

ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФРЕЗЕРНЫМИ ОБРАБАТЫВАЮЩИМИ ЦЕНТРАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПРОТОКОЛОВ СВЯЗИ

Р.А. Нежметдинов, Р.Л. Пушков,

А.Б. Любимов, Л.И. Мартинова, С.В. Евстафиева (МГТУ «СТАНКИН»)

Проведен анализ вертикально-фрезерного обрабатывающего центра Quaser 184P, предложен вариант импортозамещения отдельных высокотехнологичных узлов и системы управления. Рассмотрена кинематическая схема обрабатывающего центра, выявлены основные требования к системе ЧПУ и реализована сетевая архитектура системы управления. Приведен пример работы системы ЧПУ в режиме мультипротокольного обмена. Проиллюстрирован вариант чтения данных с линейных датчиков посредством пассивных модулей ввода/вывода с применением механизма разделяемой памяти¹.

Ключевые слова: вертикально-фрезерный обрабатывающий центр, система ЧПУ, сетевая архитектура СЧПУ, SoftPLC, EtherCAT, SERCOS.

Введение

Реализация программы развития и технологического перевооружения российской промышленности сталкивается с проблемой несоответствия отечественных образцов технологического оборудования требованиям заказчиков. Архитектурные ограничения отечественных систем ЧПУ не позволяют использовать эти системы в качестве систем управления для решения сложных технологических задач. Поэтому создание современной отечественной системы ЧПУ, удовлетворяющей запросы российского рынка, является важной задачей в рамках обеспечения технологической независимости страны [1].

Система ЧПУ является одним из наиболее высокотехнологичных компонентов, отвечающих за управление станком в целом, и ее адаптация к требованиям оборудования и технологического процесса наиболее сложна [2]. К системе ЧПУ, управляющей сложными технологическими объектами, предъявляется ряд основных требований, таких как: открытость, модульность, функция компенсации и коррекции траектории движения, удаленная диагностика и др. [3, 4].

Таблица 1. Сравнительные характеристики двигателей производства западной фирмы и Станкин-ГПО

| | Двигатели | |
|---|----------------------------|-----------------------------|
| | Фирма | СТАНКИН NC (по лицензии) |
| Оси X, Y | QSY 155C EcoDyn 365 308-63 | Ai28-54-25-EN/4096 |
| Номинальная мощность, кВт | 4,5 | 4,13 |
| Номинальная скорость вращения, об./мин. | 3000 | 2500 |
| Номинальный крутящий момент, Нм | 14,4 | 15,8 |
| Ось Z | QSY 155F EcoDyn 339 882-64 | AiB50-54-20-EN/M |
| Номинальная мощность, кВт | 5,4 | 5,23 |
| Номинальная скорость вращения, об./мин. | 3000 | 2000 |
| Номинальный крутящий момент, Нм | 19,2 | 25 |
| Ось A | QSY 116C | Ai8-54-30-EN/M |
| Номинальная мощность, кВт | 1,45 | 1,8 |
| Номинальная скорость вращения, об./мин. | 3000 | 3000 |
| Номинальный крутящий момент, Нм | 5,2 | 5,8 |

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.

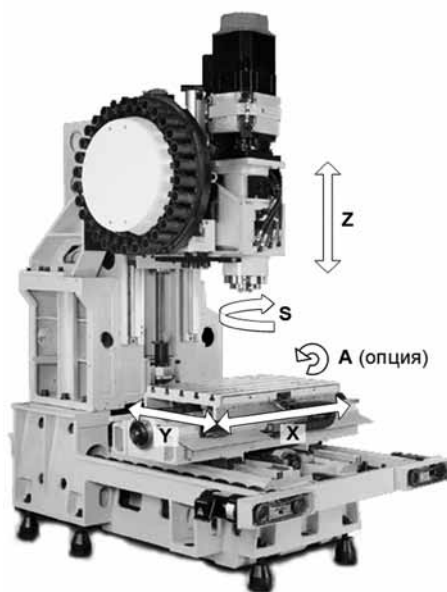


Рис. 1. Вертикально фрезерный многоцелевой обрабатывающий центр Quaser 184P

Для построения специализированной системы ЧПУ фрезерным обрабатывающим центром Quaser 184P (производится по лицензии на ОАО «КЭМЗ», г. Ковров) была использована базовая управляющая платформа «АксиОМА Контроль» (разработанная в МГТУ «СТАНКИН») [5].

