

## СИСТЕМА ЧПУ СЕРВОКОН – ЭКОНОМИЧНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТАЛЬНЫМИ СТАНКАМИ

А.О. Тихонов (ЗАО "Сервотехника")

Описываются особенности и возможности системы ЧПУ СервоКон, предназначенной для использования в недорогих станках фрезерного, гравировального, покрасочного, токарного типа, а также в станках лазерной резки. Рассмотрено управление приводами по цифровым интерфейсам и CAN протоколу. Описывается адаптивный алгоритм управления станком, связанный с коррекцией подачи при выполнении рабочих циклов.

Ключевые слова: контроллер движения, системы ЧПУ, автоматическое управление, реальное время, сервопривод.

Современная система ЧПУ (СЧПУ) – сложное и дорогостоящее устройство, по своей стоимости не редко достигающее 50% стоимости всей автоматизированной системы. Поэтому попытка снизить себестоимость системы управления с сохранением необходимых ее характеристик в целом является актуальной задачей. СЧПУ СервоКон (ЗАО "Сервотехника", Москва) (рис. 1) представляет собой экономичное решение для управления портальными станками общего назначения. К ним относятся фрезерные, гравировальные, токарные станки, станки для лазерной резки, небольшие покрасочные порталы, лабораторные манипуляторы и измерительные системы.

Несмотря на аскетичность интерфейса, СервоКон работает с множеством стандартных и специализированных алгоритмов, реализуемых в современных СЧПУ большинства европейских производителей.

К стандартным можно отнести такие алгоритмы, как компенсация длины и радиуса инструмента, компенсация люфта передаточных механизмов, зеркальная отработка программы, разворот координат детали на произвольный угол, поддержка механизма смены инструмента, управление шпинделем и другой стандартной электроавтоматикой. В состав СЧПУ СервоКон включены технологические ПИД-регуляторы, которые могут использоваться, например, для стабилизации расстояния между исполнительным органом и обрабатываемой поверхностью.

К специализированным современным алгоритмам отнесем:

- адаптивный алгоритм автоматической коррекции подачи по величине развиваемыми приводами усилий;
- синхронизацию работы сервоприводов по цифровому каналу связи;
- алгоритм расчета текущей скорости движения на основе информации о последующих изменениях траектории движения (look ahead), который позволяет существенно увеличить скорость обработки [1], что крайне важно для фрезерных станков и станков лазерной резки.

Рассмотрим алгоритм коррекции подачи. СЧПУ обменивается с приводами оперативными данными,

включая задание позиции, скорости и значение датчиков позиции и прочих ресурсов приводов, в том числе и величину развиваемого приводами усилия. Обмен выполняется в режиме РВ с частотой сервоциклов (частотой обмена оперативными данными). СЧПУ анализирует текущую загрузку каждого из приводов и в случае превышения заданного порога по развиваемому усилию ограничивает подачу. В результате СервоКон автоматически "адаптирует" текущую программу обработки к физическим возможностям исполнительного привода. Данная возможность полезна на этапе наладки в большинстве решений и особенно актуально в случаях, когда обрабатываемая деталь имеет или высокую стоимость, или длительный цикл обработки. Данный алгоритм позволяет системе продолжить отработку программы с ограниченной скоростью без перехода в аварийный режим.

Система СервоКон имеет несколько стандартных интерфейсов управления: интерфейс Шаг/Направление (Step/Dir) для управления шаговыми двигателями и аналоговый интерфейс  $\pm 10V$  для управления сервоприводами.

Современные СЧПУ характеризуются наличием цифровых каналов связи: SERCOS, EtherCAT и др., которые являются самым верным решением с точки зрения качества управления и обеспечения безопасности системы. По одной цифровой шине СЧПУ способна управлять большим числом осей, удаленных на значительные расстояния. При этом сервоцикл СЧПУ может достигать 100 мкс.

