

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

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

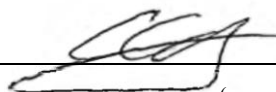
Руководитель направления

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«28» мая 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование и эксплуатация полупроводниковых преобразователей для
электромеханотронных систем»
(Наименование дисциплины)

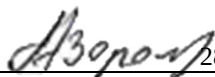
Код направления подготовки/ специальности	15.04.06
Наименование направления подготовки/ специальности	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности/ специализации	Компьютерные технологии управления в мехатронике и робототехнике
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



28.05.2026

(подпись, дата)

А.Г. Воронцов

(инициалы, фамилия)

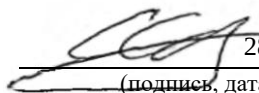
Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«28» мая 2026 г, протокол № 12

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



28.05.2026

(подпись, дата)

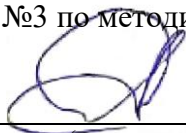
С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



28.05.2026

(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Проектирование и эксплуатация полупроводниковых преобразователей для электромехатронных систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/специальности 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» направленности/специализации «Компьютерные технологии управления в мехатронике и робототехнике». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-3 «Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного уровня»

ОПК-4 «Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов»

ОПК-10 «Способен разрабатывать методики контроля и обеспечения производственной и экологической безопасности на рабочих местах»

ОПК-13 «Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением и освоением инженерных методик расчета и проектирования полупроводниковых преобразователей для ЭМТС; освоением основных этапов проектирования, изготовления и наладки полупроводниковых преобразователей для ЭМТС; формированием понимания современных тенденций в развитии полупроводниковых преобразователей и совершенствовании их методик расчета.

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

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена (1 семестр), экзамена (2 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Формирование у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач проектирования полупроводниковых преобразователей для электромехатронных систем.

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-3 Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного уровня	ОПК-3.3.1 знает основы экономических, экологических, социальных и других ограничений при осуществлении профессиональной деятельности для проектируемых мехатронных и робототехнических систем ОПК-3.У.1 умеет разрабатывать проекты мехатронных и робототехнических систем с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений ОПК-3.В.1 владеет навыком разработки мехатронных и робототехнических систем, их отдельных модулей и подсистем с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-4 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов	ОПК-4.3.1 знает современные информационные технологии, применяющиеся при моделировании технологических процессов, системы автоматизированного проектирования в машиностроении ОПК-4.У.1 умеет выполнять и читать чертежи и конструкторскую документацию, проводить обоснованный выбор, использовать для решения типовых задач методы и средства геометрического моделирования, пользоваться инструментальными программными средствами интерактивных графических систем, актуальных для современного производства при решении задач профессиональной деятельности ОПК-4.В.1 владеет методами использования современных

		информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-10 Способен разрабатывать методики контроля и обеспечения производственной и экологической безопасности на рабочих местах	ОПК-10.В.1 владеет навыками контроля и формирования аналитической отчетности по промышленной и экологической безопасности на рабочих местах
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-13 Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики при формировании моделей и методов исследования мехатронных и робототехнических систем	ОПК-13.У.1 умеет применять современные средства автоматизированного проектирования и машинной графики

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Методология научно-технической и инженерной деятельности»,

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

- «Научно-исследовательская работа»,
- «Научно-технический семинар»,
- «Производственная преддипломная практика».

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	
		№1	№2
1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины, 3Е/ (час)	10/ 360	3/ 108	7/ 252
Из них часов практической подготовки			
Аудиторные занятия, всего час.	85	34	51
в том числе:			
лекции (Л), (час)	34	17	17

практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17	
лабораторные работы (ЛР), (час)	17		17
курсовая работа (КР), (час)	17		17
экзамен, (час)	90	54	36
Самостоятельная работа , всего (час)	185	20	165
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз., Экз., Курс. Раб.	Экз.,	Экз., Курс. Раб.

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/КР (час)	СР (час)
Семестр 1					
Раздел 1. Элементная база ППП Тема 1.1. Силовые полупроводниковые диоды и тиристоры: устройство, характеристики и области применения Тема 1.2. Силовые транзисторы: BJT, MOSFET, IGBT и приборы на широкозонных полупроводниках (SiC, GaN) Тема 1.3. Управление, защита и обеспечение тепловых режимов силовых полупроводниковых приборов	4	4			5
Раздел 2. Основы проектирования реверсивных схем управляемых выпрямителей. Тема 2.1. Устройство, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений однофазных, трехфазных и шестифазных реверсивных схем выпрямителей Тема 2.2. Способы управления реверсивных схем управляемых выпрямителей Тема 2.3. Расчет параметров сетевого выпрямителя для реверсивного выпрямителя и загрузки вентилей по току и напряжению Тема 2.4. Расчет параметров сглаживающего и уравнивающего реакторов Тема 2.5. Внешние и регулировочные характеристики реверсивных выпрямителей Тема 2.6. Энергетические показатели реверсивных выпрямителей Тема 2.7. Схемы управления реверсивных выпрямителей. Передаточная функция Тема 2.8. Активные выпрямители. Схемы, характеристики, методики расчета	4	4			5

Раздел 3. Широтно-импульсные преобразователи электропривода постоянного тока Тема 3.1. Силовые схемы и способы управления. Расчет индуктивности сглаживающего дросселя Тема 3.2. Регулировочные и внешние характеристики реверсивных ШИП. Тема 3.3. Расчет загрузки полупроводниковых вентилях по току и напряжению.	4	4			5
Раздел 4. Замкнутые ЭМТС Тема 4.1. Замкнутая по току ЭМТС Тема 4.2. Замкнутая по току и скорости ЭМТС Тема 4.3. Оценка динамических характеристик замкнутых ЭМТС	5	5			5
Итого в семестре:	17	17			20
Семестр 2					
Раздел 5. Инверторы Тема 5.1. Устройство, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений инверторов напряжения Тема 5.2. Методика расчета трехфазных транзисторных инверторов напряжения с ШИМ Тема 5.3. Зависимые инверторы	4		4		15
Раздел 6. Преобразователи частоты Тема 6.1. Преобразователи частоты с управляемым тиристорным выпрямителем Тема 6.2. Преобразователь частоты с активным выпрямителем	4		6		10
Раздел 7. Вторичные источники питания (ВИП) для систем управления ЭМТС Тема 7.1. Бестрансформаторные ВИП Тема 7.2. ВИП с трансформаторной связью цепи питания и цепи нагрузки Тема 7.3. Оценка динамических характеристик стабилизаторов напряжения	4		4		25
Раздел 8. Зарядно-разрядные устройства (ЗРУ) источников бесперебойного питания Тема 8.1. Тиристорные ЗРУ Тема 8.2. Транзисторные ЗРУ с трансформаторной связью входной и выходной цепей	5		3		15
Выполнение курсовой работы				17	100
Итого в семестре:	17		17	17	165
Итого	34	17	17	17	185

