

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

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«27» июня 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Промышленная электроника»

(Наименование дисциплины)

Код специальности	13.05.02
Наименование специальности	Специальные электромеханические системы
Наименование направленности	Электромеханические системы специальных устройств и изделий
Форма обучения	очная
Год приема	2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составила

<u>ст. преподаватель</u> (должность, уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	<u>О.Б. Чернышева</u> (инициалы, фамилия)
--------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

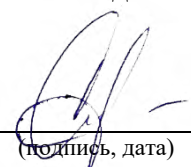
Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«26» июня 2024 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой № 32

<u>К.Т.Н., доц.</u> (уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	<u>С.В. Солёный</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 «Промышленная электроника» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по специальности 13.05.02 «Специальные электромеханические системы» направленности «Электромеханические системы специальных устройств и изделий». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способность принимать участие в проектировании электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования»

ПК-2 «Способность участвовать в конструировании электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением:

- устройства, принципа работы и характеристик полупроводниковых преобразователей электрической энергии промышленной электроники;
- методик расчета и проектирования полупроводниковых устройств и систем промышленной электроники с использованием современных цифровых технологий.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов необходимых знаний и умений по современным устройствам и системам промышленной электроники, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в схемных решениях, математических моделях, свойствах и характеристиках устройств и систем промышленной электроники. Уровень освоения дисциплины должен позволять студентам проводить типовые расчеты основных параметров и характеристик устройств с использованием современных цифровых технологий. Актуальность дисциплины обусловлена необходимостью подготовки высококвалифицированных специалистов в условиях цифровой экономики, путем включения в РПД компонентов, формирующих профессиональные компетенции по применению цифровых технологий согласно потребностям электроэнергетической отрасли.

Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.2. 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-1 Способность принимать участие в проектировании электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	ПК-1.3.1 знает методику проведения расчетов схем и параметров элементов оборудования; расчетов режимов работы объектов профессиональной деятельности
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способность участвовать в конструировании электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных	ПК-2.В.2 владеет навыками использования специализированных пакетов прикладных компьютерных программ для графического отображения принципиальных электрических, функциональных и структурных схем ПК-2.В.3 владеет навыками, необходимыми

	электромеханических систем	для создания, реконструкции и эксплуатации электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем
--	----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- Математика;
- Физика;
- Электротехника;
- Электроника.

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

- Электрический привод;
- Проектирование электроприводов;
- Электрические станции и подстанции;
- Автоматизация расчета и проектирования технических систем;
- Дипломное проектирование.

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	
		№5	№6
1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	6/ 216	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	51	34	17
Аудиторные занятия, всего час.	85	51	34
в том числе:			
лекции (Л), (час)	34	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17	
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	36		36
Самостоятельная работа, всего (час)	95	57	38
Вид промежуточной аттестации: дифф. зачет, экзамен	Дифф. Зач., Экз.	Дифф. Зач.	Экз.

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)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Цифровая трансформация в промышленной электронике Тема 1.1. Цифровая трансформация в промышленной электронике. Сквозные технологии Тема 1.2 Использование больших данных и интернета вещей в силовой электронике. Промышленный интернет.	2				10
Раздел 2. Выпрямители Тема 2.1 Введение. Элементная база промышленной электроники. Тема 2.2 Неуправляемые однофазные выпрямители. Тема 2.3 Трехфазные управляемые выпрямители Тема 2.4 Сглаживающие фильтры. Коэффициент мощности. Тема 2.5 Зависимый инвертор	10	14	12		25
Раздел 3. Инверторы Тема 3.1 Однофазный мостовой инвертор напряжения: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражений для P_{d1} , P_{d2} , P_d . Тема 3.2 Трехфазный транзисторный инвертор напряжения с $\lambda_{II} = 180^\circ$ и $\lambda_{II} = 120^\circ$	5	3	5		22
Итого в семестре:	17	17	17		57
Семестр 6					
Раздел 4 Сквозные цифровые технологии в промышленной электронике Тема 4.1 Цифровые двойники в промышленной электронике: назначение, принципы построения.	2				10

