

1. АННОТАЦИЯ
к рабочей программе дисциплины
Б1.О.21 Силовая электроника
Трудоемкость 6 з.е.

1.1. Цель освоения и краткое содержание дисциплины

Основной целью дисциплины является формирование у студентов прочной теоретической базы по характеристикам и принципу действия силовых электронных приборов, классификации, принципам действия и основным электромагнитным процессам в полупроводниковых преобразователях энергии, основным областям применения устройств силовой электроники, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией устройств силовой электроники.

Для достижения поставленной цели необходимо научить студентов:

- понимать и использовать характеристики силовых электронных приборов;
- основным алгоритмам управления, применяемым в силовых электронных устройствах;
- правильно классифицировать полупроводниковые преобразователи электрической энергии и описывать основные электромагнитные процессы;
- самостоятельно проводить расчеты по определению параметров и характеристик устройств силовой электроники;
- самостоятельно проводить элементарные испытания электронных преобразователей энергии.

Краткое содержание дисциплины: Данная дисциплина относится к базовой части ОПОП направления по направлению подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника».

Основные определения. Классификация силовых электронных устройств. Основные виды силовых ключей. Схемы управления (драйверы). Область безопасной работы. Защита силовых электронных ключей формированием траекторий переключения. Особенности работы трансформаторов и реакторов на повышенных частотах. Потери мощности и способы их снижения. Выбор типа конденсаторов в устройствах силовой электроники. Охлаждение силовых электронных приборов. Основные схемы выпрямления. Принципы действия, расчетные соотношения для элементов силовой техники. Коммутация и режимы работы выпрямителей, характеристики. Гармонический состав выпрямленного напряжения и первичных токов. КПД и коэффициент мощности. Работа на емкостную нагрузку и противо-ЭДС. Входные и выходные фильтры. Инверторы, ведомые сетью, характеристики и режимы работы. Расширение областей работы (обеспечение работы в 4-х квадрантах комплексной плоскости параметров по стороне переменного тока). Резонансные инверторы. Автономные инверторы и преобразователей частоты. Структурные схемы управления. Базовые структуры импульсных преобразователей – регуляторов постоянного тока. Электронные ключи с квазирезонансной коммутацией и их применением в преобразователях постоянного тока. Области применения силовой электроники. Коммутационные аппараты. Электропривод постоянного и переменного токов. Светотехника. Электротехнология. Агрегаты бесперебойного питания. Вторичные источники электропитания.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения программы (содержание и коды компетенций)	Наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-4 Способен использовать методы анализа и	ОПК-4.1 - Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей	знать: классификацию, назначение, основные схемотехнические решения

моделирования электрических цепей и электрических машин	постоянного и переменного тока; ОПК-4.2 - Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока; ОПК-4.3 - Применяет знания основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами; ОПК-4.4 - Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств; ОПК-4.5 - Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик; ОПК-4.6 - Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов	устройств силовой электроники и понимать принцип действия и особенности применения силовых полупроводниковых приборов, особенности их конструкции, основные уравнения процессов, схемы замещения и характеристики и понимать принцип действия и алгоритмы управления в электронных преобразователях электрической энергии, уметь: использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию, испытаниям и эксплуатации устройств силовой электроники, ставить и решать простейшие задачи моделирования силовых электронных устройств; владеть: навыками элементарных расчетов и испытаний силовых электронных преобразователей.
---	--	---

1.3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Индекс	Наименование дисциплины	Семестр изучения	Индексы и наименования учебных дисциплин (модулей), практик	
			на которые опирается содержание данной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной дисциплины (модуля) выступает опорой
Б1.О.21	Силовая электроника	7,8	Б1.О.15 Физика Б1.О.14 Математика Б1.О.18 Теоретические основы электротехники Б1.О.20 Электрические машины	Б2.В.04(Пд) Производственная преддипломная практика

1.4. Язык преподавания: русский.

2. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Выписка из учебного плана:

Код и название дисциплины по учебному плану	Б1.О.21 Силовая электроника	
Курс изучения	4	
Семестр(ы) изучения	7,8	
Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Экзамен	
Расчетно-графическая работа, семестр выполнения	7,8	
Трудоемкость (в ЗЕТ)	6 ЗЕТ	
Трудоемкость (в часах) (сумма строк №1,2,3), в т.ч.:	216	
№1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (КР), в часах:	Объем аудиторной работы, в часах	В т.ч. с применением ДОТ или ЭО1, в часах
Объем работы (в часах) (1.1.+1.2.+1.3.):	97	
1.1. Занятия лекционного типа (лекции)	15/24	
1.2. Занятия семинарского типа, всего, в т.ч.:	58	
- семинары (практические занятия, коллоквиумы т.п.)	15/12	
- лабораторные работы	15/12	
- практикумы	-	
1.3. КСР (контроль самостоятельной работы, консультации)	2/2	
№2. Самостоятельная работа обучающихся (СРС) (в часах)	34/31	
№3. Количество часов на экзамен (при наличии экзамена в учебном плане)	27/27	

3. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

3.1. Распределение часов по разделам и видам учебных занятий

Тема	Всего часов	Контактная работа, в часах									Часы СРС
		Лекции	из них с применением ЭО и ДОТ	Семинары (практические занятия, коллоквиумы)	из них с применением ЭО и ДОТ	Лабораторные работы	из них с применением ЭО и ДОТ	Практикумы	из них с применением ЭО и ДОТ	КСР (консультации)	
Тема 1. Введение. Классификация базовых устройств современной электроники	16	3		3		3					7
Тема 2. Элементная база полупроводниковой техники	22	4		4		4				1	9
Тема 3. Основы цифровой электроники	22	4		4		4				1	9
Тема 4. Цифровые интегральные микросхемы	21	4		4		4					9
Экзамен	27										27
Итого за 7 семестр	108	15		15		15				2	34 (27)
Тема 5. Усилители, источники тока	17	6		2		2					7
Тема 6. Операционные усилители	18	6		2		2					8
Тема 7. Генераторы и активные фильтры	23	6		4		4				1	8
Тема 8. Преобразовательная техника (силовые преобразователи напряжения и тока)	23	6		4		4				1	8
Экзамен	27										27
Итого за 8 семестр	108	24		12		12				2	31 (27)

3.2. Содержание тем программы дисциплины

1. Введение. История развития и применения силовой полупроводниковой техники. Общие понятия.
2. Основные схемы выпрямления. Принцип действия и основные соотношения параметров однофазных однополупериодных выпрямителей при работе на активную нагрузку
3. Работа однофазных двухполупериодных выпрямителей дифференциального и мостового типа на активно-индуктивную нагрузку
4. Принцип действия, основные соотношения параметров трехфазных мостовых и со средней точкой (схемы Ларионова и Миткевича), управляемых выпрямителей на активно-индуктивную нагрузку
5. Выпрямители с активно-емкостной нагрузкой
6. Работа выпрямителей на противоЭДС
7. Управляемые выпрямители с биполярными тиристорами, включенными на первичной стороне трансформатора
8. Внешние и регулировочные характеристики управляемых выпрямителей
9. Сглаживающие фильтры выпрямленного напряжения
10. Инверторы, ведомые сетью. Процессы и основные соотношения в одно- и двухполупериодных инверторах
11. Узлы принудительной коммутации. Способы коммутации
12. Автономные инверторы тока (АИТ). Принцип действия и процессы, протекающие в АИТ. Их разновидности
13. Автономные инверторы напряжения (АИН). Процессы, протекающие в АИН
14. Резонансные инверторы последовательного и параллельного типа. Принцип работы, основные соотношения параметров
15. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока
16. Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ) с естественной коммутацией
17. НПЧ с искусственной коммутацией тиристорov
18. Тиристорные регуляторы переменного тока с естественной и принудительной коммутацией тиристорov
19. Широтно-импульсные преобразователи постоянного тока:
 - а) понижающего типа
 - б) повышающего типа
 - в) инвертирующего типа. Электромагнитные процессы, основные соотношения
20. Элементы и принципы построения систем фазоимпульсного управления выпрямителями и инверторами
21. Аварийные режимы инверторов

3.3. Формы и методы проведения занятий, применяемые учебные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются традиционные технологии наряду с активными и интерактивными технологиями.

Лекции – передача учебной информации от преподавателя к студентам, как правило с использованием компьютерных и технических средств, направленная в основном на приобретение студентами новых теоретических и фактических знаний.

Практические занятия – систематизация теоретических и фактических знаний в определенном контексте (подготовка и презентация материала по определенной теме, обсуждение ее, формулирование выводов и заключения), направленная в основном на приобретение новых фактических знаний и теоретических умений..

Самостоятельная работа - изучение студентами теоретического материала, подготовка к лекциям, лабораторным работам, практическим и семинарским занятиям, оформление конспектов лекций, написание рефератов, отчетов, курсовых работ, проектов, работа в электронной образовательной среде и др. для приобретения новых теоретических и фактических знаний, теоретических и практических умений.

Проблемное обучение – стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы

Дискуссионные методы реализуются в виде диалога участников на тему проблемных вопросов распределения доходов и расходных обязательств по уровням бюджетов.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Содержание СРС

№	Наименование раздела (темы) дисциплины	Вид СРС	Трудоемкость (в часах)	Формы и методы контроля
1	Введение. Классификация базовых устройств современной электроники	Изучение материала Выполнение практических работ Выполнение расчетно-графических работ	7	Экзамен Практические занятия Расчетно-графическая работа
2	Элементная база полупроводниковой техники		9	
3	Основы цифровой электроники		9	
4	Цифровые интегральные микросхемы		9	
5	Усилители, источники тока		7	
6	Операционные усилители		8	
7	Генераторы и активные фильтры		8	
8	Преобразовательная техника (силовые преобразователи напряжения и тока)		8	
	Всего часов		65	

Виды промежуточного контроля успеваемости по данной дисциплине следующие:

- выполнение и защита расчетно-графических работ:

1) «Расчет однофазного мостового управляемого выпрямителя для электропривода». (7 семестр);

2) «Расчет тиристорного преобразователя в схеме управления асинхронного двигателя» (8 семестр).

- выполнение практических работ.

Итоговый контроль проводится в виде экзамена в 7,8 семестре.

