

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:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70b593d7

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

Схемотехника источников питания

(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 изучение основных принципов проектирования современных источников питания с учетом таких важных характеристик, как энергоэффективность, срок службы, электромагнитная совместимость, масса и габариты, стоимость.

Задачи изучения дисциплины: изучение схемотехники и функционирования современных импульсных преобразователей электрической энергии; изучение и освоение современных средств моделирования, исследования и расчета импульсных преобразователей электрической энергии.

Дисциплина направлена на формирование профессиональных компетенций (ПК-2, ПК-3) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит в часть БЛОКА 1, формируемую участниками образовательных отношений 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: «Схемотехника аналоговых устройств», «Схемотехника цифровых устройств», «Основы силовой преобразовательной техники», «Электронные силовые преобразовательные устройства», изученных в рамках предыдущего уровня образования, а также дисциплин: «Современная элементная база промышленной электроники», «Проблемы обеспечения электромагнитной совместимости электронных устройств».

В свою очередь, дисциплина «Схемотехника источников питания» является основой для изучения дисциплин: «Проектирование управляющих систем силовой электроники», «Проектирование устройств силовой электроники», для прохождения ознакомительной практики (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)).ю 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.). Дисциплина изучается во 2 семестре. Для заочной формы обучения предусмотрены лекционные (6 ак. ч.), практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (170 ак. ч.). Дисциплина изучается во 2 семестре.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

Процесс изучения дисциплины «Схемотехника источников питания» 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 делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	ПК-2	ПК-2.1. Знает принципы проведения анализа полноценности и эффективности экспериментальных исследований ПК-2.2. Умеет анализировать литературные и патентные источники при разработке изделий микро- и нанoeлектроники, подготавливать научные публикации на основе результатов исследований ПК-2.3. Владеет навыками подготовки научных публикаций и заявок на изобретения
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 вентельном 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

4 Объём и виды занятий по дисциплине

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

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, 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 компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 4 темы:

- тема 1 (Базовые преобразователи источников питания);
- тема 2 (Топологии импульсных преобразователей постоянного напряжения);
- тема 3 (Элементная база источников питания);
- тема 4 (Методы "мягкого" переключения силового ключа).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы 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.
2-й семестр							
1	Базовые преобразователи источников питания	Введение. Энергетические показатели устройств силовой электроники. Энергетические показатели качества электромагнитных процессов. Энергетические показатели качества использования элементов устройства и устройства в целом. Классификация и особенности преобразовательных устройств постоянного и переменного тока (выпрямители, импульсные преобразователи постоянного напряжения (ИППН), автономные инверторы.	8	Расчетные соотношения для ИППН-1, ИППН-2, ИППН-3	8	-	-
2	Топологии импульсных преобразователей постоянного напряжения	Классификация топологий ИППН, неизолированные импульсные преобразователи понижающие ИППН-1 (<i>buck</i>), повышающие ИППН-2(<i>boost</i>) инвертирующие (понижающе-повышающие (<i>buck-boost</i>)) ИППН-3, изолированные импульсные преобразователи, топологии импульсных преобразователей Cuk, Zeta, Sepic и т.д..	8	Расчетные соотношения импульсных преобразователей Cuk, Zeta, Sepic.	8	-	-
3	Элементная база источников питания	Обзор современных полупроводниковых приборов силовой электроники. Силовые полупроводниковые диоды, транзисторы MOSFET и IGBT. Потери энергии в силовых полупроводниковых приборах (СПП). Тепловые процессы в СПП.	8	Расчет допустимого тока и допустимой перегрузки по току СПП.	8	-	-

