



Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Волгоградский институт бизнеса»

Рабочая программа учебной дисциплины

Преобразование мехатронных и робототехнических систем

(Наименование дисциплины)

15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	5
Общее количество часов	180
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	64
– Лекционные (Л)	32
– Практические (ПЗ)	32
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	80
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	+ (36)

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	7
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	8
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	9
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	12
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	15
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	20
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	21
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	24

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина **«Преобразователи мехатронных и робототехнических систем»** входит в **«Часть, формируемую участниками образовательных отношений»** подготовки обучающихся по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ПК-3 Способен к разработке и реализации проектов автоматизации, механизации и роботизации технологических производственных процессов

Дескрипторы компетенции:

ПК-3.1 Способен провести анализ технологических производственных процессов с целью выделения операций и процессов, подлежащих автоматизации, механизации и роботизации;

ПК-3.2 Способен осуществлять внедрение и контроль эксплуатации средств автоматизации, механизации и роботизации технологических производственных процессов.

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
Профстандарт: 28.003 Специалист по автоматизации механизации механосборочного производства	ПК-3.1 Способен провести анализ технологических производственных процессов с целью выделения операций и процессов, подлежащих автоматизации, механизации и роботизации; ПК-3.2 Способен осуществлять внедрение и контроль эксплуатации средств автоматизации, механизации и роботизации технологических производственных процессов.	Знает: ИД 1 ПК.3.1 PDM-систем организации: возможностей и порядка просмотра информации о технологических операциях; ЕСМ-систем организации: возможностей и порядка работы в них; методы исследования и измерения трудовых затрат и производительности оборудования; нормативно-технические и руководящие документы по нормированию технологических процессов; принципы выбора, типы и конструктивные особенности, технологические возможности средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций, 28.003 В/01.6; ИД 2 ПК.3.2 Отечественный и зарубежный опыт, методики расчета экономической эффективности эксплуатации и внедрения средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных,

		погрузочно-разгрузочных операций; правила выполнения монтажа, виды контроля и испытаний средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; методы испытаний, правила и условия выполнения работ по наладке средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций 28.003 В/02.6. Умеет: ИД 3 ПК.3.1 Выявлять наиболее трудоемкие приемы при выполнении технологических, подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных операций; проводить непосредственные замеры времени (хронометраж, фотография рабочего времени, мультимоментные наблюдения, интервью, самоописание); использовать прикладные компьютерные программы для расчета эффективности выполнения технологических и вспомогательных операций, определения узких мест в технологических процессах; формулировать предложения по автоматизации, механизации и роботизации технологических процессов 28.003 В/01.6; ИД 4 ПК.3.2 Устанавливать исходные данные для проведения проектных и опытно-конструкторских работ, изготовления средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; использовать MDM-систем организаций для выбора моделей средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций;
--	--	---

		использовать прикладные компьютерные программы для технико-экономических расчетов эффективности внедрения средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; контролировать правильность выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; контролировать с использованием ЕСМ-системы организации правильность оформления документации при выполнении работ по монтажу, испытаниям, наладке и сдаче в эксплуатацию средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций 28.003 В/02.6. Имеет навыки: ИД 5 ПК.3.1 Выявления наиболее трудоемких приемов при выполнении технологических, подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных операций; проведения непосредственных замеров времени (хронометраж, фотография рабочего времени, мультимоментные наблюдения, интервью, самоописание); использования прикладных компьютерных программ для расчета эффективности выполнения технологических и вспомогательных операций, определения узких мест в технологических процессах; подготовки предложений по автоматизации, механизации и роботизации технологических процессов 28.003 В/01.6; ИД 6 ПК.3.2 Установления исходных данных для проведения проектных и опытно-конструкторских работ,
--	--	--

		изготовления средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; использования MDM-систем организаций для выбора моделей средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; использования прикладных компьютерных программ для технико-экономических расчетов эффективности внедрения средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; контроля правильности выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций; контроля с использованием ЕСМ-систем организации правильности оформления документации при выполнении работ по монтажу, испытаниям, наладке и сдаче в эксплуатацию средств автоматизации, механизации и роботизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций 28.003 В/02.6.
--	--	--

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль)
«Мехатроника»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Математическое моделирование мехатронных и робототехнических систем	Технология монтажа и пуско-наладки мехатронных и робототехнических систем
2.	Управление мехатронными и робототехническими системами	

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»**;
- Учебного плана направления подготовки **15.03.06 Мехатроника и робототехника, направленность (профиль) «Мехатроника»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение в преобразовательную технику.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
3	Тема 3. Выпрямители неуправляемые и управляемые.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
4	Тема 4. Импульсные DC/DC-преобразователи.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
5	Тема 5. Автономные инверторы напряжения (АИН).	18	4	4	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
6	Тема 6. Регулируемый электропривод постоянного тока.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
7	Тема 7. Частотно-регулируемый асинхронный и синхронный электропривод.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
8	Тема 8. Специализированные и перспективные преобразователи.	18	4	4	10	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
Вид промежуточной аттестации(Экзамен)		36				
Итого		180	32	32	80	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в преобразовательную технику. Классификация, основные характеристики и параметры силовых электронных ключей. Стандарты электробезопасности при работе с силовыми цепями роботов.

Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи. Диоды, тиристоры, IGBT, MOSFET. Схемы управления драйверами затворов для высокодинамичных приводов манипуляторов.

Тема 3. Выпрямители неуправляемые и управляемые. Однофазные и трехфазные схемы. Особенности применения выпрямителей в системах питания сервисных и промышленных роботов. Коэффициент мощности и электромагнитная совместимость.

Тема 4. Импульсные DC/DC-преобразователи. Понижающие (Buck), повышающие (Boost) и инвертирующие (Buck-Boost) конвертеры. Применение для автономного питания бортовой электроники мобильных платформ. Расчет дросселей и конденсаторов фильтров.

Тема 5. Автономные инверторы напряжения (АИН). Принцип формирования ШИМ-сигнала. Однофазные и трехфазные мостовые схемы. Использование АИН для векторного управления бесколлекторными двигателями исполнительных органов.

Тема 6. Регулируемый электропривод постоянного тока. Четырехквadrантные реверсивные преобразователи. Замкнутые системы подчиненного регулирования скорости и момента актуаторов мехатронных модулей.

Тема 7. Частотно-регулируемый асинхронный и синхронный электропривод. Скалярное (U/f , f/U) и векторное управление. Алгоритмы пространственно-векторной модуляции (SVM) для сервоприводов осей вращения.

Тема 8. Специализированные и перспективные преобразователи. Матричные (прямые) преобразователи частоты. Резонансные LLC-конвертеры для беспроводной зарядки роботов. Преобразователи на базе SiC и GaN компонентов для высокотемпературных сред. Итоговый обзор: выбор архитектуры преобразователя под заданную кинематику робота.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение в преобразовательную технику.
ПЗ 2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Выпрямители неуправляемые и управляемые.
ПЗ 5	Тема 4. Импульсные DC/DC-преобразователи.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Автономные инверторы напряжения (АИН).
ПЗ 8	Тема 6. Регулируемый электропривод постоянного тока.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Введение в преобразовательную технику.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Выпрямители неуправляемые и управляемые.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Импульсные DC/DC-преобразователи.	ПЗ	Мозговой штурм	25

5	Тема 5. Автономные инверторы напряжения (АИН).	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Регулируемый электропривод постоянного тока.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Частотно-регулируемый асинхронный и синхронный электропривод.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Специализированные и перспективные преобразователи.	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Введение в преобразовательную технику.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Выпрямители неуправляемые и управляемые.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Импульсные DC/DC-преобразователи.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Автономные инверторы напряжения (АИН).	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Регулируемый электропривод постоянного тока.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Частотно-регулируемый асинхронный и синхронный электропривод.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Специализированные и перспективные преобразователи.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

1. **Сравнительный анализ силовых ключей нового поколения:** карбид-кремниевые (SiC) и нитрид-галлиевые (GaN) транзисторы в преобразователях робототехнических систем, их влияние на массогабаритные показатели.

2. **Методы векторной широтно-импульсной модуляции (SVPWM)** для трехфазных инверторов: алгоритмы реализации на микроконтроллерах STM32 и формирование мертвого времени (*dead-time*).

3. **Активные выпрямители (PFC)** в системах питания промышленных роботов: принципы работы, методы коррекции коэффициента мощности и подавления высших гармоник тока.

4. **Резонансные LLC-преобразователи** для беспроводной передачи энергии мобильным сервисным роботам: расчет резонансного контура и обеспечение стабилизации выходного напряжения при изменении воздушного зазора.

5. **Матричные (прямые) преобразователи частоты:** топологии, коммутационные функции, преимущества отсутствия звена постоянного тока и ограничения по коэффициенту передачи напряжения.

6. **Специфика проектирования драйверов затворов IGBT** для тяговых приводов мобильных роботов: гальваническая развязка, защита от короткого замыкания методом DESAT и отрицательное запирающее напряжение.