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	Раздел 1. Элементная база ППП Тема 1.1. Силовые полупроводниковые диоды и тиристоры: устройство, характеристики и области применения. Классификация силовых полупроводниковых вентилей. Структура и принцип действия силовых диодов, тиристоров, симисторов и полностью управляемых тиристорных приборов. Статические вольт-амперные и динамические характеристики. Параметры прямого и обратного состояний, время обратного восстановления, допустимые токи и напряжения, критические скорости нарастания тока и напряжения. Последовательное и параллельное соединение приборов. Критерии выбора приборов для выпрямителей, инверторов и импульсных преобразователей. Тема 1.2. Силовые транзисторы: BJT, MOSFET, IGBT и приборы на широкозонных полупроводниках (SiC, GaN). Устройство и принцип действия биполярных транзисторов, MOSFET, IGBT, SiC MOSFET и GaN HEMT. Статические и динамические характеристики, область безопасной работы, параметры цепей управления. Потери проводимости и коммутационные потери. Сравнение приборов по рабочему напряжению, частоте коммутации, мощности управления, КПД, стоимости и области рационального применения. Тема 1.3. Управление, защита и обеспечение тепловых режимов силовых полупроводниковых приборов. Драйверы затворов и управляющих электродов, гальваническая развязка, формирование мертвого времени. Снабберные и ограничительные цепи. Защита от короткого замыкания, перегрузки по току, перенапряжения и перегрева. Тепловые эквивалентные схемы, тепловое сопротивление и переходный тепловой импеданс, расчет температуры перехода. Выбор охладителей и способов охлаждения, снижение допустимой нагрузки, оценка надежности и ресурса силовых приборов.
2	Раздел 2. Основы проектирования реверсивных схем управляемых выпрямителей. Тема 2.1. Устройство, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений однофазных, трехфазных и шестифазных реверсивных схем выпрямителей Тема 2.2. Способы управления реверсивных схем управляемых выпрямителей Тема 2.3. Расчет параметров сетевого выпрямителя для реверсивного выпрямителя и загрузки вентилей по току и напряжению Тема 2.4. Расчет параметров сглаживающего и уравнивающего реакторов Тема 2.5. Внешние и регулировочные характеристики реверсивных выпрямителей Тема 2.6. Энергетические показатели реверсивных выпрямителей Тема 2.7. Схемы управления реверсивных выпрямителей. Передаточная функция Тема 2.8. Активные выпрямители. Схемы, характеристики, методики расчета
3	Раздел 3. Широтно-импульсные преобразователи электропривода постоянного тока Тема 3.1. Силовые схемы и способы управления. Расчет индуктивности сглаживающего дросселя Тема 3.2. Регулировочные и внешние характеристики реверсивных ШИП. Тема 3.3. Расчет загрузки полупроводниковых вентилей по току и напряжению.

4	Раздел 4. Замкнутые ЭМТС Тема 4.1. Замкнутая по току ЭМТС Тема 4.2. Замкнутая по току и скорости ЭМТС Тема 4.3. Оценка динамических характеристик замкнутых ЭМТС
5	Раздел 5. Инверторы Тема 5.1. Устройство, принцип работы, вывод основных расчетных соотношений инверторов напряжения Тема 5.2. Методика расчета трехфазных транзисторных инверторов напряжения с ШИМ Тема 5.3. Зависимые инверторы
6	Раздел 6. Преобразователи частоты Тема 6.1. Преобразователи частоты с управляемым тиристорным выпрямителем Тема 6.2. Преобразователь частоты с активным выпрямителем
7	Раздел 7. Вторичные источники питания (ВИП) для систем управления ЭМТС Тема 7.1. Бестрансформаторные ВИП Тема 7.2. ВИП с трансформаторной связью цепи питания и цепи нагрузки Тема 7.3. Оценка динамических характеристик стабилизаторов напряжения
8	Раздел 8. Зарядно-разрядные устройства (ЗРУ) источников бесперебойного питания Тема 8.1. Тиристорные ЗРУ Тема 8.2. Транзисторные ЗРУ с трансформаторной связью входной и выходной цепей

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 1					
1	Расчет параметров тиристорного преобразователя для реверсивного электропривода постоянного тока	Решение задач	2	0	1
2	Расчет параметров трехфазного инвертора напряжения	Решение задач	2	0	1
3	Расчет параметров активного выпрямителя напряжения	Решение задач	2	0	2
4	Расчет параметров транзисторного широтноимпульсного преобразователя для	Решение задач	2	0	2

	реверсивного электропривода постоянного тока				
5	Расчет параметров преобразователя частоты для асинхронного частотноуправляемого электропривода	Решение задач	2	0	3
6	Расчет параметров преобразователя для заряда аккумуляторной батареи	Решение задач	2	0	3
7	Методика расчета однотактных импульсных стабилизаторов с трансформаторной связью входной и выходной цепей	Решение задач	2	0	4
8	Расчет параметров бестрансформаторных импульсных стабилизаторов с последовательным ключевым элементом	Решение задач	3	0	4
Всего			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 2				
1	Трехфазный управляемый выпрямитель	2	0	5
2	Реверсивная тиристорный выпрямитель	2	0	5
3	Широтно-импульсный преобразователь при симметричном и несимметричном способе управления	4	0	6
4	Зависимый инвертор	2	0	6
5	Инвертор напряжения	2	0	7
6	Преобразователь частоты	2	0	7
7	Стабилизатор напряжения постоянного тока	3	0	8
Всего		17		

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Цель курсовой работы: формирование у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач проектирования полупроводниковых преобразователей для электромехатронных систем.

