

Программный комплекс для управления промышленными техническими объектами

Владимир Слепнёв, Максим Коржавин, Всеволод Остроухов

В статье приводится описание программного комплекса, разработанного научно-техническим центром «Приводная техника» (г. Челябинск) для систем управления промышленными техническими объектами. Обзорно рассмотрены аппаратные средства, применённые при внедрении комплекса на металлургических предприятиях Челябинской области.

ВВЕДЕНИЕ

Предпосылками для создания программного комплекса послужили проекты, которыми занимались инженеры ООО НТЦ «Приводная техника» (город Челябинск).

В качестве примера можно привести проект, в котором для предприятия ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» (ЧТПЗ) требовалось создать систему управления скоростными режимами стана печной сварки труб. Расчёт скоростного режима использует математическую модель редуцирования трубы, состоящую из пятидесяти нелинейных алгебраических уравнений. Запрограммировать эту модель на традиционном контроллере (ПЛК) невозможно: язык релейно-контактных схем для этой цели не подходит. Однако задача легко решается на персональном компьютере (ПК) с применением языка программирования высокого уровня.

Другой пример – модернизация привода подачи трубы стана холодной прокатки труб ХПТ-450П1 (ОАО «Челябинский трубопрокатный завод»). Алгоритмы векторного управления электроприводом достаточно сложны, а регулирование электрических процессов требует высокого быстродействия системы управления. Практически только современные ПК с мощными процессорами могут обеспечить требуемое быстродействие.

Но у использования ПК для автоматизации есть свои недостатки: программы на языках программирования для ПК оказываются слишком сложными даже для решения простейших задач автома-

тизации. Решить эту проблему может специальное программное обеспечение, которое создаёт среду для выполнения программ, написанных на языке программирования ПЛК, позволяя при этом подключать модули, написанные на языках для ПК. Такой подход позволяет объединить преимущества ПЛК и персональных компьютеров и обойти упомянутые ранее недостатки. Программный комплекс, созданный специалистами ООО НТЦ «Приводная техника», предназначен для реализации этой идеи.

Существует ряд аналогичных программных продуктов, работающих по такому же принципу, например система ISaGRAF. Но область применения (металлургия и электропривод) программного комплекса, разработанного ООО НТЦ «Приводная техника», привела к формированию его отличительной особенности – возможности использования в системах высокого быстродей-

ствия. Эта особенность не ограничивает применение комплекса. Он может использоваться для решения традиционных задач автоматизации без какой-либо модификации, что делает его универсальным инструментом.

АРХИТЕКТУРА

Комплекс состоит из технологического сервера, набора драйверов для взаимодействия сервера с оборудованием ввода-вывода, средств сетевой отладки технологического программного обеспечения и клиентских приложений визуализации и сбора данных. Комплекс работает под управлением операционной системы (ОС) реального времени QNX Neutrino 6 на IBM PC совместимых компьютерах (табл. 1).

ОС QNX Neutrino отлично подходит для реализации идеи объединения преимуществ ПЛК и персональных компьютеров. Благодаря микроядерной архитек-



Стан печной сварки труб ОАО «Челябинский трубопрокатный завод»

Таблица 1

Характеристики программного комплекса

ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ	
Платформа	IBM PC совместимые компьютеры
Устройства ввода/вывода	Любые устройства, для которых могут быть написаны драйверы
ТРЕБОВАНИЯ К БАЗОВОМУ ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ	
Операционная система	QNX Neutrino 6
Драйверы устройств	Спецификация открытая
ВОЗМОЖНОСТИ АРХИТЕКТУРЫ	
Распределённая архитектура	<ul style="list-style-type: none"> Вынесение драйверов на другие узлы вычислительной системы Организация обмена данными по сети между контроллерами
Клиентские приложения	<ul style="list-style-type: none"> Средства удалённой отладки программ Система архивирования и сбора данных с реляционной СУБД и Web-интерфейсом Средства визуализации технологических процессов для графической оболочки Photon OS QNX Библиотека на языке Си для создания новых клиентских приложений
ВОЗМОЖНОСТИ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ	
Время цикла программы	До 100 мкс
Набор инструкций	<ul style="list-style-type: none"> Поддержка чисел с плавающей точкой Типовые П- и ПИ-регуляторы Статические нелинейные регуляторы с табулированной функцией Цифровые фильтры
Число переменных	До нескольких тысяч (зависит от производительности оборудования)

туре и механизму сообщений все компоненты операционной системы, в том числе драйверы, представлены как внешние приложения. Это увеличивает надёжность ОС, поскольку отказ одного из компонентов не приводит к краху всей системы. Также это обеспечивает масштабируемость: можно легко добавлять или удалять компоненты ОС в зависимости от назначения целевой системы.

