

OPEN CORE ENGINEERING — ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ФУНКЦИЙ МАШИН

Д.Е. Кремнев, М.В. Сонных (ООО «Бош Рексрот»)

Программное и микропрограммное обеспечение станков, роботов и специальных машин определяет интеллектуальный потенциал, реконфигурируемость, гибкость и производительность машиностроительного предприятия. Архитектура систем управления современными машинами строится, как правило, на основе ПЛК и контроллеров движения, программируемых по стандарту МЭК 61131-3. Однако набор функциональных библиотек, предоставляемых производителями таких контроллеров, ограничивает возможности для реализации специальных функций машин. Реализация систем автоматизации на базе ПЛК становится возможной только в сотрудничестве с производителями контроллеров. На практике это приводит к существенному увеличению стоимости и сроков разработки машины, необходимости обеспечения средней или высокой серийности производимых машин и к дополнительным сложностям при необходимости изменения или расширения функциональности машины в будущем. Компания Bosch Rexroth представляет технологию Open Core Engineering, позволяющую разработчикам систем управления на базе ЧПУ и контроллеров движения получить прямой и открытый доступ к функциям ядра при помощи языков высокого уровня.

Ключевые слова: ПЛК, контроллеры движения, языки программирования высокого уровня, машиностроение, системы автоматизации, ЧПУ, человеко-машинный интерфейс, реальное время.

С дигитализацией машиностроительной отрасли системы управления движением на базе ЧПУ, контроллеров движения и ПЛК стали основой для реализации управления технологическими процессами и решения задач, требующих организации управления в реальном времени и обеспечения связи с децентрализованными интеллектуальными приводами. Данные системы управления традиционно позволяют машиностроителю эффективно решать стандартные задачи управления движением, используя широкий набор функциональных библиотек контроллеров, но одновременно существенно ограничивают разработчика в реализации собственных специфических алгоритмов управления или индивидуальных функций, так как не обеспечивают прямого доступа к микропрограмме контроллеров, а значит, и к функциям ядра системы управления. В результате для реализации таких специальных технологических функций, как контроль операции при помощи систем технического зрения, регистр-контроль подачи материала, групповое управление роботами или осуществление децентрализованного складского учета возникала необходимость внедрения в состав системы управления дополнительного управляющего компьютера, программируемого посредством языков высокого уровня для реализации обозначенных специальных функций. Это вело к существенному усложнению архитектуры системы управления, необходимости решения задачи обеспечения связи между двумя и более управляющими устройствами в реальном времени. Как результат — неизбежное снижение быстродействия системы управления в целом, увеличение материальных и временных затрат на инжиниринг и снижение эффективности машины.

Все стандартные функции и даже больше

Современные машиностроительные предприятия оценили преимущества от использования языков программирования высокого уровня при создании алгоритмов управления сложными технологическими

процессами. Как правило, такие программы не могут быть напрямую реализованы на ПЛК ввиду отсутствия открытых интерфейсов или необходимости моделирования требуемых функций при помощи ПЛК библиотек, что требует больших усилий и временных затрат. В результате для решения этих задач машиностроители в большинстве случаев прибегают к использованию внешних дополнительных управляющих компьютеров. Такой подход усложняет создаваемые системы, так как критические данные по управлению движением, контролируемые в реальном времени, зависят от информации, поступающей от внешней ЭВМ. В целом это приводит к увеличению времени цикла управления и снижению производительности.

Компания Rexroth разрешила данное противоречие. Разработанная компанией технология Open Core Engineering сочетает традиционные возможности промышленной автоматизации и современные достижения ИТ-индустрии, открывает полнофункциональный доступ для машиностроителя к ядру



Рис. 1. Семейство контроллеров IndraLogic XLC, IndraMotion MLC и IndraMotion MTX от Rexroth

контроллера, позволяя реализовывать пользовательские функции с использованием языков программирования высокого уровня, интегрировать мобильные устройства в систему управления и использовать их возможности. Впервые производители машин получили возможность самостоятельно создавать собственные пользовательские функции машин, работающих в реальном времени, за пределами ПЛК при помощи человеко-машинного интерфейса, известного как Open Core Interface. Это создает новые возможности по реализации специальных функций машин, увеличению их эффективности и защиты ноу-хау машиностроителя.

