



® ISSN 0206-975X

1'2007

WWW.CTA.RU

- **МЕТАЛЛУРГИЯ**
- **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ**
- **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ДЛЯ АСУ ТП**

Компакт-диски компаний Siemens и ifm electronic







# Ifm electronic - close to you!



**ProSOFT®**

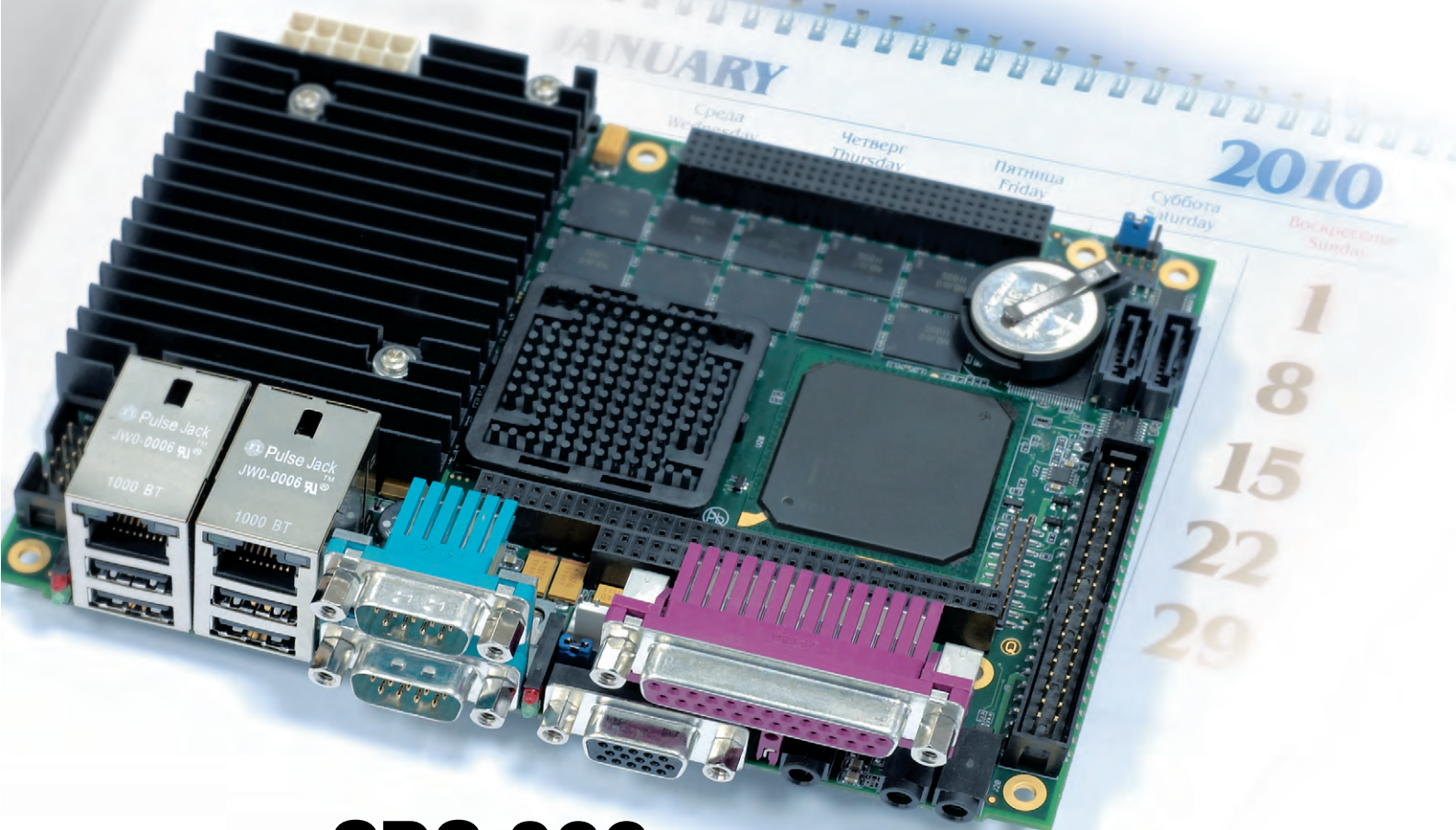
**МОСКВА**  
**С.-ПЕТЕРБУРГ**  
**ЕКАТЕРИНБУРГ**  
**САМАРА**  
**НОВОСИБИРСК**

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Телефон: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Телефон: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru  
Телефон: (846) 277-9165 • Факс: (846) 277-9166 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Телефон: (383) 202-0960, 335-7001, 335-7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru



## Уверенность в будущем

- Долговременная доступность на рынке
- Все компоненты напаяны на плате
- Рабочая температура -40...+85°C
- Возможность работы без принудительного охлаждения
- Устойчивость к ударам/вибрации 50g/5g
- Поддержка встраиваемых ОС



## CPC 800

### ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА для ответственных встраиваемых систем

- |                                                                                   |                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| • Форм-фактор EPIC (115×165 мм)                                                   | • Аудио AC'97                    |
| • Процессор Intel Pentium M до 1,8 ГГц из долгосрочной производственной программы | • 2 порта Gigabit Ethernet       |
| • ОЗУ 1 Гбайт DDR SDRAM                                                           | • 4×USB 2.0, 4×COM               |
| • Видео с разрешением QXGA                                                        | • 2×UltraATA 100, 2×Serial ATA   |
|                                                                                   | • Расширения PC/104, PC/104-Plus |
|                                                                                   | • MTBF 110 000 часов             |



# Промышленные одноплатные компьютеры Advantech — уверенная победа в любом проекте



*Trusted ePlatform Services*

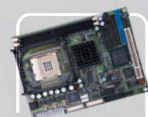
## ADVANTECH

### Готовые платформы, комплектация и заказные исполнения

- x86-совместимые одноплатные компьютеры различных форм-факторов
- Поставка с предустановленной ОС Windows Embedded
- Готовые решения – встраиваемые компьютеры ARK
- Заказные исполнения для OEM-заказчиков



PC/104



3.5" Biscuit



5.25" Biscuit



Slot CPU Cards



POS



AIMB



ARK



MicroBox PCs

#111

Реклама

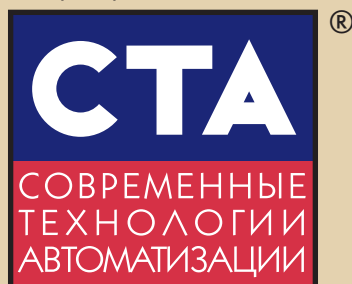
## ProSoft®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640  
E-mail: [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)



Издательство «СТА-ПРЕСС»

Директор Константин Седов



Главный редактор Сергей Сорокин

Зам. главного редактора Леонора Турок

Научный редактор Александр Липницкий

Редакционная коллегия Алексей Бармин, Елена Гордеева, Виктор Жданкин, Константин Кругляк, Андрей Кузнецов, Виктор Половинкин

Дизайн и вёрстка Станислав Богданов, Дмитрий Юсим, Константин Седов

Web-мастер Дмитрий Романчук

Служба рекламы Николай Кушнirenко  
E-mail: knv@cta.ru

Служба распространения  
E-mail: info@cta.ru

Почтовый адрес: 119313 Москва, а/я 26  
Телефон: (495) 234-0635  
Факс: (495) 232-1653  
Web-сайт: www.cta.ru  
E-mail: info@cta.ru  
Приём рекламы: knv@cta.ru

Выходит 4 раза в год  
Журнал издаётся с 1996 года  
№ 1'2007 (42)  
Тираж 15 000 экземпляров  
Издание зарегистрировано в Комитете РФ по печати  
Свидетельство о регистрации № 015020  
Индексы по каталогу «Роспечати» — 72419, 81872  
Индексы по объединённому каталогу «Пресса России» — 27861, 27862  
ISSN 0206-975X  
Свидетельство № 00271-000 о внесении в Реестр надёжных партнеров Торгово-промышленной палаты Российской Федерации  
Цена договорная  
Отпечатано в типографии «Алмаз-Пресс»

Перепечатка материалов допускается только с письменного разрешения редакции.  
Ответственность за содержание рекламы несут компании-рекламодатели.  
Материалы, переданные редакции, не рецензируются и не возвращаются.  
Мнение редакции не обязательно совпадает с мнением авторов.  
Все упомянутые в публикациях журнала наименования продукции и товарные знаки являются собственностью соответствующих владельцев.  
© СТА-ПРЕСС, 2007

Фото на обложке  
ИТАР-ТАСС/Валерий Бушухин



### Уважаемые друзья!

Металлургия и железнодорожный транспорт — одни из самых частых тем журнала «СТА». И не случайно. Эти отрасли роднит не только «металл» в названии, но и то, что обе являются базовыми: одна — в промышленности, другая — на транспорте. А где же быть современным технологиям автоматизации, как не в таких отраслях?!

Интересная статья представлена специалистами Нижнетагильского металлургического комбината, в то время как железнодорожная тематика представлена продолжением рассказа о создании первой линии Казанского метрополитена.

В развитие транспортной темы одна из статей номера знакомит со стендом проверки систем нового грузовика «Валдай». Материал подтверждает старую истину: главное в машине — тормоза.

Второй номер подряд среди основных тем — программное обеспечение для АСУ ТП. Представлены новые технологии работы с данными ОРС и программы тестирования процессорных плат.

В довольно обстоятельной статье показаны преимущества использования адаптивной декомпозиции системных ресурсов, да и вообще в этом номере формул и математических выкладок больше, чем обычно.

Номинально рыбоводство относится к сельскому хозяйству (видно, вопреки пословице хотели совместить и рыбу, и мясо). Поэтому в статье о рыбоводном садке пусть читателей не удивляет сочетание «зернисто-колосистой» заставки, традиционной для сельскохозяйственной рубрики журнала, и фотографии морской акватории. Проект автономного подводного садка интересен, прежде всего, необычной областью применения технологий автоматизации. Если такие погодные отклонения, какие мы наблюдали осенью и в начале зимы, станут нормой, то в этих садках впору будет разводить не форель и камбалу, а крокодилов и тропических рыб.

С наступившим Новым годом!

Всего Вам доброго!

С. Сорокин





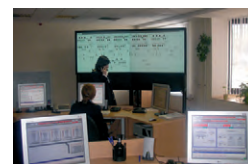
# СОДЕРЖАНИЕ 1/2007

## СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ/Железнодорожный транспорт

### 6 КАСДУ первой линии Казанского метрополитена: современные решения традиционных задач

*Владимир Красных, Григорий Бушканец, Александр Деркач, Борис Красных, Андрей Наумов, Айдар Абдуллин*

В данной статье рассказывается об автоматизированной системе жизнеобеспечения объектов Казанского метрополитена – комплексной автоматизированной системе диспетчерского управления электромеханическими устройствами и объектами энергоснабжения.



стр. 6

## СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ/Металлургия

### 12 Система контроля технологических параметров на литейных установках Ревдинского завода по обработке цветных металлов

*Евгений Дубровский, Михаил Пискунов, Игорь Тетерин*

Представленная система решает задачи мониторинга технологических параметров, оперативного доведения результатов анализа проб, создания соответствующих баз данных, предупреждения аварий оборудования, способствуя, в конечном счёте, повышению качества выпускаемой продукции. Описаны особенности технологического процесса, а также аппаратные и программные решения, используемые при построении системы.



стр. 12

### 18 Контроль порезки слитков на блюминге

*Игорь Иерусалимов, Юрий Карфидов, Александр Литвинов*

В статье описана система контроля порезки слитков на блюминге. Система основана на использовании оптических корреляционных измерителей скорости для контроля положения слитка перед порезкой. Рассказано о сетевых возможностях системы и её интеграции с системами учёта и мониторинга производства.



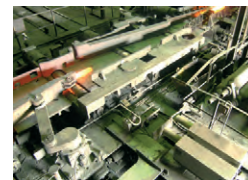
стр. 18

## РАЗРАБОТКИ/Металлургия

### 24 Лазерные доплеровские измерители в системе учёта горячего проката

*Александр Аникин, Алексей Федосейский*

В статье приводятся общие сведения о лазерных доплеровских измерителях скорости и длины проката, описываются модернизация таких измерителей модели ЛИ803М и работа системы учёта горячего проката с их использованием на Нижнетагильском металлургическом комбинате (ОАО НТМК).



стр. 24

### 30 АСУ ТП медно-молибденового участка медной обогатительной фабрики Алмалыкского ГМК

*Алексей Никитин, Дмитрий Скрипчак, Михаил Семёнов, Иннокентий Хан, Герман Заманов*

В статье рассматриваются проблемы и описывается опыт создания системы управления процессом селективной флотации. Система оснащена современными датчиками параметров технологического процесса и высоконадёжным программируемым контроллером. Приведены алгоритмы расчёта значений плотности, расхода твёрдого и других параметров потоков пульпы по характеристикам сигналов датчиков.



стр. 30

## РАЗРАБОТКИ/Железнодорожный транспорт

### 38 Применение модульных микроконтроллеров ADAM-5000/TCP для диагностики оборудования комплекса «Тракт»

*Сергей Васильев*

В данной статье рассказывается о применении микроконтроллера ADAM-5000/TCP на сборочном производстве для диагностики оборудования комплекса «Тракт», используемого в системах диспетчерской централизации на железнодорожном транспорте. Выбор ADAM-5000/TCP обосновывается результатами анализа требований к разработке. Приводятся описания аппаратной и программной частей диагностического комплекса.



стр. 38

## РАЗРАБОТКИ/Автомобилестроение

### 42 Система управления стендом для проверки герметичности тормозной системы автомобиля ГАЗ-3310 «Валдай»

*Игорь Михальченко, Вадим Нижегородцев, Михаил Поливцев*

В статье описывается опыт применения современных промышленных контроллеров при создании электронных систем управления измерительными и регулировочными стендами, предназначенными для контроля параметров автомобильной техники.



стр. 42

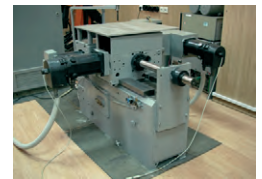


## РАЗРАБОТКИ/Научные исследования

### 46 Программно-аппаратный комплекс для исследования алгоритмов интерполяции траекторий движения многокоординатных электроприводов

Виктор Букреев, Николай Гусев, Михаил Коваленко

В статье рассматривается реализация однокompьютерного варианта системы числового программного управления, в основе которого лежит оригинальное программное обеспечение под Windows XP, разработанное в среде Delphi 7 по алгоритмам управления следящими электроприводами, полученным авторами статьи в ходе научных исследований.



стр. 46

## РАЗРАБОТКИ/Сельское хозяйство

### 54 Автоматизированная система управления подводным рыболовным садком

Андрей Быкадоров, Дмитрий Ерёмин

Морское садковое выращивание товарной рыбы является одним из наиболее перспективных направлений рыболовства в мире. Для автоматизации этого процесса компанией «Антрел» по заказу ООО «Экофиш» был разработан и внедрён программируемый контроллер подводного автономного рыболовного садка (ПК ПАРС).



стр. 54

## АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА/Контроллеры

### 58 Fastwel I/O изнутри

Александр Локотков

В статье рассматриваются внутреннее устройство и принципы функционирования основных составных частей аппаратно-программного комплекса Fastwel I/O, предназначенного для создания автоматизированных систем сбора данных и управления. Представлены подходы к проектированию и детально описаны межмодульная внутренняя шина FBUS, адаптированная среда исполнения прикладных программ CoDeSys, сервисы сетевых протоколов и особенности взаимодействия составных частей комплекса друг с другом.



стр. 58

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ/Инструментальные системы

### 66 Новые технологии работы с данными OPC

Дмитрий Швецов

В статье рассмотрены основные преимущества работы SCADA-систем с данными OPC, особенности и некоторые недостатки существующих протоколов передачи данных. Иллюстрация возможностей и решений осуществляется на базе новой версии пакета GENESIS32 V9 фирмы Iconics.



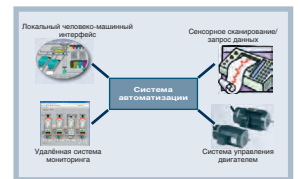
стр. 66

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ/Системы реального времени

### 70 Снижение стоимости разработки промышленных систем управления посредством использования адаптивной декомпозиции системных ресурсов

Роман Кипрушенков

С ростом сложности и объёма программного кода вероятность проявления проблем нехватки процессорного времени в конечном продукте возрастает – усложняется этап отладки и интеграции разрабатываемой системы при финальной сборке, увеличиваются затраты по выявлению и устранению дефектов. Использование запатентованной технологии адаптивной декомпозиции позволяет обеспечить приложения гарантированным реальным временем процессорной обработки, нейтрализовать угрозы, связанные с захватом процессорных ресурсов вредоносным и сбойным программным обеспечением. Происходит сокращение издержек по устранению неполадок, вызванных дефицитом процессорных ресурсов, продукт становится более надёжным и защищённым, выход конечного продукта на рынок происходит быстрее.



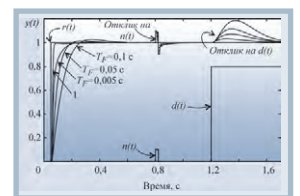
стр. 70

## В ЗАПИСНУЮ КНИЖКУ ИНЖЕНЕРА

### 78 ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации. Часть 2

Виктор Денисенко

В статье сделан обзор структур и принципов построения ПИД-регуляторов, получивших распространение при решении задач автоматизации технологических процессов. Рассмотрены также регуляторы для систем с транспортной задержкой, нечёткие и нейросетевые ПИД-регуляторы.

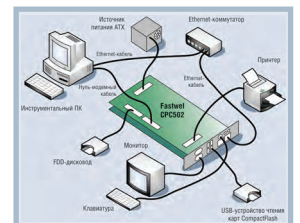


стр. 78

### 90 Методика тестирования функционирования процессорных плат фирмы Fastwel под ОС QNX

Алексей Уваров

В этой статье описана методика тестирования функционирования и проверки совместимости ОС QNX различных версий и специализированных процессорных плат фирмы Fastwel. Даны алгоритмы и скрипты программ тестирования. Пошагово описан пример сборки образа ОС QNX Momentics и встраиваемой файловой системы вместе с графической оболочкой Photon.



стр. 90

## ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

### 100 Главное событие промышленной автоматизации Урала

Мария Солдатова

### 101 CANTech 2007

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЗАЛ

103

## БУДНИ СИСТЕМНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

109

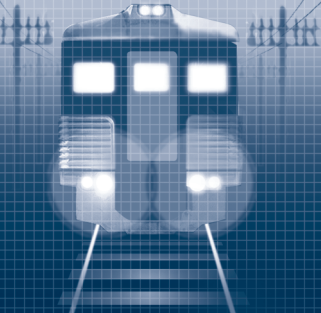
## НОВОСТИ

22, 36, 101



стр. 100





# КАСДУ первой линии Казанского метрополитена: современные решения традиционных задач

Владимир Красных, Григорий Бушканец, Александр Деркач, Борис Красных,  
Андрей Наумов, Айдар Абдулкин

В данной статье рассказывается об автоматизированной системе жизнеобеспечения объектов Казанского метрополитена — комплексной автоматизированной системе диспетчерского управления электромеханическими устройствами и объектами энергоснабжения.

## ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Первая линия Казанского метрополитена, насчитывающая сегодня пять станций, была введена в эксплуатацию в июле 2005 года к 1000-летию юбилею города.

Все нити управления Казанским метрополитеном сходятся в центр диспетчерского управления (ЦДУ), представляющий собой аппаратно-программный комплекс для диспетчерского управления всеми объектами метрополитена и являющийся составной частью интегрированной автоматизированной системы управления метрополитеном. Сюда стекается вся информация от

- комплексной системы обеспечения безопасности движения и автоматизированного управления движением поездов (СА КСД — комплексная система «Движение»);
- автоматизированной системы диспетчерского управления электро-снабжением (КАСДУ-Э) и электромеханическими устройствами (КАСДУ ЭМУ);
- системы контроля состояния подвижного состава (КТСМ 02);
- системы поддержания единого времени метрополитена;
- системы охранно-пожарной сигнализации (ОПС) и контроля доступа (КД);
- системы контроля оплаты проезда (АСКОПМ).

Журнал «СТА» уже рассказывал о построении системы управления движе-

нием электропоездов [1]. Другой важнейшей системой Казанского метрополитена является система диспетчерского управления электро-снабжением и электромеханическими устройствами.

Система КАСДУ-Э предназначена для автоматизированного управления электроснабжением потребителей метрополитена. Электро-снабжение станций метрополитена осуществляется от энергосистемы города трёхфазным переменным током с частотой 50 Гц и напряжением 6 кВ. Основными элементами системы электроснабжения являются совмещённые тягово-понижительные подстанции (СТП) и понижительная подстанция электродепо (СТПд). Каждая СТП питается от городской энергосистемы по двум или трём кабельным линиям и резервируется по кабельным перемычкам от независимых источников через соседние СТП. Технологический процесс электроснабжения решает следующие основные задачи:

- приём и передачу электроэнергии с преобразованием её по уровню напряжения и роду тока;
- распределение электроэнергии на тягу поездов, нужды линии (санитар-



Вход на станцию «Кремлёвская» Казанского метрополитена

но-технические устройства, устройства автоматики и телемеханики, освещения, связи и др.) и посторонних потребителей.

Основными исполнительными устройствами, участвующими в технологическом процессе обеспечения электроэнергией, являются:

- высоковольтные выключатели вводов, кабельных перемычек и отходящих фидеров 6 кВ;
- секционные высоковольтные выключатели 6 кВ;
- быстродействующие автоматические выключатели фидеров 825 В, питающие контактную сеть;
- защитные заземлители шин 825 В на СТП;
- линейные разъединители фидеров 825 В, питающие контактную сеть, зонные и тупиковые разъединители контактной сети;



- автоматические выключатели вводов щитов переменного тока напряжением 380 В, 220 В;
- секционные автоматические выключатели щитов переменного тока напряжением 380 В, 220 В;
- автоматические выключатели эскалаторов щитов переменного тока напряжением 380 В;
- трансформатор силовой СТП;
- трансформатор освещения;
- трансформатор системы автоматики и телемеханики движения поездов (АТДП) и связи.

Система КАСДУ-ЭМУ предназначена для автоматизированного управления электромеханическими устройствами метрополитена:

- тоннельной вентиляцией, обеспечивающей в тоннелях, вестибюлях и на станциях требуемые санитарно-гигиенические параметры воздуха;
- местной вентиляцией на станциях и в вестибюлях, обеспечивающей воздухообмен в служебных помещениях и коридорах;
- насосными установками в перекачках и санузлах на станциях и в тоннелях, обеспечивающими откачку грунтовых, атмосферных и производственных сточных вод и фекальной жидкости в городскую водосточную сеть и канализацию;
- системой водоснабжения для питьевых, хозяйственных и пожарных нужд;
- системой теплоснабжения, обеспечивающей станции горячей водой и воздухом;
- системой освещения тоннелей, вестибюлей, платформ;
- устройствами контроля прохода в тоннель (УКПТ).

## ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ КАСДУ

В системе КАСДУ предусмотрены три режима управления электромеханическими объектами и объектами энергоснабжения: местное управление (МУ), дистанционное управление (ДУ) и телемеханическое управление (ТУ).

В режиме МУ управляющие воздействия подаются на электромеханические устройства с использованием соответствующих тумблеров, кнопок, задвижек и прочих электромеханических или механических органов управления, которые находятся в непосредственной близости от объекта управления. Данный режим управления поддерживается всеми без исключения электромеха-

ническими объектами.

Режим ДУ осуществляется с АРМ, расположенных в помещении дежурного станционного поста телеуправления (ДСПТ, или просто — дежурный по станции). Команды управления с АРМ, подаваемые дежурным по станции, передаются по ЛВС Ethernet в соответствующие контроллеры, которые осуществляют включение/выключение реле, подключённых к цепям управления требуемых устройств.

Режим ТУ осуществляется с АРМ, расположенных в ЦДУ. Команды управления с АРМ, подаваемые диспетчером электромеханических устройств (ЭМУ), передаются по ЛВС Ethernet на серверы данных, а с серверов по Ethernet ВОЛС — в соответствующие контроллеры, которые осуществляют включение/выключение реле, подключённых к цепям управления требуемых устройств.

Управление освещением и постами УКПТ на станциях осуществляется только в режиме ДУ, так как эти объекты входят в зону ответственности исключительно дежурного по станции. Все остальные электромеханические устройства могут управляться как в режиме ТУ, так и в режиме ДУ.

Если система находится в режиме ТУ, управление возможно только с АРМ диспетчера ЭМУ из ЦДУ. При этом виртуальные органы управления на АРМ дежурного по станции заблокированы, доступна только индикация состояния электромеханических объектов. Если система находится в режиме ДУ, то наоборот, управление возможно только с АРМ дежурного по станции, а управление с АРМ диспетчера ЭМУ заблокировано.

Ответственность за управление всеми электромеханическими объектами (исключение — освещение и посты УКПТ на станциях) лежит на диспетчере ЭМУ, поэтому режим ТУ является приоритетным.

Переход системы из режима ТУ в режим ДУ осуществляется следующим образом:

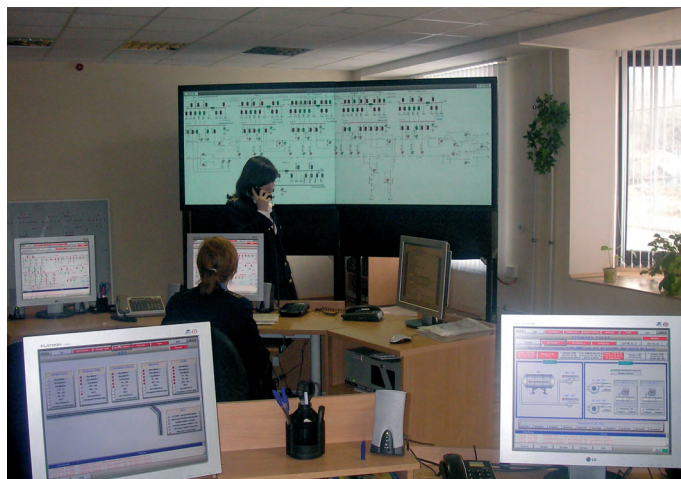


Рис. 1. Видеотабло коллективного пользования службы электроснабжения

- в случае возникновения определённых чрезвычайных ситуаций дежурный по станции со своего АРМ посылает запрос на переключение системы в режим ДУ на АРМ диспетчера ЭМУ, и если диспетчер ЭМУ даёт разрешение со своего АРМ, то режим ДУ активируется;
- если происходит отказ в сетевом соединении между серверами в ЦДУ и станционными контроллерами, то переключение в режим ДУ производится автоматически.

Перевод системы из режима ДУ в режим ТУ осуществляется диспетчером ЭМУ по собственному усмотрению со своего АРМ.

Управление в режиме ДУ объектами энергоснабжения осуществляется оператором СТП с консоли локальной автоматики, которая расположена в помещении СТП.

Управление в режиме ТУ осуществляется с АРМ энергодиспетчера, расположенного в ЦДУ. Управление СТП с АРМ дежурного по станции системой не предусмотрено.

АРМ диспетчера ЭМУ и АРМ энергодиспетчера в ЦДУ состоят из трёх рабочих станций: основной, резервной и вспомогательной. Основная и резервная рабочие станции функционируют в режиме «горячего» резерва и обеспечивают оперативную работу диспетчера по контролю и управлению объектами автоматизации. На вспомогательной рабочей станции реализован просмотр необходимой нормативно-справочной информации (НСИ). Общая информация о состоянии объектов энергоснабжения выводится дополнительно на видеотабло коллективного пользования (ВКП) службы электроснабжения (рис. 1).



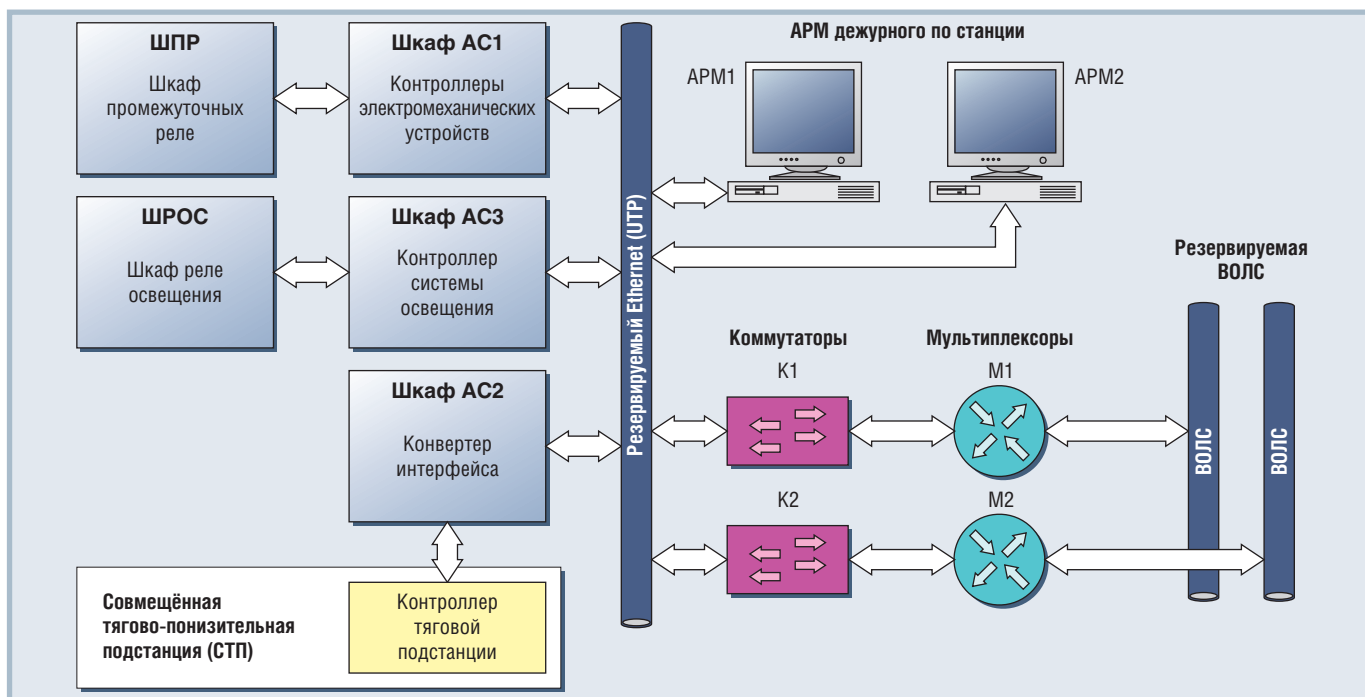


Рис. 2. Комплекс технических средств КАСДУ станционного уровня

### КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КАСДУ

Основу оборудования АРМ диспетчера ЭМУ и АРМ энергодиспетчера составляет промышленная рабочая станция Advantech IPC-510-SYS2. Эта станция собрана на базе одноплатного промышленного компьютера PCA-6186, выполненного в формате PICMG и укомплектованного процессором Intel Pentium 4 с частотой 2,8 ГГц, ОЗУ 512 Мбайт DDR класса PC2700, а также интегрированными видео- и сетевым (Fast Ethernet) контроллерами. Для работы с мультимедийными приложениями станция оснащена встроенной звуковой платой. В её состав также входят жёсткий диск объёмом 80 Гбайт, CD-ROM и стандартный дисковод. Рабочая станция IPC-510-SYS2 имеет вибро- и ударозащитное исполнение, устойчива к высоким температурам и влажности.

АРМ укомплектованы TFT LCD-мониторами L1730S фирмы LG, манипулятором мышь, клавиатурой и активными звуковыми колонками.

Сервер данных состоит из двух полностью идентичных вычислительных комплексов повышенной надёжности с массивами накопителей на жёстких магнитных дисках — основного и резервного. Вычислительные комплексы функционируют в режиме «горячего» резерва. Массивы дисковых накопителей осуществляют зеркальное копирование данных.

Сервер системы КАСДУ выполняет следующие функции:

- обмен информацией с СА КСД и станционной аппаратурой КАСДУ;
- ведение баз данных, хранение НСИ;
- передачу команд ТУ, приём квитанций на команды ТУ;
- автоматическое формирование протокола состояний контролируемых объектов, аварийных событий и команд ТУ (включая сигналы квитирования ТУ);
- разграничение прав доступа к приложениям и данным;
- информационный обмен с другими системами.

Комплекс технических средств (КТС) КАСДУ в ЦДУ дополняет ВКП службы электроснабжения, состоящее из видеопанелей высокого разрешения. Управление выводом информации на ВКП осуществляется специализированным контроллером, подключённым к ЛВС ЦДУ (см. структурную схему центра диспетчерского управления в [1]).

Для обмена данными между ЛВС ЦДУ и станциями используется сеть передачи данных на базе двух кольцевых линий волоконно-оптического кабеля, проложенных по разным туннелям. Прямые и обратные оптические волокна образуют кольцо, чтобы сохранить целостность среды передачи данных при одиночном обрыве кабеля.

КТС КАСДУ станционного уровня включает в свой состав (рис. 2):

- резервированное АРМ дежурного по станции (АРМ1, АРМ2);

- станционный шкаф управления электромеханическими объектами (программно-технический комплекс АС1);
- станционный шкаф управления системой освещения (программно-технический комплекс АС3);
- блок преобразования интерфейсов (блок АС2);
- шкаф промежуточных реле (ШПР);
- шкаф реле освещения (ШПРОС);
- оборудование ЛВС.

АРМ дежурного по станции укомплектован двумя ПЭВМ в промышленном исполнении на базе шасси IPC-510BP-30Z с процессорной платой PCA-6186E2-00A1 фирмы Advantech. Одна ПЭВМ является основной и предназначена для отображения состояния объектов управления электромеханической службы с требуемой детализацией, обеспечивающей возможность оперативного управления, а также для отображения состояния объектов электроснабжения. Вторая ПЭВМ является резервной и в резервном режиме предназначена для детализации отображения дополнительной текущей, аварийной или справочной информации. При отказе основной ПЭВМ резервная назначается основной.

Программно-технические комплексы (ПТК) АС1 и АС3 осуществляют:

- приём дискретной, аналоговой и цифровой информации от датчиков контролируемых электромеханических объектов и её обработку по заданным алгоритмам;

- управление исполнительными механизмами электромеханических объектов по заданным алгоритмам;
- передачу информации на верхний уровень иерархии (ДСПТ, ЦДУ) по сети Ethernet;
- приём и исполнение команд управления от верхнего уровня иерархии (ДСПТ, ЦДУ) по сети Ethernet.

ПТК AC1 и AC3 состоят из следующих функциональных узлов:

- программируемые микроконтроллеры серии ADAM-5510E/TCP с модулями ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов и адаптером интерфейса Ethernet;
- нормализаторы аналоговых сигналов серии ADAM-3014;
- электромеханические реле;
- источники вторичного электропитания;
- коммутаторы Ethernet серий ADAM-6520-B и EDG-6528.

Основу ПТК AC1 и AC3 составляют программируемые микроконтроллеры серии ADAM-5510E/TCP фирмы Advantech. Каждый ADAM-5510E/TCP является IBM PC совместимым контроллером, предназначенным для работы в локальных и корпоративных сетях по интерфейсу Ethernet. Контроллеры обеспечивают выполнение основных функций ПТК по вводу и первичной обработке информации, а также обработку основных алгоритмов управления объектом. Ввод и вывод информации в контроллеры от объекта управления осуществляется через соответствующие модули, устанавливаемые в посадочные места восьмислотового каркаса. Аналоговые сигналы 4...20 мА от датчиков поступают на входы модуля аналогового ввода через модули нормализации ADAM-3014. Дискретные сигналы типа «сухой» контакт поступают на модули ADAM-5051S и ADAM-5055S непосредственно от датчиков, установленных на контролируемом объекте. Контроллеры работают под управлением прикладного программного обеспечения в среде операционной системы ROM-DOS.

Блок AC2 осуществляет выполнение следующих функций:

- принимает и передаёт информацию от портов RS-232/422/485 с протоколом ModBus в сеть Ethernet и обратно;
- преобразует среду передачи данных для Ethernet из стандарта 10/100Base-TX в стандарт 100Base-FX (многомодовый).

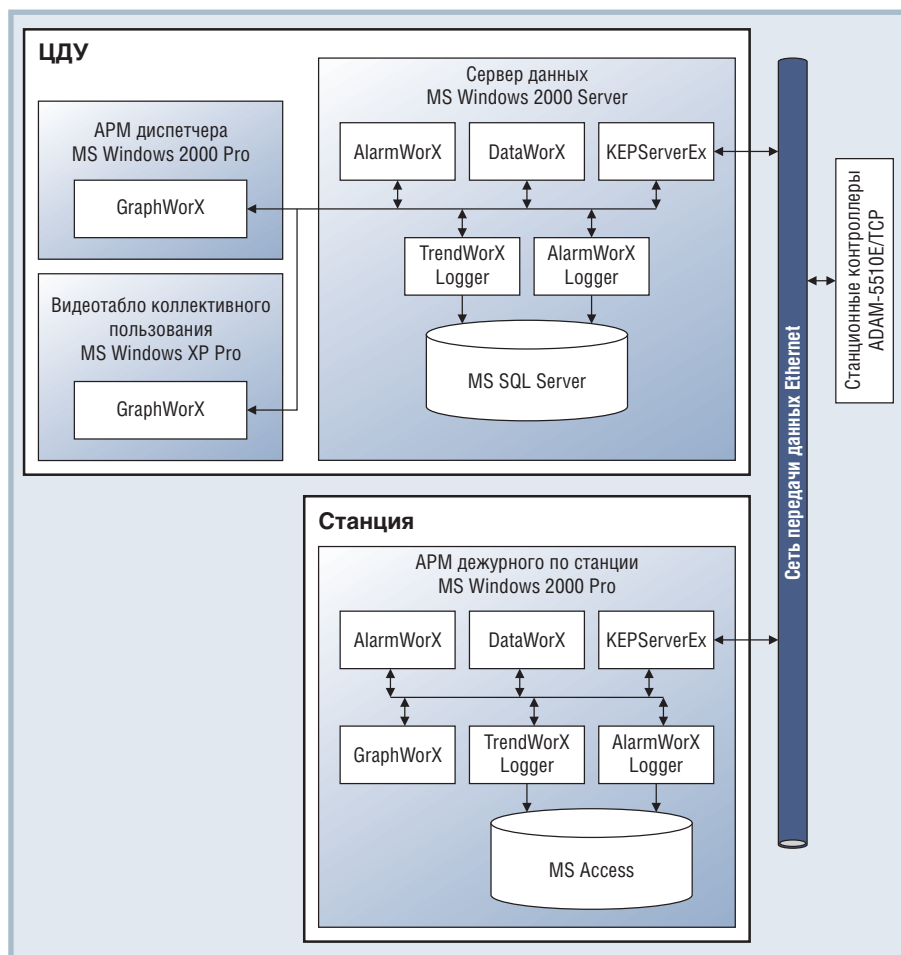


Рис. 3. Структура программного обеспечения КАСДУ

Блок AC2 состоит из следующих основных функциональных узлов:

- модуль шлюза передачи данных Ethernet в RS-232/485/422 с протоколом ModBus — ADAM-4572-A совместно с преобразователем интерфейсов RS-232 в RS-422/RS-485 — ADAM-4520-D;
- конвертеры Ethernet в многомодовый оптический интерфейс — ADAM-6541-A;
- источник вторичного электропитания EWS15-24.

Основу блока AC2 составляет модуль ADAM-4572-A. Он имеет один сетевой порт 10/100Base-T с соединителем RJ-45 и один последовательный порт интерфейса RS-232/422/485 с винтовыми клеммами. Для расширения количества последовательных портов блока AC2 до двух используется преобразователь интерфейса ADAM-4520-D. Преобразование среды передачи Ethernet реализуется с помощью модулей ADAM-6541-A. Применяемые модули семейства ADAM являются изделиями фирмы Advantech, а источники электропитания серии EWS — продукцией компании Nemic-Lambda.

Связь между AC1, AC2, AC3 и АРМ в пределах станции на расстоянии не более 100 м осуществляется по дублированному защищённому кабелю с использованием интерфейса Ethernet 100Base-T; при больших расстояниях используются преобразователи 100Base-T в 100Base-FL с соответствующим переходом на оптоволокно. Связь между AC1, ШПРОС, ШПР и электромеханическими объектами осуществляется по физическим линиям. Связь между AC2 и контроллером тяговой подстанции реализована по последовательному интерфейсу RS-485.

На программно-технические комплексы AC1 и AC3 были получены сертификаты РОСС RU.ME51.B00737 и РОСС RU.ME51.B00736 на соответствие требованиям безопасности и электромагнитной совместимости.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАСДУ

В качестве операционной системы для АРМ диспетчеров (как станционных, так и в ЦДУ) и серверов ЦДУ используются Microsoft Windows 2000 Pro и Windows 2000 Server. Прикладное программное обеспечение (ПО) разра-



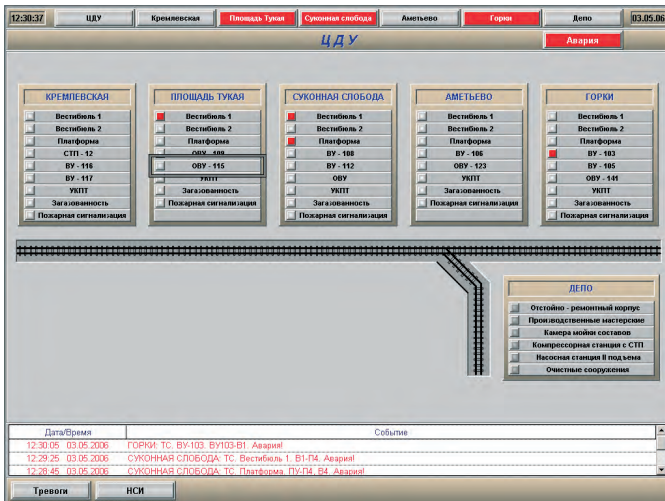


Рис. 4. Основной экран АРМ диспетчера ЭМУ

ботано на базе SCADA-системы GENESIS32 v.7 фирмы Iconics (рис. 3).

Данные с уровня контроллеров поступают на АРМ ДСПТ по сети передачи данных Ethernet в соответствии с протоколом ModBus/TCP. На АРМ данные сначала проходят через OPC-сервер KepServerEx, который является «шлюзом» для программных модулей GENESIS32 и ПО контроллера. Затем данные поступают в DataWorX, где осуществляется их первичная обработка: для аналоговых сигналов — перевод из кода АЦП в реальную физическую величину, для дискретных — распаковка и инвертирование. Таким образом, DataWorX содержит в себе все параметры контролируемых процессов. Далее DataWorX предоставляет полученную от контроллеров информацию всем своим клиентам:

- серверу архивации аналоговых параметров TrendWorX Logger, который архивирует значения контролируемых параметров в базе данных с возможностью последующего их извлечения и просмотра на графиках;
- серверу обнаружения аварийных событий AlarmWorX Server, который в свою очередь передаёт серверу архивации AlarmWorX Logger информацию об обнаруженных аварийных событиях для архивации в базе данных;
- средству визуализации контролируемых параметров GraphWorX, которое, получая информацию от всех серверов обработки данных, представляет её в виде динамизированных мнемосхем на экране монитора и тем самым обеспечивает интерфейс пользователя с системой.

Команды диспетчера передаются сразу из GraphWorX в OPC-сервер KepServerEx, который, в свою очередь,

передаёт её для выполнения непосредственно в станционный контроллер.

Прикладное ПО станционного уровня и уровня ЦДУ идентичны друг другу. Разница лишь в том, что на уровне ЦДУ все серверы обработки данных размещаются на отдельном компьютере — сервере данных, а АРМ запрашивают необходимые для отображения данные по сети. На станционном же уровне задачи обработки и отображения данных выполняются на одном компьютере.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ НА АРМ ДИСПЕТЕЧЕРОВ

АРМ диспетчера ЭМУ в ЦДУ позволяет удалённо управлять в режиме ТУ электромеханическими устройствами на всех станциях и полностью контролировать их состояние. На этих АРМ отображается информация с датчиков микроклимата, датчиков охранно-пожарной сигнализации и загазованности, а также имеется возможность просматривать архивные данные за разные периоды времени в виде графиков и таблиц. Работникам инженерных служб при наличии разрешённого уровня доступа предоставляется возможность с системных экранов АРМ диспетчера ЭМУ диагностировать состояние некоторых элементов системы КАСДУ, вводить необходимые уставки и настроечные коэффициенты.