Пример расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа 7 семестр:

Тема: «Расчет однофазного мостового управляемого выпрямителя для электропривода»

Задача №1

По исходным данным, приведенным в таблице 1, определить падение напряжения на сопротивлении нагрузки U_R , ток в цепи I , сопротивление диода постоянному току R_0 и дифференциальное сопротивление $r_{диф}$. Цепь состоит из источника напряжения E , резистора R и диода VD . Рабочая точка находится на прямой ветви диода. Привести схему.

Таблица 1

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$E, В$	5	4	10	3	6	6	3	10	4	5
$R, кОм$	1	2	2	0,5	2	1	2	3	2	1,5
	Предпоследняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Обратный ток насыщения диода $I_0, мкА$	25	5	30	10	10	5	30	5	25	20
Температура $T, К$	300	293	293	300	298	300	300	300	298	293

Задача №2

Транзистор включен в усилительный каскад по схеме с общим эмиттером (рис. 1). Каскад питается от одного источника с напряжением E . Для подачи смещения в цепь базы используется гасящий резистор. Характеристики транзистора изображены на рисунке 2. Исходные данные: постоянная составляющая тока базы $I_{б0}$, амплитуда переменной составляющей тока базы $I_{мб}$, сопротивление резистора нагрузки R_n , а также максимально допустимая мощность, рассеиваемая коллектором $P_{кmax}$ приведены в таблице 2. Требуется:

- 1) построить линию $P_{кmax}$;
- 2) по входным характеристикам (рис. 2, а) найти: постоянную составляющую тока коллектора $I_{к0}$, постоянную составляющую напряжения коллектор-эмиттер $U_{кэ0}$, амплитуду переменной составляющей тока коллектора $I_{мк}$, амплитуду выходного напряжения $U_{мк} = U_{мкэ}$, коэффициент усиления по току K_I , выходную мощность $P_{вых}$, мощность, рассеиваемую на нагрузке постоянной составляющей тока коллектора P_{R0} , полную потребляемую мощность коллекторной цепи P_0 , КПД коллекторной цепи η . Проверить, не превышает ли мощность, выделяемая на коллекторе в режиме покоя $P_{к0}$, максимально допустимую мощность $P_{кmax}$;
- 3) с помощью выходных характеристик (рис. 2, б) определить: напряжение смещения $U_{бэ0}$, амплитуду выходного сигнала $U_{мбэ}$, входную мощность $P_{вх}$, коэффициенты усиления по напряжению K_U и по мощности K_P , входное сопротивление каскада $R_{вх}$, сопротивление резистора $R_б$ и емкость разделительного конденсатора C_p . Диапазон усиливаемых колебаний $80 \text{ Гц} - 5 \text{ кГц}$.

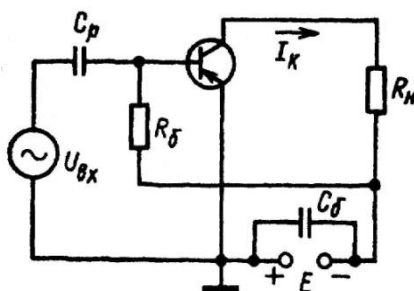


Рис. 1. Усилительный транзисторный каскад

Таблица 2

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$E, \text{ В}$	9	12	14	16	18	17	15	13	11	9
$R_n, \text{ кОм}$	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3
	Предпоследняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$I_{б0}, \text{ мА}$	0,2	0,7	0,5	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
$P_{кmax}, \text{ мВт}$	130	150	140	130	160	150	160	150	130	130
$I_{мб}, \text{ мА}$	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Общие положения и требования по выполнению РГР

Выполнение расчетно-графических работ предусмотрено учебным планом подготовки и имеет следующие цели:

- а) закрепление и углубление теоретических знаний, полученных на предусмотренных учебным планом видах занятий;
- б) формирование умений самостоятельно решать задачи по расчету показателей объекта изучения дисциплины с обоснованием применяемых при этом теоретических положений и анализом полученных результатов;
- в) формирование инженерного мышления, необходимого для исследования существующих и перспективных систем электроэнергетики и электротехники.

Общая характеристика задания на РГР

Задание на расчетно-графическую работу имеет практический характер и предусматривает расчеты показателей объекта изучения дисциплины с использованием различных способов и методов по индивидуальным исходным данным.

Каждый студент выполняет свой индивидуальный вариант задания. Выполненная и оформленная в соответствии с требованиями работа представляется студентом на проверку

преподавателю в срок, не позднее установленного в графике контрольных точек СРС. По результатам проверки преподавателем назначается допуск к защите работы, с целью выявления степени самостоятельности выполнения задания, уровня освоенности материала, уровня сформированности компетенций или выдачи рекомендаций для устранения имеющихся в работе недостатков. В случае не допуска, выполненная на оценку «неудовлетворительно» РГР возвращается для доработки и исправления ошибок студенту.

При обнаружении факта выполнения не своего варианта задания преподаватель имеет право изменить вариант работы и потребовать от студента его выполнения в полном объеме.

Основополагающим в оценивании выполненной РГР является уровень ее защиты.