7. **Четырехквadrантные электроприводы непрерывных транспортных роботов:** схемотехника реверсивных ШИМ-преобразователей и рекуперативное торможение с возвратом энергии в общую сеть цеха.
8. **Микросхемы интеллектуальных силовых модулей (IPM):** интеграция драйвера, защиты и силового каскада в одном корпусе для компактных мехатронных захватов и поворотных столов.
9. **Преобразователи для управления пьезоэлектрическими актюаторами** в прецизионной робототехнике: высоковольтные усилители и схемы устранения эффекта гистерезиса и ползучести.
10. **Электромагнитная совместимость (ЭМС)** импульсных источников питания бортовой электроники: проектирование входных *EMI*-фильтров и экранирование кабельных линий манипуляторов.
11. **Цифровая реализация ПИД-регуляторов тока и скорости** в замкнутых системах подчиненного регулирования на базе 32-битных микроконтроллеров с блоками вещественной математики (*FPU*).
12. **Многоуровневые инверторы** (топология «диодный зажим», «конденсаторный зажим») для мощных коллаборативных роботов: снижение уровня dv/dt для уменьшения износа изоляции двигателей.
13. **Системы охлаждения силовых электронных модулей:** расчет пассивных радиаторов и тепловых трубок против активных жидкостных систем отвода тепла в условиях плотной компоновки суставов робота.
14. **Топологии DC/DC-конвертеров для резервирования питания** критически важных узлов (контроллеров безопасности) с функцией горячей замены (*Hot-swap*) и ORing-ключами.
15. **Моделирование переходных процессов** в силовых цепях автономного мобильного робота в среде MATLAB/Simulink (библиотеки *Simscape Electrical*): верификация модели на реальном макете понижающего конвертера.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине
3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролируемых материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Введение в преобразовательную технику.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
2	Тема 2. Полупроводниковые силовые ключи.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
3	Тема 3. Выпрямители неуправляемые и управляемые.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
4	Тема 4. Импульсные DC/DC-преобразователи.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
5	Тема 5. Автономные инверторы напряжения (АИН).	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
6	Тема 6. Регулируемый электропривод постоянного тока.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
7	Тема 7. Частотно-регулируемый асинхронный и синхронный электропривод.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2

8	Тема 8. Специализированные и перспективные преобразователи.	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК.3.1 ИД 2 ПК.3.2 ИД 3 ПК.3.1 ИД 4 ПК.3.2 ИД 5 ПК.3.1 ИД 6 ПК.3.2
---	---	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий Задачи

1. **Расчет и компьютерное моделирование однофазного мостового выпрямителя.** Определение среднего значения напряжения на активной нагрузке, расчет амплитуды пульсаций при заданной емкости сглаживающего конденсатора.

2. **Проектирование понижающего (Buck) DC/DC-конвертера.** Расчет индуктивности силового дросселя по заданному уровню пульсаций тока (30%) для питания бортовой логики мобильного робота напряжением 5 В от аккумулятора 24 В.

3. **Схемотехническое моделирование повышающего (Boost) конвертера** в LTspice или MATLAB/Simulink. Снятие регулировочной характеристики $U_{\text{вых}}(D)U_{\text{вых}}(D)$ и анализ влияния паразитных сопротивлений обмотки дросселя на КПД.

4. **Разработка принципиальной схемы драйвера затвора IGBT-модуля.** Обеспечение гальванической развязки через изолированный усилитель (например, HCPL-3120), формирование «плавающего» питания верхнего плеча полумоста и установка снабберной цепи.

5. **Программная реализация скалярного управления (U/f или $f=const$).** Написание кода для микроконтроллера STM32 с использованием ПЛИС или таймера в режиме генерации ШИМ для трехфазного асинхронного двигателя мощностью 0,75 кВт.

6. **Моделирование автономного инвертора напряжения (АИН)** с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Анализ спектрального состава выходного фазного напряжения до фильтра и после простейшего LC-фильтра.

7. **Сборка лабораторного макета обратного преобразователя (Flyback).** Практическое измерение осциллограмм напряжений и токов на первичной обмотке трансформатора, определение реального КПД стенда под нагрузкой.

8. **Исследование четырехквadrантного реверсивного привода постоянного тока.** Сборка схемы на базе двухоперационных транзисторов, снятие механических характеристик $\omega(M)\omega(M)$ в двигательном и тормозном режимах.

9. **Расчет тепловых режимов силового каскада.** Определение мощности статических и динамических потерь в ключе MOSFET, подбор радиатора и проверка температуры перегрева кристалла (ΔT_j) по справочным термическим сопротивлениям.

10. **Настройка цифрового контура тока подчиненного регулирования.** Подбор коэффициентов ПИД-регулятора методом Циглера — Николса в среде Simulink для сервопривода оси вращения манипулятора с целью исключения перерегулирования более 10%.

11. **Анализ электромагнитной совместимости (ЭМС) импульсного источника питания.** Моделирование входного сетевого тока без корректора коэффициента мощности (PFC) и с ним, сравнение уровней высших гармоник со стандартом ГОСТ 30804.3.2.

12. **Проектирование активного выпрямителя с ККМ (PFC) на базе топологии Totem-pole.** Реализация алгоритма управления во вращающейся системе координат (dq) для достижения коэффициента мощности выше 0,98.

13. **Экспериментальное исследование матричного преобразователя частоты.** Прямое подключение трехфазной сети к двигателю через девяти двунаправленных ключей, коммутация по алгоритму Аарона-Вентурины.

14. **Диагностика неисправности силовой части преобразователя.** Поиск короткого замыкания в плече инвертора по результатам анализа сквозных токов и характерных повреждений корпусов полупроводников на предоставленном неисправном образце платы.