На рис. 4 и 5 представлены основной экран АРМ диспетчера ЭМУ и изображение некоторых электромеханических устройств на одном из его рабочих экранов.

В верхней части основного экрана располагается меню переходов к экранам станционных объектов в виде кнопок с названием станций. Кнопки переходов являются также цветовыми инди-

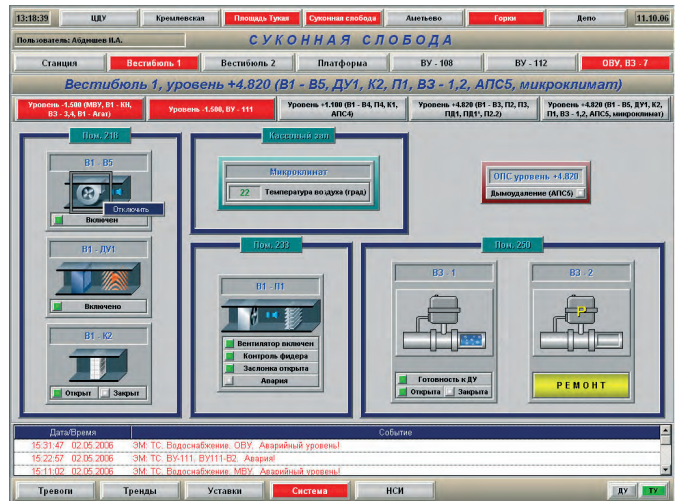


Рис. 5. Изображение некоторых электромеханических устройств на одном из рабочих экранов АРМ диспетчера ЭМУ

каторами, сигнализирующими красным цветом о наличии аварии на каком-либо объекте соответствующей станции. На данном экране также изображены индикаторы состояний основных объектов всех станций. В нижней части экрана располагается ActiveX-компонент AlarmWorX Viewer, который выводит в текстовом виде оперативную информацию о текущих аварийных ситуациях.

Для отображения полного журнала тревог и событий на отдельном экране используется компонент AlarmWorX Report ActiveX. Данный компонент позволяет устанавливать во время отображения различные фильтры, которые легко могут быть настроены самим диспетчером ЭМУ.

Группу вспомогательных экранов АРМ составляют системный экран и экран уставок. На первом из них отображается состояние связи с контроллерами шкафов управления AC1, AC2, AC3, наличие электрического напряжения на выходах источников постоянного тока, расположенных в этих шкафах, а также другая сетевая информация. Экран «Уставки» предназначен для просмотра текущих значений аналоговых и дискретных параметров электромеханических объектов в табличном виде, задания градуировочных коэффициентов и аварийных границ аналоговых сигналов, перевода объектов управления из режима «Работа» в режим «Ремонт» и обратно.

Рабочее место дежурного по станции функционально повторяет АРМ диспетчера ЭМУ, но, естественно, ограничивает область действия всех функций данной станцией. Дополнительно это АРМ содержит органы управления освещением в тоннелях, вестибюлях и на

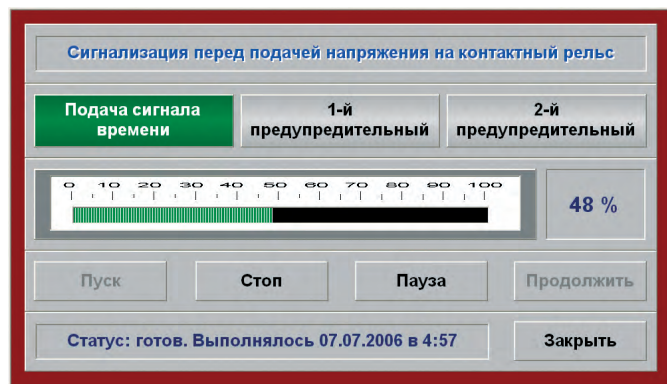


Рис. 6. Окно активирования сигнализации

платформе, а также индикацию состояния систем освещения.

Освещение в тоннелях используется для выдачи предупредительной сигнализации перед подачей напряжения на контактный рельс. Чтобы активировать сигнализацию, дежурному по станции необходимо нажать кнопку «Сигнализация», при этом в центре экрана появится окно, представленное на рис. 6. Для запуска алгоритма автоматического управления сигнализацией необходимо нажать кнопку «Пуск». Сигнализация состоит из трёх выполняемых последовательно друг за другом фаз.

1. **Подача сигнала времени:** во время выполнения этой фазы в тоннелях включается всё освещение на 5 секунд, потом гаснет на 5 секунд, а затем включается на 5 минут.
2. **Первый предупредительный:** в тоннелях два раза на 5 секунд отключается свет, а затем включается и продолжает гореть в течение 10 минут.
3. **Второй предупредительный:** в тоннелях три раза на 5 секунд отключается свет, а затем включается и продолжает гореть то освещение, которое было включено до запуска предупредительной сигнализации.

Во время каждой фазы соответствующий индикатор мигает зелёным цветом. Процентная шкала отображает ход выполнения всего алгоритма управления сигнализацией. Кнопкой «Стоп» можно прервать выполнение алгоритма. Кнопкой «Пауза» можно приостановить его выполнение, а затем продолжить, нажав кнопку «Продолжить».

**АРМ энергодиспетчера** предоставляет возможность просмотра полной информации о состоянии объектов энергетики на выбранной станции и управления ими. На основном экране выбранной станции располагается однолинейная схема электроснабжения станции. На этой схеме динамически отображается положение всех разъединителей и вы-

ключателей, участвующих в электро-снабжении. Также с этого экрана диспетчеру предоставляется возможность управления разъединителями и выключателями (рис. 7). Для выдачи команды управления диспетчеру нужно лишь щёлкнуть левой кнопкой мыши на нужном объекте и в появившейся панели управления выбрать нужную команду.

Все контролируемые объекты электроэнергетики разделены на 3 группы: РУ 6 кВ, РУ 825 В, щиты 380/220 В. На АРМ каждая группа представлена своим меню. В нём располагаются кнопки перехода к экранам, содержащим полную информацию о состоянии какого-либо агрегата, а также индикаторы наличия аварийных сообщений и наличия связи с контроллером конкретного агрегата.

Для разграничения прав пользователей на каждом АРМ предусмотрена подсистема авторизации пользователей. Данная подсистема имеет 3 уровня доступа: «гость» — для этого уровня не требуется авторизация, здесь все функции управления блокируются, и остаётся лишь возможность просмотра состояния агрегатов; «оператор» — на этом уровне предоставляется возможность управления агрегатами; «наладчик» — предоставляется возможность корректировки системных констант, используемых для преобразования аналоговых сигналов, а также изменения режимов функционирования агрегата («Ремонт» или «Работа»). Все данные по регистрации пользователей фиксируются подсистемой в архиве событий и тревог.

## Заключение

Совершенно очевидно, что реализация столь масштабного проекта, как создание системы КАСДУ первой линии Казанского метрополитена, не могла пройти без проблем. Были отдельные нестыковки в различных частях проекта. Не всегда генподрядчик — «Казмет-

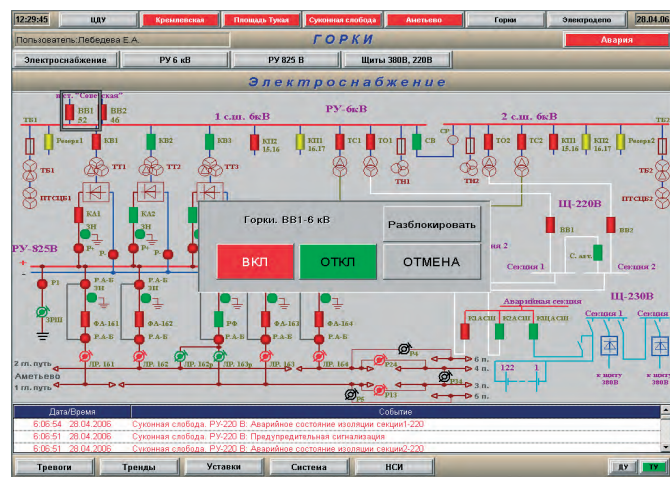


Рис. 7. АРМ энергодиспетчера. Экран по станции «Горки»

рострой» — обеспечивал эффективное взаимодействие своих субподрядчиков. Были проблемы (а где их не бывает!) с ритмичностью финансирования работ. Наконец, сроки, сроки, сроки...

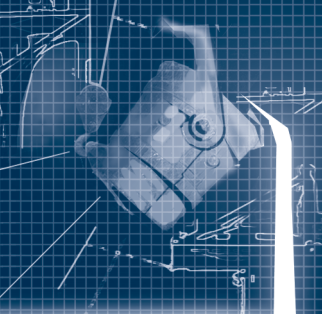
Но в то же время проект КАСДУ — это и пример эффективного сотрудничества триумвирата в составе Научно-исследовательского института точной механики, г. Санкт-Петербург (разработка структуры системы, определение её функций, организация взаимодействия с заказчиком), Санкт-Петербургского филиала компании ПРОСОФТ (поставка комплектующих и общесистемного программного обеспечения) и ООО «ШАТЛ», г. Казань (разработка и изготовление шкафов управления, разработка программного обеспечения, монтаж и пусконаладка системы). Сейчас можно смело утверждать, что только совместный дружный квалифицированный труд этих коллективов обеспечил реализацию проекта в кратчайшие сроки. Нельзя обойти вниманием и эксплуатирующую организацию «Муниципальное унитарное предприятие „Метроэлектротранс“», г. Казань, специалисты которой взяли, в конце концов, в свои руки неблагодарную функцию взаимоувязки работ, выполнявшихся различными подрядчиками. ●

## Литература

1. Белов В., Голынский А., Потапов К., Гаркуша М., Корнев Л. Безопасность и экономичность — главные черты системы управления движением поездов Казанского метрополитена // Современные технологии автоматизации. 2006. № 1. С. 34-38.

**Авторы — сотрудники  
ООО «Шатл», г. Казань  
Телефон/факс: (843) 238-1600  
E-mail: shuttleroot@kai.ru**





# Система контроля технологических параметров на литейных установках Ревдинского завода по обработке цветных металлов

Евгений Дубровский, Михаил Пискунов, Игорь Тетерин

Представленная система решает задачи мониторинга технологических параметров, оперативного доведения результатов анализа проб, создания соответствующих баз данных, предупреждения аварий оборудования, способствуя, в конечном счёте, повышению качества выпускаемой продукции. Описаны особенности технологического процесса, а также аппаратные и программные решения, используемые при построении системы.

## Введение

В настоящее время ОАО «Ревдинский завод по обработке цветных металлов» является одним из крупнейших предприятий в стране по производству труб, прутков, проволоки, полых и сплошных профилей, литейных заготовок из меди, латуни, бронз, медно-никелевых сплавов. Ассортимент выпускаемой продукции чрезвычайно широк и составляет более 15 тысяч типоразмеров из 86 наименований сплавов. Ежегодно осваивается более 300 видов новых изделий.

Технологические возможности предприятия позволяют оперативно адаптировать мощности к запросам потребителей и поставлять широкую номенклатуру продукции. Одним из первых в стране завод освоил выпуск труб для водопроводов и отопления в соответствии с требованиями европейских стандартов. На медные трубы для трубопроводов и соединительные части к ним предприятию выдан гигиенический сертификат Государственной санитарно-эпидемиологической службой РФ. Проведена большая работа по совершенствованию технологии, улучшению качества и увеличению ресурса эксплуатации медно-никелевых труб, применяемых для теплообменных ус-

тановок атомных электростанций, работающих на морской воде. Разработанные заводом технические условия (единственные в стране) на эти трубы одобрены и рекомендованы к применению Госатомнадзором России.

Продукция завода находит широкое применение во многих отраслях: тепло- и электроэнергетической, атомной, электротехнической, нефтеперерабатывающей, химической, автомобилестроительной, оборонной, а также

в приборостроении, гражданском и промышленном строительстве.

## Краткая характеристика технологического процесса

На современном этапе развития металлургической промышленности экономически выгодно на заводах по обработке цветных металлов использовать такой вид заготовительного литья, как непрерывное или полунепрерывное литьё слитков.

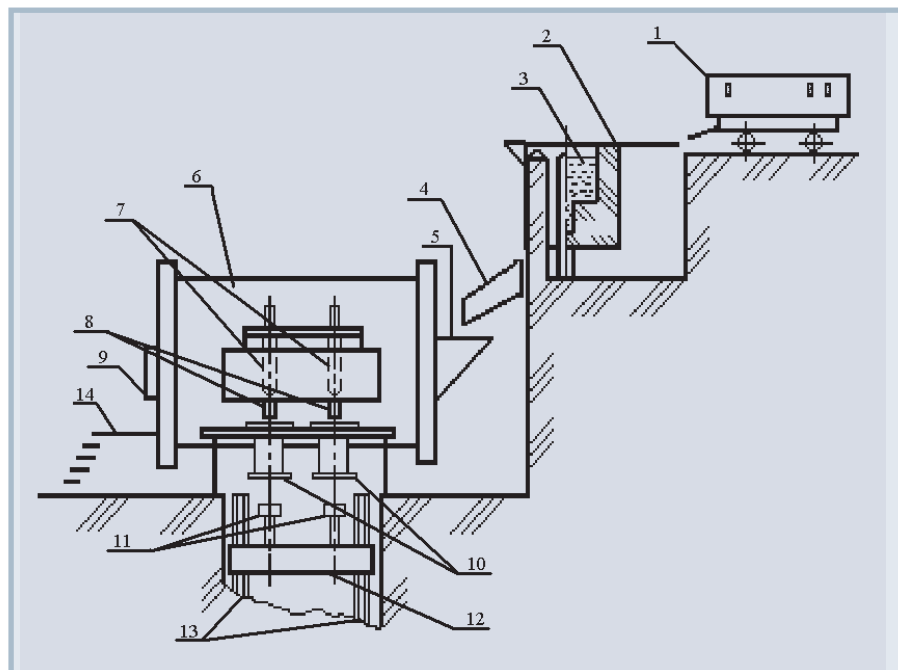
Литьё считается непрерывным, если весь приготовленный в печи металл непрерывно переливается в кристаллизатор, где происходит кристаллизация жидкого расплава в заготовку нужного диаметра.

После отливки одного слитка (или серии) литьё прекращают, и слиток удаляют, а затем опять начинают литьё следующего слитка (или серии). Ход кристаллизации в обоих процессах одинаков, различаются они только некоторыми операциями.

Известно, что качество готового изделия начинает формироваться на первом этапе производства, то есть при литье. Поэтому особое значение надо придавать качеству получаемых слитков. Качество слитков, получаемых не-



Рис. 1. Установка полунепрерывного литья



Условные обозначения:

1 — загрузочная тележка; 2 — индукционно-канальная печь ИЛК-1,6С2; 3 — жидкий металл; 4 — желоб; 5 — металлоприёмник; 6 — миксер ИЛКМ-2,5С3 (раздаточная печь); 7 — графитовые стопоры; 8 — графитовые втулки; 9 — окно для технологического обслуживания миксера; 10 — кристаллизаторы; 11 — затравка; 12 — подвижная траверса литейной машины; 13 — направляющие винты; 14 — металлический подиум для технологического обслуживания миксера.

Рис. 2. Схема установки полунепрерывного литья

прерывным литьём, намного выше качества слитков наполнительного литья. При непрерывном литье слитки имеют хорошую плотность, а также меньшее количество усадочных раковин и пор, что объясняется созданием направленного затвердевания и интенсивным отводом тепла от слитка при его охлаждении. Следовательно, при производстве заготовок под прессование, для которых важным требованием как раз и является плотность, целесообразно использовать непрерывное или полунепрерывное литьё.

В настоящее время на Ревдинском заводе по обработке цветных металлов заготовки под прессование получают полунепрерывным методом литья. Размеры получаемых слитков таковы: дли-

на до пяти метров, диаметр 145, 165, 175, 200, 203, 220 и 250 мм.

Внешний вид установки полунепрерывного литья показан на рис. 1, а схема этой установки — на рис. 2.

Шихта в коробах на тележке загружается в печь плавильщиком. Затем начинается приготовление расплава. Плавку шихтовых материалов для получения слитков проводят под слоем покровного флюса. Флюсы предназначены для изоляции жидких сплавов от контакта с воздухом, уменьшения потери металла на угар, очистки сплавов от твёрдых нерастворимых в нём оксидов и других неметаллических включений. Для контроля химического состава сплава плавильщик отбирает срочную пробу, которая направляется в экс-

пресс-лабораторию. Химический состав слитков должен соответствовать ГОСТ 15527. По результатам анализа производят корректировку химического состава сплава, если в этом есть необходимость. При положительных результатах анализа химического состава начинается отливка слитков на установке полунепрерывного литья.

### СИСТЕМА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЯ

Исходя из целей обеспечения высокого качества выпускаемой продукции, надёжного функционирования технологического оборудования и повышения производительности, была разработана, изготовлена и внедрена на установках полунепрерывного литья плавильного цеха № 1 система централизованного контроля (СЦК).

Основными задачами СЦК являются следующие:

- мониторинг технологических параметров при отливке слитков на установках полунепрерывного литья плавильного цеха;
- предупреждение аварийных ситуаций в процессе литья;
- передача данных о результатах химического анализа срочных проб из экспресс-лаборатории непосредственно на рабочее место плавильщика;
- формирование на сервере базы данных о каждой плавке.

Выполнение данных задач осуществляется системой СЦК на основе реализации следующих функций:

- сбор с установок данных о значениях технологических параметров литья в процессе отливки слитков с последующей обработкой и передачей этих данных на компьютер технологов для хранения и просмотра;
- формирование в компьютере технолога базы данных со значениями технологических параметров каждого процесса литья слитков, совершённого в плавильном цехе в течение 3 лет (по истечении 3 лет информация из архива автоматически стирается);
- выдача данных о технологических параметрах текущего процесса литья на экран отображающего устройства, установленного на рабочем месте плавильщика;
- выдача данных о результатах химического анализа металла, находящегося в плавильной установке или миксере, из экспресс-лаборатории на экран отображающего устройства, ус-

Таблица 1

Перечень технологических параметров, подлежащих контролю

| Наименование параметра           | Предел измерения      | Единицы измерения | Формат представления |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| Скорость литья                   | 0-20                  | м/ч               | XX,X                 |
| Температура расплава             | 0...1400              | °C                | XXXX                 |
| Длина слитков                    | 0...6                 | м                 | X,XX                 |
| Давление охлаждающей жидкости    | $(0...5) \times 10^5$ | Па                | X,X                  |
| Расход охлаждающей жидкости      | 0...100               | м <sup>3</sup> /ч | XX,X                 |
| Температура охлаждающей жидкости | 0...35                | °C                | XX                   |



тановленного на рабочем месте плавильщика;

- выдача предупредительных сигналов при возникновении предаварийных ситуаций.

Перечень технологических параметров литья, подлежащих контролю, приведён в табл. 1.

### Аппаратная реализация системы

При построении системы контроля в цехе № 1 использовался контроллер семейства S7-300 с центральным процессором CPU317 и коммуникационным процессором CP343 (Siemens). Модуль центрального процессора выбран, исходя из сложности решаемых задач и с учётом перспективы расширения системы. Применение коммутационного процессора обусловлено необходимостью обеспечить связь по сети Ethernet между центральным процессором и верхним уровнем СЦК. Условия эксплуатации в плавильном цехе потребовали принятия дополнительных мер по защите контроллера, с этой целью он был размещён в шкафу со степенью защиты IP65 фирмы Schroff (рис. 3).

Контроллер собирает данные со всех литейных установок цеха, обрабатывает их, сохраняет в блоке данных для последующей передачи в базу данных (сервер WinCC) по сети Ethernet (в целях сокращения объёма базы данных такая передача осуществляется 1 раз в 6 секунд), в реальном масштабе времени передаёт обработанную информацию по Ethernet на автоматизированные рабочие места (АРМ) плавильщиков (рис. 4). Так как необходимо собирать данные с 7 установок полунепре-

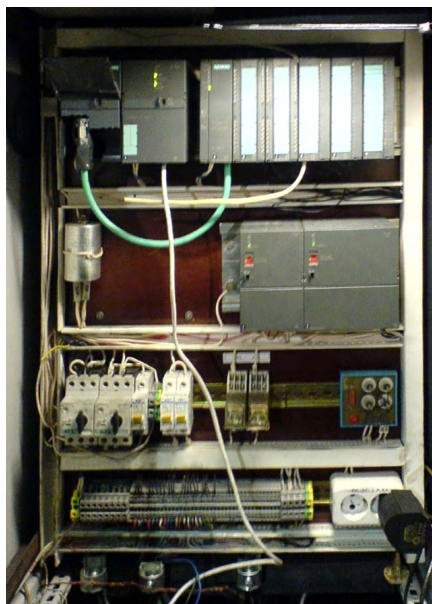


Рис. 3. Шкаф контроллера

рывного литья, расположенных на большой территории цеха, в системе контроля используются станции распределённого ввода-вывода ET-200M, работающие по сети PROFIBUS-DP. Скорость сети PROFIBUS-DP в зависимости от длины сегмента может достигать 1,5 Мбит/с. В составе станций ET-200M для ввода-вывода сигналов устройств нижнего уровня применены следующие модули: SM331 (аналоговый ввод — AI), FM350 (счётчик — Counter), SM322 (дискретный вывод — DO).

Нижний уровень системы представлен датчиками температуры охлаждающей жидкости (термопреобразователи сопротивления Pt 100), датчиками давления и расходомерами охлаждающей жидкости (ОЖ) фирмы Метран, датчиками скорости, постро-

енными на основе шифраторов угловых перемещений фирмы Pepperl+Fuchs, платиновыми термопарами для определения температуры расплава с диапазоном измерений до 1500°C. Комплект датчиков одинаков на всех установках. Датчики температуры ОЖ подключены по 4-проводной схеме; на каждую установку приходится 3 таких датчика: один — в контуре холодной ОЖ, два — в контуре горячей ОЖ (после кристаллизаторов). С целью получения данных для расчёта длины слитка и определения скорости литья (максимальная скорость литья составляет 8 м/ч) к валу двигателя каждой установки присоединён шифратор угловых перемещений модели Pepperl+Fuchs 10-11651-R-0200, требуемая точность (сотые доли метра) обеспечивается частотой его выходного сигнала 5-10 кГц при скорости вращения вала двигателя 1500-3000 об./мин (200 импульсов на оборот). За 2 года эксплуатации эти шифраторы хорошо себя зарекомендовали, устойчиво функционируя в условиях сильной вибрации и больших перепадов температур.

На модули станции ET-200M от датчиков поступают аналоговые, в том числе токовые 4...20 мА, и дискретные сигналы, а выдаются дискретные сигналы на пусковые реле управления индукционным нагревателем.

Вся поступающая от устройств нижнего уровня информация записывается в рабочую память контроллера. Далее она обрабатывается самим контроллером, сохраняется в блоке данных, передаётся на серверы и АРМ. Необходимая информация выводится

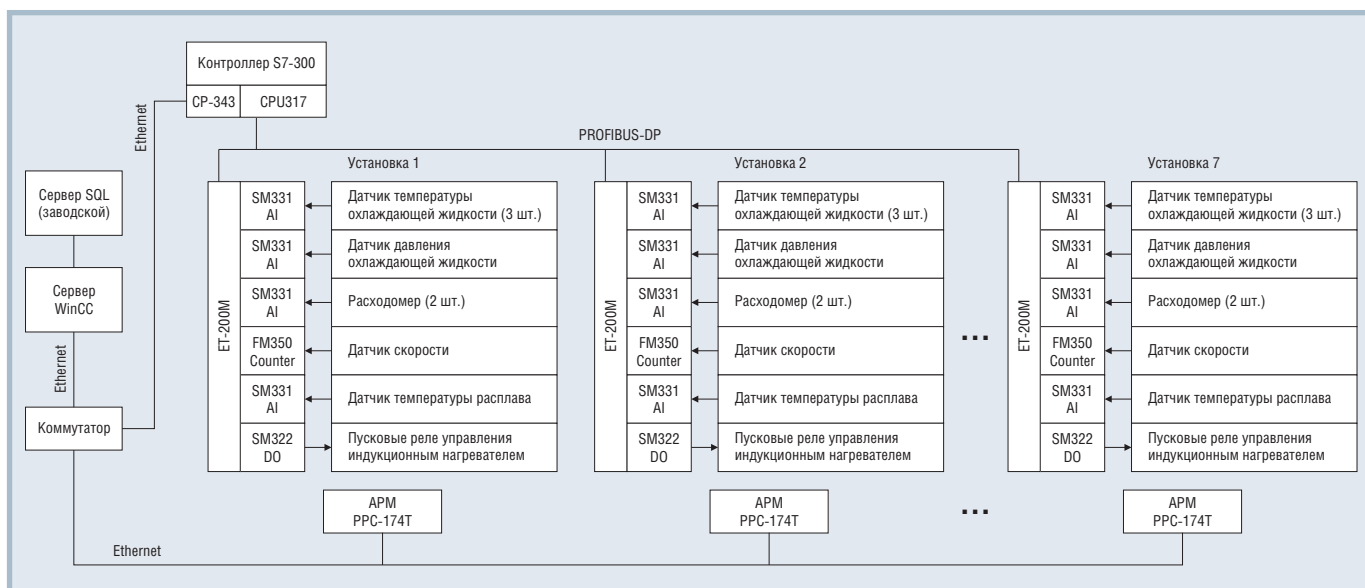


Рис. 4. Структурная схема системы централизованного контроля

на экран промышленного компьютера, установленного в шкафу на АРМ плавильщика (рис. 5). В качестве компьютеров автоматизированных рабочих мест используются многофункциональные панельные компьютеры PPC-174Т фирмы Advantech (17" TFT-дисплей, процессор Intel Pentium 4/3,06 ГГц, ОЗУ до 2 Гбайт DDR SDRAM, порты Ethernet, RS-232, USB, LPT, PS/2). На выбор данных компьютеров повлияли и их эксплуатационные характеристики (например, высокая степень защиты), соответствующие условиям применения в плавильном цехе. Шкаф фирмы Schroff, в котором размещается компьютер, обеспечивает степень защиты IP65 и автоматически поддерживает внутри заданную температуру.

При построении сети Ethernet был использован кабель с низким коэффициентом затухания. Благодаря этому при длинах сегментов до 500 м удалось сохранить высокую скорость передачи данных без применения повторителей. Для защиты Ethernet от помех использованы устройства грозозащиты D-LAN-A/RJ45-BS, которые показали себя с самой лучшей стороны.

Система контроля может функционировать в автономном режиме при обрыве связи с заводским сервером SQL, а также при отключении электропитания на время до 2 часов, что достигается с помощью использования источников бесперебойного питания (ИБП).

Преобладание в сети электропитания гармоник 3, 4, 15-го порядков, постоянные просадки питающего напряжения, вызывавшие зависание или перезагрузку компьютеров системы, потребовали включения перед ИБП феррорезонансных стабилиза-



Рис. 5. Шкаф с промышленным компьютером PPC-174Т (АРМ плавильщика)

торов мощностью 700 Вт. Питание контроллера, станций ввода-вывода сигналов и датчиков реализовано с помощью источников компании Siemens, подключённых после соответствующих ИБП.

### ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

Программирование контроллера производилось с помощью программного пакета STEP 7 v.5.3, применение которого позволило легко и быстро выполнить эту работу.

СЦК использует SCADA-систему WinCC, которая в силу своей абсолютной открытости легко взаимодействует со стандартными и пользовательскими программами, решает задачи визуализации. SCADA установлена на сервере WinCC. Там же размещается база данных SQL, состоящая из двух частей:

- 1) базы для хранения данных о технологических параметрах литья слитков;

- 2) базы для хранения данных о результатах срочного химического анализа.

База данных пополняется 1 раз в 6 секунд, и один раз в сутки её данные копируются на заводской сервер SQL. Такое дублирование информации способствует повышению надёжности системы контроля в целом.

Компьютер АРМ плавильщика использует программное обеспечение, специально разработанное на языке Borland C++ Builder. На его экране в режиме реального времени отображаются значения контролируемых параметров функционирования установки полунепрерывного литья. Отображаемые данные представлены в двух сменяющих друг друга окнах: в первом фигурируют текущие значения технологических параметров литья (рис. 6), во втором — результаты трёх последних срочных анализов (рис. 7). Переключение с одного окна на другое осуществляется нажатием кнопки, выведенной на дверцу шкафа.

Средствами C++ создан пользовательский интерфейс, предоставляющий экранные формы для обеспечения удобства работы разных специалистов. Например, для передачи из экспресс-лаборатории в базу данных и на рабочее место плавильщика информации о химическом составе срочных и текущих проб достаточно ввести полученные данные в соответствующие разделы экранной формы «Экспресс-лаборатория» (рис. 8). Другой пример — экранная форма «Технолог» (рис. 9), с помощью которой соответствующие специалисты могут контролировать все результаты плавки партии металла, включая технологические параметры литья, а также результаты срочных и текущих химических анализов.

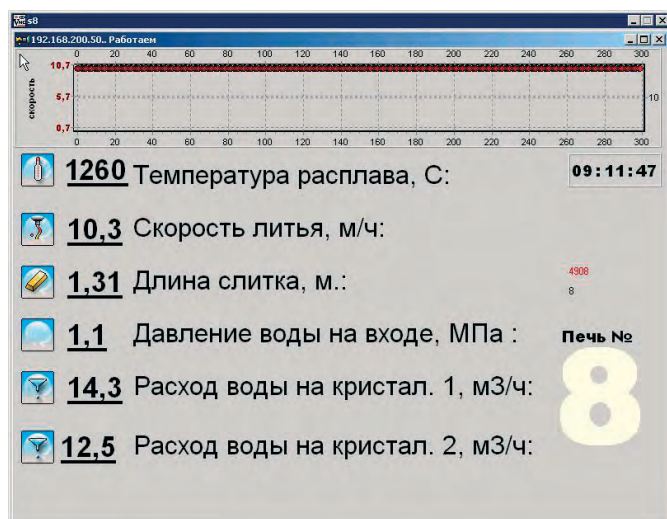


Рис. 6. Окно с текущими значениями технологических параметров литья

| 301<br>24.11.2006 8:37:01 |           | 300<br>24.11.2006 5:13:51 |               | 299<br>24.11.2006 4:06:23 |        |
|---------------------------|-----------|---------------------------|---------------|---------------------------|--------|
| Элемент                   | Последний | Элемент                   | Предпоследний | Элемент                   | Третий |
| Al                        | 0,12      | Al                        | 0,089         | Al                        | 0,079  |
| Si                        | 0,061     | Si                        | 0,066         | Si                        | 0,069  |
| Mn                        | 0,072     | Mn                        | 0,070         | Mn                        | 0,077  |
| Fe                        | 0,31      | Fe                        | 0,30          | Fe                        | 0,28   |
| Ni                        | 0,13      | Ni                        | 0,12          | Ni                        | 0,12   |
| Sn                        | 0,18      | Sn                        | 0,18          | Sn                        | 0,17   |
| Pb                        | 1,42      | Pb                        | 1,31          | Pb                        | 1,42   |
| Cu                        | 59,18     | Cu                        | 58,93         | Cu                        | 58,77  |

Рис. 7. Окно с результатами трёх последних срочных анализов



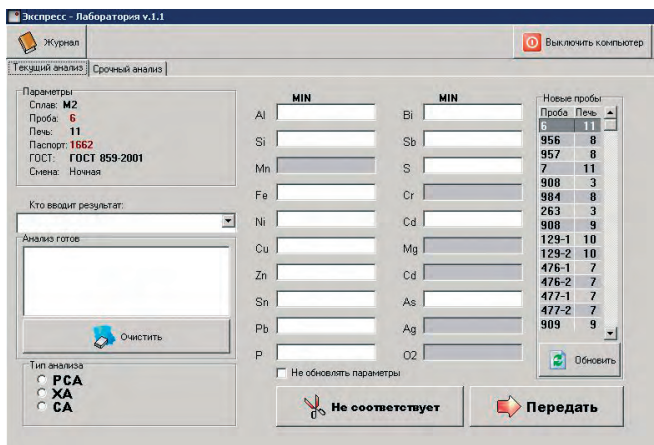


Рис. 8. Экранная форма «Экспресс-лаборатория»

Средствами SCADA на сервере WinCC ведётся разработка системы управления нагревом расплава и скоростью литья. Изменять соответствующие параметры производства смогут только технологи со своих ныне создаваемых АРМ.

### ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

За 11 месяцев 2005 года (до внедрения описанной системы) контролёрами ОТК было забраковано 68 тонн

слитков. Такие потери можно было свести к минимуму только за счёт осуществления постоянного мониторинга технологического процесса, в котором ведущее значение придавалось системе контроля технологических параметров на литейных установках.

Система контроля обеспечивает сбор и сохранение в компьютерной базе данных информации о значениях технологических параметров, определяющих качество выпускаемой про-

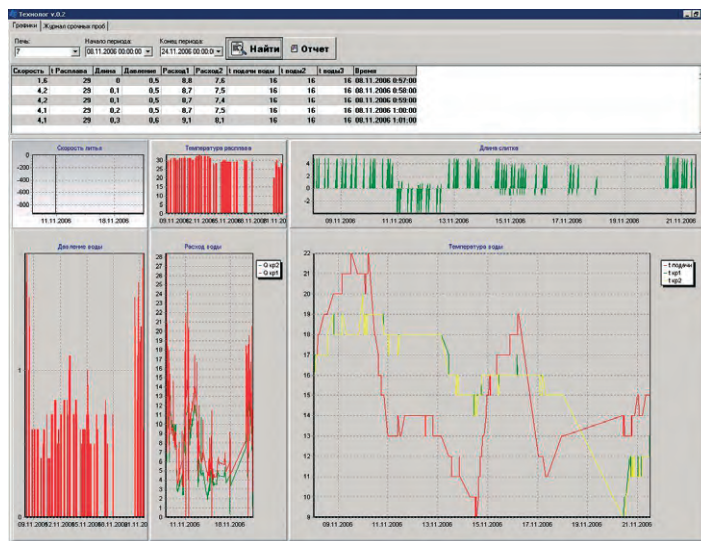


Рис. 9. Экранная форма «Технолог»

дукции, и о результатах анализа проб. С помощью этой информации можно пресечь любые нарушения установленного технологического регламента в процессе производства литой заготовки и, что тоже немаловажно, проводить анализ и выявлять причину брака при получении рекламаций от потребителей.

Также система контроля технологических параметров предусматривает подачу предупредительных сигналов в случае возникновения предаварийной ситуации при работе оборудования. Это позволяет избежать аварий и в конечном счёте увеличивает срок эксплуатации плавильных печей и миксеров.

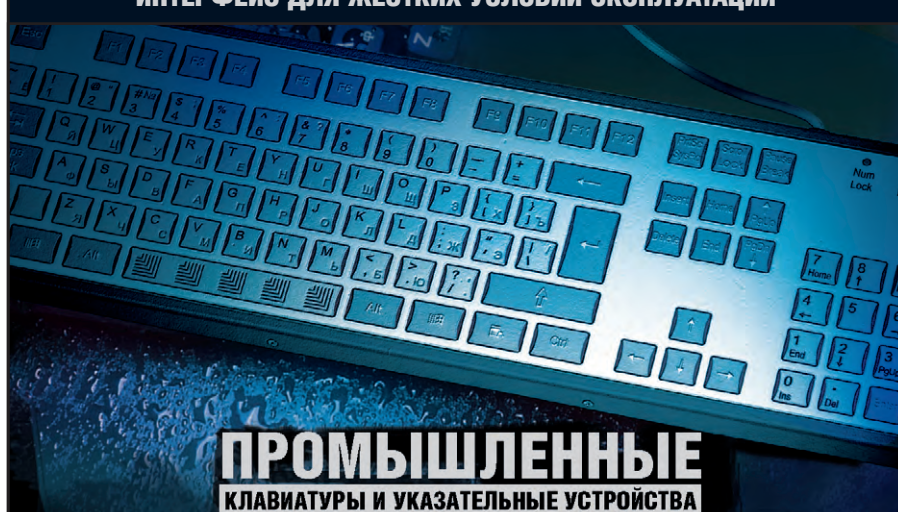
Обеспечиваемая представленной системой передача данных о химическом составе срочных проб из экспресс-лаборатории непосредственно на рабочее место плавильщика привела к тому, что только за 6 месяцев количество выпадов металла в подготовительные сплавы по примесям снизилось на 125 тонн. Оперативность передачи результатов анализа проб позволила сократить время подготовки сплавов в среднем на 30 минут.

Описанная в статье система контроля внедрена и в процессе эксплуатации показывает достаточно высокую надёжность. Ведутся работы по её расширению: подключаются ещё не охваченные автоматизированным контролем литейные установки, создаются новые АРМ специалистов, прокладываются дополнительные сегменты сети и т.д. ●

**Авторы — сотрудники**  
**ОАО «Ревдинский завод**  
**по обработке цветных металлов»**  
**Телефон: (34397) 98-563**

## УДОБНЫЙ И НАДЁЖНЫЙ

### ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ЖЁСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



## ПРОМЫШЛЕННЫЕ

### КЛАВИАТУРЫ И УКАЗАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

- Степень защиты до IP67
- Защищённый корпус или передняя панель
- До 10 миллионов нажатий
- Модели с подсветкой и/или интегрированными манипуляторами
- Диапазоны рабочих температур 0...+ 55 и -40...+ 90°C
- Модели для монтажа в панель, 19" стойки или настольного исполнения

Реклама

#193

InduKey

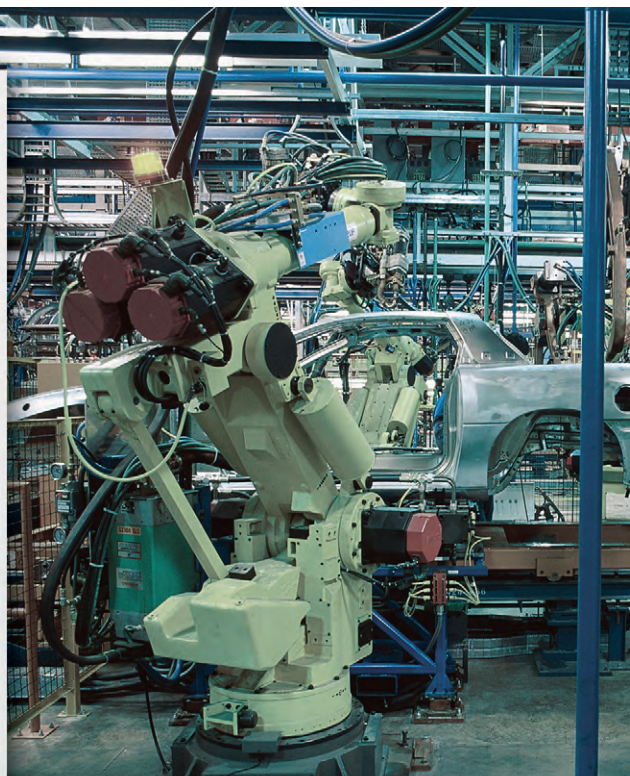
Официальный дистрибьютор —  
компания ПРОСОФТ  
(495) 234-0636 • [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)



# Прочность. Безопасность. Надёжность.

- Единая платформа шкафов для электроники
- Совершенная технология, современный промышленный дизайн
- Сейсмостойкость и электромагнитная защита

**VARISTAR**  
ONE SYSTEM FOR ALL SOLUTIONS.



## Шкаф будущего

- Высокая стойкость к ударам и вибрациям в соответствии с IEC 61587-1
- Сейсмостойкость — соответствие требованиям Bellcore зона 4
- Степень защиты от проникновения воды и пыли — IP55
- Новые стандарты по электромагнитной защите — ослабление 60 дБ на частоте 1 ГГц и до 40 дБ на частоте 3 ГГц
- Различные варианты теплоотвода: вентиляция, кондиционирование, водяное охлаждение

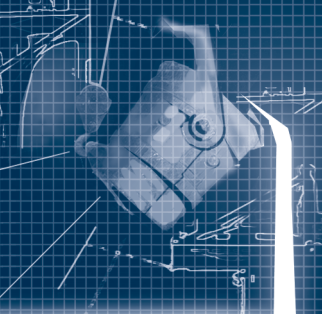
**Сейсмостойкость —  
в подарок!**

**ProSoft®**

**МОСКВА**  
**С.-ПЕТЕРБУРГ**  
**ЕКАТЕРИНБУРГ**  
**САМАРА**  
**НОВОСИБИРСК**

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Телефон: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Телефон: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru  
Телефон: (846) 277-9165 • Факс: (846) 277-9166 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Телефон: (383) 202-0960, 335-7001, 335-7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru





# Контроль порезки слитков на блюминге

Игорь Иерусалимов, Юрий Карфилов, Александр Литвинов

В статье описана система контроля порезки слитков на блюминге. Система основана на использовании оптических корреляционных измерителей скорости для контроля положения слитка перед порезкой. Рассказано о сетевых возможностях системы и её интеграции с системами учёта и мониторинга производства.

В металлургическом производстве технология прокатки слитков на блюмингах считается довольно традиционной и поэтому не слишком привлекала внимание разработчиков контрольно-измерительных систем. Одной из операций, производимых над слитком, является его порезка на заготовки-блюмы, а также отрезание дефектных головного и донного участков. С точки зрения разработчиков измерительных систем условия здесь тяжёлые: старые производственные площадки с наличием большого количества пыли и пара, а также старое и сильно изношенное оборудование, для которого характерна сильная болтанка слитков, особенно в поперечном направлении. До настоящего времени требования к точности порезки слитка на блюминге были невысокие. Однако современные тенденции управления производством потребовали включения в автоматизированные системы практически всех

производственных участков, в том числе и блюминга. Дополнительно возросли требования к снижению ненормативной обрезки при порезке. Всё это определило поиск новых технических решений.

### Постановка задачи

Для точной порезки слитков на заготовки требуется предоставить резчику информацию о текущем положении слитка относительно ножиц. Для этого на рольганге обычно устанавливаются специальные метки, служащие ориентирами остановки слитка при выбранной длине порезки. Ориентируясь по этим меткам, оператор производит порезку слитка. Однако при такой системе слишком велико влияние квалификации оператора на точность раскроя слитков. Более того, при частых сменах планов раскроя слитков и при высоком темпе проката вероятность ошибок со стороны резчика возрастает.

Одним из решений проблемы является использование специализированных телевизионных систем. Пример реализации такой системы хорошо изложен в работе [1]. Её принцип основан на получении на экране компьютера цифрового изображения горячего слитка. Для точного позиционирования слитка относительно линии реза изображение с телекамеры программно совмещают с предварительно формируемой координатной сеткой. Разумеется, такая система значительно облегчает работу оператора, однако она не позволяет в полной мере решить задачу автоматизированного учёта порезки блюмов.

### Способ решения

При разработке системы контроля порезки были использованы оптические корреляционные измерители собственной разработки. Такой измеритель представляет собой цифровую стереокамеру с линейными матричными фотоприёмниками. Один из каналов камеры определяет перемещение объекта в относительных единицах. Используя информацию от второго канала, определяют расстояние до объекта, и в результате перемещение изображения преобразуется в реальное перемещение объекта. Подобные измерители используются для слежения за скоростью и длиной слитка при разливке стали на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) [2, 3]. Скорости продвижения слитка на МНЛЗ невелики, обычно это 0,01...0,05 м/с, поэтому реализация корреляционного измерителя для такого перемещения не встретила особых трудностей. Однако на блюминге скорость слитка может



Ножницы горячего реза блюминга

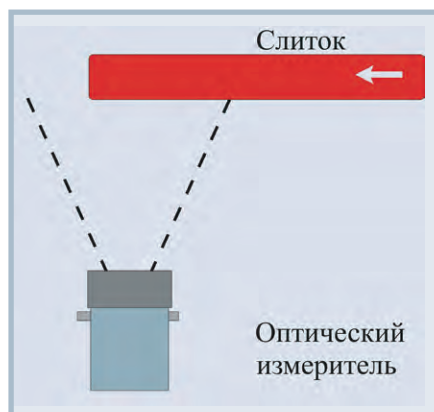


Рис. 1. Вхождение края слитка в поле зрения измерителя

достигать 2,5...3,0 м/с, поэтому в данном случае для корреляционного измерителя потребовалась доработка алгоритмов слежения за положением проката.