Такие промышленные интерфейсы, как SERCOS, EtherCAT являются унифицированными решениями, призванными объединять оборудование различных производителей в рамках одной системы, так как спецификация этих интерфейсов включает различные унифицированные профили устройств (сервоприводов, датчиков обратной связи, портов ввода/вывода) [2]. К недостаткам подобных цифровых интерфейсов можно отнести только их высокую стоимость, так как необходимо внедрять данный интерфейс в каждый узел системы. При этом для реализации интерфейса потребуется наличие двух портов Ethernet (SERCOS III), специализированного аппаратного драйвера и

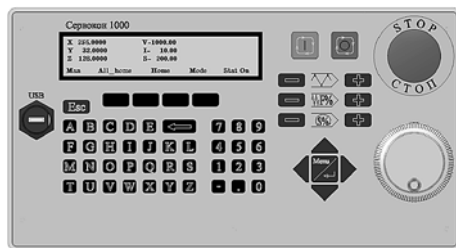


Рис. 1. Внешний вид СЧПУ СервоКон

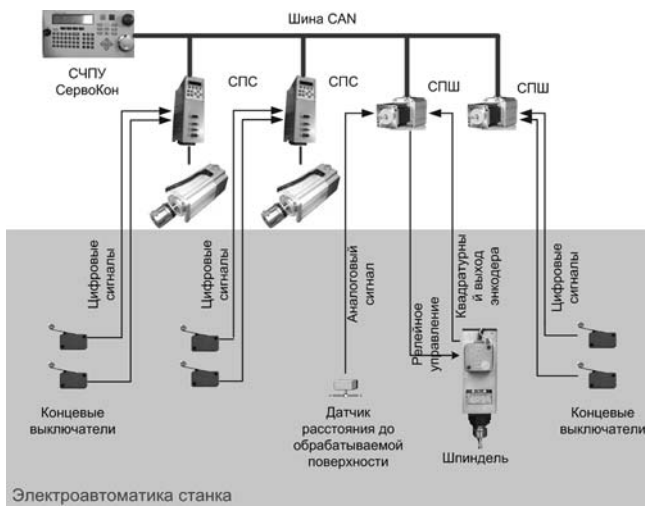


Рис. 2. Пример распределенной системы управления станком на базе СЧПУ СервоКон

ПО. В совокупности с лицензионными отчислениями за право пользования интерфейсом стоимость системы становится весомой.

В состав СЧПУ СервоКон также входит цифровой интерфейс управления, построенный на базе CAN шины. Этот высоконадежный и универсальный протокол давно используется в автомобилестроении, промышленности и других областях. Важной характеристикой CAN протокола является его способность обеспечивать жесткое РВ, заложенная непосредственно в алгоритм работы [3], в то время как большинство протоколов, построенных на базе интерфейса Ethernet, реализуют данную функцию на программном уровне за счет введения мастера сети, выполняющего роль синхронизирующего устройства (протокол ModBus). При этом CAN интерфейс — очень дешевое решение, так как поддерживается практически всеми современными микроконтроллерами, специализированными для управления серводвигателями. Таким образом, работа в режиме жесткого РВ и бюджетный ценовой диапазон делают интерфейс управления на базе CAN привлекательным для разработчиков и пользователей СЧПУ<sup>1</sup>.

Недостатком интерфейса CAN применительно к использованию в системах управления движением является его относительно небольшая скорость 1 Мбод. Однако СЧПУ СервоКон ориентирована на небольшие системы (до 6 осей), и при грамотном разделении "обязанностей" между СЧПУ и приводами данной скорости вполне достаточно. Например, СЧПУ выполняет задачу интерполяции и контурного управления, а на плечи привода переключается замкнутое регулирование контуров управления позицией, скоростью и моментом, а также слежение за динамическими ошибками и обработка аварийных си-

туаций. Данную концепцию можно назвать распределенной системой числового программного управления (рис. 2). Интегрированные сервоприводы серии СПШ, построенные на базе шагового двигателя, а также комплектные сервоприводы серии СПС, построенные на базе синхронных серводвигателей, в состоянии решить перечисленные задачи [4, 5].

Действительно, при управлении скоростью или моментом непосредственно из СЧПУ основная проблема при использовании низкоскоростных шин — это "устаревание" данных в процессе их передачи, то есть потеря актуальности информации, поступающей по обратной связи. В результате ухудшается качество управления. Если же замкнутые контуры рассчитываются непосредственно в приводе, то уменьшается влияние времени распространения управляющего сигнала по шине на качество управления, и снижается необходимая частота сервоцикла.

При использовании предложенной распределенной концепции управления станком в приводы можно частично делегировать функции управления электроавтоматикой, так как сервоприводы СПШ/СПС содержат все необходимые для этого ресурсы: аналоговые порты ввода, цифровые порты ввода/вывода с гальванической развязкой.

