

УПРАВЛЯЮЩАЯ ПЛАТФОРМА «АКСИОМА КОНТРОЛ» ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЧПУ: АКТУАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Г.М. Мартинов, Л.И. Мартинова (МГТУ «СТАНКИН»)

Определено место и сделан сравнительный анализ управляющей платформы «АксиОМА Контрол» в поле мировых трендов систем ЧПУ класса Hi-End. Рассмотрена специализированная система ЧПУ для станка серии ST16A18, построенная на базе управляющей платформы «АксиОМА Контрол». Приведены результаты временных испытаний модуля реального времени системы ЧПУ на базе процессора «Эльбрус-8С», определены краткосрочные направления предстоящих исследования¹.

Ключевые слова: системы ЧПУ, цифровизация, модуль реального времени, multi-touch интерфейс, многоканальная и многоосевая обработка, сплайн-интерполяция.

Введение

Сегодняшние реалии заставляют переосмыслить ряд фундаментальных основ в концепции построения отечественных систем ЧПУ. К таковым относятся: отсутствие отечественных станочных приводов, уход с российского рынка европейских комплектующих и переориентация на производителей азиатско-тихоокеанского региона, необходимость использования отечественных процессоров («Эльбрус» и «Байкал») и адаптированных к ним операционных систем, жесткие сроки для выпуска работоспособных решений и т.д. При этом необходимо обеспечить системами ЧПУ весьма разнородное исполнительное оборудование.

Разрабатываемая в МГТУ «СТАНКИН» управляющая платформа «АксиОМА Контрол» нацелена на создание специализированных систем ЧПУ для конкретного технологического оборудования с минимально достаточной функциональностью [1-3].

Управляющая платформа «АксиОМА Контрол» в поле мировых трендов систем ЧПУ класса Hi-End

Мировые тренды в области систем ЧПУ следует отслеживать на флагманских версиях систем управления, которые являются представителями модельного ряда выпускаемых на рынок систем управления и в которых реализуются самые передовые разработки [4]. Отнести систему ЧПУ к классу Hi-End позволяют такие функции, как многоканальная и многоосевая обработка, сплайн-интерполяция, механизмы интеграции в цифровые производства и т.д. Новейшие тенденции в области систем ЧПУ охватывают 3D-визуализацию процесса обработки в реальном времени, реализацию интерфейса автоматизации по протоколу OPC UA для связи с «внешним миром» и multi-touch интерфейс оператора [5].

Многоканальная и многоосевая обработка являются фундаментом системы ЧПУ класса Hi-End (табл. 1). Многоканальная обработка подразумевает запуск отдельной управляющей программы на каждом канале управления. Число каналов управления может быть увеличено для управления вспомогательным оборудованием, например, автоматическим загрузочным устройством. Понятие «многоосевая обработка» связано с числом управляемых осей и определяется суммарным числом одновременно интерполируемых осей на всех каналах управления. При

этом учитываются, в том числе и шпиндели, переключаемые в режиме поворотной оси. Лидером по наличию названных функций является система ЧПУ MTX Advanced фирмы BOSCH REXROTH (Германия), которая способна управлять на 60 каналах 250 электрическими и гидравлическими осями и 60 шпинделями с тактом 0,25 мс. Столь внушительные результаты обеспечиваются четко продуманной архитектурой ядра системы управления и использованием VxWorks в качестве операционной системы жесткого реального времени.

Программирование сложных контуров и поверхностей свободной формы с использованием сплайнов, имеющих непрерывную вторую производную, обеспечивается функциональными возможностями системы ЧПУ. По сравнению с линейно-кусочной аппроксимацией контура, сплайн-интерполяция позволяет избежать динамических ударов на стыке кадров, в несколько раз сократить размер управляющей программы и увеличить контурную подачу за счет гладкости контура без потери требуемой точности. Система ЧПУ Siemens Sinumerik 840D реализует наиболее полный набор алгоритмов сплайновой интерполяции, включая обработки полинома и компрессию кадров (табл. 2).

Функция программирования ориентации инструмента в обобщенных координатах вне зависимости от набора осей и кинематики станка обеспечивает переносимость управляющей программы без ее изменения с одного станка на другой независимо от их кинематической схемы (глобусный стол, поворотная головка или комбинированная схема).

Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» реализует программирование в обобщенных координатах, программирование с использованием углов Эйлера или вектора ориентации инструмента [6]. При 5-координатной обработке происходит одновременная интерполяция по пяти координатам с компенсацией смещения конца инструмента при изменении его ориентации относительно детали (TRAORI). 5-координатная интерполяция учитывает такие параметры, как: текущий кинематически независимый вектор ориентации инструмента, 3D-коррекцию на радиус и длину инструмента, текущий способ интерполяции движения при смене ориентации инструмента (ORIXES, ORIVECT). Вектор компенсации определяет смещение центра режущей кромки относительно точки контура. Модуль вектора компенсации зависит от формы инструмента

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках Соглашения № 22-29-01325

и его ориентации относительно касательной и нормали. При расчете компенсаций используется касательная к контуру, приведенная к системе координат станка.