Корреляционный принцип измерения надёжно работает в процессе слежения за перемещением проката, однако имеются трудности при обнаружении объекта. Речь идёт о том, что необходимо точно определить положение слитка при его появлении в поле зрения оптического измерителя. Но в моменты времени, когда край слитка начинает продвигаться мимо измерителя, корреляционный принцип измерения не даёт точного определения абсолютного положения края слитка. Это связано с очень сильным изменением характера получаемых изображений объекта: происходит резкое изменение амплитуды видеосигналов, а также имеют место блики и засветки от бортов направляющих рольгангов. В металлургии эту проблему решают путём размещения специальных барьерных датчиков, при срабатывании которых производят корректировку показаний оптических измерителей. Однако в настоя-

щей работе был применён другой подход.

Оптический измеритель непрерывно анализирует уровень сигнала на своих матричных фотоприёмниках. В случае если уровень сигнала меньше некоторого значения, измеритель переходит в режим поиска края горячего слитка. Режим поиска края заключается в проведении управляющей программой анализа формы видеосигнала с одного из матричных фотоприёмников. На рис. 1 схематически показана ситуация, когда край горячего слитка входит в поле зрения измерителя. Форма видеосигнала представлена на рис. 2.

По оси абсцисс графика отложены координаты ( $N$ ) в пикселах матрицы фотоприёмника, а по оси ординат — соответствующие значения амплитуды сигнала ( $A$ ). Для определения пиксельной координаты края слитка производится анализ второй производной огибающей видеосигнала. Пиксельная координата, в которой вторая производная имеет значение нуля, принимается за координату края слитка. На рис. 2 маркером обозначена точка, соответствующая краю горячего слитка.

Такой способ обнаружения края позволил отказаться от применения барьерного датчика для инициализации измерений положения слитка. Дополнительный программный анализ изображения края позволил убрать оптические помехи, связанные с бликами и посторонними засветками.

После обнаружения края слитка и расчёта его положения относительно рольганга измеритель переходит в режим слежения за продвижением слитка по корреляционному алгоритму. При этом в зависимости от светимости слитка измеритель автоматически регулирует экспозицию фотоприёмника для

получения оптимального уровня видеосигнала.

Дополнительной трудностью при использовании оптического измерителя явилось наличие окалина на поверхности слитка. Причём самое неприятное заключается в том, что в процессе движения слитка окалина интенсивно и совершенно непрогнозируемо осыпается с его поверхностей. Визуально это напоминает хаотические оптические помехи при наблюдении объекта и приводит к тому, что корреляционный алгоритм в таких условиях даёт недостоверные значения перемещения объекта. Для парирования такого рода сбоев алгоритм расчёта был дополнен функцией слежения за монотонностью скорости. При обнаружении резкого скачка величины текущей скорости измеритель начинает выдавать экстраполированное значение скорости по заранее определённому закону (например, линейному), и это продолжается до тех пор, пока не восстановится монотонность измеряемой скорости или не исчерпается некоторый заданный интервал времени.

Подобные методы повышения надёжности измерения скорости хорошо себя зарекомендовали как при испытаниях, так и в процессе промышленной эксплуатации. Благодаря принятым мерам достоверность измерений не опускалась ниже 95% независимо от наличия окалина на слитке.

На рис. 3 показана типичная временная зависимость скорости слитка при его порезке. Можно видеть, что оптический измеритель подробно регистрирует все изменения скорости при неоднородном движении слитка.

На рис. 4 приведена временная зависимость положения слитка относительно ножниц.

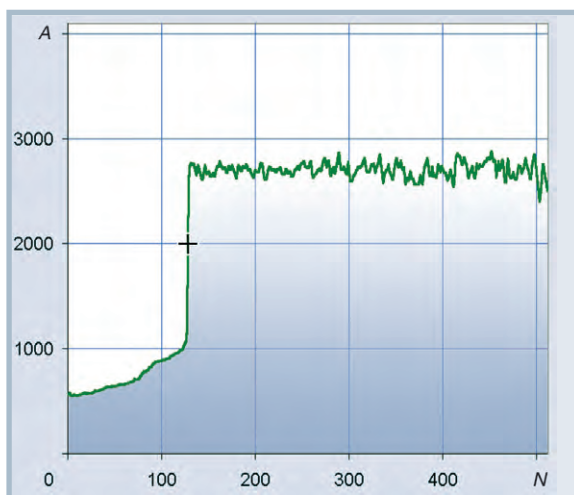


Рис. 2. Видеосигнал от края слитка

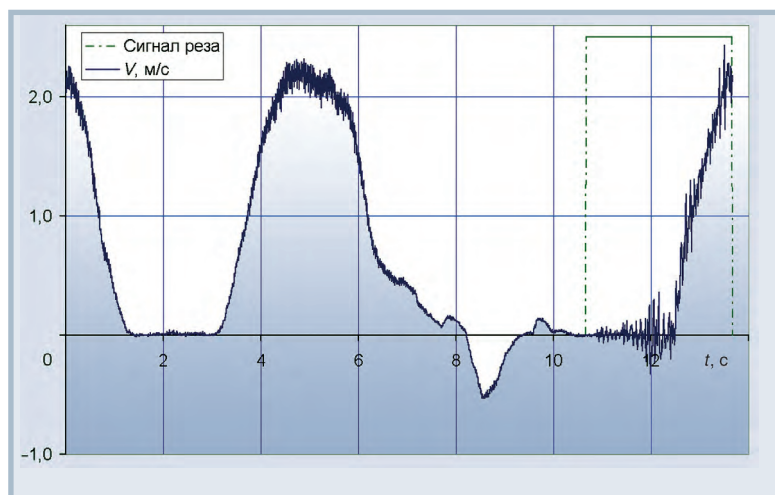


Рис. 3. Временная зависимость скорости слитка



Таблица 1

Технические характеристики оптического измерителя

|                                                        |                     |
|--------------------------------------------------------|---------------------|
| Диапазон допустимых скоростей объекта                  | от -3,0 до +3,0 м/с |
| Расстояние до слитка                                   | 2000...2500 мм      |
| Допустимое изменение расстояния до слитка при движении | до 600 мм           |
| Погрешность измерения текущей длины слитка             | 0,20%               |
| Погрешность измерения скорости слитка                  | 1%                  |
| Темп выдачи информации                                 | 100 раз в секунду   |
| Интерфейс связи                                        | RS-485              |

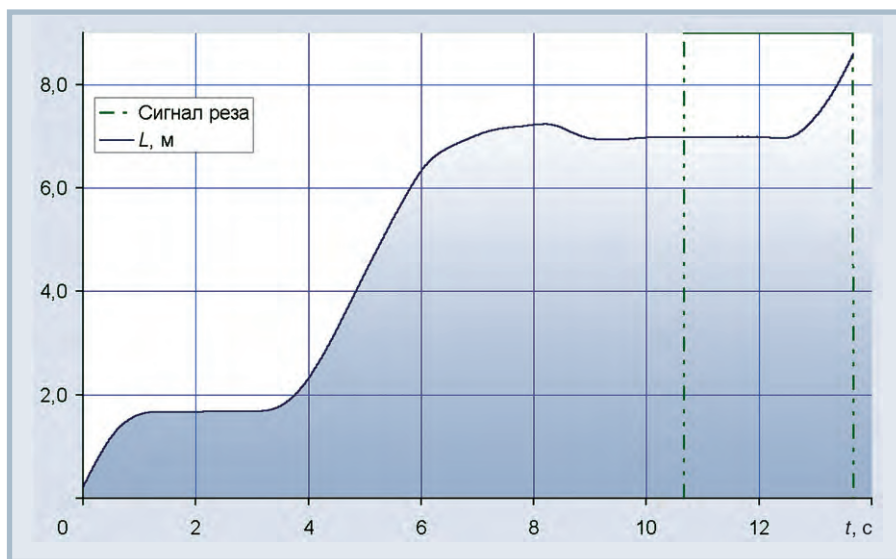


Рис. 4. Временная зависимость положения слитка относительно ножниц

Технические характеристики оптического измерителя приведены в табл. 1.

### Состав системы

Оптический измеритель располагался вблизи подающего рольганга на расстоянии 2 м от проката, как показано на рис. 5. Дополнительных мер по принудительному охлаждению корпуса или очистке оптики измерителя в процессе промышленной эксплуатации не потребовалось. Калибровка измерителя производилась предварительно в лаборатории, поэтому после монтажа потребовалось ввести в систему только расстояние от его оптической оси до линии реза слитка. Большой допустимый диапазон изменения расстояния до слитка существенно облегчил размещение измерителя вблизи рольганга.

В качестве встроенного компьютера измерителя использовалась процессорная плата РСМ-3350 (фирма Advantech), выполненная в формате PC/104. Программное обеспечение оптического измерителя функционировало в операционной системе MS-DOS, которая позволила реализовать режим «жёсткого» реального времени. Данные передавались по интерфейсу RS-485 с темпом 100 информационных телеграмм в секунду. В каждой информаци-

онной телеграмме содержались данные о текущем положении переднего края слитка относительно измерителя, а также текущие значения скорости слитка и его бокового смещения.

Следует отметить, что обработка изображений и расчёт координат продвижения слитка производятся внутри оптического измерителя. В интерфейс выдаются уже готовые, не нуждающиеся в дополнительной обработке данные о текущем положении слитка относительно линии реза. Таким образом, весь «интеллект» полностью сосредоточен на нижнем уровне системы. За-



Рис. 5. Расположение оптического измерителя относительно подающего рольганга

дачей потребителей информации остаётся лишь её отображение.

Благодаря такой глубокой начальной обработке данных структура системы получилась довольно простой. На рис. 6 приведена общая схема измерительной системы. Для организации связи между измерителем и постом оператора по интерфейсу RS-485 применялся конвертер интерфейса I-7120. В промышленном компьютере, размещённом на посту оператора-резчика, использована процессорная плата ROCKY-512 (ICP) с установленным процессором GX1/300 МГц. В корпусе компьютера PAC-106 (ICP) размещался блок питания NLP65 (Artesyn Technologies). Благодаря применению процессора с малым тепловыделением вентиляторов для охлаждения не потребовалось.

В приведённой на рис. 6 структуре системы информация, полученная от оптического измерителя, выдаётся на компьютер оператора-резчика. На дисплее отображается координата переднего края слитка относительно линии реза ножниц. Ориентируясь по значению этой координаты, оператор производит порезку слитка на заготовки-блюда требуемой длины. Для регистрации факта порезки сигнал реза от ножниц подаётся через плату дискретного ввода PCL-730 (Advantech) в компьютер, где в локальной базе данных создаётся новая запись о времени порезки, длине блюда и его порядковом номере. Программное обеспечение компьютера резчика реализовано в операционной среде Linux. Это позволило организовать в реальном времени как отображение информации для резчика, так и её передачу в систему учёта и мониторинга проката верхнего уровня.

Передача информации в локальную сеть осуществляется по протоколу

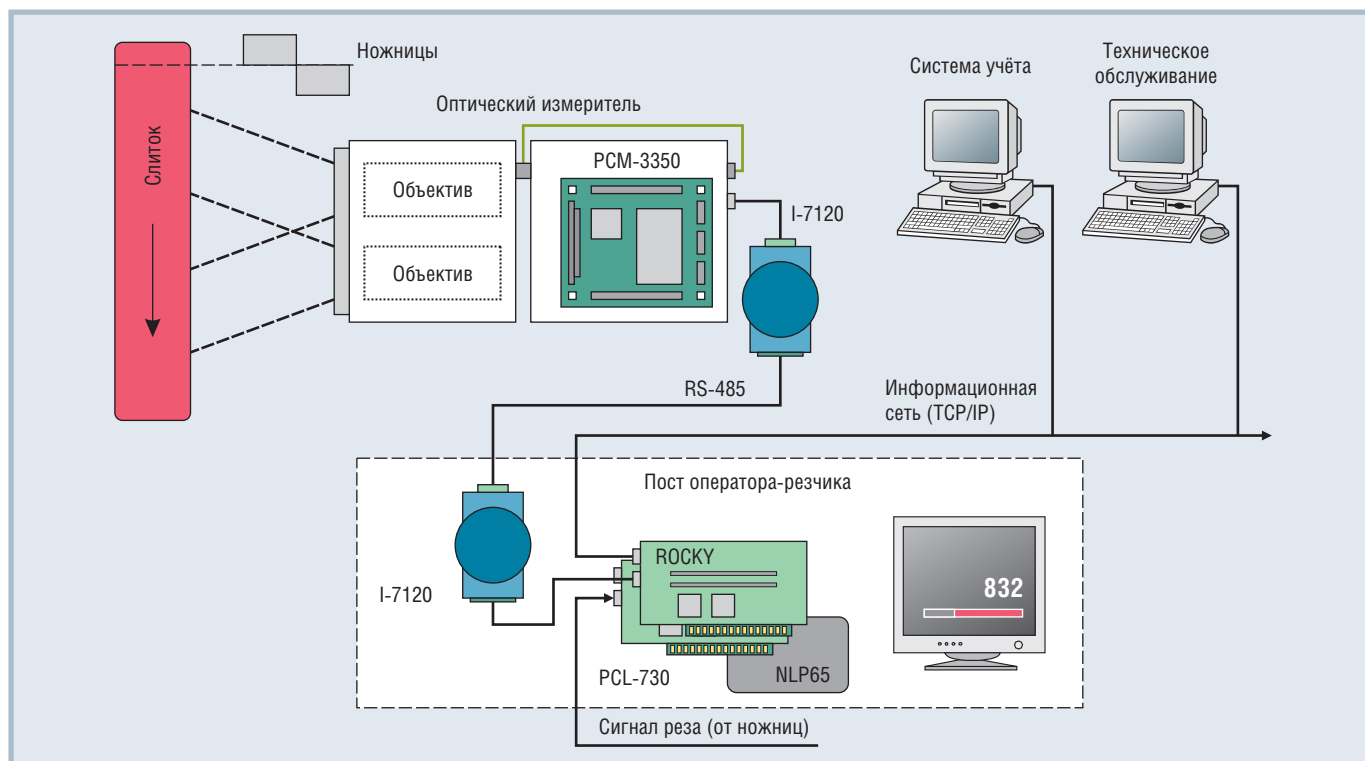


Рис. 6. Структурная схема измерительной системы

TCP/IP. Каждый пользователь, подключенный к сети, имеет возможность в реальном времени получать информацию и в буквальном смысле наблюдать за порезкой слитка. Это важно для технического обслуживания как системы, так и самого

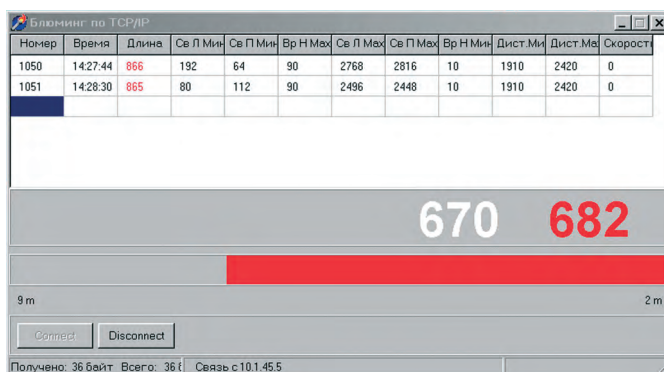


Рис. 7. Окно программы-клиента для наблюдения за работой системы

оптического измерителя. Кроме информации о длине слитка, в сеть передаются текущие параметры измерителя: уровни сигналов, максимальное и минимальное значения экспозиции на матричных фотоприёмниках. Ориентируясь по этим значениям, в процессе эксплуатации системы можно делать заключения об исправности оптического измерителя, а также о необходимости и срочности его технического обслуживания. На рис. 7 показан вид окна программы-клиента для наблюдения за работой системы.

## Интеграция с системой учёта производства

Информационная сеть соединяет компьютер оператора с сервером системы учёта. Данные о текущей порезке в реальном времени поступают в систе-

му цехового учёта. Существующая в этой системе информация о плавках, марках стали и заказах соотносится с текущими результатами порезки. Полученные данные выводятся в систему общего мониторинга производства в той части, которая касается прохождения металла через ножницы блюминга.

На рис. 8 показан экран рабочей программы-клиента системы мониторинга цеха. Состояние участков цеха и производственные потоки показаны в виде мнемосхем. Как правило, информация в систему учёта вводится персоналом вручную. В то же время растёт доля информации, поступающей от ав-

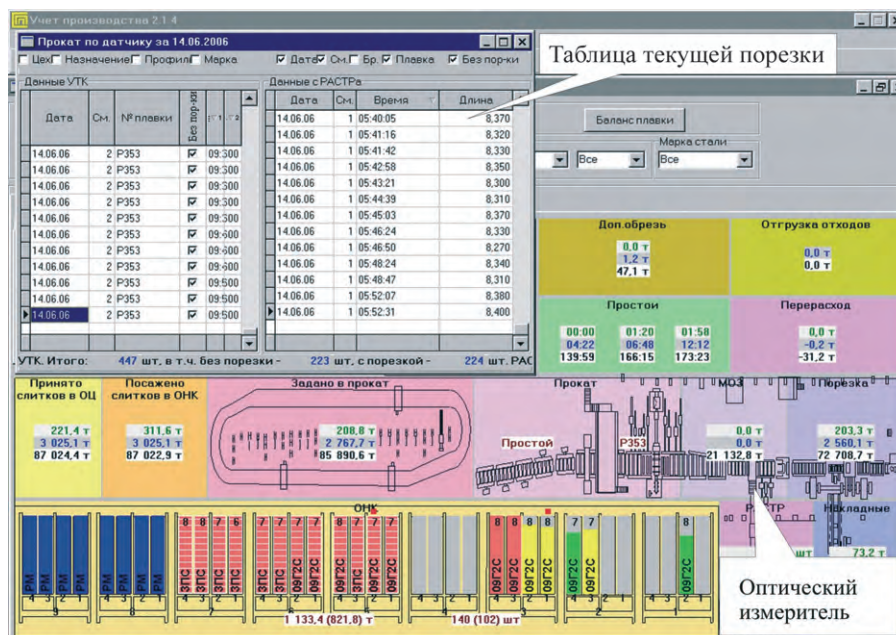


Рис. 8. Экран программы-клиента системы мониторинга цеха



томатизированных измерительных систем, в том числе и от оптического измерителя. На мнемосхеме, приведённой на рис. 8, отмечен участок ножиц блюминга, где расположен измеритель. При выборе этого участка мышью или с помощью клавиатуры на экране формируется таблица текущей порезки слитков на блюмы (на рис. 8 таблица тоже приведена). Данные таблицы обновляются в реальном времени и соответствуют темпу проката. При этом на экран выводится информация о дате, времени и длине порезки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система находится в постоянной эксплуатации более 2 лет. Ежегодно производится метрологическая аттестация. Средняя достоверность измерений составила 95%, этого оказалось

достаточно, чтобы на основе оптических корреляционных измерителей производить порезку слитков на блюминге.

Интеграция измерительной системы с системой учёта производства позволила ввести в мониторинг проката реальный (и полностью автоматизированный) источник информации о текущей порезке слитков.

Экономический эффект от внедрения измерительной системы составил около 350 тысяч рублей.

Успешное применение оптических корреляционных измерителей на блюминге позволило развивать дальше это направление. В настоящее время закончена разработка и ведётся опытная эксплуатация системы на основе оптического измерителя с более высокими скоростными характеристиками,

соответствующими диапазоном скоростей металлургического проката до 8 м/с. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. Азин Е., Будакова С., Кузьмин А., Фонотов И. Информационная система резчика слитков в обжимном цехе // Современные технологии автоматизации. 2001. № 1. С. 22-25.
2. Иерусалимов И. П., Суковатин И. В. Исследование динамики продвижения слитка в МНЛЗ // Сталь. 2003. № 4. С. 26-29.
3. Аникин А., Иерусалимов И., Суковатин И. Оптический измеритель скорости слитка машины непрерывного литья заготовок // Современные технологии автоматизации. 2001. № 4. С. 22-26.

**Авторы — сотрудники**

**Нижнетагильского**

**металлургического комбината**

**Телефон: (3435) 49-0087**

## НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

### Источники питания серии NV соответствуют требованиям военного стандарта по устойчивости к вибрации и ударам

Компания Lambda сообщила: результаты тщательных испытаний компактных конфигурируемых источников питания серий NV-175 и NV-350 подтвердили соответствие требованиям военного стандарта США MIL-STD-810E по устойчивости к воздействию ударов и вибрации при транспортировке на судах и наземном транспорте.

Испытания, которые включали воздействие на серийные изделия механических ударов с пиковым ударным ускорением до 40g, предназначены для имитирования воздействий внешних факторов на изделия в жёстких условиях военных применений. Изделия также подвергались испытаниям на ударную нагрузку при падении с высоты 1,2 метра на торцевые поверхности, углы и грани и испытаниям на виброустойчивость (10 циклов синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 10 до 500 Гц). Затем изделия были подвергнуты визуальному контролю, контролю на механическую целостность и функциональность.

Источники питания NV-175 доступны с вариантами исполнений от одноканальных до четырёхканальных и характеризуются стандартной площадью основания 3×5 дюймов (76,2×127 мм). Модули также могут быть поставлены с установленной крышкой и внутренним охлаждающим вентилятором. Модули NV-350 поставляются с шестью выходными каналами и удобны для монтажа в шасси высотой 1U.

Приобрести эти изделия можно у официального дистрибьютора Lambda — компании ПРОСОФТ. ●

### TDK и Densel-Lambda создали общую фирменную марку

Корпорация TDK и Densel-Lambda KK приступили к использованию общей фирменной марки TDK-Lambda для изделий силовой электроники. С 1 апреля 2006 года в качестве первого этапа объединения брендов компании начали совместно создавать благоприятные условия для продажи своей продукции.

Общая фирменная марка охватывает источники питания AC/DC, DC/DC-преобразователи, DC/AC-инверторы и силовые модули, причём некоторые существующие изделия сохраняют сложившиеся наименования торговых марок.

Если компания TDK в основном делает акцент на продукции для бытовой электронной аппаратуры, то Densel-Lambda имеет сильные позиции в области промышленного оборудования. С другой стороны, компания Densel-Lambda имеет преимущества в области разработки и производства источников питания AC/DC и силовых модулей, в то время как специализацией TDK являются DC/DC-преобразователи и DC/AC-инверторы.

Используя общую фирменную марку, обе компании значительно усиливают свои позиции в продажах, маркетинге, производстве и разработке изделий, как следствие, укрепляя свой бизнес в области источников питания и обеспечивая всеобъемлющие и обширные решения для потребителей.

В качестве первой инициативы в своей совместной маркетинговой активности TDK и Densel-Lambda экспонировали изделия под общей фирменной маркой на стенде TDK-Lambda на выставке Techno-Frontier 2006 (19-21 апреля, Япония). ●

### Компания Pepperl+Fuchs приобрела отделение датской фирмы OJ Electronics

Фирма OJ Electronics, занимающаяся разработкой систем управления отоплением и распределением воздуха, продала активы своего подразделения аварийных систем очистки нефти немецкой компании Pepperl+Fuchs.

OJ Electronics, доходы которой в 2005 году составили 25 000 000 евро, желает сосредоточиться в дальнейшем на своей основной линейке изделий (термостаты для управления нагреванием, вентиляции и кондиционирования воздуха и энергетике), используя свои основные каналы сбыта и стимулирования непрерывного роста фирмы.

Компания Pepperl+Fuchs, известный специалист в области электронного оборудования для применения во взрывоопасных зонах, с годовым доходом, составившим в 2005 году 280 000 000 евро, желает расширить свои предложения для аварийных систем очистки нефти в продолжение своих решений для водоочистки и обработки сточных вод.

Обе компании — Pepperl+Fuchs и OJ Electronics — заключили договор на 6 месяцев для обеспечения передачи изделий и know-how и гарантируют наличие и поставку продукции на всём протяжении процесса интеграции. ●

# Панельный ПК фирмы iEi – Ваш окончательный выбор



Цифровые системы видеонаблюдения

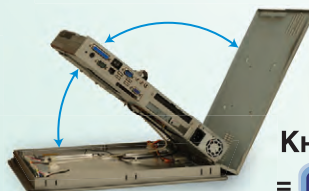


Промышленная автоматизация



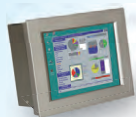
**PPC-3715GS**

- Пылевлагонепроницаемая конструкция корпуса со степенью защиты IP 65 для эксплуатации в жестких условиях окружающей среды
- Экран с повышенной яркостью, обеспечивающий хорошее считывание изображения вне помещения при яркой солнечной засветке
- Сенсорный экран для удобства работы оператора
- Книжная конструкция, облегчающая техническое обслуживание и ремонт
- Длительный жизненный цикл ПК



Книжная конструкция  
= «умный» механизм

## Семейство промышленных панельных ПК фирмы iEi



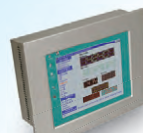
### PPC-2706GS

Размер: 6,5" по диагонали TFT LCD  
Яркость: 400 кд/м2 (имеется модификация с яркостью 500 кд/м2)  
Макс. разрешение: 640×480  
Контрастность: 450 : 1  
Модель SBC: WAFER-LX800



### PPC-2708GS

Размер: 8,4" по диагонали TFT LCD  
Яркость: 220 кд/м2 (имеется модификация с яркостью 450 кд/м2)  
Макс. разрешение: 800×600  
Контрастность: 500 : 1  
Модель SBC: WAFER-LX800



### PPC-3708GS

Размер: 8,4" по диагонали TFT LCD  
Яркость: 220 кд/м2 (имеется модификация с яркостью 450 кд/м2)  
Макс. разрешение: 800×600  
Контрастность: 500 : 1  
Модель SBC: NANO-8522 (socket 479/BGA)



### PPC-3710GS

Размер: 10,4" по диагонали TFT LCD  
Яркость: 230 кд/м2 (имеется модификация с яркостью 400 кд/м2)  
Макс. разрешение: 800×600  
Контрастность: 500 : 1  
Модель SBC: NANO-8522 (socket 479/BGA)



### PPC-3712GS

Размер: 12,1" по диагонали TFT LCD  
Яркость: 400 кд/м2  
Макс. разрешение: 800×600  
Контрастность: 500 : 1  
Модель SBC: NANO-8522 (socket 479/BGA)



### PPC-3715GS

Размер: 15" по диагонали TFT LCD  
Яркость: 350 кд/м2  
Макс. разрешение: 1024×768  
Контрастность: 400 : 1  
Модель SBC: Enano -6612 (socket 479/BGA)



### PPC-5150GS

Размер: 15" по диагонали TFT LCD  
Яркость: 350 кд/м2  
Макс. разрешение: 1024×768  
Контрастность: 400 : 1  
Модель SBC: POS-8520 (socket 478)



### PPC-5170GS

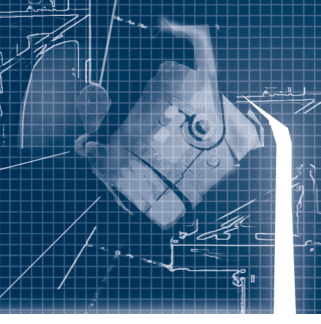
Размер: 17" по диагонали TFT LCD  
Яркость: 300 кд/м2  
Макс. разрешение: 1280×1024  
Контрастность: 500 : 1  
Модель SBC: POS-8520 (socket 478)



### PPC-5350GS

Размер: 15" по диагонали TFT LCD  
Яркость: 350 кд/м2  
Макс. разрешение: 1024×768  
Контрастность: 400 : 1  
Модель SBC: A300 (socket 479/BGA)





# Лазерные доплеровские измерители в системе учёта горячего проката

Александр Аникин, Алексей Федосейский

В статье приводятся общие сведения о лазерных доплеровских измерителях скорости и длины проката, описываются модернизация таких измерителей модели ЛИ803М и работа системы учёта горячего проката с их использованием на Нижнетагильском металлургическом комбинате (ОАО НТМК).

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛАЗЕРНЫХ ДОПЛЕРОВСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЯХ

Лазерные доплеровские измерители скорости и длины (ЛДИС) проката появились на прокатных станах предприятий Западной Европы и Америки во второй половине 80-х годов, а в первой половине 90-х и на некоторых металлургических предприятиях России. Применяются такие измерители там, где требуется точность измерения длины и скорости движущегося объекта до 0,05% от измеряемой величины (компания Джордж Келк, LS 200, LS 2100). Примерами удачного использования лазерных доплеровских измерителей может служить измерение длины горячего раската перед порезкой, измерение длины отрезанных штанг, измерение степени дрессирования в прокатной клети по разнице скоростей раската до и после клети в процессе прокатки.

Теория работы таких измерителей подробно описана в [1]. Далее приведены наиболее существенные сведения, которые, по мнению авторов, необходимо знать при использовании таких измерителей. Все промышленные ЛДИС строятся по дифференциальной оптической схеме. По этой схеме в оптическом блоке ЛДИС лазерный луч делится на два примерно одинаковых по мощности луча, которые затем пространственно разносят. Из оптического блока выходят два когерентных луча, сходящихся под малым углом. В пространственной зоне пересечения лучей на поверхности объекта формируется интерференционная световая

решётка. Прохождение через эту зону объекта вызывает рассеивание лазерного излучения, в результате которого длина его волны изменяется пропорционально скорости движения, что и позволяет измерять скорость движения объекта. Область, где возможно существование этой решетки, называют измерительной зоной. Глубина этой зоны зависит от ширины лазерного луча и угла схождения лучей. Чем больше требуемая измерительная зона, тем на большем расстоянии от оптического блока она формируется. Так, для измерительной зоны глубиной 400 мм расстояние до оптического блока составляет три метра («Вихревые технологии», ЛИ803М), а для глубины зоны 50 мм расстояние составляет 300 мм (TSI, модели LS50M или 1000).

Важное значение имеет способ разделения лазерного луча в оптическом блоке. Если луч делится с помощью

полупрозрачного зеркала (TSI, модели 1000 и 2000S), то измеритель не определяет направление движения объекта. Если разделение производится с помощью акустооптического модулятора (ячейка Брэгга), то измеритель способен определять направление движения (Mesacon LV503, TSI 2000C). При разделении луча акустооптическим модулятором отклонённый лазерный луч получает частотное смещение, равное частоте модулятора. Соответственно, при демодуляции доплеровского сигнала на фотоприёмнике оптического блока сигнал оказывается смещённым на величину частоты акустооптического модулятора. По отклонению частоты отражённого сигнала вверх или вниз от частоты модулятора и можно судить о направлении движения объекта.

В качестве источника когерентного излучения используют как газовые ге-



Рис 1. Цех прокатки широкополочных балок ОАО НТМК

лий-неоновые лазеры, так и полупроводниковые лазерные диоды. Преимуществом первых являются узкий спектр и высокая когерентность излучения, необходимые для формирования стабильной интерференционной решётки. Излучение таких лазеров всегда принадлежит видимому участку спектра, что облегчает настройку и диагностику ЛДИС на месте установки, упрощает защиту персонала от поражения глаз лазерным излучением. Среди недостатков можно отметить большие габариты оптических блоков с гелий-неоновыми лазерами из-за относительно больших размеров лазеров, кроме того, газовый лазер питается высоким напряжением (при поджиге — до 1,8 кВ). Оптические блоки на полупроводниковых лазерах имеют малые размеры, и там нет высокого напряжения. Однако лазерные диоды характеризуются широким спектром и низкой когерентностью излучения. Чтобы обеспечить необходимую точность измерений, температура кристалла лазерного диода, ток через него и напряжение на кристалле должны быть стабилизированы с погрешностью не хуже 0,01%. Системы стабилизации сложны и инерционны. Измеритель выходит на рабочий режим после продолжительного прогрева. Неприятной неожиданностью оказалось, что если режим стабилизации не достигнут или один из параметров вышел из установленных пределов в процессе работы, то ЛДИС (TSI, 2000C) вообще не выдаёт на выход никакой информации о длине и скорости объекта.

Надёжная работа измерителей гарантируется производителями при условии, что зондирующие лучи ортогональны к измеряемой поверхности. При отклонении угла падения от перпендикуляра более чем на  $0,5-2^\circ$  резко снижается точность и надёжность измерения.

На работу ЛДИС могут влиять мощные тепловые и конвекционные потоки от горячего проката. Так, тепловая линза над ручьями машины непрерывного литья заготовок случайным образом искажает ход зондирующих лучей, снижая точность измерения. Мощные восходящие потоки воздуха с частицами пыли неоднократно приводили к ложному измерению скорости при отсутствии заготовки в поле зрения.

Хочется отметить, что доплеровские методы по понятным причинам плохо

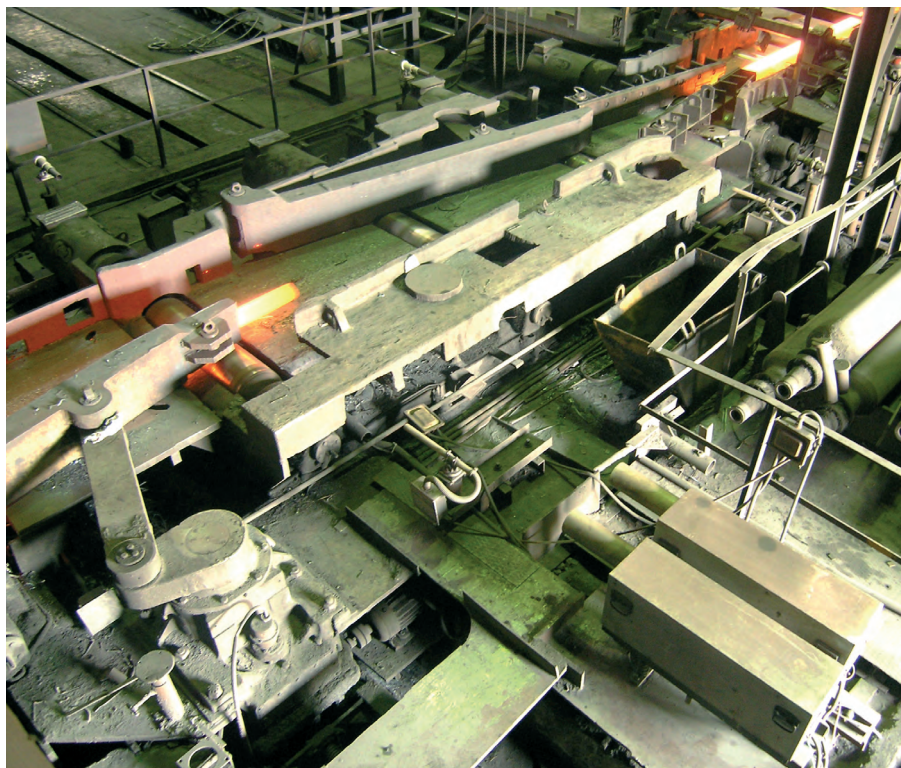


Рис 2. Оптические блоки ЛДИС на месте установки в ЦПШБ (внизу справа)

работают при близких к нулю скоростях, и хотя некоторые производители указывают на возможность работы с остановом объекта в измерительной зоне, на практике это приводит к существенному снижению точности и надёжности измерения.

### ПРИМЕНЕНИЕ ЛДИС НА ОАО НТМК В ЦЕХЕ ПРОКАТКИ ШИРОКОПОЛОЧНЫХ БАЛОК

На ОАО НТМК в цехе прокатки широкополочных балок (ЦПШБ, рис. 1) с 1995 года для измерения в режиме реального времени длин горячих штанг после пил горячей резки используются два ЛДИС ЛИ803М производства фирмы «Вихревые технологии» (рис. 2).

Лазерные измерители установлены после участка пил горячей резки перед холодильниками непосредственно около отводящего рольганга. Раскат после чистовой прокатной клети поступает на участок пил горячей резки. На участке работает семь пил горячей резки, предназначенных для удаления дефектных концов раската и порезки раската на штанги заказанной длины. Длина штанг определяется предварительной расстановкой пил горячей резки. В одном приёме резки может быть задействовано от 1 до 7 пил одновременно. Готовые штанги по отводящему рольгангу подаются на холодильник через измерительную зону ЛДИС. Получение длин отрезаемых штанг в ре-

жиме реального времени позволяет оператору пил горячей резки производить непрерывный контроль за положением пил горячей резки, выбирать схему порезки для получения штанг заказанной длины и в заказанном количестве.

В измерителях ЛИ803М применён гелий-неоновый лазер мощностью 15 мВт и акустооптический модулятор для разделения луча. В электронном блоке использовался следящий фильтр с кольцом фазовой автоподстройки частоты, выход которого подключён к частотомеру. Аналоговый метод обработки сигнала приводил к ошибкам в измерении длины штанги, связанным с захватом следящим фильтром шумов, высших гармоник доплеровского сигнала или потерей сигнала в процессе измерения. Надёжность измерений не превышала 90%, ошибки в определении длины приводили к ошибкам в определении количества прокатанных штанг конкретной длины, соответственно, прокатывались лишние штанги, или, наоборот, при отгрузке возникала недостача штанг определённых длин. Было принято решение перейти на цифровую обработку сигнала.

Изготовленный цифровой блок обработки сигнала для ЛДИС состоит из платы аналого-цифрового преобразователя (АЦП) с буферной памятью и встраиваемого высокопроизводительного промышленного компьютера



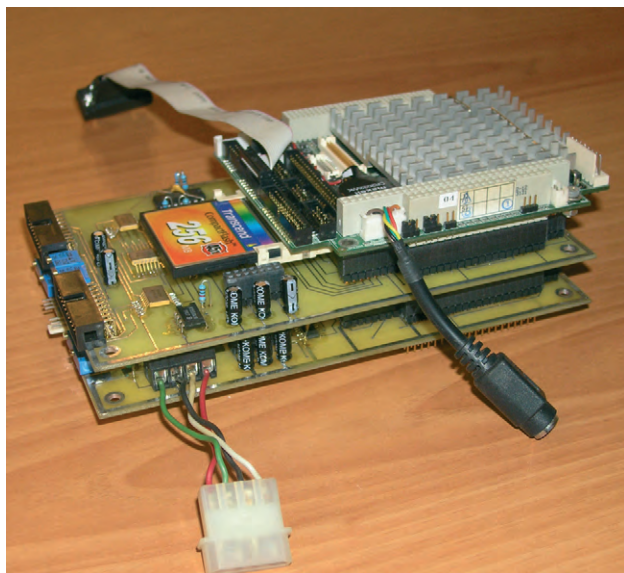


Рис. 3. Платы цифрового блока обработки сигнала для ЛДИС

фирмы Advantech PCM-3370 в формате PC/104+ с процессором Celeron 650 МГц (рис. 3). Программное обеспечение встраиваемого компьютера написано в среде жёсткого реального времени QNX 6.2 Momentics. АЦП по сигналу компьютера производит оцифровку 1024 значений входного доплеровского сигнала с частотой выборки 1 МГц и сохраняет результаты в буферной памяти. В качестве АЦП используется 12-разрядная микросхема ADC803 фирмы Burt-Brown. В момент заполнения буферной памяти на шине PC/104+ выставляется флаг готовности, по которому компьютер извлекает данные из памяти, выдаёт команду на получение следующей порции значений платой АЦП и приступает к обработке данных. Компьютером производится быстрое преобразование Фурье (БПФ) массива мгновенных значений сигнала. Время БПФ на таком компьютере составляет 3 мс. Испытания на реальном прокате различной формы (балка, круг, шпунт Ларсена) показали, что скорость движения объекта характеризуют не более трёх расположенных рядом спектральных составляющих, близких по мощности, причём их мощность на порядок выше, чем шумовые составляющие сигнала. Исключением является мощная нулевая составляющая спектра, характеризующая постоянную засветку поверхности объекта лазерным излучением. Наличие трёх составляющих в спектре, по-видимому, объясняется неравномерностью интерференционной решетки по глубине измерительной зоны и смещением проката в боковом направлении. По результатам испытаний выявлено, что

скорость объекта достаточно точно определяется по максимальной мощности спектральной составляющей в заданном частотном диапазоне. При кратковременном пропадании сигнала производится замещение значения скорости её последним достоверным значением. Наличие объекта в поле зрения ЛДИС определяется по двум лазерным барьерным датчикам, выходные сигналы которых обрабатываются по прерыванию с высшим приоритетом. Длительность одного полного цикла обработки сигнала выбрана 10 мс. Для получения значения длины штанги производится умножение полученной скорости на 10 мс и на пересчетный коэффициент «частота-скорость». Дополнительно определяется момент срабатывания барьерных датчиков внутри цикла обработки сигнала и производится коррекция длины штанги. Метрологическая калибровка измерителя сводится к определению упомянутого пересчетного коэффициента.

После окончания процесса измерения штанги цифровой блок по интерфейсу RS-485 отправляет в контроллер сообщение, в котором содержится информация о порядковом номере штанги, длине штанги, минимальной, максимальной и средней скоростях, зафиксированных в процессе измерения, факте пропадания входного сигнала, достоверности измерения. Для увеличения надёжности работы в месте измерения установлены два измерителя со смещёнными друг относительно друга измерительными зонами.

Измерители с цифровым блоком обработки сигнала работают в цехе про-

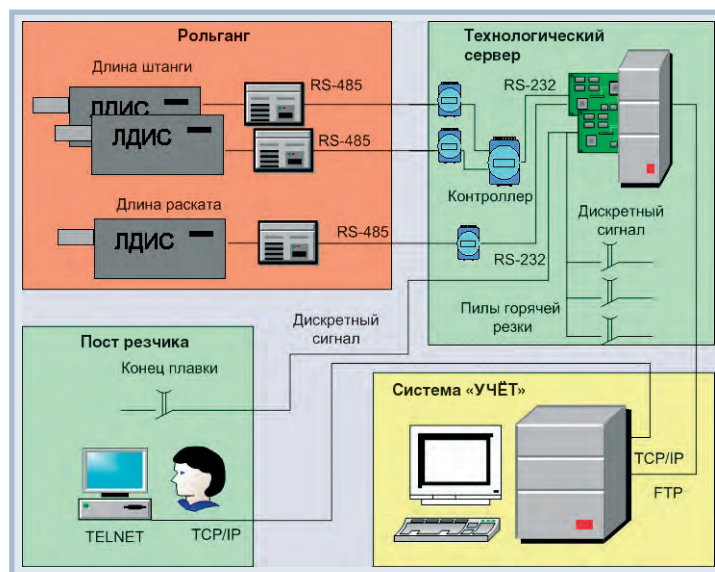


Рис. 4. Структурная схема системы

катки широкополочных балок ОАО НТМК с января 2006 года. За это время модернизированные ЛДИС показали погрешность измерения длин штанг 0,2%, надёжность измерений 99% при рекомендованной надёжности измерений для металлургии 95%. Особенно заметно улучшилась точность измерения длины круглой заготовки, что показательно, поскольку зондирующие лучи падают на поверхность не перпендикулярно.

### УЧЁТ ГОРЯЧЕГО ПРОКАТА В ЦПШБ НА БАЗЕ ЛДИС

Структурная схема системы показана на рис. 4. Сообщение от цифровых блоков через преобразователи RS-485/RS-232 поступают в контроллер. Контроллер сводит данные от двух измерителей, дополняет их временем измерения и сохраняет всю эту информацию по замеру в буфере своей оперативной памяти. Контроллер по интерфейсу RS-232 связан с технологическим сервером сбора данных, работающим в среде операционной системы QNX 4.25.

Сервер осуществляет:

- сбор сигналов от лазерных барьерных датчиков наличия горячего металла, расположенных на прокатном стане, сигналов концевых датчиков «пила в резе» и кнопки «конец плавки» на пульте резчика (ввод сигналов в сервер производится через плату дискретного ввода PCLD-782 фирмы Advantech);
- приём информации по интерфейсу RS-232 от измерителя длины раската ЛДИС TSI 2000C, установленного после чистовой клети;



# ЕЩЁ НАДЁЖНЕЕ!

## Повышенная устойчивость к вибрации



## ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПК НА ЗАКАЗ



- + Дополнительные крепления для плат любого формата
- + 100% выходное тестирование
- + Широчайший выбор конфигураций

Только в ПРОСОФТ вы можете заказать промышленные ПК с дополнительными креплениями, которые реально обеспечивают повышенную виброустойчивость

**ProSOFT**®

**МОСКВА**  
**С.-ПЕТЕРБУРГ**  
**ЕКАТЕРИНБУРГ**  
**САМАРА**  
**НОВОСИБИРСК**

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Телефон: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: [info@spb.prosoft.ru](mailto:info@spb.prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Телефон: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: [info@prosoftsystems.ru](mailto:info@prosoftsystems.ru) • [www.prosoftsystems.ru](http://www.prosoftsystems.ru)  
Телефон: (846) 277-9165 • Факс: (846) 277-9166 • E-mail: [info@samara.prosoft.ru](mailto:info@samara.prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Телефон: (383) 202-0960, 335-7001, 335-7002 • E-mail: [info@nsk.prosoft.ru](mailto:info@nsk.prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)



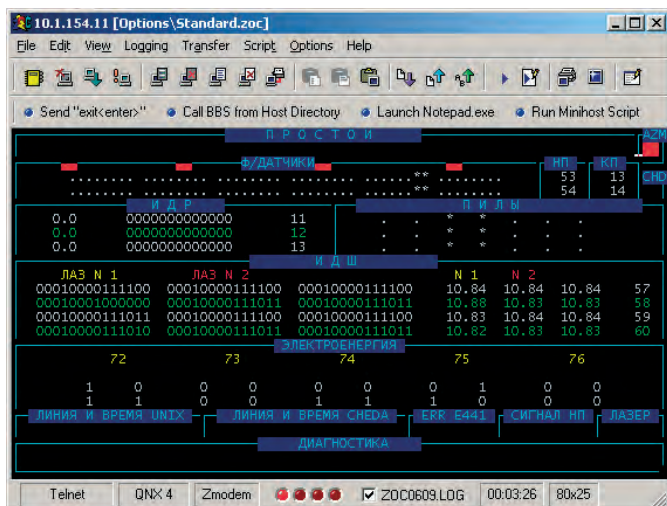


Рис. 5. Экранная форма сервера

- приём информации по интерфейсу RS-232 о длинах порезанных штанг от буферизирующего контроллера (ввод информации осуществляется через четырёхпортовую плату PCL-746+ фирмы Advantech);
- визуализацию полученных данных и передачу их в цеховую систему «Учёт».