Так как обмен между приводами и СЧПУ двухсторонний, то управление ресурсами ввода/вывода СЧПУ может выполняться в режиме РВ. В данной конфигурации СЧПУ физически может поставляться без собственных плат ввода/вывода, используя исключительно ресурсы приводов, которых вполне достаточно для подключения стандартной электроавтоматики (рис. 2).

В состав данных приводов входит ПЛК, который может быть использован для выполнения вспомогательных функций, например, для увеличения надежности и живучести системы. Примером могут выступать программы дублирования реакции приводов на аварийные концевые выключатели и контроля разрыва соединения с СЧПУ. По мере фиксации требуемых событий могут быть выполнены специфические для конкретного решения действия, например, выключение шпинделя станка, перемещение приводов в безопасное положение и т.д.

Цифровой протокол обмена СЧПУ СервоКон по шине CAN основан на периодической передаче сигналов управления и информации обратной связи от приводов с частотой следования сервоциклов (рис. 3). Темнокоричневым цветом выделены посылки, передаваемые от СЧПУ в приводы, светлокоричневым — передача информации обратной связи и состояния периферии, передаваемое приводами в СЧПУ.

Фрейм Idle представляет собой время покоя, в течение которого может быть передана информация,

<sup>1</sup> Справедливости ради, отметим, что современные Ethernet протоколы в основном используют метод временного разделения. В результате каждый узел передает информацию в своем кванте времени, и за счет высокой частоты обмена сообщением, например аварийный сигнал, может быть передан даже быстрее, чем по протоколу CAN с максимальным приоритетом и на максимальной скорости. Поэтому главным аргументом в пользу использования CAN является экономия средств. Но и это существенно, так как цена вопроса довольно велика.

привязанная к событиям, например, сигнал аварийного останова. Данный фрейм также позволяет восстановить связь при появлении помех на линии связи. Длительность данного фрейма соответствует 110 мкс.

Сообщение S (рис. 3) представляет собой команду синхронизации между приводами (контуров позиции и скорости). Основная задача синхронизации — это уменьшение динамической ошибки, связанной с асинхронным расчетом приводами текущих заданий для двигателей. Физически все контроллеры приводов работают от своих кварцевых резонаторов, параметры которых неодинаковые. Вследствие этого квантование контуров отдельных приводов "плавают" друг относительно друга. В результате задание, полученное от СЧПУ, каждый привод актуализирует в произвольное время внутри сервоцикла. При этом асинхронность приводов изменяется во времени, а не остается постоянным смещением. Данный эффект приводит к появлению периодической динамической ошибки, величина которой определяется максимальным заданием контура скорости. Как показывают экспериментальные исследования, максимальная ошибка, связанная с асинхронностью расчета, может достигать 400 дискрет датчика позиции, что приводит к весьма заметным искажениям в процессе обработки.

СЧПУ СервоКон передает следующую информацию в пределах одного сервоцикла (рис. 3): задание контура позиции (Pos-req), форсирующая связь по скорости (Vel-force), значение портов вывода (Pn) и сигнал разрешения движения (Ena). Вместе с системной информацией [6] передача управления одному приводу занимает 95 мкс. В свою очередь привод в качестве ответа передает: ошибку контура позиции (Pos-err), текущий развиваемый момент в процентах от номинального (Mcur), которые используется СЧПУ для предотвращения выхода векторной ошибки за установленный пользователем предел, а также значение аналоговых (A port n) и цифровых (Pn) портов. Суммарное время ответа одного привода составляет 96 мкс.

В состав СЧПУ СервоКон включены два порта CAN. В результате для наиболее распространенного случая (при управлении четырьмя осями портального манипулятора) получается, что минимально допустимый сервоцикл составляет 540 мкс. Таким образом, при использовании несущей частоты CAN шины 1 Мбод максимальная частота управления составляет примерно 2 кГц, что вполне приемлемо для большинства задач управления подобного типа. При использовании же аналогового интерфейса контур позиции рассчитывается на ЧПУ и частота дискретизации в этом случае может достигать 4 кГц.

