

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ИЗДЕЛИЙ ПРОИЗВОДСТВА

¹*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

²*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск*

Рассматривается микропроцессорное управление многозвенным роботом-манипулятором, обеспечивающим транспортировку изделий производства в соответствии с заданным технологическим процессом. Излагается методика разработки прикладного программного обеспечения функционирования многоприводной мехатронной системы под управлением промышленного микроконтроллера фирмы OMRON. Электромеханическая конструкция манипулятора позволяет обеспечить высокоточное позиционирование рабочего органа. Представлен внешний вид разработанного робота - манипулятора и его применение в технологическом процессе быстрой термической обработки кремниевых пластин в электронной отрасли промышленности. Разработанная мехатронная система робота- манипулятора может быть технологически ориентирована на решение других задач промышленного производства.

Ключевые слова: мехатронная система, робот-манипулятор, прикладная программа, технологический процесс, программируемый логический контроллер, программируемый терминал, микроконтроллер, электропривод.

Одним из главных направлений, определяющих научно-технический уровень развития современного производства, является комплексная автоматизация технологических процессов с применением высокотехнологичного и производительного оборудования с требуемым уровнем загрузки, скоростной транспортировки и синхронизации подачи изготавливаемых изделий к рабочим позициям во времени последовательно, параллельно или параллельно-последовательно в соответствии с заданным технологическим циклом. На разных стадиях этого цикла требуется использование роботизированных систем транспортировки производственных объектов. Основным критерием таких систем является точность позиционирования и соблюдение ограничений на перемещение, так как операция может выполняться в ограниченной области пространства.

Целью данной статьи является автоматизация проектирования мехатронной системы робота-манипулятора типа Scara под управлением промышленного программируемого логического контроллера OMRON для транспортировки изделий производства.

Для реализации поставленных задач была выбрана конструкция манипулятора, представленная на рис.1.

Данная конструкция разработана республиканским унитарным предприятием «Политехник» и представляет собой двухзвенный механизм с разомкнутой кинематической цепью, оснащенный тремя сервоприводами и рабочим органом – схватом (на рисунке не показан). С помощью сервопривода, расположенного в основании, осуществляется вертикальное перемещение рабочего органа. Два других сервопривода изменяют угловые положения звеньев и, тем самым, обеспечивают позиционирование рабочего органа в горизонтальной плоскости. Поворот кисти механически синхронизирован с поворотом предплечья. Для захвата и выгрузки объектов предусмотрен переворот схвата на 180 градусов.

Приведенная конструкция манипуляционного механизма позволяет автоматизировать доставку заготовок, деталей, других объектов к обрабатывающим узлам

(постам), расположенным в его рабочей зоне. Рабочая зона – это пространственная область, ограниченная рабочим ходом в вертикальном и длинами звеньев манипулятора в горизонтальном направлениях. Кроме этого, на рабочую зону также влияют кабелеукладчики.

Работа робота-манипулятора осуществляется в соответствии с траекторией движения, определяемой технологическим процессом, и задается множеством пронумерованных точек (номеров производственных обрабатывающих постов), например, как показано на рис.2. На этом рисунке приведены два основных положения звеньев манипулятора, обеспечивающих изменение положения рабочего органа - одно для совершения поворота, второе - для линейного позиционирования в заданную точку. Производственные обрабатывающие посты отмечены на рисунке жирными кружочками большего радиуса.

Алгоритм работы робота-манипулятора приведен в [1].



Рис. 1. Конструкция манипуляционного механизма

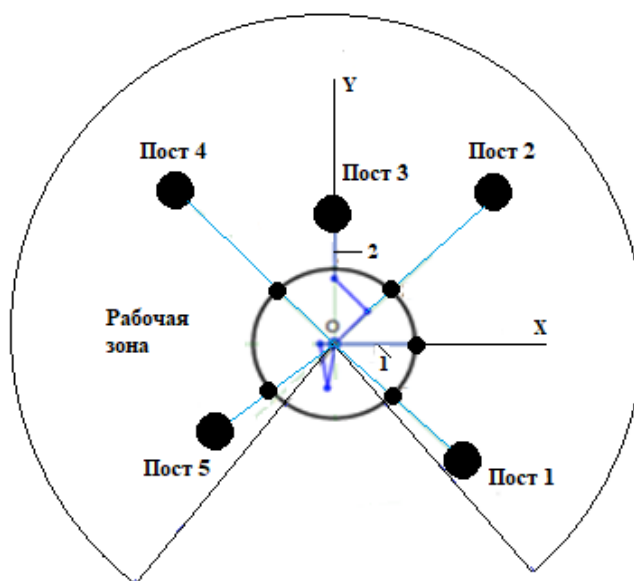


Рис. 2. Множество точек для задания траектории движения рабочего органа робота (1-положение робота при повороте, 2-положение робота при линейном движении вдоль радиуса)

Для автоматизации управления перемещением объектов производства по описанному выше технологическому маршруту использован программируемый

логический контроллер (микроконтроллер) фирмы OMRON, широко применяемый в настоящее время при решении различных задач в промышленности.