По режиму обмена информацией сервера с буферизирующим контроллером сервер является главным устройством (master), а контроллер — подчинённым устройством (slave). Сервер с периодом в 1 с опрашивает контроллер на наличие переданных данных о замерах. При наличии таких данных контроллер передаёт их и ждёт подтверждения того, что переданная информация успешно доставлена в сервер приложений системы «Учёт». Только после получения такого подтверждения информация удаляется из буфера контроллера. Буфер вмещает измерения за 30 минут работы цеха, что даёт возможность в течение этого времени проводить обслуживание сервера, перезапуски и т.п. без потери информации. Часы реального времени в используемом контроллере оказались неточными, поэтому технологический сервер каждые пять минут передаёт сигналы вре-

мени для их подстройки. Время самого сервера синхронизировано с корпоративным сервером времени.

Обработка информации о замерах длин штанг на технологическом сервере сводится к выбору «лучшего» замера из двух. Лучший замер определяется, исходя из признака достоверности, формируемого самим измерителем, и значений переданных скоростей. Лучшим считается замер с ошибками наименьшего приоритета, при равенстве приоритетов\* лучшим считается замер ведущего измерителя. Ведущим измерителем назначается тот измеритель, который на текущем типе профиля статистически показывает лучшие результаты измерений. Разная надёжность измерений на разных типах профиля объясняется разной пространственной настройкой измерительных зон ЛДИС как по углу наклона, так и по положению относительно стенок рольганга. Всего выделяется три типа проката: прокат с поверхностями, перпендикулярными лучу лазера (двутавровые балки, швеллеры, квадратные заготовки), круглые заготовки и прокат с наклонными поверхностями (шпунт Ларсена).

Визуализация данных осуществляется на двух экранных формах сервера и

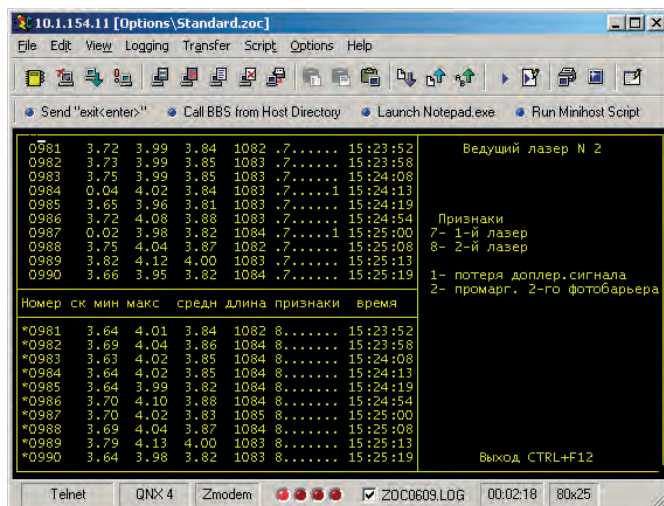


Рис. 6. Экранная форма монитора резчика

технологической экранной форме монитора резчика. На первой экранной форме монитора сервера (рис. 5) показывается обобщённая информация по всем датчикам, на второй более подробно отображаются данные от измерителей длин штанг. На экранной форме монитора резчика (рис. 6) показываются длины штанг последнего раската и общее число штанг по текущей плавке. Доступ резчика к этой экранной форме организован через удалённый вход по TELNET.

Информация из технологического сервера передаётся на сервер приложений цеховой системы «Учёт» через локальную сеть по протоколу FTP в виде текстовых файлов определённой структуры. На сервере приложений постоянно выполняется программа, которая анализирует полученные файлы и записывает информацию в базу данных системы учёта.

Организация учёта горячего проката в реальном времени позволила повысить эффективность производства благодаря постоянному контролю за расстановкой пил горячей резки, определению величины отходов (обрезы) путём сравнения длины раската и суммарной длины полученных штанг, производству штанг по длинам и количеству в строгом соответствии с портфелем заказов ОАО НТМК. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дубинцев Ю.Н., Ринкевичус Б.С. Методы лазерной доплеровской анемометрии. — М. : Наука, 1982.

**Авторы — сотрудники  
Нижнетагильского  
металлургического комбината  
Телефон: (3435) 49-0087**

\* Приоритет ошибок определяется их влиянием на конечную длину штанги. Если зафиксировано только пропадание доплеровского сигнала в момент измерения, но минимальная и максимальная скорости близки к средней, то это ошибка меньшего приоритета, так как скорость удалось интерполировать в момент пропадания сигнала. Если зафиксирована нулевая минимальная скорость, то интерполяцию провести не удалось — это ошибка более высокого приоритета. Тот же приоритет у ошибки, если максимальная скорость вдвое превышает среднюю — это был захват второй гармоники сигнала. Ещё выше приоритет неоднократного срабатывания лазерных барьерных датчиков, вызываемый, например, водой, стекающей с горячей штанги. Водой охлаждаются пилы горячей резки; если она попадает на прокат, то не успевает испариться и двигается по его поверхности практически без трения на паровой подушке. Сливаясь с конца штанги, вода может вызывать ложные срабатывания барьеров, фиксируемые системой по малому промежутку времени между срабатываниями. Самый высокий приоритет — несовпадение контрольной суммы при передаче сообщения — пока не встречался.

# ПОЛНЫЙ СПЕКТР РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОММУНИКАЦИЙ



**ГАРАНТИЯ  
5 ЛЕТ**



Официальный дистрибьютор  
Моха в России

## МОХА

- Отказоустойчивые управляемые коммутаторы Ethernet с поддержкой резервированного кольца Turbo Ring
- Многофункциональные серверы интерфейсов RS232/422/485 в промышленном исполнении
- Универсальные конвертеры интерфейсов RS232/422/485
- Многопортовые адаптеры интерфейсов RS232/422/485 для шин ISA, PCI и PCI Express
- Видеосерверы систем видеонаблюдения в промышленном исполнении
- Высоконадежные медиаконвертеры Ethernet

## Промышленный Ethernet



подробные технические  
характеристики и цены  
на сайтах

[www.ipc2u.ru](http://www.ipc2u.ru)  
Industrial PC to you

корпоративный сайт

**ICNEWS**  
Industrial Computer News

новости, статьи, обзоры



**ipc2u Group**  
Industrial PC to you



Качество продукции  
и услуг соответствует  
мировым стандартам

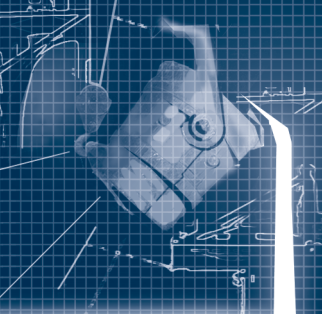
109428, г. Москва,  
Рязанский проспект, 8а,  
офис 200  
Тел.: (495) 232-0207  
Факс: (495) 232-0327  
<http://www.icos.ru/>  
E-mail: [sales@icos.ru](mailto:sales@icos.ru)

191344, г. Санкт-Петербург,  
6-я Советская ул., 24,  
офис 206  
Тел.: (812) 271-5602  
Факс: (812) 271-5606  
<http://www.icos.ru/>  
E-mail: [spb@icos.ru](mailto:spb@icos.ru)

620034, г. Екатеринбург,  
ул. Бебеля, 11а,  
офис 6  
Тел.: (343) 381-56-26  
Факс: (343) 381-56-27  
<http://www.icos.ru/>  
E-mail: [ekb@icos.ru](mailto:ekb@icos.ru)

423810, г. Набережные Челны,  
Промкомзона, ЗРД (КИП «Мастер»),  
офис 305  
Телефон: (8552) 38-94-40  
Факс: (8552) 38-94-17  
<http://www.icos.ru/>  
E-mail: [chelny@icos.ru](mailto:chelny@icos.ru)





# АСУ ТП медно-молибденового участка медной обогащительной фабрики Алмалыкского ГМК

Алексей Никитин, Дмитрий Скрипчак, Михаил Семёнов, Иннокентий Хан,  
Герман Заманов

В статье рассматриваются проблемы и описывается опыт создания системы управления процессом селективной флотации. Система оснащена современными датчиками параметров технологического процесса и высоконадёжным программируемым контроллером. Приведены алгоритмы расчёта значений плотности, расхода твёрдого и других параметров потоков пульпы по характеристикам сигналов датчиков.

## **Особенности технологического процесса и задачи автоматизации**

Медная обогащательная фабрика (МОФ) Алмалыкского горно-металлургического комбината (АГМК) работает по схеме коллективной флотации минералов меди и молибдена с последующей селекцией коллективного концентрата. Полученный в главном корпусе фабрики медно-молибденовый концентрат отмыывают от избытка реагентов в 30-метровых сгустителях. Сгущённый продукт перекачивают на участок селекции с целью получения медного и молибденового концентратов.

Разделение минералов меди и молибдена является сложным физико-хими-

ческим процессом, основанным на предварительной десорбции реагентов с поверхности разделяемых минералов и последующей флотации молибденита с одновременной депрессией сульфидов меди. Десорбцию проводят методом пропарки пульпы коллективного концентрата при температуре не менее 90°C последовательно в трёх контактных чанах. В качестве депрессора минералов меди при флотации применяют сульфит-бисульфит аммония (СБА).

Технологическая схема включает основную, контрольную и семь перечистных операций. Концентрат основной флотации, называемый черновым молибденовым концентратом, направляют в сгуститель для отмывки. Хвосты

контрольной флотации являются готовым медным концентратом, а концентрат седьмой перечистки черного молибденового концентрата — готовым молибденовым концентратом.

Задачей участка селекции является максимальное извлечение молибдена из коллективного концентрата при заданном качестве молибденового концентрата. Эта задача должна решаться путём выполнения следующих операций:

- автоматического измерения и регулирования расхода твёрдого (по сухому весу) в потоке пульпы (суспензии) коллективного концентрата на участок селекции;
- автоматического контроля и поддержания температуры пульпы в



Отделение флотации



Отделение пропарки

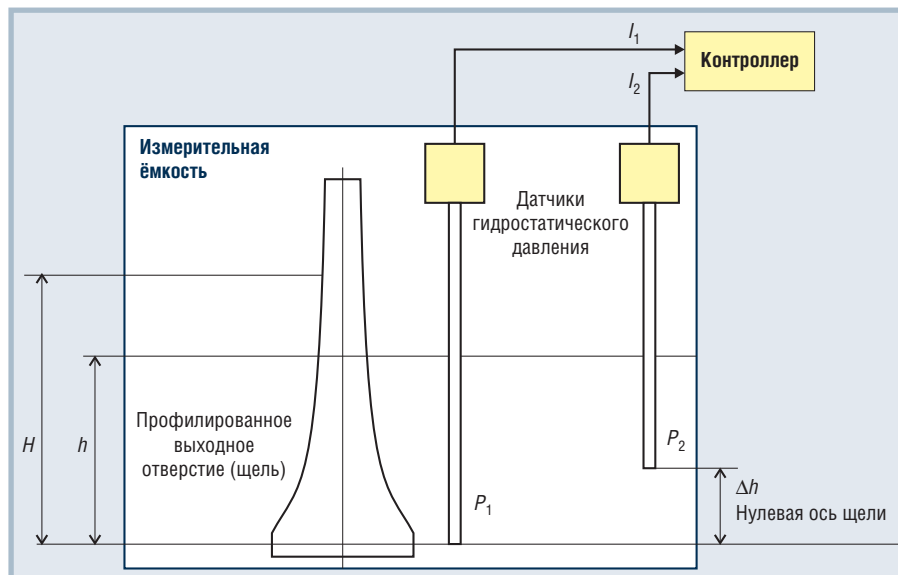


Рис. 1. Схема расходомера твёрдого в потоке пульпы

контактных чанах в пределах 92–95°C;

- автоматического дозирования реагента СБА в различные камеры флотомашин основной и первой перекидной флотации;
- автоматического контроля и стабилизации заданного значения уровня пульпы во флотомашине основной флотации (камеры 8 и 16);
- автоматического контроля температуры пульпы в трёх камерах основной флотации, двух камерах контрольной и четырёх камерах перекидных флотаций;
- автоматического контроля и сигнализации переливов пульпы в зумпфах перекачивающих насосов, контактных чанах, ваннах вакуум-фильтров;
- автоматического контроля работы/простоя основного оборудования (пяти сгустителей, трёх контактных чанов, четырнадцати насосов, трёх вакуум-фильтров молибденового концентрата, двух конвейеров и сушильной печи).

Перечисленное оборудование функционирует при работе одной из технологических ниток флотомашин. Всего идентичных ниток две. При работе одной из них другая находится в ремонте или резерве.

Ход технологического процесса и его конечные результаты зависят от многих факторов. Важнейшим из них является подача реагента СБА в необходимых количествах, отвечающих технологической ситуации на данный момент. Избыток реагента относительно оптимальной нормы так же вреден, как и его недостаток: при избытке СБА в процес-

се флотации будут депрессироваться не только минералы меди, но и частично минералы молибдена. Кроме того, перерасход реагента недопустим из-за его высокой стоимости. Недостаток реагента приводит к снижению извлечения меди в медный концентрат. Поэтому наиболее целесообразным считается поддержание концентрации реагента в пульпе на оптимальном уровне. Такой подход к управлению реагентным режимом требует применения датчика концентрации. В связи с тем что реагент СБА в практике обогащения стал применяться относительно недавно и соответствующий датчик концентрации ещё не разработан, нами применён принцип управления реагентным режимом «по твёрдому». Технологическими исследованиями определены нормы расхода СБА на каждую операцию флотации, в каждой точке подачи реагента, каждым питателем реагента. Под нормой расхода понимается количество в граммах стопроцентного раствора реагента, которое необходимо подать на каждую тонну коллективного концентрата, поступающего на селективную флотацию.

Очевидно, что такой принцип регулирования расхода реагента требует применения расходомера твёрдого в пульпе коллективного концентрата. Многие обогатительные фабрики России и стран СНГ по разным причинам не оснащены такими расходомерами, а предприятия, поставляющие технологическое оборудование для флотации, и проектировщики не предусматривают врезку расходомеров в агитационные чаны и пульпопроводы.

В то же время в обогащении наметилась тенденция разрабатывать и вне-

дирать АСУ ТП флотационных переделов на базе современных датчиков контроля технологических параметров и программируемых контроллеров. Можно использовать различные решения по построению расходомера твёрдого из стандартных датчиков, подключённых к контроллеру, с применением, например:

- двух датчиков гидростатического давления;
- ультразвукового уровнемера и одного датчика давления;
- электромагнитного расходомера и двух датчиков давления.

В зависимости от конкретных условий возможны и другие варианты решений.

### Расходомер твёрдого в потоке пульпы на флотацию

#### Состав, конструкция, принцип работы

Рассмотрим конструкцию расходомера, построенного на базе двух датчиков гидростатического давления, и алгоритм расчёта расхода твёрдого.

Расходомер имеет измерительную ёмкость, профилированное выходное отверстие (щель), датчики гидростатического давления пульпы перед щелью, контроллер (рис. 1). Поступающая в ёмкость пульпа выходит из неё через профилированное отверстие, перед которым устанавливается уровень пульпы  $h$ , отсчитываемый от нулевой оси щели. На уровне этой оси устанавливается один из датчиков гидростатического давления  $P_1$ . Другой датчик давления  $P_2$  устанавливается выше. Расстояние между ними —  $\Delta h$ . Выходные сигналы датчиков  $I_1$  и  $I_2$  подключены к аналоговым входам контроллера. Заметим, что профиль отверстия выполнен таким образом, чтобы между уровнем  $h$  и объёмным расходом пульпы  $Q_v$  была линейная зависимость:

$$Q_v = Kh,$$

где  $K = Q_{v\text{макс}}/H$ ;  $Q_{v\text{макс}}$  — наибольший объёмный расход пульпы, на который рассчитана щель;  $H$  — высота щелевого отверстия.

#### Вывод расчётной формулы расхода твёрдого

##### Исходные данные

- Профилированное выходное отверстие рассчитано на расход от 0 до 320 м³/ч.



- Высота отверстия  $H = 630$  мм.
- Гидростатическому давлению от 0 до 1000 мм водяного столба соответствует выходной ток датчиков от 0 до 5 мА.
- Расстояние между датчиками  $\Delta h = 100$  мм.
- Удельный вес твёрдых частиц  $\delta = 4,2$  тс/м<sup>3</sup>.

**Определение удельного веса пульпы ( $\gamma$ )**  
 $P_1 = \gamma h$  — гидростатическое давление в нижнем датчике [мм вод. ст.].

$P_2 = \gamma(h - 100)$  — гидростатическое давление в верхнем датчике [мм вод. ст.].

$\Delta P = P_1 - P_2 = 100\gamma$  — разность давлений.

$P_1 = 200I_1$ ,  $P_2 = 200I_2$  — уравнения связи величин  $P$  и  $I$ .

Поскольку  $100\gamma = 200I_1 - 200I_2$ , то  $\gamma = 2(I_1 - I_2)$ .

Например, при  $I_1 = 3,75$  мА и  $I_2 = 3,10$  мА получим  $\gamma = 1,3$  тс/м<sup>3</sup>.

**Определение содержания твёрдого в пульпе по весу ( $\beta$ )**

Известно, что  $\beta = \frac{\delta(\gamma-1)}{(\delta-1)\gamma}$ .

Подставим вместо величины  $\gamma$  её выражение через токи  $I_1$  и  $I_2$ :

$$\beta = \frac{\delta(\gamma-1)}{(\delta-1)\gamma} = \frac{4,2(\gamma-1)}{3,2\gamma} = 0,656 \frac{2I_1 - 2I_2 - 1}{I_1 - I_2}.$$

Здесь  $0 \leq \beta \leq 1$  — безразмерная величина. Нетрудно установить, что  $\beta = 0$  лишь в случае, если  $\gamma = 1$ , то есть «пульпа» состоит только из воды, и  $\beta = 1$  лишь в случае, если  $\gamma = \delta$ , то есть «пульпа» состоит только из твёрдой фазы. Например, при  $I_1 = 3,75$  мА и  $I_2 = 3,10$  мА получим  $\beta = 0,303$ .

**Определение весового расхода пульпы ( $Q_v$ )**

Датчиком весового расхода пульпы является нижний датчик гидростатического давления  $P_1$ . Действительно,  $P_1 = \gamma h$ , а кроме того, в данном расходомере объёмный расход пульпы пропорционален уровню  $h$ :  $Q_v = Kh$ , откуда  $h = Q_v/K$ . Следовательно,  $P_1 = \gamma h = \gamma Q_v/K = Q_v/K$ .

Каждому значению давления  $P_1$  соответствует множество возможных сочетаний значений уровня  $h$  и удельного веса  $\gamma$ , но любому из них соответствует один и тот же весовой расход пульпы  $Q_v$ . Например, наибольшему давлению  $P_1^{\text{макс}} = 1000$  мм вод. ст. может соответ-

ствовать  $\gamma = 1,587$  тс/м<sup>3</sup> и  $h = H = 630$  мм. При этом  $Q_v^{\text{макс}} = \gamma Q_v^{\text{макс}} = 1,587 \times 320 = 508$  тс/ч. При  $\gamma = 2,000$  тс/м<sup>3</sup> и  $h = 500$  мм (их произведение также равно 1000) имеем то же самое:  $Q_v^{\text{макс}} = 2,000 \times (320/630) \times 500 = 508$  тс/ч.

С учётом диапазона выходного тока датчиков уравнение связи весового расхода и тока получит вид:  $Q_v = (508/5)I_1$ , или  $Q_v = 101,6I_1$ .

Например, при  $I_1 = 3,75$  мА получим  $Q_v = 381$  тс/ч.

**Определение расхода твёрдого ( $Q_t$ )**

Расход твёрдого базируется на формуле:  $Q_t = \beta Q_v$ .

Отсюда следует:

$$Q_t = 0,656 \frac{2I_1 - 2I_2 - 1}{I_1 - I_2} 101,6I_1.$$

Окончательно имеем:

$$Q_t = 66,65I_1 (2 - 1/(I_1 - I_2)).$$

Например, при  $I_1 = 3,75$  мА и  $I_2 = 3,10$  мА получим  $Q_t = 115,4$  тс/ч.

### Достоинства и недостатки. Анализ альтернативных решений

Рассмотренный расходомер, построенный на базе двух датчиков гидростатического давления, отличается простотой инструкции и несложным алгоритмом расчёта расхода твёрдого. В то же время можно отметить один его недостаток: применённый в расходомере гидростатический плотномер контролирует пульпу в слое толщиной  $\Delta h = 100$  мм между точками отбора давления и не характеризует весь объём высотой  $h$ .

Между тем, датчик весового расхода лишён этого недостатка, на него не оказывают влияние ни качество перемешивания пульпы по высоте  $h$ , ни степень аэрации, характерная для турбулентных потоков пульпы. В этом случае расход твёрдого вычисляется на основе плотности и измеренного значения уровня пульпы. Рассмотрим данный вариант более подробно.

С учётом отмеченного недостатка варианта с двумя датчиками давления было бы целесообразно построить расходомер на базе датчика весового расхода (нижнего датчика давления) и датчика уровня  $h$ , например ультразвукового уровнемера типа PROBE (Siemens Milltronics) с выходным сигналом  $I(h)$  от 0 до 5 мА, пропорциональным уровню.

Приведём основные расчётные формулы для этого варианта.

Уровень пульпы:

$$h = (630/5)I(h), \text{ или } h = 126I(h) \text{ [мм]}.$$

Объёмный расход пульпы:

$$Q_v = Kh = \frac{Q_v^{\text{макс}} h}{H} = \frac{320}{630} 126I(h) = 64I(h) \text{ [м}^3\text{/ч]}.$$

Весовой расход пульпы:

$$Q_v = 101,6I_1 \text{ [тс/ч]}.$$

Удельный вес пульпы:

$$\gamma = Q_v/Q_v = (101,6I_1)/(64I(h)) \text{ [тс/м}^3\text{]}.$$

Содержание твёрдого в пульпе:

$$\beta = \frac{\delta(\gamma-1)}{(\delta-1)\gamma} = \frac{4,2}{3,2} \left( 1 - \frac{64I(h)}{101,6I_1} \right) = 1,31 \left( 1 - \frac{64I(h)}{101,6I_1} \right).$$

Расход твёрдого:

$$Q_t = \beta Q_v = 101,6I_1 \times 1,31 \left( 1 - \frac{64I(h)}{101,6I_1} \right) = 1,31(101,6I_1 - 64I(h)) \text{ [тс/ч]}.$$

К сожалению, применить такой расходомер на участке селекции не представилось возможным. В измерительной ёмкости на поверхности пульпы имеется слой пены, характерный для пульп концентрата. На датчик гидростатического давления пена не оказывает заметного влияния, но для уровнемера создаёт недопустимую погрешность.

Вариант определения физических параметров потоков пульпы на базе электромагнитного расходомера и двух датчиков давления изначально представлялся экономически нецелесообразным и не отвечающим технологическим условиям (этот вариант предполагает наклонный или вертикальный пульпопровод), поэтому специально не рассматривался.

В результате был применён описанный расходомер с двумя датчиками давления: он, в отличие от двух других вариантов, не имеет в данном случае явных противопоказаний к применению и при хорошем перемешивании пульпы обеспечивает удовлетворительную точность измерения.

## Задачи АСУ ТП, РЕШАЕМЫЕ ПО ДАННЫМ ОТ РАСХОДОМЕРОВ

В ходе разработки и внедрения АСУ ТП медно-молибденового участка МОФ были установлены и запущены в эксплуатацию два расходомера твёрдого: в потоке коллективного концентрата (перед контактными чанами) и в потоке чернового молибденового концентрата, поступающего на перемешивание.

Вычисленные значения расхода отображаются на экране дисплея рабочего места оператора (рис. 2), обеспечивая оператору возможность управления и контроля за технологическими параметрами. Вместе с тем данные о расходе используются для решения следующих задач:

- автоматическое регулирование расхода коллективного концентрата, поступающего последовательно на пропарку, основную и контрольную флотации;
- автоматическое регулирование расхода СБА на основную и контрольную флотацию;
- автоматическое регулирование расхода чернового молибденового концентрата, поступающего на перемешивание флотации;
- автоматическое регулирование расхода СБА на первую перемешивание;
- автоматическое формирование сменных и суточных рапортов.

## ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ СИСТЕМ АСУ ТП

АСУ ТП участка построена по принципу централизованной системы управления и сбора данных. В своём составе она имеет отдельные системы регулирования и контроля, решающие задачи на определённых этапах и опе-

рациях технологического процесса под управлением центрального контроллера и компьютера оператора: системы автоматического регулирования (САР) расхода твёрдого в потоках пульпы как коллективного, так и чернового молибденового концентратов; систему дозирования реагента СБА на разные виды флотации; систему контроля температуры пульпы; САР уровня пульпы во флотомашине. Работа САР расхода твёрдого и системы дозирования реагента базируется на данных, получаемых от расходомеров описанного типа. Собранные информация о параметрах состояния технологических процессов и оборудования обрабатывается и отображается на экране оператора в виде элементов мнемосхем, обеспечивая ручной и автоматический режимы управления по заданию оператора.

## Система автоматического регулирования расхода твёрдого в потоках пульпы

Контролируемые потоки пульпы формируют в виде плоской струи, направляемой на границу двух отсеков приёмной ёмкости. Одна часть потока направляется в измерительную ёмкость расходомера, а другая возвращается в сгуститель. Каждая САР расхода твёрдого в потоках пульпы (и коллективного концентрата, и чернового молибденового концентрата) содержит описанный ранее расходомер, виртуальный задатчик расхода, управляемый оператором с помощью мыши и дисплея, и исполнительный механизм МЭО-25/0,63. Если текущее значение расхода отклоняется больше чем на 0,1 т/ч, исполнительный механизм, управляемый контроллером по специальной программе, перемещает струю потока пульпы в направлении, обеспечивающем восстановление заданного значения.

Стабилизация расхода коллективного концентрата способствует стабилизации процессов пропарки концентрата, основной и контрольной флотации, а также повышает точность работы систем автоматического регулирования уровня

пульпы во флотомашине. Стабилизация расхода чернового концентрата способствует стабилизации перемешивания операций флотации. В общем, САР расхода улучшают показатели извлечения и качества медного и молибденового концентратов.

## Система дозирования реагента СБА

На участке селекции функционирует автоматизированная система дозирования флотореагентов (АДФР), в состав которой входят пульт управления и питатели ПРИУ-4. Система работает с частотой дозирования 5 циклов в минуту. Двенадцатисекундный цикл включает в себя импульс дозирования, во время которого клапан подачи реагента открыт, и паузу, во время которой клапан закрыт. Производительность питателя в импульсе равна 0,29 л/с. Доза реагента  $V$  [л/имп.] зависит от расхода твёрдого  $Q_t$  [т/ч] в потоке пульпы, удельного расхода реагента  $q$  [г/т], концентрации  $C$  [г/л] реагента при числе  $n$  импульсов в минуту, равном 5, и определяется по формуле:

$$V = \frac{Q_t q}{60 C n}.$$

Время  $t$  (в секундах) открытого состояния клапана в импульсе определяют по формуле:

$$t = \frac{V}{0,29}.$$

Дозирование по твёрдому может осуществляться как в ручном режиме, так и автоматически. На рис. 3 показана экранная форма «Настроечные параметры системы дозирования реагента». Пользуясь ею, оператор может вносить коррективы в удельный расход реагента (в пределах допустимых норм), расход твёрдого (при ручном управлении дозированием) и концентрацию реагента. При этом автоматически будет вычислена новая доза реагента по каждому питателю и длительность импульса.

В качестве примера проверим правильность произведённых контроллером расчётов дозы  $V$  и длительности импульса  $t$  для питателя контрольной флотации («Контр.» на рис. 3):

$$V = \frac{72,5 \times 420}{60 \times 200 \times 5} = 0,5 \text{ л/имп.};$$

$$t = \frac{0,5}{0,29} = 1,7 \text{ с.}$$



Рис. 2. Рабочее место оператора



| Настроечные параметры дозирования реагентов |        |       |         |         |         |         |         |
|---------------------------------------------|--------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Настроечные параметры дозирования реагентов |        |       |         |         |         |         |         |
|                                             | Основн | Контр | Переч.1 | Переч.2 | Переч.3 | Переч.4 | Переч.5 |
| Удельный расход реагентов г/т               | 4280   | 420   | 7333    | 4000    | 2333    | 1000    | 533     |
| Количество питателей                        | 1      | 1     | 2       | 1       | 1       | 1       | 1       |
| Литров за импульс                           | 2,57   | 2,57  | 0,50    | 0,73    | 0,80    | 0,47    | 0,20    |
| Длительность импульса в сек.                | 8,9    | 8,9   | 1,7     | 2,5     | 2,8     | 1,6     | 0,7     |
| Расход твёрдого т/ч (ручной)                | 0      |       |         |         |         |         |         |
| Коэф.корректировки по расходу твёрдого      | 1,00   |       |         |         |         |         |         |
| Расход твёрдого для дозирования (т/ч)       | 72,5   |       |         |         |         |         |         |
| ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ                             |        |       |         |         |         |         |         |
| Производительность питателя л/сек           | 0,29   |       |         |         |         |         |         |
| Период следования                           | 12     |       |         |         |         |         |         |
| Трансп. запаздывание по дозировке(мин)      | 1      |       |         |         |         |         |         |
| Дребезг контактов оборудования (мин)        | 1      |       |         |         |         |         |         |
| Концентрация реагента г/литр                | 200,00 |       |         |         |         |         |         |
| Зона нечувствит. по Твёрдому                | 1,0    |       |         |         |         |         |         |

Рис. 3. Настроечные параметры системы дозирования реагента

Полученные результаты подтверждают правильность расчётов контроллера.

### Система контроля температуры пульпы

Температура контролируется в контактных чанах и камерах основной, контрольной и перечистных флотаций с помощью датчиков ИТ-1.1, подключённых к прибору ПКЦ-12. Количество точек контроля — 12. Выходные токовые сигналы прибора подключены к контроллеру.

### САР уровня пульпы во флотомашине

Опишем работу системы регулирования уровня применительно к оборудованию первой нитки флотомашин (вторая нитка аналогична, но отличается нумерацией флотомашин и чанов).

Флотомашина представляет собой открытую сверху ёмкость удлинённой формы. В неё самотёком поступает горячая пульпа из контактного чана. По длине она разделена перегородками на 16 камер. Через отверстия в перегородках пульпа самотёком последовательно проходит от камеры № 1 до камеры № 16. Отверстия в перегородках 8-й и 16-й камер снабжены шиберными заслонками, которые приводятся в движение с помощью исполнительных механизмов МЭО-25/0,63 вручную или автоматически. Если отверстие, например, восьмой перегородки прикрывать, уровень пульпы во флотомашине от камеры № 1 до камеры № 8 будет повышаться, и наоборот.

На поверхности пульпы создаётся слой минерализованной пены, которая удаляется из камер через переливной

порог. Пульпа не должна доходить до порога. Если она станет переливаться через порог, концентрат будет разубоживаться (обедняться). Чем больше толщина пены, тем богаче концентрат, но ниже извлечение металла из пульпы. Для каждой технологической операции флотации существует оптимальный уровень пульпы.

Под уровнем пульпы понимается расстояние от некоторой фиксированной точки под порогом до границы пульпа-пена.

Для основной флотации, которая осуществляется во флотомашине № 8, уровень пульпы должен быть 50-250 мм в зависимости от хода технологического процесса. Для контроля уровня на глубине 250 мм от переливного порога установлен датчик гидростатического давления, токовый сигнал которого подключён к контроллеру. Автоматическое регулирование уровня пульпы во флотомашине № 8 осуществляется двумя автономными системами по ПИ-закону.

### Возможности операторского интерфейса

Покажем возможности операторского интерфейса на примере мнемосхемы участка селекции.

Оператор смены может наблюдать текущие значения следующих технологических параметров (рис. 4): расхода да твёрдого в потоке коллективного концентрата, расхода твёрдого в потоке черного молибденового концентрата, температуры пульпы в контактных чанах, уровня пульпы в камерах определённой флотомашин (для первой нитки это флотомашина № 8, для второй — № 14), температуры в девяти камерах разных флотомашин. Кроме

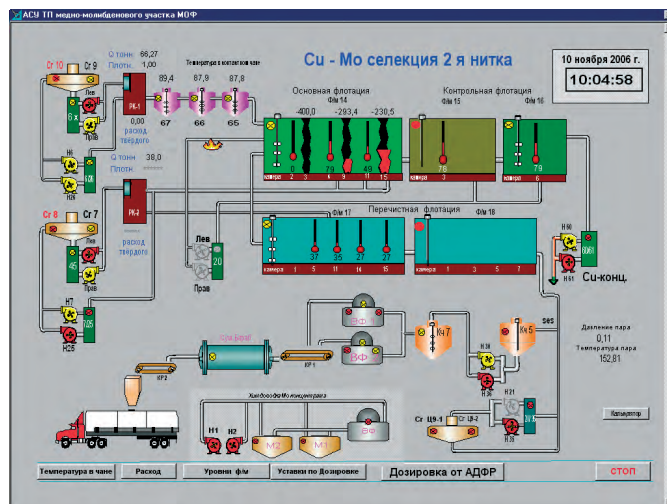


Рис. 4. Мнемосхема участка селекции

того, на мнемосхеме цветом отображается информация о состоянии основного технологического оборудования («включено/выключено»).

Щёлкнув мышью по кнопке «Уровни ф/м», оператор вызовет экранную форму, на которой можно наблюдать текущие значения уровня, при необходимости изменить уставку системе регулирования, анализировать ретроспективную информацию о работе систем по непрерывно строящимся графикам. Щёлкнув по кнопке «Температура в чане», можно получить информацию о температурном режиме пропарки в данный момент и с начала смены. Наконец, щёлкнув по кнопке «Уставки по дозировке», оператор получит полную информацию о настроечных параметрах системы дозирования реагента и, если требуется, внесёт необходимые коррективы.

## ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЛЕР

### Аппаратные средства

Центральный контроллер АСУ ТП участка медно-молибденовой селекции реализован на базе IBM PC совместимых аппаратных средств. Структурная схема контроллера приведена на рис. 5. В качестве базового процессорного модуля применена высокопроизводительная плата CPU686E производства фирмы Fastwel (Россия).

В состав контроллера входят три программируемых модуля ввода-вывода UNIO96-5 (Fastwel), предназначенных для обработки и выдачи до 96 сигналов логического уровня каждым, а также для обслуживания модулей УСО с гальванической изоляцией фирмы Grayhill, приёма и выдачи дискретных сигналов, преобразования кодов, уско-

Таблица 1

Состав используемых модулей УСО серий 70L и 73L фирмы Grayhill

| Назначение                          | Обозначение | Количество |
|-------------------------------------|-------------|------------|
| Сдвоенный модуль дискретного вывода | 70L-ODC     | 48 шт.     |
| Сдвоенный модуль дискретного ввода  | 70L-IDC     | 48 шт.     |
| Сдвоенный модуль аналогового вывода | 73L-OI020   | 12 шт.     |
| Сдвоенный модуль аналогового ввода  | 73L-II020   | 36 шт.     |

рения логических и арифметических операций.

Модули CPU686E и UNIO96-5 выполнены в формате MicroPC, поэтому для их установки выбран монтажный каркас 5204-RM компании Octagon Systems, предназначенный для размещения четырёх модулей данного формата и источника питания. В качестве источника применён блок питания 7155 (Octagon Systems), обеспечивающий на выходе напряжение 5 В при диапазоне входного напряжения 85...264 В.

Типы используемых модулей УСО фирмы Grayhill и их количество отражает табл. 1. Модули принадлежат сериям 70L и 73L.

Для установки модулей Grayhill задействованы клеммные платы TBI-24LC (Fastwel). На одной такой плате помещается до 12 модулей серии

70L/73L. Плата имеет 26-контактный цифровой порт и клеммные соединители для подключения исполнительных устройств. Управление платой осуществляется с помощью модуля UNIO96-5.

Размещение контроллера в шкафу фирмы Rittal показано на рис. 6.

### Программное обеспечение

Разработка программного обеспечения (ПО) контроллера выполнена с помощью системы UltraLogik, функционирующей в рамках единой оболочки под управлением Windows. Система программирования UltraLogik соответствует требованиям стандарта МЭК 61131 и предназначена для разработки прикладного ПО сбора данных и управления, реализуемого на программируемых IBM PC совместимых контроллерах. В качестве языка программирования используется язык функциональ-

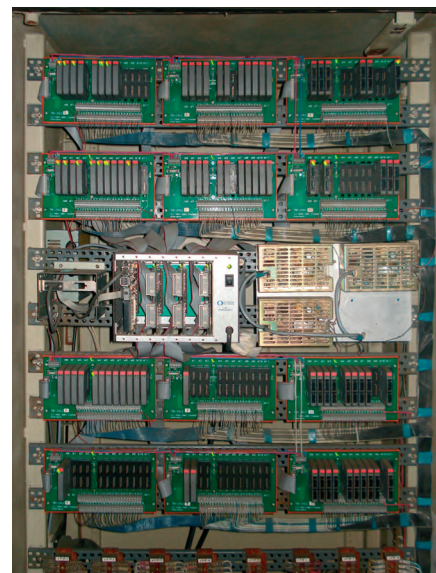


Рис. 6. Размещение контроллера в шкафу фирмы Rittal

ных блок-диаграмм (FBD), представляющий механизм объектного визуального программирования.

ПО контроллера включает в свой состав:

- программу установки даты и реального времени;
- программу учёта простоев основного оборудования (флотомашин, контактных чанов, насосов и др.);

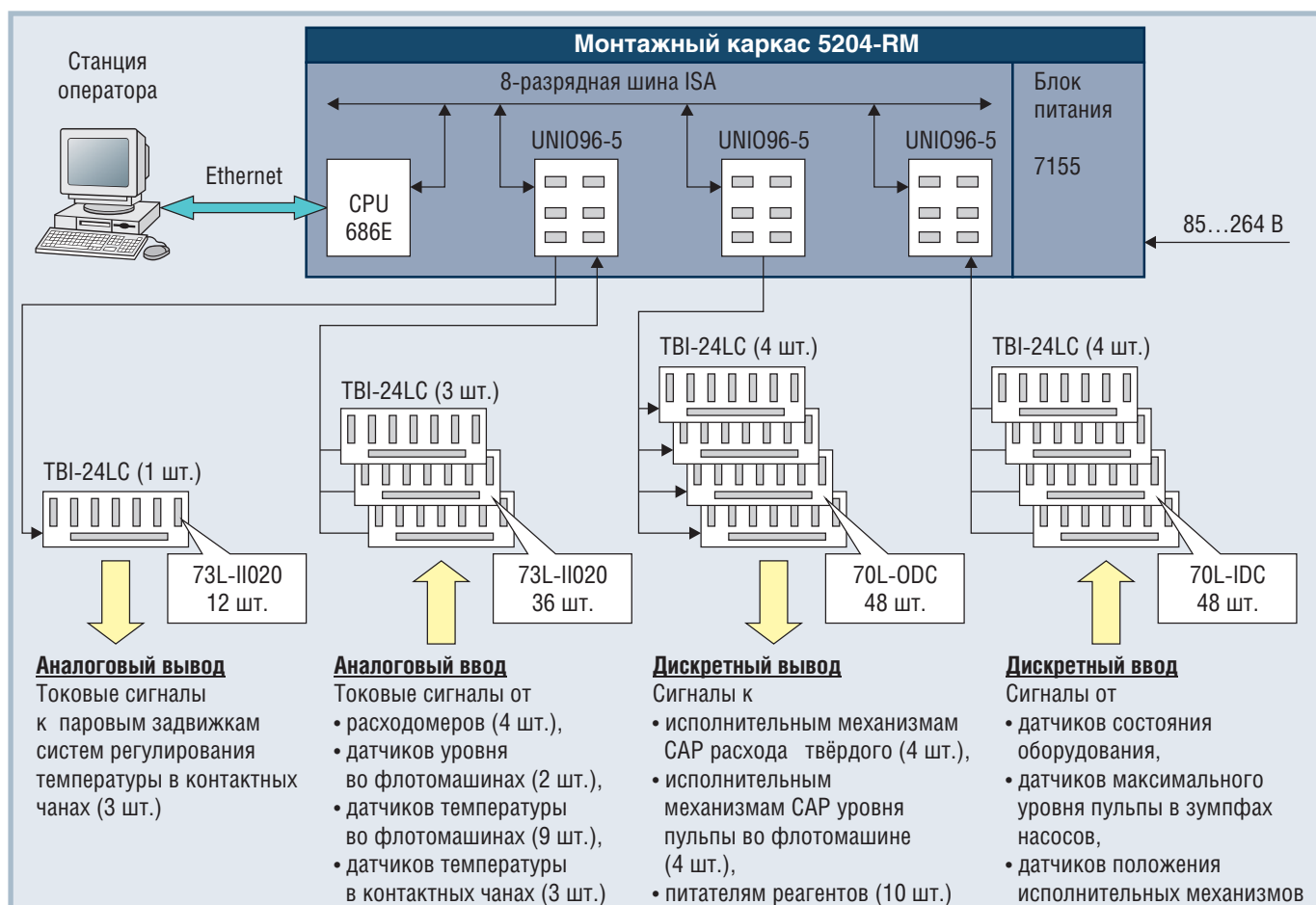


Рис. 5. Структурная схема центрального контроллера





## ПРОМЫШЛЕННЫЙ НОУТБУК

### ЗАЩИЩЁННЫЙ и элегантный



Реклама

## M230

### с технологией Intel Centrino Duo

Процессор Intel Core Duo L2400с  
с пониженным энергопотреблением  
1,66 ГГц

- До 2 Гбайт DDR-II памяти
- Дисплей 14,1" или 15,1" TFT (S)XGA, разрешение до 1400×1050, возможность установки сенсорного экрана и/или дисплея повышенной яркости
- Беспроводной сетевой адаптер Intel PRO/Wireless (IEEE 802.11a/b/g), модуль Bluetooth (опция), GPRS/GPS-модуль (опция)
- Степень защиты IP54
- Литой корпус из магниевого сплава с резиновыми накладками
- Размеры 328×276×46 (!) мм

#171

# PROSOFT®

Официальный дистрибьютор —  
компания ПРОСОФТ  
Тел./факс: (495) 234-0636/0640  
info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

- программу расчёта расхода твёрдого в потоках пульпы коллективного и чернового молибденового концентрата;
- программу сбора, обработки и представления информации о технологических параметрах пульпы (расход, температура, плотность, уровень во флотомашинах и зумпфах), о концентрации реагента СБА, об аварийных состояниях процессов и оборудования;
- библиотеки программ.

Для разработки ПО станции оператора использован SCADA-пакет GEESIS32 v.6.1 Enterprise. С его помощью разработаны мнемосхемы технологических процессов и состояния оборудования участка селекции, которые позволяют оператору получать текущую и ретроспективную информацию, необходимую для оперативного воздействия на объекты управления путём изменения задания системам автоматического регулирования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С момента пуска в эксплуатацию представленная в статье АСУ ТП медно-молибденового участка МОФ АГМК работает 3 года. В ходе эксплуатации отказов в работе программно-технического комплекса АСУ ТП не отмечено, что указывает на правильный выбор технических средств и высокую надёжность решений по их интеграции. Наибольшие затраты труда по обслуживанию АСУ ТП приходится на полевые контрольно-измерительные приборы.

