

Инструментарий диагностики и настройки следящих приводов в мультипротокольной системе управления промышленным оборудованием

*Н.В. Козак,
к.т.н., доц., kozak@ncsystems.ru,
С.В. Соколов,
к.т.н., доц., sokolov@ncsystems.ru,
МГТУ «СТАНКИН», г. Москва*

В работе представлен подход к созданию инструментария диагностики и настройки следящих приводов. Предложена архитектурная модель программных компонентов, позволяющая осуществлять сбор и анализ данных от оборудования различных производителей с разными промышленными протоколами связи. Особенности практического применения инструментария диагностики и настройки рассмотрены на примере фрезерного станка с приводами, управляемыми по протоколам SercosIII и EtherCAT. Представлены результаты обработки тестовой детали¹.

The article presents an approach to the creation of tools for diagnostics and setting of servo-drives. An architectural model of software components is proposed that allows collecting and analyzing data from equipment of different manufacturers with different industrial communication protocols. The practical application of the diagnostics and adjustment tools is examined using the example of a milling machine with drives controlled by the protocols SercosIII and EtherCAT. The results of the processing of the test part were analyzed.

Введение

При разработке опытных образцов станочного оборудования, модернизации или ретрофитинге возникает проблема применения уже имеющихся дорогостоящих компонентов (электродвигатели, мотор-шпиндели, сервопривода, контроллеры автоматизации и т.п.) в составе системы управления [1,2]. Задача интеграции компонентов решается на уровне стандартных промышленных протоколов взаимодействия (Sercos, EtherCAT, Modbus и т.п.). Таким образом в системе управления необходима возможность управления одновременно по нескольким протоколам. При этом для приводов движения, в рамках такой мультипротокольной системы, необходимо настраивать определенные параметры для обеспечения заданных характеристик движения и точности.

Как правило следящие приводы движения имеют механизмы предоставления диагностических данных, предназначенные для настройки. Однако для работы с этими механизмами применяются инструментальные средства производителя этого оборудования, которые не могут быть использованы при работе в составе системы управления с гетерогенным оборудованием (т.е. с оборудованием от различных производителей, взаимодействие с которыми может быть по различным промышленным протоколам).

Внешние по отношению к системе управления контрольно-измерительные приборы, такие как осциллограф, интерферометр, трекер движения, применяемые в процессе пуско-наладки станков позволяют оценить параметры работы отдельных составных частей станка. Но они не предоставляют возможность сопоставления полученных данных с данными системы управления, что часто требуется в ходе построения и отладки алгоритмов управления.

Таким образом со стороны системы ЧПУ необходима возможность поддержки мультипротокольного управления и настройки, наладки разнородного оборудования в составе системы управления станком. В работе представлен подход к созданию инструментария диагностики и настройки следящих приводов с возможностью их мультипротокольного управления. Предложено решение задачи настройки и синхронизации на примере фрезерного станка с приводами, управляемыми по протоколам SercosIII и EtherCAT.

Архитектурная модель программных компонентов для сбора данных

В ядре системы ЧПУ имеется вся необходимая информация о состоянии и параметрах движения следящего привода для диагностики и настройки параметров контуров регулирования. Эти данные обновляются с достаточно высокой частотой, для большинства параметров равной времени цикла обмена данными с устройством. Если необходимы дополнительные данные не относящиеся к управлению движением, они могут быть добавлены в списки параметров циклического обмена между приводом и ядром системы ЧПУ [7,8]. Промышленные протоколы, например SERCOS III, имеют специальные механизмы передачи значений дополнительных списков параметров в циклических данных. Они могут добавляться налету во время работы без необходимости переводить устройство в режим параметризации.

Для сконфигурированных пользователем точек измерения реализован механизм, позволяющий регистрировать в реальном времени значения практически любой области памяти SoftPLC контроллера и ядра системы ЧПУ (рис. 1). Это предоставляет разработчику системы ЧПУ мощный инструмент поддержки разработки и отладки взаимодействия между различными модулями ядра системы управления [3].

Сбор данных измерения в диагностической подсистеме происходит в контексте главного потока ядра ЧПУ. Работа в режиме жесткого реального времени накладывает соответствующие ограничения на применяемые на этом уровне программные и архитектурные решения.

Для предотвращения негативных эффектов блокировки потоков запись значений производится в переключаемый двойной буфер, представляющий собой два массива точек измерения. На каждом такте ядра ЧПУ один из массивов

¹ Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания (№ 2.1237.2017/ПЧ).

используется для записи новых значений точек сигналов, а другой в это время должен быть считан и сохранен менее приоритетным потоком, обслуживающим хранилище измерения.



рис. 1. Архитектурная модель инструментария диагностики и настройки параметров

Все действия по обслуживанию измерения производятся в потоке жесткого реального времени независимо от того, запущено ли в данный момент измерение. Это позволяет избежать скачков вычислительной нагрузки на главный поток ядра ЧПУ. Управление измерением: запуск, остановка, формирование и отсылка данных в пользовательские приложения диагностики, осуществляются в программных компонентах хранилища измерения, функционирующих в режиме мягкого реального времени [4].

Применение описанных методик при создании программного ядра диагностической подсистемы увеличило вычислительную нагрузку на главный поток ЧПУ на 3-5%, в зависимости от используемой аппаратной платформы.

В программных компонентах хранилища данных измерения сигналы накапливаются в буфере, длина которого может быть настроена в пределах от 10 до 100 МБ, позволяя непрерывно записывать довольно большой временной интервал работы системы ЧПУ (вплоть до 10 минут при движении только одной оси) с частотой дискретизации 1 мс. Для каждой из осей системы ЧПУ, сохраняются около 30 сигналов и плюс до 128 конфигурируемых пользователем точек измерения.

Структура мультипротокольной системы управления и её инструментарий диагностики

Опытный образец фрезерного обрабатывающего центра Quaser 184P является гетерогенной технологической системой (рис. 2). Для управления такой системой применяется мультипротокольная система ЧПУ АксиОМА Контроль, которая управляет исполнительными устройствами по промышленным шинам Sercos и EtherCAT [5, 6]. Сам станок изготавливается по лицензии, отдельные части, прежде всего, система управления, локализуются и заменяются отечественными. Но, на данном этапе локализации отдельные узлы станка, например, фрезерный шпиндель включающий двигатель и сервопривод с протоколом SERCOSIII, нельзя заменить без более глубокой и дорогостоящей модернизации.

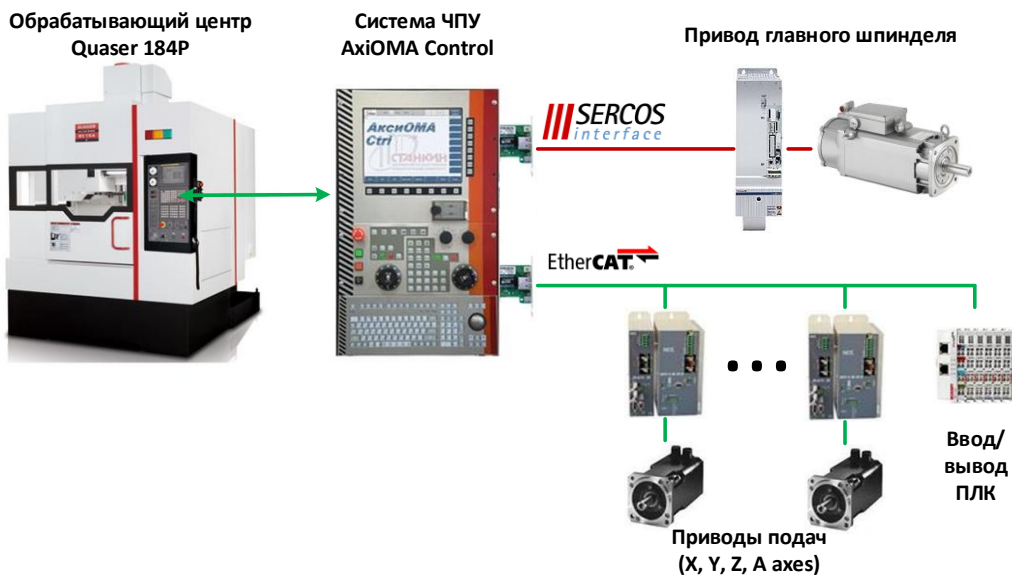


рис. 2. Система управления станком Quaser 184P

На основе настраиваемых машинных параметров система ЧПУ управляет шпинделем по протоколу SERCOSIII, а следующими приводами подачи по протоколу EtherCAT с тактом интерполяции 1 мс. Это обеспечивает согласованное

выполнение такого процесса обработки как нарезание резьбы метчиком (без компенсационного патрона) или резцом, когда шпиндель переключается в режим круговой оси и интерполируется совместно с приводами подачи [7].

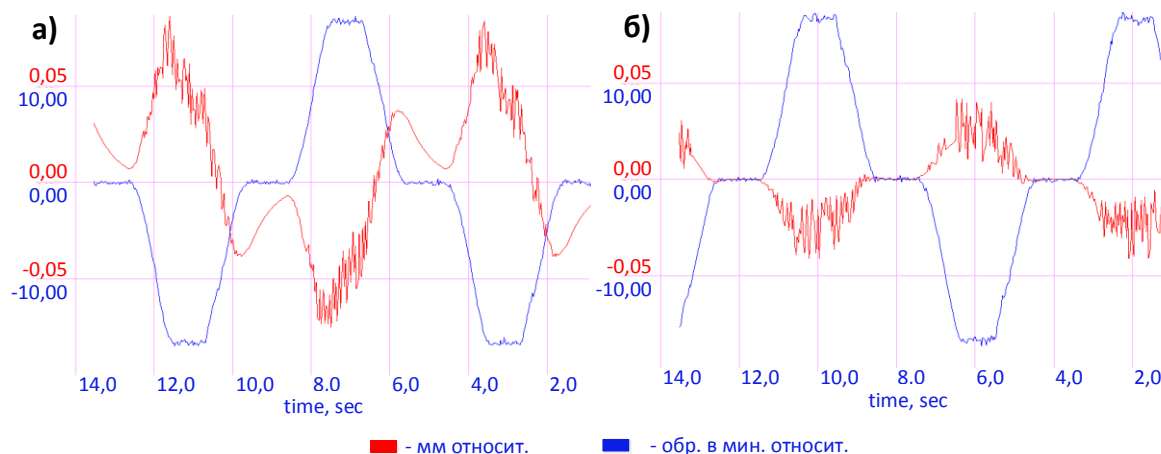


рис. 3. Непрерывное отображение сигналов в инструментарии осциллографа
 а) неоптимальные настройки контура положения;
 б) реакция на настройку контура положения

На основе представленной архитектуры для инструментария диагностики и настройки параметров разработано приложение «Цифровой осциллограф». Приложение измеряет и визуализирует значения сигналов во времени, для анализа протекающих переходных процессов в приводной системе. Запись сигналов измерения производится в ядре системы ЧПУ, поэтому доступны как сигналы командного, актуального положения и скорости привода исполнительного органа станка, так и внутренние величины системы ЧПУ, используемые в управлении движением.

На рисунке 3 а) и б) показано использование осциллографа для настройки пропорционального коэффициента регулятора контура положения SERCOSIII привода фрезерного шпинделя для использования его в режиме позиционного управления, например в процессе выполнения измерительных циклов. Рассогласование между командным и текущим положением оси уменьшилось в 2-3 раза в процессе настройки параметра.

Анализ результатов обработки тестовой детали на станке

Для проверки правильности настройки сервоприводов осей подач и шпинделя фрезерного обрабатывающего центра Quaser MV184P, проделана обработка тестовой детали. Деталь содержит все основные технологические операции, по которым можно сделать вывод о правильности настройки сервоприводов и их синхронной работы между собой (рис. 4).