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 1, час	Семестр 2, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	25	10	15
Курсовое проектирование (КР)	100		100
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	30	5	25
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	30	5	25
Всего:	185	20	165

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

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)
62-83 M29	1. Мартынов А.А. Проектирование и эксплуатация полупроводниковых преобразователей для электромехатронных систем: учебно-методическое пособие к проведению практических занятий. / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2017. 121 с.:	7
62-83 M29	2.Мартынов А.А. Электрический привод: учеб. пособие. –СПб.: ГУАП, 2015. – 524 с	85
621.311 M29	3.Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть I. Выпрямители и регуляторы переменного напряжения. ГУАП. СПб. 2011. 186с.	80
621.31 M29	4.Мартынов А.А. Силовая электроника. Часть II. Инверторы и преобразователи частоты. ГУАП.	80

	СПб.2012. 146с.	
621.311 М29	5.Мартынов А.А. Проектирование импульсных полупроводниковых преобразователей постоянного напряжения в постоянное напряжение. ГУАП. СПб.2012. 208 с.	45
621.3(075) М29	6.МартыновА.А. Основы проектирования электрических приводов.: Учеб. пособие/. СПб.: СПбГУАП, 2013. 141с.: ил.	45
621.226+621.314 М29	7.Мартынов А.А. Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств. Часть 1. Электр. привод. СПб.: ГУАП. 2019. -109 с.	5
621.314 М29	8.Мартынов А.А. Основы преобразовательной техники.: Учебно-методическое пособие. Часть I / А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2016. 177 с.	20
621.314 М29	9. Мартынов А.А. Основы преобразовательной техники.: Учебнометодическое пособие. Часть II/ А.А. Мартынов. СПб.: ГУАП, 2017. 157 с	20

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
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине размещены внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения».

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
1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых

	изданий (https://lib.guar.ru.), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП.
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП

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	Мультимедийная лекционная аудитория: Специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования (проектор – 1 шт., ПЭВМ – 1 шт.); Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	21-18
2	Специализированная лаборатория «Электрического привода» – специализированная мебель; Лабораторное оборудование: Исследование электрического привода постоянного тока, исследования инвертора тока. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	31-01
3	Специализированная лаборатория «Полупроводниковых преобразователей» – специализированная мебель; Лабораторное оборудование: Исследование полупроводниковых преобразователей, Силовая электроника. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	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.
Выполнение курсовой работы	Экспертная оценка на основе требований к содержанию

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»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	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. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– 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. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– 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. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

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
----------	--------------------------------	-------------------

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
1	1. Какие экономические, экологические, социальные и технические ограничения необходимо учитывать при выборе элементной базы полупроводникового преобразователя на этапах проектирования, изготовления, эксплуатации и утилизации? 2. Чем совокупная стоимость владения полупроводниковым преобразователем отличается от его первоначальной стоимости и какие составляющие она включает? 3. Как КПД и потери мощности полупроводникового преобразователя влияют на экономические и экологические показатели электромехатронной системы? 4. Какие экологические ограничения связаны с гармоническим составом сетевого тока, реактивной мощностью, электромагнитной совместимостью, тепловыделением и акустическим шумом преобразователя? 5. Какие ограничения определяют выбор между диодным, тиристорным и активным сетевым выпрямителем? 6. Как доступность компонентов, унификация, ремонтпригодность и сроки поставки влияют на выбор силовых полупроводниковых приборов? 7. Какие требования к надежности, резервированию и запасам по току, напряжению и температуре должны учитываться при проектировании ППП? 8. Как выбор естественного, принудительного воздушного или жидкостного охлаждения связан со стоимостью, энергопотреблением, шумом и трудоемкостью обслуживания? 9. Какие экономические и экологические факторы необходимо учитывать при выборе частоты коммутации ШИП и инвертора с ШИМ? 10. Какие ограничения жизненного цикла предъявляются к силовым конденсаторам, реакторам и трансформаторам преобразовательных устройств? 11. Какие социальные и эксплуатационные ограничения следует учитывать при размещении ППП в помещениях с постоянным присутствием персонала? 12. Какие требования экологической безопасности и утилизации относятся к аккумуляторным батареям, силовым конденсаторам, полупроводниковым модулям и теплопроводящим материалам? 13. Как требования к качеству электроэнергии сети влияют на выбор структуры и параметров преобразователя частоты? 14. Какие технико-экономические и экологические показатели применяют для многокритериального сравнения вариантов ППП? 15. Как должны фиксироваться и актуализироваться ограничения проекта на стадиях технического задания, проектирования, наладки, эксплуатации и модернизации?	ОПК-3.3.1
2	1. Сформулируйте требования к ППП для ЭМТС по заданным графику нагрузки, параметрам сети, диапазону регулирования, режимам рекуперации, условиям среды и стоимости. 2. Выполните обоснованный выбор типа и номинальных параметров силового диода, тиристора или транзистора с учетом запасов по току и напряжению, температуры, потерь и стоимости. 3. Сравните реверсивный тиристорный выпрямитель и транзисторный ШИП для электропривода постоянного тока и обоснуйте выбор для заданного режима работы.	ОПК-3.У.1

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
	4. Выберите согласованный или отдельный способ управления реверсивным выпрямителем с учетом уравнивающих токов, быстродействия, потерь и сложности системы управления. 5. Рассчитайте и выберите сглаживающий и уравнивающий реакторы с учетом допустимой пульсации тока, динамических требований, массы и стоимости. 6. Определите рациональную частоту коммутации ШИП по критериям пульсации тока, коммутационных потерь, габаритов фильтра, акустического шума и ЭМС. 7. Выберите структуру и способ модуляции трехфазного инвертора для заданных напряжения звена постоянного тока, тока двигателя и требований к динамике. 8. Обоснуйте выбор диодного либо активного сетевого выпрямителя для преобразователя частоты с учетом рекуперации, коэффициента мощности, гармоник и стоимости. 9. Разработайте структуру замкнутой по току и скорости ЭМТС с ограничениями тока, напряжения и скорости и обоснуйте параметры регуляторов. 10. Выберите структуру и элементы вторичного источника питания с учетом гальванической развязки, диапазона нагрузки, КПД, стоимости и требований безопасности. 11. Разработайте алгоритм зарядно-разрядного устройства с ограничениями тока, напряжения и температуры, обеспечивающий ресурс аккумуляторной батареи. 12. Проведите сравнительный технико-экономический анализ двух вариантов ППП по критериям капитальных затрат, потерь энергии, обслуживания, ресурса и утилизации. 13. Определите необходимые запасы по параметрам и вариант резервирования силовой части для заданных требований надежности и условий эксплуатации. 14. Выберите охладитель и способ охлаждения силового модуля и проверьте тепловой режим в наиболее тяжелой рабочей точке. 15. Составьте план верификации проекта ППП, включающий моделирование, изготовление макета, испытания, критерии приемки и контроль экономических и экологических показателей.	
3	1. Опишите последовательность разработки ППП от анализа технического задания до выбора концепции с фиксацией экономических, экологических и эксплуатационных ограничений. 2. Опишите методику декомпозиции ППП на силовую часть, систему управления, защиту, охлаждение и интерфейсы ЭМТС. 3. Покажите порядок выбора силового полупроводникового прибора по технической документации и проверки его загрузки по току, напряжению и динамическим режимам. 4. Опишите практическую методику расчета потерь и теплового режима силового модуля по реальному циклу нагрузки. 5. Опишите порядок разработки драйвера и комплекса защит для тиристора, MOSFET или IGBT в составе ППП. 6. Сформируйте последовательность «модель — макет — эксперимент» для подтверждения принятых проектных решений. 7. Опишите порядок настройки контуров тока и скорости замкнутой ЭМТС	ОПК-3.В.1