Семейство ПЛК IndraLogic XLC, контролеров движения IndraMotion MLC и ЧПУ IndraMotion MTX [1] (рис. 1) от Rexroth реализует функционал логического управления и управления движением в одном устройстве. Для организации управления на базе ПЛК технология Open Core Engineering предоставляет все необходимые программные средства для эффективного программирования, ввода в эксплуатацию, визуализации и диагностики. Кроме того, Open Core Engineering включает функциональные наборы для расширения возможностей ПЛК-инжиниринга. Данные наборы позволяют ускорить процесс внедрения сложных законов управления и увеличить эффективность машины при помощи внедрения пользовательских функций управления в дополнение к стандартным возможностям ПЛК.

Программирование машины без ПЛК

Контроллеры Rexroth поддерживают прямое внедрение индивидуальных пользовательских функций в рамках стандартного функционала ПЛК. Пользовательские программы получают прямой доступ к прошивке контроллера, что в настоящий момент в таком виде предлагается на рынке только компанией Bosch Rexroth [2]. Это дает возможность машиностроителю самостоятельно создавать алгоритмы управления как для реализации специальных функций машин, так и для осуществления управления нестандартной кинематикой. При этом программисту не требуется владение стандартами программирования ПЛК, так как весь процесс программирования может быть осуществлен при помощи языков высокого уровня C/C++, Java, а также скриптового языка Lua. На практике это приводит к значительному сокращению временных и материальных затрат на инжиниринг.

Сформированные таким способом программы могут быть запущены в виде подпрограмм из программы ПЛК либо параллельно функционировать вне зависимости от программы ПЛК (рис. 2). Кроме того, существует возможность организации управления машиной во-

все без программы ПЛК на основе программы, сформированной с использованием языков программирования высокого уровня. Реализованные таким образом пользовательские алгоритмы управления могут использоваться для решения задач управления в реальном времени и организации обмена информацией с ИТ-инфраструктурой предприятия.

Управление кинематикой роботов при помощи контроллера движения

Одной из актуальных задач в промышленной робототехнике является организация группового управления роботами. Данная задача может быть сформулирована как организация управления несколькими, в общем случае независимыми, кинематическими группами с целью реализации одного технологического процесса. При этом сложность заключается в создании алгоритмов управления, не допускающих возможностей для столкновения или возникновения иных коллизий без снижения производительности машины. Реализация таких сложных алгоритмов требует обеспечения возможностей использования языков программирования высокого уровня. Посредством Open Core Interface планирование траекторий движения кинематики роботов может быть осуществлено непосредственно в контроллере движения Rexroth. При этом для большинства популярных кинематических схем прямая и обратная кинематические задачи сразу для нескольких роботов и одновременно реализация описанного функционала группового управления роботами может решаться при помощи одного контроллера движения IndraMotion MLC. В этом случае независимое управление кинематикой каждого из роботов реализуется при помощи функционала RobotControl, встроенного в контроллер движения IndraMotion MLC и обеспечивающего в общем случае управление до 16 различными и независимыми друг от друга кинематическими схемами. А задача группового управления роботами может быть реализована при помощи инструментов Open Core Interface в реальном времени. Пример архитектуры и общий вид

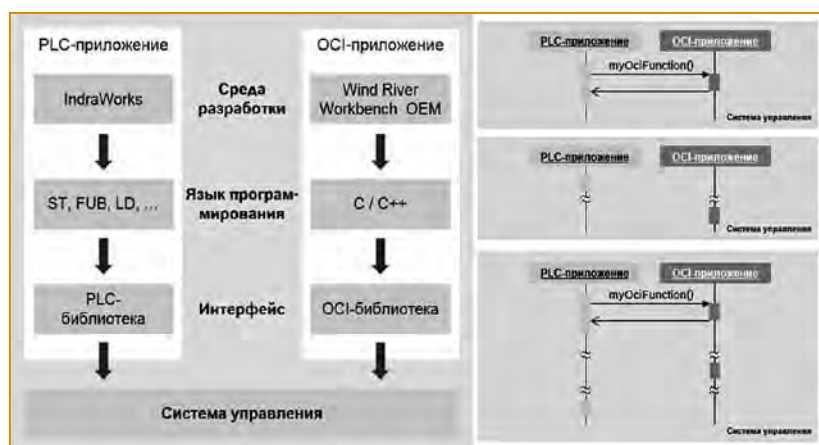


Рис. 2. Схема портирования пользовательского приложения машиностроителя в систему управления на базе контроллеров Rexroth и возможные варианты вызова пользовательских функций в программе

такой машины для нескольких роботов дельта-кинматики с дополнительной ориентирующей осью (трипод) представлен на рис. 3.

