

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)

«17» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Промышленная электроника»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	15.03.06
Наименование направления подготовки/ специальности	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности	Цифровой инжиниринг робототехнических комплексов
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Санкт-Петербург – 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доц., к.т.н.
(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

А.Г. Воронцов
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32
«17» февраля 2025 г, протокол № 5

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.
(уч. степень, звание)


(подпись, дата)

С.В. Солёный
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

Ст. преп.
(должность, уч. степень, звание)


(подпись, дата)

Н.В. Решетникова
(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Промышленная электроника» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» направленности «Цифровой инжиниринг робототехнических комплексов». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-9 «Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением устройства, принципа работы и характеристик полупроводниковых преобразовательных устройств систем управления, а именно: выпрямителей, инверторов, преобразователей частоты, регуляторов напряжения переменного тока, преобразователей постоянного тока в постоянный ток.

В области воспитания личности целью подготовки по данной дисциплине является формирование основ общекультурных и профессиональных компетенций для приобретения качеств, необходимых специалисту по промышленной электронике, таких как целеустремленность, организованность, трудолюбие, ответственность, гражданственность, коммуникативность и способность к саморазвитию и самообразованию и др.

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 и систем промышленной электроники, проводить элементарные лабораторные испытания устройств и систем промышленной электроники.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части 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
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ОПК-9.3.1 знает назначение и принцип действия основных видов технологического оборудования ОПК-9.У.1 умеет планировать испытания модулей и подсистем мехатронных и робототехнических систем ОПК-9.В.1 владеет практическим опытом разработки, освоения и внедрения новых технологических процессов и материалов

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:

- «Электрический привод»

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			
Аудиторные занятия , всего час.	102	51	51
в том числе:			
лекции (Л), (час)	34	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	72	36	36
Самостоятельная работа , всего (час)	42	21	21
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз., Экз.	Экз.	Экз.

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 5					
Раздел 1. Полупроводниковые приборы силовой электроники Тема 1.1. Диоды Тема 1.2. SCR тиристоры Тема 1.3. GTO тиристоры Тема 1.4. GCT тиристоры Тема 1.5. IGBT транзисторы	2	3	3		4
Раздел 2. Последовательное и параллельное соединение полупроводниковых приборов и обеспечение их защиты	2	2			4
Раздел 3 Схемы выпрямления Тема 3.1. Классификация выпрямителей и основные параметры и характеристики выпрямителей Тема 3.2 Коммутация тока в выпрямителях и влияние ее на характеристики выпрямителя Тема 3.4 Сглаживающие фильтры. Тема 3.5 Энергетические показатели выпрямителей.	6	8	9		8
Раздел 4. Многопульсные выпрямители Тема 4.1 6-пульсные выпрямители Тема 4.2 12-пульсные выпрямители Тема 4.3 18-пульсные выпрямители Тема 4.4 24-пульсные выпрямители Тема 4.5 Фазосдвигающие трансформаторы	4	2			2
Раздел 5. Зависимые инверторы	3	2	4		3
Итого в семестре:	17	17	17		21
Семестр 6					

Раздел 6. Автономные инверторы напряжения	2	8	5		6
Раздел 7. Инверторы тока	2	4	3		4
Раздел 7. Активный выпрямитель	2				3
Раздел 8. Регуляторы переменного напряжения	2		3		2
Раздел 9. Преобразователи постоянного напряжения	2	5	6		4
Раздел 10. Каскадные преобразователи частоты	3				2
Раздел 11. Многоуровневые преобразователи частоты	4				
Итого в семестре:	17	17	17		21
Итого	34	34	34	0	42