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
	с учетом ограничений и предотвращения насыщения регуляторов. 8. Разработайте программу стендовых испытаний управляемого выпрямителя с определением регулировочных, внешних и энергетических характеристик. 9. Разработайте программу испытаний ШИП или инвертора с контролем мертвого времени, пульсаций, коммутационных перенапряжений, потерь и ЭМС. 10. Опишите порядок ввода преобразователя частоты в эксплуатацию в составе электромехатронной системы. 11. Опишите методику поиска неисправностей ППП по внешним признакам и результатам измерений силовых приборов, конденсаторов и реакторов. 12. Составьте план технического обслуживания ППП с перечнем операций, измеряемых параметров, периодичностью и критериями замены элементов. 13. Опишите порядок документирования изменений при модернизации ППП или замене снятых с производства компонентов. 14. Опишите методику оценки надежности и ремонтпригодности ППП по данным об отказах, температурных режимах и результатах обслуживания. 15. Разработайте порядок безопасного вывода ППП из эксплуатации, демонтажа, сортировки компонентов и передачи отходов на утилизацию.	
4	1. Какие классы программных средств CAD, CAE и EDA применяются при проектировании и моделировании полупроводниковых преобразователей? 2. Чем отличаются коммутационная, усредненная и поведенческая модели ППП и для каких задач используется каждая из них? 3. На каких принципах основано SPICE-моделирование силовых полупроводниковых приборов и каковы ограничения моделей из библиотек производителей? 4. Как выбор метода интегрирования, шага расчета и критериев сходимости влияет на точность и устойчивость моделирования ППП? 5. Какими способами в модели учитывают ШИМ, мертвое время, насыщение магнитных элементов, нелинейность нагрузки и ограничения системы управления? 6. Как организуются параметризация модели, расчетные сценарии и автоматизированный перебор вариантов? 7. Какими средствами моделирования получают регулировочные, внешние и энергетические характеристики выпрямителей, ШИП и инверторов? 8. Как выполняются спектральный анализ, быстрое преобразование Фурье и расчет гармонических искажений токов и напряжений? 9. Какие модели используются для расчета потерь в силовых приборах и теплового режима преобразователя? 10. Что такое совместное моделирование силовой части, цифровой системы управления, тепловых и механических процессов? 11. Как устроены библиотеки компонентов САПР и какие электрические, графические, посадочные и параметрические данные они содержат? 12. Для чего применяются системы управления данными проекта и контроль версий при коллективной разработке ППП? 13. Чем различаются верификация, валидация и идентификация модели	ОПК-4.3.1

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
	полупроводникового преобразователя? 14. Что понимают под цифровым двойником ППП и какие данные требуются для его актуализации? 15. По каким критериям выбирают программное средство моделирования с учетом точности, быстродействия, лицензирования, обменных форматов и наличия отечественных решений?	
5	1. Прочитайте принципиальную схему ППП и выделите силовые цепи, цепи управления, измерения, защиты и гальванической развязки. 2. Разработайте функциональную схему ППП в составе ЭМТС с указанием потоков энергии, сигналов обратной связи и внешних интерфейсов. 3. Выполните принципиальную электрическую схему силовой части преобразователя с соблюдением требований ЕСКД. 4. Выберите условные графические обозначения, посадочные места и 3D-модели компонентов для библиотеки проекта. 5. Разработайте компоновку печатной платы драйвера или маломощного преобразователя с учетом токовых контуров, изоляционных расстояний и отвода тепла. 6. Выполните сборочный чертеж силового модуля с указанием крепежа, изоляционных деталей, шин и охладителя. 7. Постройте трехмерную модель охладителя и корпуса и проверьте размещение компонентов, доступность обслуживания и отсутствие коллизий. 8. Сформируйте спецификацию и перечень элементов с однозначной связью между позиционными обозначениями, схемой и сборочным чертежом. 9. Организуйте обмен геометрическими данными между электрической и механической САПР с использованием нейтральных форматов. 10. Постройте и интерпретируйте временные диаграммы токов и напряжений, регулировочные характеристики и графики потерь. 11. Используйте интерактивные графические средства для измерения параметров, сравнения режимов и оформления результатов моделирования. 12. Проверьте проект по правилам электрических соединений, изоляционным расстояниям, механическим зазорам и технологическим ограничениям. 13. Разработайте схему внешних соединений и план расположения клемм, датчиков, кабелей и защитного заземления. 14. Прочитайте габаритный чертеж силового модуля изготовителя и проверьте его совместимость с охладителем, шинами и корпусом. 15. Сформируйте комплект конструкторской документации ППП и проведите проверку его комплектности и согласованности.	ОПК-4.У.1
6	1. Опишите методику построения параметрической модели ППП в среде схемотехнического или имитационного моделирования. 2. Опишите порядок создания и сопровождения повторно используемой библиотеки силовых элементов, драйверов и подсистем управления. 3. Как организовать пакетный расчет и параметрическую оптимизацию ППП по КПД, пульсациям, массе фильтра и стоимости? 4. Опишите применение программно-аппаратного моделирования SIL, PIL или HIL для проверки алгоритмов управления преобразователем. 5. Как выполнить перекрестную проверку результатов аналитического	ОПК-4.В.1