Современные системы ЧПУ предоставляют решения для сквозного CAD/CAM проектирования, программирования и изготовления деталей на станках. Управляющая платформа «АксиОМА Контроль» предоставляет решения для цепочки сквозного CAD/CAM проектирования и изготовления деталей на станках (рис. 1). Разработаны постпроцессоры для CAM/CAD системы Autodesk Fusion 360 для токарной, 3-осевой, 3+2 и 5-осевой фрезерной обработки. OPC UA сервер управляющей платформы передает информацию от системы ЧПУ «АксиОМА Контроль» на уровень SCADA, MES и ERP систем.

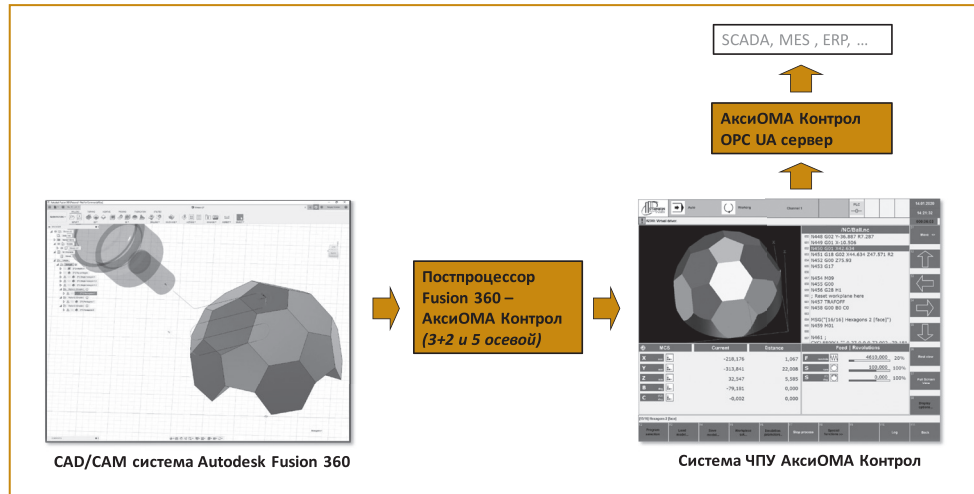


Рис. 1. Цепочка сквозного CAD/CAM проектирования и программирования изготовления деталей на станках ЧПУ

Прикладное решение для токарного станка серии СТ16А18

В качестве иллюстрации продемонстрируем построение на базе управляющей платформы «АксиОМА Контроль» специализированной системы ЧПУ для токарного станка серии СТ16А18. Станок выполняет широкий спектр технологических переходов, включая токарные работы на наружных и внутренних поверхностях, сверление, нарезание резьбы и др. Помимо обработки традиционных материалов, станок предусматривает обработку заготовок, полученных методом селективного лазерного наплавления.

Станок оснащен системой ЧПУ «АксиОМА Контроль» с сенсорным multi-touch интерфейсом, разработанной на кафедре компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН» (рис. 2).

Система ЧПУ «АксиОМА Контроль» реализует сплайновую интерполяцию (Akima, кубический и NURBS сплайны) для обработки сложных контуров. Предусмотрен постпроцессор для САМ-системы для программирования обработки сложных деталей. Режим 3D-визуализации процесса обработки реализован на базе твердотельной воксельной модели, отображающей процесс обработки заготовки в реальном времени, то есть параллельно с процессом резания. Связь с системами управления производственным процессом верхнего уровня (SCADA, MES, ERP) осуществляется по протоколу автоматизации OPC UA, по которому передается информация о состоянии станка, об исполняемой управляющей программе и проценте ее выполнения, числе изготовленных деталей, времени простоя и т.д. Реализованный multi-touch интерфейс оператора, предусматривающий разные цветовые гаммы и возможность индивидуальной настройки, соответствует новейшим тенденциям на рынке современных систем ЧПУ



Рис. 2. Станок серии СТ16А18 с системой ЧПУ «АксиОМА Контроль»

в ряду с Bosch и Siemens, выпустившими multi-touch версии своих систем ЧПУ.

Система ЧПУ управляет приводами и входами/выходами электроавтоматики по высокоскоростному протоколу EtherCAT, в качестве модуля реального времени использован российский процессор «Эльбрус-8С» под управлением ОС «Эльбрус ОС» (рис. 3).