15. **Комплексный проект: синтез системы питания коллаборативного робота.** Объединение спроектированного корректирующего AC/DC-выпрямителя (48 В), шины промежуточного звена постоянного тока и трех автономных инверторов для приводов степеней подвижности кисти с защитой от взаимного влияния нагрузок.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. **Эволюция элементной базы силовой электроники:** сравнительный анализ кремниевых (Si), карбид-кремниевых (SiC) и нитрид-галлиевых (GaN) компонентов в преобразователях для робототехники.

2. **Матричные преобразователи частоты:** топологии, алгоритмы коммутации, преимущества отсутствия звена постоянного тока и перспективы применения в экзоскелетах.

3. **Активные выпрямители с коррекцией коэффициента мощности (PFC):** принципы работы, схемотехника и их роль в обеспечении электромагнитной совместимости промышленных роботов с цеховой сетью.

4. **Многоуровневые инверторы напряжения:** топологии «диодного зажима» (NPC) и «конденсаторного зажима» (FLC). Применение в мощных приводах тяжелых манипуляторов для снижения уровня гармоник.

5. **Беспроводная передача энергии мобильным роботам:** обзор технологий индуктивной и резонансной передачи, схемотехника приемных и передающих резонансных контуров LLC-топологии.

6. **Специфика проектирования драйверов силовых ключей** для высокودинамичных мехатронных модулей: методы активного подавления dv/dt , защита от ложных срабатываний и управление «плавающим» потенциалом.

7. **Силовая электроника для нетрадиционных исполнительных элементов:** пьезоэлектрических, магнитострикционных и сплавов с памятью формы (SMA) в прецизионных микророботах и адаптивных захватах.

8. **Рекуперативное торможение в электроприводе роботов:** схемотехнические решения возврата кинетической энергии в сеть переменного тока или на буферный накопитель (суперконденсатор).

9. **Цифровое микропроцессорное управление преобразователями:** реализация алгоритмов пространственно-векторной модуляции (SVPWM) на микроконтроллерах серии STM32G4/H7.

10. **Обеспечение надежности и отказоустойчивости силовых преобразователей сервисных роботов:** резервирование каналов управления, системы самодиагностики деградации конденсаторов и прогнозирование остаточного ресурса.

11. **Тепловая нагрузка и системы охлаждения компактных преобразователей в шарнирных соединениях антропоморфных роботов:** тепловые трубки, микрохолодильники Пельтье и жидкостное охлаждение гибкими капиллярами.

12. **Электромагнитная совместимость (ЭМС) импульсных источников питания бортовой электроники:** проектирование входных фильтров радиопомех (EMI-фильтров) и борьба с синфазными помехами в длинных кабельных линиях манипуляторов.

13. **Резонансные DC/DC-преобразователи (LLC, LCC):** применение в зарядных станциях автономных мобильных платформ для обеспечения мягкого переключения (ZVS/ZCS) и высокого КПД при широком диапазоне нагрузок.

14. **Источники бесперебойного питания (ИБП) и блоки гарантированного питания** для контроллеров безопасности и систем машинного зрения коллаборативных роботов: архитектуры онлайн (*double conversion*) и офлайн.

15. **Концепция интеллектуальных силовых модулей (IPM — Intelligent Power Modules):** интеграция драйвера, защиты по току и температуре, а также силового каскада в едином корпусе для упрощения разработки сервоприводов осей вращения.

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета

1. Классификация силовых электронных преобразователей в мехатронике и робототехнике. Основные типы, их назначение и области применения.
2. Однооперационные (диоды) и двухоперационные силовые ключи (IGBT, MOSFET). Сравнительная характеристика по быстродействию, падению напряжения и областям применения.
3. Драйверы управления затворами силовых транзисторов: функциональная схема, требования к гальванической развязке, формирование «мертвого времени» (*dead-time*).
4. Неуправляемые выпрямители: однофазные и трехфазные мостовые схемы. Внешние характеристики, коэффициент пульсаций и влияние на питающую сеть.
5. Управляемые выпрямители на тиристорах. Принцип фазового регулирования, внешние характеристики и работа на противо-ЭДС (режим рекуперации).
6. Импульсные DC/DC-преобразователи понижающего типа (*Buck-конвертер*). Временные диаграммы работы, расчет индуктивности дросселя для режима непрерывных токов.
7. Повышающие (*Boost*) и инвертирующие (*Buck-Boost*) импульсные преобразователи. Особенности схемотехники и применение для питания бортовой электроники роботов.
8. Обратноходовые (*Flyback*) и прямоходовые (*Forward*) однотактные преобразователи изолированного типа. Назначение размагничивающей обмотки во *Forward*-конвертере.
9. Автономные инверторы напряжения (АИН) с синусоидальной ШИМ. Формирование выходного напряжения заданной частоты и амплитуды.
10. Пространственно-векторная широтно-импульсная модуляция (SVPWM): принцип формирования базовых векторов, преимущества перед синусоидальной ШИМ.
11. Многоуровневые инверторы: топологии диодных зажимов (*NPC*) и конденсаторных зажимов (*FLC*). Способы снижения уровня высших гармоник тока двигателя.
12. Матричные (прямые) преобразователи частоты. Коммутационная матрица, ограничения по отношению входного и выходного напряжений.
13. Активные выпрямители (*Active Front End*, PFC). Принципы коррекции коэффициента мощности и подавления высших гармоник сетевого тока.
14. Электропривод постоянного тока: четырехквadrантное управление. Режимы двигательный, торможения противовключением и рекуперативного торможения.
15. Скалярное управление ($U/f = \text{const}$) асинхронным двигателем: достоинства, недостатки и область применимости в робототехнических системах малой динамики.
16. Векторное управление асинхронным электроприводом. Математическая модель во вращающейся системе координат dq , ориентация поля ротора или потокосцепления.
17. Прямое управление моментом (*DTC — Direct Torque Control*). Сравнение с векторным управлением по динамическим характеристикам и уровню пульсаций момента.
18. Замкнутые системы подчиненного регулирования координат электропривода. Настройка контуров тока, скорости и положения.
19. Специфика преобразователей для шаговых двигателей: режимы микрошага, дробления шага и методы борьбы с резонансом ненагруженного ротора.
20. Преобразователи для бесколлекторных двигателей постоянного тока (*BLDC*): алгоритмы коммутации 6-шаговые и синусоидальные, роль датчиков Холла и энкодеров.
21. Резонансные LLC-преобразователи. Условие переключения при нулевом напряжении (ZVS) и его значение для повышения КПД зарядных станций мобильных роботов.

