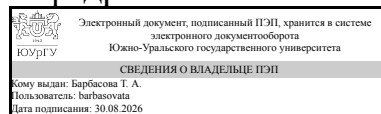


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



Т. А. Барбасова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П2.07 Электропривод промышленных роботов

для направления 27.03.04 Управление в технических системах

уровень Бакалавриат

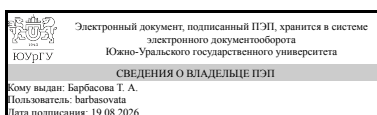
профиль подготовки Интеллектуальные технологии управления в технических системах с присвоением второй квалификации "бакалавр 09.03.01 Информатика и вычислительная техника"

форма обучения очная

кафедра-разработчик Автоматика и управление

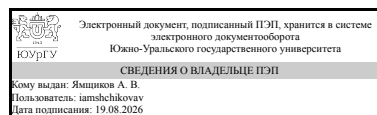
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, утверждённым приказом Минобрнауки от 31.07.2020 № 871

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., доц.



Т. А. Барбасова

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент



А. В. Ямщиков

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины «Электропривод промышленных роботов (ПР)» заключается в формировании у студентов научно обоснованных представлений о принципах построения, действия, проектирования и эксплуатации электроприводов ПР и составляющих их устройств. Задачи преподавания и изучения дисциплины состоят в овладении студентами знаниями, умениями и навыками в области создания электроприводов ПР и составляющих их устройств.

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина "Электропривод ПР" включает изучение следующих вопросов: Основные понятия промышленных роботов (ПР) и электроприводов. Основы механического и электромагнитного расчета электроприводов ПР. Основы теории электроприводов ПР с двигателями постоянного тока, асинхронными, шаговыми и вентильными двигателями.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 ПК-3 Способен решать технические вопросы внедрения и обслуживания роботов и РТК с помощью прикладного ПО и ИИ	Знает: Принципы промышленной автоматизации, PLC (программируемые логические контроллеры), HMI (человеко-машинный интерфейс), SCADA-системы. Технологические особенности основных производственных процессов и требования к автоматизации: сварка, резка, сборка, покраска, упаковка, механообработка в зависимости от конкретной области применения. Основные требования охраны труда (правила работы с электроустановками, грузоподъемными механизмами), основы кибербезопасности. Умеет: Интегрировать роботы и РТК, осуществлять сопряжение роботов с системами верхнего уровня (MES, ERP), контроллерами PLC, SCADA-системами, системами машинного зрения и другим оборудованием, настраивать промышленные протоколы связи, проводить функциональные тесты интегрированной системы. Имеет практический опыт: промышленной автоматизации, PLC (программируемые логические контроллеры), HMI (человеко-машинный интерфейс), SCADA-системы. Работы с технологическими особенностями основных производственных процессов и требования к автоматизации: сварка, резка, сборка, покраска, упаковка, механообработка в зависимости от конкретной области применения. Работы с основными требованиями охраны труда (правила работы с электроустановками, грузоподъемными

	механизмами), основы кибербезопасности.
--	---

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Автоматизация и роботизация технологических процессов	Автоматизация технологических процессов с использованием промышленных манипуляторов

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Автоматизация и роботизация технологических процессов	Знает: 1. Принципы промышленной автоматизации, PLC (программируемые логические контроллеры), HMI (человеко-машинный интерфейс), SCADA-системы. 2. Безопасность робототехнических систем, международные и национальные стандарты, зонирование безопасности, функции безопасности, безопасное взаимодействие человека и робота (HRC), основные требования охраны труда (правила работы с электроустановками, грузоподъемными механизмами), основы кибербезопасности. 3. Промышленные коммуникации: стандарты и протоколы связи, принципы их работы, настройка, диагностика; промышленные сети, их топологии, оборудование; основы кибербезопасности промышленных сетей. 4. Прикладное программное обеспечение (системы управления версиями, API и интеграция систем, базы данных, облачные платформы, симуляционное ПО, операционные системы). 5. ПО для автоматизированного проектирования (CAD/CAM/CAE системы), 3D-моделирование, создание чертежей, анализ кинематики, интеграция с моделями роботов и оснастки для проверки геометрии и сборки. 6. Функционал специализированных пакетов для симуляции роботов (моделирование ячеек, генерация траекторий, анализ досягаемости и коллизий, оценка времени цикла). 7. Специфические языки программирования роботов (синтаксис, структуры данных, функции, отладка) и общие языки программирования Python (скриптинг, интеграция, обработка данных, взаимодействие с ИИ), C++ (высокопроизводительные приложения, встраиваемые системы, пользовательские интерфейсы, разработка драйверов). 8. Диагностическое и сервисное ПО для мониторинга и диагностики роботов (интерфейсы, функции для сбора логов,