Раздел 5 Преобразователи постоянного напряжения в постоянное напряжение Тема 5.1 Преобразователи частоты Тема 5.2 Преобразователи постоянного напряжения в постоянное напряжение (ППН). ППН с последовательным ключевым элементом Тема 5.3 Преобразователи постоянного напряжения в постоянное напряжение (ППН). ППН с параллельным ключевым элементом Тема 5.4 Однотактный прямоходовой конвертор. Сквозные технологии при защите силовых схем полупроводниковых преобразователей. Тема 5.5 Двухтактные преобразователи постоянного напряжения	12		17		16
Раздел 6 Защита преобразователей Тема 6.1 Защита преобразователей от сверхтоков Тема 6.2 Защита преобразователей от перенапряжений.	3				12
Итого в семестре:	17		17		38
Итого	34	17	34	0	95

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
Тема 1.1	Понятие сквозных технологий. Виды сквозных технологий. Принципов построения преобразователей на базе устройств силовой электроники с применением новейших технологий, предназначенных для работы в составе современных электрических сетей и цифровых подстанций. Big Data —Электронные учебники, справочники Искусственный интеллект» (Artificial Intelligence). Промышленный интернет (IIoT)
Тема 1.2	Большие данные и интернет вещей в промышленной электронике. Технологии работы с большими данными, примеры
Тема 2.1	Введение. Место силовой электроники в современной технике. Основные определения. Элементная база электронных устройств силовой электроники.
Тема 2.2	Основные схемы неуправляемых однофазных выпрямителей, принцип действия, основные расчетные соотношения для выбора элементов схемы. Особенности работы выпрямителей на индуктивную, емкостную нагрузки и на противо- ЭДС.
Тема 2.3	Трехфазный однотактный управляемый выпрямитель: схема, принцип

	работы, основные расчетные соотношения. Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель: схема, принцип работы, основные расчетные соотношения.
Тема 2.4	Понятие и назначение сглаживающих фильтров. LC-фильтр, L-фильтр, C-фильтр, схемы, основные расчетные соотношения. Справочные информационные системы по выбору параметров фильтра.
Тема 2.5	Работа выпрямителя в режиме зависимого инвертирования: схема, принцип работы, основные расчетные соотношения. Коэффициент мощности зависимого инвертора.
Тема 3.1	Однофазный мостовой инвертор напряжения: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражений для P_{d1} , P_{d2} , P_d . Широтное регулирование выходного напряжения инвертора напряжения; зависимость гармонического состава выходного напряжения от длительности импульса полуволны выходного напряжения.
Тема 3.2	Трехфазный транзисторный инвертор напряжения с $\lambda_{II} = 180^\circ$: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражения действующих значений напряжений U_Φ и U_L . Трехфазный транзисторный инвертор напряжения с $\lambda_{II} = 120^\circ$: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражения действующих значений напряжений U_Φ и U_L .
Тема 4.1	Развитие цифровых двойников в промышленной электронике. Потребности предприятий энергетической инфраструктуры в современной преобразовательной технике. Принципы построения цифровых двойников.
Тема 5.1	Преобразователи частоты со звеном постоянного тока. Преобразователи частоты без звена постоянного тока. Принцип работы. Основные расчетные соотношения
Тема 5.2	Преобразователи постоянного тока в постоянный ток (ППТ). ППТ с последовательным ключевым элементом: схема, принцип работы, основные расчетные соотношения, временные диаграммы
Тема 5.3	ППТ с параллельным ключевым элементом: схема, принцип работы, основные расчетные соотношения, временные диаграммы
Тема 5.4	Однотактный прямоходовой конвертор: схема, принцип работы, основные расчетные соотношения, временные диаграммы. Сквозные технологии при защите силовых схем полупроводниковых преобразователей.
Тема 5.5	Двухтактные преобразователи постоянного напряжения в постоянное напряжение, выполненные по полумостовой схеме: схема, временные диаграммы, основные расчетные соотношения. Двухтактные преобразователи постоянного напряжения в постоянное напряжение, выполненные по мостовой схеме: схема, временные диаграммы, основные расчетные соотношения.
Тема 6.1	Защита преобразователей от сверхтоков. Виды защит.
Тема 6.2	Защита преобразователей от перенапряжений. Виды защит.

