

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

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

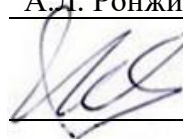
Руководитель направления

проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А. Д. Ронжин

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«30» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Промышленная электроника»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.03.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Электромеханика
Форма обучения	очная

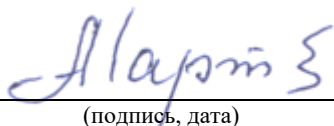
Санкт-Петербург– 2021

## Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доцент каф.№32, к.т.н.,  
доцент

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

А.А. Мартынов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«30» августа 2021 г., протокол №1

Заведующий кафедрой № 32

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)



(подпись, дата)

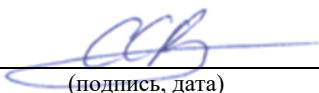
А.Л. Ронжин

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 13.03.02(01)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

С.В. Соленый

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.э.н., доц.

(должность, уч. степень,  
звание)

(подпись, дата)

Г.С. Армашова-Тельник

(инициалы, фамилия)

### Аннотация

Дисциплина «Промышленная электроника» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности «Электромеханика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией»

ПК-5 «Способен оценивать техническое состояние, поддержание и восстановление работоспособности технологического оборудования»

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;

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 студента, консультации, курсовое проектирование.*

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

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.

1.1. 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-2 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией	ПК-2.Д.1 выполняет сбор и анализ данных для проектирования объектов профессиональной деятельности ПК-2.Д.5 применяет методы расчета и выбора параметров основных элементов объектов профессиональной деятельности
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способен оценивать техническое состояние, поддержание и восстановление работоспособности технологического оборудования	ПК-5.Д.1 анализирует документацию, связанную с эксплуатацией устройств и систем

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Физика», «Электротехника», «Электромагнитные и полупроводниковые преобразователи электрической энергии», «Электроника».

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

- « «Проектирование элементов и узлов экспериментальных и промышленных установок»,
- « «Электрические аппараты»,
- «Нетрадиционная электромеханика»,
- «Схемотехника».

### 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
<b>Общая трудоемкость дисциплины, 3Э/ (час)</b>	7/ 252	3/ 108	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>	85	34	51
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	119	51	68
в том числе:			
лекции (Л), (час)	34	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17	
лабораторные работы (ЛР), (час)	51	17	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	17		17
экзамен, (час)	54		54
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	79	57	22
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач., Экз.	Дифф. Зач.	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					
Раздел1. Многофазные выпрямители	5	6	6		17
Тема 1.1. Шестифазный одноконтный выпрямитель					
Тема 1.2. Дважды трехфазная схема выпрямителя с уравнивающим реактором					
Тема 1.3. Кольцевая схема выпрямления					

Тема 1.4. Двенадцатифазная схема выпрямления					
Тема 1.5. Восемнадцатифазная схема выпрямления					
Раздел 2. Реверсивные схемы выпрямителей для тиристорного реверсивного электропривода постоянного тока ТРЭП ПТ Тема 2.1. Классификация схем ТРЭП ПТ Тема 2.2. Способы управления ТРЭП ПТ Тема 2.3. Энергетические показатели ТРЭП ПТ.	4	4	4		15
Раздел 3. Обратимые тиристорные преобразователи для передачи электрической энергии на постоянном токе Тема 3.1. Выпрямительный режим подстанции Тема 3.2. Инверторный режим подстанции	4	3	3		13
Раздел 4. Обратимые тиристорные преобразователи зарядно-разрядных систем Тема 4.1. Режим заряда аккумуляторной батареи Тема 4.2. Режим разряда аккумуляторной батареи	4	4	4		12
Итого в семестре	17	17	17		57
Семестр 6					
Раздел 5. Регуляторы переменного напряжения (ТРН) Тема 5.1. Однофазные ТРН Тема 5.2. Трехфазные ТРН	3		6		4
Раздел 6. Транзисторные широтно-импульсные преобразователи для электропривода постоянного тока (ШИП ЭПТ) Тема 6.1. Способы управления ШИП ЭПТ Тема 6.2. Энергетические показатели ШИП ЭПТ	6		12		5
Раздел 7. Преобразователи частоты для электроприводов переменного тока. (ПЧ)	4		12		5