В ходе уже относительно длительной промышленной эксплуатации АСУ ТП стала надёжным инструментом технолога, позволившем улучшить технико-экономические показатели работы участка, облегчить труд рабочих и повысить культуру производства. ●

Авторы — сотрудники

ООО «АСУ Технолоджи»

Телефон: (+998-7161) 40-395

Телефон/факс: (+998-7161) 48-495

## НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

### Fastwel в номинации «Производитель года» на выставке «Electronica-2006» (Мюнхен)

Компания Fastwel стала финалистом конкурса «Electronics Industry Awards» в номинации «Manufacturer of the year» («Производитель года»), обогнав в этой категории около 50 компаний из разных стран. Организатором данного конкурса, прошедшего в рамках выставки «Electronica-2006» (Мюнхен), выступил журнал «Electronics Weekly».



Высокий статус финалиста компетентное жюри присудило компании Fastwel по итогам рассмотрения результатов работы компаний-участников в 2006 году. В соответствии с требованиями конкурса компания Fastwel заявила о разработке 12 новых высокопроизводительных промышленных одноплатных компьютеров и процессорных модулей в 8 форм-факторах в течение одного года, что, безусловно, является выдающимся достижением на мировом рынке встраиваемых систем. Таким образом, начиная уже с 2007 года, компания ПРОСОФТ – эксклюзивный дистрибьютор на территории России и СНГ – сможет предложить заказчикам модули в форматах PICMG, ATX, Mini-ITX, PC/104-Plus, PC/104-Express, VME, а также широкую линейку COM-модулей компании Fastwel.

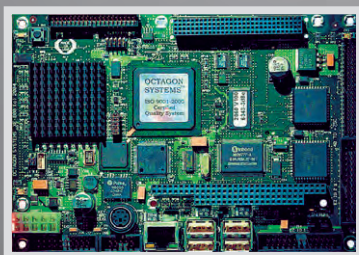
Производство этих встраиваемых компьютеров, базирующихся на последних высокопроизводительных процессорах и чипсетах производства Intel и AMD, планируется в течение длительного периода времени.

Столь почётная награда – знак признания продукции Fastwel среди зарубежных представителей ИТ-индустрии, ещё раз подтверждая особый статус Fastwel на рынке промышленных ПК, послужит гарантией качества продукции, предлагаемой компанией ПРОСОФТ. ●

# ЗНАК СИЛЫ. OCTAGON



## ВЫСОКОНАДЁЖНЫЕ ОДНОПЛАТНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ



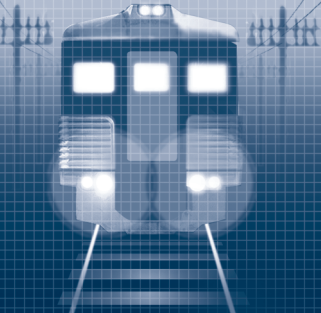
- Среднее время безотказной работы – более 10 лет
- -40...+85°C
- Вибрация до 5g
- Удары до 20g
- Процессор с рабочей частотой до 1 ГГц
- Все стандартные интерфейсы на одной плате
- Шина расширения PC/104 и PC/104-Plus
- Поддержка QNX, Windows CE/XPe, Linux



**Влагозащитное  
покрытие  
всех типов плат!**

Широкий выбор изделий: PC-600, PC-680, PC-770, XE-700, XE-800, XE-900





# Применение модульных микроконтроллеров ADAM-5000/TCP для диагностики оборудования комплекса «Тракт»

Сергей Васильев

В данной статье рассказывается о применении микроконтроллера ADAM-5000/TCP на сборочном производстве для диагностики оборудования комплекса «Тракт», используемого в системах диспетчерской централизации на железнодорожном транспорте. Выбор ADAM-5000/TCP обосновывается результатами анализа требований к разработке. Приводятся описания аппаратной и программной частей диагностического комплекса.

## ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Комплекс технических средств (КТС) «Тракт» — это современный многофункциональный микропроцессорный комплекс, применяемый на железнодорожном транспорте в системах диспетчерской централизации для обеспечения заданной пропускной способности железных дорог с учётом требований по безопасности, для организации речевого оповещения и др.

КТС «Тракт» включает в себя следующие взаимосвязанные подсистемы: пункт управления (ПУ), контролируемые пункты на станциях участка (КП) и распределённую коммуникационную подсистему.

На рис. 1 показан типовой КП.

Каждый КП соединён с множеством элементов железнодорожной автоматики (рельсовые цепи, стрелки, светофоры, элементы системы речевого оповещения). К каждому КП может быть подключено до двух тысяч внешних цепей. Внешние цепи подключаются к модулям управляющего микропроцессорного комплекса через устройства сопряжения с объектом (УСО). УСО обеспечивают согласование по электрическим характеристикам сигналов и защиту микропроцессорных модулей от помех и перенапряжений.

Большая часть соединений в КП реализована печатным монтажом, выполненным на кросс-платах, которые используются в каждом крейте. Однако соединения между крейтами, а также цепи подключения КП к объекту управления выполнены проводным монтажом, и количество таких соединений тоже велико. Поэтому для обеспечения высокой надёжности КП, помимо проверки работы процессорных модулей и УСО, необходимо выполнять проверку всего монтажа, особенно проводного. Ручной способ проверки при его высокой трудоёмкости не может обеспечить достаточной гарантии от пропуска ошибок. В целях обеспечения необходимого уровня надёжности выпускаемого оборудования, повышения производительности работы сборочного участка, а также автоматизации учёта информации по выпускаемой продукции назрела необходимость разработать для проверки КП автоматизированный диагностический комплекс (АДК).

## ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АДК

Изначально полагалось, что обязательной составляющей диагностического комплекса должно быть АРМ



Рис. 1. Контролируемый пункт комплекса «Тракт»

(автоматизированное рабочее место), построенное на базе IBM PC совместимого компьютера, который бы обеспечивал пользовательский интерфейс, а также осуществлял общее управление работой комплекса и формирование отчётов.

При разработке АДК были учтены условия его применения:

- на производственном участке выполняется механическая сборка КП, монтаж электрических кабелей и жгутов, проверка и диагностика готовых изделий;
- одновременно осуществляется сборка до 20 стоек КП;
- производственные помещения имеют ограниченную площадь, при этом участок контроля и диагностики и сборочный участок размещаются в одном помещении;
- обеспечить мобильность АРМ АДК при полной загрузке сборочного участка для непосредственного доступа к контролируемой стойке не представляется возможным.

### ВЫБОР АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ

Вариант с установкой в системный блок АРМ АДК плат аналогового и цифрового ввода-вывода был исключён из рассмотрения ввиду того, что для подключения к стойкам пришлось бы изготавливать кабели большой длины. Это дорого, ненадёжно и неудобно. Было принято решение об использовании внешнего блока для связи АРМ АДК с контролируемой стойкой. Рассматривалось несколько вариантов с различными модульными микроконтроллерами. Было выбрано изделие ADAM-5000/TCP фирмы Advantech.

Основные особенности ADAM-5000/TCP таковы:

- 32-разрядный RISC-процессор Strong ARM фирмы Intel;
- высокоскоростной коммуникационный порт 10/100Base-T с автостройкой скорости обмена;
- поддержка протокола ModBus/TCP;
- максимальная протяжённость линии связи 100 м (без повторителя);
- возможность удалённой конфигурации через сеть Ethernet;
- возможность одновременного доступа для 8 управляющих компьютеров;
- установка 8 модулей, обеспечивающих до 128 каналов ввода-вывода;
- напряжение изоляции 1500 В постоянного тока для интерфейса Ethernet;

- порт RS-485 для подключения устройств, поддерживающих протокол ModBus/RTU;
- программная поддержка – OPC-сервер ModBus/TCP, элементы управления ActiveX, SCADA-пакет ADAMView.

Наиболее важными характеристиками, определившими выбор именно этого микроконтроллера, оказались следующие:

- подключение к АРМ АДК с помощью стандартного интерфейса Ethernet, что позволяет разместить микроконтроллер в непосредственной близости от проверяемой стойки и минимизировать длину кабелей для подключения АРМ АДК к проверяемой стойке, а также обеспечивает возможность размещения рабочего места оператора комплекса в любой точке производственного участка независимо от расположения проверяемого оборудования;
- гибкость конфигурации, возможность установки до восьми различных модулей в один корпус (параметры входных и выходных сигналов КТС «Тракт» определяются точками подключения АРМ АДК; эти параметры могут соответствовать либо TTL-уровню при непосредственном подключении к процессорным модулям управляющего крейта, либо открытому коллектору с привязкой к применяемому на объекте напряжению питания 10 В и 24 В постоянного тока; исходя из задачи контроля и диагностики, в блок ADAM-5000/TCP могут быть установлены модули ввода-вывода с требуемыми характеристиками, например 16-канальные модули ADAM-5051D и ADAM-5056D);
- возможность работы АРМ АДК с двумя и более микроконтроллерами ADAM-5000/TCP, что позволяет разместить несколько ADAM-5000/TCP по периметру производственного участка и подключаться к проверяемому оборудованию через микроконтроллер, находящийся в непосредственной близости к нему; с расширением набора функций АДК возможно разделение задач по диагностике оборудования между различными микроконтроллерами ADAM-5000/TCP;
- возможность работы каждого микроконтроллера ADAM-5000/TCP с двумя и более АРМ АДК, что позволяет в случае установки дополнительных



Рис. 2. Подключение микроконтроллера АДК к проверяемому оборудованию КП

АРМ обеспечить работу каждого из них с любым микроконтроллером ADAM-5000/TCP;

- небольшие вес и габариты, возможность крепления как на DIN-рейку, так и непосредственно на любую поверхность;
- относительно невысокая стоимость конфигураций, требуемых для создания АДК.

Результатом разработки явилась достаточно гибкая и удобная архитектура АДК, позволяющая автоматизировать большую часть технологических операций по контролю модулей и контролю монтажа выпускаемого оборудования КТС «Тракт».

Подключение микроконтроллера АДК к проверяемому оборудованию КП показано на рис. 2.

### Выполняемые задачи

В настоящее время комплекс АДК выполняет следующие основные задачи:

- проверка основного и резервного трактов ввода КП с учётом внутреннего и внешнего монтажа;
- проверка основного и резервного трактов вывода КП с учётом внутреннего и внешнего монтажа;
- выдача отчётов с результатами диагностики;
- занесение результатов диагностики в базу данных.



## Аппаратная и программная части комплекса

### Аппаратная часть

Аппаратная часть комплекса АДК включает в себя следующее оборудование:

- компьютер АРМ с портом Ethernet;
- сервер БД;
- сервер последовательных устройств (преобразователь Ethernet/RS-232);
- микроконтроллер ADAM-5000/TCP;
- сетевое оборудование (коммутатор);
- кабели.

Схема подключения оборудования комплекса АДК к КТС «Тракт» при проведении проверок тракта ввода КП представлена на рис. 3.

Тракт ввода и тракт вывода проверяются частями, и чтобы проверить следующую часть проводного и печатного монтажа, требуется переподключение кабелей. Общее число каналов в тракте ввода может достигать 1920, а общее число каналов в тракте вывода — 176.

### Программная часть

Программная часть комплекса АДК состоит из следующих составляющих:

- программа «АРМ ДУ»;
- диагностическое программное обеспечение (ПО) для модулей КП;
- библиотека программ для ADAM-5000/TCP.

При разработке АДК была создана программа «АРМ ДУ», функционирующая под управлением ОС Windows NT/2000/XP. В процессе своей работы она использует динамически подключаемую библиотеку adv5ktcp.dll, поставляемую вместе с ADAM-5000/TCP, поэтому взаимодействие с ADAM-5000/TCP осуществляется очень просто.

Основные возможности программы «АРМ ДУ»:

- проведение проверки работоспособности трактов ввода и вывода в КП «Тракт»;
- выявление ошибок в монтаже с указанием отсутствующих связей, смещённых и перекрещенных связей;

- формирование отчёта о проведённых проверках;
- автоматизированная паспортизация выпускаемого оборудования с указанием серийных номеров модулей, входящих в его состав, объекта, на который направляется оборудование (дорога, участок, станция), а также данных об исполнителе;
- помещение отчёта в базу данных.

На рис. 4 представлены экранные формы пользовательского интерфейса, создаваемые программой «АРМ ДУ» в ходе выполнения проверок. При проверках анализируется подключение кабеля к каждому контакту УСО ввода или вывода. В случае проведения проверки с УСО ввода зелёным подсвечивается номер контакта, на котором было обнаружено напряжение, поданное через кабели от ADAM-5000/TCP. Когда проверка производится с УСО вывода, зелёным подсвечивается номер контакта, напряжение на котором было обнаружено модулем ввода

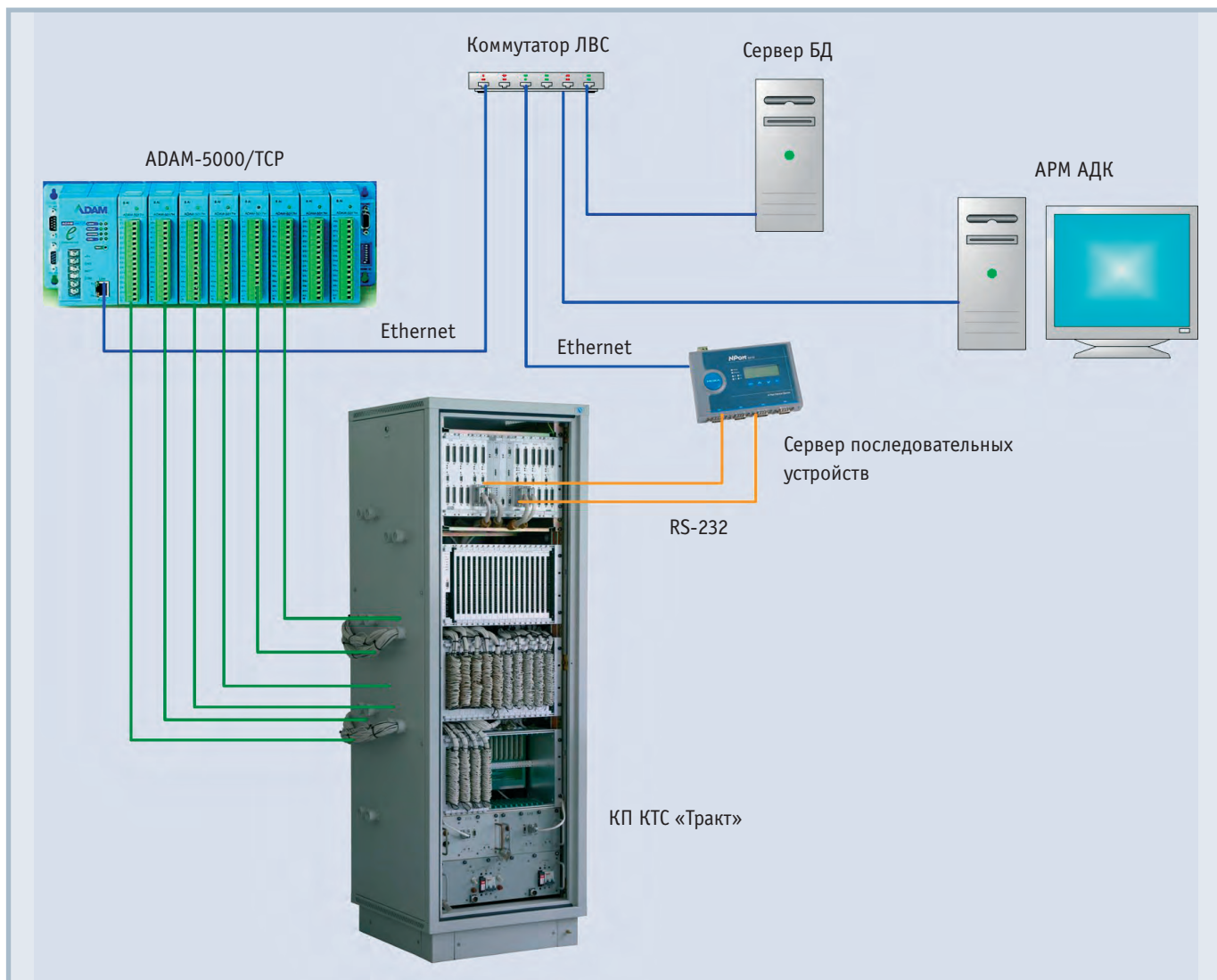


Рис. 3. Схема подключения оборудования комплекса АДК к КТС «Тракт» при проведении проверок тракта ввода КП

ADAM-5000/TCP. Слева от номера контакта после его проверки рисуется пиктограмма, изображающая результат проверки.

Вид выдаваемых программой «АРМ ДУ» отчётов показан на рис. 5. Отчёты создаются в формате XML. Журнал проверок содержит информацию обо всех проведённых проверках, включая время их проведения. Самые последние результаты проверок позволяет узнать итоговый отчёт, он составляется по журналу проверок.

Информация из отчётов может быть занесена в базу данных для последующей обработки.

Диагностическое ПО для модулей КП позволяет проверить их работу по всем параметрам. Для обеспечения информационного обмена с «АРМ ДУ» в каждом модуле процессорного крейта имеется инструментальный порт RS-232.

Связь с контролируемым оборудованием осуществляется через микроконтроллер ADAM-5000/TCP. Пакет программных средств микроконтроллера поставляется вместе с изделием и включает в себя графическую оболочку для работы с микроконтроллером, а также набор библиотек, позволяющих производить с управляющего компьютера операции по управлению ключами модулей вывода и считывать состояния каналов модулей ввода микроконтроллера.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСА АДК

В настоящее время представленный комплекс АДК используется на сборочном участке компании «Техтранс», занимающейся разработкой, производством и внедрением микропроцессорных систем для железнодорожного транспорта.

Сейчас выполнен лишь первый этап разработки АДК. В процессе эксплуатации комплекса вводятся корректировки в программную и аппаратную части. Аппаратные средства пока представлены в минимальной конфигурации. В ближайшее время планируется увеличение количества модулей ввода-вывода, устанавливаемых в блок микроконтроллера ADAM-5000/TCP, для повышения производительности комплекса АДК, а также увеличение количества самих микроконтроллеров.

В дальнейшем планируется расширение функциональных возможностей АДК для обеспечения программного

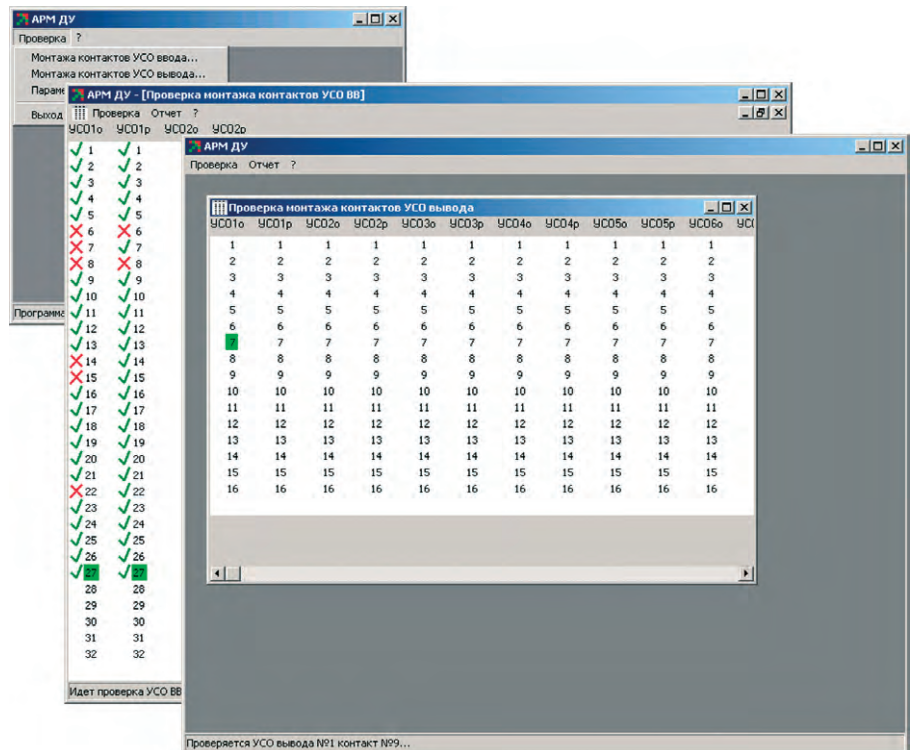


Рис. 4. Экранные формы, создаваемые программой «АРМ ДУ» в ходе выполнения проверок

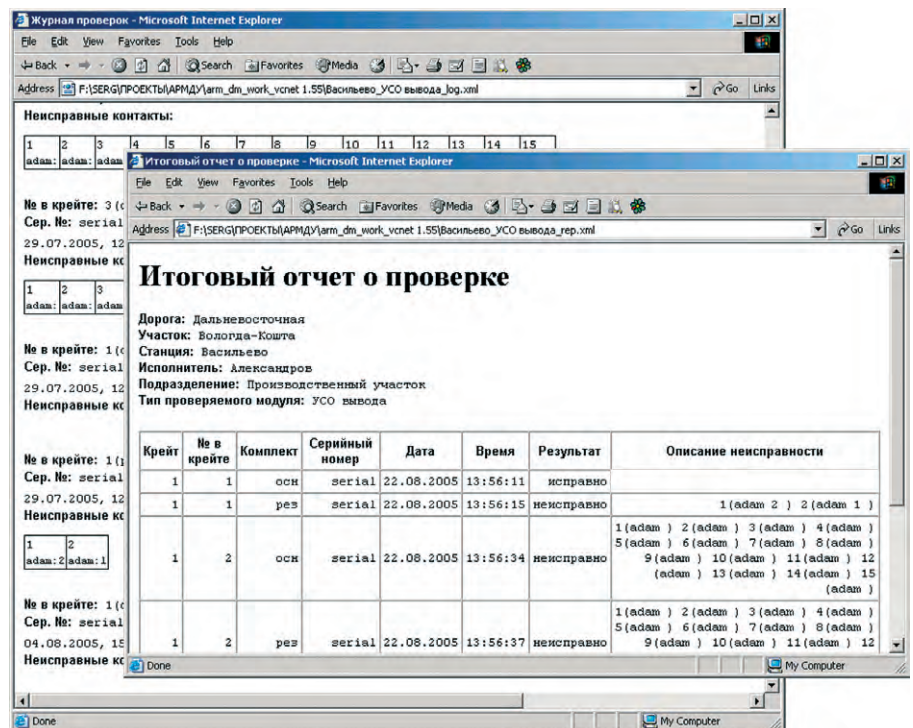


Рис. 5. Отчёты, формируемые программой «АРМ ДУ»

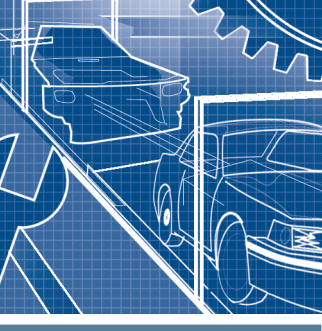
моделирования систем на базе КТС «Тракт» в целях улучшения их характеристик.

Пример описанной в статье разработки показывает, что, вкладывая относительно небольшие средства, можно получить значительный экономический эффект в производстве. Уже сегодня срок окупаемости вложенных средств, по оценке специалистов предприятия, составляет от 3 до 5 месяцев.

*Автор выражает свою признательность сотрудникам ЗАО «Техтранс», в частности А.А. Александрову, Д.С. Егорову и А.А. Федорину, за помощь в тестировании разработки и подготовке данной статьи.*

**Автор —**  
**сотрудник ЗАО «Техтранс»**  
**Телефон: (812) 334-8479 (доб. 277)**





# Система управления стендом для проверки герметичности тормозной системы автомобиля ГАЗ-3310 «Валдай»

Игорь Михальченко, Вадим Нижегородцев, Михаил Поливцев

В статье описывается опыт применения современных промышленных контроллеров при создании электронных систем управления измерительными и регулировочными стендами, предназначенными для контроля параметров автомобильной техники.

## Введение

Проверка герметичности тормозной системы автомобилей является одним из важнейших этапов контроля качества выпускаемых автомобилей ГАЗ и напрямую связана с безопасностью дальнейшей их эксплуатации. Среднетоннажный грузовик городского типа ГАЗ-3310 «Валдай» — первый серийный автомобиль в России, оснащённый пневматической тормозной системой с дисковыми вентилируемыми тормозами не только на передних, но и на задних колесах. Поэтому с началом производства этого семейства автомобилей возникла необходимость

в новых стендах для проверки герметичности пневматической тормозной системы.

При разработке системы управления стендом и обработки информации необходимо было учесть следующие требования:

- максимальная степень автоматизации процесса измерения;
- минимизация процесса наладки и поверки контрольно-измерительного оборудования;
- высокая точность измерения;
- автоматический расчёт и анализ всех параметров на основе результатов измерения;

- высокая надёжность системы управления и простота эксплуатации;
- минимальные затраты.

## Структура и принцип работы стенда

Для реализации системы управления стендом было решено использовать логические модули LOGO! фирмы Siemens. Логические модули LOGO! являются компактными функционально законченными универсальными изделиями. Они предназначены для построения простейших устройств автоматики с логической обработкой информации. Алгоритм функционирования модулей задаётся программой, составленной из набора встроенных функций. Программирование модулей LOGO! может производиться с их клавиатуры без использования дополнительного программного обеспечения. Стоимостные показатели LOGO! настолько низки, что применение этих модулей может оказаться экономически целесообразным даже в случае замены ими устройств, включающих в свой состав 2 многофункциональных реле времени или 2 таймера и 3-4 промежуточных реле.

Структурная схема стенда для проверки герметичности тормозной системы автомобиля ГАЗ-3310 «Валдай» представлена на рис. 1.

Сжатый воздух давлением 0,40 МПа поступает на вход пневмораспределителя



Грузовик ГАЗ-3310 «Валдай»

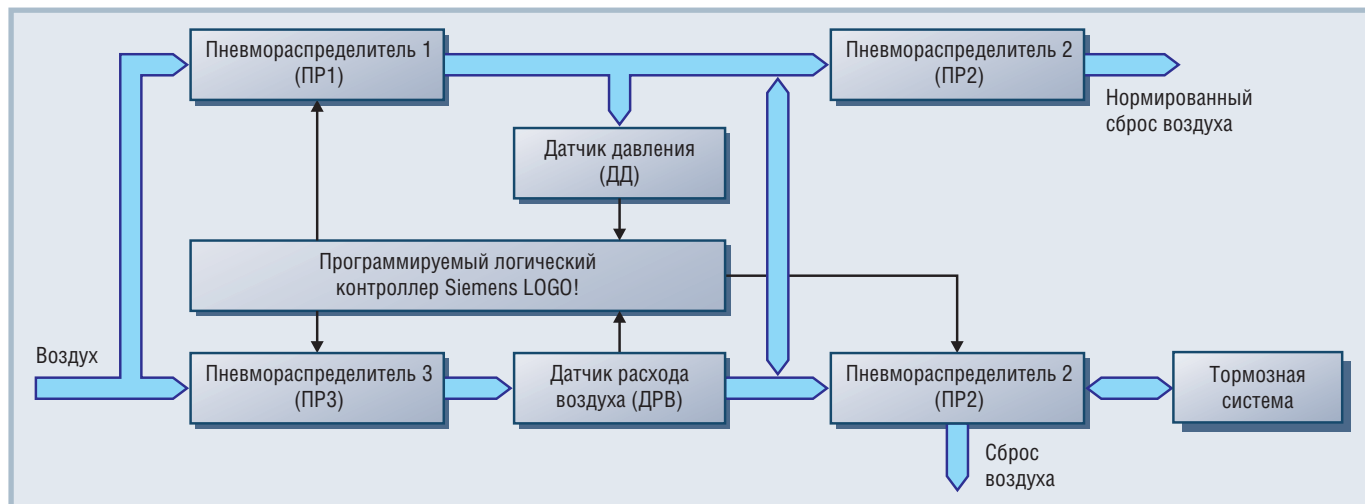


Рис. 1. Структурная схема стенда для проверки герметичности тормозной системы автомобиля ГАЗ-3310 «Валдай»

телей ПР1 и ПР3. С началом цикла проверки сигналом от программируемого логического контроллера LOGO! включается клапан ПР3. Сжатый воздух начинает поступать через ПР3, датчик расхода воздуха ДРВ и сужающее устройство СУ в атмосферу. После истечения 7 секунд контроллер запоминает величину расхода воздуха по показаниям датчика расхода воздуха ДРВ (2-3 нл/мин) и включается клапан ПР1, а через 2 секунды клапан ПР2. Сжатый воздух начинает заполнять тормозную систему автомобиля. Происходит временное понижение давления воздуха в пневмосистеме (менее 0,38 МПа). Включается отсчёт времени 10 секунд, в течение которого происходит заполнение тормозной системы сжатым воздухом. Давление воздуха по показаниям датчика давления ДД увеличивается до 0,40 МПа. При значении давления 0,39 МПа клапан ПР1 выключается и окончательное заполнение производится через расходомер ДРВ. Если за время заполнения (10 секунд) давление воздуха не достигнет значения 0,39 МПа, то это сигнализирует о большой утечке воздуха из тормозной системы автомобиля или падении давления воздуха в цеховой магистрали. При срабатывании уставки 0,39 МПа ДД включается таймер отсчёта времени (10-15 секунд), в течение которого величина расхода воздуха через ДРВ стабилизируется. По истечении времени стабилизации расхода воздуха контроллер LOGO! регистрирует величину расхода сжатого воздуха в тормозной системе автомобиля (общий расход воздуха по ДРВ минус расход воздуха через СУ). Если расход воздуха в тормозной системе автомобиля

составляет более 1,3 нл/мин, то такая тормозная система бракуется. Закрывается клапан ПР3, а через 1 секунду – клапан ПР2. Производится сброс воздуха из тормозной системы автомобиля.

#### Состав системы управления стендом

Электрическая принципиальная схема системы управления стендом для проверки герметичности тормозной

системы автомобиля ГАЗ-3310 «Валдай» представлена на рис. 2.

Система управления стендом построена на основе программируемого логического контроллера LOGO! (рис. 3) и имеет в своём составе:

- стабилизированный источник питания LOGO!Power (+24 В);
- процессорный модуль LOGO!24RC с дисплеем и клавиатурой (6 дискретных и 2 универсальных входа, 4 релейных выхода);

## Коммерческие источники питания для военной техники – зачем платить больше?

Низкая стоимость и короткие сроки поставки  
при соответствии военным стандартам

#### Основные характеристики DC/DC-преобразователей серии MTC:

- Диапазон входных напряжений 15,5...40 В
- Выходные напряжения от 3,3 до 28 В
- Выходные мощности от 5 до 35 Вт
- Диапазон рабочих температур от -55 до +100°C (основание корпуса)
- Электромагнитные помехи соответствуют требованиям MIL-STD-461E
- Импульсное перенапряжение и помехоустойчивость в соответствии с MIL-STD-1275A/B/C, 704A-F
- Стойкость к внешним воздействующим факторам в соответствии с требованиями MIL-STD-810F
- Сервисные функции: синхронизация частоты преобразования, дистанционное включение/выключение, регулировка выходного напряжения, внешняя обратная связь



THE X P E R T S I N P O W E R

#225

**ProSoft**®

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640  
E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Реклама



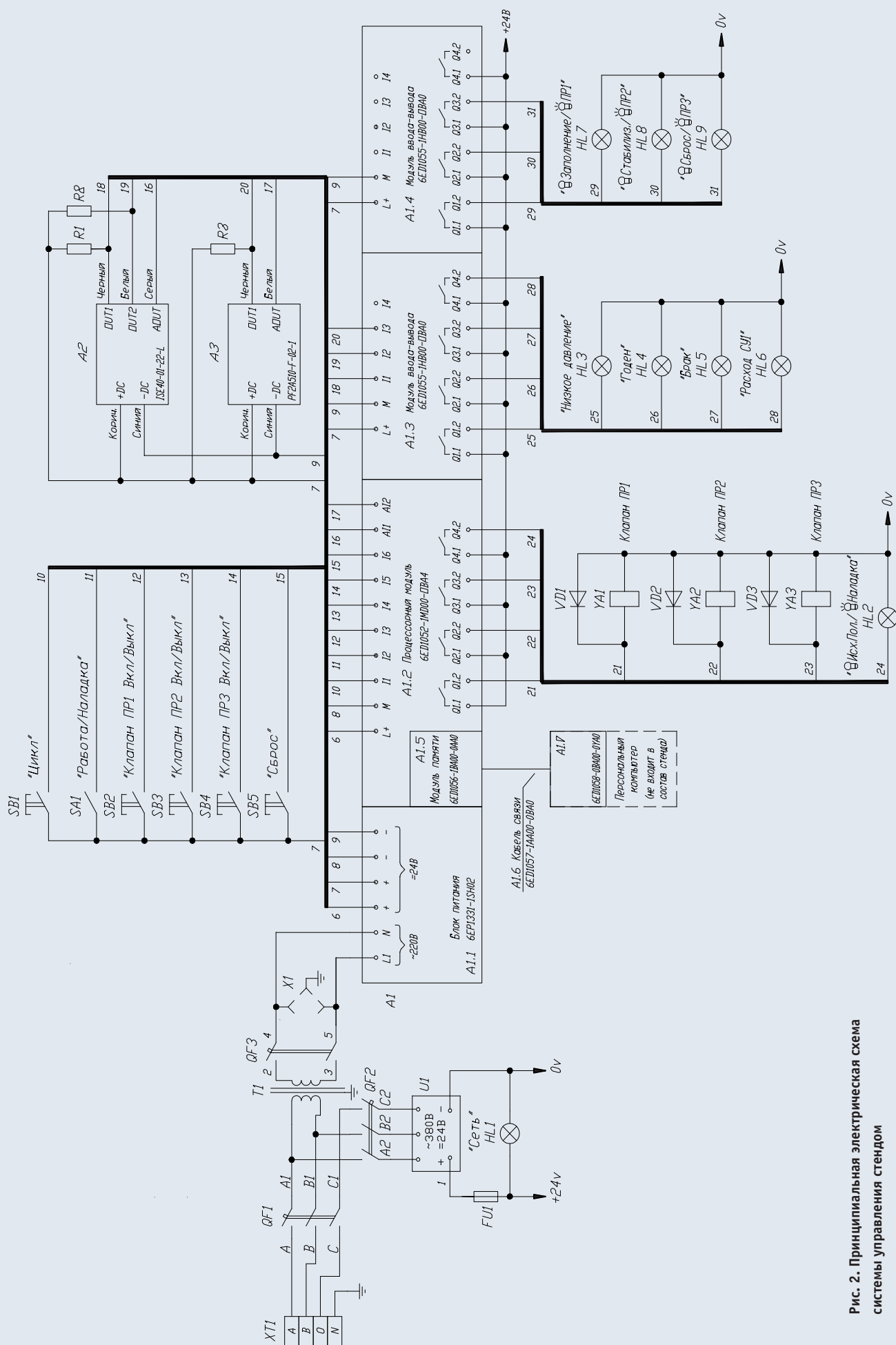


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема системы управления стендом

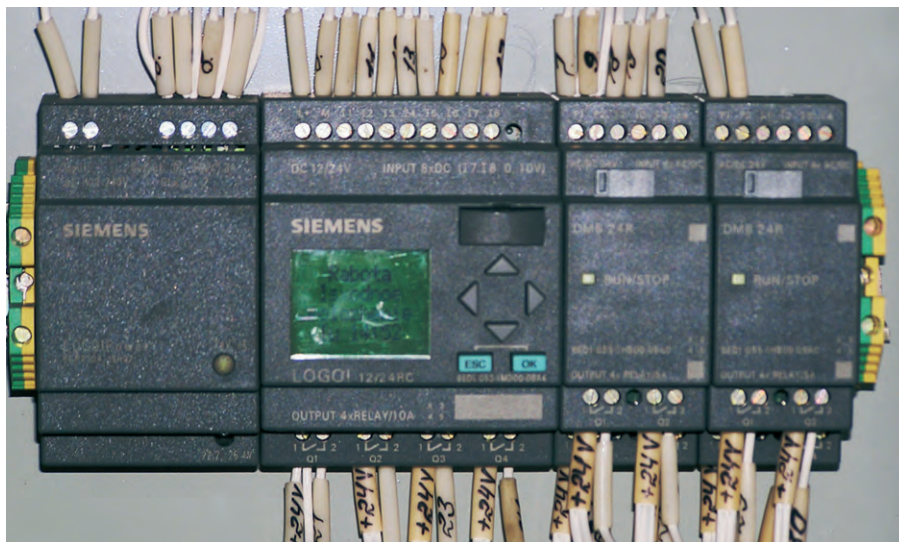


Рис. 3. Программируемый логический контроллер LOGO! из состава системы управления стендом

- модуль ввода-вывода LOGO!DM8 24R (4 дискретных входа, 4 релейных выхода) — 2 шт.;
- модуль памяти для хранения программ;
- кабель для подключения к компьютеру;
- прецизионный датчик давления ISE40-01-22-L (SMC Corporation);
- датчик расхода воздуха PF2A510-F-02-1 (SMC Corporation);
- пневмооборудование фирмы SMC Corporation.

Кнопки управления и лампы сигнализации расположены на специально

разработанном и изготовленном по заказу пульте управления, представленном на рис. 4.

Пневмооборудование и электрооборудование стенда показаны на рис. 5 и 6 соответственно.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программа контроллера разработана и отлажена при помощи пакета LOGO!Soft Comfort v4.0, который позволяет реализовать следующие функции и возможности:

- генерирование и распечатка блок-схемы для коммутационной программы;
- сохранение программы на жёстком диске или ином средстве хранения;
- сравнение коммутационных программ;
- удобная параметризация блоков;
- передача коммутационной программы из LOGO! в ПК и из ПК в LOGO!;
- тестирование в режиме on-line с отображением состояний и текущих значений переменных LOGO! в режиме run, состояний всех цифровых входов и выходов, флагов, битов регистра сдвига и клавиш управления курсором, значений всех аналоговых входов, выходов и флагов, результатов работы всех блоков;
- остановка выполнения коммутационной программы из ПК (STOP).

Пакет может работать под управлением операционных систем Windows 95/98/NT/ME/2000, Linux, MAC OS-X. Готовая программа загружается в контроллер через кабель ПК.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение данной системы управления стендом позволило в кратчайшие сроки организовать контроль герметичности тормозной системы автомобиля ГАЗ-3310 «Валдай». Применение программируемого логического контроллера Siemens LOGO! в системе управления стендом обеспечило заданные технические характеристики стенда и оправдало себя с точки зрения эффективности решения всех поставленных задач.

В рамках VII международной специализированной выставки «Коммерческий автотранспорт-2006» автомобиль ГАЗ-3310 «Валдай» признан победителем в номинации «Лучший отечественный грузовик».

**Авторы — сотрудники ОАО «ГАЗ»  
Телефон: (8312) 90-8917**



Рис. 4. Пульт управления

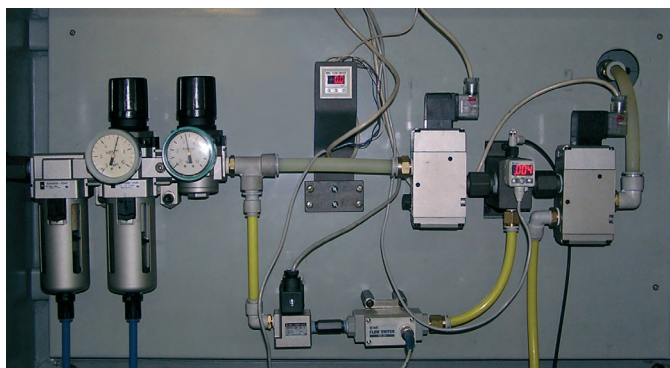


Рис. 5. Пневмооборудование стенда

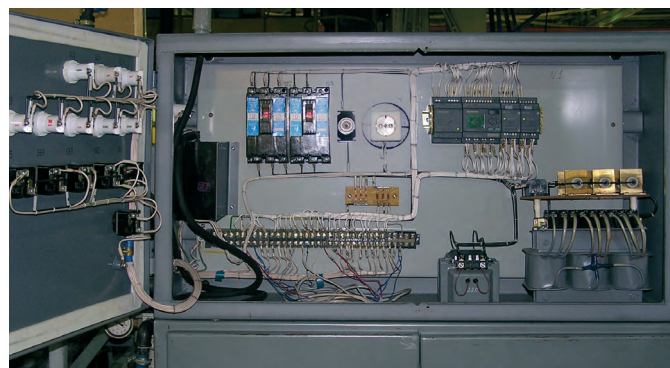
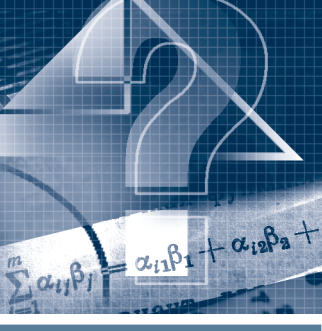


Рис. 6. Электрооборудование стенда





# Программно-аппаратный комплекс для исследования алгоритмов интерполяции траекторий движения многокоординатных электроприводов

Виктор Букреев, Николай Гусев, Михаил Коваленко

В статье рассматривается реализация однокомпьютерного варианта системы числового программного управления, в основе которого лежит оригинальное программное обеспечение под Windows XP, разработанное в среде Delphi 7 по алгоритмам управления следящими электроприводами, полученным авторами статьи в ходе научных исследований.

## Концепции числового программного управления технологическим оборудованием

Разработчики современных систем числового программного управления (ЧПУ) выделяют 5 основных архитектурных вариантов, которые существуют на рынке [1]. Первый вариант — это классические системы CNC (Computer Numerical Control). Такие системы выпускаются фирмами с богатой традицией производства высококачественной собственной микроэлектронной аппаратуры. Однако эти фирмы под влиянием пользователей технологического оборудования, желающих иметь гибкий интерфейс оператора, предлагают модификацию PCNC-1 (Personal Computer Numerical Control) с персональным компьютером в качестве терминала (второй вариант). Следующим шагом в развитии систем с ЧПУ стала реализация двухкомпьютерного варианта PCNC-2 (третий вариант). Несколько позже появились системы PCNC-3, ядро которых реализовано на отдельной плате, устанавливаемой в корпусе промышленного персонального компьютера (четвёртый вариант). С бурным развитием микропроцессорной техники и повышением производитель-

ности микропроцессоров всё большее распространение получает однокомпьютерный (пятый) вариант системы PCNC-4, особенность которого заключается в том, что все задачи управления (геометрическая, логическая, терминальная) решаются программным путём без какой-либо дополнительной аппаратной поддержки.