№ 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.
4	Методы "мягкого" переключения силового ключа	Классификация методов "мягкого" переключения силового ключа. Формирование траектории переключения СПП. Защита СПП от перегрузок по току и перенапряжений. Классификация методов "мягкого" переключения силового ключа, применение пассивных и активных цепей для обеспечения "мягкой" коммутации.	12	Расчетные соотношения пассивных и активных цепей для обеспечения "мягкой" коммутации.	12	-	-
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.
2-й семестр							
1	Базовые преобразователи источников питания.	Введение. Энергетические показатели устройств силовой электроники. Энергетические показатели качества электромагнитных процессов. Энергетические показатели качества использования элементов устройства и устройства в целом. Классификация и особенности преобразовательных устройств постоянного и переменного тока (выпрямители, импульсные преобразователи постоянного напряжения (ИППН), автономные инверторы.	1	Расчетные соотношения для ИППН-1, ИППН-2, ИППН-3	1	-	-
2	Топологии импульсных преобразователей постоянного напряжения	Классификация топологий ИППН, изолированные импульсные преобразователи понижающие ИППН-1 (<i>buck</i>), повышающие ИППН-2 (<i>boost</i>) инвертирующие понижающе-повышающие ИППН-3 (<i>buck-boost</i>), изолированные импульсные преобразователи, топологии импульсных преобразователей Cuk, Zeta, Sepic и т.д..	1	Расчетные соотношения импульсных преобразователей Cuk, Zeta, Sepic.	1	-	-
3	Элементная база источников питания.	Обзор современных полупроводниковых приборов силовой электроники. Силовые полупроводниковые диоды, транзисторы MOSFET и IGBT. Потери энергии в силовых полупроводниковых приборах (СПП). Тепловые процессы в СПП.	2	Расчет допустимого тока и допустимой перегрузки по току СПП.	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.
4	Методы "мягкого" переключения силового ключа	Классификация методов "мягкого" переключения силового ключа. Формирование траектории переключения СПП. Защита СПП от перегрузок по току и перенапряжений. Классификация методов "мягкого" переключения силового ключа, применение пассивных и активных цепей для обеспечения "мягкой" коммутации.	2	Расчетные соотношения пассивных и активных цепей для обеспечения "мягкой" коммутации.	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
ПК-2, ПК-3	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

1. В соответствии с вариантом задания выполнить аналитический обзор.
 2. Привести силовую схему импульсного регулятора постоянного напряжения (ИРПН). Рассчитайте и выберите элементы силовой части схемы. Предложите способ управления таким ИРПН. Опишите принцип действия этих схем, иллюстрируя ответ временными диаграммами токов и напряжений.

3. Выполнить необходимые расчеты.

Рассчитать значения напряжений на входе и выходе преобразователя, а также напряжение прикладываемое к диоду в закрытом состоянии при известных значениях напряжений на транзисторе и коэффициенте преобразования.

Рассчитать коэффициент заполнения, а также времена импульса и паузы которые необходимо сформировать с помощью системы управления.

Рассчитать средние значения токов накопительной индуктивности, транзистора и диода при известной мощности в нагрузке.

Рассчитать значения накопительной индуктивности для граничного режима протекания тока а также значения входной и выходной сглаживающих емкостей для обеспечения требуемой пульсации.

4. Выполнить моделирование.

В среде имитационного моделирования OrCad 9.1 собрать модель разрабатываемого преобразователя, убедиться в правильности выполненных расчетов проанализировав электромагнитные процессы протекающие в преобразователе. Добавить в модель разрабатываемого преобразователя снабберную LDC цепь., по временным диаграммам сделать анализ электромагнитных процессов.

Сохранить в отчет схему модели а также временные диаграммы напряжения, тока и мощности элементов схемы.

