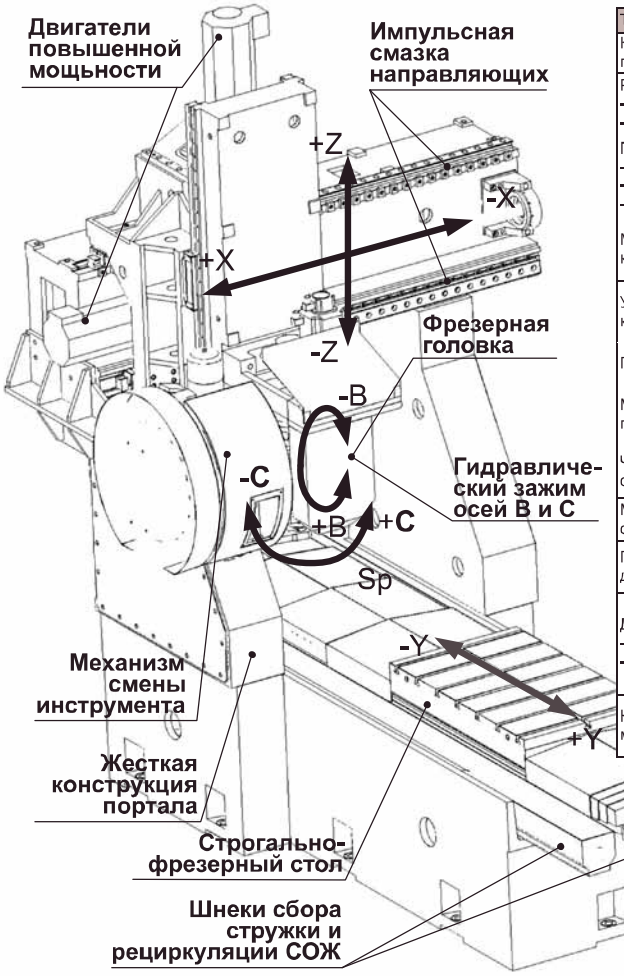
Реализация управления электроавтоматикой строгально-фрезерного обрабатывающего центра на основе инструментария программно-реализованного контроллера «АксиОМА Контрол»

Г.М. Мартинов, Н.В. Козак,
Р.А. Абдуллаев, С.В. Богданов (МГТУ «СТАНКИН»)

Рассмотрено построение подсистемы управления электроавтоматикой строгально-фрезерного обрабатывающего центра. Представлена структура системы управления станком. Рассмотрены особенности реализации канала взаимодействия ЧПУ с ПЛК, задач управления исполнительными устройствами электроавтоматики и их диагностики[1].

Ключевые слова: электроавтоматика станка, система ЧПУ, структура системы управления, программно-реализованный контроллер, интерфейс ЧПУ – SoftPLC, М-команды, диагностика.

Строгально-фрезерный обрабатывающий центр модели Э7106 МФ4 создан научно исследовательским институтом ЭНИМС, МГТУ «СТАНКИН» и ЗАО «СТАНКОТЕХ» (г. Коломна) и оснащен специализированной отечественной системой ЧПУ, построенной на основе базовой управляющей платформы «АксиОМА Контрол» (разработка МГТУ «СТАНКИН» [1, 2]). Станок предназначен для комплексной 5-координатной механической обработки методом объемного силового строгания[2], а также для 4-координатной фрезерной обработки. Его специализацией является обработка сложно профильных деталей типа штампов и пресс-форм из термически упрочненных сталей, обработка деталей из стали, чугуна и алюминиевых сплавов.