Информационная система организации взаимодействия микроконтроллера с роботом-манипулятором, с интегральной средой создания управляющей программы и с программируемым терминалом, используемым для ручного управления манипулятором [2], приведена на рис.3.

На этом рисунке мехатронная система робота-манипулятора представлена двумя блоками (на рисунке справа) – непосредственно микроконтроллером и электромеханической составляющей самого манипулятора. Функционирование мехатронной системы по выполнению последовательных действий, определяемых технологическим процессом, предполагает создание прикладной программы, состоящей из двух уровней – верхнего и нижнего.

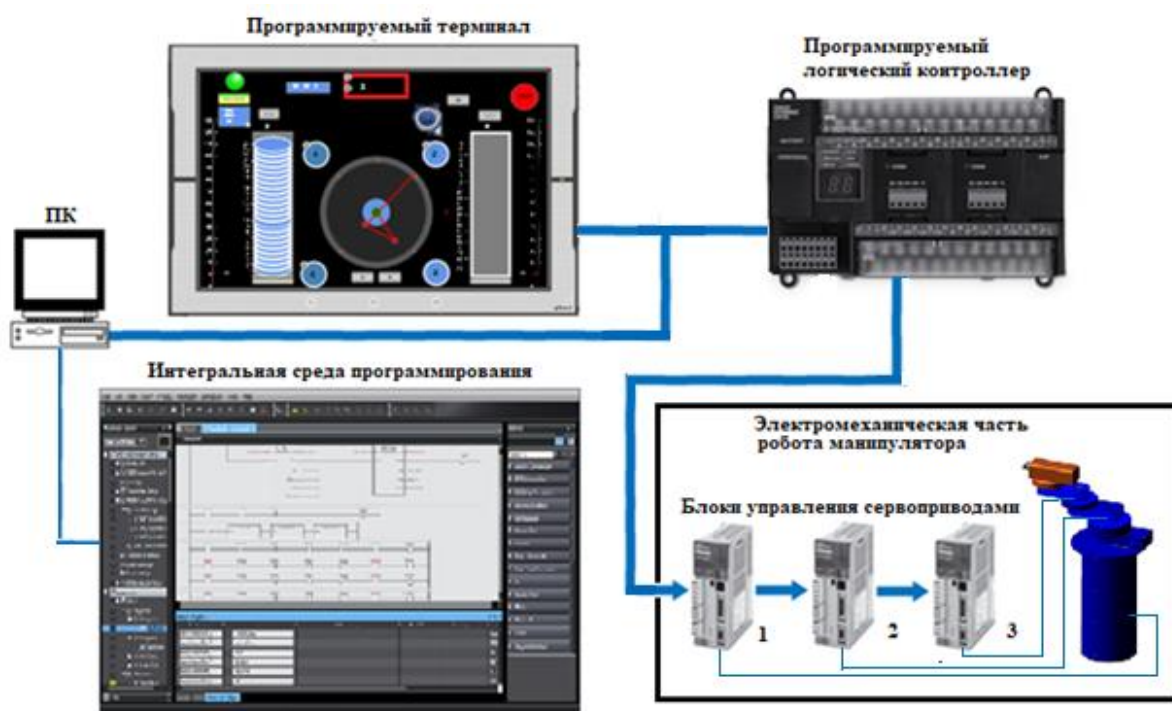


Рис. 3. Информационные связи мехатронной системы робота-манипулятора и среда разработки программного обеспечения

Верхний – технологический, являющийся внешним уровнем относительно электропривода, и нижний – внутренний, непосредственно управляет электроприводом. На верхнем уровне программа должна обеспечить формирование технологического задания по управлению рабочим органом робота-манипулятора в соответствии с заданным технологическим маршрутом (рис.2).