просмотра переменных, анализа состояния осей, проверки входов/выходов), ПО для анализа данных (специализированные программы для статистического анализа и визуализации). 9. Основы применения ИИ в робототехнике (адаптивное управление роботами, оптимизация траекторий и процессов, контроль качества с ИИ, человеко-роботное взаимодействие). 10. Основы машинного обучения, концепции контролируемого/неконтролируемого обучения, обучения с подкреплением, типы моделей (регрессия, классификация, кластеризация). 11. Глубокое обучение, сверточные нейронные сети (CNN) для компьютерного зрения, рекуррентные нейронные сети (RNN) для временных рядов. 12. Компьютерное зрение, обработка изображений, обнаружение объектов, сегментация, распознавание объектов, 3D-восстановление. 13. Обработка естественного языка, базовые концепции для анализа логов, текстовых отчетов. 14. Основы работы с данными для ИИ, типы данных (сенсорные данные, лог-файлы), подготовка данных (очистка, нормализация, маркировка данных для обучения ИИ-моделей). 15. Применение статистики и теории вероятностей для анализа данных, оценки моделей, понимания неопределенности. 16. Развертывание моделей ИИ на устройствах с ограниченными ресурсами (на роботах, контроллерах) для работы в реальном времени. 17. Технологические особенности основных производственных процессов и требования к автоматизации: сварка, резка, сборка, покраска, упаковка, механообработка в зависимости от конкретной области применения. 18. Основные требования охраны труда (правила работы с электроустановками, грузоподъемными механизмами), основы кибербезопасности. 19. Методологии управления проектами: Agile (Scrum, Kanban) для гибкой разработки, Waterfall для более структурированных внедрений. 20. Принципы системной инженерии, целостный подход к проектированию и управлению сложными системами. 21. Основы бережливого производства, цели оптимизации производственных процессов. 22. Влияние автоматизации на экономические показатели производства, технико-экономическое обоснование внедрения роботов и РТК. 23. Тренды технологического рынка, новые технологии и подходы в робототехнике и ИИ, способы разработки алгоритмов и программ, пригодных для практического применения

Умеет: 1. Программировать роботов на специализированных языках (KUKA KRL, ABB RAPID, Universal Robots PolyScope, FANUC