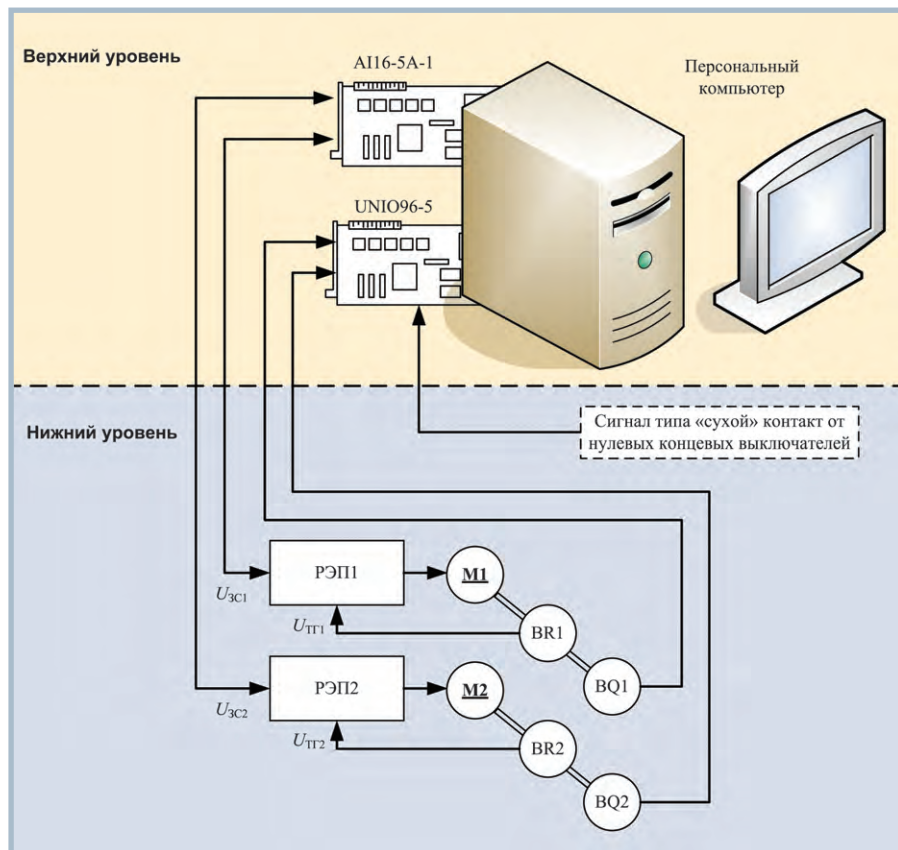
## Требования к программно-аппаратному комплексу

Анализ рынка отечественных разработок систем класса PCNC показал, что подавляющее большинство применяемых сервоконтроллеров обычно выполняется из зарубежных модулей, где законы управления движением прошиты и недоступны пользователю для их модификации. Отечественные же разработки ограничены лишь двумя видами интерполяции — линейной и круговой, а также ставшими уже классическими прямоугольным и трапецеидальным законами разгона/торможения. В ряде случаев, например в установках лазерного раскроя листовых материалов или гравировки, классические законы управления следящими электроприводами не позволяют достичь требуемых динамических

характеристик электромеханических систем — минимальной ошибки отработки заданной траектории движения при максимальном быстродействии и ограничениях на скорость движения и ускорение. Так, при лазерном раскрое определённых материалов ошибки поддержания заданной контурной скорости могут привести к значительному оплавлению кромки материала либо отклонению от заданной глубины резки.

С целью разработки и исследования перспективных алгоритмов управления движением исполнительных электроприводов следящих электромеханических систем сотрудниками кафедры электропривода и электрооборудования Томского политехнического университета был разработан программно-аппаратный комплекс. В основе комплекса лежит программно реализованный сервоконтроллер с открытой архитектурой, то есть доступный любому пользователю для изменения. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи и требования к программно-аппаратному комплексу:

- техническая реализация исследовательского комплекса на основе однокompьютерного варианта системы управления;



Условные обозначения:

РЭП1, РЭП2 — регулируемые электроприводы; М1, М2 — электродвигатели;

BR1, BR2 — тахогенераторы; BQ1, BQ2 — датчики положения;

$U_{ЗС1}$ ,  $U_{ЗС2}$  — управляющие сигналы для РЭП;  $U_{ТГ1}$ ,  $U_{ТГ2}$  — сигналы обратной связи с тахогенераторов.

Рис. 1. Структурная схема системы управления комплексом

- разработка программного обеспечения, реализующего алгоритмы линейной, круговой и сплайн-интерполяции, с возможностью дальнейшей доработки другими пользователями;
- программная реализация алгоритмов следящего контура и сигнальной адаптации к изменению управляющих сигналов;
- обеспечение возможности сопоставления результатов эксперимента и моделирования в среде MatLab;
- минимизация стоимости системы управления.

Дополнительной задачей, возлагаемой на комплекс, является обеспечение возможности проведения лабораторных и практических занятий для некоторых учебных дисциплин электротехнического направления.

### АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА

Исследовательский комплекс имеет двухуровневую структуру (рис. 1). Нижний уровень содержит датчики, исполнительный механизм и регулируемые электроприводы. Верхний уровень реализован на базе персон-

ального компьютера со встроенными модулями ввода-вывода формата MicroPC.

Исполнительным механизмом исследовательского комплекса является двухкоординатный стол (рис. 2) с коэффициентами передачи редукторов  $i$  по осям  $X$  и  $Y$ , равными 12 (шаг винта  $t_v = 6$  мм). Каждую из координат обслуживает свой электродвигатель постоянного тока 1ПИ12. В качестве регулируемых электроприводов (РЭП1, РЭП2) используются тиристорные электроприводы «КЕМЕК» (рис. 3). Электропривод такого типа является типичным представителем быстродействующих широкорегулируемых приводов с однозонным регулированием скорости для механизмов станков и промышленных роботов. Диапазон регулирования скорости электропривода составляет не менее 2000.

Устройство числового программного управления выполнено на базе персонального компьютера и двух модулей MicroPC фирмы Fastwel (рис. 4): модуля UNIO96-5 для ввода-вывода дискретных данных и модуля AI16-5A-1

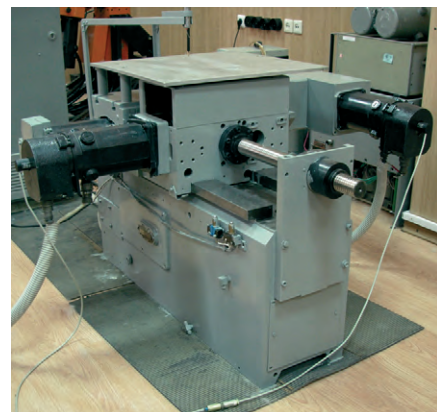


Рис. 2. Двухкоординатный стол

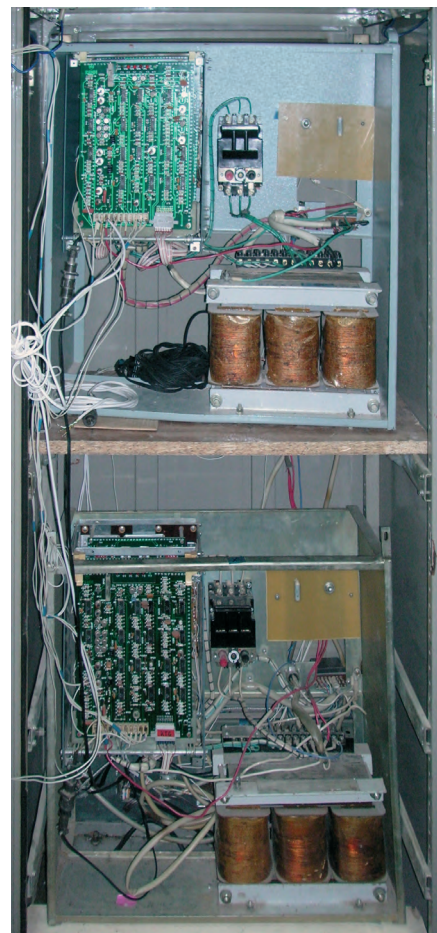


Рис. 3. Стойка с регулируемыми электроприводами «КЕМЕК»



Рис. 4. Рабочее место оператора и устройство числового программного управления, выполненное на базе персонального компьютера с модулями ввода-вывода формата MicroPC



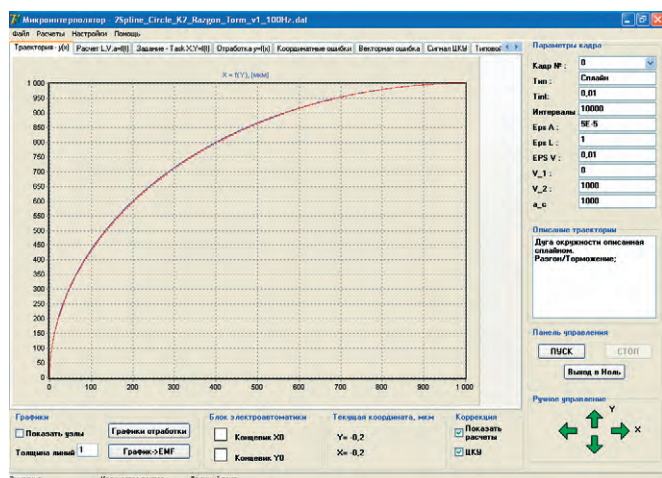


Рис. 5. Интерфейсное окно программы управления следящими электроприводами двухкоординатного стола

для ввода-вывода аналоговой информации.

Выбор модуля АП16-5А-1 обусловлен в первую очередь наличием в комплексе двух аналоговых электроприводов, для управления которыми у данного модуля есть два канала ЦАП, а также возможностью цифрового преобразования в модуле аналоговых сигналов регулируемого электропривода.

Программируемый модуль UNIO96-5 был выбран в силу необходимости вводить и обрабатывать отличающиеся по формату дискретные сигналы от концевых выключателей и двух датчиков положения. Дискретные сигналы от нулевых концевых выключателей двухкоординатного стола представляют собой сигналы типа «сухой» контакт, а выходным сигналом датчика положения является последовательность электрических импульсов прямоугольной формы уровня TTL (в качестве датчиков положения применены преобразователи углового перемещения ЛИР-128А фирмы СКБ ИС с разрешающей способностью 2500 импульсов на оборот; перемещению по каждой оси на 1 мкм с учётом коэффициента передачи механизма соответствует выходная последовательность из 5 импульсов). Применение модуля UNIO96-5 для обработки сигналов датчиков позволяет снизить нагрузку на центральный процессор персонального компьютера. Так, благодаря использованию программируемых логических матриц (FPGA) и технологии ISP задача подсчёта поступающих импульсов и определения направления вращения вала двигателя решается с помощью стандартной прошивки

«Х32», реализующей на базе FPGA модуля два 32-разрядных счётчика импульсов энкодера. Аналогично с использованием стандартной прошивки «N04», реализующей формирователь прерываний по событиям с программируемым антидребезгом по 24 каналам, осуществляется обработка дискретных сигналов от концевых выключателей.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение верхнего уровня разработано в среде Delphi 7 и работает под управлением операционной системы Windows XP. Представление об интерфейсе пользователя разработанной программы даёт рис. 5.

Функциональные возможности программного обеспечения верхнего уровня:

- создание библиотеки траекторий заданного движения электроприводов;
- сохранение и отображение результатов эксперимента (массивов заданий и отработки по положению, скоростей, координатных, контурных и векторных ошибок, сигналов цифровой коррекции);
- скачкообразное и линейное изменение управляющего воздействия в режиме типовых экспериментов (рис. 6);
- перемещение в пределах рабочей зоны с помощью кнопок управления в режиме ручного управления;
- отображение состояния концевых выключателей и текущей координаты;
- исследование влияния параметров цифрового контура положения (коэффициентов регуляторов положения по обеим осям, частот квантования по времени и по уровню в конту-

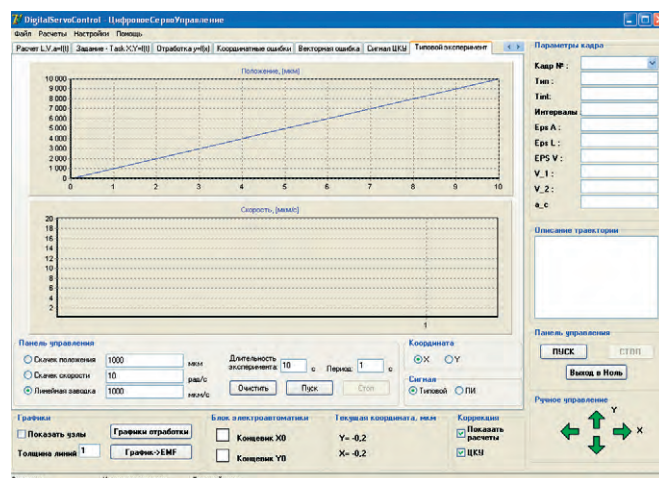


Рис. 6. Интерфейсное окно программы управления в режиме типовых экспериментов

ре положения, коэффициентов цифрового корректирующего устройства) на координатные и контурные ошибки системы;

- автонастройка и изменение адресного пространства ввода-вывода модулей АП16-5А-1 и UNIO96-5.

Основным недостатком программного обеспечения, функционирующего под управлением многозадачной операционной системы Windows XP, является отсутствие гарантированного срабатывания программы в заданный момент времени [2]. Поэтому систему управления, использующую такое программное обеспечение, можно с натяжкой назвать лишь системой «мягкого» реального времени, то есть системой, иногда допускающей запаздывание реакции на какое-либо внешнее воздействие.

С учётом описанных особенностей аппаратной реализации комплекса предложен алгоритм главного цикла программы управления экспериментальной установкой (рис. 7). Для обеспечения своевременного формирования задания на РЭП приоритет запущенной программы повышен до уровня Real-Time. Однако нужно помнить, что установка приоритета реального времени в среде Windows XP не гарантирует своевременного расчёта значений сигнала задания, поэтому предлагается программно перераспределить вычислительные ресурсы между процессами расчёта интерполяционного полинома и расчёта значений сигнала цифрового корректирующего устройства (ЦКУ). Таким образом, расчёт задания для электроприводов ведётся с опережением и занимает всё доступное процессорное время, кроме случая обработки пре-

рываний таймера и электроавтоматики.

В соответствии с рекомендациями компании Microsoft было решено отказаться от стандартных таймеров Delphi и перейти к непосредственному использованию мультимедийного таймера [3]. Такой подход существенно повышает вероятность своевременной выдачи управляющего сигнала на регулируемые электроприводы. Оценка работы мультимедийного и программного таймера Delphi с приоритетом Real-Time приведена в табл. 1. Полученные результаты отражают тот факт, что даже с установленным высоким приоритетом программный таймер не обеспечивает заданное количество срабатываний таймера за отведённый промежуток времени. Некорректное срабатывание таймера, в конечном счёте, приводит к запаздыванию при формировании задания для регулируемых электроприводов, что обуславливает возникновение рывков скорости и ударов в механической части системы. В результате возможно искажение траектории движения многокоординатного электропривода и снижение качества обрабатываемого изделия.

Экспериментально установлено, что для частоты квантования в контуре положения в пределах до 200 Гц работа мультимедийного таймера позволяет гарантированно выдавать задание на регулируемые электроприводы с заданной полосой пропускания. Применение частот квантования в контуре положения свыше 200 Гц в программно-аппаратных системах управления данной архитектуры является неоправданным вследствие значительного влияния на работу таймера таких процессов, как навигация в меню программного обеспечения и вызов других программ.

Пример работы с мультимедийным таймером и системой приоритетов в Delphi:

```
hProcess:=GetCurrentProcess;
SetPriorityClass(hProcess, REAL-
TIME_PRIORITY_CLASS);
MMTimer1:=timeSetEvent(Delay, Res,
@TimerCall, 100, TIME_PERIODIC);
timeKillEvent(MMTimer1);
```

Оператор в первой строке позволяет получить доступ к запущенному процессу. Оператор во второй строке, в свою очередь, устанавливает указанному процессу приоритет реального времени. В третьей строке показан

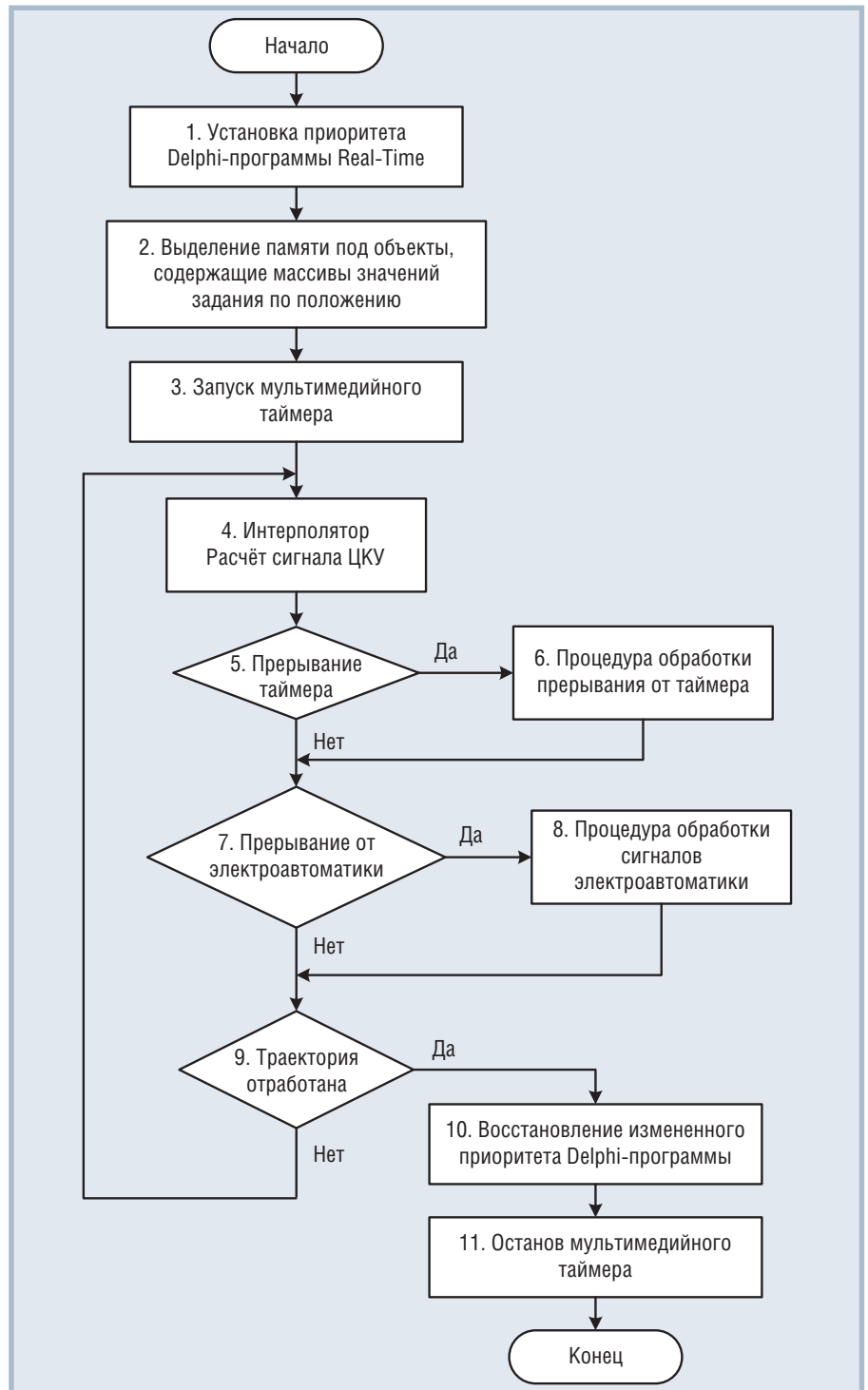


Рис. 7. Блок-схема алгоритма главного цикла программы управления экспериментальной установкой

Таблица 1

Оценка работы мультимедийного и программного таймера Delphi с приоритетом Real-Time

| Период таймера, мс | Интервал измерения, мс | Количество срабатываний таймера |                       |
|--------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|                    |                        | Программный таймер              | Мультимедийный таймер |
| 100                | 1000                   | 9                               | 10                    |
| 50                 |                        | 15                              | 20                    |
| 10                 |                        | 62                              | 99                    |
| 5                  |                        | 63                              | 199                   |
| 100                | 10000                  | 91                              | 100                   |
| 50                 |                        | 160                             | 200                   |
| 10                 |                        | 632                             | 1000                  |
| 5                  |                        | 635                             | 2000                  |



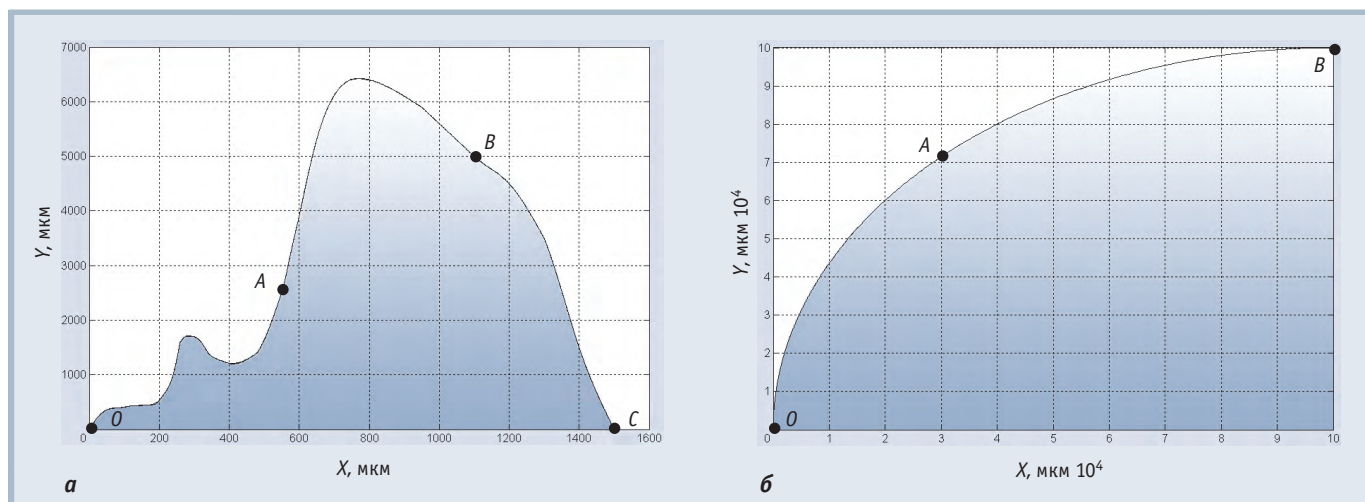


Рис. 8. Примеры графиков заданной и отработанной траекторий на плоскости  $XY$  (в обоих примерах –  $a$  и  $b$  – заданная и отработанная траектории практически совпадают)

пример вызова функции инициализации мультимедийного таймера. Основными параметрами являются Delay – период срабатывания таймера [мс], Res – разрешающая способность таймера [мс], TIME\_PERIODIC – параметр, указывающий, что срабатывание таймера будут происходить с периодом Delay до тех пор, пока таймер не будет остановлен.

### АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В основе программного обеспечения комплекса используются разработанные авторами статьи алгоритмы кубической сплайн-интерполяции, управления положением многокоординатного электропривода и сигнальной адаптации следящих систем.

В общем виде кубическим сплайном, интерполирующим на отрезке  $[a, b]$  данную функцию  $f(x)$ , называется функция вида:

$$g(x) = g_k(x) = a_k + b_k(x - x_k) + c_k(x - x_k)^2 + d_k(x - x_k)^3$$

при  $x \in [x_{k-1}, x_k]$ ,  $k = 1 \dots n$ , (1)

удовлетворяющая совокупности следующих условий:

- $g(x_k) = f_k$  (условие интерполяции в узлах сплайна);
- $g(x) \in C^2[a, b]$  (двойная непрерывная дифференцируемость);
- $g''(a) = g''(b) = 0$  (краевые условия).

Для расчёта коэффициентов  $a_k, b_k, c_k, d_k$  и построения такого сплайна существует несколько методов, например метод прогонки. Существенными недостатками подобных методов являются

существенное время расчёта вследствие наличия двух циклов прогонки (прямого и обратного), а также громоздкость вычислительного алгоритма. С целью снижения требований к вычислительным устройствам авторами предложен алгоритм расчёта коэффициентов, который не требует наличия двух циклов прогонки. Отличительной особенностью предлагаемого алгоритма является то, что для уменьшения времени нахождения коэффициентов исходная последовательность точек  $x_n$  разбивается на интервалы, содержащие по четыре точки. Для каждого из этих интервалов определяются непосредственные значения коэффициентов через выражения, аналитически выведенные для каждого коэффициента. Выражения для расчёта коэффициентов и блок-схема алгоритма построения сплайн-функции приведены в работе [4].

Примеры отработки траекторий движения, представленных сплайном, показаны на рис. 8. График отработанной траектории движения на плоскости  $XY$  построен по информации, полученной от дискретных датчиков положения. Частота дискретизации данных положения вала двигателя по времени равна 100 Гц. В первом случае (рис. 8 а) траектория была сформирована тремя сплайнами. На начальном участке траектории  $OA$  производится разгон по параболическому закону изменения ускорения во времени. По окончании разгона оставшийся участок  $OA$  траектории отрабатывается с постоянной заданной контурной скоростью. Следующий участок траектории –  $AB$  также отрабатывается с заданной постоянной контурной скоростью. На участке  $BC$

происходит торможение до заданной контурной скорости. Момент начала торможения спрогнозирован алгоритмом управления скоростью на участках разгона/торможения. Во втором случае (рис. 8 б) траектория была задана двумя сплайнами. Первый участок траектории, обозначенный точками  $OA$ , содержит два интервала – разгон и движение с постоянной контурной скоростью. Второй участок –  $AB$  содержит также два интервала: интервал движения с постоянной контурной скоростью и интервал торможения по параболическому закону изменения ускорения во времени.

Ключевым моментом в описанных примерах отработки траекторий движения является проверка не только работоспособности алгоритмов интерполяции, но и моментов стыковки различных участков разгона/торможения и перехода с одной контурной скорости на другую (точки  $O, A, B, C$ ). В отличие от классических алгоритмов, формирующих законы разгона/торможения, где присутствуют скачки скорости, неизбежно приводящие к искажению траектории движения, в данном случае контурные ошибки уменьшаются на 12,5%.

С целью повышения плавности движения исполнительного механизма в динамических режимах, обусловленных участками разгона или торможения, предложен алгоритм управления контурной скоростью движения, который учитывает ограничение рывка на интервалах разгона/торможения, как показано на рис. 9. Вопросам формирования диаграмм управляющего воздействия в следящем электроприводе (ЭП) посвящено много работ. В

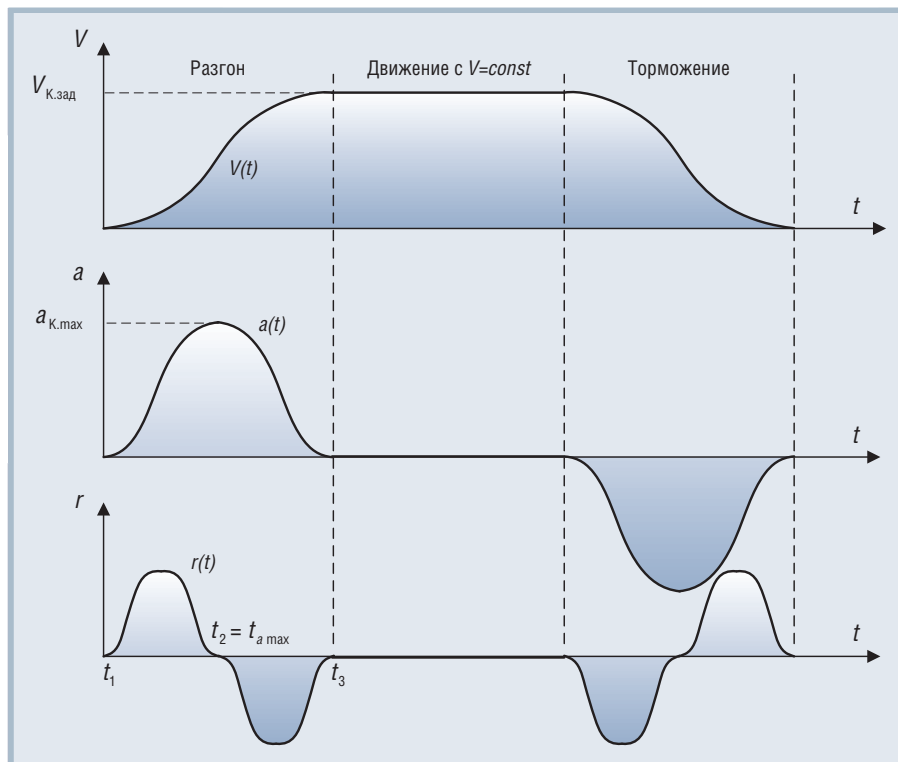
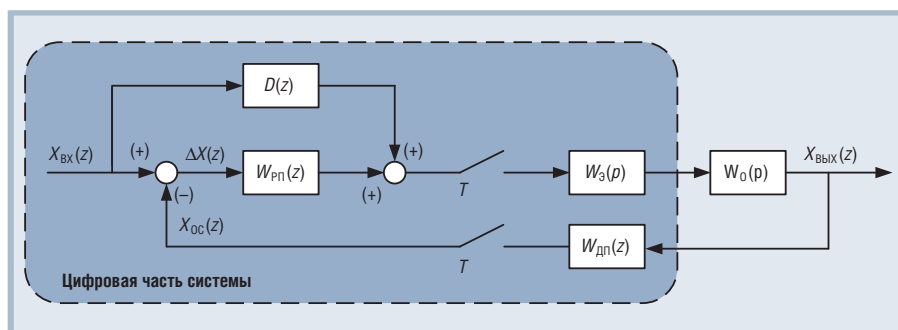


Рис. 9. Кривые изменения контурной скорости ( $V$ ), ускорения ( $a$ ) и рывка ( $r$ ) во времени при разгоне, движении с постоянной скоростью и торможении



Условные обозначения:

$W_{дп}(z)$  — единичная передаточная функция датчика положения;  
 $W_{рп}(z)$  — передаточная функция регулятора положения;  
 $D(z)$  — ЦКУ;  
 $W_з(p)$  — экстраполятор нулевого порядка;  
 $W_0(p)$  — передаточная функция непрерывной части системы.

Рис. 10. Структурная схема следящего электропривода с комбинированным управлением

частности, в одной из работ Сабина Ю.А. [5], посвящённой формированию задающего воздействия, проводится сравнительная оценка треугольной, параболической, кубической и косинусоидальной диаграммы скорости электропривода. Критерием оптимальности, определяющим качество работы следящей системы, принимается отсутствие резких изменений ускорения ЭП, которые неизбежно приводят к появлению упругих колебаний в механической части системы. Авторами было установлено, что выбранным критерием, помимо диаграмм с линейным нарастанием ускорения удовлетворяют параболическая диа-

грамма ускорения, вариант в виде суммы кубической и квадратичной зависимости и вариант косинусоидальной диаграммы. С практической точки зрения представляет интерес реализация подобных алгоритмов не только в системах класса PCNC, но и в классических CNC, поскольку в отечественных разработках до сих пор отдаётся приоритет трапецеидальным диаграммам скорости при разгоне/торможении.

Программно реализованный алгоритм сигнальной адаптации представляет собой цифровое корректирующее устройство задающих сигналов для следящего электропривода. Уп-

рощённая структурная схема следящего электропривода с ЦКУ приведена на рис. 10. Введение ЦКУ позволяет обеспечить сигнальную адаптацию с вычислением первой, второй и третьей производных задающего воздействия. Такой электропривод является комбинированной следящей системой, обеспечивающей инвариантность относительно задающего воздействия третьего порядка. Дискретная передаточная функция ЦКУ имеет вид:

$$D(z) = \alpha_1 \cdot (1 - z^{-1}) + \alpha_2 \cdot (1 - z^{-1})^2 + \alpha_3 \cdot (1 - z^{-1})^3. \quad (2)$$

Здесь  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  — коэффициенты ЦКУ, определяемые по выражениям (4) из условия абсолютной инвариантности следящего электропривода относительно задающего воздействия:

$$C_0 = C_1 = C_2 = C_3 = 0, \quad (3)$$

где  $C_0, C_1, C_2, C_3$  — коэффициенты установившейся ошибки по положению, скорости, ускорению и рывку в дискретные моменты времени.

$$\begin{cases} \alpha_1 = \frac{1}{K_H \cdot T}; \\ \alpha_2 = \frac{1 - A \cdot \alpha_1}{K_H \cdot T}; \\ \alpha_3 = \frac{1 - A \cdot [\alpha_1 + \alpha_2]}{B \cdot T} - \frac{2K_H \cdot (8a \cdot b^2 + M1) \alpha_1}{2B \cdot T \cdot N1 \cdot T_0^2 \cdot (-2e^{-aT} \cdot \cos(B \cdot T) + e^{-2aT})}, \end{cases} \quad (4)$$

где  $T$  — период дискретизации в цифровом контуре положения;  $K_H = K_M/K_C$  — коэффициент передачи непрерывной части системы;  $K_M$  — коэффициент передачи механизма;  $K_C$  — коэффициент обратной связи по скорости;  $T_0 = \sqrt{T_{PC} \cdot T_1}$ ;  $T_{PC}$  — постоянная времени интегрирования ПИ-регулятора скорости;  $T_1$  — постоянная времени входного фильтра контура скорости, оптимизирующего реакцию системы на входное воздействие;  $a, b$  — вещественная и мнимая части комплексно-сопряжённых корней характеристического уравнения, полученного при преобразовании передаточной функции объекта управления из непрерывной области в  $Z$ -область;  $A, B, M1, N1$  — полиномы, полученные в результате преобразования передаточной функции системы по ошибке.



Экспериментальные данные, подтверждающие эффективность введения цифровой коррекции в контур положения

| Порядок ЦКУ | Максимальная скоростная ошибка по оси X |                   | Максимальная координатная ошибка |
|-------------|-----------------------------------------|-------------------|----------------------------------|
|             | Разгон                                  | Торможение        |                                  |
| —           | 42 мкм/с (100%)                         | –41 мкм/с (100%)  | 30 мкм (100%)                    |
| 1           | 19 мкм/с (45,2%)                        | –21 мкм/с (51,2%) | 9,8 мкм (32,6%)                  |
| 2           | 16 мкм/с (38%)                          | –19 мкм/с (46,3%) | 9,5 мкм (31,6%)                  |
| 3           | 15 мкм/с (35,7%)                        | –16 мкм/с (39%)   | 9,3 мкм (31%)                    |

Из выражений (2-4) видно, что коэффициенты ЦКУ зависят от частоты квантования в контуре положения, коэффициента регулятора положения и параметров регулируемого электропривода, но в то же время они не зависят от типа интерполятора.

Пример отработки прямолинейной траектории движения по оси X, описанной сплайном с предложенным алгоритмом разгона/торможения и ЦКУ 3-го порядка в контуре положения, приведён на рис. 11. Верхний график показывает изменение во времени сигнала задания по координате X, а также сигнал обратной связи от датчика положения. Отсутствие перерегулирования по положению в сигнале обратной связи свидетельствует о правильно настроенном регуляторе положения и своевременно сформированном задании для электропривода. Средний график отражает изменение во времени заданной и отработанной координатной скорости регулируемым электроприводом по оси X. Нижний график показывает изменение координатной ошибки во времени. В данном случае мы видим, что максимальная координатная ошибка не превышает 9,3 мкм. В отсутствие

же ЦКУ в контуре положения график изменения координатной ошибки имеет такой же вид, пропорциональный графику изменения координатной ошибки, с той лишь разницей, что максимальная величина координатной ошибки составляет 30 мкм. Полученные результаты эксперимента, свидетельствующие об эффективности введения цифровой коррекции в контур положения, сведены в табл. 2.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментально установлено, что разработанное программное обеспечение, функционирующее под управлением многозадачной операционной системы Windows XP, может быть использовано для управления следящи-

ми электроприводами с частотой квантования в контуре положения до 200 Гц и точностью позиционирования 1 мкм. В качестве исполнительных электроприводов могут быть применены не только электроприводы постоянного тока, но и электроприводы с шаговыми и бесконтактными двигателями. При необходимости управления электроприводами с цифровым интерфейсом связи или внешними контроллерами электроавтоматики представленный в статье программно-аппаратный комплекс может быть оснащён соответствующими интерфейсами связи без изменения базовых алгоритмов управления.

Исследования показали эффективность предложенных алгоритмов

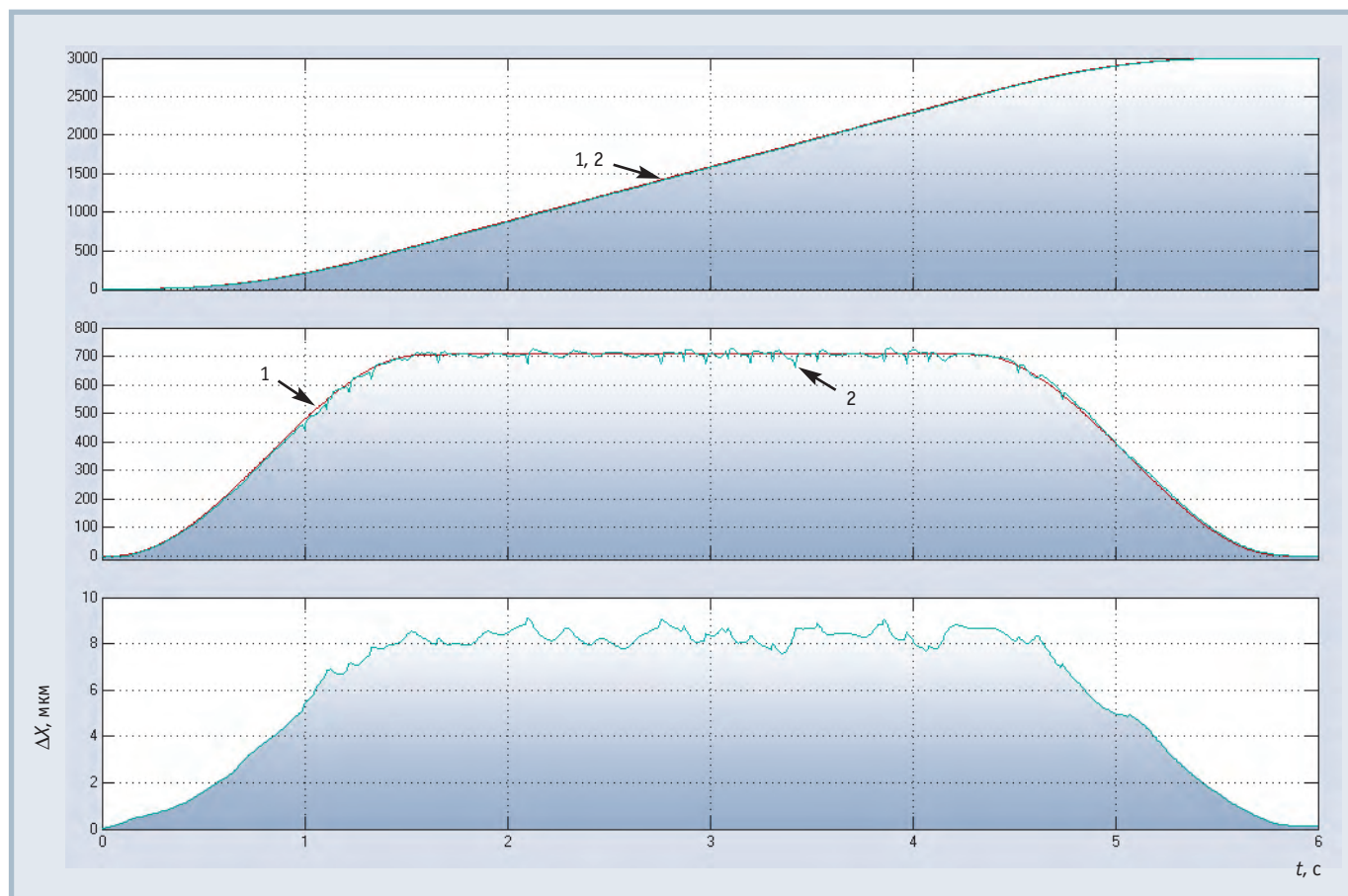


Рис. 11. Пример отработки прямолинейной траектории движения по оси X при наличии цифровой коррекции:

1 — заданная траектория; 2 — отработанная траектория;  $\Delta X$  — координатная ошибка;  $V_{x3}$ ,  $V_{x0}$  — заданная и отработанная координатная скорость;  $X_3$ ,  $X_0$  — заданное и отработанное перемещение

управления движением. В частности, по сравнению с алгоритмом разгона/торможения с трапецеидальной диаграммой скорости предложенный алгоритм разгона/торможения позволил снизить упругие колебания в механической части системы, а также скачки скорости на участках стыковки интервалов разгона/торможения на 12,5% при одинаковой геометрии траектории движения.

Введение цифровой коррекции в контур положения позволило значительно снизить скоростную, координатную и контурную ошибки. Динамику изменений регулируемых величин при введении ЦКУ отражает табл. 2. Наибольший эффект при использовании цифровой коррекции даёт ЦКУ третьего порядка. Это позволяет уменьшить координатную ошибку на 69%, а скоростную ошибку на этапе разгона — на 64,3%. Введение ЦКУ второго порядка позволяет уменьшить координатную ошибку на 68,4%, а скоростную — на 62%. В свою очередь, введение ЦКУ первого порядка позволяет снизить координатную ошибку на 67,4%, а скоростную — на 54,8%. В общем случае эффект от

использования цифровой коррекции задающих сигналов определяется заданной контурной скоростью и ускорением, а также геометрией траектории движения.

В настоящее время разработанный комплекс используется на кафедре электропривода и электрооборудования Томского политехнического университета в учебном процессе при проведении лабораторных занятий по курсам «Комплексная автоматизация технологических процессов» и «Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов».

Дальнейшее развитие данного комплекса связывается с его внедрением в системы управления лазерным раскроем листовых материалов и лазерной гравировки.

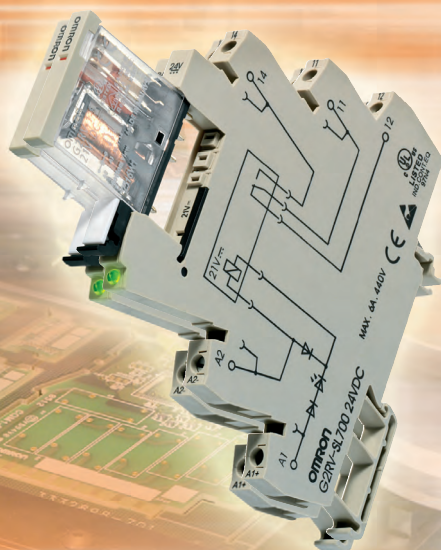
Основными конкурентными преимуществами комплекса являются полная открытость программного кода системы управления для модификации конечным пользователем, простота технической реализации системы управления и дальнейшего усовершенствования, отсутствие потребности в значительных капиталовложениях. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Концепция числового программного управления мехатронными системами: анализ современного мирового уровня архитектурных решений в области ЧПУ // Мехатроника, автоматизация, управление. 2002. № 7. С. 11-17.
2. Сорокин С. Системы реального времени // Современные технологии автоматизации. 1997. № 2. С. 22-29.
3. Джордейн Р. Справочник программиста персональных компьютеров типа IBM PC, XT и AT: Пер. с англ. Предисл. Н.В. Гайского. — М.: Финансы и статистика, 1992. — 544 с.
4. Букреев В.Г., Гусев Н.В. Обзор методов интерполяции дискретных траекторий движения электромеханических систем // Деп. в ВИНТИ 28.01.03, № 166-B2003. 2003. С. 1-31.
5. Денисова А.В., Сабинин Ю.А. Формирование задающих воздействий в позиционном электроприводе // Электротехника. 2002. № 9. С. 21-28.

**Авторы —**  
сотрудники Томского  
политехнического университета  
Телефон: (3822) 56-3759

## Надёжное тонкое съёмное реле для задач промышленной автоматизации



### 6 мм реле G2RV экономят больше пространства при тех же возможностях

Благодаря выводам повышенной жесткости, гарантирующим устойчивость соединения, новые съёмные реле G2RV компании Omron полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к оборудованию для работы в тяжелых условиях. Более того, реле шириной 6 мм обеспечивает значительную экономию пространства при той же надежности.

Колodka вместе с реле разработана как единый продукт, обеспечивающий как удобство маркировки, так и соединения с помощью безвинтовых клемм. Несмотря на свои компактные размеры, по своей функциональности реле G2RV не уступает промышленным реле и наравне с ними обладает механическим индикатором, прозрачным корпусом и возможностью коммутации цепей до 6 А, 400 В переменного тока.

Тонкое реле G2RV — идеальный выбор для промышленных применений.

# OMRON

# ProSOFT®

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

#92

Реклама





# Автоматизированная система управления подводным рыбоводным садком

Андрей Быкадоров, Дмитрий Ерёмин

Морское садковое выращивание товарной рыбы является одним из наиболее перспективных направлений рыбоводства в мире. Для автоматизации этого процесса компанией «Антрел» по заказу ООО «Экофиш» был разработан и внедрён программируемый контроллер подводного автономного рыбоводного садка (ПК ПАРС).

Прибрежная зона российского берега Чёрного моря (шириной от 0,2 до 20 километров с кромкой материкового шельфа глубиной до 100 м) благоприятна для морского садкового рыбоводства. Скорость роста форели в море до шести раз выше, чем в холодной пресной воде береговых хозяйств.

Объектами товарного рыбоводства в данной зоне могут служить радужная форель или стальноголовый лосось, черноморский лосось, осетровые и камбаловые породы.

Очень высок темп роста черноморского лосося. Если высаживать в садки рыбу навеской 160 г (темп роста которой составляет 0,94% в сутки), особи первого нереста со средней длиной 61 см могут достигать массы 2,7 кг.