Сетевая архитектура системы управления

Кинематическая схема вертикально-фрезерного многоцелевого обрабатывающего центра Quaser 184P предполагает наличие шпинделя, трех интерполируемых осей (X, Y, Z) и оси A (опционально), отвечающей за поворотные движения рабочего стола [6].

Проект модернизации предполагал замену электрооборудования станка, включая электрошкаф, систему ЧПУ, следящие приводы и др. на отечественные аналоги. Основные характеристики двигателей некоторой западной фирмы, которые подлежали замене, и их аналогов приведены в табл. 1.

Выбранные двигатели управляются по высокоскоростному протоколу связи EtherCAT контроллерами приводов СТАНКИН NC. Установленный на обрабатывающем центре шпиндельный узел был локализован с сохранением установленного в нем двигателя Siemens (до появления отечественного аналога). Для управления шпиндельным узлом применили частотный преобразователь Bosch Rexroth с высокоскоростным протоколом SERCOS.

С учетом необходимости реализации мультипротокольного решения разработана особая сетевая архитектура системы ЧПУ (рис. 2), в состав которой вхо-

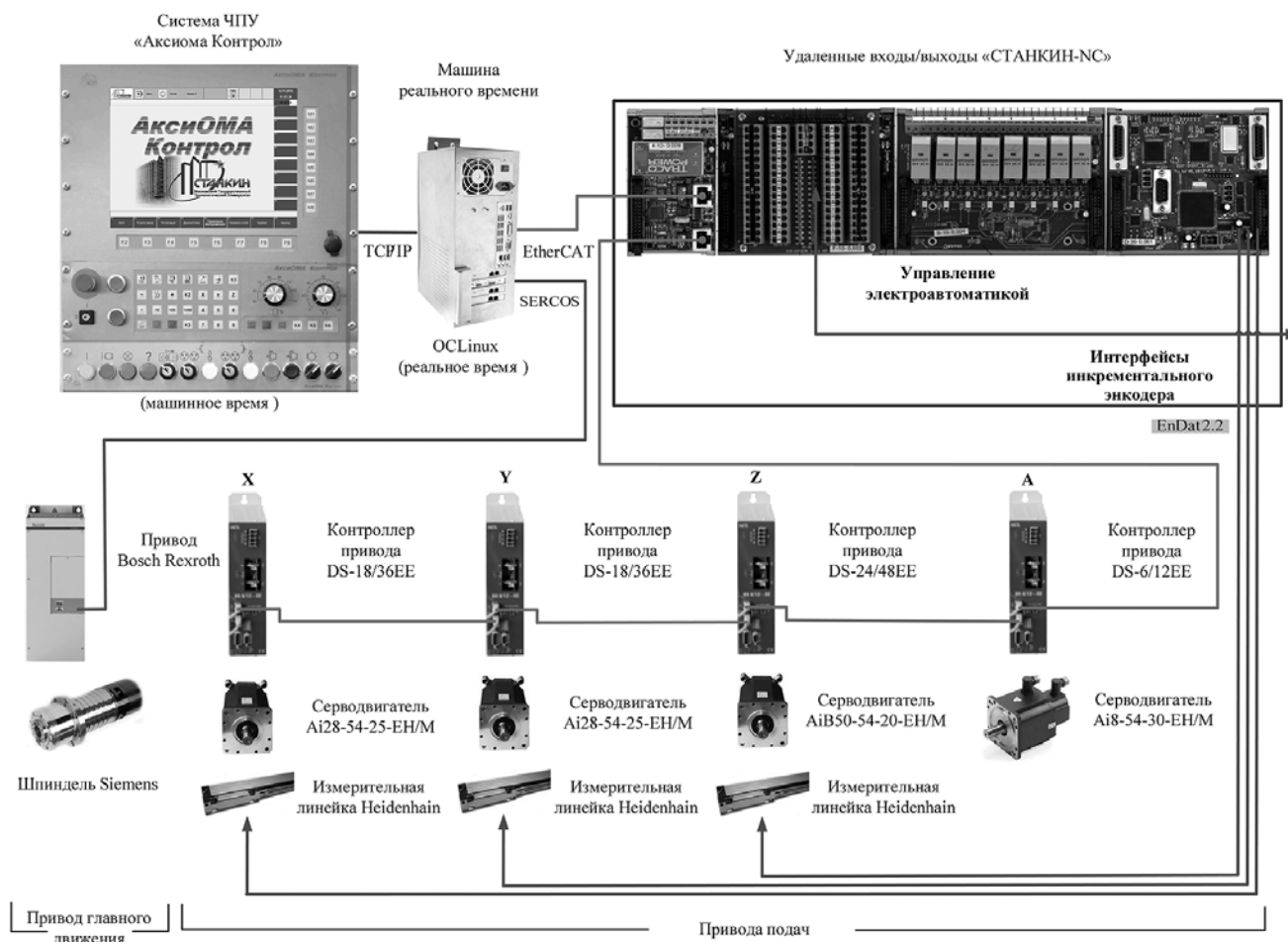


Рис. 2. Сетевая архитектура системы управления обрабатывающим центром Quaser 184Pke