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
Семестр 5					
1	Расчет параметров неуправляемого выпрямителя с сетевым трансформатором.	Решение типовых задач	3	3	Тема 2.1
2	Расчет энергетических характеристик управляемых выпрямителей	Решение типовых задач	3	3	Тема 2.3
3	Расчет параметров сглаживающего фильтра	Решение типовых задач	3	3	Тема 2.4
4	Расчет регулировочных и внешних характеристик управляемых выпрямителей	Решение типовых задач	3	3	Тема 2.2
5	Расчет зависимого инвертора	Решение типовых задач	2	2	Тема 2.5
6	Расчет однофазного полномостового инвертора напряжения	Решение типовых задач	3	3	Тема 3.1
Всего			17	17	

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 5				
1	Исследование характеристик неуправляемых вентилях	4	4	Тема 2.1
2	Исследование однофазных одноконтных управляемых вентилях	4	4	Тема 2.2
3	Исследование трехфазного одноконтного выпрямителя. Исследование трехфазного мостового	4	4	Тема 2.3

	выпрямителя. (по выбору преподавателя)			
4	Исследование однофазного регулятора переменного напряжения	2	2	Тема 2.2
5	Исследование трехфазного инвертора напряжения.	3	3	Тема 3.1
Семестр 6				
6	Исследование преобразователя частоты со звеном постоянного тока	4	4	Тема 5.1
7	Исследование однотактного преобразователя постоянного тока с последовательным ключевым элементом	3	3	Тема 5.2
8	Исследование стабилизаторов постоянного напряжения	3	3	Тема 5.3
9	Исследование однофазного мостового выпрямителя с корректором коэффициента мощности	3	3	Тема 5.4
10	Исследование двухзвенного преобразователя при последовательном соединении преобразователей понижающего и повышающего напряжение постоянного тока	4	4	Тема 5.5
Всего		34	34	

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 5, час	Семестр 6, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	55	37	18
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	20	10	10
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	20	10	10
Всего:	95	57	38

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)
	Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть I. Учебное пособие. Выпрямители и регуляторы переменного напряжения. ГУАП. СПб. 2011.- 186с.	30
	Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть II. Учебное пособие. Инверторы напряжения и преобразователи частоты. ГУАП. СПб.2012. - 146с.	30
	Мартынов А.А.. Проектирование импульсных полупроводниковых преобразователей постоянного напряжения в постоянное напряжение: учеб. пособие/А.А. Мартынов. СПб.: СПбГУАП, 2011. - 216 с.	30
	Мартынов А.А. Силовая электроника: учеб. – метод. Пособие/А.А. Мартынов, О.Б. Чернышева. СПб.: ГУАП, 2018.-167с	30
	Мартынов А.А. Основы преобразовательной техники.: Учебно-методическое пособие. Часть I / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2016. 187 с.	30
	Лapidус Л.В. Цифровая и системная цифровая трансформация в энергетике. Москва, 2021	
	Карташов Б.А., Шабаев Е.А., Козлов О.С., Щекатуров А.М. Среда динамического моделирования технических систем SimIn Tech: Практикум по моделированию систем автоматического регулирования. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 424 с.	
	Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 стр., ил.	

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.urf.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 таблице12.

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 «Лаборатория преобразовательной техники»	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
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Задачи; Тесты.
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты; Задачи.

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	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«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.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«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
1	Преобразователь частоты со звеном постоянного тока, с амплитудным способом регулирования выходного напряжения: устройство, принцип работы, характеристики.	ПК-1.3.1
2	Преобразователь частоты со звеном постоянного тока, с широтно-импульсным способом регулирования выходного напряжения: устройство, принцип работы, характеристики.	
3	Схемы и способы рекуперации энергии нагрузки в питающую сеть переменного тока.	
4	Преобразователь частоты без звена постоянного тока с естественной коммутацией вентилей: устройство, принцип работы, характеристики.	
5	Преобразователь частоты без звена постоянного тока с искусственной коммутацией вентилей: устройство, принцип работы, характеристики.	
6	Преобразователь постоянного тока в постоянный ток с последовательным ключевым элементом (ППТ-1): схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод расчетных соотношений для выходного напряжения и загрузки элементов по току и напряжению.	
7	Преобразователь постоянного тока в постоянный ток с последовательным ключевым элементом (ППТ-1): вывод расчетных соотношений для коэффициента пульсаций и параметров сглаживающего фильтра	
8	Преобразователь постоянного тока в постоянный ток с параллельным ключевым элементом (ППТ-2): схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод расчетных соотношений для выходного напряжения и загрузки элементов по току и напряжению	
9	Преобразователь постоянного тока в постоянный ток с параллельным ключевым элементом (ППТ-2): вывод расчетных соотношений для коэффициента пульсаций и параметров сглаживающего фильтра	
10	Преобразователь постоянного тока в постоянный ток с последовательным ключевым элементом в режиме стабилизации выходного напряжения. Статический расчет стабилизатора.	
11	Двухкаскадный преобразователь постоянного тока в постоянный ток, выполненный по схеме (ППТ-1) +(ППТ-2): устройство, принцип работы, характеристики	

