Практические аспекты применения программно-реализованного контроллера для управления электроавтоматикой вертикально-фрезерных станков Quaser MV184

Р.А. Нежметдинов, П.А. Никишечкин, Р.Л. Пушков, С.В. Евстафиева (МГТУ «СТАНКИН»)

Рассмотрена кинематическая схема вертикально-фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV184P. Представлена сетевая архитектура системы управления, разработанная для управления данной кинематической схемой. Описаны алгоритмы управления основными узлами фрезерного центра с помощью электроавтоматики[1].

Ключевые слова: фрезерный обрабатывающий центр, система ЧПУ, сетевая архитектура, SoftPLC, EtherCAT, М-функции.

Введение

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ являются наиболее распространенным фрезерным оборудованием, используемым на современных машиностроительных предприятиях. За счет сочетания таких производственно-экономических характеристик, как: надежность, универсальность, невысокая стоимость, простота и гибкость в управлении обрабатывающие центры применяются для решения широкого круга задач. Помимо этого, вертикально фрезерные обрабатывающие центры легко интегрируются в производственные линии и системы.

В связи с острой необходимостью в станках и малой номенклатурой производимого в РФ оборудования многие предприятия закупали станки зарубежного производства. В связи с политикой импортозамещения ОАО «Ковровский электромеханический завод» (ОАО «КЭМЗ») приобрел лицензию на сборку обрабатывающих центров Quaser MV184P тайваньского производства. Приобретенная лицензия не распространяется на высокотехнологичные узлы, к которым относится система ЧПУ и электроавтоматика.

В рамках совместных опытно конструкторских работ ОАО «КЭМЗ» и МГТУ «СТАНКИН» была разработана специализированная система ЧПУ вертикально-фрезерным обрабатывающим центром Quaser MV 184P с применением базовой вычислительной платформы «АксиОМА Контрол» [1].

Требования к системе управления, предъявляемые объектом управления

Кинематическая схема вертикально-фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV 184P предполагает наличие вертикально расположенного шпинделя при горизонтальном расположении рабочего стола (рис. 1).

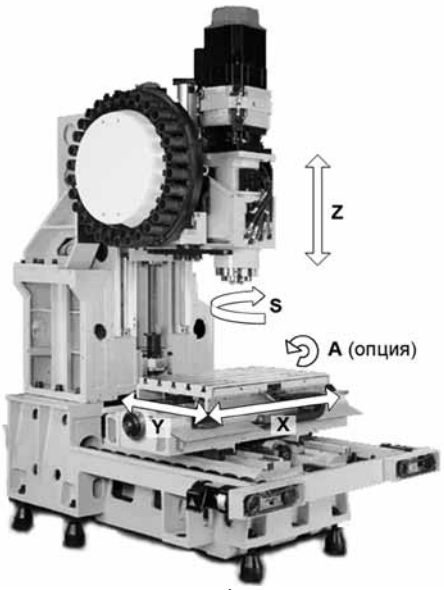

Рис. 1. Вертикально-фрезерный многоцелевой обрабатывающий центр Quaser MV 184P

Перемещения по осям X и Y, осуществляются за счет перемещения рабочего стола с установленной оснасткой по направляющим станины. Перемещение шпиндельной бабки вдоль вертикальной оси реализует движения по оси Z.

Вертикально-фрезерный обрабатывающий центр содержит большое число технологических узлов, при управлении которыми были использованы следующие типы пассивных электронных модулей ввода/вывода данных: 76 дискретных входа (два 32-х канальных модуля и один 16 канальный модуль), 67 дискретных выходов (два 32-х и один 16-ти канальный модуль), 38 релейных выхода (пять 8-ми канальных модуля), два модуля интерфейса инкрементального энкодера для подключения линейных датчиков.

