

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЛОГИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ЧПУ И ЗАДАЧИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ВНЕШНИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ Soft PLC

Н.В. Козак, Р.А. Абдуллаев, И.А. Ковалев, Н.Ю. Червоннова (ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»)

Рассмотрена архитектура распределенной системы ЧПУ с использованием Soft PLC, реализованных на внешних вычислительных устройствах. В данной архитектуре логическую задачу системы ЧПУ и задачу производственной безопасности выполняют различные автономные Soft PLC. Рассмотрен интерфейс ЧПУ-Soft PLC, реализованный на основе сети Ethernet. Представлена настройка функций ЧПУ под специфику станков на основе структуры данных интерфейса ЧПУ-Soft PLC.

Ключевые слова: интерфейс ЧПУ-Soft PLC, архитектура распределенной системы управления, программно-реализованный контроллер, конфигурирование систем ЧПУ, задачи управления.

### Введение

Сложные технологические задачи, реализуемые современным станочным оборудованием, предъявляют все более высокие требования к программно-аппаратному обеспечению систем управления. Возрастают и требования по безопасности как для обслуживающего персонала, так и самого ТП. Исходя из декомпозиции функций ядра системы управления, для ЧПУ традиционно выделяют две комплексные задачи: геометрическую и логическую. Геометрическая задача отвечает за формирование контура и движение по этому контуру. Она не привязана к конкретному оборудованию: один и тот же контур можно воспроизводить на разных по кинематике и конструкции станках. Логическая задача реализует не только вспомогательные функции, обеспечивающие особенности процесса обработки, но и функции привязки системы управления к конкретному станочному оборудованию. Вся специфика взаимодействия с конструктивными и техническими особенностями стан-

ка (в плане управления) реализуется в логической задаче с применением ПЛК.

Ведущие производители систем ЧПУ поставляют комплексные решения по управлению станком. Как правило, в этих решениях геометрическая задача жестко определена набором программных функций (тип системы — токарная, фрезерная; число координат; типы интерполяций — линейная, круговая, сплайновая и т.п.). При этом функции управления электроавтоматикой открыты для пользователей, и станкостроители могут настроить их для технологической оснастки заданного станка. В связи с этим у разработчиков появляется возможность создания управляющих программ (Soft PLC).

Задачи ЧПУ и логического управления Soft PLC могут выполняться на одном аппаратном вычислительном устройстве (CPU) [3], что характеризуется рядом негативных последствий. При возникновении критической ошибки в задаче ЧПУ процесс управления системой также будет прерван, что приведет к непред-

сказуемым последствиям в управлении исполнительными устройствами. Выполнение задач ЧПУ и процессов управления на отдельных CPU увеличивает надежность системы в целом.

Задача обеспечения безопасности также привязана к техническим решениям конкретного станка. Функции этой задачи реализуются станкостроителями на основе ПЛК. Применение контроллеров безопасности обусловлено высокими требованиями к надежности и времени реакции защитных систем, поскольку скорость технологических операций и их энергоемкость постоянно растет, растут и риски как для самого ТП, так и для оператора. Логика работы контроллера безопасности должна быть связана с функциями основной системы управления, то есть логической и геометрической задачами ЧПУ.

