



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Технической эксплуатации транспортных средств

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«15» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Электрические приводы мехатронных и робототехнических систем

направление подготовки/специальность 15.03.06 Мехатроника и робототехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Проектирование
мехатронных, робототехнических систем и комплексов

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2024

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины является формирование у обучающихся знаний в области конструкции, эксплуатации и расчета электроприводов мехатронных и робототехнических систем.

Задачами освоения дисциплины являются: формирование представлений о возможных вариантах конструкции электроприводов мехатронных и роботизированных систем; получение представлений о конструкции и принципах работы электродвигателей; получение представлений об особенностях электроприводов сервисных мобильных роботов; получение представлений об особенностях конструкции электроприводов промышленных роботов; формирование начальных навыков конструирования и программирования электроприводов роботов; формирование навыков расчетного обоснования параметров электроприводов робототехнических систем.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ПК-2 Способен проектировать отдельные устройства, подсистемы и (или) мехатронную, робототехническую систему в целом или их комплексы с использованием средств цифрового инжиниринга	ПК-2.2 Составляет проект технического решения по созданию отдельного устройства, подсистемы и (или) мехатронной, робототехнической системы в целом или их комплекса	знает Основные варианты конструкций электроприводов мехатронных и робототехнических систем, принципы их работы, особенности применения и эксплуатации умеет Выполнять расчетное обоснование параметров электроприводов мехатронных и робототехнических систем владеет Навыками конструирования и программирования электроприводов сервисных мобильных роботов и промышленных роботов

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.06 основной профессиональной образовательной программы 15.03.06 Мехатроника и робототехника и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Детали машин и основы конструирования	ОПК-1.6, ОПК-2.3, ОПК-5.1
2	Основы конструкций промышленных роботов и наземных транспортно-технологических машин	ОПК-2.3, ОПК-14.3
3	Теория автоматического управления	ПК-1.3, ПК-1.4, ПК(Ц)-1.1
4	Основы программирования на Python	ОПК-4.3
5	Электротехника, электроника и электропривод	ОПК-2.3, ОПК-4.3, ОПК-5.3

Требования к предварительной подготовке обучающегося

Обучающие должны знать основы конструкций современных роботов, основы электротехники, основные принципы расчетов силовых механических передач, базовые положения теории автоматического управления, владеть навыками программирования на языке Python.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Исследование и испытание мехатронных и робототехнических систем и комплексов	ПК-1.1, ПК-2.1

2	Мехатронные системы транспортных средств	ПК-2.6
3	Монтаж, наладка, техническая эксплуатация и ремонт мехатронных и робототехнических систем	ОПК-10.3, ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-12.3, ОПК-12.4, ОПК-12.5, ОПК-12.6, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-3.6, ПК-3.7
4	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-1.7, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-5.4, УК-5.5, УК-5.6, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, УК-10.4, УК-10.5, УК-11.1, УК-11.2, УК-11.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-7.3, ОПК-7.4, ОПК-7.5, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3, ОПК-9.4, ОПК-10.1, ОПК-10.2, ОПК-10.3, ОПК-11.1, ОПК-11.2, ОПК-11.3, ОПК-11.4, ОПК-11.5, ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-12.3, ОПК-12.4, ОПК-12.5, ОПК-12.6, ОПК-13.1, ОПК-13.2, ОПК-13.3, ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-1.5, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-2.5, ПК-2.6, ПК-2.7, ПК-2.8, ПК-2.9, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-3.6, ПК-3.7, ПК(С)-1.1, ПК(С)-1.2, ПК(С)-1.3, ПК(С)-1.4, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			6
Контактная работа	48		48
Лекционные занятия (Лек)	16	0	16
Практические занятия (Пр)	32	0	32
Иная контактная работа, в том числе:	1,25		1,25
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1		1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25		0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача			
Часы на контроль	4		4
Самостоятельная работа (СР)	54,75		54,75
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)			
часы:	108		108
зачетные единицы:	3		3