Критерии оценки:

Индикаторы	Характеристика выполнения и защиты РГР	Количество набранных баллов
ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3; ОПК-3.4; ОПК-3.5; ОПК-3.6	- РГР сдана в срок, - оформление соответствует требованиям ГОСТ ЕСКД, - имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных, - практическое задание решено правильно, с обоснованием применяемых теоретических положений и сопровождается необходимым анализом и интерпретацией полученных результатов; - теоретическая взаимосвязь с практической частью освещена в полном объеме, глубоко, с использованием различных источников научно-технической информации. - при защите указывается взаимосвязь выполненных расчетов с последующими, четко обосновывается выполненный расчет; - при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений - на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы	17-20, «отлично»
	- РГР сдана в срок, - оформление соответствует требованиям ГОСТ ЕСКД, - имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных, - в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования; - при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в целом правильно; - четко обосновывается выполненный расчет; - при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений - на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты	13-16,9, «хорошо»
	- РГР сдана в срок, - оформление соответствует требованиям, - имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал, - практическое задание выполнено со значительными ошибками - не в полном объеме освещена теоретическая взаимосвязь с практической частью, поверхностное обоснование без примеров и необходимых обобщений; - при защите прослеживается не четкая последовательность, не совсем верно с затруднениями обосновывается выполненный расчет; - допускаются неточности в формулировках, исправленные студентом, с помощью преподавателя - ответы на дополнительные вопросы даны в полном объеме, могут содержать небольшие неточности - в схемах допущены неточности	11-12,9, «удовлетворительно»
	- оформление не соответствует требованиям, - список литературы содержит справочный материал, - неуверенность в применении справочной литературы, - не выполнены требования на оценку «удовлетворительно» - отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения.	менее 11, «неудовлетворительно»

	- при защите допущены неточности в изложении, грубые ошибки, - не верно обосновывается выполненный расчет; - изложение основных аспектов не связно, - отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения, - структура расчетов не соответствует содержанию, - на большую часть дополнительных вопросов даны неправильные ответы, - в схемах допущены неточности, чертежи выполнены не верно - ответы на наводящие вопросы не верные.	
--	--	--

**В таблице приведено количество баллов, которое студент может набрать за выполнение двух РГР в течение семестра.*

Практические работы

Пример практической работы

Практическая работа «Расчет параметров и выбор полупроводниковых диодов»

Задание 1

Рассчитайте простейшую схему без фильтра для выпрямления синусоидального напряжения с действующим значением $U=500$ В, используя диоды КД109Б. Выберите подходящие номинальные сопротивления шунтирующих резисторов. Начертите схему.

Задание 2

В схеме, изображенной на рисунке 1, а, $U_{\pi}=6$ В, $R_1=2$ кОм, $R_2=1$ кОм. Определите токи через диоды, напряжение на диодах, напряжение $U_{\text{вых}}$ и сопротивление постоянному току R_0 . Вольтамперная характеристика диодов приведена на рисунке 1, б.

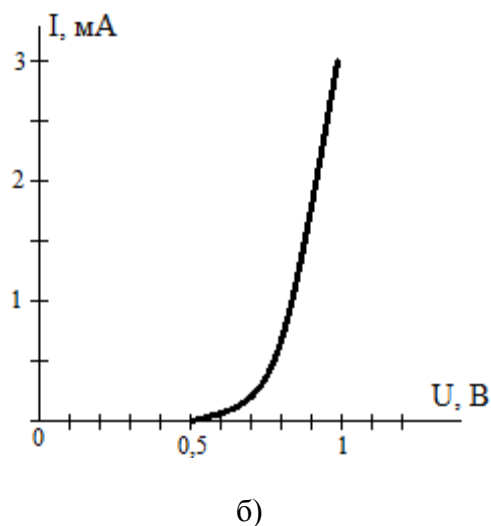
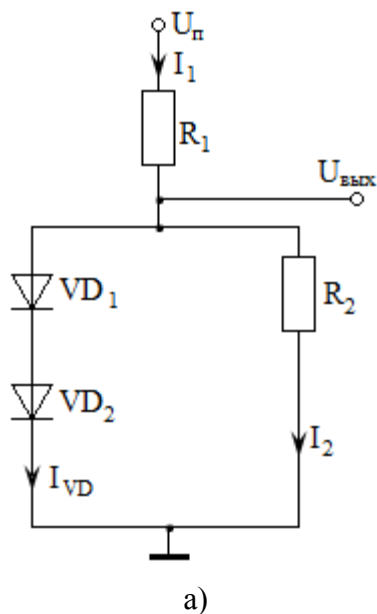


Рисунок 1

Задание 3

В схеме, изображенной на рисунке 2, а, $U_{\pi}=6,2$ В, $R=2$ кОм, $U_1=U_2=U_3=0,2$ В. Определите токи через диоды, выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ и дифференциальное сопротивление диодов $R_{\text{диф}}$. Вольтамперная характеристика диодов приведена на рисунке 2, б.