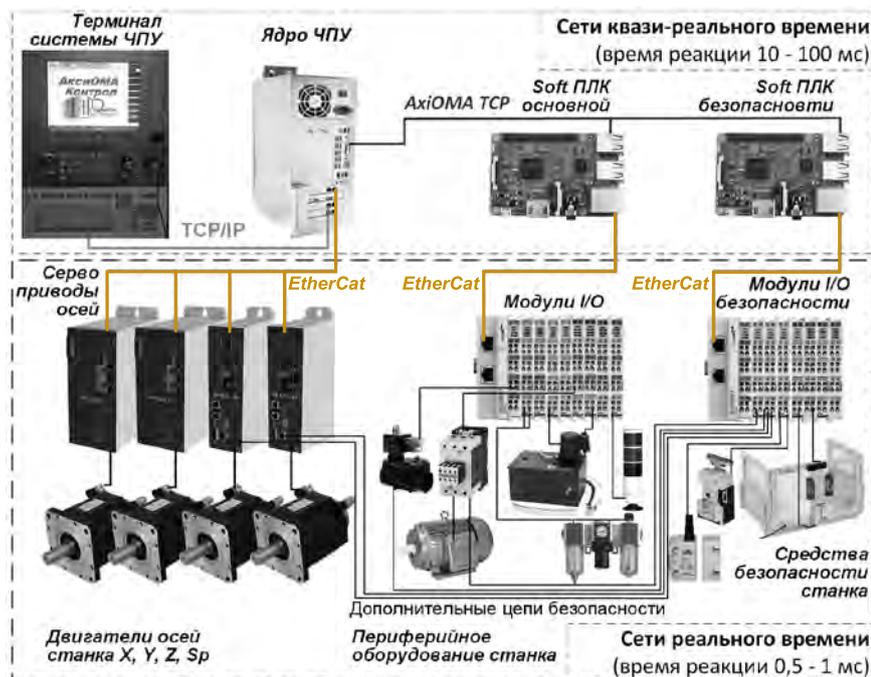


Рис. 1. Обобщенная структура ЧПУ «АксиОМА Контрол» с использованием одноплатных компьютеров для Soft PLC и Soft PLC безопасности

**Структура распределенной системы управления с использованием Soft PLC**

Рассмотрим распределенную структуру системы управления ЧПУ (рис. 1), в которой ядро системы управления реализует управление движением осей станка, а задачи логического управления периферийным оборудованием (Soft PLC) и дополнительной задачей безопасности (Soft PLC безопасности) вынесены на отдельные одноплатные компьютеры. Предложенная схема увеличивает надежность и вводит дополнительный контроль за корректностью работы ядра системы ЧПУ, хотя и незначительно повышает себестоимость системы. При реализации задач ЧПУ, логического управления периферийным оборудованием и безопасности на различных аппаратных CPU целесообразно разделить и высокоскоростные сети управления сервоприводами движения и модулями ввода/вывода. Как следствие, увеличивается быстродействие работы с устройствами в этих подсетях, а в случае возникновения ошибок, например, в подсети управления сервоприводами, работоспособность модулей ввода/вывода не изменится.

На Soft PLC безопасности выносятся ряд функций, которые частично уменьшают загрузку Soft PLC периферийным оборудованием:

- контроль доступа к рабочей зоне со стороны персонала и других технических средств;
- управление сигнализацией и запорными устройствами для ограничения доступа к исполнительным механизмам и рабочей зоне станка;
- контроль параметров управления и работы электротехнических исполнительных устройств;
- контроль и подтверждение для ЧПУ условий выполнения технологических операций;
- контроль за состоянием подсистем ЧПУ и Soft PLC, за их своевременной реакцией на диагностические запросы;
- отключение или управление исполнительными устройствами в аварийных ситуациях.

Ключевую роль в обеспечении безопасности также имеет механизм коммуникации модулей производственной системы на основе сети Ethernet. Необходимо обеспечивать контроль доступности модулей в сети и реализовывать требования по скорости обмена данными в режиме мягкого реального времени.

**Задача коммуникации ЧПУ-Soft PLC**

Для распределенной структуры системы управления ЧПУ возрастает значимость интерфейса ЧПУ- Soft PLC. Представим интерфейс взаимодействия ЧПУ (геометрической задачи) с Soft PLC (логической задачей) как интерфейс системы управления движением со станочным оборудованием, в котором это движение реализуется. Именно станочное оборудование определяет, когда можно, а когда нельзя производить движение исполнительными механизмами. Например, планшайба на гидростатической подушке большого карусельного станка не должна начать движение, пока контроллер не подтвердит, что достигнуто требуемое давление [1, 2]. При этом контроллер должен запретить шпинделю набирать скорость > 1000 об/мин, если датчик сообщает, что в него не вставлена оправка с инструментом.

