



ВВЕДЕНИЕ

Числовое программное управление мехатронными системами стало активно освещаться на страницах журнала «Автоматизация в промышленности» с 2004 г. В 2010 г. положено начало регулярному обсуждению этой темы с приурочиванием ее к профильной выставке «Машиностроение».

Сложность числового программного управления заключается в большом разнообразии технологических процессов, которыми нужно управлять, во множестве ограничений, исключений и специфических задач, которые должны быть учтены и реализованы, в необходимости использовать решения из смежных областей проекта: диагностика, контроль, измерения и др.

В настоящем номере опубликованы работы ключевых российских научных школ в области промышленной автоматизации — МГТУ «СТАНКИН» и НИАТ, ведущих мировых производителей в области систем управления — Siemens, Bosch Rexroth, Kuka, Fagor, Mitsubishi, дидеров в области измерений — Renishaw и проектирования — Delcam. Все представленные в номере материалы условно сгруппированы по тематическим разделам.

В разделе «Тенденции и перспективы развития» рассмотрены вопросы удаленной настройки и диагностики процессов и оборудования с использованием Web-технологий, перехода от традиционных ПЛК

к SoftПЛК с применением единой аппаратной платформы, интеграции системы управления промышленным роботом с ядром системы ЧПУ через предоставляемую открытость.

В разделе «Специализированные решения на базе отечественных и зарубежных управляющих платформ» рассмотрено построение специализированных систем ЧПУ для: прецизионного обрабатывающего центра для изготовления особо крупных деталей, установки послыного лазерного синтеза и токарно-фрезерного центра. Все эти решения построены на базе отечественной управляющей платформы «АксиОМА Контроль», представленной в статье «Метод декомпозиции и синтеза современных систем с ЧПУ», опубликованной в № 5 нашего журнала в 2013 г. Альтернативное решение представлено на платформе SINUMERIK 840D фирмы Siemens.

В разделе «Прикладные решения» рассмотрено применение систем ЧПУ Fagor, систем управления роботами Kuka, систем ЧПУ «СТАНКИН NC» и системы оперативного управления Mitsubishi Electric.

В разделе «Новые методы проектирования, контроля и измерения деталей» представлены решения Delcam по проектированию и контролю деталей, метод непрерывного контактного сканирования от Renishaw, инструмент автоматизированного конфигурирования аппаратных средств от V&R.

Редакция выражает благодарность за помощь в подготовке номера

Георгию Мартиновичу Мартинову — д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой "Компьютерные системы управления" МГТУ "СТАНКИН", члену редакционной коллегии журнала "Автоматизация в промышленности".

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

НАСТРОЙКА И ДИАГНОСТИКА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ

С.Н. Григорьев, Г.М. Мартинов (МГТУ «СТАНКИН»)

Обеспечение конкурентоспособного производства требует сокращения времени простоя станков по причинам отказа и своевременного проведения плановых профилактических работ. Для решения таких задач используется автономный или интегрированный в систему ЧПУ инструментальный для настройки приводов станка и диагностики входов/выходов электроавтоматики. Применение современных Web-технологий при создании ПО систем управления позволяет организовать для пользователей удаленную настройку и диагностику станков из диагностического центра станкостроителя. В первую очередь следует диагностировать геометрическую и логическую задачи управления. Предложен подход к построению инструментария диагностики на базе интегрируемых в Web-браузер виртуальных приборов¹.

Ключевые слова: ЧПУ, цифровой осциллоскоп, преобразования Фурье, векторная графика, XSLT-преобразования.

Современные станки с ЧПУ представляют собой сложные мехатронные системы, и контроль над их обслуживанием и настройкой осуществляется профессионалами сервисных центров, причем этот процесс выполняется удаленно [1–3]. В связи с этим

возникает острая потребность в диагностическом ПО для дистанционного анализа входных/выходных сигналов исполнительных органов станка. Удаленная система диагностики должна уметь: изменять машинные параметры системы управления, счи-

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. Компонентная архитектура осциллоскопа

тывать сигналы, запоминать результаты измерений вместе с конфигурацией измерений, выполнять вычислительные операции над измеренными сигналами, оформлять отчеты по выполненным измерениям в виде осциллограммы [4]. Интеграция в систему ЧПУ возможностей удаленной диагностики предполагает специальные архитектурные решения в системе управления [5, 6].

Системы ЧПУ класса Hi-End располагают определенными свободными ресурсами вычислительных мощностей, которыми необходимо эффективно воспользоваться [7, 8]. Наиболее перспективный способ использования этих ресурсов состоит в создании и развитии подсистемы диагностики, которая в существующих системах представлена весьма слабо. В первую очередь следует диагностировать геометрическую и логическую задачи управления, отвечающие соответственно за процесс формообразования и процесс управления вспомогательным оборудованием. В рамках геометрической задачи управления диагностируются приводы, участвующие в интерполяции, в рамках логической задачи управления — входы/выходы ПЛК. Предложен подход к построению инструментария диагностики на базе ядра цифро-

го осциллографа, виртуальных приборов управления, интегрируемых в Web-браузер.

Компонентная архитектура цифрового осциллоскопа

Цифровой осциллоскоп является одним из самых универсальных инструментов настройки технологического оборудования и исполнительных устройств. Ведущие производители систем ЧПУ — Fanuc, Siemens, Bosch

Rexroth, Mitsubishi, Fagor и др. предлагают в своих системах управления встроенное решение осциллографа. Другие производители, например Renishaw и Heidenhain, предлагают внешние измерительные системы ballbag и KGM соответственно.

Внешние измерительные системы предназначены для комплексного диагностирования станка, включая все его элементы и обратные связи, но внешние измерительные системы не позволяют проводить измерения в процессе обработки. С другой стороны, в современных системах ЧПУ присутствует вся информация, получаемая при измерениях, и при необходимости ее можно извлечь. В системах управления, представленных на рынке, в силу исторических причин используются разные приложения для диагностики и настройки исполнительных органов станка, хотя большинство из них могло быть реализовано на основе некоего общего решения — ядра цифрового осциллоскопа.

Использование модульного подхода при построении цифрового осциллоскопа позволило компоновать на базе общего ядра прикладные приложения диагностики, в том числе с удаленным доступом.

Реализованная компонентная архитектура обладает двумя уровнями абстракции. Абстракция на уровне устройств позволяет подключать к системе диагностики разные физические устройства, например, приводы, ПЛК, системы ЧПУ и т.д., в том числе, и устройства от разных производителей. Ядро цифрового осциллоскопа (рис. 1) посредством уровней абстракции реализует открытость в отношении поддерживаемого списка физических устройств измерения. Каждому физическому устройству сопоставляется виртуальное устройство с фиксированным интерфейсом для под-



Рис. 2. Концепция реализации открытости ядра цифрового осциллографа

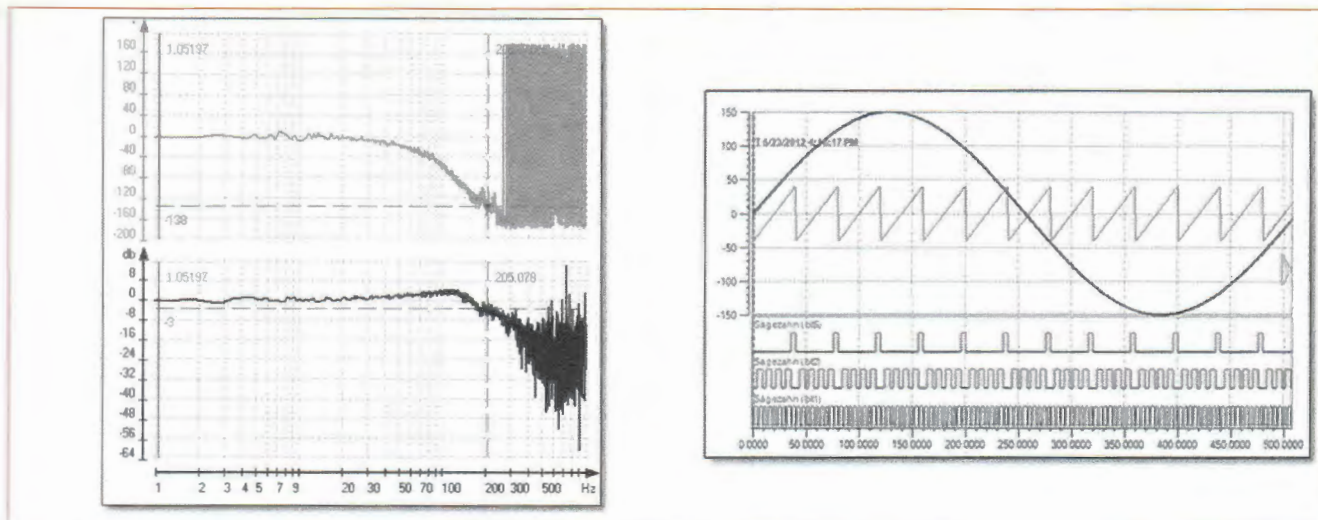


Рис. 3. FFT Analyzer и Logic Analyzer

ключения к ядру. Виртуальное устройство общается с физическим устройством по специфичному для него набору API-функций и выступает в роли оболочки, которая маскирует особенности физического устройства. На сегодняшний день реализованы виртуальные устройства для работы с приводами, управляемыми по протоколам SERCOS (электрическими и гидравлическими приводами), EtherCAT и CAN. Также возможна работа с системами управления на базе ПЛК и ЧПУ, к которым могут быть подключены несколько приводов. Список поддерживаемых устройств расширяется по мере необходимости. Ядро организует иерархию объектов (устройства, измерения, сигналы, триггеры и др.), осуществляет преобразования систем координат, сдвиг, масштабирование, формирование декартовой и логарифмической системы координат и т.д.

Измеренные сигналы от исполнительных устройств подвергаются математической обработке. Открытость для анализа сигналов посредством уровней абстракции позволяет специалисту интегрировать собственные вычислители. В базовом наборе вычислителей реализованы арифметические операции, девиация частоты, быстрые преобразования Фурье (FFT - fast Fourier transformation), частотный анализ, логический анализатор, оценка погрешности пути, оценка погрешности теста окружности согласно ISO 230-4 и т.д.

Компоненты визуализации позволяют сконфигурировать процесс измерения и отображать результаты проведенных измерений.

На базе набора компонентов ядра (рис. 2) строятся специфичные приложения диагностики: осциллоскоп реального времени, FFT Analyzer — для спектрального анализа и определения резонансных частот, Cyclic Time Analyzer — для отслеживания использования ресурсов в сложных процессах, Contour Display — для анализа траектории движения, Frequency Measurement — для анализа амплитудно-частотных характеристик, Logic Analyzer — для анализа сигналов электроавтоматики [9, 10] (рис. 3), Circle Test — для определения отклонения от окружности.

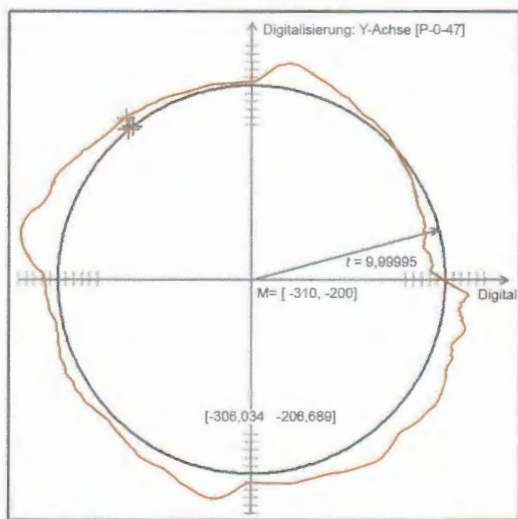


Рис. 4. Приложение для проведения теста окружности ISO 230-4, реализованное на базе цифрового осциллоскопа

При создании приложения для отображения результатов измерений часто требуются специальные графические символы и метки на экране. Реализованный механизм открытости пользовательского рисования позволяет применять язык описания графических примитивов SVG (Scalable Vector Graphics). Диаграмма «тест окружности» иллюстрирует применение SVG примитивов (рис. 4). Пользователь вводит информацию о радиусе окружности, направлении вращения, значении подачи обхода контура; после проведения измерений специальный алгоритм масштабирует ошибку для

ее отображения на экране (ее величина в пределах нескольких микрон). Информация об измерении, дополненная координатными осями, отображается серым цветом с помощью SVG.

Использование XML формата описания сигналов позволяет применять XSLT трансформации для генерации отчетов, конвертации форматов и обработки данных.

Компонентный подход обеспечивает открытость интеграции. На базе цифрового осциллографа можно создавать встроенные в систему ЧПУ диагностические приложения или автономный инструментарий.

Прикладные решения для станков с использованием Web-технологий

Множество причин, таких как наличие готового инструментария на рынке, легкость использования, независимость от аппаратных и программных платформ, простота интеграции в пользовательские приложения, возможность описания данных практически любой сложности явились основой массового распространения языка XML. Информация, оформленная в формате XML, в отличие от двоичных форматов может обрабатываться не только машинами, но и человеком. Широкое применение XML породило идею использования его для организации хранения диагностических данных. В формате XML хранится как информация о конфигурации измерений (точки измерения, используемые каналы, конфигурации триггеров начала и конца измерения, время дискретности измерения значений сигналов и др.), так и значения измеренных сигналов и информация о примененных к ним вычислениях (computations), настройки отображения экрана и т.д. Значения измеренных сигналов хранятся в двоичном коде в XML теге, поскольку число измеренных точек в сигнале может превышать

*Восприятие важнее, чем знания.
Знания ограничены, тогда как
восприятие охватывает целый мир,
стимулируя прогресс, порождая
эволюцию.*

Альберт Эйнштейн

500 тыс. ед., а обработка таких сигналов длилась бы недопустимо долго.

Данные об измерениях, хранящиеся в формате XML, обрабатываются XSLT-преобразованиями для конвертации форматов данных, генерации отчетов, фильтрации информации и т.д. (рис. 5). Конечный пользователь может создавать свои XSLT-преобразования под свои задачи, имея описание формата данных XML или файл схемы *.xsd.

Для выполнения пусконаладочных работ для запуска оборудования в цехе, где ограничена связь с диагностическим центром, был создан визуализатор сигналов — SVG-viewer (рис. 5) на базе Web-браузера, использующего свободно распространяемый динамически подключаемый модуль SVG plug-in, XSLT-преобразования и язык программирования сценариев Java-скрипт, выполняемый на стороне Web-браузера. Такое решение является более медленным, чем обычное диагностическое приложение, но позволяет просматривать и анализировать измеренные сигналы на любом ПК с Web-доступом без дополнительных

ограничений на аппаратуру и программные лицензии.

Заключение

В современных системах ЧПУ имеется вся информация о работе станка, отдельных его узлов, каждого привода и входов/выходов электроавтоматики [11,12]. При необходимости эту информацию можно извлечь и проанализировать с помощью диагностических приложений.

Внешние измерительные системы охватывают обратные связи на станке, но они не позволяют проводить измерения в процессе обработки.

Заложенные в архитектуре системы ЧПУ уровни открытости позволяют добавлять новые физические устройства и новые вычислители

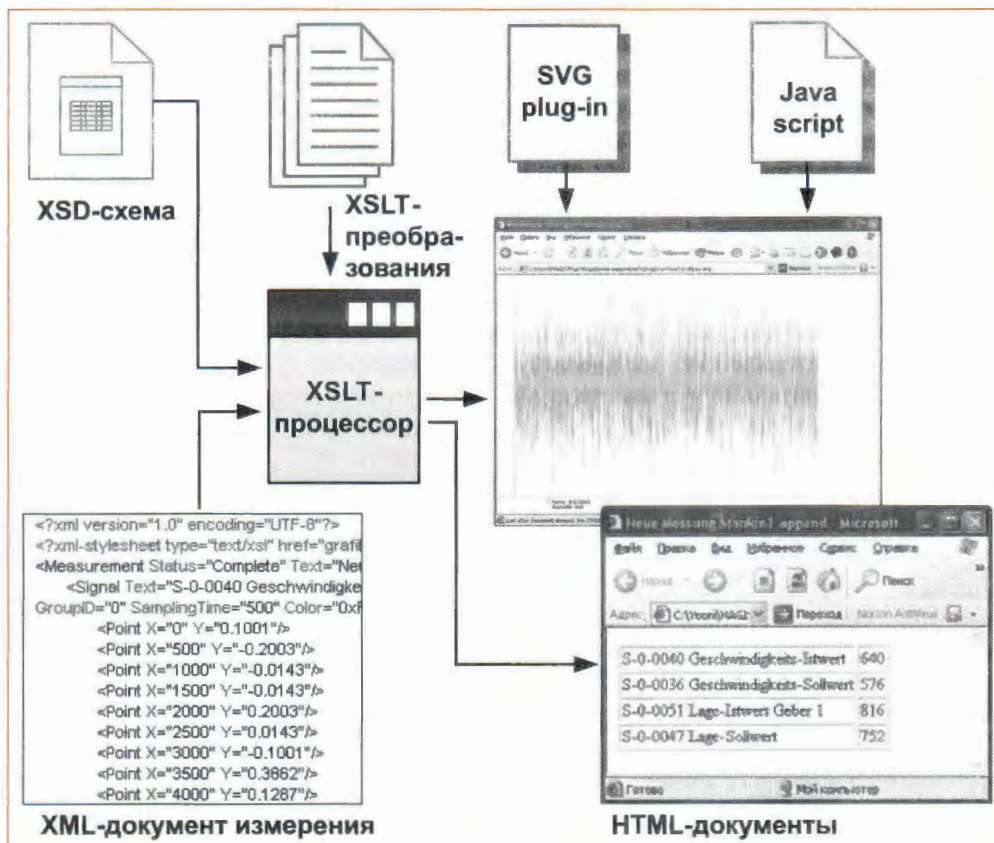


Рис. 5. Генерация HTML отчета с помощью XSLT-трансформации и визуализация сигналов из XML-данных с использованием SVG

без перекомпиляции ПО. Сформированный базовый набор компонентов цифрового осциллографа для систем управления позволяет строить на его основе как мощные универсальные инструментарию диагностики, так и несложные в использовании диагностические приложения, ориентированные на решение конкретных задач.

Рассмотренные решения не исчерпывают возможности применения Web-технологий для диагностики и настройки технологического оборудования.