Karel) или через графические интерфейсы. 2. Проводить сбор и предобработку данных (очистка данных, нормализация, извлечение признаков). 3. Создавать сложные траектории движения, алгоритмы обработки ошибок, циклы загрузки/выгрузки, сварочные или сборочные операции, разрабатывать логику взаимодействия робота с другими компонентами РТК. 4. Настраивать и конфигурировать роботов: инициализировать контроллеры роботов, настраивать параметры осей, калибровать их положение и точность; конфигурировать входы/выходы робота для взаимодействия с внешним оборудованием (PLC, HMI, другие машины); настраивать системы безопасности (зоны ограничения, световые барьеры, кнопки аварийной остановки). 5. Диагностировать и устранять неисправности робототехнического оборудования с использованием диагностического ПО. 6. Разрабатывать и обучать модели ИИ для предиктивного обслуживания, контроля качества, оптимизации траекторий. 7. Применять технологии компьютерного зрения, разрабатывать алгоритмы для распознавания объектов, измерения, контроля дефектов. 8. Интерпретировать результаты моделей ИИ. 9. Оптимизировать производительность моделей ИИ для работы в реальном времени. 10. Производить виртуальную пуско-наладку в CAM системах (роботов, роботов совместно с системами АСУТП (PLC, HMI, SCADA)). 11. Интегрировать роботы и РТК, осуществлять сопряжение роботов с системами верхнего уровня (MES, ERP), контроллерами PLC, SCADA-системами, системами машинного зрения и другим оборудованием, настраивать промышленные протоколы связи, проводить функциональные тесты интегрированной системы. 12. Вносить изменения в программы роботов для адаптации к новым задачам или оптимизации существующих процессов. 13. Использовать CAD/CAM-системы для проектирования оснастки, инструментов и моделирования рабочих ячеек. 14. Применять программные пакеты для симуляции роботов для оффлайн-программирования, проверки достижимости, анализа коллизий и оптимизации времени цикла до фактического внедрения. 15. Анализировать данные, полученные из систем управления для мониторинга производительности, анализа причин простоев и выявления неэффективных операций, создавать отчеты и визуализации на основе этих данных. 16. Разрабатывать или адаптировать интерфейсы (HMI панели) для удобного взаимодействия операторов с РТК, адаптировать

пользовательские интерфейсы для конкретных задач. 17. Использовать ИИ-системы для углубленной диагностики и предиктивного обслуживания, применять ПО, основанное на машинных алгоритмах, для анализа больших объемов данных с роботов (вибрации, токи двигателей, температура) с целью предсказания потенциальных отказов до их возникновения; интерпретировать рекомендации ИИ о необходимости замены компонентов или проведения ТО. 18. Применять алгоритмы машинного обучения для оптимизации процессов, настраивать и использовать системы, которые могут самостоятельно оптимизировать траектории движения роботов, параметры сварки, сборки или покраски на основе обратной связи (данных о качестве, времени цикла). 19. Использовать ИИ для адаптации роботов к меняющимся условиям производства или небольшим отклонениям в заготовках. 20. Настраивать и применять системы машинного зрения на базе классических методов и с применением методов ИИ, интегрировать камеры и сенсоры с роботами, используя ИИ для распознавания объектов, контроля качества, навигации или точного позиционирования; обучать нейронные сети для выявления дефектов, сортировки деталей или адаптивного выполнения задач. 21. Интерпретировать результаты работы ИИ-алгоритмов и принимать на их основе обоснованные решения о внесении изменений в работу РТК. 22. Подготавливать данные для обучения или адаптации ИИ-моделей (собирать, маркировать и систематизировать данные, необходимые для тренировки или дообучения ИИ-систем, работающих с робототехникой). 23. Выявляет потенциальные проблемы внедрения и обслуживания роботов и РТК и разрабатывает планы их устранения/смягчения. 24. Создавать технические задания и спецификации для новых РТК., разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения. Имеет практический опыт: Промышленной автоматизации, PLC (программируемые логические контроллеры), HMI (человеко-машинный интерфейс), SCADA-системы. Применения промышленной коммуникации: стандарты и протоколы связи, принципы их работы, настройка, диагностика; промышленные сети, их топологии, оборудование; основы кибербезопасности промышленных сетей. Работы с прикладным программным обеспечением (системы управления версиями, API и интеграция систем, базы данных, облачные платформы, симуляционное ПО, операционные