Коммуникация модуля ЧПУ и Soft PLC реализована по протоколу АxiOMA TCP на основе сети Ethernet (рис. 2) [2]. Проблематика сетевой коммуникации и обеспечение ее отказоустойчивости решается в рамках отдельной подсистемы, которая реализует:

- 1) интерфейс обмена данными между программными модулями системы через промежуточный уровень сетевого протокола;
- 2) уровень сетевого протокола с системными драйверами транспортных протоколов (например, TCP/IP для Ethernet) как на стороне задачи ЧПУ, так и Soft PLC;
- 3) диагностику и мониторинг сетевого подключения к модулям системы управления.

Если подсистема Soft PLC получает уведомление, что связь с ядром ЧПУ нарушена, то имеется возможность для аварийного завершения текущих процессов управления. Логика работы Soft PLC безопасности формируется в соответствии со спецификой объекта управления и с функциональностью оборудования электроавтоматики станка.

Основные компоненты интерфейса ЧПУ- Soft PLC:

- 1) модули Soft PLC, реализующие доступ к входным/выходным сигналам станка [4, 5];
- 2) библиотека, описывающая сигналы интерфейса взаимодействия ЧПУ- Soft PLC и принципы их работы;
- 3) инструментарий конфигурирования набора данных для обмена информацией между ЧПУ и Soft PLC;

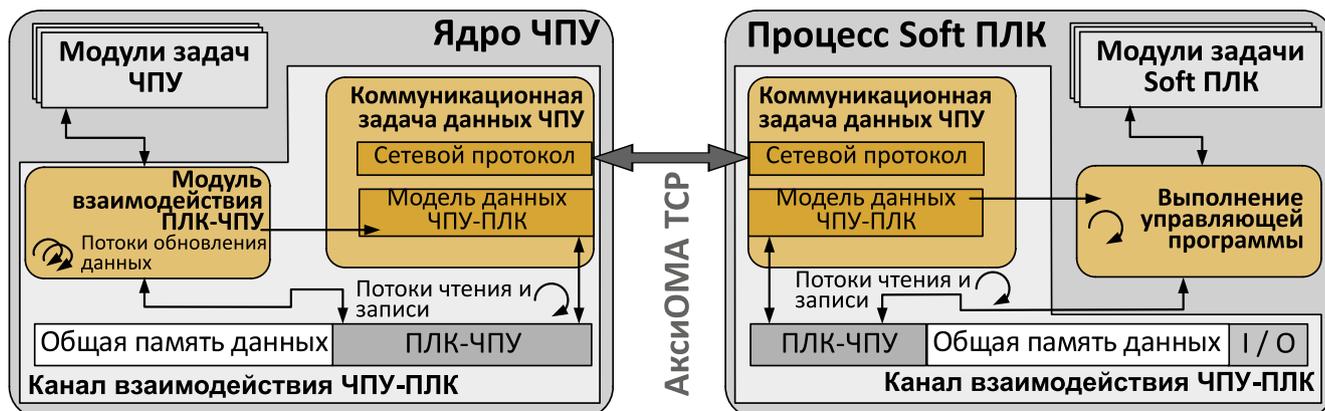


Рис. 2. Взаимодействие задач ЧПУ и Soft PLC по протоколу АксиОМА TCP

4) инструментарий диагностики, предоставляющий возможности сбора данных о взаимодействии ЧПУ и Soft PLC [6, 7].

Настройка взаимодействия ЧПУ и Soft PLC производится конфигурированием функций интерфейса ЧПУ- Soft PLC. В системе «АксиОМА Контрол» доступны следующие настройки:

- конфигурирование набора вспомогательных функций (М-функций) системы;
- настройка пользовательских сообщений различного уровня (error, warning, information) [9];
- настройка набора системных сигналов ЧПУ-Soft PLC (данные каналов, осей, шпинделей, магазинов смены инструмента и т. п.);
- конфигурирование функций М-клавиш панели оператора (их графическое представление и текст) [10].

