

## ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНО-РЕАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКОЙ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ QUASER MV184

Р.А. Нежметдинов, П.А. Никищечкин,

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<sup>1</sup>.

Ключевые слова: фрезерный обрабатывающий центр, система ЧПУ, сетевая архитектура, SoftPLC, EtherCAT, M-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 закупили 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).

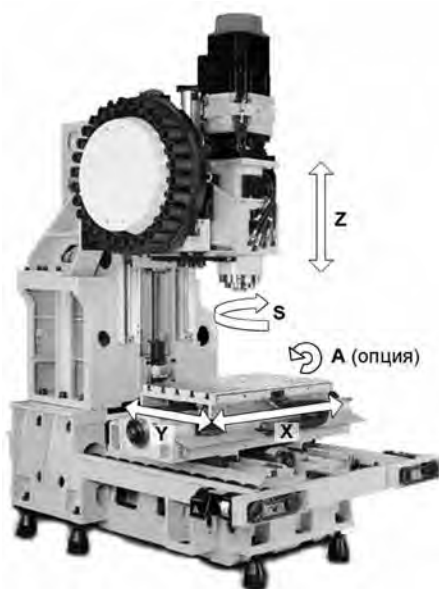


Рис. 1. Вертикально-фрезерный многоцелевой обрабатывающий центр Quaser MV 184P

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 выходов (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 (баскаплеты); приводы главного движения и подачи; 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].

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

Таблица 1. Систематизация вспомогательных М-функций

-	
3, 4, 5, 13, 14, 19	/
7	( I
8	.) ( 2
9	)( ) 7,
10	8, 10 ( )
708	7+ 8
709	7+ 10
710	8+ 10
711	7+ 8+ 10
16/ 17	/ ( )
21/ 22	/
M25/M26	0/60
M27	0 180 (
M28	180 0 ( )
56/ 57	/

**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 сво-

Таблица 2. Реализация программируемых клавиш системы ЧПУ

-	
1	( ).
2	- 1
3	- 2
4	
5	
6	
7	
8	

одно 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 PompAV. 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 оси 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-

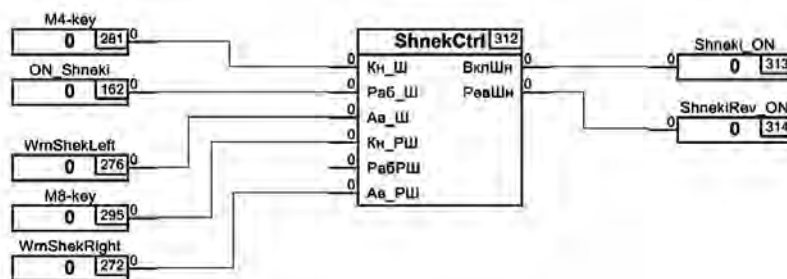


Рис. 2. Программа управления шнеками стружки

гут быть включены как автоматически в управляющей программе ЧПУ, так и вручную, с помощью M-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.

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 M-клавише. Важным условием является запрет работы при переходе в другие режимы до закрытия обеих 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-мя 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

