

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«22» июня 2023 г.

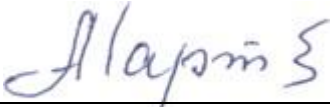
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Преобразовательная техника»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки	13.03.02
Наименование направления подготовки	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Цифровая энергетика
Форма обучения	заочная


Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)


<u>ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.</u> (должность, уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	<u>А.А. Мартынов</u> (инициалы, фамилия)
---	---	---

Программа одобрена на заседании кафедры № 32
«24» апреля 2023 г, протокол № 6


Заведующий кафедрой № 32

<u>К.Т.Н., ДОЦ.</u> (уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	<u>С.В. Солёный</u> (инициалы, фамилия)
--	---	--

Ответственный за ОП ВО 13.03.02(03)

<u>ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.</u> (должность, уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	<u>О.Я. Солёная</u> (инициалы, фамилия)
---	--	--

Заместитель директора института №3 по методической работе

<u>ст. преподаватель</u> (должность, уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	<u>Н.В. Решетникова</u> (инициалы, фамилия)
--	---	--

Аннотация

Дисциплина «Преобразовательная техника» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности «Цифровая энергетика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ПК-5 «Способен проводить анализ и контроль параметров и условий работы отдельных компонентов электроэнергетической системы»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с расчетом, проектированием, исследованием и эксплуатацией устройств полупроводниковой преобразовательной техники.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

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 устройствах, основным областям применения полупроводниковых устройств, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с проектированием, испытаниями и эксплуатацией полупроводниковых устройств.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способен проводить анализ и контроль параметров и условий работы отдельных компонентов электроэнергетической системы	ПК-5.Д.2 анализирует характер протекания переходных процессов и устойчивость режимов электроэнергетической системы

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Электроника;
- Электротехника.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Электромехатроника;
- Силовая электроника;
- Нетрадиционная электромеханика.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	2	2

Аудиторные занятия , всего час.	4	4
в том числе:		
лекции (Л), (час)	2	2
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	2	2
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа , всего (час)	68	68
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8					
Раздел 1. Классификация полупроводниковых преобразователей электрической энергии	0,25				2
Раздел 2. Выпрямители. Тема 2.1. Однофазный однотактный выпрямитель Тема 2.2. Однофазный мостовой выпрямитель Тема 2.3. Трехфазный однотактный выпрямитель	0,75		1,0		10
Раздел 3. Инверторы Тема 3.1. Зависимый инвертор. Тема 3.2. Однофазный инвертор напряжения Тема 3.3. Трехфазный инвертор напряжения	0,75		1,0		10
Раздел 4. Энергетические показатели выпрямителей и инверторов	0,25				2
Итого в семестре:	2		2		68
Итого:	2	0	2	0	68

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1	Классификация полупроводниковых преобразователей электрической энергии: -выпрямители неуправляемые и управляемые; -зависимые инверторы; -независимые инверторы; -преобразователи частоты; -преобразователи постоянного тока в постоянный ток.
Раздел 2	Выпрямители: устройство, принцип работы, характеристики: -Однофазный одноконтный выпрямитель; -Однофазный мостовой выпрямитель; -Трехфазный одноконтный выпрямитель.
Раздел 3	Инверторы: устройство, принцип работы, характеристики: - Зависимый инвертор; - Однофазный инвертор напряжения; - Трехфазный инвертор напряжения.
Раздел 4	Энергетические показатели выпрямителей и инверторов: -коэффициент полезного действия; -коэффициент мощности.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Исследование Управляемого выпрямителя	1,0	1,0	2
2	Исследование автономного инвертора напряжения при широтно-импульсном способе регулирования выходного напряжения	1,0	1,0	3
Всего		2		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	40	40
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	5	5
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)	18	18
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	5	5
Всего:	68	68

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.314 M29	1. Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть I. Выпрямители и регуляторы переменного напряжения. ГУАП. СПб. 2011. 186 с.	70
621.314 M29	2. Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть II. Инверторы и преобразователи частоты. ГУАП. СПб. 2012. 144 с.	70
621.314.5 M29	3. Мартынов А.А. Проектирование импульсных полупроводниковых преобразователей постоянного напряжения в постоянное напряжение: учеб. пособие/А.А.Мартынов. СПб.: СПбГУАП, 2011. 216 с.	70
621.314 M29	4. Мартынов А.А. Силовая электроника: учеб. –метод. Пособие/А.А. Мартынов. -СПб.: ГУАП, 2015. – 214 с.	70
621.314 M29	5. Мартынов А.А. Основы преобразовательной техники.: Учебно-методическое пособие. Часть I / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2016. 187 с.	45
621.314 M29	6. Мартынов А.А. Основы преобразовательной техники.: Учебно-методическое пособие. Часть II / А.А.	45

Мартынов. СПб.: ГУАП, 2016. 157 с.