12	Двухкаскадный преобразователь постоянного тока в постоянный ток, выполненный по схеме (ППТ-2) + (ППТ-1): устройство, принцип работы, характеристики	
13	Устройство, принцип работы, характеристики однотактного прямоходового конвертора	
14	Устройство, принцип работы, характеристики однотактного обратногоходового конвертора	
15	Устройство, принцип работы, характеристики двухтактного конвертора, выполненного по схеме с выводом нулевой точки первичной обмотки трансформатора.	
16	Устройство, принцип работы корректора коэффициента мощности	
17	Расчет потерь мощности транзистора, работающего в режиме переключения	
18	Основы методики выбора радиатора для транзисторов и диодов.	
19	Методика расчета входного фильтра преобразователя.	
20	Статический расчет стабилизатора напряжения постоянного тока.	
21	Понятие «цифрового двойника» в промышленной электронике.	
22	Цифровая трансформация в промышленной электронике.	
23	Сквозные технологии при проектировании и производстве компонентов промышленной электроники.	
24	Промышленный интернет. Основные понятия.	
25	Специализированные пакеты прикладных программ для графического отображения принципиальных электрических схем.	ПК-2.В.2
26	Форматы файлов для импорта и экспорта схем в специализированных пакетах прикладных программ.	
27	Функции для документирования и печати схем в специализированных пакетах прикладных программ (на выбор).	
28	Основные отличия между различными специализированными пакетами прикладных программ для графического отображения схем (на выбор).	
29	Специальные инструменты для работы со структурными схемами в специализированных пакетах прикладных программ (на выбор).	ПК-2.В.3
30	Особенности графических документов.	

Вопросы (задачи) для дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для дифф. Зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для дифф. зачета	Код индикатора
1	Реальные и идеальные вольтамперные характеристики полупроводниковых диодов.	ПК-1.3.1
2	Реальные и идеальные вольтамперные характеристики полупроводниковых тиристоров.	
3	Реальные и идеальные вольтамперные характеристики полупроводниковых транзисторов.	
4	Однофазный однотактный выпрямитель: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод расчетных соотношений.	
5	Однофазный мостовой выпрямитель: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод расчетных соотношений.	

6	Трехфазный однотактный выпрямитель: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод расчетных соотношений.	
7	Особенности работы трансформатора в трехфазном однотактном выпрямителе.	
8	Трехфазный однотактный управляемый выпрямитель: схема, принцип работы, вывод выражения $U_d \alpha = f(\alpha)$.	
9	Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель: схема, временные диаграммы, вывод основных расчетных соотношений.	
10	Коммутация тока в выпрямителях: влияние на величину выпрямленного напряжения, вывод выражения для угла коммутации γ .	
11	Внешняя характеристика управляемого выпрямителя, $U_d \alpha = f(I_d)$ при $\alpha = const$.	
12	Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей $U_d \alpha = f(\alpha)$ при $L_d = 0$ и $L_d = L_{dN}$, $I_d = const$.	
13	Коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения, С-фильтр, L-фильтр, L-C фильтр, вывод выражения коэффициента сглаживания.	
14	Зависимый инвертор: схема, принцип работы, условия перевода управляемого выпрямителя в режим инвертирования.	
15	Коэффициент мощности и коэффициент полезного действия управляемого выпрямителя и зависимого инвертора.	
16	Тиристорный регулятор напряжения переменного тока – работа на активную нагрузку.	
17	Тиристорный регулятор напряжения переменного тока – работа на активно-индуктивную нагрузку.	
18	Однофазный мостовой инвертор напряжения: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражений для P_{d1} , P_{d2} , P_d .	
19	Широтное регулирование выходного напряжения инвертора напряжения; зависимость гармонического состава выходного напряжения от длительности импульса полуволны выходного напряжения	
20	Трехфазный транзисторный инвертор напряжения с $\lambda_{II} = 180^\circ$: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражения действующих значений напряжений U_Φ и U_L .	
21	Трехфазный транзисторный инвертор напряжения с $\lambda_{II} = 120^\circ$: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражения действующих значений напряжений U_Φ и U_L .	
22	Средства обработки больших данных в промышленной электронике.	ПК-2.В.2
23	Понятие и признаки больших данных в промышленной электронике.	