Быстрая обработка больших объемов данных

Языки программирования высокого уровня всегда используются для решения задачи обработки больших объемов данных за короткий промежуток времени. Такая задача стоит, в частности, при организации процесса обработки результатов измерений. Контроль деталей при помощи систем технического зрения формирует колоссальные объемы данных. Однако на основании этих данных должно обеспечиваться управление машиной в реальном времени с целью выбраковки некачественных деталей и незамедлительной корректировки параметров технологического процесса производства. Данные также должны быть доступны в системах уровня MES в виде XML-файлов.

Open Core Interface обеспечивает возможность обработки больших объемов данных в контроллере без использования дополнительных аппаратных средств или программирования ПЛК. Контроллеры управления движением от Rexroth обеспечивают возможность соединения пользовательских функций, написанных на языке высокого уровня, с командами движения в реальном времени, что позволяет значительно сократить время цикла машины. Так производители печатных машин уже используют эти возможности для замены дополнительного и ранее необходимого аппаратного обеспечения, для организации регистрации и переноса данного функционала на уровень управления движением. В результате сокращается стоимость системы и увеличивается качество управления процессом. Теперь информационный обмен между функциями организован внутри одной системы, а значит возрастает производительность машины.

Интеграция обработки данных систем технического зрения

При помощи Open Core Interface машиностроитель получает возможность организовать прямое подклю-

чение и обработку данных систем технического зрения на уровне контроллера движения. Это дает колоссальные преимущества при работе с коротким временным циклом или при решении сложных задач распознавания образов в реальном времени. Так, процесс 3D-печати ответственной детали сложной формы может занимать несколько часов, при этом при возникновении малейшего отклонения технологического процесса корректирующие уставки от системы управления должны передаваться немедленно. Для обеспечения управления качеством процесса печати в состав 3D-принтера вводятся несколько камер и других датчиков, что ведет к формированию огромных объемов результатов измерений. Open Core Interface позволяет организовать обработку этих данных на уровне контроллера движения без увеличения времени цикла работы машины.

Программирование на C/C++ и использование существующего программного кода

Многие машиностроители уже имеют набор созданных на языках высокого уровня, в частности на C/C++, пользовательских функций для реализации сложных задач управления. Кроме того, такие среды моделирования, как MatLab и ее пакет Simulink все чаще используются для отработки решения сложных задач управления. При этом основная сложность, стоящая перед машиностроителем, заключается в портировании функций, написанных ранее на языке программирования высокого уровня, в том числе в среде MatLab, на уровень контроллера движения с минимальными затратами. Эффективное решение данной задачи в приложении к контроллерам Rexroth обеспечивается посредством Open Core Interface и среды разработки Wind River Workbench (рис. 3), так как процесс программирования ПЛК может быть полностью исключен [3].

Компания Rexroth также предоставляет набор программных библиотек Open Core Interface Library, позволяющих организовать прямой доступ к управляющим функциям из пользовательских. Например, осевое управление приводов может быть организова-

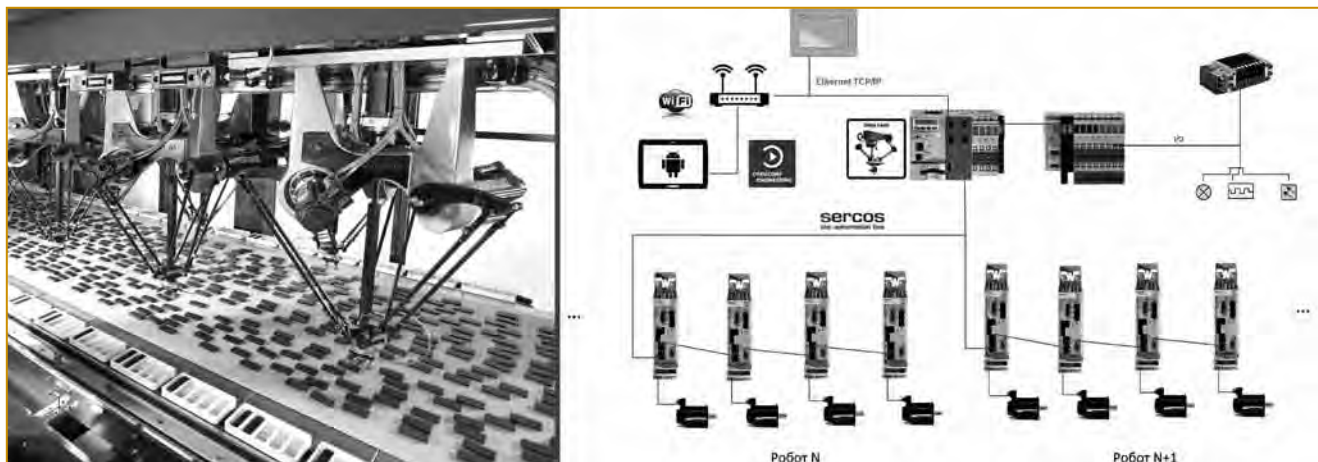


Рис. 3. Групповое управление роботами. Архитектура системы управления для работы с несколькими роботами дельта-кинматики (трипод)