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Общие вопросы конструкции и эксплуатации электроприводов										
1.1.	Классификация и особенности применения электродвигателей в робототехнических системах	6	2					1	3	ПК-2.2	
1.2.	Классификация и особенности конструкции тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов	6	2		4			2	8	ПК-2.2	
2.	2 раздел. Особенности конструкции и эксплуатации электроприводов сервисных мобильных роботов										
2.1.	Особенности конструкции электродвигателей постоянного и переменного тока	6	2					2	4	ПК-2.2	
2.2.	Понятие о регулировании параметров в электроприводах сервисных и мобильных роботов	6	2					4	6	ПК-2.2	
2.3.	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в разомкнутых системах электроприводов сервисных мобильных роботов	6	2		6			4	12	ПК-2.2	
3.	3 раздел. Особенности конструкции и эксплуатации электроприводов промышленных роботов										
3.1.	Особенности конструкции сервоприводов и шаговых двигателей	6	2					1	3	ПК-2.2	
3.2.	Понятие о регулировании параметров в электроприводах промышленных роботов	6	2					4	6	ПК-2.2	

3.3.	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в замкнутых системах электроприводов промышленных роботов	6	2		6				4	12	ПК-2.2
4.	4 раздел. Проектирование электроприводов мехатронных и робототехнических систем										
4.1.	Основы расчета электроприводов мехатронных и робототехнических систем	6			16				32,75	48,75	ПК-2.2
5.	5 раздел. Иная контактная работа										
5.1.	Иная контактная работа	6								1,25	ПК-2.2
6.	6 раздел. Контроль										
6.1.	Зачет	6								4	ПК-2.2

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций									
1	Классификация и особенности применения электродвигателей в робототехнических системах	Классификация и особенности применения электродвигателей в робототехнических системах Классификация электродвигателей. Двигатели постоянного и переменного тока. Особенности конструкции и работы. Преимущества и недостатки. Варианты применения электродвигателей в электроприводах мехатронных и робототехнических систем.									
2	Классификация и особенности конструкции тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов	Классификация и особенности конструкции тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов Понятие об электрохимических источниках энергии. Классификация электрохимических источников энергии. Варианты современных и перспективных электрохимических источников энергии для мобильных роботов. Особенности формирования тяговых аккумуляторных батарей. BMS, особенности функционала и работы.									
3	Особенности конструкции электродвигателей постоянного и переменного тока	Особенности конструкции электродвигателей постоянного и переменного тока Конструкция электродвигателей постоянного тока - варианты, компоненты, принципы работы. Конструкция электродвигателей переменного тока - варианты, компоненты, принципы работы. Перспективные варианты конструкции электродвигателей.									
4	Понятие о регулировании параметров в электроприводах сервисных и мобильных роботов	Понятие о регулировании параметров в электроприводах сервисных мобильных роботов Параметры для регулирования в электроприводах сервисных мобильных роботов. Способы регулирования скорости электродвигателей постоянного и переменного тока. Регулирование тока и момента в системах электроприводов. Регулирование скорости в разомкнутых системах.									
5	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в разомкнутых системах электроприводов сервисных мобильных роботов									

	разомкнутых системах электроприводов сервисных мобильных роботов	Понятие об разомкнутых системах электроприводов. Принципы управления пуском и торможением двигателями постоянного и переменного тока. Типовые узлы схем управления двигателями постоянного тока. Типовые узлы схем управления двигателями переменного тока. Системы регулируемых электроприводов. Система генератор – двигатель. Система тиристорный преобразователь – двигатель. Система преобразователь частоты – двигатель
6	Особенности конструкции сервоприводов и шаговых двигателей	Особенности конструкции сервоприводов и шаговых двигателей Понятие о сервоприводах и шаговых электродвигателях. Преимущества и недостатки. Области применения. Конструкция сервоприводов на основе электродвигателей. Основные компоненты, принципы работы. Конструкция шаговых электродвигателей, принципы работы.
7	Понятие о регулировании параметров в электроприводах промышленных роботов	Понятие о регулировании параметров в электроприводах промышленных роботов Параметры для регулирования для промышленных роботов. Особенности позиционирования исполнительных органов рабочих машин. Системы регулирования положения исполнительных органов рабочих машин.
8	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в замкнутых системах электроприводов промышленных роботов	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в замкнутых системах электроприводов промышленных роботов Элементы и устройства замкнутых систем электропривода. Регуляторы. Датчики координат электропривода. Задающие элементы. Системы регулирования по отклонению. Основные узлы тиристорного электропривода. Статические и динамические характеристики замкнутой системы электропривода. Частотное регулирование скорости асинхронного двигателя.