25	Сквозные технологии при проектировании и производстве компонентов промышленной электроники.	
26	Виды графических конструкторских документов.	ПК-2.В.3
27	Методы для тестирования и контроля качества электротехнического оборудования	
28	Роль проектирования в жизненном цикле электротехнического оборудования.	

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>Что такое выпрямитель? Выберите один ответ:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Выпрямитель преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию постоянного тока; b. Выпрямитель преобразует электрическую энергию постоянного тока в электрическую энергию переменного тока; c. Выпрямитель преобразует электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_1 в электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_2; d. Выпрямитель преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию переменного тока иной частоты. 	ПК-1.3.1
2	<p>Регулировочная характеристика выпрямителя это: Выберите один ответ.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. зависимость тока на нагрузке от напряжения на нагрузке при постоянном значении угла регулирования; b. зависимость напряжения на нагрузке от тока на нагрузке при постоянном значении угла регулирования; c. зависимость напряжения на нагрузке от угла регулирования; d. ависимость угла регулирования от напряжения на нагрузке; 	
3	<p>Для открытия тиристора необходимо выполнить условия: Выберите все правильные ответы:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. напряжение на аноде должно быть меньше напряжения на катоде; b. напряжение на аноде должно быть больше напряжения на катоде; c. наличие импульса управления на управляющем электроде 	

	<p>тиристора;</p> <p>d. отсутствие импульса управления на управляющем электроде тиристора;</p>	
4	<p>Соотнесите относительное значение обратного напряжения на вентиле (коэффициент использования вентиля по напряжению) со схемой выпрямления:</p> <p>Значения коэффициентов:</p> <p>a. 1,57;</p> <p>b. 1,05</p> <p>c. 2,09:</p> <p>Схема выпрямления:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Трехфазный мостовой выпрямитель; 2. Трехфазный однотактный выпрямитель; 3. Однофазный мостовой выпрямитель; 	
5	<p>Определите, чему равно среднее значение выпрямленного напряжения трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, фазное значение которого равно 100 В.</p>	
6	<p>Укажите, на каких полупроводниковых приборах (транзисторах, тиристорах или диодах) выполняются неуправляемые выпрямители.</p>	ПК-2.В.2
7	<p>Внешняя характеристика выпрямителя - это:</p> <p>Выберите один ответ:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. зависимость напряжения на нагрузке от тока на нагрузке при переменном значении угла регулирования; b. зависимость напряжения на нагрузке от тока на нагрузке при постоянном значении угла регулирования; c. зависимость напряжения на нагрузке от угла регулирования; d. зависимость тока на нагрузке от напряжения на нагрузке при постоянном значении угла регулирования; 	
8	<p>Угол коммутации выпрямителя зависит от:</p> <p>Выберите все правильные ответы:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Угла регулирования; b. Среднего значения напряжения на нагрузке; c. Среднего значения тока на нагрузке; d. Числа фаз вторичной обмотки. 	
9	<p>Укажите соответствие между схемой вторичного источника питания и возможным диапазоном регулирования выходного напряжения:</p> <p>Схема вторичного источника питания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ОППН- II рода 2. ДППН- III рода 3. ОППН- I рода 4. ООП <p>Диапазон регулирования:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. $U_{\text{вых}} > U_{\text{вх}}$; b. $U_{\text{вых}} < U_{\text{вх}}$; c. $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}$; d. $U_{\text{вых}}$ может быть как больше, так и меньше $U_{\text{вх}}$. 	

10	Определите, чему равно среднее значение тока диода однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 100 А.	ПК-2.В.3
11	Укажите, как влияет ток нагрузки на величину угла коммутации γ : Выберите один ответ. а. Угол коммутации уменьшается при увеличении тока нагрузки; б. Угол коммутации увеличивается при увеличении тока нагрузки; в. Угол коммутации увеличивается при уменьшении тока нагрузки; д. Ток нагрузки не влияет на величину угла коммутации;	
12	Укажите, какие полупроводниковые вентили являются вентилями с полным управлением. Выберите все правильные ответы: а. неуправляемый диод; б. незапираемый тиристор; в. запираемый тиристор; д. силовые транзисторы;	
13	Укажите соответствие между граничным углом выпрямителя и схемой выпрямления: а. 0° б. 30° в. 60° Схема выпрямления: 1. Трехфазная однотактная 2. Трехфазная мостовая 3. Однофазная мостовая	
14	Определите, чему равна расчетная мощность трехфазного мостового управляемого выпрямителя, если номинальная мощность цепи постоянного тока 100 Вт. В ответе укажите число.	
15	Перечислите характерные признаки активного выпрямителя напряжения.	

