		Ответ:
20	Стабилизатор напряжения, в котором регулирующий элемент работает в ключевом режиме называется	Ответ:

6.4 Вопросы для подготовки к экзамену

- 1) Как классифицируются диоды: типы, вольтамперная характеристика?
- 2) Поясните, что представляют собой однооперационные тиристоры: типы, вольтамперная характеристика, паспортные параметры (время включения и выключения, di/dt , dU/dt , время восстановления управляемости).
- 3) Поясните, что представляют собой запираемые тиристоры, какие существуют их типы и характеристики?
- 4) Поясните, что представляют собой IGBT- транзисторы, какие они имеют параметры и характеристики?
- 5) Опишите схемы, функционирование, основные характеристики и основные расчетные соотношения однофазного выпрямителя с нулевой точкой трансформатора.
- 6) Поясните, что представляет собой трёхфазный выпрямитель с нулевым выводом: схема, особенности функционирования, недостатки.
- 7) Приведите схему, функционирование и основные характеристики трехфазного мостового выпрямителя.
- 8) Поясните, что представляет собой однофазный мостовой управляемый выпрямитель: схема, регулировочная характеристика, формирование регулируемого выпрямленного напряжения.
- 9) Опишите принцип действия C, L и LC-фильтров.
- 10) Опишите работу однофазного выпрямителя с C, L и LC-фильтром.
- 11) Поясните, что представляет собой управляемый трехфазный мостовой выпрямитель: схема, формирование выпрямленного напряжения, влияние индуктивностей рассеяния трансформатора на форму выпрямленного напряжения.

12) Какие существуют основные расчетные соотношения для трехфазной мостовой схемы выпрямления. Приведите регулировочные характеристики трехфазного выпрямителя. Как зависит амплитуда гармоник от угла управления?

13) Какие существуют энергетические показатели выпрямителей?

14) Поясните, что представляют собой выпрямители с нулевыми диодами: схема, кривые напряжений и токов в схеме с нулевой точкой трансформатора, функция нулевого диода.

15) Поясните, что представляет собой однофазный параллельный автономный инвертор тока (АИТ): схема, функционирование, кривые тока и напряжения на нагрузке, векторная диаграмма. Приведите коэффициент загрузки, внешние и входные характеристики.

16) Поясните, что представляет собой однофазный последовательный АИТ: схема, векторная диаграмма, семейство внешних характеристик, основные соотношения.

17) Поясните, что представляет собой однофазный последовательно-параллельный АИТ: схема, векторная диаграмма, зависимость угла записания β , выходного напряжения инвертора и напряжения на нагрузке от коэффициента загрузки B , основные соотношения.

18) Поясните, что представляют собой трехфазные АИТ: схема, временные диаграммы токов и напряжений на нагрузке и тиристорах.

19) Поясните, что представляют собой стабилизированные АИТ с выпрямителями обратного тока, схемы и характеристики.

20) АИТ с тиристорно-реакторным регулятором: схема и функционирование.

21) Поясните, что представляет собой инвертор с диодно-реакторным компенсатором: схема, внешние характеристики, особенности функционирования.

22) Поясните, что представляют собой резонансные инверторы, классификация, принципы функционирования.

23) Поясните, что представляют собой резонансные инверторы с открытым входом: схемы, функционирование, формы токов и напряжений.

24) Поясните, что представляет собой резонансные инверторы с диодами обратного тока: схемы, функционирование, временные диаграммы токов и напряжений, области применения.

25. Поясните, что представляет собой транзисторные резонансные инверторы: схемы, диаграммы токов и напряжений?

26. Поясните, что представляет собой однофазный автономный инвертор тока (АИН): схема, временные диаграммы токов и напряжений, основные характеристики, способы улучшения выходного напряжения?

27. Поясните, что представляет собой трёхфазный АИН: схема, временные диаграммы импульсов управления, форма токов и напряжений в нагрузке.

28. Какие существуют способы повышения качества выходного напряжения АИН? Каковы принципы формирования сигналов управления при ШИМ и АИМ?

29. Поясните, что представляет собой регуляторы переменного напря-

жения с фазным способом регулирования: схемы, функционирование, временные диаграммы, входной коэффициент сдвига и коэффициент мощности?

30) Поясните, что представляют собой широтно-импульсные регуляторы переменного напряжения: схемы, принципы функционирования, временные диаграммы токов и напряжений, требуемая элементная база?

31) Поясните, что представляют собой повышающие и повышающе-понижающие регуляторы переменного напряжения: схемы, функционирование, временные диаграммы токов и напряжений.

32) Объясните принцип действия регулятора Кука: схема, функционирование, основные характеристики.

33) Приведите классификацию регуляторов постоянного напряжения (импульсные преобразователи): схемы, особенности функционирования, основные характеристики.

34) Что лежит в основе построения регуляторов переменного тока?

35) Поясните в чем особенности управления тиристорами по сравнению с транзисторами.

36) Чем определяется выбор ключевого элемента схемы?

37) Какие справочные данные по силовым ключам являются основными?

38) Какие бывают виды силовых ключей с интегрированной системой защиты?

39) Приведите тепловые характеристики полупроводниковых ключей.

40) Какие бывают режим работы ключей в схемах?

6.5 Примерная тематика курсовых работ

Проблемы повышения энергоэффективности электротехнологических комплексов с технологиями высокочастотного индукционного нагрева в значительной степени решаются при проектировании высокочастотных полупроводниковых преобразователей за счет более полного использования свойств современной элементной базы как силовой, так и информационной электроники.