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
2	Классификация и особенности конструкции тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов	Изучение особенностей конструкции и характеристик тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов Изучение особенностей конструкции и характеристик тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов с использованием учебных материалов и на натуральных образцах
2	Классификация и особенности конструкции тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов	Изучение особенностей конструкции и программирования BMS Изучение особенностей конструкции и программирования BMS с использованием учебных материалов и на натуральных образцах
5	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в разомкнутых системах электроприводов сервисных мобильных роботов	Изучение особенностей конструкции электроприводов автомобилей Изучение особенностей конструкции электроприводов автомобилей с использованием учебных материалов и на натуральных образцах
5	Типовые узлы и схемы управления	Изучение и программирование электроприводов сервисных мобильных роботов

	электродвигателями в разомкнутых системах электроприводов сервисных мобильных роботов	Конструирование и программирование сервисных мобильных роботов с использованием робототехнических комплектов
8	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в замкнутых системах электроприводов промышленных роботов	Изучение и программирование электроприводов промышленных роботов – манипуляторов Конструирование и программирование промышленных роботов - манипуляторов с использованием робототехнических комплектов
9	Основы расчета электроприводов мехатронных и робототехнических систем	Изучение основных этапов проектирования электропривода робототехнической системы Основные этапы проектирования электропривода робототехнической системы. Особенности этапов проектирования в зависимости от типа робота. Формирование исходных данных для проектирования
9	Основы расчета электроприводов мехатронных и робототехнических систем	Методика выбора электродвигателя для электропривода робототехнической системы Обоснование типа электродвигателя. Типовые варианты применения электродвигателей в электроприводах мехатронных и робототехнических систем. Расчет параметров двигателей переменного тока по исходным данным. Расчет параметров двигателей постоянного тока по исходным данным.
9	Основы расчета электроприводов мехатронных и робототехнических систем	Методика расчетного определения параметров электропривода робототехнической системы Статический расчет замкнутых систем ЭП. расчет параметров регуляторов.

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Классификация и особенности применения электродвигателей в робототехнических системах	Классификация и особенности применения электродвигателей в робототехнических системах Изучение материала лекции, подготовка к практическим занятиям.
2	Классификация и особенности конструкции тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов	Классификация и особенности конструкции тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов Изучение материала лекции, подготовка к практическим занятиям.
3	Особенности конструкции электродвигателей постоянного и переменного тока	Особенности конструкции электродвигателей постоянного и переменного тока Изучение материала лекции, подготовка к практическим занятиям
4	Понятие о регулировании параметров в электроприводах	Понятие о регулировании параметров в электроприводах сервисных и мобильных роботов Изучение материала лекции, подготовка к практическим занятиям.

	сервисных и мобильных роботов	
5	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в разомкнутых системах электроприводов сервисных мобильных роботов	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в разомкнутых системах электроприводов сервисных мобильных роботов Изучение материала лекции, подготовка к практическим занятиям.
6	Особенности конструкции сервоприводов и шаговых двигателей	Особенности конструкции сервоприводов и шаговых двигателей Изучение материала лекции, подготовка к практическим занятиям.
7	Понятие о регулировании параметров в электроприводах промышленных роботов	Понятие о регулировании параметров в электроприводах промышленных роботов Изучение материала лекции, подготовка к практическим занятиям.
8	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в замкнутых системах электроприводов промышленных роботов	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в замкнутых системах электроприводов промышленных роботов Изучение материала лекции, подготовка к практическим занятиям
9	Основы расчета электроприводов мехатронных и робототехнических систем	Основы расчета электроприводов мехатронных и робототехнических систем Выполнение курсовой работы.