Тема 7.1. ПЧ со звеном постоянного тока.					
Тема 7.2. ПЧ без звена постоянного тока					
Раздел 8. Полупроводниковые коммутаторы для шагового электропривода	2		2		4
Раздел 9. Полупроводниковые коммутаторы для вентильно-индукторного двигателя	2		2		4
Выполнение курсовой работы				17	
Итого в семестре:	17		34		22
Итого:	34	17	51	17	79

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.	Многофазные выпрямители
Тема 1.1.	.Шестифазный одноконтурный выпрямитель: устройство, принцип работы, характеристики
Тема 1.2.	Дважды трехфазная схема выпрямителя с уравнивающим реактором: устройство, принцип работы, характеристики
Тема 1.3.	Кольцевая схема выпрямления: устройство, принцип работы, характеристики
Тема 1.4.	Двенадцатифазная схема выпрямления: устройство, принцип работы, характеристики
Тема 1.5	Восемнадцатифазная схема выпрямления: устройство, принцип работы, характеристики
Раздел 2.	Реверсивные схемы выпрямителей для тиристорного реверсивного электропривода постоянного тока ТРЭП ПТ
Тема 2.1.	Классификация схем ТРЭП ПТ
Тема 2.2.	Способы управления ТРЭП ПТ: : устройство, принцип работы, характеристики
Тема 2.3..	Энергетические показатели ТР ЭП ПТ: устройство, принцип работы, характеристики
Раздел 3.	Обратимые тиристорные преобразователи для передачи электрической энергии на постоянном токе

Тема 3.1.	Выпрямительный режим подстанции: устройство, принцип работы, характеристики
Тема 3.2	.Инверторный режим подстанции: устройство, принцип работы, характеристики
Раздел 4.	Обратимые тиристорные преобразователи зарядно-разрядных систем
Тема 4.1.	Режим заряда аккумуляторной батареи
Тема 4.2	. Режим разряда аккумуляторной батареи
Раздел 5	. Регуляторы переменного напряжения (ТРН): устройство, принцип работы, характеристики
Тема 5.1	. Однофазные ТРН
Тема 5.2	. Трехфазные ТРН
Раздел 6.	Транзисторные широтно-импульсные преобразователи для электропривода постоянного тока (ШИП ЭПТ)
Тема 6.1.	Способы управления ШИП ЭПТ: симметричный, несимметричный и поочередный.
Тема 6.2	.Энергетические показатели ШИП ЭПТ
Раздел 7.	Преобразователи частоты для электроприводов переменного тока. (ПЧ)
Тема 7.1.	ПЧ со звеном постоянного тока устройство, принцип работы, характеристики:
Тема 7.2.	ПЧ без звена постоянного тока устройство, принцип работы, характеристики
Раздел 8.	Полупроводниковые коммутаторы для шагового электропривода устройство, принцип работы, характеристики
Раздел 9.	Полупроводниковые коммутаторы для вентильно-индукторного двигателя устройство, принцип работы, характеристики

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 реверсивного тиристорного преобразователя для ЭП постоянного тока	Решение задач	3	3	2
2	Расчет регулятора переменного напряжения	Решение	2	2	5



		задач			
3	Расчет реверсивного ШИП для ЭП постоянного тока	Решение задач	3	3	6
4	Расчет преобразователя частоты с активным выпрямителем	Решение задач	3	3	7
5	Расчет преобразователя частоты без звена постоянного тока	Решение задач	3	3	7
6	Расчет полупроводникового коммутатора для шагового электропривода	Решение задач	3	3	8
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 шестифазной однофазной схемы выпрямления	3	3	1
2	Исследование дважды трехфазной схемы выпрямления	3	3	1
3	Исследование кольцевой схемы выпрямления	4	4	1
4	Исследование восемнадцатифазной схемы выпрямления	4	4	1
5	Исследование выходных характеристик реверсивного тиристорного преобразователя	4	4	2
6	Исследование регулировочных характеристик реверсивного тиристорного преобразователя	3	3	2
	Итого в семестре 5	17	17	
Семестр 6				
7	Исследование однофазного регулятора переменного напряжения	4	4	5
8	Исследование реверсивного преобразователя постоянного напряжения при симметричном	4	4	6