Исходя из предъявляемых требований, была разработана сетевая архитектура системы ЧПУ [2, 3]. В состав системы ЧПУ входят: машина реального времени (функционирующая в ОС Linux) с ядром системы управления и интегрированным в нее программно-реализованным контроллером электроавтоматики типа Soft PLC; терминал оператора (состоящий из панели оператора на платформе.NET и стандартной станочной панели), подключенный к ядру по протоколу TCP/IP; модули расширения входов/выходов для подключения электроавтоматики и линейных измерительных устройств (баскаплеры); приводы главного движения и подач; частотный преобразователь шпинделя. Сбор и обмен данными в сети между вычислительными устройствами осуществляется на базе открытого высокоскоростного протокола EtherCAT, а шпиндельный узел управляется по протоколу SERCOS. Контроллеры приводов и пассивные модули ввода/вывода объединены в единое EtherCAT кольцо [2, 3].

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Таблица 1. Систематизация вспомогательных М-функций

М-функция	Предназначение
М3, М4, М5, М13, М14, М19	Функции запуска шпинделя по/против часовой стрелки, с включением СОЖ и без нее
М7	Подача стандартной СОЖ *(Включение режима 1 охлаждения.) помпа В*
М8	Подача СОЖ через шпиндель *(Включение режима 2 охлаждения) (помпа С)*
М9	Прекращение подачи всех видов СО. Выключает М7, М8, М10
М10	Подача промывочной СОЖ (*помпа А)*
М708	М7+М8
М709	М7 +М10
М710	М8+М10
М711	М7+М8+М10
М16/ М17	Включение/отключение подачи воздуха через шпиндель (опция)
М21/М22	Фиксация/Освобождение инструмента на шпинделе
М25/М26	Поворот руки на позицию 0/60 гр
М27	Поворот руки с позиции 0 на позицию 180 гр (по часовой стрелке)
М28	Поворот руки с позиции 180 на позицию 0 градусов (против часовой стрелки)
М56/ М57	Включение/Отключение обдувки заготовки

Таблица 2. Реализация программируемых клавиш системы ЧПУ

№ М-клавиши	Назначение
1	Подача промывочной охлаждающей жидкости (помпа А).
2	Подача стандартной охлаждающей жидкости – 1 режим охлаждения (помпа В).
3	Подача охлаждающей жидкости через шпиндель – 2 режим охлаждения (помпа С).
4	Включение шнеков удаления стружки.
5	Управление освещением рабочей зоны.
6	Включение обдува заготовки.
7	Управление разблокировкой дверей.
8	Включение реверса шнеков сбора стружки.

Управление основными узлами фрезерного центра с помощью электроавтоматики

Встроенный в систему ЧПУ SoftPLC реализует следующий функционал: управление цепями и источниками питания, обработка вспомогательных М-функций и машинных клавиш (М-клавиш), подача смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), автоматическая смазка направляющих и шпиндельного узла, управление механизмами удаления стружки, управление защитными ограждениями, автоматическая смена инструмента [4].

Для каждого из выделенных узлов в среде разработки программ электроавтоматики Soft PLC на языке функциональных блоков были разработаны специализированные пользовательские блоки — библиотеки [5].

Базовый блок управления работой станка — блок управления цепями и источниками питания. Основная задача блока — контроль за работой электротехнических элементов станка, управление подачей силового и низковольтного питания и обработка сигналов с клавиш и кнопок панели оператора. В блоке PowerControl производится обработка сигналов от элементов управления и считывание сигналов об аварийных ситуациях. На выходы блока выдаются номера предупреждений и ошибок, передаваемые в систему ЧПУ для отображения их оператору, а также сигналы на запрет/разрешение работы канала системы ЧПУ. Управление технологическим оборудованием предполагает реализацию целого ряда вспомогательных М-команд (табл. 1). Используя перечисленные М-функции можно в автоматическом режиме производить пуск/останов узлов электроавтоматики в управляющей программе [6].

Вертикальная панель клавиш системы ЧПУ (М-клавиши) является свободно программируемой и предназначена для ручного запуска узлов электроавтоматики оператором. Для управления обрабатывающим центром был реализован набор М-клавиш, представленных в табл. 2 [7].