Вторая причина выбора ОС QNX – это поддержка ею сетевых протоколов TCP/IP и QNet. С помощью стека TCP/IP можно использовать QNX с другими операционными системами. Собственный сетевой протокол QNet и механизм обмена сообщениями позволяют создавать распределённые вычислительные системы.

Третья причина – программный интерфейс POSIX. Этот интерфейс хорошо документирован, существует огромное количество свободно распространяемых кодов, которые можно адаптировать для QNX.

Четвёртая причина заключается в том, что ОС QNX Neutrino – это операционная система реального времени (ОС РВ). Термин «реальное время» в данном случае означает, что время реакции системы на внешнее воздействие не будет превышать определённой величины. Это особенно важно при управлении быстродействующими техническими объектами.

Технологическая программа выполняется в среде, создаваемой технологическим сервером. Технологическая программа имеет ациклическую структуру и является событийно управляемой: программные блоки выполняются только тогда, когда изменяются связанные с ними ячейки памяти. Это значительно уменьшает вычислительную нагрузку и время цикла технологической программы.

Технологическая программа не зависит от используемого оборудования и может быть реализована на различных технических платформах. Взаимодействие технологического программного обеспечения с оборудованием ввода-вывода осуществляется через драйверы устройств. Сервер отображает драйверы устройств на пространство переменных технологической программы.

Операционная система QNX Neutrino обеспечивает взаимодействие компонентов системы друг с другом [1, 2]. Драйверы могут быть использованы не только для работы с оборудованием, но и для создания сложных алгоритмов управления. Драйверы в ОС QNX Neutrino являются независимыми приложениями

и могут загружаться по мере необходимости [3]. Модульная структура позволяет создавать распределённые системы управления: можно загрузить ресурсоёмкий драйвер на другом узле сети (рис. 1) или организовать обмен данными между серверами. Взаимодействие узлов происходит через сеть QNet, обеспечивающую прозрачный доступ ко всем ресурсам вычислительной сети [4].

Для отладки технологического программного обеспечения разработан набор инструментов, позволяющих удалённо следить за работой системы. Программное обеспечение для отладки может быть запущено на любой рабочей станции сети АСУ ТП, а с помощью GSM-модема и сети Интернет к вычислительной системе можно подключить из любой точки земного шара.

Отладочное программное обеспечение состоит из отладчика, который позволяет просматривать и модифицировать ячейки памяти технологической программы, и многоканального осциллографа, с помощью которого можно исследовать быстрые процессы во времени.

Программный комплекс содержит несколько готовых систем визуализации и библиотеку на языке Си для разработки новых клиентских приложений в графической оболочке Photon для QNX.

Технологический сервер допускает одновременное подключение нескольких десятков графических клиентов, при этом обмен данными может осуществляться с периодом 5 мс для обычных переменных и 500 мкс для трендовых переменных (рис. 2).