Целями курсового проекта являются:

- развитие навыков самостоятельной работы в области науки, изучаемой в курсе,
- развитие навыков работы с научной и технической литературой,
- приобретение опыта практического использования теоретических материалов курса,
- углубление знаний по основам курса.

Задание на выполнение курсового проекта должно удовлетворять следующим требованиям:

- широкий охват теоретических разделов курса,
- использование вычислительной техники.

В процессе выполнения курсового проекта «Разработка преобразователя частоты для установок индукционного нагрева» студенту необходимо в соответствии с номером варианта из таблицы 8, на основе анализа техниче-

ского задания и обзора литературы необходимо выполнить:

Выбрать или синтезировать ряд структурных и принципиальных схем, позволяющих реализовать поставленное перед ним задание. Далее реализуется электрическая принципиальная схема, содержащая силовую часть и систему управления. На основании принципиальной схемы и задания производится расчет и выбор всех элементов принципиальной схемы. Далее разрабатывается имитационная модель и с ее помощью осуществляется моделирование режимов работы разработанной схемы. Результаты имитационного моделирования представляются в виде временных диаграмм и графических зависимостей параметров и величин определяющих эффективность работы разрабатываемого устройства.

Таблица 8 – Варианты задания

№ в-та	Напряжение сети U_c (В)	Мощность нагрузки P_n (кВт)	Резонансная частота F_0 (кГц)	Добротность Q	Индуктивность индуктора L_n (мкГн)
1	220 (1 фаз.)	2.2	200	5	4
2	220 (1 фаз.)	4.5	200	5	8
3	380 (3 фаз.)	9	200	5	16
4	380 (3 фаз.)	22	50	5	24
5	380 (3 фаз.)	45	50	10	32
6	380 (3 фаз.)	90	50	10	24
7	380 (3 фаз.)	160	15	10	16
8	380 (3 фаз.)	300	15	10	8
9	380 (3 фаз.)	600	15	20	4
10	220 (1 фаз.)	2.2	440	20	24
11	220 (1 фаз.)	4.5	440	20	16
12	380 (3 фаз.)	9	440	20	8
13	380 (3 фаз.)	22	75	10	4
14	380 (3 фаз.)	45	75	10	32
15	380 (3 фаз.)	90	75	10	4
16	380 (3 фаз.)	160	25	10	8
17	380 (3 фаз.)	300	25	5	16
18	380 (3 фаз.)	600	25	5	24
19	220 (1 фаз.)	2.2	350	5	4
20	220 (1 фаз.)	4.5	350	5	8

Общим для всех проектов являются следующие данные.

1. Требуется гальваническая развязка выходных цепей на уровне 1000 В действующего значения.
2. Климатическое исполнение – УХЛ, максимальная температура окружающей среды – 40 град. С, нормальное атмосферное давление – 760

мм.рт.ст., влажность – 75%.

3. По умолчанию нет режима короткого замыкания, но возможен режим холостого хода.

4. Необходимо обеспечить входные защитные и фильтрующие цепи.

5. Необходимо обеспечить защиту силовых ключей от превышения тока и перегрева.

Типовая структура курсового проекта состоит из следующих частей:

1. Введение
2. Техническое задание
3. Анализ технического задания и обзор литературы по данной теме
4. Выбор и обоснование структурной схемы
5. Выбор принципиальной схемы
6. Расчет элементов принципиальной схемы
7. Имитационное моделирование
8. Представление результатов моделирования
9. Заключение.
10. Приложение (при необходимости представляются основные справочные данные выбранных элементов)
11. Список литературы

Общий объем курсового проекта составляет 30 – 50 стр.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник и практикум для вузов / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов ; под редакцией Ю. К. Розанова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 206 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9440-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489539> (дата обращения 30.08.2024 г.).

2. 1. Решетников, А. Н. Основы систем автоматизированного проектирования устройств силовой электроники : учебно-методическое пособие / А. Н. Решетников, Е. А. Косых. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2022. — 46 с. — ISBN 978-5-7782-4641-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/126511.html> (дата обращения: 30.08.2024).

Дополнительная литература

2. Мелешин, В. И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников. — Москва : Техносфера, 2011. — 576 с. — ISBN 978- 5-94836-260-1. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://iprsmart.ru/36873.html> (дата обращения: 12.06.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

1. Забродин, Ю.С. Промышленная электроника : учебник для вузов / Ю. С. Забродин. - 2-е изд., стер. - Москва: Альянс, 2008. – 496 с. 2) Розанов, Ю.К. Силовая электроника : учебник для вузов / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк. - 2-е изд., стер. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. – 632

2. Браун, М. Источники питания. Расчет и конструирование. : Пер. с англ.. — К.: "МК-Пресс", 2007. — 288 с. — URL: <https://moodle.dstu.education/mod/resource/view.php?id=98617>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — 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://moodle.dstu.education/mod/resource/view.php?id=98103>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

4. 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 9.

Таблица 9 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест)</i> Проектор EPSON EMP-X5 (1 шт.); Домашний кинотеатр HT-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet	ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u>
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: <i>Компьютерный класс (11 посадочных мест)</i> 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	ауд. <u>207</u> корп. <u>3</u>
<i>Лаборатория преобразовательной и микропроцессорной техники (25 посадочных мест)</i> 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. <u>203</u> корп. <u>3</u>

Лист согласования РПД

Разработали:

Доцент кафедры
электроники и радиофизики
(должность)



(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

Ст.преп. кафедры
электроники и радиофизики
(должность)



(подпись)

А.В. Еремина
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	