Аппаратными остались кнопки подачи/снятия силы с приводов и кнопка экстренного останова (emergency stop), все остальные опции реализованы на multi-touch интерфейсе оператора.

Были проведены временные замеры потоков вызова ядра системы ЧПУ, функционирующей на базе процессора «Эльбрус-8С» (рис. 4).

Такт потока вызовов EtherCAT, реализующий циклический обмен с частотой 1 мс, вполне стабилен, девиация находится в пределах 50 мкс. Суммарное время потоков обслуживания исполнительных устройств, время работы ядра и время работы потока EtherCAT [7, 8] ≤700 мкс, что вполне укладывается в такте интерполяции 1 мс. Процессор «Эльбрус-8С» имеет восемь ядер и задействует < 50%

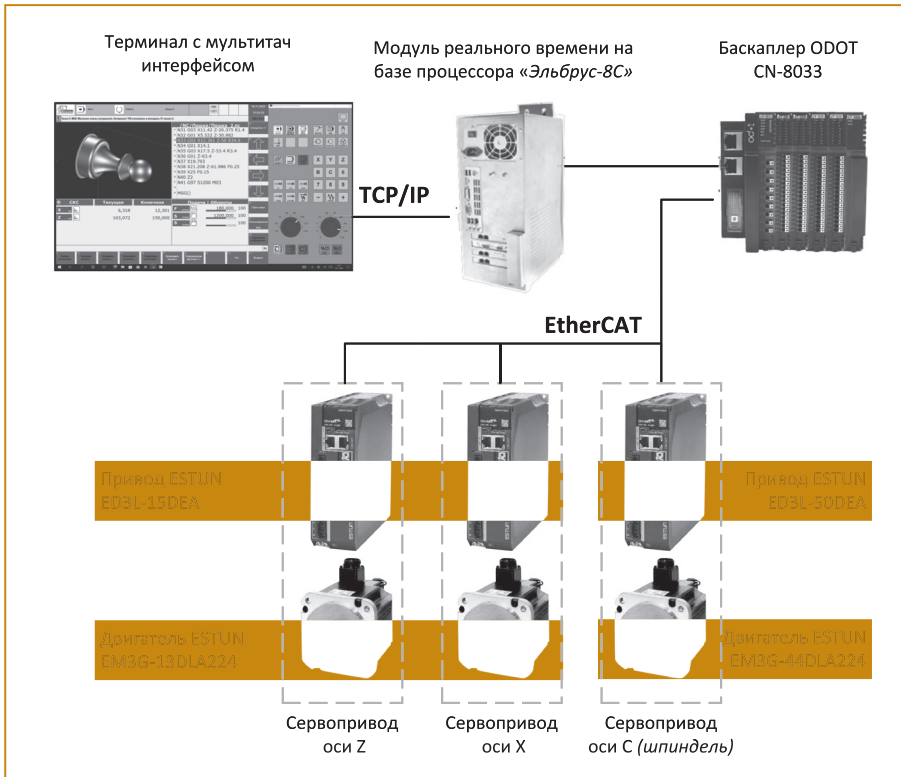


Рис. 3. Структурная схема специализированной системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» для станка серии СТ16А18