Технические характеристики	
Класс точности по ГОСТ 30027-93	П
Размеры стола, мм - длина - ширина	 250 [мм] 400 [мм]
Перемещения, - X - Y - Z	 500 [мм] 320 [мм] 250 [мм]
Max скорости по линейным координатам,	40 [м/мин]
Ускорение по линейным координатам	2g
Поворот по координате B,	±90 [град]
Max скорость при строгании по координате C,	500 [град/мин]
Частота шпинделя при фрезеровании, мин [1]	1000- 8000 [мин]
Max усилие строгания по оси X,	2000 [кг]
Погрешность обра-ботки деталей,	8 [мкм]
Дискретности перемещений - по координатам X, Y, Z - по координате C.	 0.001 [мм] 1.8 [сек]
Количество инструментов в магазине, шт.	24 [шт]

Рис.1. Компоновка станка Э7106МФ4 и его характеристики

Компоновка станка обеспечивает технические требования жесткости необходимые для процесса силового строгания (рис. 1). Станок оснащен двигателями повышенной мощности для обеспечения требуемого усилия и ускорений по линейным осям. Фрезерная головка оснащена гидравлическими зажимами для фиксации и поджима люфтов у поворотных осей в процессе механообработки.

Особенностями управления станком являются расширенные функции электроавтоматики для механизма смены инструментов, использование поворотной шпиндельной головки с гидравлической фиксацией осей, охлаждение и продувка шпинделя, импульсная смазка направляющих, вспомогательные функции для режима измерений другие [3, 4].

[1] Работа выполнена в рамках программы государственной поддержки ведущих научных школ: НШ-3890.2014.9 и при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

[2] Патент РФ № 2004132077/02, 04.11.2004. Эстерзон М.А., Петухов Я.И., Сахарова О.П. Способ обработки изделий строганием. Патент России 2282524.2006 Бюл. №24.

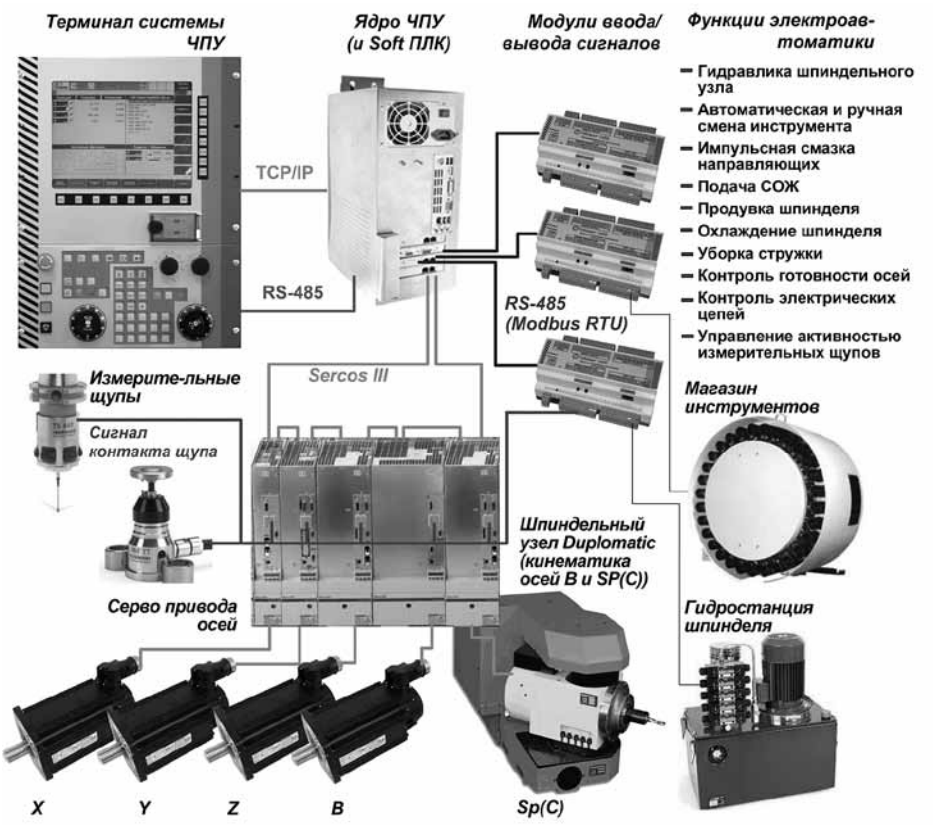


Рис.2. Структура системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» для станка Э7106МФ4

Обобщенная архитектура системы управления обрабатывающего центра

Система ЧПУ станка «АксиОМА Контрол» имеет двухкомпьютерную архитектуру (рис. 2). Ядро системы работает в ОС Linux RT, на терминале оператора установлена ОС Windows [5]. Терминальный компьютер оснащен кнопочной панелью функциональных F- и M-клавиш. Станочная панель также располагается в терминальном блоке, но подключается через последовательный порт напрямую к ядру системы ЧПУ [6]. На станочной панели предусмотрены свободно-программируемые кнопки для ручного управления электроавтоматикой и индикации состояния подсистем с помощью подсветки клавиш.

Настройка подсетей реального времени SERCOS и Modbus под сетевую конфигурацию устройств в системе управления станком определяется набором машинных параметров и данными о модулях ввода/вывода [7, 8].

Для управления электроавтоматикой станка использован SoftPLC системы ЧПУ «АксиОМА Контрол». В качестве модулей дискретных вводов/выводов используется отечественные периферийные устройства Робокон R1456. Для связи с этими устройствами используется протокол реального времени Modbus RTU на основе физического интерфейса последовательного порта [9].

Канал взаимодействия ЧПУ — SoftPLC

Решение логической задачи связано не только с получением данных подчиненных устройств электроавто-

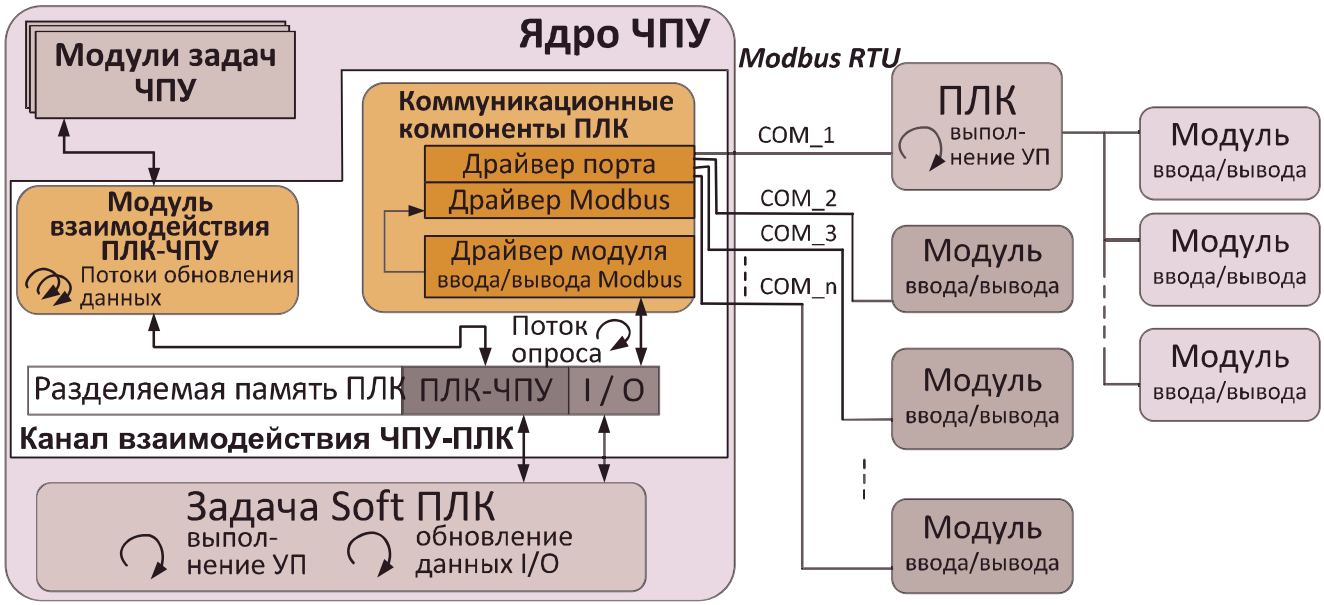


Рис.3. Принцип взаимодействие задач ЧПУ, Soft ПЛК и внешних модулей ввода/вывода

матики в системе ЧПУ. В ПЛК также необходимо передавать текущее состояние различных параметров ЧПУ и других устройств, например, состояние подключения терминала оператора. В связи с этим встает необходимость построения специализированного двунаправленного канала взаимодействия системы ЧПУ с ПЛК, работающего в режиме реального времени. При построении такого канала необходимо реализовать специализированный модуль (модуль SoftPLC -ЧПУ) в ядре системы управления для хранения и отображения актуальной информации о состоянии контроллеров и периферийных устройств. Обновление информации осуществляется путем опроса всех активных периферийных устройств с использованием драйверов стандартных промышленных интерфейсов взаимодействия (коммуникационная среда SoftPLC).

Для реализации канала взаимодействия системы управления «АксиОМА Контрол» с программно-реализованным контроллером в ядре выделяется специализированный участок разделяемой памяти. Данная область памяти доступна SoftPLC для изменения состояния собственных выходных сигналов и считывания необходимой входной информации. Описанный принцип взаимодействия представлен в виде схемы (рис. 3).

Управляющая программа электроавтоматики разрабатывается как набор обособленных функциональных модулей [10]. Универсальные интерфейсные модули обрабатывают и предоставляют сигналы интерфейса ЧПУ- SoftPLC и не связаны со спецификой управления электроавтоматикой станка. Другая группа модулей разрабатывается для управления подсистемами конкретного станка, они используют входные/выходные сигналы интерфейсных модулей. Например, для выполнения смены инструмента обрабатываются сигналы модуля М-команд (в частности сигнал команды М06), данные о номере устанавливаемого инструмента берутся из модуля данных системы ЧПУ. Для смены инструмента выполняется алгоритм, активирующий выходы и считывающий состояния входов встроенного контроллера инструментального магазина. Результат выполнения смены инструмента передается на вход интерфейсного модуля.

Управления электроавтоматикой станка Э7106МФ4 в программе SoftPLC реализовано как набор модулей (функциональных блоков): блокировка/разблокировка и контроль состояния осей гидравликой, импульсная смазка, уборка стружки, ручная и автоматическая смены инструмента и другие.

Привязка системы ЧПУ к задачам электроавтоматики

Наряду с возможностями настройки системы ЧПУ под специфику оборудования станка (параметры приводов движения, шпиндели, каналы управления, кинематика осей и кинематика станка в целом, интерфейс работы с SoftPLC и т. п.) необходимы также возможности настройки под специфику подсистем электроавтоматики и логику управления ею. Система управления «АксиОМА Контрол» реализует следующий инструментарий для привязки к задачам управления электроавтоматикой:

- обработка сигналов от SoftPLC через интерфейс ЧПУ-SoftPLC для блокировки/разблокировки движения осей;
- конфигурирование структуры М-команд в каналах управления;
- настройка набора М-команд для каналов управления;
- использование свободно программируемых клавиш станочной панели;
- передача номеров активных сообщений от SoftPLC в терминал с возможностью их описания.

Для конфигурирования структуры М-команд в канале используются настройки машинных параметров «М-конфигурация» (рис. 4). Здесь каждая М-команда может быть представлена как последовательность действий для ее выполнения. Например, выполнение команды М6 начинается с перевода шпинделя в режим круговой оси (команда М902). Затем происходит операция выхода в домашнюю позицию № 1 — это та точка, где манипулятор мага-

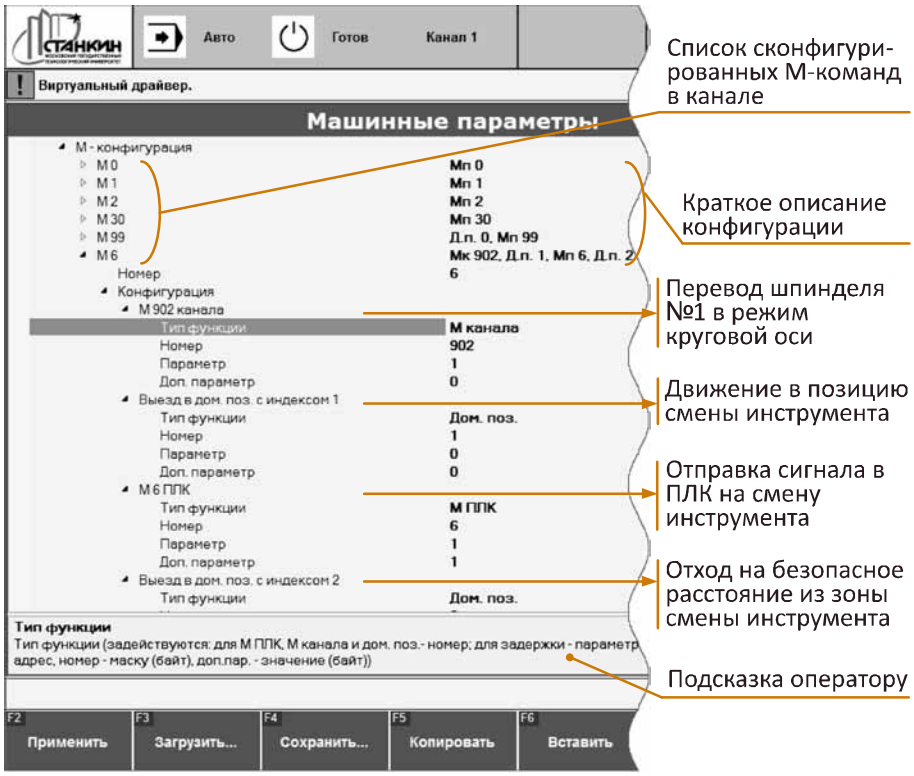


Рис.4. Машинные параметры для конфигурирования М-команд в канале

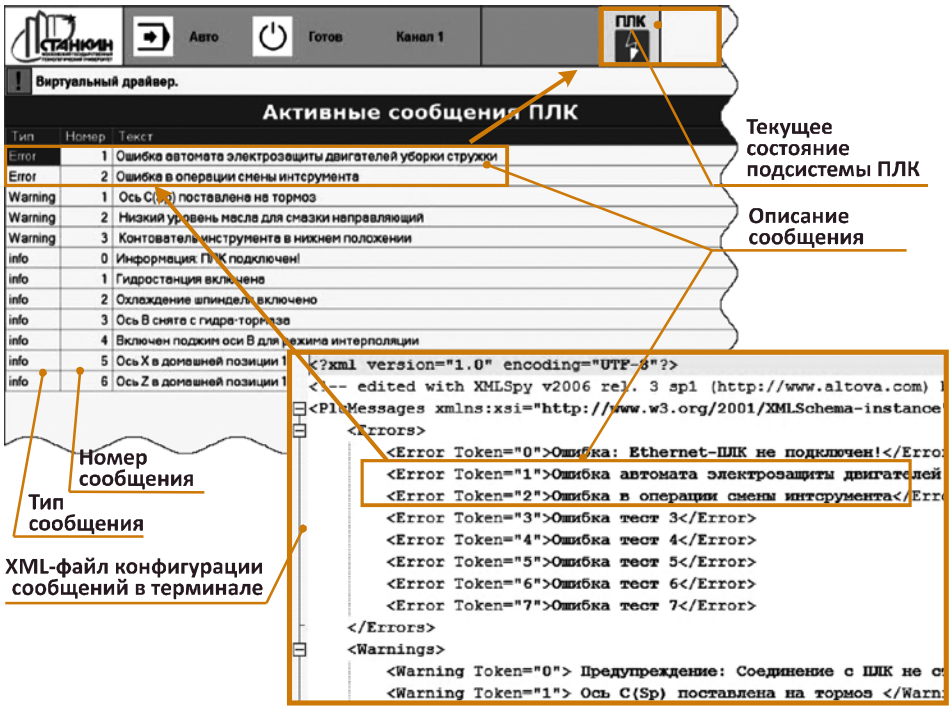


Рис.5. Экран диагностики ошибок и сообщений от управляющей программы ПЛК

зина инструментов вынимает из шпинделя инструмент и вставляет новый. Для шпинделя как оси C домашняя позиция № 1 обеспечивает такое угловую ориентацию инструмента, при котором возможен его захват манипулятором (конус HSK имеет специальный паз для фиксатора). После выхода в позицию смены инструмента ЧПУ передает команду M6 для выполнения на стороне управляющей программы SoftPLC и ждет результата. После завершения работы SoftPLC выполняется выезд в домашнюю позицию № 2.

На основе представленного механизма конфигурации возможна настройка М-команд под специфику операций заданного станка. Механизм конфигурации также реализует принцип суперпозиции, когда внутри конфигурации одной М-команды можно вызывать другую М-команду, состоящую из набора операций (рекурсия не допускается).

Диагностика подсистемы электроавтоматики

Диагностика входов/выходов контроллера электроавтоматики позволяет наладчику проследить за работой SoftPLC во время работы в системе ЧПУ. Таким образом исчезает необходимость открывать шкаф электроавтоматики для контроля состояния входов/выходов контроллера. Экран диагностики состояния входов/выходов SoftPLC позволяет следить за работой управляющей программы прямо во время выполнения технологического процесса. Диагностика подсистемы электроавтоматики в системе ЧПУ «АксиОМА Контрол» представляет собой три экрана: активных сообщений SoftPLC (рис. 5), диагностики памяти SoftPLC и распределения общей памяти SoftPLC.

Экран сообщений ПЛК показывает три типа сообщений: ошибка, предупреждение и информация. В каждом типе у сообщения есть свой уникальный номер. Особенностью данного экрана является возможность настройки сообщений разработчиками программ электроавтоматики под специфику станка. Станкостроителю предоставляется xml-файл, состоящий из трех разделов: Errors, Warnings и Infos. В каждом из этих разделов записываются номера сообщений и соответствующий им текст. Экран имеет поле для вывода полного текста сообщения. Такое поле удобно для вывода длинных сообщений. В правом верхнем углу системы отображается значок состояние подсистемы ПЛК. В данном случае на картинке показано, что в подсистеме ПЛК имеются активные сообщения об ошибках.

Заключение

Конструкция и функции обрабатывающего центра Э7106 МФ4 с системой ЧПУ "АксиОМА Контрол" предполагают использование периферийных устройств электроавтоматики: гидравлики шпиндельного узла, механизма смены инструмента, смазки направляющих, охлаждения инструмента и т.д. Взаимодействие между логической задачей управления электроавтоматикой и функциями ядра системы ЧПУ реализуется на основе интерфейса сигналов между ЧПУ и SoftPLC. Система управления реализует набор функций для привязки к специфике задач электроавтоматики, такие как конфигурирование М-команд, свободно программируемые кнопки станочной панели, механизмы диагностики ПЛК и отображения сообщений. Система открыта для расширения набора функций электроавтоматики под потребности задач обрабатывающего центра.

Список литературы

1. *Мартинов Г.М., Козак Н.В.* Реализация управления крупногабаритными прецизионными обрабатывающими центрами системой ЧПУ "АксиОМА Контрол" // СТИН. 2015. №1. с.6-11.
2. *Пушков Р.Л., Евстафиева С.В., Соколов С.В. и др.* Практические аспекты построения многотерминального человеко-машинного интерфейса на примере системы ЧПУ "АксиОМА Контрол" // Автоматизация в промышленности. 2013. №5. С.37-41.
3. *Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А.* Кроссплатформенный программно-реализованный логический

контроллер управления электроавтоматикой станков с ЧПУ//Автоматизация и современные технологии. 2013. № 1. С. 15-23.
4. *Абдуллаев Р.А.* Практические аспекты реализации управления разнородным технологическим оборудованием электроавтоматикой в системах ЧПУ // Вестник МГТУ "Станкин", №1(24), 2013, с. 52-55.
5. *Martinov G. M., Lyubimov A. B., Bondarenko A. I., Sorokoumov A. E., Kovalev I. A.* An Approach to Building a Multiprotocol CNC System//Automation and Remote Control. 2015, Vol. 76, No. 1, pp. 172-178.
6. *Мартинов Г. М., Мартинова Л. И., Козак Н. В., Нежметдинов Р. А., Пушков Р. Л.* Принципы построения распределенной системы ЧПУ технологическими машинами с использованием открытой модульной архитектуры//Справочник. Инженерный журнал. 2011, № 12.
7. *Martinova L.I., Pushkov R.L., Kozak N.V., Trofimov E.S.* Solution to the problems of axle synchronization and exact positioning in a numerical control system // Automation and Remote Control. 2014. №1. V. 75. pp. 129-138.
8. *Мартинова Л.И., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л.* Реализация открытости управления электроавтоматикой станков в системе ЧПУ класса PCNC // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2011. №02. С. 11-16.
9. *Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Пушков Р.Л.* Системы числового программного управления для автоматизации технологических процессов машиностроительного комплекса России. Уч. Пособие. М.: МГТУ "Станкин", 2011.-169 с.
10. *Козак Н.В., Абдуллаев Р.А.* Концепция построения средств диагностики и управления устройствами электроавтоматики на базе OPC технологии // Системы управления и информационные технологии. 2010. №3. С. 28-32.