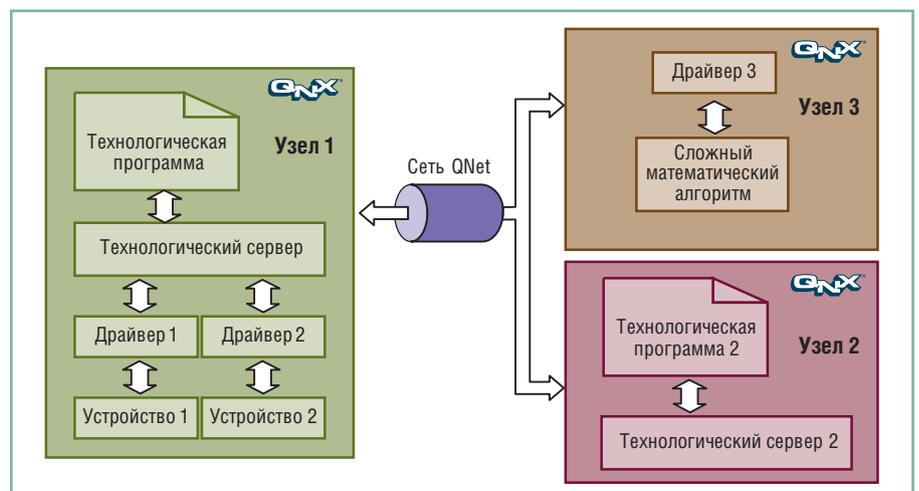
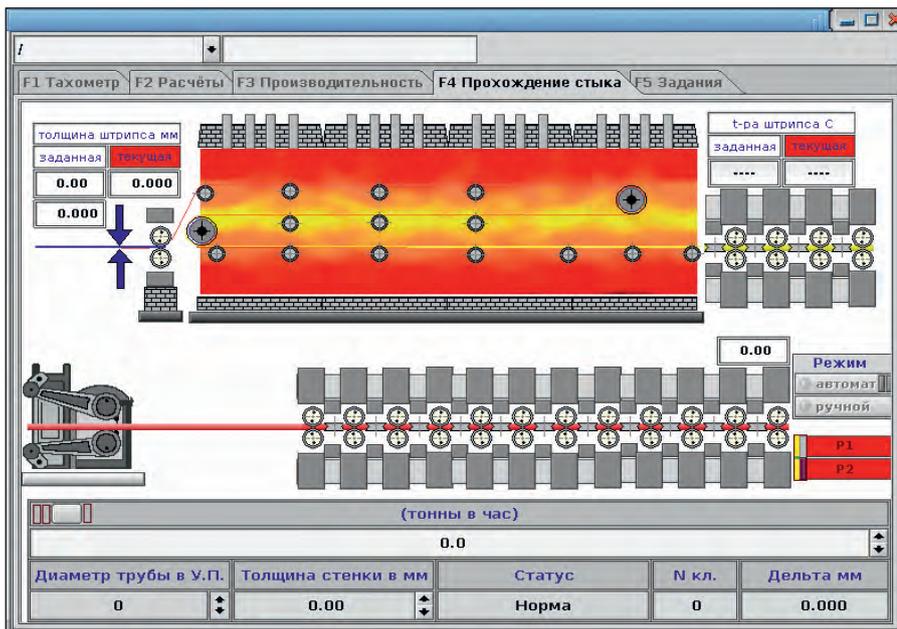
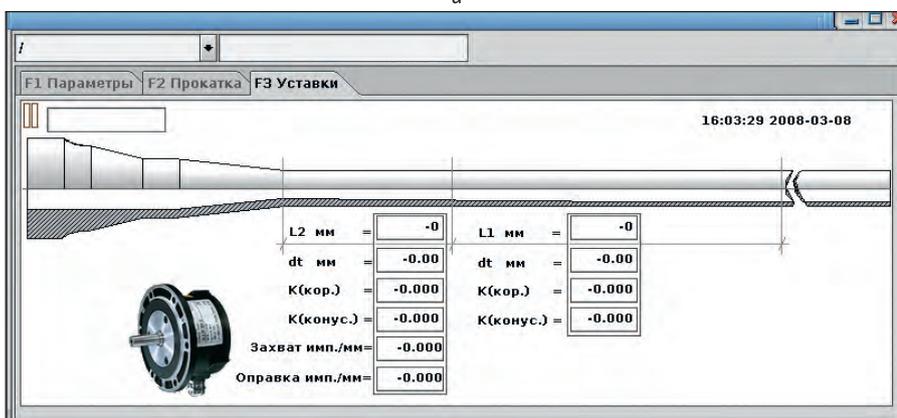


Рис. 1. Конфигурация распределённой системы



а



б

Рис. 2. Примеры клиентских приложений системы визуализации: а – экранная форма агрегата печной сварки труб (ЧТПЗ, цех № 8); б – экранная форма системы управления перемещением оправки

Один графический клиент может работать с несколькими технологическими серверами одновременно. Связь графических клиентов с технологическими серверами осуществляется по сети QNet.