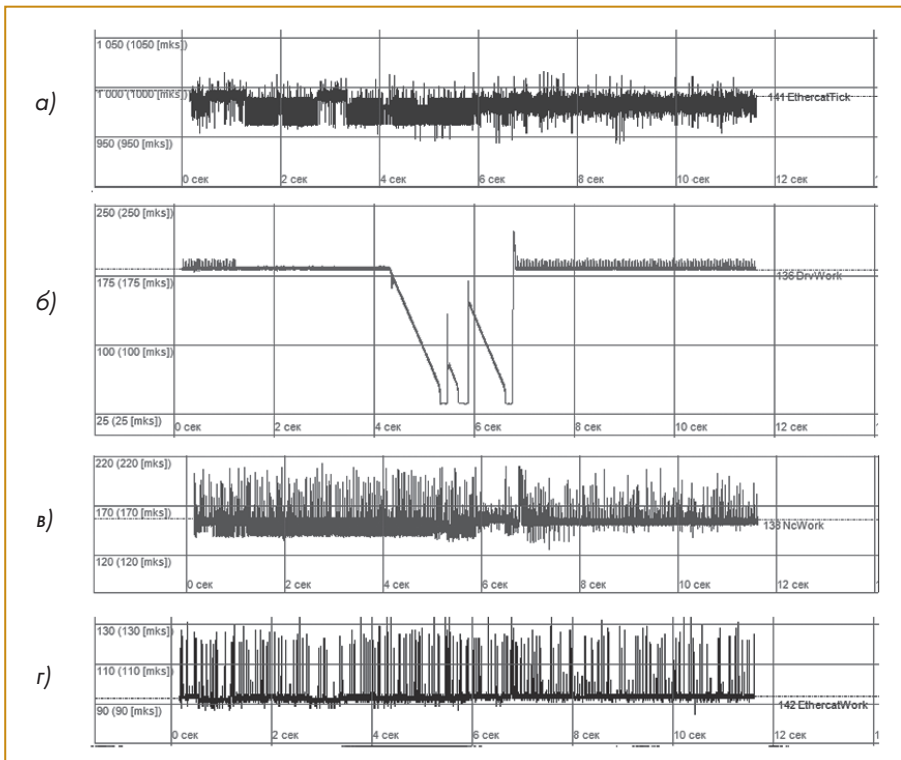


Рис. 4. Осциллограммы времени работы потоков модуля реального времени системы ЧПУ на базе процессора «Эльбрус-8С»: а) такт потока вызовов EtherCAT, б) время обслуживания исполнительных устройств, в) время работы ядра, г) время работы EtherCAT

² Баскаплер – устройства, предоставляющие удаленные входы/выходы.

своей вычислительной мощности для решения задачи реального времени в системе ЧПУ.

Заключение

Современная концепция и удачно выстроенная архитектура управляющей платформы для построения специализированных систем ЧПУ, предложенные специалистами МГТУ «СТАНКИН», обеспечили оперативное реагирование на вызовы времени. Кроссплатформенность программного обеспечения управляющей платформы «АксиОМА Контрол» позволила оперативно портировать ядро системы ЧПУ на процессоры «Эльбрус-8С» с ОС «Эльбрус ОС». Ориентация на стандартные высокоскоростные полевые шины EtherCAT и SERCOS позволила найти альтернативных поставщиков следящих приводов и баскаплеров² для пассивных входов/выходов. Из-за того, что производители приводного оборудования и баскаплеров не полностью реализовали стек протокола EtherCAT, пришлось дорабатывать программное обеспечение ведущего устройства.

Использование протокола автоматизации и разработанного OPC UA сервера обеспечило сбор оперативных данных со станка с ЧПУ в процессе его работы и перспективу интеграции этих данных со SCADA-системами. Созданный набор постпроцессоров подходит для достаточно широкой гаммы станков с ЧПУ.

На текущий момент ведутся работы по созданию набора постпроцессоров для одной из отечественных CAD/CAM систем. Также проводятся стендовые испытания по портированию ядра системы ЧПУ на процессоры «Байкал-М» и по управлению исполнительными устройствами посредством полевой шины EtherCAT. Это направление интересно для предприятий, поскольку вычислительный комплекс на базе процессоров «Байкал-М» гораздо дешевле вычислительного комплекса на базе процессоров «Эльбрус-8С».

МГТУ «СТАНКИН» разработал и апробировал набор курсов дополнительного профессионального образования и комплект методической документации по обучению специалистов для работы с системой ЧПУ «АксиОМА Контрол».

Список литературы

1. *Мартинев Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Григорьев А.С., Обухов А.И., Мартинова Л.И.* Метод декомпозиции и синтеза современных систем с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. С. 9-15.
2. *Мартинев Г.М., Мартинова Л.И.* Формирование базовой вычислительной платформы ЧПУ для построения специализированных систем управления // Вестник МГТУ "Станкин". 2014. №1(24). С. 92-97.
3. *Мартинев Г.М., Нежметдинов Р.А.* Модульный подход к построению специализированной системы ЧПУ для обрабатывающих центров наклонной компоновки // СТИН. 2014. №11. с.28-32.
4. *Мартинев 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.
5. *Мартинова Л.И., Мартинев Г.М.* Мировые тренды, возможности и перспективы развития систем ЧПУ станочного оборудования // СТИН. 2019. №7. С. 28-3.
6. *Мартинев Г.М.* Система ЧПУ "АксиОМА Контрол": перспективы развития в поле мировых трендов // Вестник МГТУ "Станкин". 2018. №1. С. 106-110.
7. *Мартинова Л.И., Мартинев Г.М.* Практические аспекты реализации модулей открытой системы ЧПУ // Автотракторное электрооборудование. 2002. №3. С. 31-37.
8. *Мартинев Г. М., Козак Н.В.* Декомпозиция и синтез программных компонентов электроавтоматики // Приборы и системы // Управление, контроль, диагностика. 2006. №12. С. 4-11.

*Мартинова Лилия Ивановна — канд. техн. наук, доцент,
Мартинев Георгий Мартинович — д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой компьютерных систем управления ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».
Контактный телефон (499) 972-94-40.
E-mail: e-mail@ncsystems.ru*