22. Источники бесперебойного питания (ИБП) для контроллеров безопасности роботов. Топологии онлайн (*double conversion*) и офлайн, время автономной работы.
23. Тепловой расчет силовых модулей. Мощность статических и динамических потерь, термические сопротивления кристалл-корпус-среда, методика подбора радиатора.
24. Электромагнитная совместимость (ЭМС) устройств силовой электроники. Входные *EMI-фильтры* радиопомех, экранирование кабелей моторных линий манипуляторов.
25. Перспективы развития элементной базы: особенности применения карбида кремния (SiC) и нитрида галлия (GaN) в сервоприводах нового поколения.

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

1. Закрытого типа с одним верным вариантом ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой силовой полупроводниковый ключ обладает наилучшим сочетанием высокой частоты переключения и малых статических потерь в современных робототехнических приводах? а) Биполярный транзистор (BJT); б) Тиристор (SCR); в) Транзистор на основе нитрида галлия (GaN); г) Силовой биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT) с токовым управлением. **Правильный ответ: в)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Как называется режим работы электропривода, при котором кинетическая энергия торможения манипулятора возвращается в питающую сеть переменного тока через выпрямитель, работающий в инверторном режиме? а) Динамическое торможение; б) Рекуперативное торможение; в) Торможение противовключением; г) Свободный выбег. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. В какой топологии импульсного преобразователя энергии дроссель запасает энергию при замкнутом состоянии ключа и передает ее в нагрузку через выходной диод при разомкнутом ключе? а) Понижающий (Buck); б) Повышающий (Boost); в) Инвертирующий (Buck-Boost); г) Симметричный Push-Pull. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Для чего предназначен «мертвое время» (*dead-time*) в драйвере управления полумостовым каскадом инвертора? а) Для увеличения амплитуды выходного напряжения; б) Для предотвращения сквозного тока через верхнее и нижнее плечо ключей; в) Для синхронизации с сетью 50 Гц; г) Для фильтрации высокочастотных помех. **Правильный ответ: б)**

Прочитайте текст и выберите один правильный ответ. Какой параметр характеризует отношение активной мощности к полной и требует коррекции (PFC) в мощных зарядных станциях сервисных роботов для снижения нагрузки на сеть? а) Коэффициент гармоник напряжения (THD); б) Коэффициент полезного действия (КПД); в) Коэффициент мощности (Power Factor); г) Пусковой ток. **Правильный ответ: в)**

2. Закрытого типа с двумя верными вариантами ответа (5 вопросов)

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Укажите основные преимущества многоуровневых инверторов по сравнению с классическими двухуровневыми мостовыми схемами в тяжелых промышленных роботах: а) Упрощение системы охлаждения; б) Снижение уровня высших гармоник выходного напряжения (THD); в) Возможность работы без звена постоянного тока; г) Снижение скорости нарастания напряжения (*dv/dt*) на изоляции обмоток двигателя. **Правильный ответ: б), г)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие функции выполняет интеллектуальный силовой модуль (IPM) в сервоприводе оси вращения коллаборативного робота? а) Преобразование цифрового управляющего кода в аналоговое напряжение ЦАП; б) Интегрированная защита от короткого замыкания (DESAT); в) Формирование синусоидального тока без использования микроконтроллера; г) Мониторинг температуры кристалла и блокировка выходов при перегреве. **Правильный ответ: б), г)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Выберите методы активного демпфирования колебаний («звона») при коммутации силовых ключей в резонансных преобразователях: а) Увеличение емкости входного фильтра до бесконечности; б) Использование