	способе управления			
9	Исследование реверсивного преобразователя постоянного напряжения при несимметричном способе управления	4	4	6
10	Исследование широтно-импульсного преобразователя с поочередным способом управления	4	4	6
11	Исследование трехфазного тиристорного инверторного напряжения	4	4	7
12	Исследование автономного инвертора напряжения при широтном способе регулирования выходного напряжения	4	4	7
13	Исследование автономного инвертора напряжения при широтно-импульсном способе регулирования выходного напряжения	4	4	7
14	Исследование преобразователя частоты со звеном постоянного тока	4	4	7
	Заключительное занятие	2	2	
	Итого в семестре 6	34	34	
	Всего:	51	51	

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Цель курсовой работы: Развитие и укрепление навыков к саморазвитию и самообразованию. Развитие умения принятия обоснованных решений при решении инженерных задач. Развитие умения самостоятельно решать практические инженерные задачи, используя знания, приобретенные при изучении теоретической части курса

Часов практической подготовки: 17

Примерные темы заданий на курсовую работу приведены в разделе 10 РПД.

#### 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)	45	40	5
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			

Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	14	7	7
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)			
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	20	10	10
Всего:	79	57	22

#### 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	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.311 М29	1.Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть I. Учебное пособие. Выпрямители и регуляторы переменного напряжения. ГУАП. СПб. 2011. 186с.	70
621.31 М29	2.Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть II. Учебное пособие. Инверторы напряжения и преобразователи частоты. ГУАП. СПб.2012. 146с.	70
621.311 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
621.382 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, 2017. 157 с	35

#### 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
<a href="http://194.226.30/32/book.htm">URL:http://194.226.30/32/book.htm</a>	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	21-28
2	Специализированная лаборатория «Преобразовательная техника» «Электрический привод»	51-06-01 31-01

#### 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.
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты;
Выполнение курсовой работы	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсовой работы по дисциплине.

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"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.  
Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Устройство, принцип работы, способы управления и характеристики однофазных ТРН	ПК-2.Д.1
2	Устройство, принцип работы, способы управления и характеристики трехфазных ТРН	ПК-2.Д.5
3	Устройство, принцип работы, характеристики реверсивного ШИП при симметричном способе управления,	ПК-5.Д.1
4	Устройство, принцип работы, характеристики реверсивного ШИП при несимметричном способе управления,	ПК-2.Д.1
5	Устройство, принцип работы, характеристики реверсивного ШИП при комбинированном (поочередном) способе управления,	ПК-2.Д.5
6	Устройство, принцип работы и характеристики ПЧ с активным выпрямителем.	ПК-5.Д.1
7	Устройство, принцип работы и характеристики ПЧ с неуправляемым выпрямителем и инвертором с ШИМ	ПК-2.Д.1
8	Устройство, принцип работы и характеристики ПЧ с управляемым выпрямителем и инвертором с постоянной длительностью импульсов управления инвертора	ПК-2.Д.5
9	Устройство, принцип работы ПЧ без звена постоянного тока: вывод соотношения для частоты выходного и входного напряжений. Вывод выражения регулировочной характеристики этого ПЧ.	ПК-5.Д.1
10	Устройство, принцип работы полупроводникового коммутатора шагового двигателя. Способы и схемы, реализующие повышение частоты приемистости	ПК-2.Д.1
11	Устройство, принцип работы трехфазного инвертора напряжения при ШИМ	ПК-2.Д.5
12	Устройство, принцип работы трехфазного инвертора напряжения при неизменной длительности импульсов управления	ПК-5.Д.1
13	Устройство, принцип работы, способы управления и характеристики однофазных ТРН	ПК-2.Д.1

14	Устройство, принцип работы и характеристики ПЧ с активным выпрямителем.	ПК-2.Д.5
15	Устройство, принцип работы и характеристики ПЧ с неуправляемым выпрямителем и инвертором с ШИМ	ПК-5.Д.1
16	Устройство, принцип работы и характеристики ПЧ с управляемым выпрямителем и инвертором с постоянной длительностью импульсов управления инвертора	ПК-2.Д.1
17	Устройство, принцип работы ПЧ без звена постоянного тока: вывод соотношения для частоты выходного и входного напряжений. Вывод выражения регулировочной характеристики этого ПЧ.	ПК-2.Д.5
18	Устройство, принцип работы полупроводникового коммутатора шагового двигателя. Способы и схемы, реализующие повышение частоты приемистости	ПК-5.Д.1
19	Устройство, принцип работы трехфазного инвертора напряжения при ШИМ	ПК-2.Д.5
20	Устройство, принцип работы трехфазного инвертора напряжения при неизменной длительности импульсов управления	ПК-5.Д.1