дят: машина реального времени на базе ОС RTLinux с ядром системы управления и интегрированным в нее программно-реализованным контроллером электроавтоматики (Soft PLC); терминал оператора на платформе.NET, подключенный к ядру по протоколу TCP/IP; удаленные модули входов/выходов, через которые подключены электроавтоматика и ли-

нейные измерительные устройства; приводы подачи и главного движения [7]. Контроллеры приводов и пассивные модули ввода/вывода объединены в единое EtherCAT кольцо, шпиндельный узел управляется по протоколу SERCOS III.

Архитектура ядра системы управления для реализации параллельного мультипротокольного управления приводами

Архитектура ядра системы ЧПУ «АксиОМА Контроль» реализует многовариантность интерфейсов промышленной шины внешних устройств [8, 9], но необходимость одновременного управления приводами подачи по протоколу EtherCAT и шпинделем по протоколу SERCOS-III потребовала найти новое решение. На рис. 3 показана схема циклического обмена данными с приводами в мультипротокольной конфигурации.

Согласованная работа SERCOS и EtherCAT кольца обеспечивается механизмом циклического обмена, работающим в отдельном потоке. Поток циклического обмена с электроприводами просматривает массив данных по сконфигурированным приводам и для каждого привода читает из структуры данных привода текущие

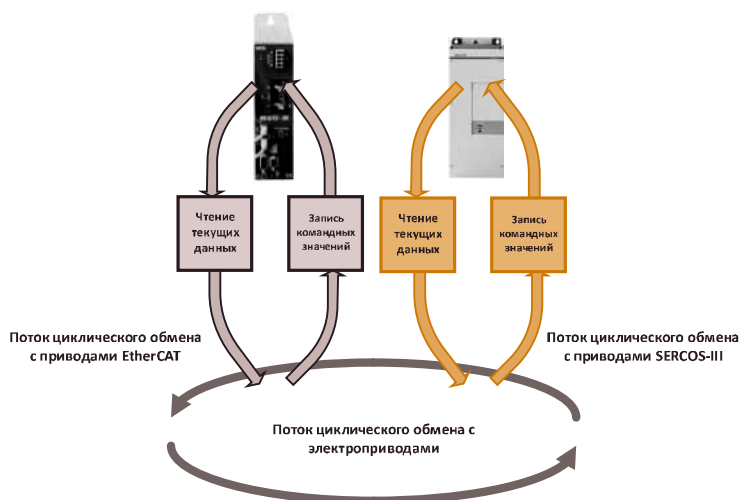


Рис. 3. Схема циклического обмена данными с приводами в мультипротокольной конфигурации

координаты, скорость, состояние и др. параметры, а затем записывает командные значения для каждого привода. Отдельные потоки для SERCOS III и EtherCAT колец обеспечивают получение текущих и передачу командных значений, используя соответственно механизмы прерывания и опрос по таймеру.

Подключение обратной связи по положению через SoftPLC

SoftPLC управляет 64 дискретными входами, 72 дискретными выходами, 32 релейными выходами и двумя модулями интерфейса инкрементального энкодера для подключения линейных датчиков. Все входы и выходы реализованы 10 автономными модулями ввода/вывода, монтируемыми в электрошкаф на DIN-рейку.

В соответствии с разработанной в МГТУ «СТАНКИН» концепцией аппаратно-независимого управления [6, 10], каждый модуль ввода/вывода сначала идентифицируется SoftPLC, затем производится его конфигурирование, в результате чего в процессе циклического обмена входные и выходные данные каждого модуля проецируются на определенные адреса разделяемой памяти.

Набор входных и выходных данных модулей внешних измерительных систем приведен в табл. 2. Данные содержит актуальную позицию датчика линейных перемещений и служебную информацию. К служебной информации относятся: заголовок (управляющее слово), слово состояния и код ошибки (при отсутствии ошибок код принимает значение «0»).