снабберных цепей (*RC-снабберы*, *RCD-демпферы*); в) Применение техники мягкого переключения (*ZVS/ZCS*); г) Отказ от использования трансформатора. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. При векторном управлении синхронным двигателем с постоянными магнитами ориентация вращающейся системы координат $dqdq$ производится по: а) Напряжению сети питания; б) Вектору потокосцепления ротора; в) Угловому положению вала (энкодеру); г) Частоте ШИМ-модуляции. **Правильный ответ: б), в)**

Прочитайте текст и выберите два правильных ответа. Какие типы датчиков традиционно используются для реализации алгоритмов бессенсорного (*sensorless*) управления вентильными двигателями на низких скоростях? а) Датчики Холла; б) Наблюдатели состояния (математические модели ЭДС или потокосцепления); в) Высокоразрядные абсолютные энкодеры; г) Измерение противо-ЭДС в фазах с отключенным питанием (*Back-EMF Zero Crossing*). **Правильный ответ: б), г)**

3. На установление последовательности (5 вопросов)

Укажите правильную последовательность этапов преобразования энергии в тяговом приводе электромобиля при рекуперативном торможении:

1. Выпрямление трехфазного тока генератора-инвертором;
2. Зарядка тяговой аккумуляторной батареи через DC/DC-конвертер;
3. Работа бесколлекторного двигателя в генераторном режиме;
4. Управление углом открытия виртуальных диодов АИН алгоритмом SVPWM.

Правильный ответ: 3-1-4-2

Укажите правильную последовательность физических процессов при включении IGBT-транзистора:

1. Рассасывание носителей заряда в базовой области;
2. Заряд входной емкости затвор-эмиттер (C_{ies});
3. Рост коллекторного тока до номинального значения;
4. Подача положительного импульса напряжения на затвор драйвера. **Правильный**

ответ: 4-2-3-1

Укажите правильную последовательность действий цифровой системы управления при срабатывании защиты от перегрузки по току:

1. Блокировка сигналов ШИМ на выходе драйвера;
2. Фиксация превышения порога измерительным шунтом;
3. Аппаратное прерывание микропроцессора;
4. Переход привода в режим свободного выбега. **Правильный ответ: 2-3-1-4**

Укажите правильную последовательность формирования выходного сигнала в автономном инверторе напряжения с синусоидальной ШИМ:

1. Сравнение опорного модулирующего сигнала с несущим треугольным сигналом;
2. Задание амплитуды и частоты требуемого выходного напряжения;
3. Коммутация силовых ключей плеч моста;
4. Расчет коэффициента модуляции и частотного индекса. **Правильный ответ: 2-4-1-3**

Укажите правильную последовательность прохождения энергии в бортовом импульсном источнике питания робота от сети 220В до логики 5В:

1. Корректор коэффициента мощности (*PFC*);
2. Выходной синхронный выпрямитель и *LC-фильтр*;
3. Звендо постоянного тока (высоковольтная шина 400В);
4. Полномостовой LLC-преобразователь. **Правильный ответ: 1-3-4-2**

4. На установление соответствия (4 вопроса)

Установите соответствие между типом силового преобразователя и его основной функцией в робототехнической системе:

А) Активный выпрямитель (*AC/DC*)	1) Регулирование скорости асинхронного двигателя изменением частоты
Б) Автономный инвертор (*DC/AC*)	2) Обеспечение шины постоянного тока стабильным напряжением из сети AC
В) Импульсный конвертер (*DC/DC*)	3) Согласование уровней напряжения между аккумулятором и нагрузкой
Г) Матричный преобразователь	4) Прямое циклоконвертирование частоты без звена

(*AC/AC*)	постоянного тока
-----------	------------------

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3, Г – 4

Установите соответствие между видом широтно-импульсной модуляции и ее характеристикой:

А) Синусоидальная ШИМ (*SPWM*)	1) Минимизация времени нахождения вектора напряжения в нулевом состоянии
Б) Пространственно-векторная (*SVPWM*)	2) Высокая спектральная чистота, простота реализации на аналоговых компонентах
В) Гистерезисная (*HCC*)	3) Прямое ограничение пульсаций тока в заданном коридоре

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

Установите соответствие между режимом работы электропривода и состоянием мощностей:

А) Двигательный режим	1) Электрическая мощность отрицательна, механическая положительна
Б) Режим рекуперативного торможения	2) Обе мощности положительны (энергия потребляется из сети)
В) Режим динамического торможения	3) Энергия рассеивается на внешнем тормозном резисторе

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

Установите соответствие между компонентом преобразователя и его назначением:

А) Варистор (*MOV*) на входе	1) Подавление выбросов напряжения при выключении индуктивной нагрузки
Б) RCD-снаббер параллельно ключу	2) Защита от микросекундных импульсных перенапряжений в сети
В) Ферритовая защелка на кабеле	3) Подавление синфазных электромагнитных помех