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
URL:http://194.226.30/32/book.htm	Библиотека Администрации Президента РФ [Электронный ресурс]
URL: http://imin.urc.ac.ru	Виртуальные библиотеки [Электронный ресурс].
URL: http://www.rsl.ru	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс].
URL: http://web.ido.ru	Электронная библиотека [Электронный ресурс].
URL: http://gpntb.ru	Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс].
http://window.edu.ru/	Информационный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-21

2	Специализированная лаборатория «Промышленная электроника»	51-06-01
---	---	----------

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Примерный перечень вопросов для тестов; Перечень контрольных работ.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и, по существу, излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу, излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы для дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы для дифф. Зачета

№ п/п	Перечень вопросов для дифф. зачета	Код индикатора
1	Однофазный мостовой выпрямитель: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод расчетных соотношений.	ПК-5.Д.2
2	Трехфазный однотактный выпрямитель: схема, временные диаграммы, принцип работы.	ПК-5.Д.2
3	Особенности работы трансформатора в трехфазном однотактном выпрямителе.	ПК-5.Д.2
4	Трехфазный однотактный управляемый выпрямитель: схема, принцип работы, вывод выражения.	ПК-5.Д.2
5	Влияние индуктивности нагрузки на работу управляемого выпрямителя. Пояснить на примере любой схемы выпрямителя.	ПК-5.Д.2
6	Коммутация тока в выпрямителях: влияние на величину выпрямленного напряжения, вывод выражения для угла коммутации.	ПК-5.Д.2
7	Внешняя характеристика управляемого выпрямителя.	ПК-5.Д.2
8	Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей.	ПК-5.Д.2
9	Коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения. Определение коэффициента пульсаций графоаналитическим и аналитическим методами.	ПК-5.Д.2
10	L-C фильтр, вывод выражения коэффициента сглаживания фильтра.	ПК-5.Д.2
11	L-фильтр. Вывод выражения для коэффициента сглаживания фильтра.	ПК-5.Д.2
12	Зависимый инвертор: схема, принцип работы, условия перевода управляемого выпрямителя в режим инвертирования.	ПК-5.Д.2
13	Коэффициент мощности и коэффициент полезного действия управляемого выпрямителя	ПК-5.Д.2
14	Коэффициент мощности и коэффициент полезного действия зависимого инвертора	ПК-5.Д.2
15	Тиристорный регулятор напряжения переменного тока: устройство, принцип работы	ПК-5.Д.2
16	Однофазный мостовой инвертор напряжения: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражений для Pd1, Pd2, Pd.	ПК-5.Д.2
17	Широтное регулирование выходного напряжения инвертора напряжения; зависимость гармонического состава выходного напряжения от длительности импульса полуволны выходного напряжения.	ПК-5.Д.2
18	Широтно-импульсное регулирование выходного напряжения инвертора напряжения; гармонический состав выходного напряжения.	ПК-5.Д.2
19	Трехфазный транзисторный инвертор напряжения с: схема,	ПК-5.Д.2

	временные диаграммы, принцип работы, вывод выражения действующих значений напряжений УФ и УЛ.	
20	Трехфазный транзисторный инвертор напряжения с: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражения действующих значений напряжений УФ и УЛ.	ПК-5.Д.2
21	Выходной фильтр инвертора напряжения. Расчет параметров.	ПК-5.Д.2

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	 <p>Укажите какой из рисунков (а, б, в, г, д, е) соответствует условному изображению:</p> <ul style="list-style-type: none"> – биполярного транзистора (п-р-п-типа); – диода; – запираемого тиристора (двухоперационный управляемый вентиль) с управлением по катоду; – тиристора (однооперационный управляемый вентиль) триодного типа с управлением по катоду; – комбинированного транзистора (IGBT) с каналом п-типа – полевого транзистора МДП-типа (с изолированным затвором) с индукционным каналом п-типа; 	ПК-5.Д.2
2	Укажите какие условия необходимо выполнить для того, чтобы через диод начал протекать ток?	ПК-5.Д.2
3	Укажите какие условия необходимо выполнить для того, чтобы через тиристор начал протекать ток?	ПК-5.Д.2
4	Укажите в чем заключается отличие между однооперационным и двухоперационным тиристором	ПК-5.Д.2
5	Укажите какое из трех нижеприведенных определений выпрямителя (1, 2 или 3) - правильное: 1. Выпрямитель преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию постоянного тока; 2. Выпрямитель преобразует электрическую энергию	ПК-5.Д.2