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
	расчета, двух программных моделей и физического эксперимента? 6. Опишите методику переноса параметров из технической документации компонентов в расчетную модель и проверки единиц измерения. 7. Как автоматизировать обработку осциллограмм, расчет показателей и формирование отчета средствами сценариев или скриптов? 8. Опишите правила контроля версий, именования файлов и фиксации параметров, обеспечивающие воспроизводимость расчетов. 9. Предложите маршрут проектирования с использованием отечественных программных средств, например SimInTech, КОМПАС-3D или Delta Design. 10. Опишите организацию совместного моделирования силовой схемы и цифрового регулятора с обменом сигналами между программными средами. 11. Как моделировать аварийные режимы, отказ датчика, короткое замыкание и срабатывание защит без риска для оборудования? 12. Опишите применение анализа чувствительности и статистического моделирования для учета разброса параметров компонентов. 13. Как организовать электротепловое моделирование силового модуля и передавать рассчитанные потери в тепловую модель? 14. Опишите порядок переноса результатов моделирования в чертежи, спецификацию, таблицу режимов и пояснительную записку. 15. Какие методы безопасного хранения данных, разграничения доступа, лицензирования и коллективной работы применяются в программном проекте ППП?	
7	1. Какие опасные и вредные производственные факторы возникают при испытаниях и эксплуатации полупроводниковых преобразователей? 2. Опишите комплекс технических и организационных мер электробезопасности для рабочего места с ППП. 3. Составьте порядок проверки стенда и преобразователя перед первым включением под напряжение. 4. Какими методами контролируют сопротивление изоляции, защитное заземление, ток утечки и остаточное напряжение в звене постоянного тока? 5. Как организовать контроль температуры силовых приборов, шин, реакторов и конденсаторов и предупреждение пожара? 6. Какие средства защиты применяются от перегрузки, короткого замыкания, дугового пробоя и коммутационных перенапряжений? 7. Какие меры безопасности необходимы при работе с аккумуляторными батареями и зарядно-разрядными устройствами? 8. Опишите безопасный порядок разряда конденсаторов звена постоянного тока перед обслуживанием ППП. 9. Как контролируются электромагнитные помехи, гармонические искажения и воздействие ППП на питающую сеть? 10. Как оценивать и документировать акустический шум, тепловые выбросы и энергопотребление преобразовательной установки? 11. Как организуются сбор, временное хранение и передача на утилизацию отработавших силовых модулей, конденсаторов и аккумуляторов? 12. Какие показатели и предельные значения следует включить в программу производственного и экологического контроля ППП? 13. Опишите порядок регистрации и расследования отказа или аварийной	ОПК-10.В.1

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
	ситуации при испытании преобразователя. 14. Какова рекомендуемая структура аналитического отчета по промышленной и экологической безопасности рабочего места? 15. Как оценить результативность корректирующих мероприятий после выявления опасного отклонения и оформить результаты повторного контроля?	
8	1. Примените законы Кирхгофа для составления математической модели заданной схемы управляемого выпрямителя. 2. Выведите зависимость среднего выпрямленного напряжения реверсивного управляемого выпрямителя от угла управления. 3. Рассчитайте пульсацию тока нагрузки и необходимую индуктивность сглаживающего дросселя. 4. Составьте модель ШИП в пространстве состояний для интервалов включенного и выключенного силового ключа. 5. Получите усредненную математическую модель трехфазного инвертора напряжения и определите управляющие воздействия. 6. Определите передаточную функцию преобразователя по малым отклонениям в заданной рабочей точке. 7. Постройте модель замкнутого контура тока ЭМТС и выберите параметры регулятора по заданным показателям качества. 8. Постройте модель контура скорости и оцените влияние ограничения тока на переходный процесс. 9. Оцените устойчивость и динамические показатели замкнутой ЭМТС по переходной и частотным характеристикам. 10. Выполните гармонический анализ выходного напряжения инвертора с ШИМ методом разложения Фурье. 11. Рассчитайте потери проводимости и коммутационные потери силового полупроводникового прибора по осциллограммам тока и напряжения. 12. Постройте тепловую RC-модель силового модуля и определите максимальную температуру перехода при заданном цикле нагрузки. 13. Составьте математическую модель процесса заряда аккумуляторной батареи с ограничением тока, напряжения и температуры. 14. Используйте САПР и машинную графику для построения геометрической модели силового узла и визуализации расчетных результатов. 15. Проведите валидацию математической модели ППП по экспериментальным данным и оцените погрешность расчетных характеристик.	ОПК-13.У.1

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 выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

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

№	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
---	--

п/п	
1	Замкнутая по току ЭМТС тиристорного электропривода постоянного тока
2	Замкнутая по току и скорости ЭМТС транзисторного электропривода постоянного тока с ШИП
3	ЭМТС асинхронного частотно-управляемого электропривода
4	Вторичный источник питания для системы управления ЭМТС
5	Зарядно-разрядное устройство источника бесперебойного питания

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
<i>1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа</i> Инструкция: Прочитайте текст и выберите правильный ответ		
1	Какой показатель наиболее полно отражает экономическое ограничение на всем жизненном цикле полупроводникового преобразователя? 1) Цена одного силового транзистора. 2) Масса корпуса преобразователя. 3) Совокупная стоимость владения, включающая приобретение, потери электроэнергии, обслуживание и утилизацию. 4) Число элементов на принципиальной схеме.	ОПК-3.3.1
2	Какое решение при выборе частоты коммутации ШИП наиболее полно учитывает экономические и экологические ограничения? 1) Назначить максимально возможную частоту независимо от потерь. 2) Назначить минимальную частоту без проверки пульсаций. 3) Выбрать частоту по многокритериальному сравнению коммутационных потерь, пульсаций, размеров фильтра, акустического шума и ЭМС. 4) Принять частоту из любого типового проекта без перерасчета.	ОПК-3.У.1
3	Какое действие должно быть первым при разработке силового модуля ППП с учетом ограничений жизненного цикла? 1) Закупить силовые приборы. 2) Сформулировать и документировать режимы работы, ограничения и критерии приемки. 3) Развести печатную плату. 4) Начать испытания при номинальной нагрузке.	ОПК-3.В.1
4	Какой тип модели наиболее целесообразен для предварительного синтеза регулятора ППП при ограниченных вычислительных ресурсах? 1) Полная коммутационная модель каждого полупроводникового прибора. 2) Усредненная модель преобразователя. 3) Только трехмерная механическая модель корпуса. 4) Каталогное изображение силового модуля.	ОПК-4.3.1
5	Какой конструкторский документ содержит условные графические обозначения элементов и электрические связи между ними? 1) Сборочный чертеж. 2) Спецификация. 3) Схема электрическая принципиальная. 4) Маршрутная карта.	ОПК-4.У.1
6	Какой подход лучше всего обеспечивает воспроизводимость результатов программного моделирования ППП? 1) Хранение параметров только на снимках экрана. 2) Параметрическая модель, контроль версий файлов и фиксация версии программной среды. 3) Ручное изменение данных без журнала изменений. 4) Сохранение только итогового графика.	ОПК-4.В.1