Вопросы для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
Таблица 16 – Вопросы для зачета / дифф. Зачета

№ п/п	Перечень вопросов для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Классификация схем ТП ЭПТ.	ПК-2.Д.1
2	.Шестифазный одноконтурный выпрямитель: устройство, принцип работы, характеристики	ПК-2.Д.5
3	Дважды трехфазная схема выпрямителя с уравнивающим реактором: устройство, принцип работы, характеристики	ПК-5.Д.1
4	Кольцевая схема выпрямления: устройство, принцип работы, характеристики	ПК-2.Д.1
5	Двенадцатифазная схема выпрямления: устройство, принцип работы, характеристики	ПК-2.Д.5
6	Восемнадцатифазная схема выпрямления: устройство, принцип работы, характеристики	ПК-5.Д.1
7	Реверсивные схемы выпрямителей для тиристорного реверсивного электропривода постоянного тока ТРЭП ПТ: устройство, принцип работы, характеристики	ПК-2.Д.1
8	Способы управления ТРЭП ПТ: устройство, принцип работы, характеристики	ПК-2.Д.5
9	Энергетические показатели ТР ЭП ПТ: : устройство, принцип работы, характеристики	ПК-5.Д.1
10	Обратимые тиристорные преобразователи для передачи электрической энергии на постоянном токе	ПК-2.Д.1
11	Выпрямительный режим подстанции: устройство, принцип работы, характеристики	ПК-2.Д.5
12	.Инверторный режим подстанции: устройство, принцип работы, характеристики	ПК-5.Д.1
13	Обратимые тиристорные преобразователи зарядно-разрядных систем: режимы заряда и разряда аккумуляторной батареи	ПК-2.Д.1

14	Устройство, принцип работы, способы управления и характеристики реверсивного ТП выполненного по встречно-параллельной схеме	ПК-2.Д.5
15	Устройство, принцип работы, способы управления и характеристики реверсивного ТП выполненного по перекрестной схеме	ПК-5.Д.1
16	Совместный способ управления реверсивным ТП: схема, временные диаграммы, достоинства и недостатки	ПК-2.Д.1
17	Раздельный способ управления реверсивным ТП по знаку сигнала управления: схема, временные диаграммы, достоинства и недостатки	ПК-2.Д.5
18	Реверсивный способ управления реверсивным ТП по знаку тока якоря: схема, временные диаграммы, достоинства и недостатки	ПК-5.Д.1
19	Раздельный способ управления реверсивным ТП по знаку сигнала управления и знаку тока якоря: схема, временные диаграммы, достоинства и недостатки	ПК-2.Д.1
20	Энергетические характеристики реверсивного ТП с учетом способа управления	ПК-2.Д.5

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
1	Тиристорный преобразователь для реверсивного электропривода постоянного тока
2	Тиристорный зарядно-разрядный преобразователь
3	Обратимый тиристорный преобразователь для энергосистемы передачи электрической энергии постоянным током
4	Широтно-импульсный преобразователь для реверсивного электропривода постоянного тока
5	Преобразователь частоты со звеном постоянного тока

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
	<p>Вопрос №1. Укажите какие полупроводниковые усилители мощности (1), (2), (3) или (4) находят применение в электроприводах постоянного тока:</p> <p>1 – управляемые выпрямители;</p> <p>2 – преобразователи частоты;</p> <p>3 – широтно – импульсные преобразователи постоянного тока;</p> <p>4 – тиристорные регуляторы напряжения.</p>	ПК-2.Д.1