	постоянного тока в электрическую энергию переменного тока; Выпрямитель преобразует электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_1 в электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_2 .	
6	Укажите на каких полупроводниковых приборах (транзисторах, тиристорах или диодах) выполняются неуправляемые выпрямители.	ПК-5.Д.2
7	Нарисуйте схему однофазного неуправляемого выпрямителя.	ПК-5.Д.2
8	Нарисуйте схему трехфазного однотактного управляемого выпрямителя.	ПК-5.Д.2
9	Нарисуйте схему трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.	ПК-5.Д.2
10	Определите, чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, равное 100 В?	ПК-5.Д.2
11	Определите, чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, равное 100 В?	ПК-5.Д.2
12	Определите, чему равно среднее значение тока диода однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 100 А.	ПК-5.Д.2
13	Определите, чему равно среднее значение тока диода трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 150 А.	ПК-5.Д.2
14	Определите, чему равно среднее значение тока диода трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 150 А.	ПК-5.Д.2
15	Определите, чему равно максимальное амплитудное значение обратного напряжения диода однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, действующее значение которого равно 100 В?	ПК-5.Д.2
16	Определите, чему равно максимальное амплитудное значение обратного напряжения диода трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, действующее значение которого равно 100 В?	ПК-5.Д.2
17	Определите, чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, равное 100 В?	ПК-5.Д.2
18	Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения однофазного мостового неуправляемого выпрямителя.	ПК-5.Д.2
19	Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.	ПК-5.Д.2
20	Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя.	ПК-5.Д.2
21	Укажите по какой формуле (№1 или №2) следует рассчитывать коэффициент полезного действия выпрямителя η_v : $\eta = P_d / P_2$ (1); $\eta = P_2 / P_d$ (2), где $P_d = U_d I_d$ - мощность цепи постоянного тока преобразователя; $P_2 = m_2 U_2 I_2 \cos \varphi$ – активная мощность цепи переменного тока преобразователя.	ПК-5.Д.2
22	Укажите какое из трех нижеприведенных определений инвертора (1,	ПК-5.Д.2

	2 или 3) - правильное: 1. Инвертор преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию постоянного тока; 2. Инвертор преобразует электрическую энергию постоянного тока в электрическую энергию переменного тока; 3. Инвертор преобразует электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_1 в электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_2 .	
23	Укажите в каких пределах $0 < \alpha < 90^\circ$ или $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ должен находиться угол регулирования α в режиме инвертирования.	ПК-5.Д.2
24	Укажите следует ли изменять полярность напряжения цепи постоянного тока выпрямителя на противоположное при переводе выпрямителя в режим инвертирования.	ПК-5.Д.2
25	Укажите параметры зависимого инвертора, воздействуя на которые можно регулировать величину мощности, отдаваемой зависимым инвертором в сеть переменного тока.	ПК-5.Д.2
26	Укажите по какой формуле (№1 или №2) следует рассчитывать коэффициент полезного действия зависимого инвертора $\eta_{з.и}$: $\eta = P_d / P_2$ (1); $\eta = P_2 / P_d$ (2), где $P_d = U_d I_d$ - мощность цепи постоянного тока преобразователя; $P_2 = m_2 U_2 I_2 \cos \varphi$ - активная мощность цепи переменного тока преобразователя	ПК-5.Д.2
27	Укажите по какой формуле (№1 или №2) следует рассчитывать коэффициент полезного действия выпрямителя η_v : $\eta = P_d / P_2$ (1); $\eta = P_2 / P_d$ (2), где $P_d = U_d I_d$ - мощность цепи постоянного тока преобразователя; $P_2 = m_2 U_2 I_2 \cos \varphi$ - активная мощность цепи переменного тока преобразователя.	ПК-5.Д.2
28	Укажите какое из трех нижеприведенных определений инвертора (1, 2 или 3) - правильное: 1. Инвертор преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию постоянного тока; 4. Инвертор преобразует электрическую энергию постоянного тока в электрическую энергию переменного тока; 5. Инвертор преобразует электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_1 в электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_2 .	ПК-5.Д.2
29	Укажите в каких пределах $0 < \alpha < 90^\circ$ или $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ должен находиться угол регулирования α в режиме инвертирования.	ПК-5.Д.2
30	Укажите следует ли изменять полярность напряжения цепи постоянного тока выпрямителя на противоположное при переводе выпрямителя в режим инвертирования.	ПК-5.Д.2