системы). Работы с ПО для автоматизированного проектирования (CAD/CAM/CAE системы), 3D-моделирование, создание чертежей, анализ кинематики, интеграция с моделями роботов и оснастки для проверки геометрии и сборки. Работы с функционалом специализированных пакетов для симуляции роботов (моделирование ячеек, генерация траекторий, анализ достигаемости и коллизий, оценка времени цикла). Работы с специфическими языками программирования роботов (синтаксис, структуры данных, функции, отладка) и общие языки программирования Python (скриптинг, интеграция, обработка данных, взаимодействие с ИИ), C++ (высокопроизводительные приложения, встраиваемые системы, пользовательские интерфейсы, разработка драйверов). Работы с диагностическим и сервисным ПО для мониторинга и диагностики роботов (интерфейсы, функции для сбора логов, просмотра переменных, анализа состояния осей, проверки входов/выходов), ПО для анализа данных (специализированные программы для статистического анализа и визуализации). Применения ИИ в робототехнике (адаптивное управление роботами, оптимизация траекторий и процессов, контроль качества с ИИ, человеко-роботное взаимодействие). Машинного обучения, концепции контролируемого/неконтролируемого обучения, обучения с подкреплением, типы моделей (регрессия, классификация, кластеризация). Работы с глубоким обучением, сверточными нейронными сетями (CNN) для компьютерного зрения, рекуррентные нейронные сети (RNN) для временных рядов. Работы с компьютерным зрением, обработкой изображений, обнаружением объектов, сегментация, распознавание объектов, 3D-восстановление. Обработки естественного языка, базовые концепции для анализа логов, текстовых отчетов. Работы с данными для ИИ, типы данных (сенсорные данные, лог-файлы), подготовка данных (очистка, нормализация, маркировка данных для обучения ИИ-моделей). Применения статистики и теории вероятностей для анализа данных, оценки моделей, понимания неопределенности. Развертывания моделей ИИ на устройствах с ограниченными ресурсами (на роботах, контроллерах) для работы в реальном времени. Работы с технологическими особенностями основных производственных процессов и требования к автоматизации: сварка, резка, сборка, покраска, упаковка, механообработка в зависимости от конкретной области применения. Охраны труда (правила

	работы с электроустановками, грузоподъемными механизмами), основы кибербезопасности. Управления проектами: Agile (Scrum, Kanban) для гибкой разработки, Waterfall для более структурированных внедрений. Системной инженерии, целостный подход к проектированию и управлению сложными системами. Бережливого производства, цели оптимизации производственных процессов. Выявления влияния автоматизации на экономические показатели производства, технико-экономическое обоснование внедрения роботов и РТК. Работы с трендами технологического рынка, новые технологии и подходы в робототехнике и ИИ, разработки алгоритмов и программ, пригодных для практического применения
--	---

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		7
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75
Подготовка к тестированию	28,75	28,75
Подготовка и защита отчетов по практическим занятиям	25	25
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные понятия промышленных роботов (ПР) и электроприводов. Основы механического и электромагнитного расчета электроприводов ПР	6	2	4	0
2	Электроприводы ПР с двигателями постоянного тока	12	4	8	0
3	Электроприводы ПР с асинхронными двигателями	12	4	8	0
4	Электроприводы ПР с шаговыми двигателями	6	2	4	0
5	Электроприводы ПР с вентильными двигателями	12	4	8	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные понятия промышленных роботов (ПР) и электроприводов. Основы механического и электромагнитного расчета электроприводов ПР	2
2,3	2	Электроприводы ПР с двигателями постоянного тока	4
4,5	3	Электроприводы ПР с асинхронными двигателями	4
6	4	Электроприводы ПР с шаговыми двигателями	2
7,8	5	Электроприводы ПР с вентильными двигателями	4

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1,2	1	Основы механического и электромагнитного расчета электроприводов ПР	4
3,4	2	Электроприводы ПР с двигателями постоянного тока (ДПТ). Способы управления ДПТ. Статические и динамические характеристики ДПТ как объекта управления.	4
5,6	2	Системы управления электроприводов с ДПТ.	4
7,8	3	Электроприводы ПР с асинхронными двигателями (АД). Способы управления АД. Статические и динамические характеристики АД как объекта управления.	4
9,10	3	Системы управления электроприводов с АД.	4
11,12	4	Электроприводы ПР с шаговыми двигателями	4
13,14	5	Электроприводы ПР с вентильными двигателями постоянного тока (ВДПТ). Способы управления ВДПТ.	4
15,16	5	Электроприводы ПР с вентильными двигателями переменного тока (ВДПрТ). Способы управления ВДПрТ.	4

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к тестированию	Указан в разделе "Информационное обеспечение"	7	28,75
Подготовка и защита отчетов по практическим занятиям	Указан в разделе "Информационное обеспечение"	7	25