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и практических занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется в рамках выполнения практических заданий.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является зачет. Форма проведения зачета – устная. Также в качестве промежуточной аттестации предусмотрена защита курсовой работы. Студенты, не прошедшие аттестацию, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Классификация и особенности применения электродвигателей в робототехнических системах	ПК-2.2	Тестовые задания
2	Классификация и особенности конструкции тяговых аккумуляторных батарей для мобильных роботов	ПК-2.2	Тестовые задания
3	Особенности конструкции электродвигателей постоянного и переменного тока	ПК-2.2	Тестовые задания
4	Понятие о регулировании параметров в электроприводах сервисных и мобильных роботов	ПК-2.2	Тестовые задания
5	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в разомкнутых системах электроприводов сервисных мобильных роботов	ПК-2.2	Тестовые задания
6	Особенности конструкции	ПК-2.2	Тестовые задания

	сервоприводов и шаговых двигателей		
7	Понятие о регулировании параметров в электроприводах промышленных роботов	ПК-2.2	Тестовые задания
8	Типовые узлы и схемы управления электродвигателями в замкнутых системах электроприводов промышленных роботов	ПК-2.2	Тестовые задания
9	Основы расчета электроприводов мехатронных и робототехнических систем	ПК-2.2	Курсовая работа
10	Иная контактная работа	ПК-2.2	
11	Зачет	ПК-2.2	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки сформированности компетенций ПК-2.2:

1. Понятие: электропривод; система управления электропривода
2. Основные показатели регулирования координат.
3. Механические характеристики ДПТ с независимым возбуждением.
4. Механические характеристики ДПТ с последовательным возбуждением.
5. Механические характеристики ДПТ с шунтированием якоря.
6. Реостатное регулирование момента.
7. Реостатное регулирование скорости.
8. Регулирование скорости двигателей постоянного тока шунтированием якоря:
9. а) двигатель с независимым возбуждением
10. б) двигатель с последовательным возбуждением.
11. Регулирование скорости двигателей постоянного тока изменением потока возбуждения.
12. Регулирование скорости АД изменением числа пар полюсов.
13. Особенности частотного регулирования скорости асинхронного электропривода.
14. Статический режим работы электропривода
15. Динамический режим работы электропривода
16. Длительный, кратковременный, повторно-кратковременный режим работы привода
17. Требования к выполнению принципиальных электрических схем
18. Принципы управления пуском электродвигателей
19. Как осуществляется динамическое торможение двигателей постоянного тока
20. Как осуществляется торможение противовключением асинхронных двигателей постоянного тока
21. Как осуществляется торможение противовключением асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором
22. Как регулируется интенсивность торможения асинхронного двигателя при динамическом торможении
23. Какие элементы электропривода относятся к силовым, а какие – к управляющим
24. Назначение регуляторов в электроприводе
25. Конструкция датчиков скорости, тока
26. Принципы управления тиристорами в регулируемом тиристорном электроприводе
27. По какой причине частотное регулирование скорости асинхронного двигателя является наиболее экономичном
28. Должно ли регулироваться напряжение при регулировании частоты и почему

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания: - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</p> <p>навыки: - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примерные теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Приведите структурную схему разомкнутого электропривода постоянного тока.
2. Приведите структурную схему разомкнутого асинхронного электропривода.
3. Приведите структурную схему замкнутого по скорости электропривода постоянного тока
4. Приведите структурную схему замкнутого по скорости асинхронного электропривода
5. Приведите структурную схему замкнутого по положению электропривода постоянного тока.
6. Укажите основные этапы методики выбора электродвигателя и передаточного отношения редуктора при циклическом характере изменения нагрузки.
7. Поясните, каким образом следует проверить выбранный двигатель на нагрев.
8. Укажите основные этапы методики расчета управляемого выпрямителя
9. Укажите основные этапы методики расчета широтно–импульсного реверсивного преобразователя.
10. Укажите, по каким параметрам следует выбирать тиристоры, диоды, транзисторы.
11. Напишите передаточные функции двигателя постоянного тока, вентильного

преобразователя, датчика скорости, датчика положения

12. Составьте передаточную функцию разомкнутой системы электропривода.