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/ п	Примерный перечень контрольных и практических заданий																						
	<p>ЗАДАЧИ</p> <p>Первая задача - по разделу «Выпрямители», Вторая задача по разделу «Автономные инверторы».</p> <p>Для студентов заочников эти задачи служат контрольными заданиями.</p> <p>Контрольное задание выполняется студентом самостоятельно. Номера вариантов заданий как первой, так и второй задачи одинаковы и соответствуют порядковому номеру фамилии студента в списке учебной группы. Отчет о выполнении контрольного задания оформляется на листах формата А4 и содержит текстовый материал и необходимые рисунки, и временные диаграммы.</p> <p>При решении первой задачи контрольного задания необходимо для заданного варианта схемы управляемого выпрямителя (смотри таблицу 19-1):</p> <ul style="list-style-type: none"> - нарисовать схему выпрямителя; - построить временные диаграммы напряжений сети переменного тока для указанной схемы выпрямления. <p>Используя временные диаграммы напряжений сети переменного тока, построить временную диаграмму напряжения нагрузки для заданных значений угла регулирования и индуктивности цепи нагрузки.</p> <p>Пользуясь графо-аналитическим методом по временной диаграмме напряжения нагрузки определить коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения ($k_{\text{пл}} =$)</p> <p>Схема управляемого выпрямителя задана двумя параметрами:</p> <ul style="list-style-type: none"> - числом фаз сети переменного тока выпрямителя, $m_2 =$, и коэффициентом тактности выпрямителя $k_T =$. Напомним, что схемы выпрямителей с выводом нулевой точки трансформатора имеют коэффициент тактности $k_T = 1$, а мостовые схемы имеют коэффициент тактности $k_T = 2$. <p>Угол регулирования α задан в градусах, ($\alpha =$, град.);</p> <p>Характер нагрузки зависит от наличия или отсутствия индуктивности в цепи нагрузки. При наличии индуктивности в цепи нагрузки $L_d = L_{dN}$ нагрузка имеет активно- индуктивный характер, а при отсутствии индуктивности в цепи нагрузки $L_d = 0$ нагрузка имеет чисто индуктивный характер.</p> <p>Варианты задания</p> <p>Таблица 19-1</p> <table border="1" data-bbox="379 1906 1460 2027"> <thead> <tr> <th>Вар.</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>m2</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	m2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													
m2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3													

кт	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
α , град.	30	45	45	90	90	30	120	150	30	60
Ld	0	Ld_N	0	Ld_N	0	Ld_N	0	0	0	0

Продолжение таблицы 19-1

Вар.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
m2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
кт	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
α , град.	60	90	90	120	30	60	60	90	90	0
Ld	Ld_N	0	Ld_N	0	0	0	Ld_N	0	Ld_N	0

Методические рекомендации для выполнения первого задания приведены в [1], раздел 3.5. Методические рекомендации по расчету коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения приведены в [1], стр.94-95.

В качестве примера в приложении 1 приведен пример решения задачи №1 для случая однофазной мостовой схемы выпрямления, активно-индуктивном характере нагрузки и значении угла регулирования $\alpha = 60^\circ$.

При решении второй задачи необходимо для одной заданной схемы инвертора (А, Б или В) выполнить расчет параметров силовой схемы, включая и параметры выходного фильтра.

Принятые в таблице 19-2 обозначения схем однофазных инверторов напряжения:

- схема А – однофазная схема с выводом нулевой точки первичной обмотки трансформатора;
- схема Б - полумостовая схема;
- схема В - полномостовая (мостовая) схема.

Исходные данные, необходимые для расчета:

Схема инвертора;

Напряжение нагрузки, $U_{нгN} = B$;

Ток нагрузки, $I_{нгN} = A$;

Частота выходного напряжения, $f = \text{Гц}$;

Напряжение входной сети, $U_{вхN} = B$;

Допустимое отклонение напряжения входной сети $\pm \Delta U_{вх} = \%$;

Требуемый коэффициент гармоник выходного напряжения, $k_{г.в.вх.} = \dots$

Коэффициент мощности нагрузки, $\cos \varphi_{нг} = \dots$ (Угол $\varphi_{нг} = \dots$).