Нужно учесть океанографические условия: высокую поверхностную температуру воды (до 30°C) и штормовые условия (волны до 5-8 м высотой). Поэтому для круглогодичного разведения

рыбы лучше применять подводную технологию рыбоводства. В рамках этой технологии стало возможным разработать такой садок, чтобы процесс выращивания проводился на наиболее комфортной глубине для данного вида рыб (в зоне физиологического оптимума).

Для лососёвых рыб наиболее подходящей является зона с температурами в диапазоне 18-21°C, которая на шельфе Чёрного моря находится на глубине 10-25 м в тёплое время года.

В итоге можно отметить ряд существенных преимуществ подводной технологии выращивания.

1. Она позволяет обеспечить полную сохранность рыбы и садков при самых жёстких штормах.
2. Кормление может проводиться независимо от метеоусловий (даже во время шторма).
3. Рыбоводные фермы могут быть выдвинуты в открытое море (в зону

наилучшей промываемости акваторий).

4. Возможны регулировка положения садка по глубине и его перемещение в зону оптимальных для данного вида рыбы температур.
5. Решается проблема поверхностного загрязнения садков.
6. Значительно снижается уровень загрязнения от рыбоводной фермы в прибрежной зоне.

## ОПИСАНИЕ АВТОНОМНОГО САДКА

В подводном автономном рыбоводном садке ПАРС-2500 с объёмом сетной камеры 2500 м<sup>3</sup> можно вырастить до 70-100 тонн товарной рыбы.

Садок состоит из верхней и нижней шестиугольных рам с регулируемой плавучестью. Рамы изготовлены из стальных труб, между которыми закрепляется сетная камера (рис. 1) В центре верхней рамы расположен прочный корпус кессонного типа, где смонтированы системы управления садком и кормораздатчик с бункером для корма.

В подводном положении ПАРС выдерживает шторм со скоростью течения до 2 м/с. В надводном положении садок обслуживается при волнении моря до 3 баллов. При глубине акватории до 50 м ПАРС удерживают на грунте три гравитационных якоря, которые расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной около 100 м. Бункер, вмещающий 2 тонны гранулированного корма, обеспечивает автономность садка до 25 суток, в зависимости от веса рыб.



Рис. 1. ПАРС-2500 готов к спуску на воду

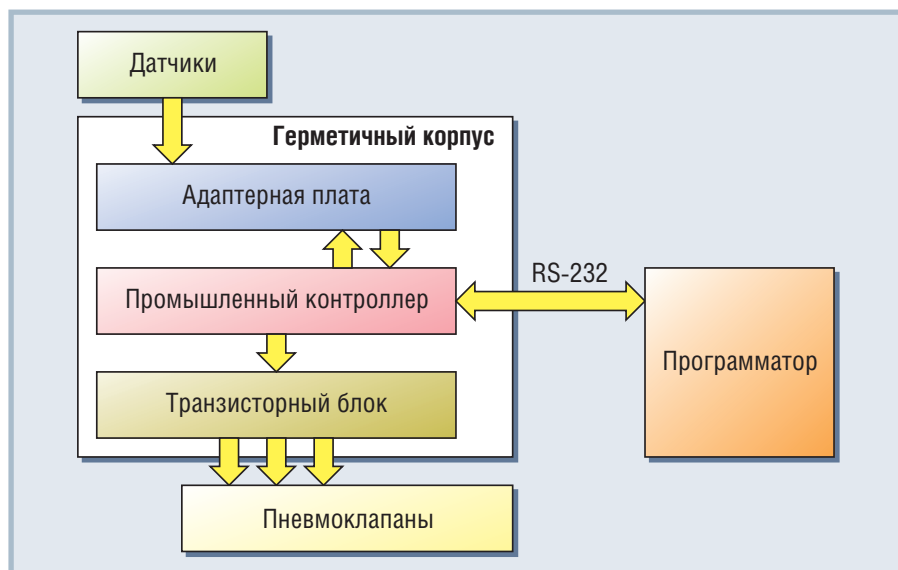


Рис. 2. Структурная схема оборудования рыбоводного садка ПАРС-2500

Структурная схема оборудования рыбоводного садка ПАРС-2500 представлена на рис. 2.

Системами кормления, всплытия и погружения управляет контроллер. Связь с контроллером для управления садком с берега осуществляется через SMS-модем, установленный на бую. Программа позволяет ввести время кормления, обеспечивает точную дозировку и частоту подачи корма, что сокращает расходы на питание, уменьшает количество отходов.

С целью экономии заряда бортовой аккумуляторной батареи питание платы микроконтроллера отключается в интервалах между кормлениями, но может быть включено при поступлении соответствующей SMS-команды или сигнала аварийной ситуации.

### Возможности системы управления

Бортовая система управления в базовом варианте включает:

- водонепроницаемый блок контроллера (рис. 3), который состоит из одноплатного микроконтроллера, платы управления питанием и адаптеров сигналов, модулей силовых транзисторов;
- аккумулятор для автономного питания;
- SMS-модем;
- аналого-цифровой термодатчик;
- дискретные датчики уровня воды;
- пневмоавтоматику.

Для управления ПАРС извне используются:

- сотовые телефоны (для SMS-сообщений и команд);
- радиопульт для передачи команды погружения;

- сервисный контроллер-программатор.

ПК ПАРС устанавливается внутри центрального корпуса садка и предназначен для выполнения следующих функций:

- управление погружением и всплытием рыбоводного садка;
- автоматическое кормление рыбы по заданному оператором режиму;
- измерение параметров водной среды (температура, скорость течения);
- проведение дополнительных измерений (натяжение крепёжных тросов при помощи тензометрических датчиков, напряжение аккумулятора, приём данных с аппаратуры определения размеров рыб и др.);
- формирование телеметрической информации (передаваемой посредством SMS-модема).

В качестве процессорной платы выбран традиционный для морских применений микроконтроллер типа 5083 фирмы Octagon Systems, с расширенным набором COM-портов, аналоговых и дискретных сигналов ввода-вывода, встроенным языком программирования и с относительно невысоким энергопотреблением. Приём дискретных сигналов от внешних датчиков организован через преобразователи уровня на специальной адаптерной плате, включающей также энергонезависимый таймер и преобразователь

питания 12/5 В постоянного тока, а подача управляющих токов в соленоиды пневмоклапанов в системах кормления, всплытия, погружения — через внешние транзисторные ключи на дискретных выходах ПК. Установка внешнего таймера, включающего питание платы микроконтроллера перед следующим кормлением и сбор информации с термодатчика, осуществляется последовательным кодом посредством интерфейса I<sup>2</sup>C.

Напряжение питания системы может изменяться в пределах от 10 до 14 В в зависимости от степени зарядки аккумуляторной батареи. Питание платы микроконтроллера (+5 В) обеспечивается импульсным преобразователем напряжения.

Для облегчения проведения работ по ремонту системы управления в открытом море контроллер выполнен в лёгком и компактном пластиковом водонепроницаемом корпусе фирмы Vorla с герметичными разъёмами, что максимально упрощает его транспортировку и монтаж, а также предохраняет от случайного попадания морской воды на электронные платы. Доступ к контроллеру осуществляется через ремонтный люк в центральном корпусе, когда последний находится в надводном положении. Если ремонт заключается в замене выходных транзисторов в цепях управления пневмоклапанами, можно, не извлекая контроллер, снять его крышку и заменить модуль с неисправным транзистором. Для этого управляющие транзисторы встроены в съёмные модульные корпуса фирмы WAGO.



Рис. 3. Программируемый контроллер в водонепроницаемом корпусе



ПК осуществляет управление кормлением рыбы разных видов в соответствии с таблицей режимов питания, заданной производителем корма. Таблица представляет собой зависимость суточной нормы корма (в кг или %) на 100 кг рыбы от температуры воды. Пользователь может изменять таблицы режимов кормления с помощью программатора, соединяемого с контроллером по каналу RS-232 во время обслуживания.

С помощью программатора в контроллер вводятся следующие параметры:

- биомасса рыбы в садке;
- вес и размер рыбы;
- кормовой коэффициент (коэффициент усвоения корма);
- морской коэффициент (характеристики воды);
- процент от дневной нормы на каждое кормление;
- общее количество корма, загруженного в бункер;
- часы кормления;
- таблица зависимости количества необходимого корма от температуры воды.

По окончании каждой фазы кормления контроллер отправляет сообщение оператору посредством SMS-модема.

**Программатор** предназначен для внесения параметров в контроллер садка, изменения текущих данных и отображения телеметрических параметров (напряжения батареи, температуры во-

ды и др.), а также замены прикладного ПО ПК ПАРС (рис. 4).

Питание программатора (напряжением от 10 до 30 В постоянного тока) осуществляется от внешнего источника при подключении его к герметичному разъему снаружи центрального корпуса садка либо к блоку питания персонального компьютера. За первые 5 секунд происходит установление режима обмена информацией. После этого загружается меню. Данные, задаваемые в ПК ПАРС, можно подготовить заранее на персональном компьютере или ввести, используя клавиатуру программатора.

В один программатор можно загрузить данные для большого количества ПК, а значит, обслужить с его помощью все требуемые садки за один выход в море.

**SMS-модем** с помощью приёма/передачи сообщений осуществляет:

- информирование пользователя об авариях (затекание, пониженное напряжение в бортовой сети и т.д.) и прохождении процесса кормления;
- передачу на контроллер команд «Всплытие», «Тензометрия».

Приём и передача SMS-сообщений со стороны оператора осуществляется с помощью обычного сотового телефона. Для обеспечения безопасности в отправляемые сообщения добавляется пароль, индивидуальный для каждого SMS-модема.

**Радиопульт** используется для управления процессом всплытия/погружения садка в надводном состоянии.

**Термодатчик** измеряет температуру воды перед кормлением для расчёта нужного количества корма.

## Функционирование ПК ПАРС

Для наглядности рассмотрим на примере рабочий цикл садка.

Отправляется SMS-сообщение «Всплытие», модем принимает его и включает контроллер, который с помощью пневматических клапанов продувает балластные цистерны. Когда садок оказывается на поверхности, всплытие автоматически завершается, после чего оператором, подплывшим на моторной лодке, производится техническое обслуживание садка (засыпка корма, смена батареи, закачка воздуха).

Далее подсоединяется программатор, посредством которого корректируются количество корма, биомасса рыбы, график кормления и т.д. Погружение садка осуществляется по коман-

де радиопульта. Когда погружение закончено (завершается автоматически), ПК выставляет на таймере следующее время и обесточивается.

Включение таймера «пробуждает» контроллер, который измеряет температуру, вычисляет нужное количество корма для данного веса рыбы. В процессе кормления с помощью датчиков отслеживается выполнение всех операций (открытие/закрытие нижнего люка, сброс корма и др.). В случае неисправности вырабатывается SMS-сообщение «Авария». После кормления ПК снова «взводит» таймер на следующее кормление и отключается. О последнем кормлении ежедневно оповещает SMS «Кормление прошло».

При получении SMS-сообщения «Тензометрия» ПК активируется, в течение трёх минут выполняет измерения с тензодатчиков, после чего отключается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время подводный автономный рыболовный садок находится в опытной эксплуатации, в ходе которой добавляются новые функции автоматизированной системы управления и происходит обучение операторов обслуживания.

Внедрение ПК ПАРС позволило существенно повысить гибкость настройки системы и добавить новые функции:

- возможность ввода таблицы коэффициентов кормления произвольной размерности;
- тензометрия;
- самодиагностика (по данным встроенных датчиков);
- надёжная система энергосбережения;
- возможность дистанционного управления (SMS);
- возможность изменения алгоритмов управления путем модификации ПО контроллера.

В результате использования ПК ПАРС значительно сократились трудозатраты на обслуживание садков в открытом море и повысилась возможность точной настройки управления процессом выращивания рыбы. Это позволит продуктивно выращивать разные виды рыб в широком диапазоне климатических условий. ●

**Авторы — сотрудники группы компаний «Антрел»**  
**Телефон/факс: (495) 775-1721**



Рис. 4. Портативный контроллер, используемый в качестве программатора

# Проверено железными дорогами



Пружинные клеммы  
**WAGO CAGE CLAMP®**  
работают на  
железнодорожном  
транспорте с 1978 г.:  
• при сильной вибрации,  
• в диапазоне  
температур  
от -40 до +55°C

**ОТКАЗОВ  
НЕ ЗАФИКСИРОВАНО**

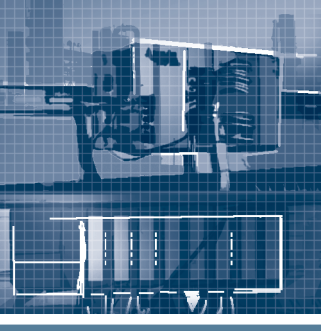
**Пружинные клеммы  
WAGO CAGE CLAMP®**



**МОСКВА** Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**С.-ПЕТЕРБУРГ** Телефон: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**ЕКАТЕРИНБУРГ** Телефон: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru  
**САМАРА** Телефон: (846) 277-9165 • Факс: (846) 277-9166 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
**НОВОСИБИРСК** Телефон: (383) 202-0960, 335-7001, 335-7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

**ProSoft®**





# Fastwel I/O изнутри

Александр Локотков

В статье рассматриваются внутреннее устройство и принципы функционирования основных составных частей аппаратно-программного комплекса Fastwel I/O, предназначенного для создания автоматизированных систем сбора данных и управления. Представлены подходы к проектированию и детально описаны межмодульная внутренняя шина FBUS, адаптированная среда исполнения прикладных программ CoDeSys, сервисы сетевых протоколов и особенности взаимодействия составных частей комплекса друг с другом.

## Часть 1

### О ЧЁМ ПОЙДЕТ РЕЧЬ

В данной статье рассказывается об аппаратно-программном комплексе Fastwel I/O — относительно новом семействе продукции фирмы Fastwel, предназначенном для создания автоматизированных систем сбора данных и управления технологическими процессами.

Как правило, журнальные статьи, посвящённые аппаратно-программным средствам АСУ ТП, представляют собой вариации на тему рекламных листов или документации производителя либо являются своеобразным отчётом пользователей об опыте применения того или иного оборудования и программно-го обеспечения в конкретных проектах. Ценность таких статей несомненна. В первом случае общественность получает возможность ознакомиться с основными характеристиками представляемой системы, изложенными в сжатом виде на странице-двух, а во втором — убедиться, что то или иное коммерческое «железо» или программное обеспечение используется специалистами в реальных проектах, а значит, действительно приносит кому-то пользу.

В этой статье делается попытка отступления от традиций и представляется взгляд на аппаратно-программный комплекс Fastwel I/O с противоположной точки зрения — с точки зрения разработчика. Перед началом изложения стоит сделать ряд оговорок.

Во-первых, здесь не будет подробного перечисления всех технических и функциональных характеристик изделий — при желании с ними можно оз-

накомиться в документации и справочных материалах на Web-узле компании Fastwel.

Во-вторых, автору данной статьи, являющемуся программистом, очень трудно избежать соблазна «нахваливать» только «своё болото». Оправданием в какой-то мере может служить далеко не бесспорный тезис о главенствующей роли программного обеспечения в современных аппаратно-программных комплексах специального назначения (АСУ ТП, встраиваемые системы и т.п.). Разумеется, в материалах статьи найдется место для описания различных «тонких» приёмов прикладного программирования, конфигурирования и обслуживания комплекса.

В-третьих, здесь будут описаны не только механизмы, реализующие тот или иной набор функций, но и ход наших мыслей, инженерные компромиссы и другие факторы, лежащие в основе того или иного решения.

Насколько интересен и полезен материал такого рода, судить вам, уважаемые читатели.

### Для чего изобретался «велосипед»

В состав аппаратных средств коммерческого варианта серии Fastwel I/O в настоящее время входят три типа программируемых контроллеров для сетей CANopen, RTU/ASCII и Modbus/TCP, а также более 20 типовых Modbus-модулей ввода-вывода в конструктиве WAGO-I/O-SYSTEM. Для программирования пользователям предоставляется адаптированная среда разработки программ на языках стандарта IEC 61131-3

CoDeSys (версия 2.3.6.1) фирмы 3S-Smart Software Solutions. В общем, с точки зрения конструкции и общих принципов применения, монтажа и программирования серия Fastwel I/O весьма похожа на изделия 750-й серии WAGO-I/O-SYSTEM.

Первый вопрос, который может возникнуть после прочтения приведенной информации и беглого взгляда на фотографии: а зачем, собственно, было тратить время, силы и немалые средства на разработку семейства продукции, внешне почти как две капли воды похожего на изделия фирм WAGO и Beckhoff?

Причин тому было несколько, а уж насколько они веские — решать читателю.

В начале 2003 года фирма Fastwel получила техническое задание на разработку комплекса аппаратно-программных средств для применения в составе комплексов автоматизированного управления, безопасности движения и диагностирования тягового подвижного состава (КАУД) двух типов электровозов. В частности, среди требований к контроллерам звучали такие слова, как модульность, унификация, расширенный диапазон рабочих температур, возможность разработки и встраивания прикладных алгоритмов пользователя на языке общего применения, возможность расширения номенклатуры модулей ввода-вывода без существенных временных затрат по мере развития функциональных возможностей КАУД и т.п.

В то же самое время компания Fastwel уже несколько лет выпускала продукцию в формате MicroPC, в большей степени ориентированную на OEM-производителей, и имела собственное производство.

При этом у неё не было специализированного решения для задач АСУ ТП, особенностью которого являются тяжёлые условия эксплуатации при пониженных и повышенных температурах. Следует отметить, что применение плат в формате MicroPC в системах промышленной автоматизации предполагает определённые инженерные усилия пользователя по созданию функционально и конструктивно законченного решения, что не всегда приемлемо. Одним словом, было стремление стать ближе к рынку АСУ ТП, сохранив при этом свою марку «-40...+85°C». В связи с этим было заключено соглашение с фирмой WAGO на разработку семейства продукции, по функциональным возможностям и конструкции схожего с WAGO-I/O-SYSTEM, но ориентированного на применение в широком диапазоне рабочих температур и не совместимого по внутренней межмодульной шине с модулями WAGO-I/O-SYSTEM.

Перечисленные причины требовали принятия непростого управленческого решения — либо собрать две команды, нацеленные на решение двух озвученных задач, либо попытаться реализовать оба проекта в рамках единой концепции силами одной команды. Учитывая тот факт, что у специалистов компании не было опыта создания аппаратно-программных комплексов такого класса, можно предположить, что риски, сопряжённые с выбором любого варианта, были примерно одинаковы.

Так или иначе, руководство компании выбрало второй вариант: разработчикам была поставлена задача в рамках работ над проектом КАУД разработать и реализовать единую концепцию аппаратно-программного комплекса, который сейчас носит название Fastwel I/O. При этом к разрабатываемой концепции были предъявлены следующие общие требования:

- обеспечить возможность применения в пользовательских проектах, где период исполнения прикладной программы исчисляется единицами миллисекунд, при наличии нескольких сотен каналов дискретного ввода-вывода и десятков каналов аналогового ввода-вывода;
- достичь лучшей пропускной способности, предсказуемости и универсальности межмодульной внутренней шины по сравнению с существующими аналогами;
- достичь наилучшей для изделий данного класса точности измерения аналоговых сигналов;

- максимально унифицировать основные узлы контроллеров и модулей ввода-вывода, обеспечив тем самым возможность в короткие сроки расширять номенклатуру модулей ввода-вывода;
- создать единый каркас системного программного обеспечения контроллеров, переносимый на различные операционные системы, который позволяет разработчикам наращивать набор функций, добавляя новые подсистемы по мере необходимости, а пользователям — разрабатывать прикладное программное обеспечение как на промышленных языках стандарта IEC 61131-3, так и на языке общего применения Си.

В общем, автору данной статьи повезло участвовать в этой амбициозной, рискованной и очень интересной работе, о результатах которой и пойдет речь далее.

## СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ FASTWEL I/O

Небольшое лирическое отступление. Автору категорически не нравится идея сравнения современных высокотехнологичных систем со зданиями и сооружениями, как и стремление некоторых идеологов от системотехники и инженерии упорно проводить параллели между процессом создания и реализации строительных проектов и процессом разработки сложных аппаратно-программных систем. Почему это так — тема для отдельной статьи, а может быть, и целой книги. Так или иначе, здесь не будет ни слова об архитектуре и других подобных понятиях, которые каждый «архитектор» понимает и представляет по-своему. Вместо этого разговор пойдет о структуре, которая, в понимании автора, является набором некоторых функционально обособленных составных частей и взаимосвязей между ними.

При описании какого-либо коммерческого изделия или системы обычно делается упор на его структуру, то есть на совокупность составных частей, которые потребитель может увидеть (скажем, в прайс-листе) и потрогать руками. А информация о внутреннем устройстве изделия зачастую остается за кадром — либо по причине нежелания производителя раскрывать свое ноу-хау, либо из-за убежденности в том, что потребителю такие сведения не интересны.

Отдавая дань традиции, для начала представим структуру Fastwel I/O.

## Назначение Fastwel I/O

Fastwel I/O является аппаратно-программным комплексом, предназначенным для создания автоматизированных систем сбора данных и управления. Он может использоваться для построения как автономных программируемых контроллеров, так и распределённых систем сбора данных и управления. Фраза по поводу распределённых систем прежде всего относится к контроллерам CPM701 с сетевым интерфейсом CAN и протоколом прикладного уровня CANopen. Контроллеры CPM702 и CPM703, являющиеся подчинёнными узлами сетей Modbus RTU/ASCII и Modbus/TCP соответственно, также могут использоваться для реализации распределённых систем управления, роль координатора в которых играет мастер сети Modbus. Да-да, я не оговорился, уважаемые оппоненты, думающие, что распределённая система управления — это обязательно что-то вроде DeltaV с распределённым разделяемым пространством переменных.

## Структура аппаратных средств

В комплекс Fastwel I/O входят следующие аппаратные средства:

- контроллеры узла сети;
- модули ввода-вывода;
- вспомогательные модули (модули питания, модули размножения потенциала, модули расширения внутренней шины и т.п.).

Контроллер узла сети является вычислительным устройством на базе микропроцессора R1610C фирмы RDC, совместимого с 80186 и имеющего тактовую частоту 100 МГц. Контроллер имеет интерфейс с модулями ввода-вывода, называемый внутренней шиной, и интерфейс внешней сети. Интерфейс внешней сети предназначен для обмена данными между контроллером и рабочими станциями, автоматизированными рабочими местами верхнего уровня автоматизированных систем сбора данных и управления, а также при использовании CANopen с другими контроллерами.

Модули ввода-вывода, подключаемые к внутренней шине контроллера, предназначены для приёма информации от датчиков и формирования управляющих воздействий на исполнительные устройства и механизмы.

## Структура программного обеспечения Fastwel I/O

В комплекс Fastwel I/O входит следующее системное и инструментальное программное обеспечение (рис. 1):



- пакет адаптации среды разработки прикладных программ на языках стандарта IEC 61131-3 CoDeSys (далее — пакет адаптации CoDeSys);
- адаптированная система исполнения прикладных программ, разрабатываемых в среде CoDeSys (далее — среда исполнения CoDeSys), поставляемая в каждом контроллере узла сети;
- OPC-сервер для сетей CAN и Modbus.

Пакет адаптации CoDeSys включает в себя:

- интегрированную среду разработки IDE CoDeSys версии 2.3.6.1 фирмы 3S-Smart Software Solutions;
- файлы описания платформы Fastwel I/O, интегрируемые с IDE CoDeSys и позволяющие генерировать исполняемый код прикладных программ для контроллеров Fastwel I/O средствами IDE CoDeSys;
- файлы описания конфигурации модулей ввода-вывода, интегрируемые с IDE CoDeSys и позволяющие генерировать конфигурационную информацию для контроллеров средствами IDE CoDeSys;
- драйверы коммуникационного сервера CoDeSys Gateway Server, интегрируемые с CoDeSys Gateway Server и позволяющие выполнять загрузку прикладных программ в контроллер, удалённую отладку и мониторинг переменных из среды разработки.

Здесь стоит отметить, что пользователю для получения возможности работы с Fastwel I/O достаточно установить пакет адаптации. Если на инструментальной машине отсутствует или имеется более старая, чем 2.3.6.1, версия IDE CoDeSys, в процессе инсталляции будет предложено установить 2.3.6.1. Если на инструментальной машине установлена версия IDE CoDeSys 2.3.6.2 или 2.3.6.3, то, к сожалению, придется сначала её удалить. О причине будет рассказано несколько позднее при описании сервиса исполнения прикладных программ Fastwel I/O, в котором для выполнения пользовательских программ используется система исполнения CoDeSys для процессоров 80186.

Кроме того, следует добавить, что на момент написания данной статьи фирмой ПРОСОФТ не бы-

ла определена схема распространения OPC-серверов для сетей Modbus и CAN. Так или иначе, на компакт-диске пакета адаптации пользователь найдёт установочные комплекты демонстрационных версий OPC-серверов для сетей CAN и Modbus RTU/ASCII/TCP, а также полную бесплатную версию OPC-сервера для Modbus RTU/ASCII.

### Как это использовать

Для того чтобы контроллер Fastwel I/O начал делать что-то полезное, нужно:

- 1) подключить к нему модули ввода-вывода и источник питания с выходным напряжением от 10 до 30 В постоянного тока;
- 2) в среде разработки CoDeSys создать проект для целевой платформы Fastwel I/O System;
- 3) в секции конфигурации контроллера PLC Configuration среды разработки CoDeSys выбрать тип используемого контроллера, добавить в конфигурацию описания модулей ввода-вывода, которые подключены к контроллеру, и установить требуемые значения параметров для контроллера и модулей;
- 4) если контроллер будет подключен к сети (CAN, Modbus RTU/ASCII или Modbus/TCP), добавить в конфигурацию контроллера описания коммуникационных объектов внешней сети и настроить их параметры;
- 5) в редакторе программ CoDeSys разработать программу для контроллера, которая делает то полезное, ради чего приобретались контроллер и модули ввода-вывода. Например, если нужно только управлять каналами модулей ввода-вывода по сети, к которой подключён контроллер, программе достаточно передавать дан-

ные между сетью и модулями ввода-вывода;

- 6) подключить компьютер, на котором разработан проект для контроллера, к сети, к которой подключён контроллер, либо воспользоваться поставляемым кабелем для установления связи между инструментальным компьютером и контроллером через последовательные порты;
- 7) скомпилировать проект и загрузить его в контроллер (не забыв предварительно включить блок питания контроллера!), воспользовавшись соответствующим сервисом среды разработки CoDeSys.

Подробная информация о том, как выполнять перечисленные действия (за исключением пункта 5), приведена в руководстве программиста для каждого контроллера. О том, как разрабатывать программы в среде CoDeSys, рассказано в документации на CoDeSys, входящей в установочный комплект нашей адаптации CoDeSys. Ну, а о том, как разрабатывать полезные программы независимо от языка программирования и среды исполнения, написано много хороших (но еще больше — не очень) книг.

### А что внутри?

В предыдущем разделе речь шла о структуре Fastwel I/O, осязаемой извне. Поговорим о внутренней структуре аппаратно-программных средств Fastwel I/O и о факторах, повлиявших на принятие тех или иных проектных решений.

Что должен делать программируемый логический контроллер (ПЛК), к тому же являющийся узлом сети передачи данных? Во время функционирования некоторой системы управления, частью которой является ПЛК, контроллер ис-

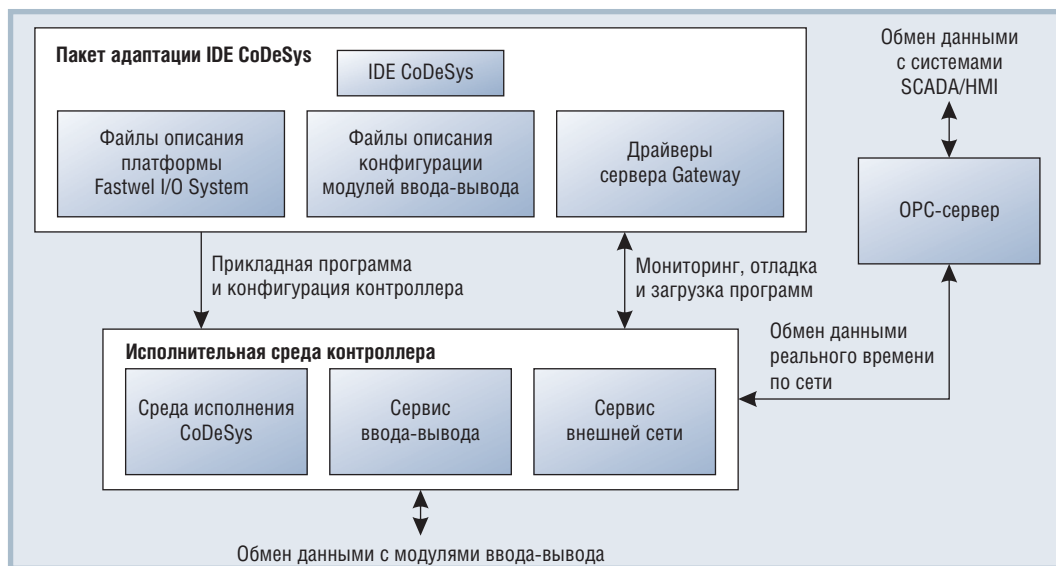


Рис. 1. Структура программного обеспечения Fastwel I/O

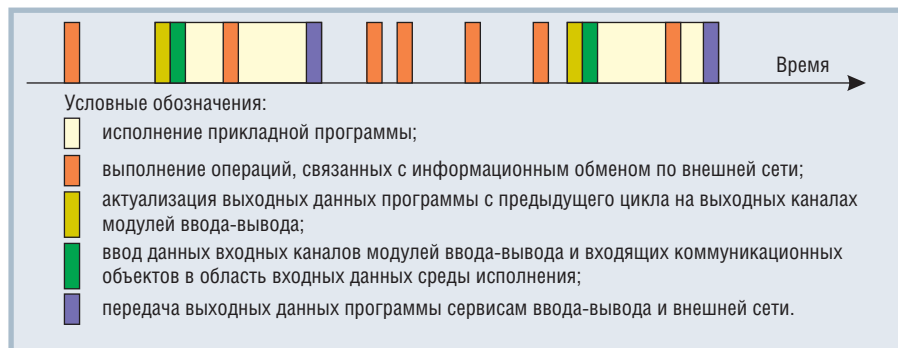


Рис. 2. Циклограмма исполнения прикладной программы

полняет прикладную управляющую программу, разработанную пользователем, обменивается данными с модулями ввода-вывода, обеспечивая взаимодействие прикладной программы с контролируемым объектом, а также осуществляет информационный обмен по сети, к которой он подключён. Взаимодействие прикладной программы контроллера с контролируемым объектом и другими узлами сети будет далее называться взаимодействием с окружением.

Традиционно исполнение прикладной программы ПЛК циклично и полностью синхронно относительно операций обмена данными с окружением. То есть во время очередного цикла программы данные, полученные программой из окружения, не могут (и не должны!) неожиданно измениться до окончания текущего цикла. Кроме того, обновление данных, выводимых программой в окружение, происходит точно в конце очередного цикла.

С учётом указанных особенностей модель окружения прикладной программы обычно представляется так называемым образом процесса, который состоит из двух непересекающихся областей памяти. Первая область образа процесса, на-

зываемая *областью входных данных*, предназначена для хранения и обновления значений входных данных прикладной программы в процессе приёма информации от устройств ввода-вывода и сетевых интерфейсов. Вторая область называется *областью выходных данных* и служит для хранения и обновления значений выходных данных программы в процессе выдачи информации устройствам ввода-вывода и в сетевые интерфейсы. Упрощённый вариант циклограммы функционирования контроллера показан на рис. 2.

Здесь стоит вспомнить, что перед началом нашего проекта ставилась задача достижения миллисекундных периодов исполнения. Глядя на упрощённую циклограмму ПЛК, можно сделать вывод, что наиболее важными факторами в достижении заданного показателя производительности являются производительность центрального процессора и пропускная способность межмодульной внутренней шины.

Качество кода, генерируемого компилятором прикладных программ, пока выносится за скобки.

Предположим, что к внутренней шине контроллера подключены модули с 512

каналами дискретного ввода-вывода длиной 1 бит и с 50 16-разрядными каналами аналогового ввода-вывода. Простой расчёт позволяет сделать вывод, что для чтения и записи такого количества каналов за 1 мс пропускная способность внутренней шины с учётом всех накладных расходов должна быть не хуже 164 кбайт/с.

Далее полагаем, что прикладная программа должна в каждом цикле выполнять следующие операции с плавающей точкой (с операндами одинарной точности) над значением каждого канала аналогового ввода-вывода: одно преобразование целого двухбайтового значения, одно умножение, одно сложение или вычитание и одно сравнение. Таким образом, для того чтобы успевать проделывать перечисленные нехитрые операции со значениями 50 аналоговых каналов, производительность процессора должна быть не хуже 200000 FLOPs (операций с плавающей точкой в секунду). Разумеется, это довольно грубая оценка, поскольку в реальной жизни операций с плавающей точкой в программе может быть значительно больше или не быть вовсе. Кроме того, перечисленные операции с плавающей точкой требуют разного количества машинных тактов. Наконец, прикладная программа в ПЛК не одинока — процессор может потребоваться другим подсистемам.

Так или иначе, при отсутствии чётко сформулированных критериев проектирования ключевых компонентов системы подобные инженерные оценки имеют право на жизнь.

### Структура контроллера

Структурная схема контроллера Fastwel I/O представлена на рис. 3. При

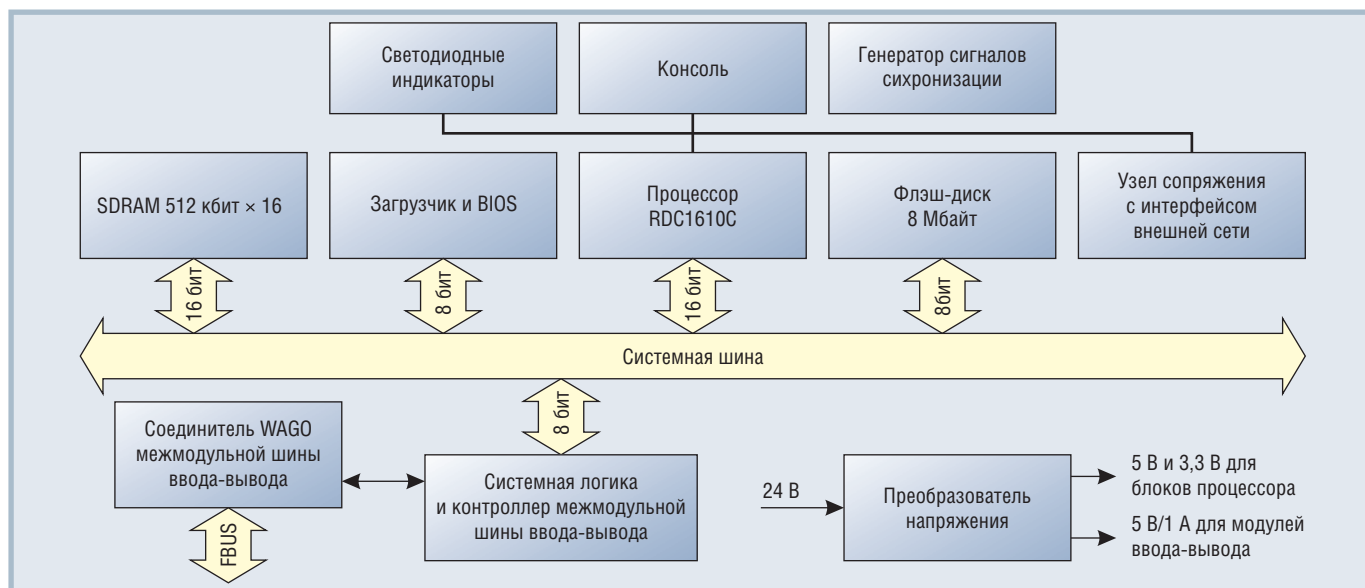


Рис. 3. Структурная схема контроллера CPM70x



## DC/DC-преобразователи для жёстких условий эксплуатации

**Диапазон рабочих температур  
от -40 до +100°C (основание корпуса)**

**Высокий показатель надёжности**

**Стойкость к внешним  
воздействующим факторам**

**Стандартный набор сервисных  
функций**



### ЖТА серия

**10/15/20 Вт**

- Небольшие габариты
- КПД до 84%
- Широкий диапазон входных напряжений: 9-36 и 18-75 В
- Одноканальные и двухканальные модели
- MTBF: 1 000 000 час (MIL-HDBK-217F)



### ICN серия

**50/75/100/150/200 Вт**

- Гальваническая развязка вход-выход 1500 В (постоянное напряжение)
- КПД до 85%
- Диапазоны входных напряжений: 9-36, 18-75, 18-36 и 36-75 В
- Одноканальные и двухканальные модели
- Защита от короткого замыкания нагрузки длительного действия
- Экранированный с пяти сторон корпус
- MTBF > 1 000 000 час (MIL-HDBK-217F, при 25°C)



THE XPERTS IN POWER

#225

Реклама

**ProSoft®**

Тел./факс: (495) 234-0636/0640  
info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

включении питания контроллера первым делом происходит загрузка операционной системы Fastwel DOS, а значит, пользователь имеет дело с ПЛК на базе IBM PC совместимого вычислительного устройства.

Спрашивается, зачем внутри ПЛК, программируемого на CoDeSys, иметь совместимый с 80186 процессор, BIOS и DOS? Причин тому несколько:

- исторически компания Fastwel производила только IBM PC совместимые вычислители, а значит, у нас имелись наработки как в части схемотехнических решений, так и в области системного программного обеспечения. Переход на другую платформу был бы сопряжён со значительными вложениями и временными затратами на освоение новой платформы специалистами или потребовал бы привлечения к работе большого количества новых специалистов;
- как указано ранее, в качестве одного из основных требований выдвигалась возможность разработки прикладных программ на языках общего применения типа Си. В этой связи мы подумали, что в силу гораздо большей распространенности IBM PC совместимых компьютеров среди наших потенциальных пользователей имеется очень много разработчиков на языках программирования общего применения, владеющих популярными средствами разработки для IBM PC от Borland и др. На момент начала разработки не было уверенности в качестве компилятора GCC для встраиваемых 32-разрядных процессоров. К слову, её не было, потому что никто тогда у нас этой темой не занимался;
- многим пользователям ПЛК, разрабатывающим программы на проблемно-ориентированных языках IEC 61131-3, по большому счёту, абсолютно безразлично, какой процессор и операционная система установлены в их ПЛК. В то же время в момент начала разработки появился комплект адаптации пакета CoDeSys для процессоров, совместимых с 80186, причём с весьма умеренной стоимостью лицензии среды исполнения, устанавливаемой в одно вычислительное устройство;
- у нас имелся практически полный набор инструментальных средств и библиотек для IBM PC совместимых вычислителей, включая комплект адаптации BIOS, операционную сис-

тему Fastwel DOS, MS Visual C++, Borland C++ 3.1, мультизадачное ядро CMX-RTX, стек CMX-TCP/IP и т.п., а также опыт применения перечисленных средств.

Процессор R1610C на момент начала разработки казался нам наиболее производительным и интегрированным решением за счет следующих факторов:

- при тактовой частоте 100 МГц процессор имеет систему команд 80186, причём каждая команда выполняется за меньшее количество тактов, чем у ближайших аналогов Intel и AMD;
- на кристалле имеется кэш-память инструкций и данных по 8 кбайт на каждую область;
- наличие интерфейса с синхронной динамической памятью;
- наличие двух встроенных адаптеров сети Ethernet.

Учитывая весьма умеренный ток потребления и привлекательную цену за один такой кристалл, R1610C показался нам идеальным для решения поставленной задачи.

Остальные элементы структуры вычислительного ядра достаточно традиционны для IBM PC совместимых микрокомпьютеров, за исключением блока приёмопередатчика межмодульной внутренней шины, реализованного на базе программируемой логической интегральной схемы Xilinx, часть которой также используется для выполнения различных функций системной логики. Особенности построения межмодульной внутренней шины рассматриваются далее.

В результате у нас получилось конструктивно законченное универсальное вычислительное ядро, устанавливаемое в пластиковый корпус WAGO, и отдельные модули интерфейсов внешней сети, присоединяемые к плате вычислительного ядра под углом 90° и размещаемые в том же корпусе.

### Структура модуля ввода-вывода

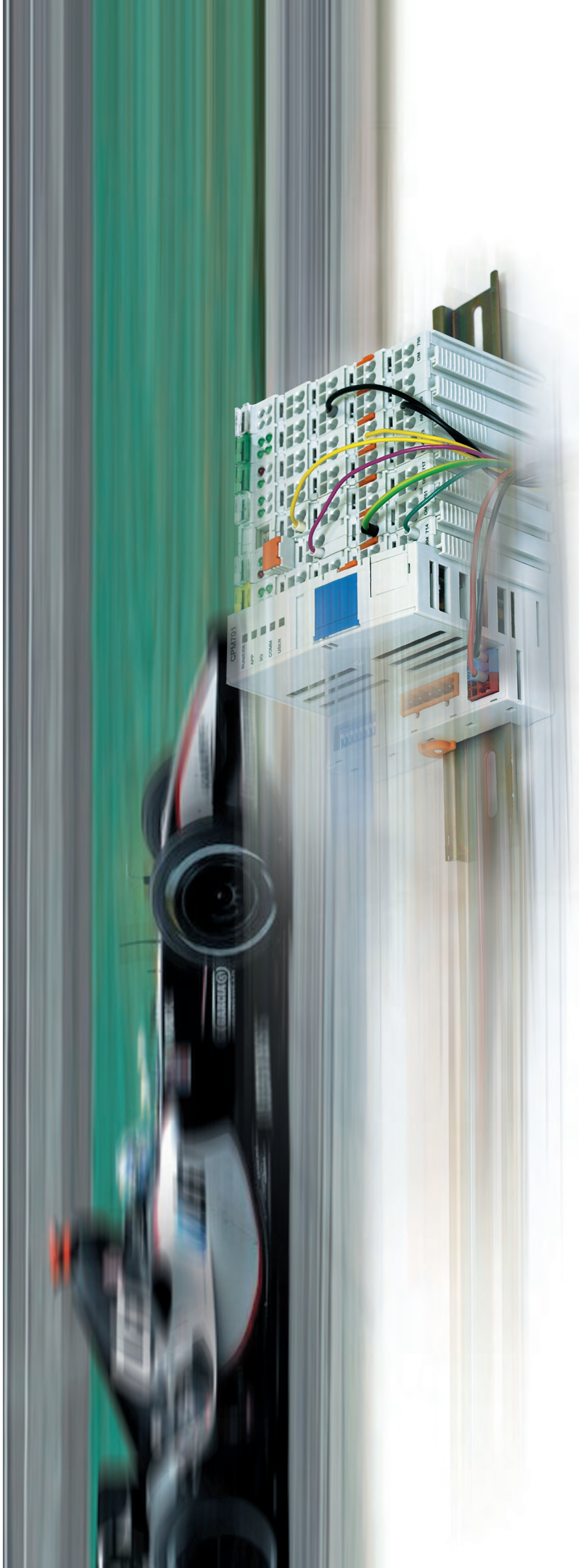
Обобщённая структура модуля ввода-вывода представлена на рис. 4.

Применение микроконтроллера в каждом модуле было обусловлено следующими факторами.