Для обеспечения смазочных функций, охлаждения заготовки и режущего инструмента во фрезерном центре предусмотрена возможность подачи трех видов СОЖ: стандартная, промывочная, и подаваемая через шпиндель, для чего были созданы пользовательские библиотеки CoolantSpindle и PompAB. Промывочная СОЖ подается через специальные сопла, установленные на шпинделе и направленные в зону резания. Стандартная СОЖ подается через дополнительное сопло, которое оператор может направлять в различные зоны по своему усмотрению. СОЖ через шпиндель предназначена для использования со специальными инструментами, имеющими сквозное отверстие, проходящее вдоль всего инструмента. Для подачи каждого вида СОЖ имеется независимая помпа, осуществляющая накачку охлаждающей жидкости из общего бака.

Подача смазки на направляющие осей станка производится непрерывно, после получения сигнала о готовности к работе. Подача смазки в шпиндель производится при получении сигнала от интерфейса ЧПУ-ПЛК о выходе шпинделя в рабочее состояние [8].

Механизм удаления стружки в фрезерном центре Quaser MV 184P включает два основных компонента, управляемых с помощью электроавтоматики: шнеки удаления стружки и конвейер стружки. Шнеки необходимы для отвода стружки непосредственно из зоны резания, конвейер для отвода стружки от станка в резервуар. Шнеки удаления стружки мо-

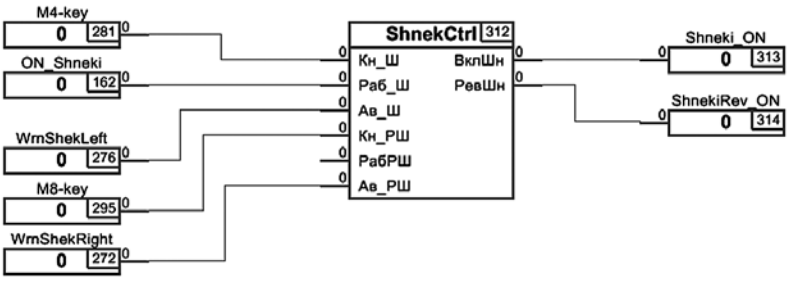

Рис. 2. Программа управления шнеками стружки

гут быть включены как автоматически в управляющей программе ЧПУ, так и вручную, с помощью М-клавиши (рис. 2).

Для предотвращения засоров каналов отвода стружки, имеется возможность запустить реверс шнеков. Во время работы шнеков производится контроль за корректной работой электродвигателей, осуществляющих вращение. Конвейер стружки запускается вместе со шнеками удаления стружки.

Управление защитными ограждениями включает контроль открытия и управление электромагнитными замками двух основных дверей станка: фронтальной двери (закрывает зону обработки) и двери доступа к инструментальному барабану. Для реализации логики управления ограждениями был разработан пользовательский блок DoorsControl.