Правильный ответ: А – 2, Б – 1, В – 3

5. Открытого типа с одним-двумя словами (2 вопроса)

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Метод управления моментом асинхронного двигателя, основанный на прямом вычислении вектора потока и момента по мгновенным значениям токов и напряжений — это управление _____. **Правильный ответ: прямым (или прямое DTC)**

Прочитайте текст и запишите правильный ответ. Процесс принудительного разряда паразитных емкостей затвора MOSFET ниже порогового уровня для гарантированного исключения ложного открывания — это формирование _____ напряжения. **Правильный ответ: отрицательного (запирающего)**

6. Открытого типа с определением понятия (расширенный ответ) (2 вопроса)

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. Опишите физический принцип обеспечения режима «мягкой коммутации» (Zero Voltage Switching — ZVS) в резонансных DC/DC-преобразователях и укажите, как это влияет на КПД устройства. **Правильный ответ:** Принцип заключается в создании колебательного контура (L-C), который обеспечивает задержку перехода напряжения на стоке/коллекторе транзистора. К моменту подачи сигнала на открытие затвора потенциал уже равен нулю или близок к нему, поэтому включение происходит без разрядки паразитных емкостей. Это исключает потери энергии на заряд/разряд емкостей внутри ключа и снижает скорость изменения напряжения (dv/dt), что значительно повышает общий КПД преобразователя и уровень электромагнитной совместимости.

Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ. В чем заключается принципиальное отличие скалярного управления (U/f или f/U) от векторного управления асинхронным электроприводом с точки зрения математической модели и динамических характеристик? **Правильный ответ:** Скалярное управление оперирует только среднеквадратичными значениями напряжения и частоты, не учитывая взаимное влияние фазных токов и текущее положение вектора магнитного потока ротора. Математически это разомкнутая или слабо связанная система. Векторное управление переводит модель машины во вращающуюся

систему координат $dqddq$, где путем поддержания постоянной составляющей потокосцепления (ddd -ось) достигается независимое (линейное) управление моментом (qqq -ось). Это позволяет получить характеристики привода, близкие к характеристикам двигателя постоянного тока: высокое быстродействие, широкий диапазон регулирования и высокий пусковой момент.

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Иванов, В. К. Управление, моделирование и датчики мехатронных систем / В. К. Иванов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 212 с. – ISBN 978-5-9729-2590-2.
2. Кангин, В. В. Контроллеры Arduino в мобильных роботах и дронах / В. В. Кангин, Е. М. Кангин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 324 с. – ISBN 978-5-9729-2451-6.

7.2. Дополнительная литература

3. Феофанов, А. Н. Техническое обслуживание, ремонт и испытание мехатронных систем : учебное издание / А. Н. Феофанов, Т. Г. Гришина. – Москва : Академия, 2024. – 304 с. – (Специальности среднего профессионального образования).
4. Волкова, М. А. Приводы мехатронных и робототехнических систем : методические рекомендации / М. А. Волкова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2024. — 19 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/457019> (дата обращения: 11.08.2026).
5. Стасенко, Д. Л. Основы мехатроники и робототехники : учебное пособие / Д. Л. Стасенко, Е. В. Хазеев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2025. – 94 с. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by> (дата обращения: 11.08.2026).

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Учебная аудитория оборудована:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютер для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся
- Симулятор БПЛА «AgroTechSim»
на 10 рабочих мест
- Симулятор БПЛА «DJI Simulator» на 20 рабочих мест
- Симулятор «FlightGear»
на 20 рабочих мест
- Симулятор «AirSim» на 20 рабочих мест
- Пульт дистанционного управления «RadioMaster TX12 MK2 ELRS» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI MR1SD25» – 10 шт.
- Пульт дистанционного управления «FLYSKY SM001» - 2 шт.
- Пульт дистанционного управления «BETA FPV» - 13 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC-N1 от DJI MAVIC MINI 2» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 2 от DJI AVATA» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI FPV RC 3 от DJI NEO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI RC1B от DJI MAVIC 2 PRO» - 1 шт.
- Пульт дистанционного управления «DJI GL300L от DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL»
- 1 шт.
- VR FPV шлем «LS008D 5,8G» – 5 шт.
- VR FPV шлем «DMKR 008D PRO 5,8G» – 5 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles N3 - 1 шт.
- Очки VR FPV DJI Googles 2 - 1 шт.
- Шлем VR BETA FPV - 10 шт.
- Видеоадаптер HDMI to AV, HDMI кабель (для подключения очков к симулятору) – 10 шт.
- Квадрокоптер DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт
- Квадрокоптер DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Квадрокоптер DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА смешанного типа «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- БПЛА самолетного типа «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.
- Учебный Квадрокоптер ручного управления Happy Model Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.