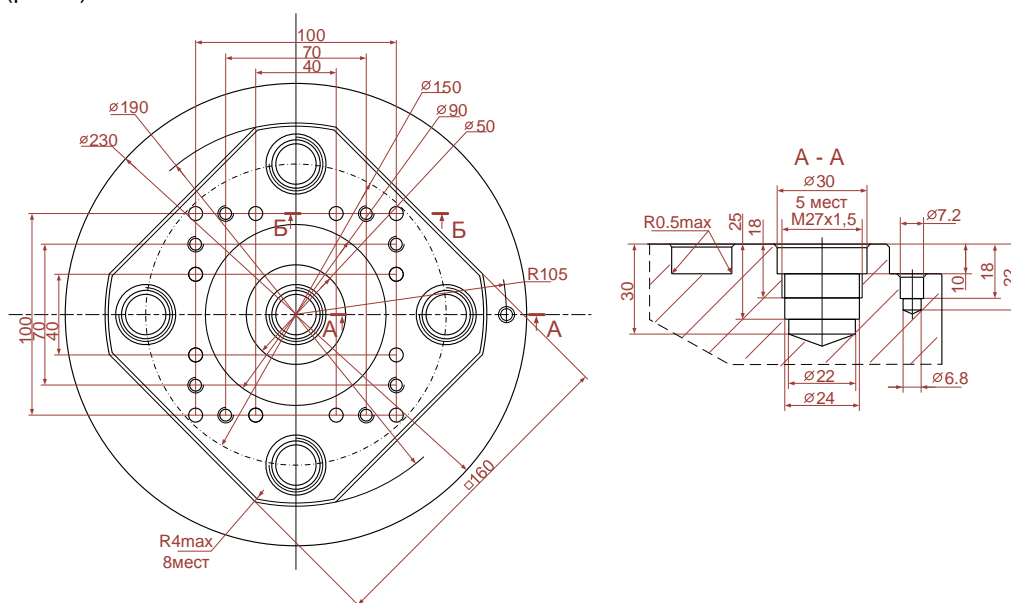


рис. 4. Чертеж тестовой детали для проверки настройки сервоприводов

Для изготовления тестовой детали выполняется следующий набор технологических операций: фрезерование по контуру (как линейному, так и по окружности), фрезерование плоской поверхности, точение канавки, операции сверления и растачивания отверстий. Операция нарезания резьбы, требует синхронизации вращения шпинделя и перемещения линейных осей, которые в обрабатываемом центре Quaser 184R управляются по разным протоколам связи. Нарезание резьбы метчиком реализовано посредством синхронизации вращения шпинделя, работающего в режиме круговой интерполируемой оси, и движения вертикальной оси Z. Нарезание резьбы больших диаметров (M27 вид А-А рис. 4) требует использования специального инструмента (например, фрезы), который требует синхронизации движения всех осей, включая линейные оси X и Y.

После обработки были проведены метрологические измерения тестовой детали в лаборатории и сравнение соответствия полученных размеров заданным нормам и отклонениям (см. Таблица 1).

Таблица 1

Результаты измерения тестовой детали

Тип отклонения	Номинальный размер, мм	Допустимое отклонение, мкм	Результат измерения, мм
Отклонение от круга	Ø 150	± 10	150,006
Линейный размер между центрами отверстий	40 (ось X)	± 12	39,995-40,007
Линейный размер	100 (ось X)	± 18	99,990-100,008
Линейный размер	40 (ось Y)	± 9	39,993-40,002
Линейный размер	100 (ось Y)	± 9	99,994-100,003
Отклонение от круга	Ø 90	± 12	90,012
Отклонение от круга	Ø 30	± 10	30,010
Отклонение от круга	Ø 27	± 10	27,009
Шаг резьбы	1,5	± 7	1,498-1,505
Отклонение от круга	Ø 8	± 10	8,006
Шаг резьбы	1,25	± 5	1,248-1,252

На основе результатов измерений следует вывод - настройка мультипротокольного взаимодействия оборудования, установленного на обрабатывающем центре Quaser MV184P выполнена корректно, что позволяет достигать требуемой точности при изготовлении сложных деталей, в которых требуется синхронизация операций по различным осям.

Заключение

Результаты проделанных испытаний и измерений подтверждают целесообразность применения предлагаемой в работе архитектуры, которая позволяет производить сбор и анализ данных от различного технологического оборудования. На основе представленной архитектуры реализован инструментарий в системе ЧПУ АксиОМА Контроль. Выбранная структура программного обеспечения и открытость, заложенная в архитектуру системы ЧПУ, позволяют создавать программные решения, не привязанные к конкретным производителям технологического оборудования.

Использование инструментария для диагностики и измерений параметров движения следящих приводов в свою очередь не исключает использование внешних инструментов для окончательной настройки параметров системы управления для станка.

Литература

1. Григорьев С.Н., Мартинов Г.М. Управление и диагностика цифровых приводов станков с ЧПУ // Контроль. Диагностика. 2012. №12. С. 54-60.
2. Martinov GM, Martinova LI. Trends in the numerical control of machine-tool systems. Russian Engineering Research 2010;30(10):1041-1045.
3. Григорьев С.Н., Мартинов Г.М., Соколов С.В., Козак Н.В. Разработка и применение специализированного инструментария диагностики и настройки следящих приводов в гетерогенных системах управления промышленным оборудованием // Автоматизация в промышленности, №5. 2017. с.29-33
4. Мартинов Г.М., Обухов А.И., Козак Н.В. Применение инструментария компенсаций погрешностей для повышения точности обработки на вертикально-фрезерных станках с ЧПУ // СТИН, №8. 2017. с.12-15
5. Martinov GM, Nezhmetdinov RA. Modular design of specialized numerical control systems for inclined machining centers. Russian Engineering Research 2015;35(5):389-393.
6. Martinova LI, Pushkov RL, Kozak NV, Trofimov ES. Solution to the problems of axle synchronization and exact positioning in a numerical control system. Automation and Remote Control 2014; 75(1): 129-138.
7. Козак Н.В., Абдуллаев Р.А., Саламатин Е.В. Расширение функциональных возможностей системы ЧПУ на основе механизма канальных переменных. Труды XVI-ой международной молодежной конференции "Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2016). Под ред. А.В. Толока. М.: ООО «Аналитик». – 2016. с. 181-184.