13. Напишите передаточную функцию регулятора.

14. Составьте модель электропривода для исследования динамических свойств замкнутой системы.

15. Нарисуйте функциональные схемы электропривода

- с отрицательной обратной связью по напряжению обмотки якоря;

- с отрицательной обратной связью по скорости вращения;

- с положительной обратной связью по току обмотки якоря;

- с отрицательной обратной связью по скорости вращения и с положительной обратной связью по току обмотки якоря.

16. Нарисуйте основные схемы, реализующие «отсечки» сигналов.

17. Нарисуйте функциональные схемы электропривода с отрицательной обратной связью обратной связью по скорости и с отрицательной обратной связью по току обмотки якоря с «отсечкой».

18. Нарисуйте функциональную схему электропривода с упреждающим токоограничением.

19. Объясните устройство, принцип работы асинхронного электродвигателя. Приведите основные расчетные соотношения АД.

20. Приведите формулу для расчета скорости вращения АД и дайте пояснения каждому из способов регулирования скорости вращения АД.

21. Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.

22. Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу частоты.

23. Составьте структурную схему замкнутой по скорости асинхронного электропривода при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.

24. Объясните устройство, принцип работы асинхронного электродвигателя. Приведите основные расчетные соотношения АД.

25. Приведите формулу для расчета скорости вращения АД и дайте пояснения каждому из способов регулирования скорости вращения АД.

26. Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.

27. Напишите передаточную функцию АД при регулировании скорости вращения АД по каналу частоты.

28. Составьте структурную схему замкнутой по скорости асинхронного электропривода при регулировании скорости вращения АД по каналу напряжения.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Определить мощность приводного электродвигателя поршневого насоса, который подает воду на высоту $H=20$ м с расходом $Q=0,03$ м³/с. Горизонтальная длина магистрали $l=800$ м при диаметре труб $d=150$ мм, магистраль содержит две заслонки, два вентиля и четыре колена в 90 градусов с радиусом закругления $R=500$ мм, КПД насоса $\eta=81\%$, КПД механической передачи от двигателя к насосу $\eta=95\%$, Режим насоса продолжительный.

АД краново – металлургической серии типа МТКВ 511–8 имеет номинальные мощность $P_{ном} = 28$ кВт при $P_{внор} = 25\%$ и скорость $n_{ном} = 700$ об/мин. Оценить нагрев двигателя, если он будет периодически включаться на 3 мин и преодолевать при этом момент нагрузки $M_c=350$ Нм, после чего будет отключаться на 5 мин. Данный цикл работы относится к повторно-кратковременному режиму.

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Целью выполнения курсовой работы является отработка навыков расчетного обоснования параметров электропривода мехатронных и робототехнических систем.

Тематика курсовой работы содержит два основных направления:

- проектирование электропривода промышленного манипулятора;

- проектирование электропривода сервисного мобильного робота.

Варианты заданий и исходные данные для выполнения курсовой работы содержатся в методических рекомендациях по ее выполнению и выдаются обучающимся преподавателем на одном из практических занятий в начале изучения дисциплины.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.2.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета и защиты курсовой работы.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

<p>знания</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>
<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач.</p> <p>Делает некорректные выводы.</p> <p>Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач.</p> <p>Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов.</p> <p>Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач</p> <p>Делает корректные выводы по результатам решения задачи.</p> <p>Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий.</p> <p>Не допускает ошибок при выполнении заданий.</p> <p>Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий.</p> <p>Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>
-------------------	---	--	---	---