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
1	Полупроводниковые приборы силовой электроники Рассматриваются основные приборы силовой электроники – диоды, однооперационные тиристоры, GTO и GCT тиристоры, IGBT транзисторы. Принципы их работы, основные характеристики
2	Рассматривается последовательное и параллельное соединение полупроводниковых приборов и обеспечение их защиты от перенапряжений и сверхтоков
3	Рассматриваются различные схемы выпрямления тока, классификация и основные параметры и характеристики. Коммутация тока в выпрямителях, внешние и регулировочные характеристики выпрямителей. Энергетические показатели выпрямителей
4	Рассматриваются варианты построения многопульсных схем выпрямления от 6 до 24-пульсной схемы. Рассматривается принцип построения фазосдвигающих трансформаторов
5	Рассматриваются характеристики зависимого инвертора, выполненного на однооперационных тиристорах
6	Рассматривается устройство и принцип работы автономного инвертора напряжения, способы управления.
7	Рассматривается устройство и принцип работы автономного инвертора тока
8	Рассматривается устройство и принцип работы тиристорных регуляторов напряжения, классификация, устройство, принцип действия и способы управления
9	Преобразователи постоянного тока в постоянный ток (ППТ) – классификация, принцип работы различных вариаций схем ППТ
10	Каскадные преобразователи частоты – классификация, принцип работы

	и способы управления. Рассматриваются различные вариации построения каскадных ПЧ с H-мостами, особенности управления при несимметричных режимах
11	Многоуровневые преобразователи частоты – основные характеристики, классификация, принцип действия и способы управления. Рассматриваются схемы с разделительными диодами, модульно-многоуровневые, матричные, схемы с плавающими конденсаторами

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					
	Полупроводниковые приборы	семинар	3	3	1
	Способы защиты полупроводниковых приборов, последовательное и параллельное включение приборов	семинар	2	2	2
	Расчет параметров неуправляемого выпрямителя с сетевым трансформатором и выбор элементов выпрямителя	Решение задач	2	2	3
	Расчет коэффициента пульсаций выходного напряжения управляемого выпрямителя	Решение задач	2	2	3
	Расчет параметров сглаживающих фильтров	Решение задач	2	2	3
	Расчет энергетических показателей управляемых выпрямителей	Решение задач	2	2	3
	Многопульсные выпрямители	семинар	2	2	4
	Методика расчета зависимого инвертора	Решение задач	2	2	5
Семестр 6					

	Методика расчета однофазного резонансного инвертора	Решение задач	4	4	7
	Методика расчета однофазного одноплечевого инвертора напряжения	Решение задач	4	4	6
	Методика расчета однофазного полномостового инвертора напряжения	Решение задач	4	4	6
	Методика расчета стабилизатора напряжения постоянного тока, выполненного по схеме однотактного преобразователя постоянного напряжения с последовательным ключевым элементом (ОППН-I)	Решение задач	3	3	9
	Методика расчета стабилизатора напряжения постоянного тока, выполненного по схеме однотактного преобразователя постоянного напряжения с параллельным ключевым элементом (ОППН-II)	Решение задач	2	2	9
Всего			34		

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				
	Вольт-амперные характеристики диода, стабилитрона, светодиода, тиристора, запираемого тиристора	3	3	1
	Трехфазный однотактный управляемый	4	4	3

	выпрямитель			
	Реверсивный выпрямитель	5	5	3
		17		
Семестр 6				
	Однофазный инвертор напряжения с ШИМ	5	5	6
	Однофазный инвертор тока	3	3	7
	Регулятор напряжения переменного тока	3	3	8
	ППТ с последовательным ключевым элементом (ППТ-1)	3	3	9
	ППТ с параллельным ключевым элементом (ППТ-2)	3	3	9
		17		
	Всего	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)	30	15	15
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	6	3	3
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	6	3	3
Всего:	42	21	21

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. М29	1.Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть I. Выпрямители и регуляторы переменного напряжения. ГУАП. СПб. 2011. 186с.	70
621.314. М29	2.Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть II. Инверторы напряжения и преобразователи частоты. ГУАП. СПб.2012. 146с.	70
621.314.5 М29	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. М29	4.Мартынов А.А. Силовая электроника: учеб. –метод. Пособие/А.А. Мартынов.- СПб.: ГУАП, 2015.-214с.	70
621.314. М29	5.Мартынов А.А. Основы преобразовательной техники.: Учебно-методическое пособие. Часть I / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2016. 187 с.:	35
621.314. М29	6.Мартынов А.А. Основы преобразовательной техники.: Учебно-методическое пособие. Часть II / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2016. 157 с.:	35
621.3	7 Пронин М.В., Воронцов А.Г. Электромеханотронные комплексы и их моделирование на ЭВМ по взаимосвязанным подсистемам / СПб, издательство “Ладоба”, 2020г. – 336 с.	0, в электронном виде
621.314. М29	8. Силовая электроника: учебно-методическое пособие к проведению практических занятий. / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2018. 191 с.: 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.urfu.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)
2	Мультимедийная лекционная аудитория	21-21, 21-18
5	Специализированная лаборатория	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; Тесты.

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 для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
1	Зависимый инвертор: схема, принцип работы, условия перевода управляемого выпрямителя в режим инвертирования.	ОПК-9.3.1
2	Однофазный мостовой инвертор тока параллельного типа: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений.	

3	Однофазный мостовой инвертор последовательного типа: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений.	
4	Однофазный мостовой инвертор напряжения: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражений для P_{d1} , P_{d2} , P_d .	
5	Широтное регулирование выходного напряжения инвертора напряжения; зависимость гармонического состава выходного напряжения от длительности импульса полуволны выходного напряжения.	
6	Широтно-импульсное регулирование выходного напряжения инвертора напряжения; гармонический состав выходного напряжения.	
7	Трехфазный транзисторный инвертор напряжения с : схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражения действующих значений напряжений U_{ϕ} и U_L .	
8	Трехфазный транзисторный активный выпрямитель: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод выражений.	
9	Тиристорный регулятор напряжения переменного тока: устройство, принцип работы.	
10	Трехфазный тиристорный регулятор напряжения переменного тока: устройства, принцип работы.	
11	Преобразователь постоянного тока в постоянный ток с последовательным ключевым элементом: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений.	
12	Преобразователь постоянного тока в постоянный ток с параллельным ключевым элементом: схема, временные диаграммы, принцип работы, основные расчетные соотношения.	ОПК-9.У.1
13	Двухкаскадный преобразователь постоянного тока в постоянный ток, выполненный по схеме (ППТ-1) + (ППТ-2): устройство, принцип работы, характеристики	
14	Двухкаскадный преобразователь постоянного тока в постоянный ток, выполненный по схеме (ППТ-2) + (ППТ-1): устройство, принцип работы, характеристики	
15	Каскадный преобразователь частоты с диодными выпрямителями и многофазным трансформатором	
16	Каскадный преобразователь частоты с транзисторными выпрямителями	
17	Гибридный и комбинированный каскадный преобразователь частоты	
18	Модульно-многоуровневые преобразователи частоты и их применение	
19	Трехуровневый инвертор напряжения, устройство принцип действия, виды 3-х уровневых ПЧ	
20	Матричные преобразователи, устройство принцип действия, типы	
21	Инвертор с “плавающими” конденсаторами	
22	Расчет потерь энергии в преобразователях	
23	Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей	ОПК-9.В.1

24	Коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения, С-фильтр, L-фильтр, L-C фильтр, вывод выражения коэффициента сглаживания.	
25	Зависимый инвертор: схема, принцип работы, условия перевода управляемого выпрямителя в режим инвертирования.	
26	Реальные и идеальные вольтамперные характеристики полупроводниковых диодов, тиристоров и транзисторов.	ОПК-9.У.1
27	Тиристоры SCR, GTO, GCT – принцип действия, характеристики	
28	IGBT модули – принцип действия, характеристики	
29	Однофазный одноктактный выпрямитель: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод расчетных соотношений.	
30	Однофазный мостовой выпрямитель: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод расчетных соотношений.	
31	Трехфазный одноктактный выпрямитель: схема, временные диаграммы, принцип работы, вывод расчетных соотношений.	
32	Особенности работы трансформатора в трехфазном одноктактном выпрямителе.	
33	Трехфазный одноктактный управляемый выпрямитель: схема, принцип работы, вывод выражения.	
34	Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель: схема, временные диаграммы, вывод основных расчетных соотношений.	
35	Влияние индуктивности нагрузки на работу управляемого выпрямителя. Пояснить на примере любой схемы выпрямителя.	
36	Коммутация тока в выпрямителях: влияние на величину выпрямленного напряжения, вывод выражения для угла коммутации.	
37	Внешняя характеристика управляемого выпрямителя	
38	12-пульсный выпрямитель	
39	18-пульсный выпрямитель	
40	24-пульсный выпрямитель	ОПК-9.3.1
41	Виды соединений обмоток трансформатора, фазосдвигающий трансформатор	
42	Способы выравнивания напряжения на последовательно соединенных тиристорах (диодах)	
43	Способы выравнивания напряжения на параллельно соединенных тиристорах (транзисторах)	
44	Защита от перенапряжений полупроводниковых приборов	
45	Защита от сверхтоков полупроводниковых приборов	