Каждому модулю подключения внешних измерительных систем соответствует область памяти SoftPLC объемом 40 байт (по 20 байт на каждую из двух измерительных систем, которые поддерживает модуль), которая используется ядром системы ЧПУ для чтения актуальных значений позиций и состояний измерительных линеек.

Выводы

Проведенные исследования возможного импортозамещения для систем управления фрезерными обрабатывающими центрами показали, что замещение импортных комплектующих на отечественные возможно в большинстве случаев. Однако, если невозможно заменить весь спектр комплектующих электрооборудования, то станкостроитель оказывается в ситуации, когда нужно искать компромиссы и какой-либо выход из сложившейся ситуации. Заложенное в систему ЧПУ «АксиОМА Контрол» мультипротокольное решение обеспечивает возможность как одновременной, так и поэтапной замены всех комплектующих электрооборудования станка на отечественные.

Человеческое сознание подобно ткацкому станку, с помощью которого из нитей прошлого, настоящего и будущего создается единый рисунок времени.

Валерий Красовский

Таблица 2. Набор входных/выходных данных модулей внешних измерительных систем

| № | Имя | Направление | Размер, бит | Описание |
|----|-----------------|-------------|-------------|-----------------------------|
| 1. | ControlDword1 | Выход | 32 | Слово управления линейкой 1 |
| 2. | ActualPosition1 | Вход | 64 | Позиция линейки 1 |
| 3. | StatusDword1 | Вход | 32 | Слово состояния линейки 1 |
| 4. | ErrorDword1 | Вход | 32 | Слово ошибок линейки 1 |
| 5. | ControlDword2 | Выход | 32 | Слово управления линейкой 2 |
| 6. | ActualPosition2 | Вход | 64 | Позиция линейки 2 |
| 7. | StatusDword2 | Вход | 32 | Слово состояния линейки 2 |
| 8. | ErrorDword2 | Вход | 32 | Слово ошибок линейки 2 |

Список литературы

1. *Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Емельянов А.С.* Принципы построения кроссплатформенного программно-реализованного контроллера электроавтоматики систем ЧПУ высокотехнологичными производственными комплексами // Вестник МГТУ "Станкин", №1(24), 2013, с. 42-51.
2. *Мартинов Г.М.* Развитие систем управления технологическими объектами и процессами // Вестник МГТУ "Станкин". 2008. №1. С. 74-79.
3. *Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А., Козак Н.В., Пушков Р.Л.* Прикладные решения в области управления электроавтоматикой станков с ЧПУ класса PCNC//Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 4. С. 48-53.
4. *Мартинов Г.М., Нежметдинов Р.А.* Кроссплатформенный программно-реализованный логический контроллер управления электроавтоматикой станков с ЧПУ. Автоматизация. Современные технологии. 2013. № 1. С. 015-023.
5. *Мартинов Г.М., Мартинова Л.И.* Формирование базовой вычислительной платформы ЧПУ для построения специализированных систем управления // Вестник МГТУ Станкин. 2014. № 1 (28). С. 92-97.
6. *Мартинов Г.М., Пушков Р.Л., Евстафьева С.В.* Основы построения однокомпьютерной системы ЧПУ с программно-реализованным ядром и открытой модульной архитектурой // Вестник МГТУ Станкин. 2008. № 4. С. 82-93.
7. *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.
8. *Nezhmetdinov R.A., Sokolov S.V., Obukhov A.I., Grigor'ev A.S.* Extending the functional capabilities of NC systems for control over mechano-laser processing // Automation and Remote Control. 2014. V. 75. № 5, pp 945-952.
9. *Grigoriev S.N., Martinov G.M.* Research and Development of a Cross-platform CNC Kernel for Multi-axis Machine Tool // Procedia CIRP Vol.14, 2014, p. 517-522 (6th CIRP International Conference on High Performance Cutting, HPC2014).
10. *Martynova L. I., Kozak N. V., Nezhmetdinov R. A., Pushkov R. L., Obukhov A. I.* The Domestic Multi-Functional CNC System AxiOMA Control: Practical Aspects of Application//Automation and Remote Control. 2014. Vol. 72. № 10, pp. 345-352.

Нежметдинов Рамиль Амирович – канд. техн. наук, доцент,

Пушков Роман Львович – ст. преподаватель,

Евстафьева Светлана Владимировна – ст. преподаватель,

Мартинова Лилия Ивановна – канд. техн. наук, доцент,

Любимов Александр Борисович – вед. инженер кафедры КСУ ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН».

Контактный телефон (499) 972-9440

E-mail: neramil@ncsystems.ru