Набор системных данных для обмена между задачами ЧПУ и Soft PLC формируется в ядре системы ЧПУ (рис. 2 блок «Модель данных ЧПУ-Soft PLC») на основе текущей конфигурации машинных параметров. Эти параметры, в частности, описывают число каналов, осей, шпинделей, магазинов смены инструмента и т. п., которые будут использоваться на данном станке. В соответствии с заданными конфигурационными параметрами формируется набор объектов данных для обмена с Soft PLC. Для унификации механизма доступа к этим данным используется «Общая память данных», таким образом к данным могут получить доступ как локальная реализация Soft PLC (исполняемая с задачами ЧПУ на одном CPU), так и удаленная реализация (посредством сетевого протокола). Описание структуры данных интерфейса ЧПУ-Soft PLC передается в Soft PLC во время инициализации сетевого соединения. Данные сетевого циклического обмена располагаются в общей памяти на стороне устройства Soft PLC.

#### Заключение

Задачу управления станочным оборудованием можно разделить на геометрическую и логическую. Эти две задачи могут быть реализованы на различных аппаратных модулях. Такое разделение потенциально повышает надежность системы управления при условии контроля доступности модулей в ходе сетевого взаимодействия. Реализация сетевой коммуникации ЧПУ-Soft PLC на основе сети Ethernet позволяет вынести решение ряда подзадач на отдельный контроллер безопасности.

В системе управления «АксиОМА Контрол» взаимодействие между задачей логического управления и функциями ядра ЧПУ реализуется через специальный набор интерфейсных данных ЧПУ-Soft PLC. Этот набор формируется, исходя из текущей конфигурации системы управления: числа каналов, осей, магазинов

инструментов и т. п. Функциональные блоки Soft PLC запускаются на выполнение по сигналам от интерфейса ЧПУ- Soft PLC, описанным в структуре данных.

Ядро ЧПУ «АксиОМА Контрол» фактически предоставляет информацию средствам внешнего контроля — программе управления периферийными устройствами (электроавтоматикой) и программе управления безопасностью. Таким образом, система управления является открытой для настройки и реализации функций управления на различном станочном оборудовании.

#### Список литературы

1. *Martynov G.M., Kozak N.V.* Numerical control of large precision machining centers by the AxiOMA control system // Russian Engineering Research. 2015. Vol. 35, Issue 7, pp 534-538.
2. *Мартинов Г.М., Козак Н.В., Абдуллаев Р.А., Ковалев И.А.* Построение специализированной распределенной системы управления прецизионным обрабатывающим центром VMG 50 // Автоматизация в промышленности. 2014. №6. с.16-20.
3. *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.
4. *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.
5. *Абдуллаев Р.А.* Практические аспекты реализации управления разнородным технологическим оборудованием электроавтоматикой в системах ЧПУ // Вестник МГТУ «СТАНКИН» 2013. №1 (24). с. 52-55.
6. *Никишечкин П.А.* Повышение уровня открытости системы управления путем организации многоцелевого канала взаимодействия ее основных компонентов // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2014. №4(31). с. 161-164.
7. *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.
8. *Никишечкин П.А., Григорьев А.С.* Практические аспекты разработки модуля диагностики и контроля режущего инструмента в системе ЧПУ // Вестник МГТУ «СТАНКИН» №4(27), 2013 стр.: 65-70, ISSN 2072-3172.
9. *Мартинов Г.М., Козак Н.В., Абдуллаев Р.А., Богданов С.В.* Реализация управления электроавтоматикой строгально-фрезерного обрабатывающего центра на основе инструментария программно-реализованного контроллера "АксиОМА Контрол" // Автоматизация в промышленности. 2015. №5. с.34-38.
10. *Martynova L. I., Kozak N. V., Nezhmetdinov R. A., Pushkov R. L., Obukhov A. I.* The Russian multi-functional CNC system AxiOMA control: Practical aspects of application//Automation and Remote Control. 2015. Vol. 76, Issue 1, pp 179-186.

**Козак Николай Владимирович** – канд. техн. наук, доцент,

**Абдуллаев Роман Ахматалиевич** – преподаватель, **Червонова Надежда Юрьевна** – преподаватель, **Ковалев Илья Александрович** – аспирант, кафедры «Компьютерные системы управления» МГТУ «СТАНКИН».

Контактный телефон (499)972-94-40.

E-mail: kozak@ncsystems.ru