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

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

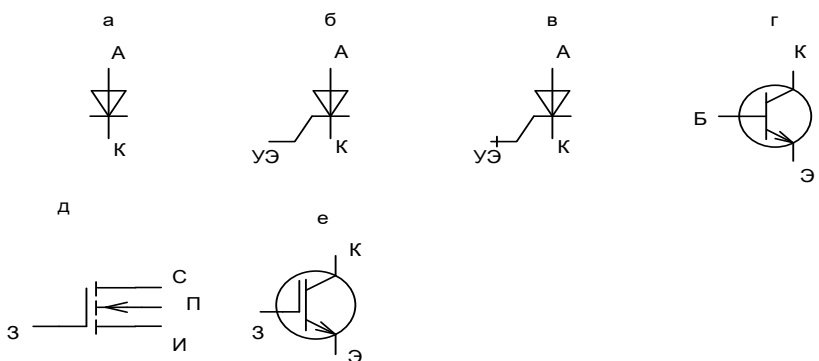
Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

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>Вопрос №1</p>  <p>Укажите какой из рисунков (а, б, в, г, д, е) соответствует условному изображению:</p> <ul style="list-style-type: none"> – биполярного транзистора (<i>n-p-n</i>-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 <i>n</i>-типа – полевого транзистора МДП-типа (с изолированным затвором) с индукционным каналом <i>n</i>-типа; 	ОПК-9.3.1,
2	Вопрос №2. Укажите какие условия необходимо выполнить для того, чтобы через диод начал протекать ток?	
3	Вопрос №3. Укажите какие условия необходимо выполнить для того, чтобы через тиристор начал протекать ток?	
4	Вопрос №4. Укажите в чем заключается отличие между однооперационным и двухоперационным тиристором?	
5	Вопрос №5. Укажите в чем заключается отличие в форме импульсов управления транзистора и двухоперационного тиристора?	

6	Вопрос №6 Укажите в чем предназначение снабберных цепей?	
7	Вопрос №7 Как выбрать предохранитель для защиты приборов?	
8	Вопрос №8 Как отбалансировать напряжения на приборах при их последовательном соединении?	
9	Вопрос №9 Как отбалансировать токи в приборах при их параллельном соединении?	
10	Вопрос №10. 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 постоянного тока в электрическую энергию переменного тока; 3. Выпрямитель преобразует электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_1 в электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_2 .	
11	Вопрос №11. Укажите на каких полупроводниковых приборах (транзисторах, тиристорах или диодах) выполняются неуправляемые выпрямители.	ОПК-9.У.1, ОПК-9.В.1
12	Вопрос №12. Нарисуйте схему однофазного неуправляемого выпрямителя.	
13	Вопрос №13. Нарисуйте схему трехфазного однократного управляемого выпрямителя.	
14	Вопрос №14. Нарисуйте схему трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.	
15	Вопрос №15. Укажите для каких целей в выпрямителях применяют трансформаторы.	
16	Вопрос №16. Укажите для каких целей в выпрямителях применяют сглаживающие фильтры.	
17	Вопрос №17. Определите чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, равное 100 В?	
18	Вопрос №18. Определите чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, равное 100 В?	
19	Вопрос №19. Определите чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения трехфазного однократного неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока,	