	<p>Вопрос №2 Укажите какие полупроводниковые усилители мощности (1), (2), (3) или (4) находят применение в асинхронных электроприводах:</p> <p>1 – управляемые выпрямители;</p> <p>2 – преобразователи частоты;</p> <p>3 – широтно – импульсные преобразователи постоянного тока;</p>	ПК-2.Д.1
	Вопрос №3 Поясните, что по Вашему мнению означает понятие «обратимость электрической машины».	ПК-2.Д.5
	Вопрос №4 Поясните, что по Вашему мнению означает понятие «обратимость полупроводникового преобразователя».	ПК-5.Д.1
	<p>Вопрос №5 Укажите какое из трех нижеприведенных определений выпрямителя (1, 2 или 3) - правильное:</p> <p>1. Выпрямитель преобразует электрическую энергию переменного тока в электрическую энергию постоянного тока;</p> <p>2. Выпрямитель преобразует электрическую энергию постоянного тока в электрическую энергию переменного тока;</p> <p>3. Выпрямитель преобразует электрическую энергию постоянного тока с напряжением <math>U_1</math> в электрическую энергию постоянного тока с напряжением <math>U_2</math>.</p>	ПК-2.Д.1
	Вопрос №6 Укажите на каких полупроводниковых приборах (транзисторах, тиристорах или диодах) выполняются неуправляемые выпрямители.	ПК-2.Д.5
	Вопрос №7 Нарисуйте схему однофазного неуправляемого выпрямителя.	ПК-5.Д.1
	Вопрос №8 Нарисуйте схему трехфазного одноконтурного управляемого выпрямителя	ПК-2.Д.1
	Вопрос №9 Нарисуйте схему трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя.	ПК-2.Д.1
	Вопрос №10 Укажите для каких целей в выпрямителях применяют трансформаторы.	ПК-2.Д.5
	Вопрос №11 Укажите для каких целей в выпрямителях применяют сглаживающие фильтры.	ПК-5.Д.1
	Вопрос №12 Определите чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение	ПК-2.Д.1

	переменного тока, равное 100 В?	
	Вопрос №13 Определите чему будет равно среднее значение выпрямленного напряжения трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, равное 100 В?	ПК-2.Д.5
	Вопрос №14 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.1
	Вопрос №15 Определите чему равно среднее значение тока диода однофазного мостового неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 100 А.	ПК-2.Д.1
	Вопрос №16 Определите чему равно среднее значение тока диода трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 150 А	ПК-2.Д.1
	Вопрос №17 Определите чему равно среднее значение тока диода трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя, если ток нагрузки равен 150 А	ПК-2.Д.5
	Вопрос №18 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.1
	Вопрос №19 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-2.Д.1
	Вопрос №20 Определите чему равно максимальное амплитудное значение обратного напряжения диода трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя, если на его вход подано напряжение переменного тока, действующее значение которого равно 100 В?	ПК-2.Д.5
	Вопрос №21 Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения однофазного мостового неуправляемого выпрямителя.	ПК-5.Д.1
	Вопрос №22 Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя	ПК-2.Д.1

	Вопрос №23 Укажите величину коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения трехфазного однотактного неуправляемого выпрямителя.	ПК-2.Д.1
	Вопрос №24 Перечислите способы управления реверсивных тиристорных преобразователей электропривода постоянного тока.	ПК-2.Д.5
	Вопрос №25 Поясните как реализуется совместный способ управления тиристорного преобразователя реверсивного электропривода постоянного тока.	ПК-5.Д.1
	Вопрос №26 Поясните как реализуется отдельный способ управления тиристорного преобразователя реверсивного электропривода постоянного тока.	ПК-2.Д.1
	Вопрос №27 Перечислите достоинства и недостатки совместного способа управления тиристорного электропривода постоянного тока.	ПК-2.Д.5
	Вопрос №28 Перечислите достоинства и недостатки отдельного способа управления тиристорного электропривода постоянного тока.	ПК-5.Д.1
	Вопрос №29 Перечислите способы управления реверсивного широтно- импульсного преобразователя электропривода постоянного тока.	ПК-2.Д.1
	Вопрос №30 Поясните с помощью временных диаграмм принцип реализации симметричного способа управления широтно-импульсного преобразователя электропривода постоянного тока.	ПК-2.Д.1
	Вопрос №31 Поясните с помощью временных диаграмм принцип реализации несимметричного способа управления широтно-импульсного преобразователя электропривода постоянного тока.	ПК-2.Д.5
	Вопрос №32 Поясните с помощью временных диаграмм принцип реализации поочередного способа управления широтно-импульсного преобразователя электропривода постоянного тока	ПК-5.Д.1

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**

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области современных устройств 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 промышленной электроники. Уровень освоения дисциплины должен позволять студентам проводить типовые расчеты основных параметров и характеристик устройств промышленной электроники, проводить элементарные лабораторные испытания устройств промышленной электроники.