Регулирование выходного напряжения осуществляется посредством широтного способа регулирования.

По разделу «инверторы» необходимо выполнить расчет параметров однофазного инвертора напряжения с выходным фильтром и выполнить выбор его элементов.

Требуется:

- нарисовать схему инвертора;
- построить временные диаграммы, поясняющие принцип работы инвертора;
- рассчитать загрузку элементов схемы (транзисторов, диодов) по току и напряжению;
- рассчитать требуемый диапазон изменения коэффициента скважности γ ;

Варианты заданий сведены в таблицу 19-2.

Таблица 19-2

Параметры	Варианты заданий									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Схема инвертора	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В	А
$U_{нгN}, B$	36	115	220	60	70	80	90	100	115	220
$I_{нгN}, A$	1	1,0	0,8	4	5	4	3	2	1,0	0,8
$f, Гц$	50	400	50	300	400	300	200	100	400	50
$U_{вхN}, B$	12	10	15	12	24	36	12	24	12	18
$\pm \Delta U_{вх}, \%$	10	0,1	0,1	10	15	20	15	10	10	15
$k_{г.в.ых}$	0,05	0,8	0,7	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1
$\cos \varphi_{нг}$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7

Продолжение таблицы 19-2

Параметры	Варианты заданий									
	1	1	1	1	15	16	17	18	1	2
Схема инвертора	Б	В	А	Б	В	А	Б	В	А	Б
$U_{нгN}, B$	115	220	115	220	200	127	36	48	115	220
$I_{нгN}, A$	1,0	0,8	1,5	0,9	0,7	0,9	2,0	1,5	1,0	0,8
$f, Гц$	400	50	400	50	400	50	50	50	400	50

$U_{вхN}, B$	12	18	24	36	48	60	110	12	12	18
$\pm\Delta U_{вх}, \%$	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15
$k_{г.в.ых}$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08	0,1	0,1
$\cos\varphi_{нг}$	0,8	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7

Требуется:

- нарисовать схему инвертора;
- построить временные диаграммы, поясняющие принцип работы инвертора;
- рассчитать загрузку элементов схемы (транзисторов, диодов) по току и напряжению;
- рассчитать требуемый диапазон регулирования коэффициента скважности γ ;
- рассчитать параметры трансформатора, необходимые для его выбора (напряжения и токи первичной и вторичной обмоток, расчетную мощность трансформатора);
- рассчитать выходной фильтр, необходимый для достижения требуемого по заданию коэффициента гармоник выходного напряжения ($k_{г.в.ых}$).

Варианты заданий второй задачи задаются студентам из таблицы 19-2.

Расчетные соотношения для определения загрузки транзисторов по току и напряжению приведены в [2], стр. 14-20, стр.40-45. Методика расчета выходного фильтра для всех трех схем одинакова и приведена в [2], стр.45-47.

Методические рекомендации по выполнению контрольного задания.

Перед выполнением контрольного задания следует внимательно изучить разделы учебного пособия, в которых изложены вопросы устройства, принципа работы и расчетные соотношения для определения загрузки элементов схемы по току и напряжению, как для выпрямителей, так и инверторов напряжения 2. Порядок выполнения контрольной работы изложен в разделе 3.5 учебного пособия [1], в котором приведен пример решения первой задачи контрольной работы, и в разделах 1.4, 1.9 и 1.10 учебного пособия [2], в которых приведены примеры расчета однофазного инвертора напряжения с выводом нулевой точки первичной обмотки трансформатора (1.4) и расчета однофазного мостового инвертора напряжения (1.10).

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших

достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач у обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

в методических указаниях к выполнению лабораторных работ [5], [6].

Структура и форма отчета о лабораторной работе

в методических указаниях к выполнению лабораторных работ [5], [6].

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

в методических указаниях к выполнению лабораторных работ [5], [6].

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости проводится в течение семестра с использованием тестовых вопросов (табл.18). В конце семестра по результатам текущего контроля выставляется оценка, которая учитывается при выставлении оценки по результатам промежуточной аттестации.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Промежуточная аттестация проводится по вопросам, приведенным в таблице 16. При оценке окончательных результатов обучения по дисциплине учитывается оценка по текущему контролю, а также отсутствие или наличие задолженности по лабораторным работам и практическим занятиям. При наличии задолженностей по лабораторным работам и практическим занятиям итоговая оценка снижается на 0,5 балла за каждую не выполненную и не защищенную лабораторную работу или не решенную задачу.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой