МАНИПУЛЯТОРЫ С 6 СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ В МОДУЛЬНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ SCADA

Юсупов Хуршид Нормумин угли
доцент, Каршинский государственный технический университет,
Узбекистан, г. Карши
E-mail: yusupovxurshid1995@gmail.com
Tel:+998977256695

Аннотация. *Технологии направлены на облегчение человеческого труда, и их стремительное развитие существенно влияет на промышленность. Особенно заметен прогресс в робототехнике и эффективном использовании ресурсов. Промышленные роботы-манипуляторы отличаются высокой точностью, непрерывной работой и возможностью перепрограммирования. Ранее робот-руки имели ограниченную подвижность из-за малого числа степеней свободы. В данном исследовании в модульной производственной системе на базе SCADA применена робот-рука с 6 степенями свободы для переноса материалов. Один рабочий цикл составляет 55 секунд при 100% скорости и 90 секунд при 50%. Для обеспечения безопасности при возникновении препятствий система автоматически останавливается и выводит сигнал о перегрузке на панель управления.*

Ключевые слова: *Робототехника, Робот-манипулятор, Робот-рука, SCADA, PLC, Siemens S7-1200, HMI, MPS, LD, SFC, ST, DoF, Dobot CR5.*

MANIPULATORS WITH 6 DEGREES OF FREEDOM IN A MODULAR PRODUCTION SYSTEM BASED ON SCADA.

Abstract. *Technologies are aimed at easing human labor, and their rapid development has a significant impact on industry. Progress in robotics and the efficient use of resources is particularly noticeable. Industrial manipulator robots are characterized by high precision, continuous operation, and the ability to be reprogrammed. Previously, robotic arms had limited mobility due to a small number of degrees of freedom. In this study, a robotic arm with 6 degrees of freedom for material transfer was used in a modular production system based on SCADA. One working cycle is 55 seconds at 100% speed and 90 seconds at 50%. To ensure safety when obstacles arise, the system automatically stops and displays an overload signal on the control panel.*

Keywords: *Robotics, Manipulator robot, Hand robot, SCADA, PLC, Siemens S7-1200, HMI, MPS, LD, SFC, ST, DoF, Dobot CR5.*

SCADA ASOSIDAGI MODULLI ISHLAB CHIQARISH TIZIMIDA 6 ERKINLIK DARAJASIGA EGA MANIPULATORLAR

Annotatsiya. *Texnologiyalar inson mehnatini yengillashtirishga qaratilgan bo‘lib, ularning jadal rivojlanishi sanoatga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, robototexnika va resurslardan samarali foydalanish sohasidagi taraqqiyot ko‘zga tashlanadi. Sanoat robot-manipulyatorlari yuqori aniqligi, uzluksiz ishlashi va qayta dasturlash imkoniyati bilan ajralib*

turadi. Ilgari robot-qo‘llar erkinlik darajasining kamligi tufayli cheklangan harakatchanlikka ega edi. Ushbu tadqiqotda SCADA asosidagi modulli ishlab chiqarish tizimida materiallarni tashish uchun 6 ta erkinlik darajasiga ega robot-qo‘ldan foydalanilgan. Bir ish sikli 100% tezlikda 55 soniya, 50% tezlikda esa 90 soniyani tashkil etadi. Xavfsizlikni ta’minlash maqsadida, to‘siqlar yuzaga kelganda tizim avtomatik ravishda to‘xtaydi va boshqaruv paneliga ortiqcha yuklama haqida signal chiqaradi.

Kalit so’zlar: *Robototexnika, Robot-manipulyator, Robot-qo‘l, SCADA, PLC, Siemens S7-1200, HMI, MPS, LD, SFC, ST, DoF, Dobot CR5.*

Введение. В настоящее время технологии, особенно робототехника, развиваются стремительными темпами. Это связано с совершенствованием систем управления и активным внедрением искусственного интеллекта в промышленность, образование и повседневную жизнь. Предприятия часто сталкиваются с нехваткой времени и рабочей силы, что снижает эффективность производства. Для решения этих проблем применяются робототехнические системы, позволяющие автоматизировать сложные и непрерывные процессы.

Роботы отличаются высокой точностью, способностью к длительной работе и гибкой пере программируемостью, что делает их важными элементами промышленности. В связи с этим активно развиваются манипуляционные роботы, в частности роботизированные руки. Ранее использовались модели с 3–5 степенями свободы, однако их возможности были ограничены, что привело к разработке 6-осевых роботизированных систем на базе модульного производства (MPS) и SCADA.

Основная функция такой робот-руки — автоматическая и точная передача материалов между заданными точками. Рабочий цикл составляет 55 секунд при 100% скорости, 70 секунд при 75% и 90 секунд при 50%, что позволяет оценивать производительность системы. При обнаружении препятствий или перегрузки система автоматически останавливается и подает сигнал.

Управление осуществляется с помощью контроллера Siemens S7-1200 с использованием языков программирования LD, SFC и ST. Для мониторинга применяется HMI на базе SCADA, обеспечивающая контроль в реальном времени. В качестве исполнительного механизма используется пневматическая система, отличающаяся компактностью, безопасностью и экономичностью.

Робот-рука Dobot CR5 выполняет операции перемещения и размещения продукции на конвейере с использованием датчиков для обеспечения точности и стабильности.

В целом, применение 6-осевых роботизированных систем существенно повышает эффективность производства, снижает влияние человеческого фактора и открывает перспективы дальнейшего развития автоматизации.

Материалы и методы исследования. Данное исследование выполнено с использованием подхода R&D, направленного на анализ и развитие существующих научно-технических решений. На первом этапе проведён обзор литературы для формирования теоретической базы и выявления проблем. Затем разработана аппаратная часть системы, включая конструкцию робота, исполнительные механизмы и датчики.

Программное обеспечение реализовано на базе PLC с использованием языков LD, SFC и ST и адаптировано для работы в реальном времени. Далее проведены испытания, позволившие оценить взаимодействие аппаратной и программной частей, а также показатели точности, скорости и стабильности. Результаты проанализированы с применением статистических и технических методов, что позволило определить эффективность системы и наметить пути её дальнейшего совершенствования.

Результаты и обсуждения. Аппаратная система на рис. 1 включает в качестве входных устройств датчики и печатные кнопки. Инфракрасный датчик служит для определения наличия продукта на подставке (паллете). Датчик близости определяет прибытие подставки, поднимает и опускает стоппер цилиндра. После этого ридовый переключатель (reed switch) считывает движение стопорного цилиндра и зажима, а печатная кнопка выполняет функцию запуска и выключения системы. Затем входные сигналы обрабатываются ПЛК (программируемым логическим контроллером), который выполняет функцию центрального процессора и отправляет команды для работы на выходные устройства.



Рисунок 1. Аппаратная система.

Выходная аппаратная система представлена на рис. 2. Он состоит из конвейера, выполняющего функцию транспортировки поддонов, контроллера RC8, управляющего всей работой руки робота, и пневматической системы, приводящей в движение стопор цилиндра и зажим. Сама пневматическая система состоит из компрессора, запорного клапана, ФРЛ (фильтра, регулятора, масляного распылителя), соленоидного клапана, стопора цилиндра и зажима. Согласно рисунку 2, воздух сначала всасывается с помощью компрессора и хранится в резервуаре (цилиндре) до достижения давления 6–9 бар. Давление ниже 6 бар снижает механическую мощность пневматического рабочего цилиндра. Если давление превышает 9 бар, это представляет опасность для системы трубопроводов или компрессора. Затем сжатый воздух направляется в воздушный клапан (отключающий клапан), регулятор, соленоидный клапан, стопорный цилиндр и зажим. Движение цилиндра зависит от соленоида. Если соленоидный клапан подает сжатый воздух на вход цилиндра, поршень движется вперед. И наоборот, если соленоидный клапан подает сжатый воздух на выход цилиндра, поршень возвращается назад. Данный соленоидный клапан является частью пневматической

системы и напрямую подключен к PLC (программируемому логическому контроллеру). Именно этот соленоидный клапан регулирует, какой клапан открывается для направления воздушного потока в сторону зажима робота или стопора цилиндра.

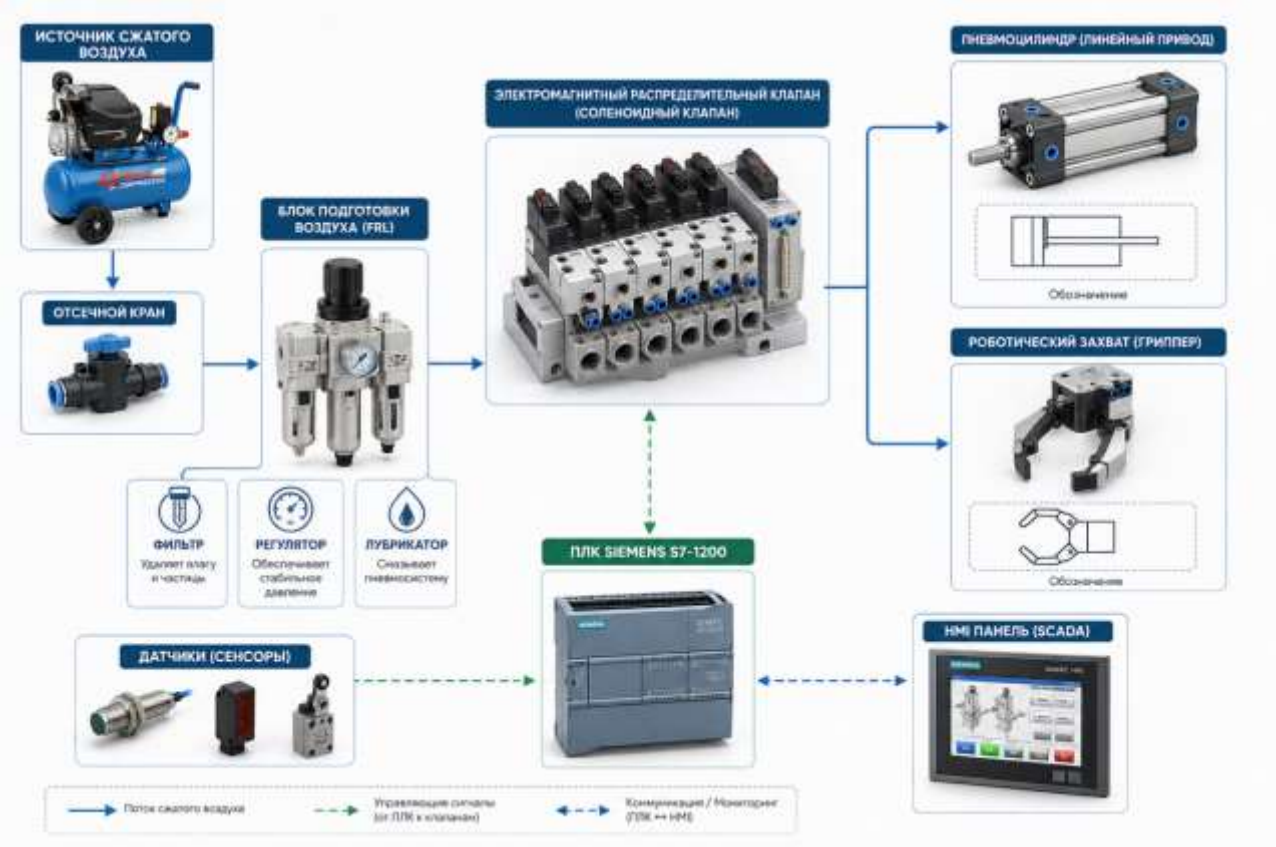


Рисунок 2. Пневматическая система

Процесс проектирования программного обеспечения — это процесс создания системных программ. При создании программы используется программное обеспечение e!cockpit. Цель построения блок-диаграмм — помочь создать полную систему. Потоковые диаграммы используются не только для облегчения программирования, но и для отслеживания ошибок, возникающих во время программирования. Общую диаграмму потока можно увидеть на рисунке 3.

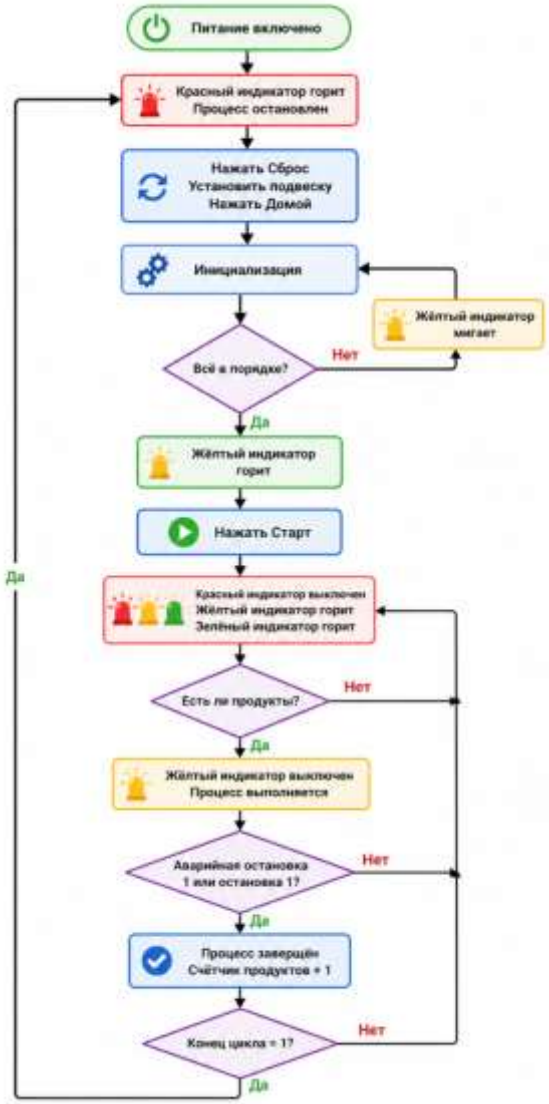


Рисунок 3. Блок-схема.

Для запуска системы нажмите кнопку "Power," и загорится красный индикатор, сигнализирующий об активации системы. После этого настраивается система: сначала нажимается кнопка "Переустановка" (Reset), затем настраивается пульт, а затем нажимается кнопка "Главная" (Home). Если система готова к работе, то горит желтый индикатор, а если система неисправна, то мигает желтый индикатор. После того как система будет готова к работе, нажмите кнопку "Start" на мгновение. Тогда конвейер приходит в движение, красный свет гаснет, а зеленый загорается. Когда прибывает сырье, принесенное паллетой, цилиндр стопора останавливает паллету и выключается желтая лампочка. После определения сырья с помощью инфракрасного датчика робот берет его и приступает к работе. После завершения процесса сборки робот помещает готовый продукт на паллету. Затем тормозной

цилиндр опускается вниз, и паллетка удаляется от станции робота. Система автоматически остановится, когда количество готовой продукции достигнет количества, которое мы зафиксировали в программе. Если во время процесса возникнет экстренная ситуация, нажмите кнопку аварийной остановки. Тогда система перестанет работать.

Общий электромонтаж: На рис. 4 показана схема электромонтажа оборудования, использованного в исследовании. Он состоит из кабелей ПЛК, подключенных к 4 входным модулям, кабелей ПЛК, подключенных к 6 выходным модулям, кабелей электропитания, кабелей пневматической системы и светодиодных индикаторных кабелей на каждом входном и выходном модуле. А теперь проведем тест на робот-руку. Испытание делится на 2 части, то есть проверка скорости вращения каждого соединения и проверка времени сборки.

Испытание скорости вращения сустава: скорость движения мотора в манипуляторе робота можно увидеть на экране подвесного пульта.

Таблица 1. Проверка скорости вращения каждого соединения

Скорость показана на HMI	Время (с)					
	Ось 1	Ось 2	Ось 3	Ось 4	Ось 5	Ось 6
25%	5.56	5.18	2.81	4.79	3.75	6.27
50%	4.22	3.88	2.11	3.59	2.81	4.30
60%	3.68	3.36	1.83	3.11	2.43	3.51
75%	2.88	2.58	1.41	2.39	1.87	2.33
90%	2.42	2.20	1.20	2.04	1.59	2.22
100%	2.11	1.94	1.06	1.80	1.41	2.15

В таблице 1 показано, что вращение каждого звена отличается друг от друга. Диапазон вращения каждого звена от минимальной до максимальной точки варьируется, даже при одинаковой типовой скорости вращения. Существует также разница в скорости: примерная скорость 100% движется в два раза быстрее, чем 50%.

Испытание скорости сборки робота: Данное испытание демонстрирует скорость и точность процесса сборки при различных скоростях в соответствии с показателем HMI.

Таблица 2. Испытание работы робота в процессе сборки

Скорость показана на HMI	Время сборки (с)				
	1 pcs	3 pcs		10 pcs	
	Реальный	Теория	Реальный	Теория	Реальный
25%	110	330	340	1100	1123
50%	90	270	279	900	920
60%	82	246	254	820	839
75%	70	210	218	700	717
90%	61	183	191	610	628
100%	55	165	173	550	566

Процесс сборки здесь начинается с приемки сырья, затем получают и проверяют краски и материалы. После этого продукт размещается на сборочной площадке, и механическая рука снимает крышку, прикрепленную к сырью, и кладет ее на него. Затем механическая рука снимает болт и устанавливает его на верхнюю часть. После завершения процесса сборки готовая продукция возвращается на паллет на конвейере, тем самым завершая процесс сборки. В таблице 2 показана разница между теоретической и фактической ситуацией. Из-за разницы во времени прибытия сырья, доставляемого по конвейерам, фактическая скорость отстает от теоретической на несколько секунд.

Как следует из названия работы, данное устройство основано на системе SCADA. Это означает, что для запуска устройства или наблюдения за его работой не требуется прямой контакт, процесс можно выполнять удаленно через систему SCADA. Система SCADA на данном устройстве представлена через меню визуализации программного обеспечения e!cockpit.



Рисунок 4. Веб-визуальный дисплей.

На дисплее системы SCADA, показанном на рисунке 4 выше, в соответствии с ее назначением, то есть для контроллеров и мониторов, есть некоторые кнопки, запускающие систему, и индикаторы, показывающие процесс работы системы. В разделе индикатора "Количество готовых изделий" количество изделий, которое необходимо произвести, можно настроить с помощью программы, и после того, как робот соберет изделие, этот показатель увеличится. Когда количество произведенной/собранной продукции достигнет заранее заданного количества, устройство автоматически прекратит работу.

Заключение. В ходе проведённого исследования была разработана и исследована роботизированная система с 6 степенями свободы на базе SCADA и PLC-контроллера. Полученные результаты показали, что внедрение робот-манипулятора в модульную производственную систему позволяет значительно повысить эффективность, точность и стабильность производственных процессов. Экспериментальные данные подтвердили, что скорость выполнения операций напрямую влияет на производительность: при увеличении скорости сокращается время цикла, однако наблюдается незначительное отклонение между теоретическими и фактическими значениями, обусловленное внешними факторами, такими как подача сырья. Также установлено, что система обеспечивает высокий уровень безопасности за счёт автоматической остановки при возникновении препятствий или перегрузок. Использование PLC, SCADA и HMI позволило реализовать удобное управление и мониторинг системы в реальном времени,

включая возможность удалённого контроля. Применение пневматической системы обеспечило экономичность, надёжность и безопасность эксплуатации.

В целом, разработанная система демонстрирует высокую эффективность и перспективность применения 6-осевых роботизированных манипуляторов в автоматизации производственных процессов. Результаты исследования могут быть использованы для дальнейшего совершенствования робототехнических систем и их внедрения в современные промышленные предприятия.

Список литературы:

1. Х.Н.Юсупов Программное обеспечение для инженерных расчетов," Учебник, Ideal press-2024.
2. See Robotics Industries Association RIA): https://www.automate.org/robotics
3. Юлдашев З.Х. Промышленные роботы и манипуляторы. Ташкент: Учитель, 2018.
4. Dobot Robotics. Техническое описание и руководство по программированию робота Dobot CR5.
5. Х.Н.Юсупов и Ш.С.Жураев "Удаленное управление и мониторинг Dobot CR5 в результате дистанционной передачи координат", Научный журнал строительство и образование 2026.
6. Промышленные роботы и манипуляторы. Ташкент: Издательство ТГТУ, 2018.
7. Springer Handbook of Robotics — Springer, 2016.
8. Источники по кинематическому моделированию робота на основе параметров Денавит-Хартенберга.