Мартинов Георгий Мартинович *– д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой,*
Козак Николай Владимирович *– канд. техн. наук, доцент,*
Абдуллаев Роман Ахматалиевич *– преподаватель,*
Богданов Сергей Викторович *– магистрант кафедры «Компьютерные системы управления МГТУ «СТАНКИН».*
Контактный телефон+7(499)972-94-40.
E-mail: kozak@ncsystems.ru

Построение специализированной системы ЧПУ для резьбошлифовальных станков

И.А. Ковалев, С.В. Соколов, Л.И. Мартинова, С.В. Рыбников (МГТУ «СТАНКИН»)

Предложена оригинальная структура системы управления резьбошлифовальным станком, учитывающая особенности резьбошлифования и позволяющая повысить точность обработки. Представлен пример программирования программно-реализованного контроллера электроавтоматики для обработки клавиш станочной панели оператора.

Ключевые слова: система ЧПУ, резьбошлифование, SoftPLC, структура системы ЧПУ.

Особенности резьбошлифования

Комплексная проблема автоматизированного изготовления изделий в машиностроении требует решения задач по автоматизации операций шлифования резьб любого профиля, что весьма актуально для отечественных предприятий оборонно-промышленного, авиастроительного, судостроительного, ракетно-космического и атомного комплексов.

Резьбошлифование получает все большее распространение не только как метод окончательной обработки резьбы, но и для вышлифовывания резьбовых поверхностей в сплошном металле. Метод обеспечивает высокие показатели по точности и качеству обработки, поэтому используется для изготовления: резьб с высокой точностью (точные микрометрические винты, ходовые винты), резьбовых инструментов (метчики, калибры, накатные ролики, резьбовые фрезы), червячных фрез и др. При резьбошлифовании выполняется определенный комплекс движений, реализующий формообразование: главное движение (вращение шлифовального круга), движение поперечной подачи, делительное движение, винторезное, движение затылования. Выполнение операции резьбошлифования помимо формообразовательных движений требует реализации вспомогательных движений, таких как движения подвода шлифовальной бабки, движения для коррекции шага резьбы и правки шлифовального круга, компенсации износа круга и др. В зависимости от конкретных задач набор движений может варьироваться, поэтому реализация их на базе современных систем ЧПУ наиболее эффективна [1, 2].

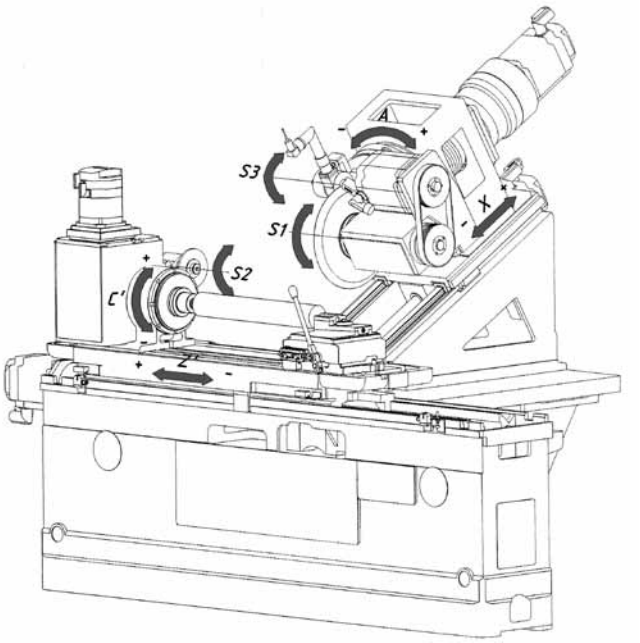


Рис. 1. Эскиз универсального резьбошлифовального станка модели 80/480