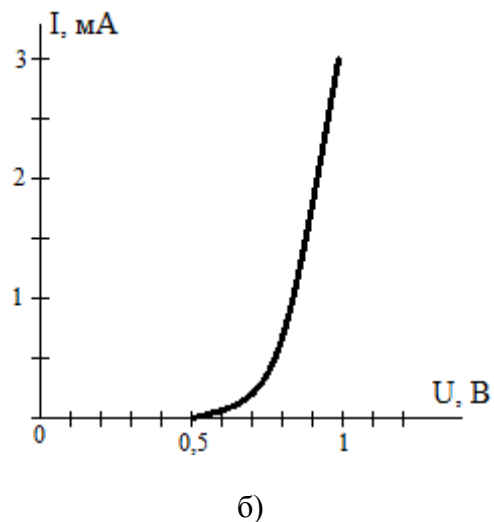
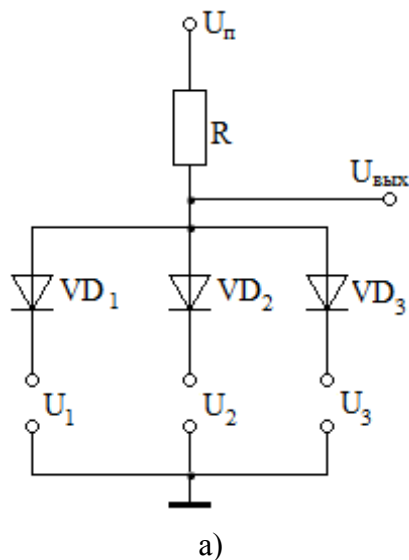


Рисунок 2

Задание 4

Для стабилизации напряжения в схеме простейшего параметрического стабилизатора напряжения подберите по справочнику полупроводниковый стабилитрон и рассчитайте необходимое сопротивление ограничительного резистора, если сопротивление нагрузки $R_n = 500 \text{ Ом}$. Необходимое напряжение стабилизации $U_{ст} = 10 \text{ В}$. Напряжение источника питания $E = 13 \text{ В}$.

Пример тестовых заданий:

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

1. Отметьте правильный ответ

В основе работы трансформатора лежит

- ☐ закон электромагнитной индукции.
- ☐ закон полного тока.
- ☐ закон Ома и Кирхгофа.
- ☐ закон электромагнитной индукции и полного тока.

2. Отметьте правильный ответ

Основной поток намагничивания трансформатора в режимах холостого хода и под нагрузкой

- ☐ увеличится незначительно.
- ☐ уменьшится незначительно.
- ☐ не изменится.
- ☐ увеличится в несколько раз.

3. Отметьте правильный ответ

Индуктивность рассеяния обмоток от способа их размещения на стержнях изменятся

- ☐ при размещении обеих обмоток на одном стержне магнитопровода индуктивность рассеяния будет минимальной.
- ☐ при размещении обмоток на разных стержнях индуктивность их рассеяния будет максимальной.
- ☐ при размещении обмоток на разных стержнях индуктивность рассеяния будет одинаковой.
- ☐ при расположении обмоток на одном стержне индуктивность их обмоток будет одинаковой.

4. Отметьте правильный ответ

Габаритная мощность трансформатора однофазный мостовой выпрямителя при активной нагрузке составляет

- ☐ 1,35
- ☐ 1,05
- ☐ 1,48
- ☐ 1,23

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

5. Отметьте правильный ответ

Полупроводниковые приборы у которых вольт-амперная характеристика имеет участок отрицательного дифференциального сопротивления.

- ☐ диоды: выпрямительные, импульсные; варикапы.
- ☐ стабилитрон, стабистор, магнитодиоды.
- ☐ тиристор, динистор, симистор, туннельный диод, диод Ганна.
- ☐ полевые и биполярные транзисторы.

6. Отметьте правильный ответ

Полупроводниковые приборы имеющие четырехслойную структуру на основе р-п-переходов.

- ☐ биполярный транзистор.
- ☐ тиристор, биполярный транзистор с инжектором.
- ☐ симистор.

Шкала оценивания:

Процент выполненных тестовых заданий	Количество набранных баллов
91% - 100%	20 – 17
81% - 90%	17-14
71% - 80%	14-10
61% - 70%	10-5
51% - 60%	5
<50%	0

Критерии оценки:

Индикаторы	Характеристика ответа на теоретический вопрос / выполнения практического задания	Количество набранных баллов 7/8 семестр
ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3; ОПК-3.4; ОПК-3.5; ОПК-3.6	- практическая работа сдана в срок, - оформление соответствует требованиям ГОСТ, - имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных, - практическое задание решено правильно, с обоснованием применяемых теоретических положений и сопровождается необходимым анализом и интерпретацией полученных результатов; - теоретическая взаимосвязь с практической частью освещена в полном объеме, глубоко, с использованием различных источников научно-технической информации. - при защите указывается взаимосвязь выполненных расчетов с последующими, четко обосновывается выполненный расчет; - при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений - на вопросы даются полные исчерпывающие обоснованные ответы	30-40/ 20-30 баллов «отлично»
	- практическая работа сдана в срок, - оформление соответствует требованиям ГОСТ, - имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал и источники профессиональных баз данных, - в практической части задания имеются отдельные недостатки, не влияющие на окончательный результат исследования; - при освещении теоретической взаимосвязи с практической частью был использован только один источник научной информации, но вопрос освещен в целом правильно; - четко обосновывается выполненный расчет; - при защите прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений - на вопросы даются обоснованные ответы, допускаются незначительные недочеты	25-30/ 15-20 баллов «хорошо»
	- практическая работа сдана в срок, - оформление соответствует требованиям, - имеется список использованной литературы, содержащей справочный материал, - практическое задание выполнено со значительными ошибками - не в полном объеме освещена теоретическая взаимосвязь с практической частью, поверхностное обоснование без примеров и необходимых обобщений; - при защите прослеживается не четкая последовательность, не совсем верно с	15-25/ 10-15 баллов «удовлетворительно»