Список литературы

1. Григорьев С.Н. Развитие отечественного станкостроения - фундамент модернизации машиностроительного производства. // Автоматизация в промышленности. 2012. №5. с.4-7.
2. Мартинов Г. М., Мартинова Л.И. Анализ систем ЧПУ, представленных на Международной выставке «Металлообработка-Технофорум-2009», их новизна и особенности // Автоматизация в промышленности. 2009. №12. С. 59-65.
3. Григорьев С.Н., Мартинова Л.И. Подход к построению информационно-вычислительных сред виртуальных производственных корпораций // Межотраслевая информационная служба. 2012. № 4. С. 31-37.
4. Мартинов Г.М. Виртуальные приборы диагностики в системе ЧПУ // Информатика-машиностроение. 1998. №4. С. 8-12.
5. Grigoriev S., Martinov G. Scalable open cross-platform kernel of PCNC system for multi-axis machine tool // 5th CIRP Conference on High Performance Cutting 2012, Procedia CIRP 1 (2012). P. 255-260.
6. Martinov G., Ljubimov A, Grigoriev A, Martinova L. Multifunction numerical control solution for hybrid mechanic and laser machine tool // 5th CIRP Conference on High Performance Cutting 2012, Procedia CIRP 1 (2012). P. 277-281.
7. Martinova L.I.; Grigoryev A. S.; Sokolov S. V. Diagnostics and forecasting of cutting tool wear at CNC machines//Automation and Remote Control. 2012. Vol. 73. No. 4. P. 742-749.
8. Martinov G.M., Martinova L.I. Trends in the numerical control of machine-tool systems // Russian Engineering Research. 2010. Т.30. №10. P. 1041-1045.
9. 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.
10. Мартинов Г.М. Развитие систем управления технологическими объектами и процессами // Вестник МГТУ «Станкин». 2008. №1. С. 74-79.
11. Martinov G.M., Grigor'ev A.S. Diagnostics of cutting tools and prediction of their life in numerically controlled systems // Russian Engineering Research. 2013. Т. 33. № 7. С. 433-437.
12. Martinova, R.L. Pushkov L.I., 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. January 2014, Volume 75, Issue 1, pp 129-138.

*Григорьев Сергей Николаевич – д-р техн. наук, проф.,
заведующий кафедрой «Высокоэффективные технологии обработки», ректор МГТУ «СТАНКИН»,
Мартинов Георгий Мартинович – д-р техн. наук, проф.,
заведующий кафедрой «Компьютерные системы управления» МГТУ «СТАНКИН».
Контактный телефон (499) 972-94-40.
E-mail: e-mail@ncsystems.ru*

SC-система: Новое семейство формирователей сигналов от компании Pepperl + Fuchs

SC-система является новой разработкой, сочетающей самые широкие возможности сопоставимых продуктов в семействе устройств. Например, калибровка выполняется путем автоматизированной лазерной подстройки постоянных резисторов. Это позволяет получить лучшие результаты калибровки без расширения производства и устранения риска помех при настройке потенциометров из-за перемещения точки контакта ползунка.

Исключено применение электролитических конденсаторов, а вместо них используются альтернативные компоненты. После замены электролитических конденсаторов формирователи сигнала SC-системы могут работать при температуре окружающей среды до 70 °С. Конструкция с низким энергопотреблением, обеспечивающая низкое самонагревание, способствует расширению температурного диапазона, в котором могут работать устройства.

В SC-системе применяется высококачественное трехстороннее сопротивление между входом/выходом и электропитанием, которое выдерживает рабочее напряжение до 300 В и испытательное напряжение до 2,5 кВ. Опасность короткого замыкания в обмотках формирователя сигналов нейтрализуется с помощью трансформаторов

печатных плат. В этой конструкции трансформаторные катушки интегрированы в печатную плату, так что короткие замыкания в обмотках из-за неисправной изоляции исключаются.

За счет компактной конструкции достигается эффективное использование пространства распределительного щита: корпуса, имеющие ширину всего 6 мм, снижают до минимума потребность в пространстве формирователя сигналов. Высота корпуса настолько мала, что модули помещаются между близко расположенными кабельными каналами.

Блоки электропитания передатчика являются неотъемлемой частью SC-системы. Они передают сигналы 4...20 мА от подключенных преобразователей сигналов и в то же время подают на них напряжение питания. Блоки питания передатчиков поставляются с функцией разделения сигнала и как SMART-устройства, которые в дополнение к аналоговым сигналам могут передавать несколько переменных по HART протоколу.

Преобразователи температуры, ретрансляторы тока с питанием от контура и универсальные преобразователи сигналов для биполярных сигналов также являются частью ассортимента новой SC-системы.

<http://www.pepperl-fuchs.ru>