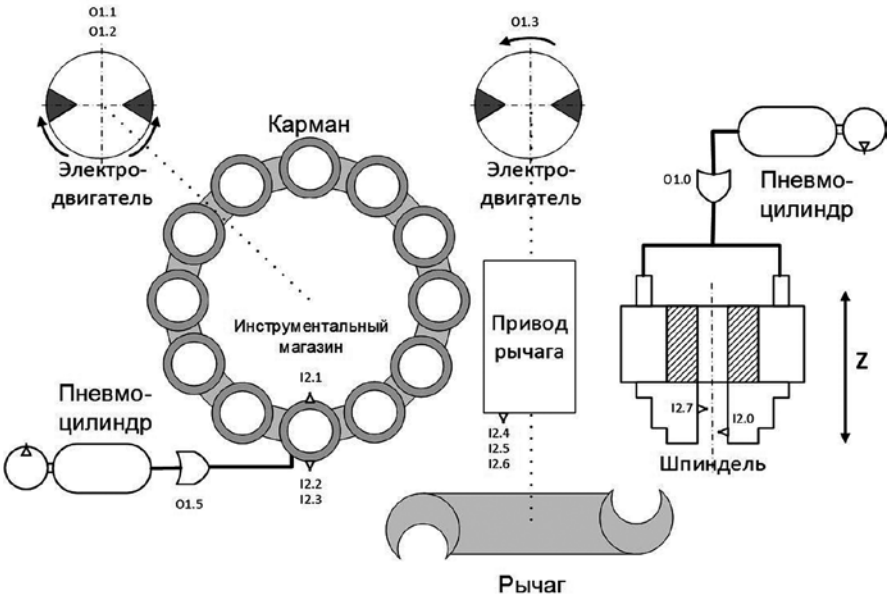

Рис. 3. Схема механизма автоматической смены инструмента

В соответствии с техникой безопасности разблокировка дверей возможна в двух ситуациях: при ручной смене инструмента (вызове команды M66) или в режиме ручного управления (Jog) при остановленном шпинделе. Разблокировка дверей производится по М-клавише. Важным условием является запрет работы при переходе в другие режимы до закрытия обоих дверей.

Управление механизмом смены инструмента

Управление механизмом автоматической смены инструмента является наиболее сложным логическим блоком из всех органов управления фрезерного центра. Смена инструмента осуществляется при помощи механизма автоматической смены (рис. 3) [9, 10].

Механизм состоит из следующих элементов.

• *Инструментальный магазин* — барабан с 32 инструментальными карманами. Смена инструмента происходит между патроном шпинделя и нижним карманом барабана. Вращение барабана осуществляется при помощи электродвигателя, управляемого сигналами O1.1 (вращение по часовой стрелке) и O1.2 (вращение против часовой стрелки). Выход нужного кармана в нижнее положение для смены инструмента контролируется датчиком I2.1. Опускание и подъем кармана осуществляется пневмоцилиндром. Если установлен сигнал O1.5, происходит опускание кармана; при снятии сигнала карман поднимается. Положение кармана контролируется датчиком (сигнал I2.2 — карман опущен, I2.3 — карман поднят).

• *Рычаг смены инструмента* — осуществляет захват инструмента в патроне шпинделя и стакане барабана и меняет их местами. Управление рычагом осуществляется подачей сигнала O1.3 на привод электродвигателя рычага. Механический привод рычага обеспечивает следующий цикл движения: выход в положение «90 гр.» для захвата инструмента (сигналом I2.4), выдвижение рычага с разворотом на 180 гр. и его убиранием для перестановки инструментов местами (сигналом I2.5), поворот в исходное положение (сигналом I2.6).

• *Патрон шпинделя* — зажимает инструмент. Разжим патрона осуществляется подачей сигнала O0.1 на пневмоцилиндр. Инструмент может быть вставлен в патрон только при определенном угле поворота шпинделя. Сигнал датчика I2.0 контролирует поворот патрона в позицию смены инструмента, сигнал I2.7 показывает, что патрон разжат.

Выводы

Мультипротокольное решение, заложенное в базовую платформу «АксиОМА Контрол» обеспечило возможность интеграции разнородных комплектующих в рамках единой системы управления. Такой подход позволил решить задачу логического управления электроавтоматикой обрабатывающего центра Quaser 184P без замены электрических комплектующих установленных непосредственно на станке.

Список литературы

1. *Мартинов Г.М., Мартинова Л.И.* Формирование базовой вычислительной платформы ЧПУ для построения специализированных систем управления // Вестник МГТУ "Станкин". 2014. №1(24). с. 92-97.
2. *Martinov G. M., Nezhmetdinov R.A.* Modular design of specialized numerical control systems for inclined machining centers // Russian Engineering Research. May 2015, Vol. 35, Issue 5, pp. 389-393.
3. *Евстафиева С.В., Лукьянов А.В., Мартинова Л.И., Пушков Р.Л.* Разработка аппаратных компонентов системы ЧПУ с использованием современных САПР // Автоматизация в промышленности. 2014. №9. с.35-39.