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	7	Промежуточная аттестация	Тест 1	-	100	Правильный ответ - 100 Неправильный ответ - 0	зачет
2	7	Промежуточная аттестация	Тест 2	-	100	Правильный ответ - 100 Неправильный ответ - 0	зачет
3	7	Промежуточная аттестация	Тест 3	-	100	Правильный ответ - 100 Неправильный ответ - 0	зачет
4	7	Промежуточная аттестация	Отчет ПЗ 1	-	100	Правильный ответ - 100 Неправильный ответ - 0	зачет
5	7	Промежуточная аттестация	Отчет ПЗ 2	-	100	Правильный ответ - 100 Неправильный ответ - 0	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	По результатам текущей аттестации	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ПК-4	Знает: Принципы промышленной автоматизации, PLC (программируемые логические контроллеры), HMI (человеко-машинный интерфейс), SCADA-системы. Технологические особенности основных производственных процессов и требования к автоматизации: сварка, резка, сборка, покраска, упаковка, механообработка в зависимости от конкретной области применения. Основные требования охраны труда (правила работы с электроустановками, грузоподъемными механизмами), основы кибербезопасности.	+	+	+	+	+
ПК-4	Умеет: Интегрировать роботы и РТК, осуществлять сопряжение роботов с системами верхнего уровня (MES, ERP), контроллерами PLC, SCADA-системами, системами машинного зрения и другим оборудованием, настраивать промышленные протоколы связи, проводить функциональные тесты интегрированной системы.	+			+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: промышленной автоматизации, PLC (программируемые логические контроллеры), HMI (человеко-машинный интерфейс), SCADA-системы. Работы с технологическими особенностями	+				

	основных производственных процессов и требования к автоматизации: сварка, резка, сборка, покраска, упаковка, механообработка в зависимости от конкретной области применения. Работы с основными требованиями охраны труда (правила работы с электроустановками, грузоподъемными механизмами), основы кибербезопасности.	
--	---	--

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Григорьев М. А. Замкнутые системы управления электроприводов. Сборник задач с пояснениями : учеб. пособие / М. А. Григорьев ; под ред. Ю. С. Усынина ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательский Центр ЮУрГУ, 2009. - 31, [1] с. : ил.
2. Усынин Ю. С. Сборник задач по курсу "Системы управления электроприводов" : учеб. пособие / Ю. С. Усынин, М. А. Григорьев, Н. Ю. Сидоренко ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок ; ЮУрГУ. - Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2004. - 30, [1] с. : ил.. URL: http://www.lib.susu.ac.ru/ftd?base=SUSU_METHOD&key=000289856
3. Ямщиков А. В. Основы теории исполнительных электродвигателей систем автоматизации и управления : учеб. пособие / А. В. Ямщиков. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 284 с. : ил.

б) дополнительная литература:

1. Сафонов Ю. М. Электроприводы промышленных роботов. - М. : Энергоатомиздат, 1990. - 177 с. : ил.
2. Онищенко Г. Б. Электрический привод : Учеб. для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Г. Б. Онищенко. - М. : Академия, 2006. - 287, [1] с.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Известия высших учебных заведений. Электромеханика : науч.-техн. журн. / М-во обр. и науки Рос. Федерации, Южно-Рос. гос. техн. ун-т (Новочеркас. политехн. ин-т). - Новочеркасск, 1958-. -

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная	Образовательная	Курс Трофимов П. А. История развития мехатроники и

литература	платформа Юрайт	робототехники. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 274 с. https://urait.ru/course/2AA51658-CC93-4851-915D-21AADF12384C
------------	-----------------	--

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. НПП "Политех-Автоматика"-ПТК "ПолиТЭР"(бессрочно)
3. Linear Technology-LTspice IV(бессрочно)
4. Visual Solution, Inc.-VisSim(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	716 (36)	Компьютеры; Visual Solution, Inc.-VisSim(бессрочно); Linear Technology-LTspice IV(бессрочно)
Лекции	705 (36)	Компьютер, видеопроектор