**11.1.Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала приведены в «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].**

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:

Многофазные выпрямители

Шестифазный однокатный выпрямитель: устройство, принцип работы, характеристики

Дважды трехфазная схема выпрямителя с уравнивающим реактором: устройство, принцип работы, характеристики

Кольцевая схема выпрямления: устройство, принцип работы, характеристики

Двенадцатифазная схема выпрямления: устройство, принцип работы, характеристики

Восемнадцатифазная схема выпрямления: устройство, принцип работы, характеристики

Реверсивные схемы выпрямителей для тиристорного реверсивного электропривода постоянного тока ТРЭП ПТ

Классификация схем ТРЭП ПТ

Способы управления ТРЭП ПТ: : устройство, принцип работы, характеристики

Энергетические показатели ТР ЭП ПТ: : устройство, принцип работы, характеристики

Обратимые тиристорные преобразователи для передачи электрической энергии на постоянном токе

Выпрямительный режим подстанции: устройство, принцип работы, характеристики

.Инверторный режим подстанции: устройство, принцип работы, характеристики

Обратимые тиристорные преобразователи зарядно-разрядных систем

Режим заряда аккумуляторной батареи

Режим разряда аккумуляторной батареи

Регуляторы переменного напряжения (ТРН): устройство, принцип работы, характеристики

Однофазные ТРН

Трехфазные ТРН

Транзисторные широтно-импульсные преобразователи для электропривода постоянного тока (ШИП ЭПТ)

Способы управления ШИП ЭПТ: симметричный, несимметричный и поочередный

Преобразователи частоты для электроприводов переменного тока. (ПЧ)

ПЧ со звеном постоянного тока устройство, принцип работы, характеристики

ПЧ без звена постоянного тока устройство, принцип работы, характеристики

Полупроводниковые коммутаторы для шагового электропривода устройство, принцип работы, характеристики

Полупроводниковые коммутаторы для вентильно-индукторного двигателя устройство, принцип работы, характеристики

## **11.2.Методические указания для обучающихся по участию в семинарах** (учебным планом по данной дисциплине не предусмотрено)

**11.3.Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий** приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Силовая электроника», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, а также в учебных пособиях [1], [2] , [3]..

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 обучающемуся 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.

Функции практических занятий:

- познавательная;
- развивающая;
- воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

- ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;
- аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;
- творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

- в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);
- в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

**Требования к проведению практических занятий:**

1. Все студенты должны быть ознакомлены с темами практических занятий, приведенными в таблице 4.

2. Практические занятия целесообразно проводить по темам, предварительно изученными студентами на лекциях или самостоятельно.

3. В начале каждого практического занятия необходимо провести тестовый контроль подготовки студентов к этому занятию, воспользовавшись вопросами тестового контроля, приведенными в таблице 19.

4. С целью повышения эффективности практических занятий необходимо изучение каждой темы сопровождать решением задач. Темы практических занятий и номера заданий приведены в таблице 20.

5. При проведении практических занятий необходимо обращать внимание студентов на методики расчета полупроводниковых преобразователей, а при решении студентами практических задач необходимо акцентировать внимание на ошибки, допускаемые студентами, предлагать им найти более оптимальный путь решения задачи и т.п.

**11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению лабораторных работ приведены в «Методических указаниях по изучению дисциплины «Силовая электроника», размещенных на электронном ресурсе каф. №32, а также в учебных пособиях в учебно-методических пособиях [4], [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 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 приведены учебно-методических пособиях [4], [5], [6] .**

**Структура и форма отчета о лабораторной работе приведены учебно-методических пособиях [4], [5], [6] .**

**Требования к оформлению отчета о лабораторной работе** приведены учебно-методических пособиях [4], [5], [6].

**11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы** *(учебным планом по данной дисциплине не предусмотрено)*

#### **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:

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

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине изложен в [1] –[6];
- вопросы для самоконтроля, приведенные в п.11.1.

#### **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».



– 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 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