	равное 100 В?	
20	Вопрос №20. Определите чему равно среднее значение тока диода однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 100 А.	
21	Вопрос №21. Определите чему равно среднее значение тока диода трехфазного одноктного неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 150 А.	
22	Вопрос №22. Определите чему равно среднее значение тока диода трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 150 А	
23	Вопрос №23. 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?	
24	Вопрос №24. 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?	
25	Вопрос №25. Определите чему равно максимальное амплитудное значение обратного напряжения диода трехфазного одноктного неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, действующее значение которого равно 100 В?	
26	Вопрос №26. Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения однофазного мостового неуправляемого выпрямителя.	
27	Вопрос №27. Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.	
28	Вопрос №28. Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного одноктного неуправляемого выпрямителя.	
29	Вопрос №29. Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного одноктного неуправляемого выпрямителя.	
30	Вопрос №30. Укажите в каком из выпрямителей - однофазном мостовом, трехфазном одноктным или трехфазном мостовом, имеет место вынужденное подмагничивание сердечника магнитопровода трансформатора постоянным потоком.	
31	Вопрос №31. Дайте определение понятию «Угол регулирования α ».	
32	Вопрос №32. Дайте определение понятию «Угол коммутации γ ».	

33	Вопрос №33. Дайте определение понятию «граничное значение угла регулирования $\alpha_{гр}$ ».	
34	Вопрос №34. Укажите значение угла $\alpha_{гр}$ для однофазного мостового управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
35	Вопрос №35. Укажите значение угла $\alpha_{гр}$ для трехфазного мостового управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
36	Вопрос №36. Укажите значение угла $\alpha_{гр}$ для трехфазного однократного управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
37	Вопрос №37. Дайте определение понятию «угол записания $\alpha_{зап}$ ».	
38	Вопрос №38. Укажите значение угла $\alpha_{зап}$ для однофазного мостового управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
39	Вопрос №39. Укажите значение угла $\alpha_{зап}$ для трехфазного мостового управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
40	Вопрос №40. Укажите значение угла $\alpha_{зап}$ для трехфазного однократного управляемого выпрямителя, работающего на чисто активную нагрузку.	
41	Вопрос №41. Укажите как влияет ток нагрузки на величину угла коммутации γ (увеличивает его или уменьшает).	
42	Вопрос №42. Укажите как влияет напряжение переменного тока на величину угла коммутации γ (увеличивает его или уменьшает).	
43	Вопрос №43. Укажите как влияет индуктивное сопротивление рассеяния обмотки сетевого трансформатора на величину угла коммутации γ (увеличивает его или уменьшает).	
44	Вопрос №44. Укажите как влияет увеличение угла коммутации γ управляемого выпрямителя на величину его коэффициента мощности χ (увеличивает его или уменьшает).	
45	Вопрос №45. Укажите как влияет увеличение угла регулирования α управляемого выпрямителя на величину его коэффициента мощности χ (увеличивает его или уменьшает).	
46	Вопрос №46. 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.	
47	Вопрос №47. Укажите какое из трех нижеприведенных определений инвертора (1, 2 или 3) - правильное:	ОПК-9.В.1