Задачей нижнего уровня является формирование статических, динамических характеристик непосредственно электропривода (двигатель, механическая передача, рабочий орган). В этом случае рабочий орган, физически принадлежащий манипулятору, рассматривается как составная часть электропривода, т.е., программа второго уровня содержит свои связи, в том числе, и обратные, и описывает поведение электропривода под воздействием входных сигналов от системы управления первого уровня. Оценить качество электропривода невозможно без совместного статического и динамического взаимодействия составных частей данной системы. В такой постановке, электропривод является объектом исследования и проектирования.

Для программирования микроконтроллеров OMRON с учетом двухуровневой структуры управляющей прикладной программы используется интегральная среда Sysmac

Automation Studio, поддерживающая язык релейно-контактной логики, алгоритмический язык в виде структурированного текста, функций и функциональных блоков. Кроме этого, она имеет развитые возможности редактирования и отладки программ, программирование переносного терминала для ручного управления технологическим процессом, средства формирования структурной схемы на базе различных устройств (двигателей, датчиков и т.д.), поддержку программирования с использованием эмуляторов, расширенную библиотеку стандартных функций и функциональных блоков, трансляцию исходного кода в исполняемый и «прошивку» его в микроконтроллер.

Используя описанные выше возможности интегральной среды программирования, была разработана прикладная программа микроконтроллерного управления роботом-манипулятором, структурная схема которой приведена на рис.4.



Рис. 4. Структурная схема управляющей программы

Управляющая программа обеспечивает связь отдельных модулей и координирует их работу. *Модуль управления роботом* организует перемещения рабочего органа робота вдоль осей X, Y, Z. *Модуль задания координат* позиционных точек представлен в виде пользовательской функции формирования массива, содержащего декартовы координаты характерных точек, описывающих позиции расположения постом, обслуживаемых роботом. *Модуль описания команд* содержит набор команд для позиционирования рабочего органа робота в требуемые точки декартового пространства, заданные в модуле координат. *Модуль управления приводами* содержит стандартные блоки библиотеки OMRON и непосредственно связан с сервоприводами, изменяющими физическое положение звеньев робота. *База данных* представляет собой список переменных, массивов и структур для хранения геометрических параметров, параметров движения, свойств команд и другой информации. *Функции внешнего управления* позволяют установить автоматический или пошаговый режим выполнения команд, действий по контролю точности позиционирования и др.

Следует отметить, что несмотря на достаточно высокие возможности интегрированной среды программирования, разработка прикладной программы обслуживания технологического оборудования роботизированными устройствами занимает значительное время в общем процессе создания автоматизированной системы. Это обусловлено необходимостью постоянной связи с реальным физическим контроллером и роботом-манипулятором для непосредственного тестирования отлаживаемого программного обеспечения в реальном режиме времени. Как правило, на начальных стадиях создания автоматизированной системы есть только проект, а оборудование появляется в процессе работы.

Чтобы сократить время разработки программной поддержки микропроцессорного управления роботом-манипулятором, в настоящей работе была реализована упрощенная

2D модель манипулятора с визуализацией текущего геометрического расположения его звеньев при выполнении технологических операций по транспортировке объектов производства в соответствии с рис.2. Отображение модели производится на экране программируемого терминала (рис.3) и совмещено с интерфейсной частью управления работой робота в общем технологическом цикле. В дальнейшем, на стадии эксплуатации модель копирует движения реального робота и служит источником информации для управления и его состояния.

В этом случае, процесс отладки программы для микроконтроллера не связан с физическим наличием микроконтроллера и терминала, так как интегрированная среда программирования позволяет запустить обе программы (для микроконтроллера и терминала) синхронизировано в режиме эмуляции.

Эмулятор контроллера достаточно полно воспроизводит выполнение основных команд программы, связанных с обработкой временных состояний работы электрических приводов, таймеров, линий задержек и других используемых элементов. В связке с визуализацией поведения виртуального робота-манипулятора на экране эмулятора терминала эффективность отладки и тестирования программного обеспечения значительно повышается. Кроме этого, исключается возможность механического повреждения манипулятора и опасность травмирования людей при тестировании программного обеспечения и отработке алгоритмов управления и позиционирования рабочего органа.

Для программирования анимационной модели манипулятора на панели терминала интегрированная среда предоставляет минимальный набор простейших геометрических фигур и язык программирования Visual Basic. С помощью этих средств имеется возможность реализовать простейшую графическую поддержку модели робота-манипулятора. Для создания 3D модели [3] требуются дополнительные библиотеки.