Помимо интерполяции, выполняемой в СЧПУ, приводы СПШ/СПС способны реализовывать промежуточную интерполяцию самостоятельно для дополнительного сглаживания движения рабочего инструмента. Для этих целей СервоКон передает (помимо

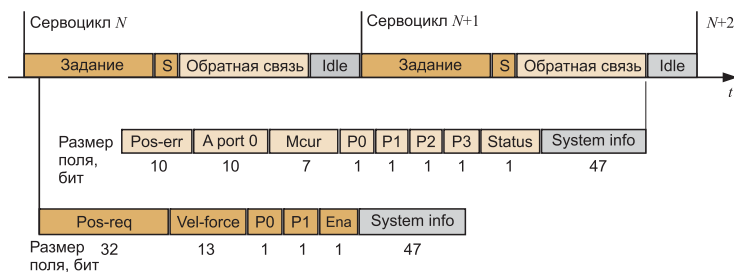


Рис. 3. Протокол взаимодействия СЧПУ СервоКон и сервоприводов серии СПС/СПШ

задания по позиции) задание для контура скорости. В результате внутренний интерполятор привода рассчитывает требуемый профиль движения.

Важнейшей характеристикой системы управления является безопасность работы станка. СЧПУ СервоКон отслеживает следующие аварийные ситуации: нажатие кнопки аварийного останова, выход за пределы рабочей области, потеря связи с одним из цифровых портов, потеря связи с каждым из приводов, а также опционально отслеживает рассогласование между параллельно работающими осями портала. Максимальное время реакции системы на большинство перечисленных событий не превышает длительности двух сервоциклов. При этом время реакции на сигналы аварийного останова и конечных выключателей не превышает 50 мкс.

ПО СервоКон работает под управлением ОС Linux, которая не является системой РВ [7]. Однако в настоящее время существуют программные пакеты, например RTAI, обеспечивающие ОС Linux свойствами жесткого РВ. По сути RTAI представляет собой альтернативное ядро с характеристиками жесткого РВ, которое первым запускается при обработке прерываний и при планировании выполнения процессов, обслуживая в первую очередь процессы РВ. В оставшееся время управление передается наименее приоритетным задачам ОС Linux общего назначения. В результате программное ядро РВ сосуществует со стандартным POSIX-ядром Linux [8]. При этом задачи нереального времени, такие как человеко-машинного интерфейса, выполняются в обычном режиме Linux.

Экспериментальные данные показывают, что джиттеринг сервоцикла (максимальное отклонение времени начала события от идеального) СЧПУ СервоКон не превышает 5 мкс, а реакция на прерывание шины CAN не превышает 1 мкс.

В СЧПУ СервоКон помимо основных функций для удобства использования включены различные сервисы, позволяющие удаленно выполнить администрирование и управление системой. Например, СервоКон предоставляет возможность сквозного администрирования сервоприводов серий СПШ и СПС, подключенных к СервоКон, с помощью программы Мотомастер [4], установленной на удаленном ПК. Аналогично выполняется и настройка самой СЧПУ (рис. 4).

Все удаленные программные интерфейсы системы открыты и реализованы на языке IDL, разрабо-

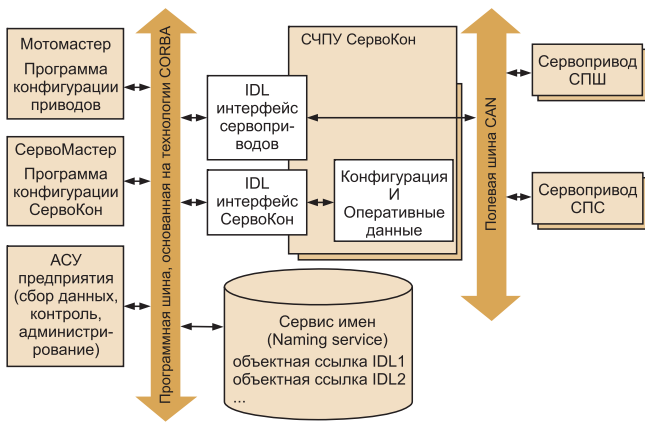


Рис. 4. Программная модель взаимодействия с СЧПУ СервоКон

танном в рамках технологии CORBA [9]. Поэтому системы управления СервоКон можно интегрировать в уже сложившуюся единую АСУ предприятием заказчика. Такая возможность полезна для сбора статистических данных, контроля загрузки станков, общего планирования производства.