7	Какое действие необходимо выполнить первым при появлении дыма или запаха гари на лабораторном стенде ППП? 1) Продолжить опыт до получения всех измерений. 2) Немедленно снять напряжение со стенда и сообщить преподавателю или ответственному лицу. 3) Коснуться корпуса для оценки температуры. 4) Самостоятельно заменить предохранитель под напряжением.	ОПК-10.В.1
8	Какой математический метод позволяет получить передаточную функцию линейной модели ППП из дифференциальных уравнений при нулевых начальных условиях? 1) Преобразование Фурье. 2) Преобразование Лапласа. 3) Метод конечных элементов. 4) Метод графического сложения.	ОПК-13.У.1
<i>2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответов</i> Инструкция: Прочитайте текст и выберите правильные варианты ответа		
9	Какие факторы относятся к ограничениям жизненного цикла при выборе элементной базы ППП? Выберите все верные ответы. 1) Стоимость приобретения. 2) Потери электроэнергии и КПД. 3) Ремонтопригодность и доступность компонентов. 4) Возможность переработки и утилизации. 5) Цвет маркировочной наклейки.	ОПК-3.3.1
10	Какие действия необходимо выполнить при проектировании ШИП с учетом экономических и экологических ограничений? Выберите все верные ответы. 1) Рассчитать запасы силовых приборов по току и напряжению. 2) Оценить потери и тепловой режим. 3) Проверить пульсации, акустический шум и ЭМС. 4) Сравнить варианты по совокупной стоимости владения. 5) Назначить наибольшую частоту коммутации без расчетов.	ОПК-3.У.1
11	Какие действия подтверждают владение разработкой ППП на разных стадиях жизненного цикла? Выберите все верные ответы. 1) Испытание опытного образца по программе и методике. 2) Разработка регламента технического обслуживания. 3) Анализ отказов и документирование модернизации. 4) Подготовка плана демонтажа и утилизации. 5) Игнорирование отклонений, не приведших к немедленному отказу.	ОПК-3.В.1
12	Какие задачи могут решаться в САЕ-системе при моделировании ППП? Выберите все верные ответы. 1) Расчет переходных процессов. 2) Спектральный анализ токов и напряжений. 3) Параметрический перебор вариантов. 4) Оценка потерь в силовых приборах. 5) Автоматическое подтверждение соответствия всем нормам без испытаний.	ОПК-4.3.1
13	Какие документы следует включить в комплект конструкторской документации силового модуля ППП? Выберите все верные ответы. 1) Схему электрическую принципиальную. 2) Чертеж печатной платы или шинного монтажа. 3) Сборочный чертеж. 4) Спецификацию и перечень элементов. 5) Фотографию макета вместо чертежей.	ОПК-4.У.1
14	Какие действия повышают надежность программного процесса проектирования ППП? Выберите все верные ответы. 1) Параметризация модели и контроль единиц измерения. 2) Контроль версий и журналирование изменений. 3) Сопоставление результатов с аналитическим расчетом и экспериментом. 4) Автоматизированное сохранение исходных данных и отчетов. 5) Перезапись файлов без фиксации автора и версии.	ОПК-4.В.1

15	Какие показатели целесообразно включить в отчет по промышленной и экологической безопасности стенда ППП? Выберите все верные ответы. 1) Сопротивление защитного заземления и изоляции. 2) Токи утечки и остаточное напряжение звена постоянного тока. 3) Температуры силовых элементов и охладителей. 4) Гармонические искажения сетевого тока и энергопотребление. 5) Цвет лицевой панели.	ОПК-10.В.1
16	Какие математические средства применимы при построении и исследовании модели ППП? Выберите все верные ответы. 1) Законы Кирхгофа. 2) Представление в пространстве состояний. 3) Разложение Фурье. 4) Уравнение теплового баланса. 5) Произвольный коэффициент без физического обоснования и валидации.	ОПК-13.У.1
3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце		
17	Установите соответствие между видом ограничения и примером его проявления при проектировании ППП. А) Экономическое ограничение. Б) Экологическое ограничение. В) Социальное ограничение. Г) Техническое ограничение. 1) Снижение потерь энергии и обеспечение утилизации компонентов. 2) Обеспечение допустимых запасов по току и напряжению. 3) Минимизация совокупной стоимости владения. 4) Ограничение акустического шума и обеспечение удобства обслуживания.	ОПК-3.3.1
18	Установите соответствие между проектным решением и ограничением, которое преимущественно определяет его выбор. А) Применение активного сетевого выпрямителя. Б) Повышение частоты коммутации ШИП. В) Применение принудительного охлаждения. Г) Модульное резервирование силовой части. 1) Уменьшение пульсаций и габаритов фильтра при росте коммутационных потерь. 2) Рекуперация энергии и улучшение гармонического состава сетевого тока. 3) Выполнение тепловых ограничений при высокой плотности мощности. 4) Выполнение требований готовности и безотказности.	ОПК-3.У.1
19	Установите соответствие между стадией жизненного цикла ППП и характерным видом работ. А) Проектирование. Б) Изготовление опытного образца. В) Эксплуатация. Г) Вывод из эксплуатации. 1) Диагностика, обслуживание и анализ отказов. 2) Расчеты, выбор элементов и выпуск документации. 3) Монтаж, наладка и приемочные испытания макета. 4) Безопасный демонтаж, сортировка и утилизация.	ОПК-3.В.1
20	Установите соответствие между видом модели и основной задачей ее применения. А) Коммутационная модель. Б) Усредненная модель. В) Тепловая RC-модель. Г) Трехмерная САД-модель. 1) Синтез регуляторов и анализ медленных динамических процессов. 2) Исследование токов и напряжений при переключении силовых ключей. 3) Расчет температуры перехода и тепловых постоянных времени. 4) Проверка компоновки, габаритов и механических коллизий.	ОПК-4.3.1