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Муконин А. К., Романов А. В., Трубецкой В. А., Основы теории электроприводов, Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2021	https://www.iprbooks.hop.ru/108321.html
2	Григорьев П. А., Зайцева Н. А., Электроприводы, Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2021	https://www.iprbooks.hop.ru/122162.html
3	Тимошкин В. В., Чернышев И. А., Чернышев А. Ю., Воронина Н. А., Проектирование и исследование асинхронных электроприводов, Томск: Томский политехнический университет, 2018	https://www.iprbooks.hop.ru/98971.html
4	Томашевский Н. И., Томашевский Д. Н., Миронов С. Е., Фризен В. Э., Электромеханические свойства и энергетические характеристики электроприводов, Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018	https://www.iprbooks.hop.ru/106551.html
<u>Дополнительная литература</u>		

1	Стариков А. В., Лисин С. Л., Рокало Д. Ю., Цифровые модуляторы для систем управления электроприводов, Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018	http://www.iprbookshop.ru/91148.html
2	Панкратов В. В., Автоматическое управление электроприводами. Часть I. Регулирование координат электроприводов постоянного тока, , 2013	https://www.iprbookshop.ru/45357.html

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Робототехника в России и в мире	https://robogeek.ru/
Мир робототехники	https://roboticsworld.ru/
Каталог компонентов электроприводов	https://electroprivod.ru/
Всероссийский инженерный портал	https://privod.news/

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://www.elibrary.ru/
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Python версия 3.7.6386.10	Свободно распространяемое
LibreOffice	Свободно распространяемое

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
36. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
36. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

<p>36. Межкафедральная лаборатория автомобильно-дорожного факультета г. Санкт-Петербург, Курляндская ул., д.2/5 Секция № 113-К Лаборатория силовых агрегатов. Сектор электрических установок</p>	<p>Лаборатория силовых агрегатов. сектор электрических установок 1) инновационный исследовательский лабораторный стенд «Рабочая модель электромобиля ИЛС-PM-MN, стационарное исполнение 2) лабораторный стенд «Изучение тяговых аккумуляторов электромобилей» настольное исполнение на металлическом столе 3) стенд контрольно-измерительный Э250М (для проверки стартера и генератора) 4) верстак слесарный и металлический шкаф для хранения изучаемых образцов</p>
<p>36. Межкафедральная лаборатория автомобильно-дорожного факультета г. Санкт-Петербург, Курляндская ул., д.2/5 Секция № 117-К и 118-К Лаборатория мехатроники и робототехники транспортных и технологических машин</p>	<p>Лаборатория мехатроники и робототехники транспортных и технологических машин 1.1) оборудование (117-К): а) 3D принтер Tiertime X5 на металлическом верстаке б) 3D принтер Tiertime UP300 на металлическом верстаке в) трехосевой робот-манипулятор с двухпальцевым схватом OmegaMan mini - 2шт. д) четырехосевой робот OmegaBot с датчиками и модулями - 20шт. г) робот на гусеничной платформе OmegaBot с датчиками и модулями - 10шт. д) набор робототехнический ТРИК «стартовый» -2 шт. е) набор робототехнический ТРИК «учебная пара» - 4 шт. ж) макетные столы для слесарно-сборочных работ по сборке мехатронных и робототехнических образцов з) металлические шкафы и стеллажи для хранения робототехнических комплектов и наборов инструмента для механосборочных работ (MCP) 2.2) оборудование (118-К) а) компьютерный класс моделирования на ПК б) металлические шкафы и стеллаж для хранения</p>
<p>36. Помещения для самостоятельной работы</p>	<p>Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ.</p>

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 17.08.2020 № 1046).

Программу составил:
зав. каф. ТЭТС, к.т.н. Черняев И.О.

Программа обсуждена и рекомендована на заседании кафедры Технической эксплуатации транспортных средств

01.02.2024, протокол № 5
Заведующий кафедрой, к.т.н. Черняев И. О.

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета
06.02.2024, протокол № 4.

Председатель УМК к.т.н., доцент Зазыкин А.В.