	затруднениями обосновывается выполненный расчет; - допускаются неточности в формулировках, исправленные студентом, с помощью преподавателя - ответы на дополнительные вопросы даны в полном объеме, могут содержать небольшие неточности - в схемах допущены неточности	
	- оформление не соответствует требованиям, - список литературы содержит справочный материал, - неуверенность в применении справочной литературы, - не выполнены требования на оценку «удовлетворительно» - отсутствует выполнение большей части задания или неверность решения. - при защите допущены неточности в изложении, грубые ошибки, - не верно обосновывается выполненный расчет; - изложение основных аспектов несвязно, - отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения, - структура расчетов не соответствует содержанию, - на большую часть дополнительных вопросов даны неправильные ответы, - в схемах допущены неточности, чертежи выполнены не верно - ответы на наводящие вопросы не верные.	менее 15/10 баллов «неудовлетворительно»

5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы и критерии её оценивания представлены в ЭУМК дисциплины:

<http://moodle.nfygu.ru/course/view.php?id=9126>

Описание рейтингового контроля

№ п/п	Испытания/Формы СРС	Время на подготовку/выполнение, час	Баллы	Примечание
7 семестр				
1	Расчётно-графическая работа (выполнение)	10	20	Умение определять цель, выделять задачи и находить способы их аргументированного практического решения с привязкой к теории. Защита РГР
2	Работа на практических занятиях	14	30	Освещение теоретических вопросов и выполнение практических заданий
3	Итоговое тестирование	10	20	Тестовые задания
4	Подготовка к экзамену	27	30	Вопросы к экзамену
	Итого за семестр:	34 (27)	100	
8 семестр				
1	Расчётно-графическая работа (выполнение)	16	30	Умение определять цель, выделять задачи и находить способы их аргументированного практического решения с привязкой к теории. Защита РГР.
2	Работа на практических занятиях	15	40	Освещение теоретических вопросов и выполнение практических заданий
3	Подготовка к экзамену	27	30	Вопросы к экзамену
	Всего:	31(27)	100	

- максимальное количество баллов за текущую работу в течение семестра – 70,
- максимальное количество баллов за экзамен – 30,
- минимальное число баллов для допуска к экзамену – 45.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Показатели, критерии и шкала оценивания

Наименование индикатора достиже-	Показатель оценивания (по п.1.2.РПД)	Уровни освоения	Критерии оценивания (дескрипторы)	Оценка
----------------------------------	--------------------------------------	-----------------	-----------------------------------	--------

ния компетенций ОПК-3.1 - Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока; ОПК-3.2 - Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока; ОПК-3.3 - Применяет знания основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами; ОПК-3.4 - Демонстрирует понимание принципа действия электронных устройств; ОПК-3.5 - Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик; ОПК-3.6 - Применяет знания функций и основных характеристик электрических и электронных аппаратов	знать: классификацию, назначение, основные схемотехнические решения устройств силовой электроники и понимать принцип действия и особенности применения силовых полупроводниковых приборов, особенности их конструкции, основные уравнения процессов, схемы замещения и характеристики и понимать принцип действия и алгоритмы управления в электронных преобразователях электрической энергии, уметь: использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию, испытаниями и эксплуатации устройств силовой электроники, ставить и решать простейшие задачи моделирования силовых электронных устройств; владеть: навыками элементарных расчетов и испытаний силовых электронных преобразователей.	Высокий Базовый Минимальный Не освоены	Поставленные вопросы раскрыты полностью, для пояснения приведены рисунки, схемы, графики, расчетные формулы, верно указаны единицы измерения; в ответе используется специальная терминология и показаны знания, освоенные студентом самостоятельно при изучении современных периодических изданий по дисциплине, ответ структурирован и логичен. Показана совокупность осознанных знаний по дисциплине с учетом междисциплинарных связей. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа. Поставленные вопросы раскрыты полностью, для пояснения приведены рисунки, схемы, графики, расчетные формулы, верно указаны единицы измерения; в ответе используется специальная терминология. Ответ структурирован и логичен. Могут быть допущены 2-3 незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент затрудняется привести поясняющие формулы, схемы, рисунки и графики, путает единицы измерения величин. Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Студент не осознает связь обсуждаемых вопросов по билету с другими объектами дисциплины. В ответе отсутствуют поясняющие формулы, схемы, рисунки и графики, специальная терминология. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента <i>или</i> ответ на вопрос полностью отсутствует <i>или</i> отказ от ответа.	отлично хорошо удовлетворительно неудовлетворительно
--	---	--	---	--

6.2. Типовые контрольные задания (вопросы) для промежуточной аттестации

Перечень экзаменационных вопросов:

1. Основные виды преобразования электрической энергии.
2. Основные силовые полупроводниковые приборы применяются в силовой электронике, и какие из них применяются в неуправляемых и управляемых преобразователях.
3. Определение выпрямительного преобразователя. Классификация.
4. Область применения выпрямительных преобразований.
5. Изобразите схему однофазного однополупериодного выпрямителя. Объясните его работу, как в управляемом, так и неуправляемом режиме.
6. Определите величину выпрямленного напряжения однофазного однополупериодного неуправляемого выпрямителя, если величина действующего значения переменного напряжения на вторичной обмотке трансформатора равна 100В.
7. Изобразите схему однофазного двухполупериодного неуправляемого выпрямителя со средней точкой на вторичной обмотке трансформатора и объясните его работу.
8. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного двухполупериодного неуправляемого выпрямителя со средней точкой при включении в цепь нагрузки активного сопротивления.
9. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного двухполупериодного неуправляемого выпрямителя со средней точкой при включении в цепь нагрузки активного и индуктивного сопротивлений.
10. В чем заключаются достоинства и недостатки однофазного двухполупериодного неуправляемого выпрямителя со средней точкой.
11. Изобразите схему однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя со средней точкой и объясните его работу.
12. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя со средней точкой при включении в цепь нагрузки активного сопротивления.
13. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя со средней точкой при включении в цепь нагрузки активного и индуктивного сопротивлений.
14. В чем заключаются достоинства и недостатки однофазного двухполупериодного управляемого выпрямителя со средней точкой.
15. Изобразите схему однофазного мостового неуправляемого выпрямителя и объясните его работу.
16. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного мостового неуправляемого выпрямителя при включении в цепь нагрузки активного сопротивления.
17. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного мостового неуправляемого выпрямителя при включении в цепь нагрузки активного и индуктивного сопротивлений.
18. В чем заключаются достоинства и недостатки однофазного мостового неуправляемого выпрямителя.
19. Изобразите схему однофазного мостового управляемого выпрямителя и объясните его работу.
20. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного мостового управляемого выпрямителя при включении в цепь нагрузки активного сопротивления.
21. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного мостового управляемого выпрямителя при включении в цепь нагрузки активного и индуктивного сопротивлений.
22. В чем заключаются достоинства и недостатки однофазного мостового управляемого выпрямителя.
23. Изобразите схему трехфазного неуправляемого выпрямителя с нулевым выводом и объясните его работу.
24. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя с нулевым выводом при включении в цепь нагрузки активного сопротивления.
25. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя с нулевым выводом при включении в цепь нагрузки активного и индуктивного сопротивлений.
26. В чем заключаются достоинства и недостатки трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя с нулевым выводом.
27. Изобразите схему трехфазного управляемого выпрямителя с нулевым выводом и объясните его работу.

28. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы трехфазного управляемого выпрямителя с нулевым выводом при включении в цепь нагрузки активного сопротивления.
29. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы трехфазного управляемого выпрямителя с нулевым выводом при включении в цепь нагрузки активного и индуктивного сопротивлений.
30. В чем заключаются достоинства и недостатки трехфазного мостового управляемого выпрямителя с нулевым выводом.
31. Изобразите схему трехфазного неуправляемого выпрямителя и объясните его работу.
32. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы трехфазного неуправляемого выпрямителя при включении в цепь нагрузки активного сопротивления.
33. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы трехфазного неуправляемого выпрямителя при включении в цепь нагрузки активного и индуктивного сопротивлений.
34. В чем заключаются достоинства и недостатки трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.
35. Изобразите схему трехфазного управляемого выпрямителя и объясните его работу.
36. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы трехфазного управляемого выпрямителя при включении в цепь нагрузки активного сопротивления.
37. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы трехфазного управляемого выпрямителя при включении в цепь нагрузки активного и индуктивного сопротивлений.
38. В чем заключаются достоинства и недостатки трехфазного мостового управляемого выпрямителя.
39. Что такое процесс коммутации вентилей в выпрямителях.
40. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного мостового управляемого выпрямителя с учетом коммутации токов вентилей.
41. Как определить продолжительность угла коммутации выпрямителя.
42. Как влияет процесс коммутации на величину выпрямленного напряжения на вид регулировочных характеристик выпрямителя.
43. Поясните смысл коэффициента мощности выпрямителя и как он определяется.
44. Как влияет несинусоидальность тока, потребляемого выпрямителем из сети, на величину его коэффициента мощности.
45. Какие существуют способы повышения коэффициента мощности.
46. Как влияет включение диода параллельно нагрузке на повышение коэффициента мощности выпрямителя.
47. Как влияет количество зон регулирования напряжения выпрямителя на величину его коэффициента мощности.
48. Что представляет собой инверторный преобразователь и приведите классификацию инверторов (какие виды бывают).
49. Изобразите схему однофазного зависимого инвертора (ведомого сетью) и объясните его работу.
50. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы однофазного зависимого инвертора.
51. Объясните назначение угла опережения β и угла запаса δ в зависимом инверторе.
52. Изобразите упрощенную схему автономного (независимого) инвертора напряжения и объясните его работу.
53. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы автономного инвертора напряжения.
54. Изобразите упрощенную схему автономного (независимого) инвертора тока и объясните его работу.
55. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы автономного инвертора тока.
56. Изобразите схему преобразователя частоты с непосредственной связью с сетью и объясните его работу.
57. Изобразите и поясните диаграммы процессов работы преобразователя частоты с непосредственной связью с сетью.
58. Изобразите структурную схему преобразователя частоты со звеном постоянного тока.
59. Изобразите схему реверсивного управления электрическим двигателем постоянного тока, получающим питание от выпрямителя инверторного преобразователя возвращающим электроэнергию в сеть при электрическом торможении до остановки.
60. Изобразите схему импульсного преобразователя (регулятора) с последовательным ключом и объясните его работу.
61. Изобразите и поясните диаграмму процессов работы импульсного преобразователя (регулятора) с последовательным ключом.
62. Изобразите схему импульсного преобразователя (регулятора) с параллельным ключом и объясните его работу.