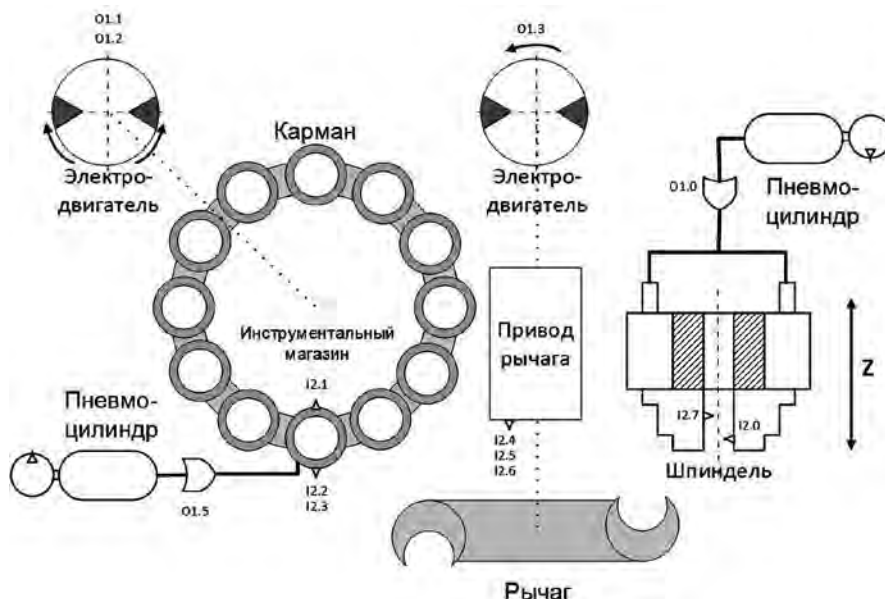


Рис. 3. Схема механизма автоматической смены инструмента

электродвигателя рычага. Механический привод рычага обеспечивает следующий цикл движения: выход в положение «90 гр.» для захвата инструмента (сигналом I2.4), выдвигание рычага с разворотом на 180 гр. и его убираем 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 Контроль» 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 – канд. техн. наук, преподаватель,  
Пушков Роман Львович – ст. преподаватель,  
Евстафиева Светлана Владимировна – ст. преподаватель ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН».  
Контактный телефон (499) 972-9440  
E-mail: neramil@ncsystems.ru*

#### Новости выставки «Металлообработка-2016»

**Научно-промышленная корпорация «Дельта-Тест»** представила две новинки своего оборудования.

Первой экспонируемой новой разработкой является проволочно-вырезной станок АРТА 454 С ультрапрецизионного класса для применения в самых требовательных областях электроэрозионной обработки материалов. Комплекс (в базовой комплектации) включает систему ЧПУ последнего поколения, высокопроизводительный энергоэффективный генератор с рекуперацией энергии, гидроагрегат с холодильником-термостатом, прецизионную следящую систему по осям. Новую серию отличает высочайшая точность механизмов, приводов и системы управления, жесткость и термостабильность конструкции.

Второй новинкой от НПК «Дельта-Тест» стал станок модели АРТА С60. Данный комплекс разработан специально для решения сложных задач многокоординатной (шесть управляемых осей) высокоточной микроэрозионной прошивочной обработки в электронной, радиоэлектронной, аэрокосмической, медицинской и других отраслях. Механическая и управляющая части станка включают все последние разработки и достижения компании для удовлетворения самых взыскательных требований в области микрообработки.

Кроме этого, на стенде компании представлен проволочно-вырезной станок АРТА 423 ПРО с дополнительной управляемой поворотной осью и возможностью применения тонких электродов диаметром от 20 мкм. Данная серийная модель выпускается с 2015 г. и уже успела себя хорошо зарекомендовать среди заказчиков.

**Российская компания «ВостокМаши»** на выставке «Металлообработка-2016» организовала демонстрацию работы уникального электроэрозионного сверлильного станка SJD-706 с числовым программным управлением шестью осями, разработанного совместно со специалистами из Китая.

Электроэрозионный сверлильный станок SJD-706 показывает высокие результаты обработки сложных кривых поверхностей, на которых способен прожигать тонкие отверстия, диаметром 0,18...3,2 мм, что очень актуально для авиационной промышленности, двигателестроения и оборонного комплекса РФ. Станок показал высокие результаты производительности, шероховатости и точности на множественных испытаниях. Простота и удобство интерфейса позволяет обучиться работать на данном станке за очень короткий срок.

**Компания ООО «Прима Пауэр»** представила новую модель лазерной установки Laser Genius. Это модель высшего класса с отсутствием лазерных газов, обладает малой необходимостью в техобслуживании и низкими производственными затратами благодаря высокой эффективности энергопотребления.

Laser Genius была разработана для увеличения конкурентоспособности пользователя согласно его потребностям. Целая серия опций предназначена для самых разных производственных нужд: SMART Cut – для быстрой резки тонких листов (толщиной до 5 мм), позволяющая сократить рабочий цикл на 30%; MAX Cut – для быстрой резки листов средней толщины, позволяющая уменьшить время работы на 40%; NIGHT Cut – для интенсивного производства, обеспечивает безопасность процесса пробивки и резки.

Головка лазерной установки оснащена мощной линзой с системой защиты от столкновения, высокодинамичной фокусирующей осью с диапазоном 35 мм, устройством выдвижения линзы с системой быстрой коррекции (ОРС) и защитным выдвигающимся стеклом для удобства проверки. Все эти и многие другие особенности делают эту установку точной, гибкой и эффективной даже в случае непрерывного производства.

<http://www.metobr-expo.ru>