В состав программного комплекса входит система архивирования и сбора данных. Система архивирования способна отслеживать и сохранять в базе данных (БД) информацию о быстро происходящих событиях. Она также может выполнять функции регистратора и сохранять данные в БД по определённому событию. В качестве хранилища может использоваться СУБД с SQL-интерфейсом. Доступ к системе архивирования осуществляется через Web-интерфейс с помощью браузера, например Microsoft Internet Explorer. Интерфейс позволяет просматривать сохранённые данные в текстовом и графическом виде, выгружать данные во внешний файл.

ВНЕДРЕНИЯ

ОАО «Мечел», НЗТА № 2

Рассмотренный программный комплекс внедрён на нескольких промышленных объектах Челябинской области. В частности, семь лет он проработал в составе системы управления непрерывного закалочного-травильного агрегата (НЗТА) № 2 на ОАО «Мечел». В этой системе было задействовано свыше 1200 дискретных и аналоговых сигналов. Программный комплекс решал задачи управления всеми вспомогательными механизмами, гидравликой, электроприводами натяжных и транспортных механизмов, а также задачи диагностики ки технологического процесса.

ЧТПЗ, агрегат печной сварки труб

На Челябинском трубопрокатном заводе в цехе № 8 функционирует АСУ ТП

агрегата печной сварки труб. АСУ ТП автоматически поддерживает заданное натяжение и заданную температуру сварки трубы. Реализована возможность автоматической настройки соотношения скоростей клетей, обеспечивающего заданную толщину стенки готовой трубы.

Для расчёта скоростного режима в системе управления заложена математическая модель редуцирования трубы. Моделирование прокатки и расчёт скоростных режимов реализованы в отдельном драйвере, написанном на языке Си. Драйвер получает от технологической программы исходные данные для расчётов (заданную толщину стенки, сортмент трубы и т.п.) и возвращает требуемые значения скоростей клетей стана. Технологическая программа содержит код регуляторов скоростей, блокировочных зависимостей и механизмы обработки сигналов управления с пульта. Таким образом, используются преимущества обоих типов языков программирования и вычислительных систем.

Для управления агрегатом применяется промышленный компьютер Advantech на базе процессорной платы PCA-6184E2-00A2 в шасси IPC-610P4-260-E с платами ввода-вывода UNIO фирмы FASTWEL. Дискретные и аналоговые сигналы гальванически изолированы с помощью опторазвязок фирм FASTWEL и Dataforth. На посту вальцовщика установлена промышленная рабочая станция AWS-8420TP (Advantech) с процессорной платой PCA-6184L-00A2 и встроенным ЖК-монитором 12,1", позволяющим технологическому персоналу следить за ходом прокатки. На экране отображаются текущий скоростной режим, температура сварки и ожидаемое значение толщины стенки трубы.

В состав АСУ ТП входит подсистема контроля токов двигателей клетей, интегрированная в единую информационную среду АСУ ТП. Подсистема собирает информацию с датчиков тока, анализирует её и в случае достижения предельных значений предупреждает технологический и электротехнический персонал с помощью звуковой и световой сигнализации. Информация об электрических режимах работы агрегата отображается в отдельной экранной форме на компьютере вальцовщика. Система архивирования и сбора данных ведёт запись всех аварийных ситуаций. Доступ к архиву производится с автоматизированного рабочего места электрика, расположенного в машинном зале.

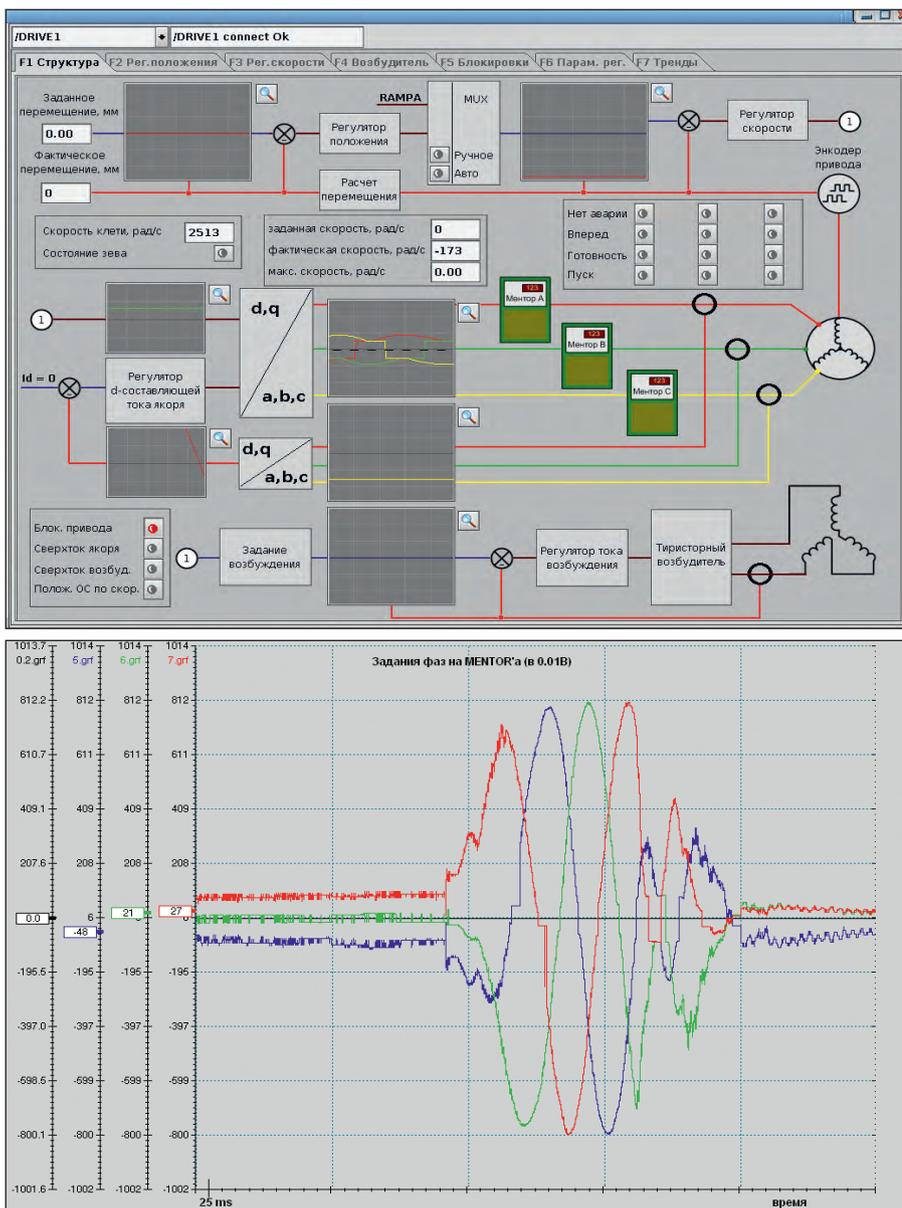


Рис. 3. Примеры экранных форм визуализации системы управления приводом подачи трубы стана ХПТ-450П1

Для организации вычислительной сети используются промышленные сетевые коммутаторы семейства ADAM фирмы Advantech. Защита оборудования от нестабильного электропитания осуществляется с помощью блоков бесперебойного питания компании APC. Всё оборудование размещено в шкафах фирмы Rittal.

Оборудование АСУ ТП введено в эксплуатацию в 2005 году и до сих пор работает безотказно.

ЧТПЗ, стан ХПТ-450П1

В цехе № 5 ЧТПЗ проведена модернизация системы управления приводом подачи трубы стана холодной прокатки ХПТ-450П1. Станы ХПТ-450 предназначены для производства труб из легированных и нержавеющей сталей большого диаметра. Эти трубы используются

для изготовления лопастей сверхтяжёлых вертолётов Ми-26, а также находят применение в атомной энергетике.

Электропривод подачи трубы обладает уникальными характеристиками:

- мощность привода – 320 кВт;
- режим работы – прерывистый;
- время подачи трубы – 0,3 секунды;
- точность позиционирования – 0,1 мм (при максимальном перемещении 25 мм).

Силовая часть электропривода была сделана на основе ранее существовавшего преобразователя частоты с непосредственной связью, в котором были сохранены только силовой трансформатор и тиристорные мосты. Система импульсно-фазового управления была заменена на новую, реализованную на приводах постоянного тока Mentor II, использованных в качестве

источников напряжения переменной частоты.

Программный комплекс обеспечивает необходимое быстродействие для прямого управления токами двигателей и реализации векторного метода управления приводом.

Оборудование системы управления электроприводом размещено в оригинальном двустороннем шкафу фирмы Rittal. Одна из его дверей стеклянная; за ней установлен монитор, на котором отображаются экранные формы визуализации (рис. 3). Это позволяет обслуживающему персоналу следить за состоянием электропривода, не открывая шкафа.

На втором стане ХПТ-450П2 ЧТПЗ внедрена новая система управления перемещением оправки, позволяющая в автоматическом режиме прокатывать трубы с переменной толщиной стенки. В составе системы используется промышленная рабочая станция AWS-8420TP (Advantech).

Планируется модернизация электропривода одного из механизмов поворотно-подающей группы стана ХПТ-450П2 с использованием преобразователей SIMOREG фирмы Siemens.

ЧТПЗ, станок бесцентровой обработки труб

Также в цехе № 5 ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» проведена модернизация следящей системы станка для бесцентровой обработки труб (рис. 4). Станок предназначен для производства шестигранных труб, используемых в энергетике. Он оснащён уникальной системой технического зрения, позволяющей автоматически отслеживать положение центра трубы во время обточки и минимизировать разностенность готовой трубы.

Электропривод следящей системы сделан на сервоприводах Sigma II фирмы Omron. Дистанционное управление станком осуществляется с пульта управления (рис. 5), в котором установлен промышленный компьютер Voxer AEC-6910-A1 фирмы AAEON Technology с 19-дюймовым панельным монитором FPM-3191GA фирмы Advantech и защищённой клавиатурой TKF-085a-MODUL компании Indukey. Компьютер пульта отличается высокой производительностью, отсутствием вентиляторов, хорошей защищённостью от воздействия внешних факторов и компактными размерами. Он предназначен для отображения режимов работы станка и для настройки оптической системы. На базе компьютера пульта

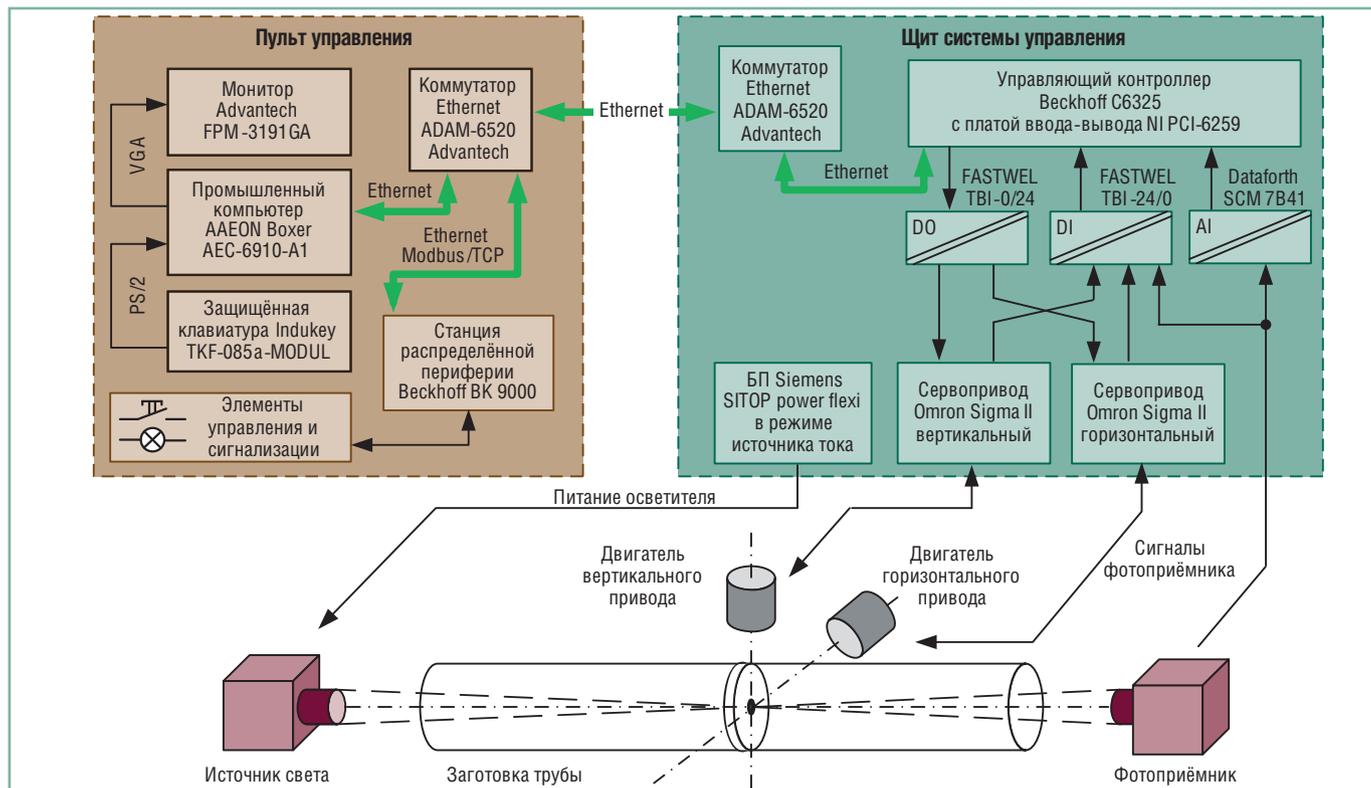


Рис. 4. Структурная схема следящей системы станка бесцентровой обработки труб

работает система визуализации, которая получает информацию от управляющего контроллера по сети Ethernet с помощью протокола QNet.

Все сигналы управления и сигнализации на пульте обрабатываются с помощью станции распределённой периферии Beckhoff BK9000, которая передаёт информацию управляющему контроллеру C6325 по сети Ethernet с помощью протокола Modbus/TCP.

Управляющий контроллер, сервоприводы Omron и прочее оборудование размещены в щите системы управления (рис. 6). Контроллер управляет сервоприводами и получает информацию от

оптической системы через плату ввода-вывода National Instruments PCI-6259. Все дискретные сигналы гальванически изолированы посредством производимых фирмой FASTWEL клеммных плат дискретного ввода и вывода с опторазвязкой (соответственно TBI-24/0 и TBI-0/24). Аналоговые входные сигналы фотоприёмника гальванически изолированы с помощью модулей SCM7B41-03D фирмы Dataforth.

До модернизации станка существовала проблема быстрого выхода из строя лампы осветителя, что приводило к отказу следящей системы во время работы и потере дорогостоящей трубной заготовки. Для увеличения срока службы лампы был использован регулируемый блок питания (БП) SITOP power flexi фирмы Siemens. Этот БП может работать в режиме источника напряжения в диапазоне от 3 до 52 В или источника тока до 10 А. В данной системе БП был настроен для работы в режиме источника тока. При включении он ограничивает пусковой ток, уменьшая износ нити накаливания. Это техническое решение увеличило срок службы лампы осветителя в несколько раз.

Для правильной демодуляции сигнала оптической системы требуется высокое быстродействие контроллера, приближённое к быстродействию аналоговой электроники, поэтому период управляющей программы составляет всего 400 мкс.

На первом этапе модернизации станка заменены система управления и электроприводы следящей системы. На втором этапе модернизации планируется установить новую систему технического зрения, разработанную в Южно-Уральском государственном университете. Новая система технического зрения будет иметь лазерный источник света и приёмник на основе ПЗС матрицы с цифровой обработкой сигнала. Преимуществами новой системы технического зрения будут более высокая надёжность и, как ожидается, более высокая точность измерений.



Рис. 5. Пульт управления следящей системы



Рис. 6. Щит системы управления

Управление силовой преобразовательной техникой

Системы управления силовой преобразовательной техникой традиционно строятся на специализированном микропроцессорном оборудовании. Вычислительные системы с архитектурой персональных компьютеров с операционными системами общего назначения для этой цели не использовались, потому что значительно уступали специализированному оборудованию в быстродействии. Но за последние несколько лет производительность компьютеров выросла настолько, что они вплотную приблизились к возможностям специализированных вычислительных устройств.

Использование компьютеров для управления преобразовательной техникой имеет ряд преимуществ. Во-первых, для разработки программ можно использовать удобные и хорошо знакомые программистам инструменты. Во-вторых, развитые сетевые средства и коммуникационные интерфейсы позволяют полностью контролировать работу системы управления, что существенно упрощает разработку и наладку оборудования. Это особенно важно для устройств большой мощности, требующих очень точной настройки.

Удобство использования операционной системы для этих целей заключается в том, что все вспомогательные функции по загрузке программы, диспетчеризации процессов, управлению памятью и стандартными устройствами компьютера выполняет операционная система, а это существенно экономит время и средства.