21	Установите соответствие между конструкторским документом и его содержанием. А) Схема электрическая принципиальная. Б) Спецификация. В) Сборочный чертеж. Г) Чертеж печатной платы. 1) Состав изделия и позиционные обозначения. 2) Электрические элементы и связи между ними. 3) Взаимное расположение деталей и требования к сборке. 4) Рисунок проводников, контактных площадок и отверстий.	ОПК-4.У.1
22	Установите соответствие между программным средством или методом и основной задачей. А) SimInTech. Б) SPICE-совместимый схемотехнический симулятор. В) КОМПАС-3D. Г) Система контроля версий Git. 1) Фиксация версий моделей, сценариев и документации. 2) Детальное моделирование коммутационных процессов в электрической схеме. 3) Имитационное моделирование динамики системы управления и объекта. 4) Создание трехмерной геометрии корпуса и охладителя.	ОПК-4.В.1
23	Установите соответствие между опасным фактором и основной мерой контроля. А) Поражение электрическим током. Б) Перегрев силового модуля. В) Короткое замыкание или дуговой пробой. Г) Выделение газа или электролита аккумуляторной батареей. 1) Защитное заземление, ограждение и блокировка доступа. 2) Датчик температуры и автоматическое отключение. 3) Быстродействующая токовая защита и предохранитель. 4) Вентиляция, средства индивидуальной защиты и контроль состояния батареи.	ОПК-10.В.1
24	Установите соответствие между математическим представлением и результатом его применения. А) Дифференциальные уравнения состояния. Б) Передаточная функция. В) Разложение Фурье. Г) Тепловая RC-схема. 1) Спектр и гармонический состав сигнала. 2) Переходный процесс переменных состояния. 3) Анализ линейной динамики и устойчивости замкнутого контура. 4) Температура перехода силового прибора.	ОПК-13.У.1
<i>4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности</i> Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо		
25	Установите последовательность принятия проектного решения с учетом ограничений жизненного цикла ППП. А) Сравнить альтернативы и выбрать предпочтительный вариант. Б) Собрать исходные данные и требования к ЭМТС. В) Зафиксировать принятое решение, показатели и порядок их контроля. Г) Выявить экономические, экологические, социальные и технические ограничения. Д) Сформировать возможные варианты структуры и элементной базы. Е) Рассчитать технические, стоимостные и экологические показатели вариантов.	ОПК-3.3.1
26	Установите последовательность проектирования реверсивного управляемого выпрямителя. А) Выбрать силовые полупроводниковые приборы. Б) Собрать исходные данные по сети, двигателю и режимам работы.	ОПК-3.У.1

	В) Рассчитать токи, напряжения, сглаживающий и уравнивающий реакторы. Г) Выбрать силовую схему и способ управления. Д) Проверить потери, тепловой режим, защиты и ограничения. Е) Выполнить моделирование и подтверждающие испытания.	
27	Установите последовательность ввода ППП в эксплуатацию после монтажа. А) Провести испытание с постепенным увеличением нагрузки. Б) Выполнить визуальный контроль, проверку монтажа и целостности цепей. В) Оформить протокол наладки и зафиксировать параметры. Г) Проверить цепи управления и защит при безопасном пониженном напряжении. Д) Выполнить пробный пуск без нагрузки. Е) Проверить срабатывание защит и блокировок.	ОПК-3.В.1
28	Установите последовательность создания и подтверждения компьютерной модели ППП. А) Провести валидацию по экспериментальным данным. Б) Выбрать уровень детализации и тип модели. В) Настроить решатель, шаг интегрирования и условия расчета. Г) Определить цель моделирования и требуемые выходные показатели. Д) Ввести структуру схемы, параметры элементов и алгоритм управления. Е) Выполнить верификацию по аналитическим соотношениям и балансам энергии.	ОПК-4.3.1
29	Установите последовательность разработки комплекта конструкторской документации электронного узла ППП. А) Выполнить проверки электрических, изоляционных, механических и технологических правил. Б) Разработать функциональную и принципиальную схемы. В) Выпустить чертежи, спецификацию и перечень элементов. Г) Назначить условные обозначения, модели и посадочные места компонентов. Д) Выполнить размещение, трассировку и трехмерную сборку. Е) Утвердить версию и передать комплект в архив проекта.	ОПК-4.У.1
30	Установите последовательность воспроизводимого вычислительного эксперимента с моделью ППП. А) Проанализировать результаты и рассчитать показатели. Б) Зафиксировать версию модели и сценариев в системе контроля версий. В) Архивировать версию программной среды, исходные данные и результаты. Г) Сформировать файл параметров и перечень расчетных вариантов. Д) Запустить автоматизированные сценарии расчета. Е) Собрать журналы выполнения и выходные данные.	ОПК-4.В.1
31	Установите последовательность действий при аварийной ситуации на испытательном стенде ППП. А) Сообщить ответственным лицам о происшествии. Б) Немедленно устранить подачу энергии и обесточить стенд. В) Провести расследование, разработать корректирующие меры и оформить отчет. Г) Оградить опасную зону и при необходимости оказать первую помощь. Д) Зафиксировать фактические данные, показания и состояние оборудования.	ОПК-10.В.1
32	Установите последовательность получения линейной модели и синтеза регулятора ППП. А) Линеаризовать усредненную модель в рабочей точке. Б) Составить уравнения для отдельных коммутационных состояний. В) Синтезировать регулятор и проверить его на исходной нелинейной модели. Г) Выполнить усреднение по периоду коммутации. Д) Получить передаточные функции каналов управления и возмущения. Е) Определить установившийся режим и рабочую точку.	ОПК-13.У.1
<i>5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом</i> Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		

33	Объясните, как совокупная стоимость владения, КПД, надежность, ремонтпригодность и возможность утилизации влияют на выбор элементной базы ППП.	ОПК-3.3.1
34	Предложите проектное решение для реверсивного электропривода постоянного тока мощностью 15 кВт от сети 3×380 В. Обоснуйте структуру преобразователя, типы силовых приборов, реакторы, охлаждение и меры снижения экономических и экологических ограничений.	ОПК-3.У.1
35	Составьте план жизненного цикла силового модуля преобразователя частоты от технического задания до вывода из эксплуатации.	ОПК-3.В.1
36	Сравните коммутационную и усредненную модели ППП. Укажите состав моделей, решаемые задачи, требования к шагу расчета, преимущества, ограничения и способы валидации.	ОПК-4.3.1
37	Опишите комплект конструкторской документации трехфазного инверторного модуля и взаимосвязь документов.	ОПК-4.У.1
38	Предложите воспроизводимый программный маршрут проектирования ППП с применением не менее одного отечественного программного средства и опишите проверку результатов.	ОПК-4.В.1
39	Разработайте структуру аналитического отчета по промышленной и экологической безопасности испытательного стенда ППП.	ОПК-10.В.1
40	Опишите получение модели замкнутого контура тока ЭМТС и порядок оценки его динамических характеристик.	ОПК-13.У.1

Примечание: Система оценивания тестовых заданий.