#### Заключение

СЧПУ СервоКон в совокупности с приводами СПШ/СПС представляет распределенную систему автоматического управления, построенную на базе методов мехатронного подхода. Данное решение позволяет добиться высокого качества управления и вы-

сокого уровня безопасности. Вместе с тем описанный подход позволяет снизить себестоимость как станка в целом, так и затрат, связанных с пуско-наладкой и эксплуатацией.

При решении более простых производственных задач и при модернизации станков применение СЧПУ СервоКон также оправданно, так как она в состоянии управлять приводами по стандартным и наиболее распространенным интерфейсам: Шаг/Направление (Step/Dir), напряжение  $\pm 10\text{В}$ .

#### Список литературы

1. Suk Swan Suh, Seong Kyoong Kang, Dae Hyuk Chung, Ian Stroud. Theory and design of CNC systems. Springer. 2008.
2. Бессонов Я.Н. Интерфейс SERCOS для управления двигателями // Компоненты и технологии. 2006. №5.
3. Третьяков С.А. CAN – локальная сеть контроллеров // Электроника. Минск. №9.
4. Тихонов А.О., Цывинский М.М. Эволюция приводов на базе шаговых двигателей // Control Engineering. – 2007. №7.
5. Щербаков В.Л., Тихонов А.О. Универсальный сервопривод СПШ10 // Автоматизация в промышленности. 2009. №1.
6. CAN Specification. Version 2.0. Robert Bosch GmbH. 1991.
7. Лав Р. Разработка ядра Linux. Вильямс, 2006.
8. Lorenzo Dozio, Paolo Mantegazza. Linux Real Time Application Interface (RTAI) in low cost high performance motion control. Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale. Politecnico di Milano. 2006.
9. Michi Henning, Steve Vinoski. Advanced CORBA Programming with C++. Addison Wesley. 1999.

*Тихонов Андрей Олегович – канд. техн. наук, руководитель отдела исследований и разработок ЗАО "Сервотехника". Контактный телефон (495) 984-25-64. E-mail: tikhonov@servotechnica.ru*

#### Решения Citect для повышения эффективности управления предприятием

Компания Citect, эксклюзивным представителем которой на территории России, Белоруссии и Казахстана является "РТСофт", продолжает развивать свою продуктовую линейку и представляет новую версию CitectHistorian v4.20 – многофункциональной системы отчетности уровня предприятия.

Программный продукт CitectHistorian (ранее CitectSCADA Reports) рассчитан на удовлетворение самых сложных информационных запросов пользователя и отличается при этом более понятным и удобным интерфейсом. Наличие многофункциональной системы создания отчетов, которая способна хранить и передавать информацию, получаемую от различных прикладных систем, позволяет повысить эффективность деятельности производственного и ИТ-персонала.

Средства взаимодействия с другими системами были существенно усовершенствованы путем реализации клиента OPC DA. С помощью этой функции обеспечивается обмен данными с диспетчерскими системами любых сторонних разработчиков, что позволяет создать целостную структуру источников данных и повысить эффективность производства.

Средство визуализации и анализа данных Process Analyst, доступное ранее только в CitectSCADA, теперь может запускаться и из среды CitectHistorian V4.20. Оно позволяет сравнивать плановые производственные параметры с текущими и выявлять причины имеющихся отклонений.

Для повышения эффективности использования энергетических ресурсов в CitectHistorian v4.20 реализован ряд сконфигурированных отчетов, с помощью которых возможна всесторонняя оценка энергоэффективности. А функция группирования тегов позволяет упростить принятие мер по снижению энергопотребления, обеспечивая более полное понимание структуры расходов на энергию.

Основные преимущества CitectHistorian v4.20:

- преобразование накопленных данных в источник наглядной информации, создание целостной картины производственных процессов;
- повышение качества управления благодаря возможности подключения любой SCADA-системы;
- повышение эффективности использования энергии и снижение энергопотребления благодаря специально сконфигурированным отчетам для оценки энергопотребления;
- использование новейших технологий и прикладных систем (типа Microsoft Windows Vista);
- повышение качества управления и сокращение времени на формирование отчетов благодаря широкому набору отчетных форм.

Специалистам, которые еще не приняли решение об использовании CitectHistorian, предлагается бесплатно узнать о возможностях новой версии с помощью Mini-Historian – полноценного ПО с ограничением на 10 тегов.

[Http://www.rtsoft.ru](http://www.rtsoft.ru)