но без кода ПЛК. Данные программные библиотеки разделены на независимые функциональные группы, служащие для организации коммуникаций, управления движением, объединяющие системные функции или средства диагностики. Библиотека снабжена детальными справочными материалами с примерами использования.

Библиотеки могут быть с легкостью подключены в проект C/C++ путем добавления соответствующих заголовков. Кроме рассмотренных удобств, такой под-

ход также обеспечивает независимость машиностроителя от платформы и производителя контроллера.

Список литературы

1. Брюль Й., Нотнагель Й., Система ЧПУ IndraMotion MTX // Автоматизация в промышленности. №5. 2012.
2. Open Core Engineering – современный инструмент автоматизации // Автоматизация в промышленности. №5. 2013.
3. Norbert Sasse. Open Core Engineering. Im Zeichen von Industrie 4.0 // SPS-MAGAZIN. №1+2. 2016.

Кремнев Дмитрий Евгеньевич, Сонных Максим Владимирович — специалисты отдела промышленной автоматизации ООО «Бош Рексрот».
 Контактный телефон (495) 560-96-30.
 E-mail: fa@boschrexroth.ru
 Http://www.boschrexroth.ru

ОБРАБОТКА ТОРЦОВ ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PLM СИСТЕМЫ

С.О. Димитрюк, С.А. Павлов (ЗАО «Топ Системы»), В.В. Потесин (АО «Трубодеталь»)

Рассмотрены вопросы формирования параметрических управляющих программ для обработки заготовок с тонкими стенками и относительно высокой погрешностью формы на основе измеренных на станке в процессе обработки значений координат положения точек поверхности (по облаку точек).

Ключевые слова: обработка тонких стенок, обработка деталей трубопроводов, ЧПУ, моделирование по облаку точек, параметризация управляющей программы по измеренным значениям.

Трубопроводы и их элементы (тройники, отводы, переходники, заглушки), несмотря на свою конструктивную простоту, имеют ряд технологических особенностей, без учета которых невозможна автоматизация их изготовления и получение качественной продукции. Именно умение работать с такими технологиями является ноу-хау успешных предприятий трубопроводной продукции. Одна из таких технологически сложных задач была решена на заводе АО «Трубодеталь» (г. Челябинск). Прежде всего, это обработка торцов деталей, имеющих большие диаметры при относительно малой толщине стенки (рис. 1). Сложность в том, что заготовки элементов трубопроводов допускают значительные отклонения от номинальных параметров (то есть погрешность формы, разнотолщинность и др.).

АО «Трубодеталь» — предприятие по производству соединительных деталей для трубопроводов из низколегированной стали диаметром 57...1420 мм (рис. 1). Предприятие выступает поставщиком для строительства нефтяных и газовых коммуникаций, а также магистральных сетей.

Номенклатура изделий АО «Трубодеталь» включает гамму типоразмеров деталей трубопроводов, на которые по техническому заданию должен был разработан модуль подготовки управляющих программ для обработки фасок торцов элементов трубопроводов на станке с ЧПУ. Техническое задание разрабатывалось совместно с ОАО «МЗОР» (Беларусь) — производителем металлообрабатывающего оборудования. Цель проекта — обеспечение качества продукции при обработке деталей партиями.



Рис. 1. Обработанная фаска на торце элемента трубопровода

Погрешность обработки фасок складывается из погрешности производственной установки и погрешности выполнения технологической операции по обработке деталей. Если рассматривать обработку партии заготовок, то погрешность обработки складывается из систематических и случайных погрешностей. При обработке небольших партий систематической погрешностью можно пренебречь. Для тонкостенных конструкций случайная погрешность зависит в основном от исходной поверхности заготовки, так как отклонение ее формы и размеров от номинальной поверхности (заданной чертежом) является случайной величиной. Идея заключалась в том, что если в партии две заготовки с максимальными противоположными отклонениями могут быть