В 2008 году в ООО НТЦ «Приводная техника» началась разработка собственного электропривода Momentum (рис. 7). Планируемая мощность серийных преобразователей от 40 до 200 кВт. В настоящий момент ведётся разработка электропривода мощностью 1,2 МВт для железнодорожного транспорта.

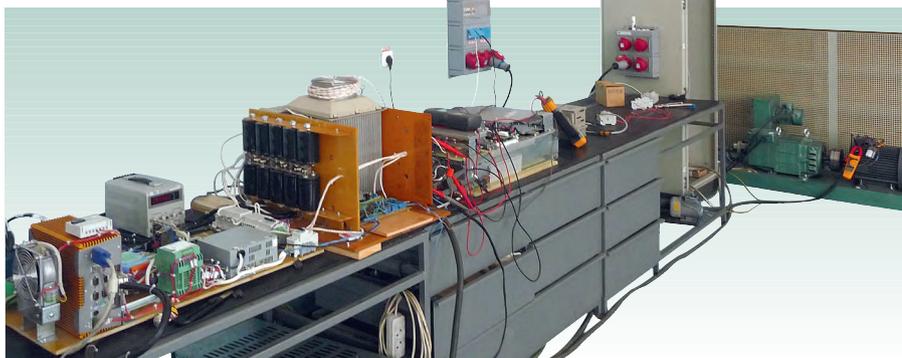


Рис. 7. Испытательный стенд преобразователя Momentum

Характеристики макета платы ввода-вывода в форм-факторе PCI

АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ (АЦП)	
Число каналов, шт.	12
Разрешение канала, бит	12
Частота выборки по каждому каналу, кГц	125
Диапазон напряжений входного сигнала, В	$\pm(0,3...10)$
Частота среза входных фильтров, кГц	10/40
ДИСКРЕТНЫЕ СИГНАЛЫ	
Входные сигналы, шт.	12
Выходные сигналы, шт.	12
Дифференциальные (RS-422) каналы ШИМ, шт.	12
Уровень напряжения, В	24

Система управления электропривода Momentum полностью реализована на базе программного комплекса. Комплекс управляет в реальном масштабе времени полупроводниковыми ключами, предоставляя при этом полноценный интерфейс для управления и настройки электропривода. Для достижения быстродействия системы свыше 100 мкс ведутся работы по совершенствованию программного комплекса и поиск нового оборудования.

В рамках этого проекта разрабатывается собственная плата ввода-вывода (рис. 8), ориентированная на управление силовыми полупроводниковыми приборами. Область применения разрабатываемой платы — электроприводы, системы возбуждения, активные фильтры, мощные источники питания. В настоящий момент уже изготовлен и протестирован макет платы в форм-факторе PCI, его основные характеристики приведены в табл. 2. На этапе разработки находится плата-носитель для ввода-вывода сигналов, которая будет работать с процессорными модулями в форм-факторе PCI-104.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Универсальность программного комплекса, разработанного специалистами НТЦ «Приводная техника», позволяет при-



Рис. 8. Макет разрабатываемой платы ввода-вывода в форм-факторе PCI

менять его для решения широкого спектра нестандартных задач управления, требующих высокого быстродействия. Надёжность данного программного комплекса подтверждена многолетним опытом эксплуатации на промышленных предприятиях.

Новое применение промышленных компьютеров с операционными системами реального времени — управление силовой преобразовательной техникой. Использование программного комплекса с ОС QNX позволит создавать системы управления с меньшими затратами времени и средств, а также упростит их наладку и обслуживание.

Перспективным является применение программного комплекса на транспорте. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Зыль С. Штатные механизмы QNX Neutrino для обеспечения отказоустойчивости вычислительных систем жёсткого реального времени // Современные технологии автоматизации. — 2009. — № 3. — С. 86–90.
2. Операционная система реального времени QNX Neutrino 6.3. Системная архитектура: пер. с англ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 336 с.
3. Кёртон Р. Введение в QNX Neutrino 2. Руководство по программированию приложений реального времени в QNX Realtime Platform. — СПб.: Петрополис, 2001. — 480 с.
4. Циллюрик О., Горшко Е. QNX/UNIX: анатомия параллелизма. — СПб.: Символ-плюс, 2006. — 288 с.

E-mail: kme2000@mail.ru