Таблица 7 – Варианты индивидуального задания

№ п/п	Темы аналити- ческого обзора	Схема ИППН	Мощ- ность нагрузки (кВт)	Напря- жение ключа (В)	Коэф- фици- ент преоб- разова- ния	Частота преоб- разова- ния (кГц)	Пульсация (%)	
							$\Delta U_{вх}$	$\Delta U_{вых}$
1	1	ИППН-1	5	100	0.3	40	10	0.1
2	2	ИППН-2	10	300	1.5	50	20	0.5
3	3	ИППН-3	20	500	- 0.5	70	40	1.0
4	4	ИППН-1	25	700	0.4	20	70	2.0
5	5	ИППН-2	30	100	2.5	30	110	2.5
6	6	ИППН-3	35	300	- 0.7	40	10	3.0
7	7	ИППН-1	5	500	0.5	50	20	3.5
8	1	ИППН-2	10	700	3.5	60	40	4.0
9	2	ИППН-3	20	100	- 1.0	20	70	4.5
10	3	ИППН-1	25	300	0.3	30	110	5.0
11	4	ИППН-2	30	500	1.5	40	10	0.1
12	5	ИППН-3	35	700	- 0.5	50	20	0.5
13	6	ИППН-1	5	100	0.4	70	40	1.0
14	7	ИППН-2	10	300	3	20	70	2.0
15	1	ИППН-3	20	500	- 0.7	30	110	2.5
16	2	ИППН-1	25	700	0.5	40	10	3.0
17	3	ИППН-2	30	100	2.5	50	20	3.5
18	4	ИППН-3	35	300	- 1.0	60	40	4.0
19	5	ИППН-1	5	500	0.3	20	70	4.5
20	6	ИППН-2	10	700	1.5	30	110	5.0

Примечания: I – понижающий ИРПН; II – повышающий ИРПН;
III – инвертирующий ИРПН.

Темы аналитического обзора

- 1) Топологии импульсных преобразователей Cuk, Zeta, Sepic и т.д..
- 2) Комбинированные топологии импульсных преобразователей.
- 3) Синхронные преобразователи (выпрямители, инверторы, конверторы).
- 4) Преобразователи с "мягкой" коммутацией силовых ключей.

5) Применение пассивных и активных цепей для обеспечения "мягкой" коммутации.

6) Применение импедансных и квазиимпедансных звеньев в импульсных преобразователях.

7) Применение резонансных и квазирезонансных преобразователей для обеспечения "мягкой" коммутации.

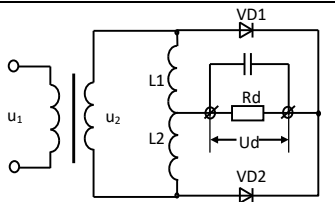
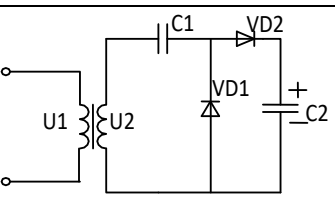
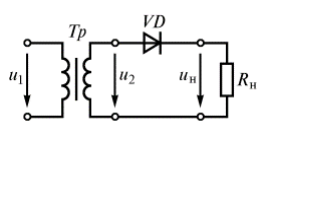
Рекомендации:

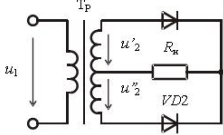
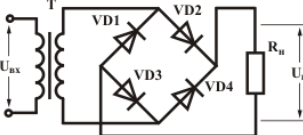
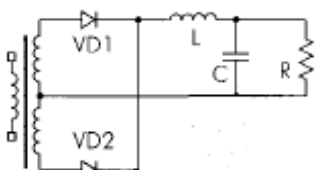
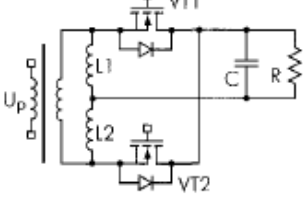
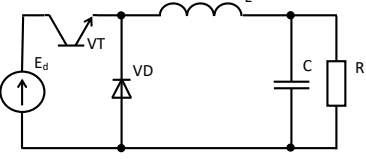
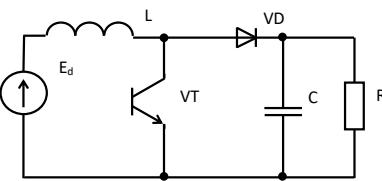
- временные диаграммы входного и выходного напряжений и токов представить на интервале всего времени моделирования равном (50..100)Т;
- временные диаграммы накопительной индуктивности, транзистора и диода представить на конечном интервале времени моделирования (2..3)Т;
- временные диаграммы мощности представить в логарифмическом масштабе;