Изложенное выше было реализовано при разработке программного обеспечения автоматизации транспортных операций мехатронной системой на базе двухзвенного робота-манипулятора при организации технологического процесса быстрой термической обработки кремниевых пластин [4] от участка загрузки (подающей кассеты) к пункту геометрической ориентации, далее к реактору, в котором производится непосредственно операция отжига. После этого робот доставляет пластину к месту охлаждения и далее в конечную точку технологического процесса (приемную кассету). Кроме указанных операций, программа микроконтроллера выполняет действия, связанные с картированием подающей и приемной кассет с целью их наличия/отсутствия или правильного расположения с помощью встроенного лазерного датчика, а также базированием, обеспечивающих контроль текущих параметров, заданным при настройке робота [5].

Управление роботом-манипулятором (рис.3), расположение постов обработки пластин, положение звеньев и рабочего органа в каждый момент времени осуществляются графической моделью и интерфейсными элементами терминала в режиме реального времени.

Программное обеспечение поддерживает два режима организации технологического процесса: последовательный (рассмотрен выше) и произвольный (параллельный). Режим параллельной обработки требует установки на постах датчиков, сигнализирующих об окончании выполненных операций на соответствующих постах и наличии других дополнительных условий о возможности принятия пластины следующим постом.

Внешний вид установки, обслуживаемой мехатронной системой с манипуляционным механизмом, показан на рис.5.

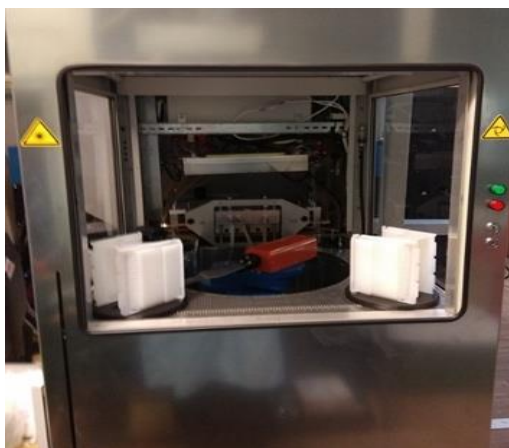


Рис. 5. Роботизированная установка быстрой термической обработки кремниевых пластин

Выводы

1. Разработано программное обеспечение высокоточного позиционирования робота-манипулятора на базе двухзвенного механизма под управлением промышленного программируемого логического контроллера OMRON.
2. Предложена методика разработки программы микроконтроллерного управления роботизированным устройством, позволяющая сократить временные затраты при создании автоматизированных систем.
3. Разработана мехатронная система робота-манипулятора для обслуживания процесса быстрой термической обработки кремниевых пластин, которая может быть технологически ориентирована на решение других задач промышленного производства.

Библиографический список

1. Гурский Н.Н. Математические и компьютерные модели мехатронных систем аддитивного производства // Математические методы в технике и технологиях. Сборник трудов международной научной конференции. Том 12. Часть 1. – Санкт-Петербург, 2017. – С. 151-156.
2. Зенкевич С. Л. Основы управления манипуляционными роботами / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко // М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 480 с.
2. Гурский Н.Н. Управление мехатронной системой на базе многосвязных роботов манипуляторов / Н.Н. Гурский, Ю.А. Скудняков, В.С. Артющик, А.Н. Безручко // Наука и техника. Международный научно-технический журнал. Том 18, № 4. – Минск, 2019. – С. 350 - 354.
3. Солодуха В.А. Роботизированная установка быстрой термической обработки для создания изделий электронной техники / В.А. Солодуха, В.А. Пилипенко, В.П. Яковлев // Доклады БГУИР. №4 (122). – Минск, 2019. – С. 92-97.
4. Гурский Н.Н. Автоматизация транспортировки объектов производства роботоманипулятором и диагностика его настроек / Н.Н. Гурский, В.С. Артющик // Математические методы в технике и технологиях. Сборник трудов международной научной конференции. Том 12. Часть 3. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 16 -19.

N.N. Hurski¹, Y.A. Skudnyakov²

ROBOTIC TRANSPORTATION SYSTEM PRODUCTS OF PRODUCTION

¹Belarusian national technical University

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Microprocessor-based control of a multi-link robot by a manipulator is considered, which ensures the transportation of production products in accordance with a given technological process. The article describes a method of developing applied software for the functioning of a multidrive mechatronic system under the control of an industrial microcontroller from OMRON. The electromechanical design of the manipulator allows for high-precision positioning of the working body. The appearance of the developed robot manipulator and its application in the technological process of fast heat treatment of silicon wafers in the electronics industry are presented. The developed mechatronic system of the robotic arm can be technologically oriented towards solving other problems of industrial production.

Keywords: robotic system, 3d objects, the positioning mechanisms, differential equations, electric drive, an additive process.