4. *Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л., Евстафиева С.В., Мартинова Л.И.* Построение специализированной системы ЧПУ для многокоординатных токарно-фрезерных обрабатывающих центров // Автоматизация в промышленности. 2014. №6. с.25-28.
5. *Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Емельянов А.С.* Принципы построения кроссплатформенного программно реализованного контроллера электроавтоматики систем ЧПУ высокотехнологичными производственными комплексами // Вестник МГТУ "Станкин". 2013. № 1 (24). С. 42-51.
6. *Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Никишечкин П.А.* Специфика построения редактора управляющих программ электроавтоматики стандарта МЭК 61131 // Вестник МГТУ Станкин. 2014. № 4 (31). С. 127-132.
7. *Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Никишечкин П.А.* Разработка средств визуализации и отладки управляющих программ для электроавтоматики, интегрированных в систему ЧПУ // Вестник МГТУ Станкин. 2012. № 4 (23). С. 134-138.
8. *Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Соколов С.В.* Способ построения инструментария систем мониторинга и настройки параметров мехатронного технологического оборудования на основе специализированных программных средств // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. № 7. С. 45-50.
9. *Григорьев А.С.* Инструментарий системы ЧПУ для диагностики и прогнозирования износа режущего инструмента в РВ при токарной обработке // Вестник МГТУ "Станкин". 2012. №1. С. 74-79.
10. *Никишечкин П.А.* Практические аспекты разработки модуля диагностики и контроля режущего инструмента в системе ЧПУ // Вестник МГТУ "Станкин". 2012. №4(23). с. 93-97.

***Нежметдинов Рамиль Амирович** – канд. техн. наук, доцент,*
***Никишечкин Петр Анатольевич** – преподаватель, канд. техн. наук,*
***Пушков Роман Львович** – ст. преподаватель,*
***Евстафиева Светлана Владимировна** – ст. преподаватель ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН».*
Контактный телефон (499) 972-9440
E-mail: neramil@ncsystems.ru

Программная коррекция объемных геометрических погрешностей многокоординатных систем на основе лазерных интерференционных измерений

В.И. Телешевский, В.А. Соколов (МГТУ «СТАНКИН»)

Рассмотрен метод коррекции геометрических погрешностей многокоординатного оборудования (станков, КИМ и приборов) с программным управлением с применением Калмановской концепции «Наблюдения и управления». Для наблюдения за многокоординатной системой используется многофункциональная лазерная информационно-измерительная система (ЛИИС), способная измерить разнообразные пространственные функции машины. На основе измерения определенного числа пространственных функций выстраивается карта систематических погрешностей в рабочем пространстве машины (> 10000 точек за 40 с). Предложен новый метод формирования стратегии коррекции по распределению погрешностей в рабочем пространстве машины и на его основе разрабатывается постпроцессор управляющих программ, обеспечивающий минимальные объемные погрешности во всем рабочем пространстве. Приводятся экспериментальные результаты на примере коррекции объемной точности трехкоординатных станков с ЧПУ высоких классов точности.

Ключевые слова: многокоординатные системы, объемная точность, наблюдение, управление, лазерные измерения.

Многокоординатные системы с программно-управляемым перемещением узлов и механизмов лежат в основе современного машиностроения. К ним относится как технологическое оборудование, обеспечивающее формообразование изделий (станки, функционирующие на различных физических принципах), так и измерительные системы (координатно-измерительные машины и приборы), осуществляющие измерение и контроль производимых изделий сложной формы [1].

Современное машиностроение характеризуется рядом принципиально новых тенденций, определяющих его развитие, среди которых интеграция измерительных и технологических операций в едином технологическом процессе. При этом также необходимо отметить вектор на: существенное повышение производительности и точности обработки изделий; постоянное повышение требований к точности изготовления и, как следствие, измерения деталей машиностроения; все более широкое распространение деталей со сложными геометрическими формами [2]. В связи с этим возрастают требования не только к точности позиционирования отдельных рабочих органов технологического и измерительного оборудования, но и к объемной точности машины в целом, то есть способности точно воспроизводить сложные трехмерные поверхности измерительным наконечником или режущей кромкой инструмента. Количественно объемная точность характеризуется объемной погрешностью [1] — вектором между номинальным (заданным программно) и действительным положением рабочей точки (измерительного наконечника либо режущей кромки инструмента) в произвольной точке рабочего пространства машины.

Объемная точность многокоординатных систем в решающей степени определяется технологией их изготовления и сборки. Однако в метрологии совершенствуется другой метод повышения объемной