63.Изобразите и поясните диаграмму процессов работы импульсного преобразователя (регулятора) с параллельным ключом.

Критерии оценки экзамена:

Индикаторы	Характеристика ответа на теоретические вопросы	Количество набранных баллов
ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3; ОПК-3.4; ОПК-3.5; ОПК-3.6	Поставленные вопросы раскрыты полностью, для пояснения приведены рисунки, схемы, графики, расчетные формулы, верно указаны единицы измерения; в ответе используется специальная терминология и показаны знания, освоенные студентом самостоятельно при изучении современных периодических изданий по дисциплине, ответ структурирован и логичен. Показана совокупность осознанных знаний по дисциплине с учетом междисциплинарных связей. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.	26-30 б.
	Поставленные вопросы раскрыты полностью, для пояснения приведены рисунки, схемы, графики, расчетные формулы, верно указаны единицы измерения; в ответе используется специальная терминология. Ответ структурирован и логичен. Могут быть допущены 2-3 незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя.	20-25 б.
	Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент затрудняется привести поясняющие формулы, схемы, рисунки и графики, путает единицы измерения величин.	15-19 б.
	Ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу. Студент не осознает связь обсуждаемых вопросов по билету с другими объектами дисциплины. В ответе отсутствуют поясняющие формулы, схемы, рисунки и графики, специальная терминология. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента <i>или</i> ответ на вопрос полностью отсутствует <i>или</i> отказ от ответа.	0 б.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Характеристики процедуры	
Вид процедуры	Экзамен
Цель процедуры	выявить степень сформированности индикаторов ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3; ОПК-3.4; ОПК-3.5; ОПК-3.6
Локальные акты вуза, регламентирующие проведение процедуры	Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся СВФУ, версия 2.0, утверждено ректором СВФУ 15.03.2016 г. Положение о балльно-рейтинговой системе в СВФУ, версия 4.0, утверждено 21.02.2018 г.
Субъекты, на которых направлена процедура	студенты 4 курса бакалавриата
Период проведения процедуры	Зимняя экзаменационная сессия/Летняя экзаменационная сессия
Требования к помещениям и материально-техническим средствам	-
Требования к банку оценочных средств	-
Описание проведения процедуры	Экзамен принимается в устной форме по билетам. Экзаменационный билет по дисциплине включает два теоретических вопроса и практическое задание. Время на подготовку – 1 астрономический час.
Шкалы оценивания результатов	Шкала оценивания результатов приведена в Критерии оценки экзамена

тов	мена
Результаты процедуры	В результате сдачи всех заданий для СРС студенту необходимо набрать 45 баллов, чтобы быть допущенным к экзамену.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы, вид и характеристика иных информационных ресурсов	Наличие грифа, вид грифа	НБ СВФУ, кафедральная библиотека и кол-во экземпляров	Электронные издания: точка доступа к ресурсу (наименование ЭБС, ЭБ СВФУ)	Кол-во студентов
Основная литература					
1	Миловзоров О.В. Электроника. – М.: Высшая школа, 2008.- 288 с.	Министерство общего и профессионального образования	15		18
2	Родыгин, А.В. Силовая электроника : учебное пособие : [16+] / А.В. Родыгин ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 72 с.			https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=576751	18
Дополнительная литература					
1	Шустов, М. А. Основы силовой электроники / М. А. Шустов. — Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-94387-872-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].			http://www.iprb ookshop.ru/60655.html	18
2	Семенов, Б. Ю. Силовая электроника: профессиональные решения / Б. Ю. Семенов. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 415 с. — ISBN 978-5-4488-0057-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS			http://www.iprb ookshop.ru/88008.html	18

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее сеть-Интернет), необходимых для освоения дисциплины

- модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда «Moodle».
- Основы электроники для студентов, радиолюбителей, инженеров,
<http://www.sxemotehnika.ru/o-proekte.html>.
- Электrolаборатория, автор Янсюкевич В.А., <http://yanviktor.narod.ru/>.

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий*	Наименование аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр.	Перечень оборудования
1.	Лекционные занятия	Мультимедийный кабинет А510	ноутбук, мультимедийный проектор
2.	Подготовка к СРС	Кабинет для СРС № 511	Компьютер, доступ к интернету

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

10.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного учебного пособия), видео- и аудиоматериалов (через Интернет);
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и СДО Moodle.

10.2. Перечень программного обеспечения

- MS WORD, MS PowerPoint.

10.3. Перечень информационных справочных систем

Не используются.

ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.21 Силовая электроника

[illegible]

В таблице указывается только характер изменений (например, изменение темы, списка источников по теме или темам, средств промежуточного контроля) с указанием пунктов рабочей программы. Само содержание изменений оформляется приложением по сквозной нумерации.