1-й тип. Задание закрытого типа с выбором одного верного ответа считается верным, если правильно указана цифра ответа.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2-й тип. Задание закрытого типа с выбором нескольких вариантов ответа считается верным, если правильно указаны цифры ответов.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3-й тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца).

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4-й тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5-й тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.

Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла.

Если допущена одна ошибка\неточность\ответ правильный, но не полный – 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки\ответ неправильный\ответ отсутствует – 0 баллов.

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:

- постановка задачи;
- основные сведения по теме лекции;
- результаты и выводы.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах
Учебным планом не предусмотрено

11.3. 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

Структурными элементами практического занятия являются: вводная часть, основная часть, заключительная часть.

Вводная часть обеспечивает подготовку студентов к выполнению заданий работы.

В ее состав входят:

- формулировка темы, целей и задач занятия;
- обоснование значимости темы для профессиональной подготовки;
- связь с другими разделами курса;
- изложение теоретических основ;
- разъяснение методов и приёмов выполнения заданий;
- требования к результату работы;
- инструктаж по технике безопасности;
- проверка готовности студентов;
- пробное выполнение заданий;
- указания по самоконтролю.

Основная часть предполагает самостоятельное выполнение заданий студентами. Она может сопровождаться:

- дополнительные разъяснения по ходу работы;
- устранение затруднений;
- текущий контроль и оценка результатов;
- поддержка работоспособности технических средств;
- ответы на вопросы студентов.

Заключительная часть содержит:

- подведение итогов занятия (анализ успехов и недочётов);
- оценка работы отдельных студентов;
- ответы на вопросы;
- рекомендации по устранению пробелов в знаниях и навыках;
- сбор отчётов для проверки;
- информация о подготовке к следующему занятию (включая список литературы).

Вводная и заключительная части практического занятия проводятся фронтально.

Основная часть выполняется каждым студентом индивидуально.

11.4. 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

1. Приступать к работе можно только после ознакомления с рабочим местом.
2. Перед включением оборудования убедиться в том, что вся включенная в схему коммутационная аппаратура (кнопки и др.) находится в исходном положении.
3. При включении и в процессе печати следить за показаниями основных характеристик (температура стола, температура стола, обдув и др.).
4. К лабораторным занятиям допускаются только те студенты, которые усвоили правила безопасности и расписались в журнале об ознакомлении с правилами безопасности.
5. Лабораторные работы выполняются бригадой студентов в составе не менее двух человек.
6. Каждый студент должен подготовиться к лабораторной работе. При недостаточной подготовке студент не допускается к ее выполнению.
7. Собранный схема и написанная программа должна быть проверена преподавателем, который после проверки дает разрешение на проведение опытов.
6. Все переключения в установке и ее окончательная разборка делается только с разрешения преподавателя. В случае неверности полученных данных работа переделывается.
7. После переключения схема должна быть проверена преподавателем.
8. В случае возникновения аварийной ситуации (появление дыма, запаха гари, несвойственных звуков, искры и др.) на рабочем месте необходимо немедленно отключить схему от напряжения и сообщить об этом событии преподавателю без любых изменений в схеме. Вместе с преподавателем надо найти причину аварии и устранить ее.
9. Студент должен бережно обращаться с предоставляемым ему оборудованием и компьютерной техникой, запрещается делать надписи мелом, карандашом или чернилами. Нельзя загромождать рабочее место приборами и аппаратами, которые не используются в лабораторной работе, оставлять на них книги, тетради и др. предметы.
10. К следующему занятию каждый студент должен составить отчет по предыдущей лабораторной работе в соответствии с установленной формой.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие обязательные разделы:

1. Титульный лист
2. Цель выполнения лабораторной работы
3. Принципиальные или функциональные схемы экспериментов
4. Результаты экспериментов
5. Теоретические расчеты (при необходимости)
6. Выводы по лабораторной работе

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Оформление отчета по лабораторной работе должно соответствовать требованиям правилам оформления текстовых документов ГОСТ 7.32-2017, ГОСТ 2.105-2019 и нормативным документам ГУАП (new.guap.ru).

11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсовой работы
Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

Структура пояснительной записки курсовой работы/проекта

Пояснительная записка курсовой работы должна включать в себя следующие разделы:

- Цель проекта;
- Исходные данные на проектирование;
- Расчет силовой части преобразователя;
- Выбор элементов силовой части преобразователя;
- Расчет потерь мощности и КПД;
- Тепловой расчет и выбор охладителя;
- Разработка схемы управления и защиты;
- Разработка математической модели проектируемого преобразователя;
- Результаты исследования динамических характеристик спроектированного преобразователя;
- Заключение.

Требования к оформлению пояснительной записки курсовой работы/проекта

Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями стандартов ГУАП к оформлению пояснительных записок курсовых работ. Текст записки должен быть напечатан на листах формата А4

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.

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

Основными методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются источники из перечня печатных и электронных учебных изданий, указанных в таблице 8. Кроме этого, обучающийся может пользоваться электронными ресурсами, указанными в таблицах 9 и 11.

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) и оценки решения задач в рамках практических занятий и

выполнения КР. В конце семестра по результатам текущего контроля выставляется оценка, которая учитывается при оценке в рамках промежуточной аттестации.

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».

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:

- 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».

- выполнение курсового проекта с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации студент допускается только после выполнения и защиты КР.

Промежуточная аттестация проводится по вопросам, приведенным в таблице 15 и 16.

При оценке окончательных результатов обучения по дисциплине учитывается оценка по текущему контролю, а также отсутствие или наличие задолженности по практическим занятиям. При наличии задолженностей по практическим занятиям итоговая оценка снижается на 0,5 балла за каждую не выполненную и не защищенную практическую работу.

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