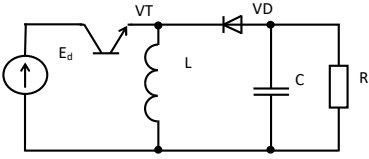
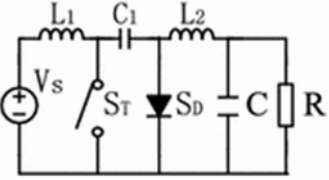
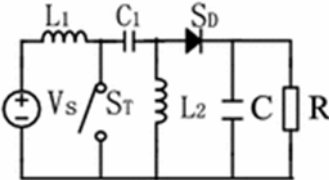
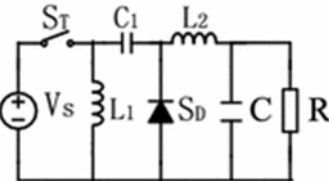
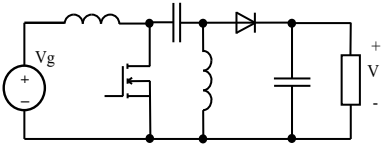
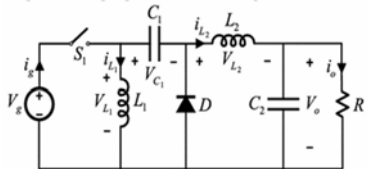
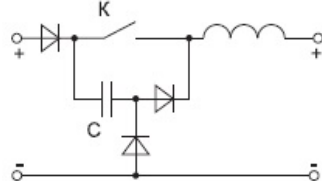
Параметры снабберных элементов (индуктивности L_S и емкости C_S) рассчитать для выбранного значения коэффициента снабберной цепи и для минимального времени импульса $t_p=0.1T$

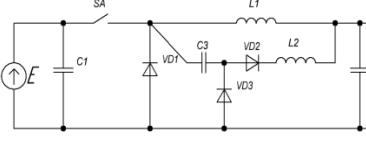
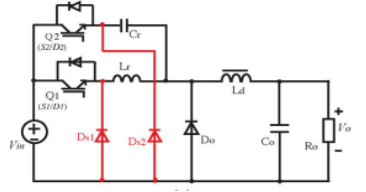
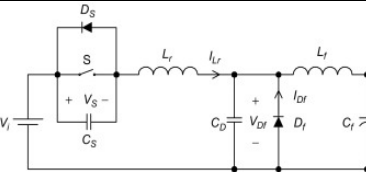
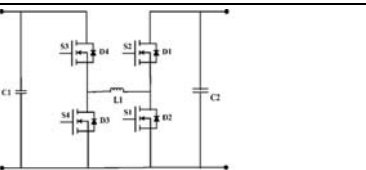
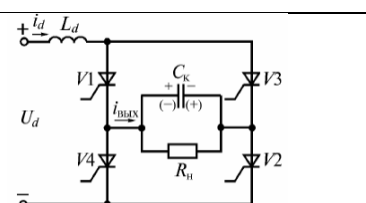
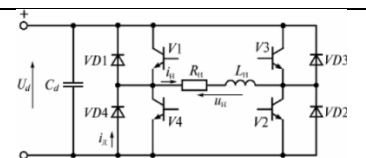
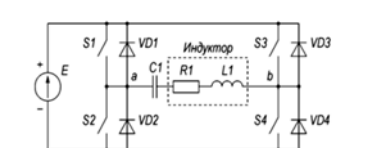
6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Примеры тестовых заданий коллоквиумов:

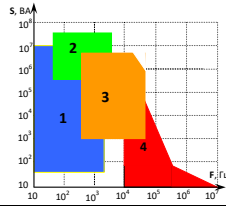
1. На рисунке изображена схема:	
	а) выпрямителя с удвоением ток
	б) выпрямителя с удвоением напряжения
	в) выпрямителя с удвоением мощности
2. На рисунке изображена схема:	
	а) выпрямителя с удвоением ток
	б) выпрямителя с удвоением напряжения
	в) выпрямителя с удвоением мощности
3. На рисунке изображена 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 (Cuk–Converter)
	б) импульсного преобразователя SEPIC (Single - Ended Primary Inductance Converter)
	в) импульсный преобразователь Zeta - Converter
13. На рисунке изображена схема:	
	а) импульсного преобразователя Кука (Cuk–Converter)
	б) импульсного преобразователя SEPIC (Single - Ended Primary Inductance Converter)
	в) импульсный преобразователь Zeta - Converter
14. На рисунке изображена схема:	
	а) импульсного преобразователя Кука (Cuk–Converter)
	б) импульсного преобразователя SEPIC (Single - Ended Primary Inductance Converter)
	в) импульсный преобразователь Zeta - Converter
15. На рисунке изображена схема импульсного преобразователя:	
	а) с инвертирующим выходом (Cuk – Converter)
	б) с неинвертирующим выходом SEPIC (Single Ended Primary Inductance – Converter)
	в) с неинвертирующим выходом (Zeta - Converter)
16. На рисунке изображена схема импульсного преобразователя:	
	а) с инвертирующим выходом (Cuk – Converter)
	б) с неинвертирующим выходом SEPIC (Single Ended Primary Inductance – Converter)
	в) с неинвертирующим выходом (Zeta - Converter)
17. 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

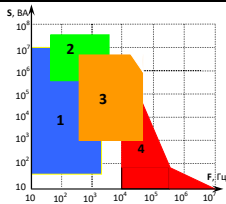
	18. На рисунке изображена схема DC-DC понижающего Виск преобразователя с: а) диодно-конденсаторной DC демпфирующей цепью б) регенеративной LDC демпфирующей цепью в) активной демпферной ячейкой ASC г) мультирезонансным переключателем типа ZVS-MRC д) переключаемой катушкой индуктивности SL е) ячейкой на 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: 	
	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: 	

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



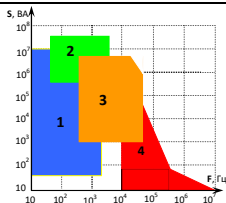
- а) Тиристор однооперационный *SCR*
- б) Тиристор запираемый *GTO*
- в) Транзистор *IGBT*
- г) Транзистор *MOSFET*

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



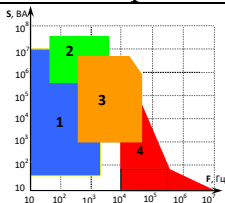
- а) Тиристор однооперационный *SCR*
- б) Транзистор *MOSFET*
- в) Транзистор *IGBT*
- г) Тиристор запираемый *GTO*

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



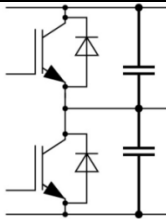
- а) Тиристор однооперационный *SCR*
- б) Транзистор *IGBT*
- в) Тиристор запираемый *GTO*
- г) Транзистор *MOSFET*

28. На диаграмме коммутуруемой мощности различных силовых ключей от частоты, область с номером 4 занимают силовые ключи типа:



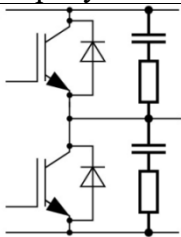
- а) Тиристор однооперационный *SCR*
- б) Тиристор запираемый *GTO*
- в) Транзистор *MOSFET*
- г) Транзистор *IGBT*

29. На рисунке изображена схема демпферной цепи которая применяется:

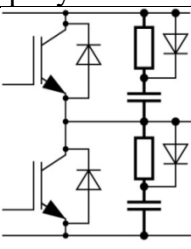
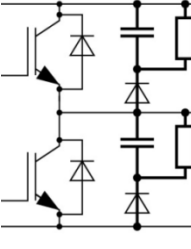
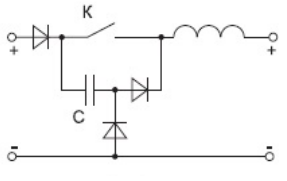
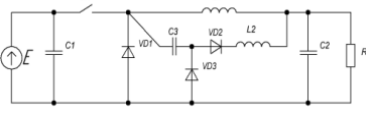
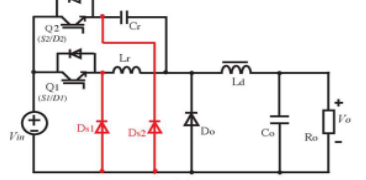
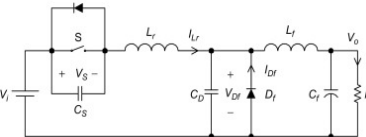


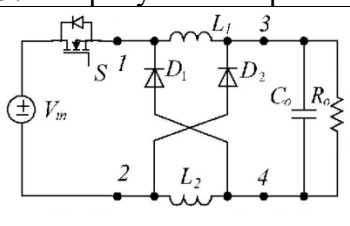
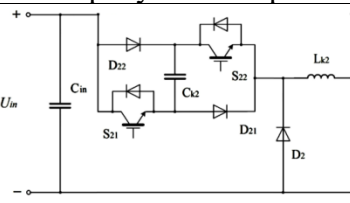
- а) для ограничения скорости нарастания напряжения со снижением добротности паразитного колебательного контура
- б) для ограничения скорости нарастания напряжения с ограничением разрядного (зарядного) тока
- в) для ограничения скорости нарастания напряжения без ограничения разрядного (зарядного) тока,
- 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 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
34. 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
35. 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
36. 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

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
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

Тема 1. Базовые преобразователи источников питания

- 1) Назовите основные типы преобразователей, которые могут входить в состав современных вторичных источников питания.
- 2) Перечислите энергетические показатели устройств силовой электроники.
- 3) Поясните, для чего в источниках питания применяются выпрямители.
- 4) Проведите сравнение характеристик основных схем однофазных выпрямителей.
- 5) По каким основным показателям проводится сравнение различных схем выпрямителей?
- 6) Когда возникает в выпрямителях режим прерывистого тока?
- 7) Как влияют коммутационные процессы на форму кривых напряжений и токов выпрямителей?
- 8) Какие виды перенапряжений возникают в процессе работы полупроводниковых вентилях?
- 9) Что представляет собой внешняя характеристика выпрямителя?
- 10) Как определяется приведенное к выпрямителю сопротивление нагрузки?
- 11) Какие виды нагрузки можно выделить при анализе работы выпрямителя?
- 12) Какие приняты допущения при выводе параметров основных схем выпрямителей?
- 13) Нарисуйте временные диаграммы однофазного мостового выпрямителя для различных типов нагрузки.
- 14) Что представляет собой коэффициент выпрямления схемы и как он определяется опытным путем?
- 15) Чем отличаются выходные характеристики выпрямителя при его совместной работе с емкостным и индуктивным фильтрами?

Тема 2. Топологии импульсных преобразователей постоянного напряжения

- 16) Поясните принцип действия импульсного преобразователя, его преимущества и недостатки.
- 17) Объясните устройство и принцип действия схемы активного корректора коэффициента мощности.
- 18) Объясните область применения, устройство и принцип действия схемы автономного инвертора напряжения.
- 19) Объясните область применения, устройство и принцип действия схемы автономного инвертора тока
- 20) Объясните область применения, устройство и принцип действия схемы автономного резонансного инвертора.
- 21) Объясните устройство и принцип действия понижающего (buck) ИППН-1.
- 22) Объясните устройство и принцип действия повышающего (boost) ИППН-2.
- 23) Объясните устройство и принцип действия инвертирующего (buck-boost) ИППН-3.
24. Объясните устройство и принцип действия преобразователя Cuk.
25. Объясните устройство и принцип действия преобразователя Zeta.
- 23) Объясните устройство и принцип действия преобразователя Sepic.
- 26) Перечислите основные способы управления ИППН, их преимущества и недостатки.
- 27) Объясните принцип регулирования выходных параметров ИППН при широтно-импульсной модуляции.
- 28) Объясните принцип регулирования выходных параметров ИППН при частотно-импульсной модуляции.
- 29) Объясните устройство и принцип действия схемы обратного преобразователя постоянного напряжения.
- 30) Объясните устройство и принцип действия схемы прямого преобразователя постоянного напряжения.