- Учебный Квадрокоптер BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 3 шт.:
 1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»
 2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»
 3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»
 4. FPV камера «Caddx Ratel 2»
 5. Радиоприемник «Bayck ELRS 2.4»
 6. Складной пропеллер «DALPROP 7inch»
 7. Комплект электромоторов (4шт.) «iFlight XING 2806.5 1800KV»
- Комплект для самостоятельной сборки FPV 7-дюймового квадрокоптера (БВС вертолетного типа) – 2 шт.:
 1. Корпус (рама) из углеродного волокна (карбон) 7 дюймов «Mark4 7inch»;
 2. Видео-передатчик «VTX TS582000 5.8ГГц 2Вт»;
 3. Полетный контроллер «SpeedyBee F405V3 50A»;
 4. FPV камера «Caddx Ratel 2»;
 5. Радиоприемник «Bayck ELRS 2.4»;
 6. Комплект Складных пропеллеров (4шт.) «DALPROP 7inch»;
 7. Комплект электромоторов (4шт.) «Brotherhobby 2806.5 1920KV»
- Комплект средств и инструментов для технического обслуживания БАС - (10 шт.):
 1. Термостойкий коврик для пайки и ремонта электроники
 2. Паяльный набор инструментов (паяльник, набор наконечников, губка для чистки жала, проволока для пайки, пинцет, нож для снятия изоляции, припой, экстрактор припоя, подставка под паяльник, гель флюс, мультиметр, средство сухой очистки жала, средство влажной очистки жала, кусачки)
 3. Набор инструментов для ремонта электроники (набор лопаток 8 шт., нож, набор магнитных отверток 8 шт., пинцет, присоска, медиатор 5 шт.)
 4. Лампа настольная
 5. Вентилятор настольный
 6. Очки защитные
- Комплект запасных частей для - DJI PHANTOM 4 MULTISPECTRAL (БВС вертолетного типа) – 1 шт
- Комплект запасных частей для DJI AVATA (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для DJI NEO MOTION (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 MINI (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для DJI MAVIC 2 PRO (БВС вертолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 6 (БВС вертолетного типа) – 11 шт.
- Комплект запасных частей для управления HappyModel Mobula 7 (БВС вертолетного типа) – 8 шт.
- Комплект запасных частей для HappyModel Mobula 8 (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE FPV KIT (БВС вертолетного типа) – 10 шт.
- Комплект запасных частей для BETA FPV CETUS LITE (WITHOUT FPV) KIT (БВС вертолетного типа) – 3 шт.
- Комплект запасных частей для самосборного FPV 7-дюймового квадрокоптера – 5 шт.
- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Cobra VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для «Flightory SuperStingRay VTOL» (БВС смешанного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для «Titan Dynamics Crane» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- Комплект запасных частей для «SonicModel ArWingPro» (БВС самолетного типа) – 1 шт.
- Программное обеспечение для обработки полётной информации):
 1. DJI FLY на 20 рабочих мест

2. DJI GO4 на 20 рабочих мест
3. DJI PILOT на 20 рабочих мест
4. DJI GS PRO на 20 рабочих мест
5. DJI TERRA на 20 рабочих мест
6. DJI LIGHTCUT на 20 рабочих мест
- IMAGE COMPOSITE EDITOR на 20 рабочих мест
- WEB OPEN DRONE MAP на 20 рабочих мест
- ARDUPILOT MISSION PLANNER на 20 рабочих мест
- PIX4D CAPTURE на 20 рабочих мест
- PIX4DMATIC на 20 рабочих мест
- INAV на 20 рабочих мест
- BETAFLIGHT на 20 рабочих мест
- АВИАТОР+ на 20 рабочих мест
- СППИ на 20 рабочих мест
- НЕБОСВОД на 20 рабочих мест
- Набор круглых подвесных колец (ворот) (50см) «LDARC» для тренировок и соревнований на FPV квадрокоптерах - 10 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiPo 380 Mah - 30 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 850 Mah - 5 шт.
- Аккумулятор GNB 2S LiPo 650 Mah - 2 шт.
- Аккумулятор Lipo 6S 6500Mah 60C XT60 «Youme» - 5 шт.
- Аккумулятор BETA FPV 1S LiPo 450 Mah - 12 шт.
- Аккумулятор GNB 1S LiHv 660 Mah - 10 шт.
- Зарядное устройство (67W, Type C - 2 выхода, USB-A- 2 выхода) - 10 шт.
- Зарядное устройство для 1S LiPo «ViFLY WHOOPSTAR v3» - 5 шт.
- Зарядное устройство для 2S-6S литиевых аккумуляторов «HTRC C240» - 1 шт.
- Полезная нагрузка (система сброса) для DJI MAVIC 2 PRO -1 шт.
- Смартфон SAMSUNG GALAXY A7 - 1 шт.
- Планшет IPAD MINI 7 - 1 шт.
- Монитор FPV MONITOR 5.8G - 1 шт.
- Взлётно-посадочная площадка – 2шт.

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «**Преобразователи мехатронных и робототехнических систем**» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Преобразователи мехатронных и робототехнических систем

(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Скоробогатченко Дмитрий Анатольевич

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)