Критерии оценивания результатов тестирования:

1. Для заданий закрытого типа на установление соответствия:

- полное соответствие с правильными ответами - 1 балл;
- неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2. Для заданий комбинированного типа с выбором одного верного ответа из предложенных:

- полное совпадение с верным ответом - 1 балл;
- неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

3. Для заданий комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных:

- полное совпадение с верным ответом - 1 балл;
- неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4. Для заданий открытого типа с развернутым ответом:
- ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте - 3 балла;
 - допущена одна ошибка, неточность или ответ правильный, но не полный - 1 балл;
 - допущено более 1 ошибки, дан неправильный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

5. Для заданий закрытого типа на установление последовательности:
- полное совпадение с верным ответом - 1 балл;
 - неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

Студенту предлагается ответить на 10 вопросов, отсортированных случайным образом с ограничением по времени. Студент получает зачет, если количество правильных ответов не менее 8.

Результаты тестирования учитываются при проведении промежуточной аттестации.

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

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

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.

Структура предоставления лекционного материала:

Лекция состоит из трёх основных частей: вступительной, основной и заключительной. Вступительная часть определяет название темы, план и цель лекции. Она призвана заинтересовать и настроить аудиторию. В этой части лекции излагается актуальность, основная идея, связь данной лекции с предыдущими занятиями, ее основные вопросы. В основной части лекции реализуется научно-техническое содержание темы, все основные вопросы, проводится вся система доказательств с использованием наиболее целесообразных методических приёмов. Заключительная часть имеет целью обобщать в кратких формулировках основные идеи лекции, логически завершая её как целостное творение. Отдельные виды лекций могут иметь свои особенности как по содержанию, так и по структуре.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

При проведении практических занятий преподаватель должен придерживаться следующего плана:

- изложить суть практического занятия и методику его выполнения;
- выдать индивидуальное задание каждому студенту группы;
- контролировать активность студентов в процессе выполнения задания;
- проверить результат выполнения задания и оценить полноту и качество выполнения по 100 бальной шкале рейтинга;
- отметить в журнале посещения персональное присутствие студентов;
- провести консультации по пропущенным темам практических занятий;
- проверить результаты самостоятельного освоения материала по пропущенным темам.

11.3. 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 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

Студенты разбиваются на подгруппы, по 3-4 человека. Перед проведением лабораторной работы обучающимся следует внимательно ознакомиться с методическими указаниями по ее выполнению. В соответствии с заданием обучающиеся должны подготовить необходимые данные, получить от преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы, выполнить указанную последовательность действий, получить требуемые результаты, оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

В отчете должна быть сформулирована цель проведенной работы и представлены следующие материалы:

- электрическая схема (схемы) лабораторной установки, выполненные с использованием современных графических пакетов, например SimIn Tech, Visio и др.;
- таблицы с параметрами, измеренными в процессе выполнения опытов, и параметрами, вычисленными в соответствии с требованиями программы;
- характеристики, построенные в соответствии с требованиями программы;
- обработанные осциллограммы;
- выводы по результатам лабораторной работы (анализ экспериментальных данных, вида кривых, причин погрешностей и т. д.)

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

По каждой лабораторной работе выполняется отдельный отчет. Титульный лист оформляется в соответствии с шаблоном (образцом) приведенным на сайте ГУАП (www.guar.ru) в разделе «Сектор нормативной документации». Текстовые и графические материалы оформляются в соответствии с действующими ГОСТами и требованиями, приведенными на сайте ГУАП (www.guar.ru) в разделе «Сектор нормативной документации».

Отчеты следует оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017 и ГОСТ 2.105-2019:

- ГОСТ 7.32-2017 – СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
- ГОСТ 2.105-2019 – ЕСКД. Общие требования к текстовым документам

Список использованных источников необходимо оформлять в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.100-2018:

- ГОСТ 7.0.100-2018 – Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

Ссылка на правила оформления курсового проекта размещена на сайте ГУАП. URL: <https://guap.ru/standart/doc>.

11.4. 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.

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.

11.5. 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.

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

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

- 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».

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

Промежуточная аттестация оценивается по результатам текущего контроля успеваемости. В случае, если студент по уважительной причине не выполнил требования текущего контроля, ему предоставляется возможность сдать задолженности по пропущенным темам. Форма проведения промежуточной аттестации – письменная.

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