Тема 3. Элементная база источников питания

- 31) Объясните, чем отличается вид выходной ВАХ выпрямительного диода и быстродействующего диода.
- 32) Объясните вид выходной ВАХ транзистора IGBT.
- 33) Объясните вид выходной ВАХ транзистора MOSFET.
- 34) Как протекают процессы включения и выключения диода?
- 35) Как протекают процессы включения и выключения IGBT транзистора?
- 36) Как протекают процессы включения и выключения MOSFET транзистора?
- 37) Назовите основные типы СПП, применяемых в источниках питания.
- 38) Чем определяются потери энергии в СПП?

- 39) Как определяется допустимый ток СПП?
- 40) Для чего применяется групповое соединение СПП: последовательное, параллельное, смешанное?

Тема 4. Методы "мягкого" переключения силового ключа

- 41) Какие выделяют виды коммутации СПП?
- 42) Объясните от чего зависит и как определяется время коммутации и энергия потерь включения IGBT транзистора.
- 43) Объясните от чего зависит и как определяется время коммутации и энергия потерь выключения IGBT транзистора.
- 44) Объясните от чего зависит и как определяется время коммутации и энергия потерь включения MOSFET транзистора.
- 45) Объясните от чего зависит и как определяется время коммутации и энергия потерь выключения MOSFET транзистора.
- 46) Как определяются потери проводимости IGBT транзистора?
- 45) Как определяются потери проводимости MOSFET транзистора?
- 46) Как определяются потери проводимости диода?
- 47) Как определяются потери переключения диода?
- 48) Каким образом осуществляется формирование траектории переключения СПП?
- 49) Перечислите основные схемы снабберных цепей, их назначение и принцип действия.
- 50) Объясните назначение и основные функции драйверов СПП.

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. 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.
2. 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.
3. Белоус А.И. Полупроводниковая силовая электроника / А.И. Белоус, С.А. Ефименко, А.С. Турцевич. — Москва: Техносфера, 2013. — 216 с. — URL: <https://djuv.online/file/2Y48izlg7vdVE> (дата обращения 30.08.2024 г.).
4. Зеленцов В. И. Полупроводниковые преобразователи энергии: Учеб. пособие / В.И. Зеленцов, О.С. Сусенко. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. унта, 2005. — 59 с. — URL: https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/23132/1/Zelentsov_Susenko_2005.pdf. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
5. Шустов, М.А. Основы силовой электроники / М.А. Шустов. — Спб.: Наука и Техника, 2017. — 336 с. URL: <https://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>	ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u>
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: <i>Лаборатория преобразовательной и микропроцессорной техники (25 посадочных мест) для проведения практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, оборудованная учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС</i>	ауд. <u>203</u> корп. <u>3</u>

Лист согласования РПД

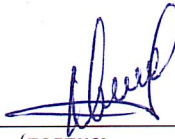
Разработали:

Доцент кафедры
электроники и радиофизики
(должность)


(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой
электроники и радиофизики

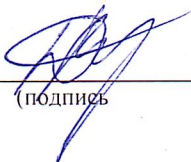

(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электроники и радиофизики

от 30.08.2024 г.

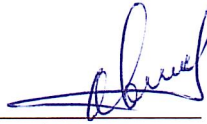
И.о. декана факультета
информационных технологий и
автоматизации производственных
процессов


(подпись)

В.В. Дьячкова
Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической комиссии
по направлению подготовки 11.04.03
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	