	<p>1. Инвертор преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию постоянного тока;</p> <p>2. Инвертор преобразует электрическую энергию постоянного тока в электрическую энергию переменного тока;</p> <p>3. Инвертор преобразует электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_1 в электрическую энергию постоянного тока с напряжением U_2.</p>	
48	<p>Вопрос №48. Укажите в каких пределах $0 < \alpha < 90^\circ$ или $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ должен находиться угол регулирования α в режиме инвертирования.</p>	
49	<p>Вопрос №49. Укажите следует ли изменять полярность напряжения цепи постоянного тока выпрямителя на противоположное при переводе выпрямителя в режим инвертирования.</p>	
50	<p>Вопрос №50. Укажите параметры зависимого инвертора, воздействуя на которые можно регулировать величину мощности, отдаваемой зависимым инвертором в сеть переменного тока.</p>	
51	<p>Вопрос №51. Укажите по какой формуле (№1 или №2) следует рассчитывать коэффициент полезного действия зависимого инвертора $\eta_{з.и.}$:</p> <p>$\eta = P_d / P_2$ (1);</p> <p>$\eta = P_2 / P_d$ (2),</p> <p>где $P_d = U_d I_d$ - мощность цепи постоянного тока преобразователя;</p> <p>$P_2 = m_2 U_2 I_2 \cos \varphi$ – активная мощность цепи переменного тока преобразователя</p>	
52	<p>Вопрос №52. Поясните, что означает термин «вторичный источник питания».</p>	
53	<p>Вопрос №53. Укажите какие гармоники исключаются из токов и напряжений в 12-пульсном выпрямителе.</p>	
54	<p>Вопрос №54. Укажите какие гармоники исключаются из токов и напряжений в 24-пульсном выпрямителе.</p>	
55	<p>Вопрос №55. Почему транзисторный выпрямитель называется активным</p>	
56	<p>Вопрос №56. Какие пределы регулирования выпрямленного напряжения у активного выпрямителя (минимальное и максимальное значение)</p>	
57	<p>Вопрос №57. Каскадные преобразователи предназначены для?</p>	
58	<p>Вопрос №58. Какой тип 3-уровневого инвертора лучше применить при выпрямленном напряжении до 1200В</p>	

59	Вопрос №59. Какие преимущества в использовании каскадного ПЧ с транзисторными выпрямителями	
60	Вопрос №60. Как обеспечить работу каскадного ПЧ при аварии в некоторых ячейках.	
61	Вопрос №61. Как решается проблема разбалансировки напряжений на конденсаторах в 3-уровневых преобразователях	
62	Вопрос №62. Как решается проблема разбалансировки напряжений на конденсаторах в модульно-многоуровневых преобразователях	
63	Вопрос №63 Можно ли с помощью активного выпрямителя регулировать значение потребляемой ПЧ реактивной мощности. Если можно, то как?	
64	Вопрос №64 Для чего производится инъекция третьей гармоники в напряжение управления трехфазных преобразователей.	
65	Вопрос №65. Какие преимущества работы в многотактном режиме преобразователей постоянного или переменного тока.	

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

«Методических указаниях по изучению дисциплины «Промышленная электроника», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, а также в учебных пособиях [1], [2], [3] и в учебно-методическом пособии [4] и [7].

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:

Введение в курс «Промышленная электроника»

Вольт-амперные характеристики полупроводниковых вентилях, основные типы полупроводниковых приборов для силовой электроники. SCR, GTO, GCT и IGBT.

Способы защиты полупроводниковых приборов, параллельное и последовательное их соединение.

Выпрямители

Классификация выпрямителей и основные параметры и характеристики выпрямителей.

Устройство, принцип работы однофазных схем выпрямления

Устройство, принцип работы трехфазных схем выпрямления

Коммутация тока в выпрямителях и влияние ее на характеристики выпрямителя

Энергетические показатели выпрямителя.

Многопульсные выпрямители

6-пульсные, 12, 18, 24 -пульсные схемы. Фазосдвигающие трансформаторы.

Устройство, принцип работы и характеристики зависимого инвертора

Автономные инверторы

Устройство, принцип работы и характеристики инверторов тока

Регуляторы переменного напряжения

Преобразователи постоянного тока в постоянный ток (ППТ)

Каскадные преобразователи частоты

Многоуровневые преобразователи частоты

11.1. 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 обучающимся 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.

Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий приведены в учебном пособии [8].

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Промышленная электроника», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, а также в учебных пособиях в учебно-методических пособиях [5], [6]

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 приведены в [5, 6].

Структура и форма отчета о лабораторной работе приведены в [5, 6].

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе приведены в [5, 6].

11.3. 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).

11.4. 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.

11.5. 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».

Промежуточная аттестация проводится по вопросам, приведенным в таблицах 15 и 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.

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