1. Согласно требованиям к модулям ввода-вывода для проекта КАУД, количество входных каналов у одного модуля достигало 16, а выходных — до 24, причём речь шла не только о дискретных каналах, значения которых укладываются в один



**Быстрые шины!**



## Программируемые контроллеры Fastwel I/O

- F-Bus – самая быстрая шина обмена данными среди ПЛК
- Уникальная скорость обработки и передачи данных
- Температурный диапазон –40... +85°C
- Специально разработаны для ответственных применений
- Адаптированы к специфическим условиям применения в России

**ProSOFT®**

Официальный дистрибьютор Fastwel в России, странах СНГ и Балтии — компания ПРОСОФТ

**Москва**  
**С.-Петербург**  
**Екатеринбург**  
**Самара**  
**Новосибирск**

Тел./факс: (495) 234-0636/0640 • E-mail: [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел./факс: (812) 448-0444/0339 • E-mail: [info@spb.prosoft.ru](mailto:info@spb.prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел./факс: (343) 376-2820/2830 • E-mail: [info@prosoftsystems.ru](mailto:info@prosoftsystems.ru) • Web: [www.prosoftsystems.ru](http://www.prosoftsystems.ru)  
Тел./факс: (846) 277-9165/9166 • E-mail: [info@samara.prosoft.ru](mailto:info@samara.prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)  
Тел.: (383) 335-7001/7002 • E-mail: [info@nsk.prosoft.ru](mailto:info@nsk.prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)



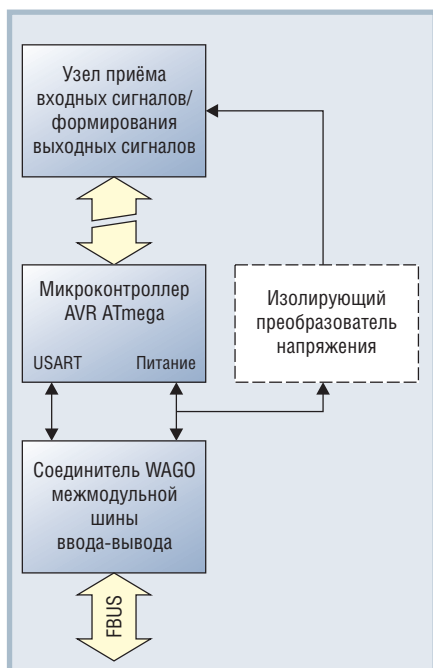


Рис. 4. Обобщённая структурная схема модуля ввода-вывода

бит. Например, в одном специализированном модуле дискретного управления в настоящее время имеются 16 физических дискретных входов; 8 каналов измерения тока нагрузки, протекающего по каждому выходному ключу повышенной мощности; 8 каналов, представляющих реальное состояние каждого из 8 выходных ключей; 8 каналов дискретного вывода для управления выходными ключами; канал управления реле подключения нагрузок к выходам и несколько вспомогательных каналов. Разумеется, модули с таким количеством каналов имеют отличную от WAGO конструкцию, поскольку у WAGO тогда было не более 8 контактов на модуль, и очень малые габариты для рассеяния довольно приличных мощностей выходных каналов модулей дискретного управления. Представление о конструкции специализированных

модулей можно получить, посмотрев на рис. 5.

2. Высокоточное измерение аналоговых сигналов требует применения соответствующих аналого-цифровых преобразователей, управление и обмен данными с которыми обычно выполняются микроконтроллерами по последовательному каналу типа SPI. Такой вариант подключения АЦП позволяет реализовать довольно экономичное решение по гальванической развязке каналов ввода-вывода от межмодульной шины, к которой подключается модуль.
3. При производстве модулей аналогового ввода-вывода с высокими показателями точности требуется проводить специальные процедуры калибровки, по окончании которых калибровочные коэффициенты должны сохраняться в энергонезависимой памяти.
4. Планировалась разработка модулей последовательных интерфейсов типа RS-232C и RS-485. Без микропроцессора на плате сделать хорошо такие модули весьма непросто.
5. Однозначно не планировалось ограничиваться только конструктивом WAGO.

Наконец, перед началом разработки мы имели довольно приблизительное представление о том, как должен выглядеть протокол обмена по межмодульной шине, а значит, не могли в точности оценить требования к вычислительным ресурсам для его реализации. Что мы знали точно, так это скорость обмена по последовательной межмодульной шине, к которой нужно стремиться: 2 Мбит/с. А это означает ворох прерываний, обрушивающийся на «голову» модуля, в худшем случае, примерно один раз в 5 мкс, при том что ещё нужно что-то измерять, вычислять и заниматься другими полезными делами.

В общем, изложенные факторы привели нас к решению использовать в модулях ввода-вывода микроконтроллеры AVR серии ATmega при тактовой частоте 16 МГц. При таком значении тактовой частоты один из встроенных USART микроконтроллера мог быть настроен как раз на требуемые 2 Мбит/с. ●

**Автор — сотрудник фирмы Fastwel 119313, Москва, а/я 242**  
**Тел.: +7 (495) 234-0639**  
**Факс: +7 (495) 232-1654**  
**E-mail: info@fastwel.ru**  
**Web: www.fastwel.ru**



Рис. 5. Внешний вид модульного контроллера и специализированных модулей ввода-вывода для системы ЕКС-2 электровоза ЧС7





**Влагозащитное покрытие  
всех типов плат!\***



## Процессорные платы CompactPCI и VME с процессором Intel Pentium M

### CPC501

**Для телекоммуникаций**

- Формат CompactPCI, 6U, 4HP
- Процессор Intel Pentium M до 2,26 ГГц
- ОЗУ до 1 Гбайт DDR ECC
- Видеосистема с разрешением QXGA
- 2×Gigabit Ethernet, 1×Fast Ethernet
- 5×USB, 4×COM
- Слот PMC

### CPC502

**Для контрольно-измерительных систем**

- Формат CompactPCI, 3U, 4/8/12HP
- Процессор Intel Pentium M до 2,26 ГГц
- ОЗУ 1 Гбайт DDR ECC
- Видеосистема с разрешением QXGA
- 2×Gigabit Ethernet
- 2×Serial ATA
- 4×USB, 4×COM
- Поддержка PXI 2.1

### CPC600

**Для специальных систем управления**

- Формат VME 64X, 6U
- Процессор Intel Pentium M до 2,26 ГГц
- ОЗУ до 2 Гбайт DDR ECC
- Видеосистема с разрешением QXGA
- 4×Gigabit Ethernet
- 2×Serial ATA
- 4×USB 2.0
- Слот PMC 64 бит

**Диапазон рабочих температур -40...+85°C (0...+70°C по запросу)**

**Удар до 15g**

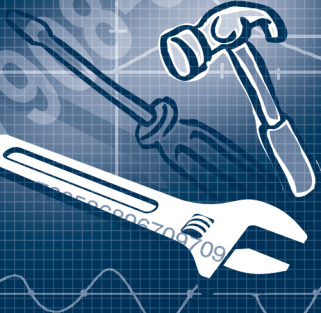
**Вибрация до 2g**

\* Платы с защитным покрытием имеют индекс «-L» в номере для заказа



Реклама





# Новые технологии работы с данными OPC

Дмитрий Швецов

В статье рассмотрены основные преимущества работы SCADA-систем с данными OPC, особенности и некоторые недостатки существующих протоколов передачи данных. Иллюстрация возможностей и решений осуществляется на базе новой версии пакета GENESIS32 V9 фирмы Iconics.

## Технология OPC

Сравнительно давно в АСУ ТП обмен данными между программами и устройствами осуществляется с использованием стандарта OPC. Стандарт разработан ассоциацией OPC Foundation. По сути стандарт является аналогом технологии Plug-n-Play для программного обеспечения в сфере промышленной автоматизации. В настоящее время в ассоциации более 500 членов, и поддержка стандарта осуществляется всеми крупными производителями аппаратных и программных средств АСУ ТП и промышленными ассоциациями.

Технология OPC позволяет различным программным модулям, разработанным самостоятельно или другими компаниями, взаимодействовать друг с другом через унифицированный интерфейс. Стандарт OPC описывает два типа интерфейсов для приложений. Первый тип интерфейса предназначен для обмена большими объемами информации при высокой пропускной способности. Это специализированный интерфейс OLE custom interface. Второй тип интерфейса — OLE Automation interface — позволяет получать доступ к данным более простым способом. Он предназначен для использования в программах, написанных на языках Visual Basic (VB) и Visual Basic для приложений (VBA).

Основным объектом данной технологии является OPC-сервер, который отвечает за получение данных, запрошенных клиентом, от соответствующего устройства управления процессом. На каждом сервере имеется некоторое количество OPC-групп, объединя-

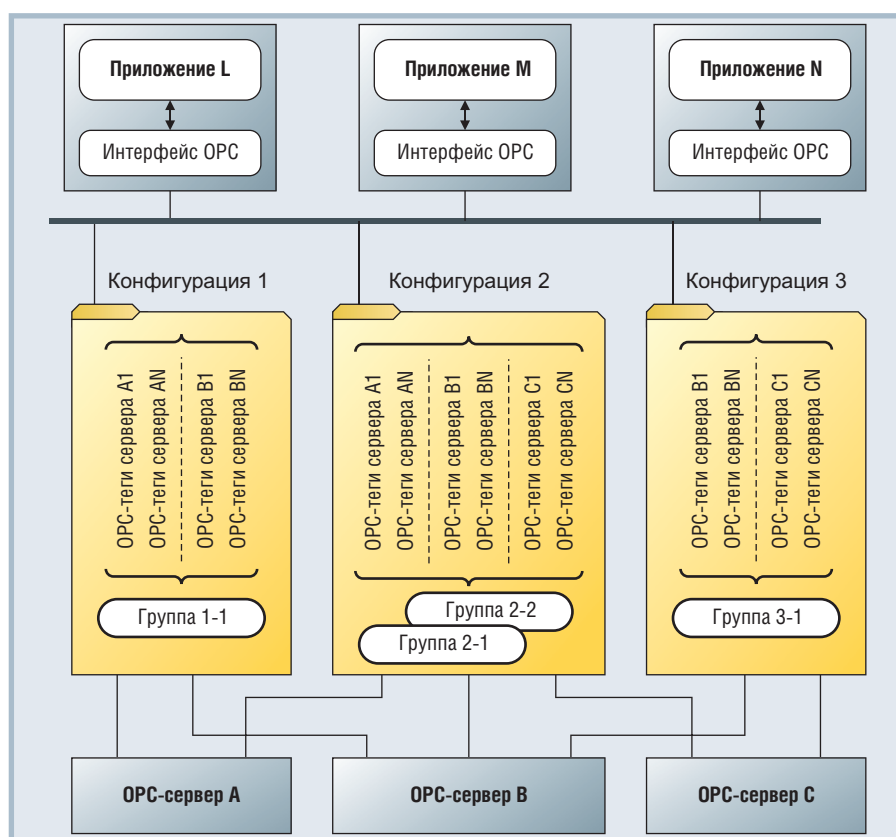


Рис. 1. Схема компоновки данных OPC

ющих наборы данных, запрос на получение которых поступил от клиента. Группы на сервере могут быть доступны нескольким клиентам одновременно или только одному клиенту. OPC-группа содержит набор OPC-элементов, в которых хранятся данные, поступившие от соответствующего устройства управления процессами. Клиент может произвольно объединять элементы в группы. Схематично это изображено на рис. 1.

В основе стандарта OPC лежит технология DCOM (Distributed Component

Object Model). Эта технология, встроенная в Windows, предназначена для организации взаимодействия между различными приложениями, в том числе и между приложениями, работающими на разных компьютерах. В настоящее время DCOM является основным средством взаимодействия программ в системе. Благодаря этой технологии между программами происходит двусторонний обмен, который позволяет не только клиенту вызывать функции сервера, но и серверу вызывать функции клиента.

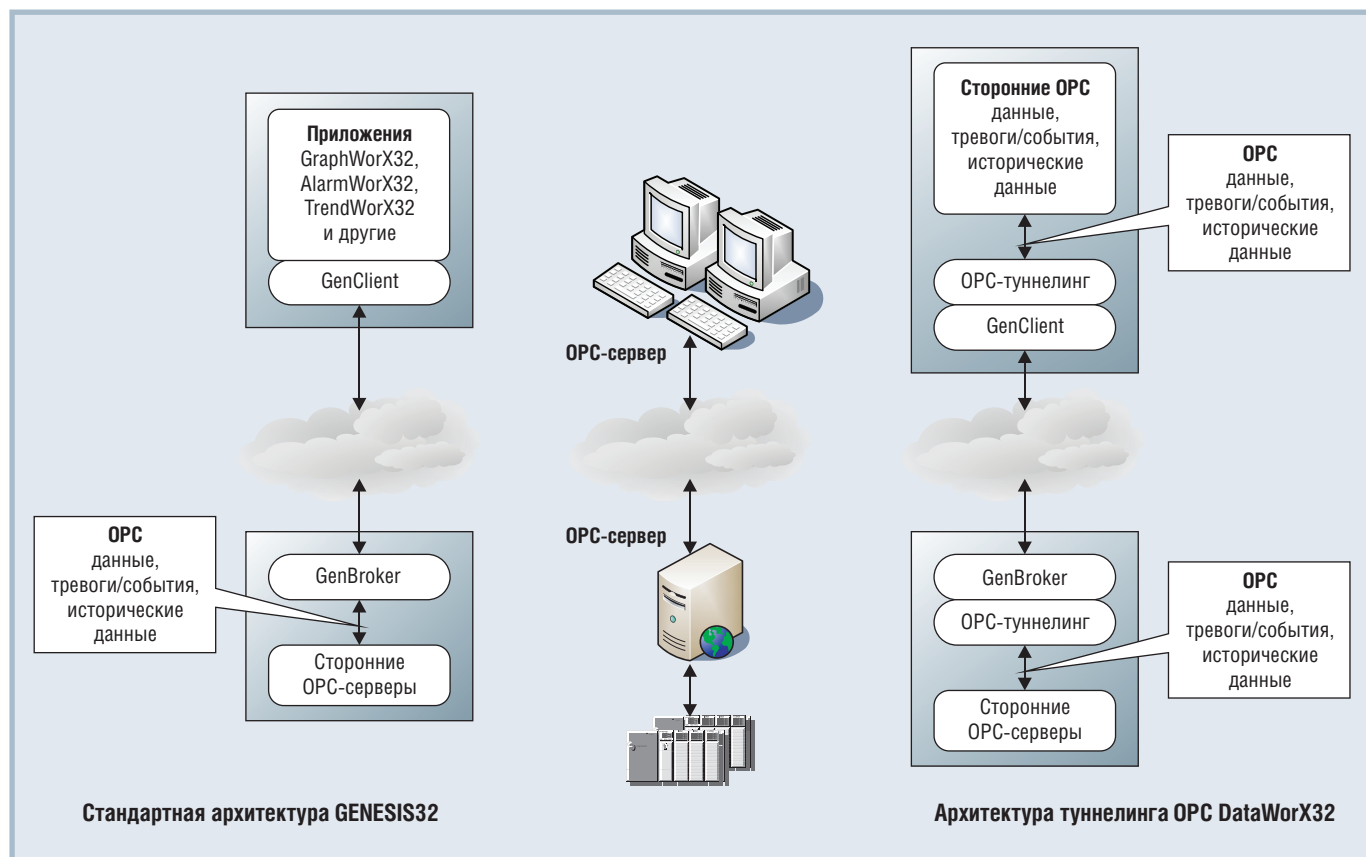


Рис. 2. DataWorX32: OPC-архитектура туннелинга

Но при передаче данных на большие расстояния, что безусловно необходимо для АСУ ТП, DCOM имеет серьёзные недостатки. Один из главных недостатков — непригодность для работы в глобальной сети Интернет. Основная причина — это применение межсетевых экранов, или брандмауэров, которые защищают компьютер от несанкционированного доступа извне. Защита организована таким образом, что весь обмен по сети проходит через брандмауэр. Сетевой экран анализирует передаваемые пакеты, и если информация не соответствует настройкам системы безопасности, их прохождение блокируется. Технология DCOM может использовать различные транспортные протоколы для передачи данных, но преимущественно применяется TCP/IP.

Обычно брандмауэры настраивают таким образом, чтобы максимально ограничить количество портов для выхода в глобальную сеть. Порты, используемые DCOM, чаще всего не являются разрешёнными для обмена данными, и открытие их существенно ослабляет защищённость от несанкционированного доступа.

Для решения этой проблемы можно использовать технологию туннелинга (tunneling) TCP, с помощью которой

осуществляется передача данных через стандартный 80-й порт брандмауэра. Этот порт обычно используется для передачи данных по HTTP-протоколу (протокол передачи гипертекста), и поэтому он, как правило, открыт. Но для осуществления туннелинга и передачи данных требуется установка специального программного обеспечения, входящего в Windows, COM Internet Services и IIS web-сервер (Internet Information Server).

Успешный доступ через DCOM происходит в том случае, когда компьютеры находятся в одном домене или в одной рабочей группе, что указывает на возможность использования туннелинга TCP соответствующим образом настроенными брандмауэрами в пределах одного домена. Кроме проблем, связанных с передачей данных, существуют проблемы с аутентификацией клиента.

### Туннелинг OPC

Учитывая данные сложности, OPC-сообщество за последние 5 лет разработало универсальный OPC-сервер (OPC UA) для систем HMI/SCADA. Технология OPC UA позволяет обеспечить надёжную связь клиентов, доступ к серверам данных через локальные вычислительные сети и Интернет, защи-

щённое использование web-служб (<http://www.opcfoundation.org>).

Фирма Iconics входит в число основателей OPC-сообщества, давно и успешно работает в области создания приложений, базирующихся на OPC-технологии. В новой версии SCADA-системы GENESIS32 V9 Iconics используется встроенная поддержка технологии OPC UA и туннелинг OPC (компонент DataWorX32).

Новая технология туннелинга OPC включена во все модификации DataWorX32 V9 и позволяет связывать удалённый OPC-сервер с локальными клиентами устойчивым и безопасным способом. Туннелинг OPC основан на мощной коммуникационной платформе GenBroker™, которая обеспечивает высокоэффективную и устойчивую связь, заменяя протокол DCOM Microsoft. Функциональная схема туннелинга OPC представлена на рис. 2.

Все OPC совместимые приложения-клиенты могут обмениваться данными с локальными устройствами или по сети. Кроме того, обмен может осуществляться более чем с одним сервером OPC одновременно.

Любое приложение-клиент OPC может обмениваться данными с любым OPC-сервером данных (OPC DA),



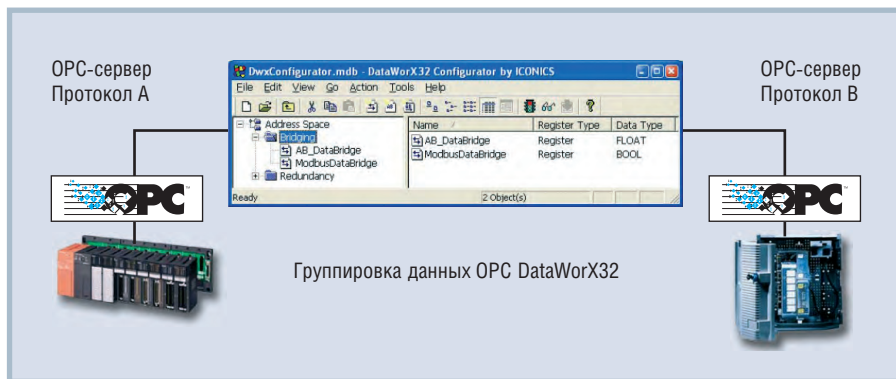


Рис. 3. Реализация функции группировки данных OPC в DataWorX

OPC-сервером тревог и событий (OPC A&E) и OPC-сервером исторических данных (HDA).

Приложение DataWorX32, входящее в пакет GENESIS32 V9, представлено в трёх модификациях: профессиональной, стандартной и облегчённой.

DataWorX32 содержит большое количество принципиально новых возможностей:

- полное резервирование данных OPC, OPC тревог и событий и OPC исторических данных;
- туннелинг для любых сторонних OPC-серверов и OPC-клиентов;
- новую утилиту MonitorWorX, обеспечивающую централизованную диагностику системы и отображающую её производительность;
- интеграцию туннелинга в универсальном навигаторе данных;
- группировку OPC-тегов и построение мостов данных.

Туннелинг OPC в DataWorX32 V9 полностью совместим с OPC-стандартом, не нарушает систему сетевой защиты IT, поддерживает связь по LAN, WAN и Интернет со всеми атрибутами встроенной безопасности и полностью поддерживает открытые стандарты промышленности и протоколы, такие как:

- OPC доступа к данным (DA 3.0);
- OPC тревог и событий;
- OPC доступа к историческим данным;
- OPC единой архитектуры (UA);
- протоколы связи TCP/IP и XML.

### ГРУППИРОВКА, АРХИВАЦИЯ И РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ДАННЫХ OPC

Одной из важных характеристик пакета DataWorX32 является инструмент группировки OPC-тегов и построения мостов данных. Допустим, нам необходимо использовать данные OPC-серверов с двумя различными протоколами.

Для этого в конфигураторе DataWorX32 указываем в каталоге Bridging навигатора источники данных OPC-серверов, настраиваем тип регистра и свойства данных. Затем запускаем на исполнение, и OPC-теги различных протоколов становятся сгруппированными и доступными для приложений, являющихся OPC-клиентами.

Другой важной характеристикой DataWorX32 является возможность группировки OPC-данных различных OPC-серверов. Схема механизма группировки показана на рис. 3. Часто в очень больших проектах различные приложения-клиенты OPC обращаются к одним и тем же OPC-серверам. Например, в экранной форме GraphWorX32 необходимо отображать уровень жидкости в резервуаре, в

AlarmWorX32 нужно контролировать и сигнализировать о состоянии того же самого значения уровня жидкости, в TrendWorX32 давать его графическое представление и т.п. Это приводит к увеличению загрузки OPC-сервера, поскольку одни и те же данные будут запрашиваться неоднократно.

Таким образом, когда многие клиенты запрашивают данные от сервера OPC, DataWorX32 проводит мониторинг OPC-серверов и группирует данные по запросам клиентов. Часто требуется оптимизировать работу, выполняемую серверами ввода/вывода на низком уровне (например для увеличения скорости архивации). DataWorX32 может выступать «посредником» между клиентами и серверами и позволяет оптимизировать этот процесс. Это наиболее выгодно, когда приходится взаимодействовать с удалёнными серверами по сети.

Новый DataWorX32 — единственный продукт, который поддерживает три самых важных OPC-стандарта (DA, A&E, HDA), обеспечивает полнофункциональное резервирование данных, наиболее востребованное в больших распределённых системах управления. Повышение надёжности и достоверности данных OPC достигается тем, что все данные OPC-серверов группируются в резервные пары. Эти резервные

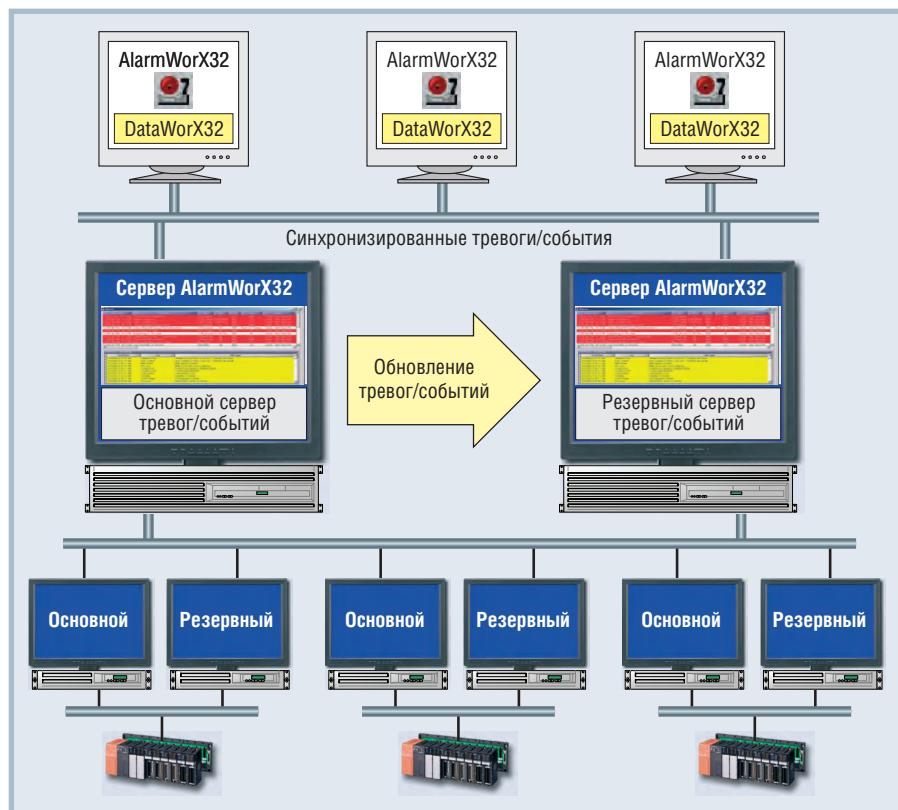


Рис. 4. Структурная схема резервирования OPC-серверов тревог, событий и исторических данных

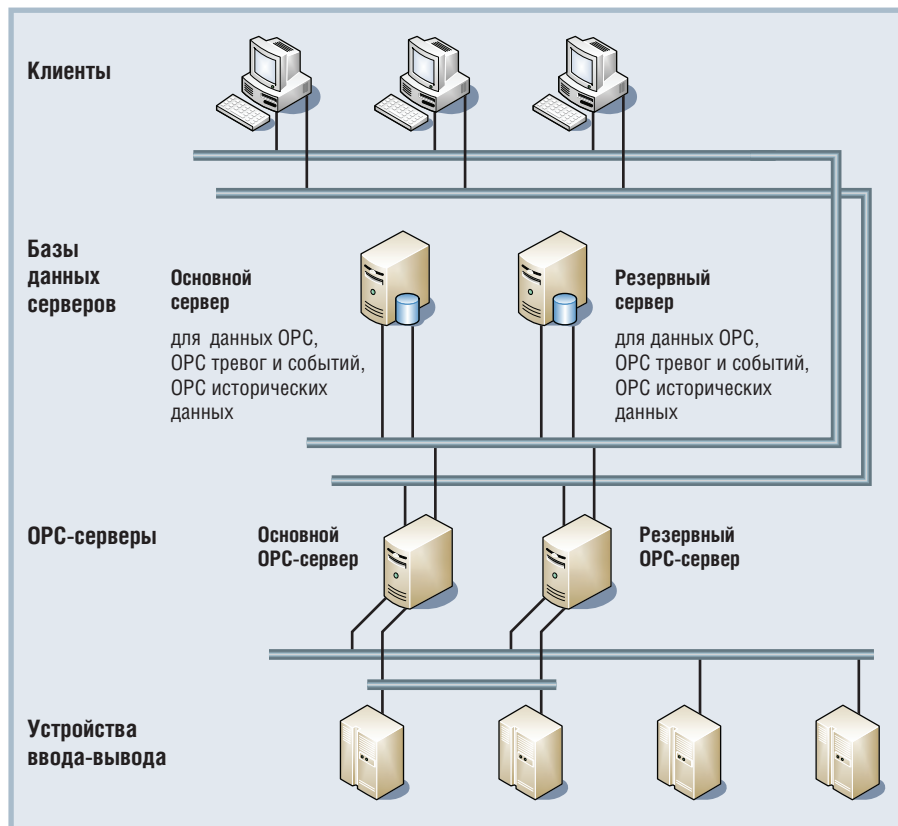


Рис. 5. Структурная схема передачи и резервирования OPC-серверов данных

пары OPC-серверов идентифицируются как один OPC-сервер для любых приложений OPC-клиентов без каких-либо задержек.

Эта технология может применяться к существующим OPC-серверам и клиентам, не требует реконфигурации приложений, остановки процессов и не приводит к искажению и потере данных (рис. 4).

Учитывая, что применение технологии группировки данных OPC позволяет снижать сетевой трафик, можно сделать вывод, что сгруппированные запросы клиент-сервер снижают загрузку центрального процессора и увеличивают производительность системы. DataWorX32 поддерживает резервирование OPC-серверов тревог, событий и регистрации тревог. Целью создания такого инструмента была обработка в реальном масштабе времени OPC-сервера тревог и синхронизация исторических данных регистрации тревог. Тревоги автоматически квитируются, синхронизируются, гарантированно регистрируются все действия оператора в системном журнале с тем, чтобы при переключении с основного сервера тревог на резервный и наоборот сохранялись все регистрируемые параметры процессов (рис. 5). В дополнение ко всему DataWorX32 поддерживает резервирование OPC-серверов историче-

ских данных (OPC HDA), согласованных по времени. Это достигается за счёт того, что приложение создаёт несколько конфигураций для гарантированного обеспечения синхронизации времени выводимых исторических данных. Встроенная технология хранения и восстановления данных обеспе-

чивает синхронизацию исторических данных между основными и резервными узлами с помощью файлов системного журнала. DataWorX32 поддерживает наиболее эффективные базы данных Microsoft SQL 2000 и SQL 2005 для резервирования (рис. 6).

Использование технологии OPC позволяет разработчику SCADA-системы свободно выбирать оборудование независимо от того, кто его производит. В прошлом разработчик был вынужден пользоваться только тем оборудованием, которое поддерживали те или иные программные модули и приложения. Использование же технологии OPC позволяет любому OPC совместимому клиентскому приложению получать доступ к любому устройству управления, у которого есть OPC совместимый сервер. Другое неоценимое преимущество технологии OPC состоит в том, что при её использовании снижаются риски и стоимость реализации проектов АСУ ТП. Это обусловлено тем, что применяемые OPC совместимые компоненты, производимые целым рядом компаний, работают на единой технологической основе. ●

**Автор — сотрудник  
фирмы ПРОСОФТ  
119313 Москва, а/я 81  
Телефон: (495) 234-0636  
Факс: (495) 234-0640  
E-mail: info@prosoft.ru**

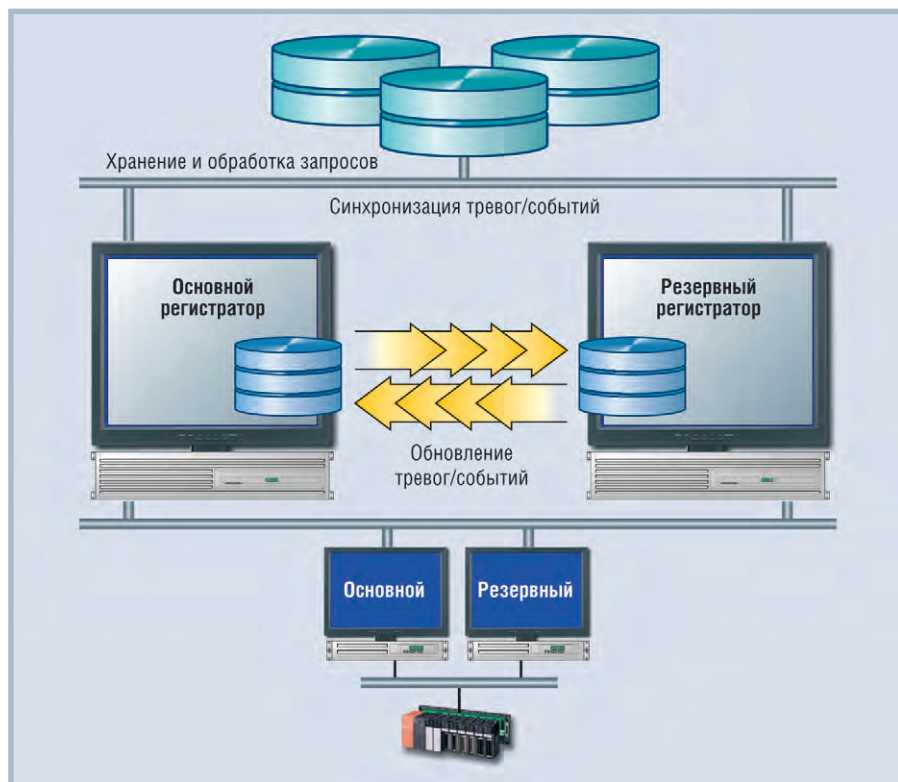


Рис. 6. Функциональная схема резервирования OPC-серверов данных





# Снижение стоимости разработки промышленных систем управления посредством использования адаптивной декомпозиции системных ресурсов

Роман Кипрушенков

С ростом сложности и объёма программного кода вероятность проявления проблем нехватки процессорного времени в конечном продукте возрастает — усложняется этап отладки и интеграции разрабатываемой системы при финальной сборке, увеличиваются затраты по выявлению и устранению дефектов. Использование запатентованной технологии адаптивной декомпозиции позволяет обеспечить приложения гарантированным реальным временем процессорной обработки, нейтрализовать угрозы, связанные с захватом процессорных ресурсов вредоносным и сбойным программным обеспечением. Происходит сокращение издержек по устранению неполадок, вызванных дефицитом процессорных ресурсов, продукт становится более надёжным и защищённым, выход конечного продукта на рынок происходит быстрее.

### Возрастающая сложность

Совсем недавно большинство промышленных систем управления имело ограниченные требования к программному обеспечению — как правило, оно содержало лишь несколько тысяч строк исходного кода. В настоящее время, однако, встраиваемая система управления может содержать в себе сотни тысяч или даже миллионы строк исходного кода и использовать большое количество взаимодействующих сложным образом программных компонентов, и это при условии ограниченного объёма памяти и процессорного времени.

Чтобы ускорить процесс разработки сложных систем, проект разделяется между многочисленными группами разработчиков, каждая из которых в ходе исполнения имеет свои собственные цели, схемы назначения приоритетов задач и подходы к оптимизации процесса выполнения. При данном параллельном способе разработки в процессе интегрирования подсистем, созданных каждой группой разработчиков, неизменно возникают вопросы, связанные с производительностью, прежде всего

из-за того, что различные подсистемы начинают конкурировать между собой за системные ресурсы. Подсистемы, прекрасно работающие в изолированном режиме, в этом случае начинают медленно реагировать на запросы, а порой и вообще дают сбой. Все усугубляется еще и тем, что многие из этих проблем возникают только в процессе интеграции и проверочного тестирования, когда стоимость перепроектирования и перекодирования программного обеспечения очень высока.

Диагностика и решение таких проблем чрезвычайно трудны. Разработчики должны уметь манипулировать приоритетами задач с возможным изменением поведения потоков в системе, а затем проводить повторное тестирование и уточнять собственные модификации. На этот процесс может уйти несколько рабочих недель, что приведёт к увеличению затрат и задержке выпуска продукта.

### Разделение как метод решения

В последнее время понятие разделения стало рассматриваться как способ

управления сложностью системы и обеспечения более высокой системной доступности. Кратко это можно определить как подход, дающий возможность командам разработчиков делить программное обеспечение на отдельные группы, где каждой группе назначается выделенная часть (или запас) системных ресурсов.

Как результат каждая составная часть обеспечивает стабильную, известную среду исполнения, которую команды разработчиков могут формировать и проверять индивидуально. Если программный процесс в пределах выделенной области без сбоев выполняется в ходе тестирования, можно с полной уверенностью сказать, что и на стадии интеграции он покажет такую же производительность.

Если деление статического ресурса, такого как память, на разделы не вызывает особых трудностей, разделить время процессорной обработки гораздо сложнее. Так как стоимость и энергопотребление для встраиваемых систем изначально имеют ограничения, процессоры для таких систем имеют сравни-

тельно небольшой запас производительности. Принимая во внимание эти условия, можно сказать, что процессорное время — это ограниченный ресурс, распоряжаться которым нужно очень бережно, особенно во время высокой загрузки процессора. Адаптивное распределение процессорного времени позволяет достичь этой цели.

## Планировщик ОС RV

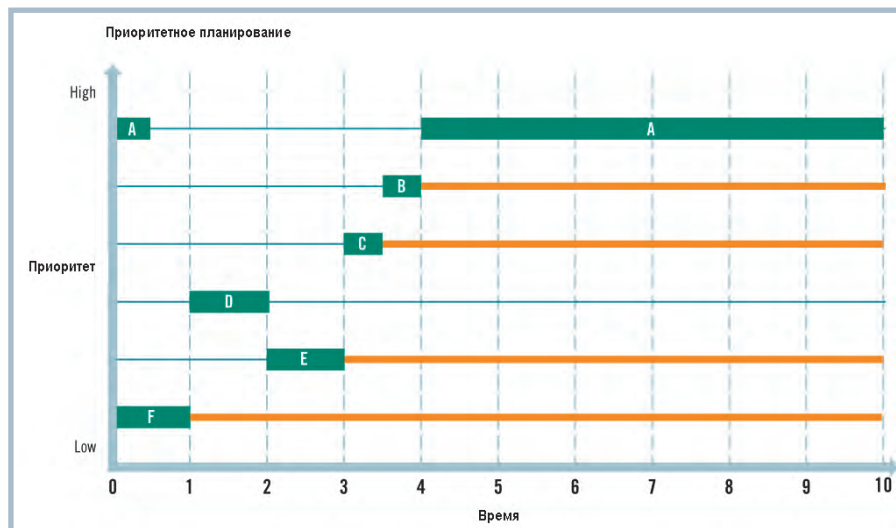
Чтобы понять необходимость распределения процессорного времени, нужно рассмотреть роль планирования во встраиваемой системе реального времени.

Для обеспечения переносимости кода большинство современных операционных систем поддерживает интерфейс прикладного программирования POSIX. Этот открытый стандарт определяет потоковую модель, в которой единичный процесс может содержать один или несколько исполняемых потоков. Чтобы достичь параллельности выполнения нескольких операций и производительности реального времени, необходимой для встраиваемых систем, операционные системы реального времени, основанные на стандарте POSIX, используют потоковый планировщик с приоритетными прерываниями.

Такой тип планировщика всегда позволяет назначить процессорное время потоку с более высоким приоритетом, требующему обработки. Когда поток с более высоким приоритетом (обычно запускаемый внешним событием) готов к обработке, происходит замещение им любого запущенного потока с более низким приоритетом.

Планировщик, основанный на приоритетах, обладает рядом преимуществ, включая

- предсказуемость периодов ожидания: назначая требующие немедленного исполнения функции потокам с высокими приоритетами, разработчики могут чётко контролировать время, которое понадобится системе для обработки внешних событий;
- параллельность выполнения и гибкость: используя приоритетный планировщик, встраиваемые системы могут одновременно обрабатывать различные типы задач (регулярно возникающие задачи с установленным временем исполнения, высокоприоритетные событийно-управляемые задачи и задачи, выполняемые в фоновом режиме);
- привычность и надёжность: приоритетный планировщик широко ис-



Условные обозначения:

■ в процессе выполнения; ■ в режиме ожидания; ■ в режиме готовности.

Рис. 1. Распределение задач при приоритетном планировании

пользуется в промышленных приложениях и хорошо понятен для разработчиков встраиваемых систем.

Когда поток обработан и готов к запуску, он располагается в очереди готовых потоков с одинаковым уровнем приоритетов. Политика работы планировщика, установленная для каждого потока разработчиком, определяет, какой поток из очереди готовых к запуску потоков будет выполняться следующим. Стандарт POSIX описывает три политики работы планировщика.

- Правило «первым пришёл — первым обслужен» (FIFO) гарантирует, что поток, выбранный для запуска, будет выполняться, пока не остановится или не будет вытеснен потоком с более высоким приоритетом.
- Правило циклического алгоритма (round robin) гарантирует, что поток будет выполняться, пока не остановится, не будет вытеснен потоком с более высоким приоритетом или не закончится отведённое ему время выполнения.
- Спорадическое правило определяет, как долго процесс будет выполняться в пределах отведённого ему времени.

При работе планировщика в спорадическом режиме поток имеет два назначенных приоритета — нормальный и низкий — и запускается с нормальным приоритетом в определённый период времени. Когда время работы с нормальным приоритетом заканчивается, поток запускается с низким приоритетом. Значение периода работы с нормальным приоритетом регулярно обновляется. Такой подход помогает предотвратить работу единичного потока с

высоким приоритетом в течение продолжительного времени. Тем не менее часто разработчики ограничивают использование спорадического режима работы планировщика, так как его трудно использовать в системах с большим количеством потоков.

## Управление приоритетами

Планировщик, основанный на приоритетах, функционирует не совсем «честно». Высокоприоритетная задача, требующая обработки, может захватить всё процессорное время, лишив обработки все другие задачи. В результате разработчикам приходится очень осторожно назначать и тестировать приоритеты задач во всей системе.

Когда возрастает сложность системы и увеличивается количество разработчиков, назначение и учёт приоритетов для большого количества потоков становится непосильно трудной задачей и причиной разногласий среди разработчиков. Понимая, что неограниченное назначение приоритетов может привести к хаосу (или к прекращению функционирования системы), разработчики часто сокращают количество используемых приоритетов. Однако такое решение имеет нежелательный побочный эффект — увеличение периодов ожидания. Так как большое количество потоков имеет одинаковый приоритет, очередь готовых к запуску потоков становится очень длинной. Готовый к запуску поток ожидает выполнения, пока до него не дойдет очередь.

Приоритетное планирование гарантирует, что наиболее критические задачи получают доступ к ресурсам процес-



сора, но также может быть причиной проблем в случае, когда высокоприоритетная задача неумышленно или намеренно потребляет все доступные циклы процессора (рис. 1). Например, задача А препятствует всем другим задачам в получении доступа к процессору с момента своего запуска (4-я единица времени).

Более того, планировщик, основанный на приоритетах, может допустить полную загрузку процессора вредоносным программным обеспечением или процессом отказа от обслуживания поступивших запросов (DoS attack), делая таким образом систему недоступной для пользователей.

В целях предотвращения таких проблем разработчики программного обеспечения выбирают одно из двух возможных решений:

- использование управляющего процесса-диспетчера или «сторожевого» процесса, который отслеживает загрузку процессора потоками.
- использование алгоритма выделения процессорного времени, управляемого операционной системой, который назначает определённое процессорное время каждому потоку.

### «Сторожевые» процессы

Иногда группа связанных потоков лишает другие потоки процессорного времени. В других случаях недостаток времени процессорной обработки — это результат заикливания одного высокоприоритетного потока. Чтобы предотвратить такие моменты, «сторожевой» процесс следит за загрузкой процессора и осуществляет корректирующие действия в случае обнаружения превышения потоком бюджета установленного времени процессорной обработки.

Тем не менее не существует простого способа нейтрализовать использование процессора вышедшим из-под



Рис. 2. Пример упрощённой системы автоматизации

контроля потоком. В связи с этим «сторожевой» процесс должен использовать кардинальные меры, такие как перезапуск защищённого процесса (и всех его порождённых процессов) или снижать приоритеты защищённых потоков или процессов.

Более того, метод «сторожевого» процесса не работает гладко со всеми процессами и потоками. Например, некоторым процессам необходимо полностью использовать процессор в определённые моменты времени, это порождает необходимость обращения «сторожевого» процесса к списку исключений, чтобы поддерживать правильное функционирование системы.

«Сторожевой» процесс может также поглощать значительный объём про-

цессорного времени. Например, приходится через определённые интервалы времени регулярно посылать запрос операционной системе, чтобы правильно определять использование процессора всеми потоками, а затем сравнивать полученную информацию с данными предыдущего интервала. Также необходимо учитывать все случаи исключения, упомянутые ранее. Так как «сторожевой» процесс выполняется с более высоким приоритетом, чем все другие потоки, за которыми он следит, он и сам может стать причиной лишения задач процессорного времени.

«Сторожевой» процесс обладает и другими побочными эффектами, включая замедленное время отклика, ограничение использования процессорного времени «законным» процессом.

### Алгоритм выделения процессорного времени, управляемого операционной системой

Некоторые операционные системы реального времени поддерживают фиксированное выделение процессорных ресурсов группам потоков. Такой подход обеспечивает некий контейнер для процессов и потоков, называемый разделом, которому выделяется фиксированная доля процессорного времени. Например, для группы потоков, имеющих общее предназначение, разработчик выделяет раздел с фиксированным бюджетом в 5% от общего объема процессорного времени. Планировщик раздела будет в этом случае гарантировать, что данный раздел получит назначенный объём процессорного времени.

Используя подход временного разделения, при разработке можно задать бюджет гарантированного процессорного времени для каж-

**МИР НАДЕЖНЫХ РЕШЕНИЙ  
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ**

**TIME SWD MASTER**

Стартовые комплекты SWDTimeMaster — готовые программно-аппаратные комплекты разработчика на основе QNX Momentics и аппаратного обеспечения ведущих производителей. Позволяют развернуть готовый макет прямо «из коробки» и сразу приступить к разработке целевого ПО.

Мультимедийный каталог стартовых комплектов SWDTimeMaster доступен в SWD Software с 1 ноября 2006 г.

Комплексные решения на основе проверенных продуктов

Поддерживаемые платформы

Программные продукты

Стартовые комплекты

Учебный центр

Консалтинг

Техническая поддержка

Заказные разработки

**#200**

**swd** SOFTWARE

официальный дистрибутор QNX  
Тел.: (812) 702-0833  
Факс: (812) 373-0497  
www.swd.ru

**ProSoft**

авторизованный реселлер QNX  
Тел.: (495) 234-0636  
Факс: (495) 234-0640  
www.prosoft.ru

Реклама

Профессиональный сервис SWD Software

дой значимой подсистемы программного продукта. Разработчик таким образом получает гарантию того, что полная загрузка системных ресурсов одной подсистемой не повлияет на функционирование других подсистем. Такой подход предотвращает поглощение всех ресурсов процессора одним потоком, даже если поток запущен с самым высоким уровнем приоритета.

В пределах раздела обработка потоков планируется с учётом традиционных правил прерывания планировщика, основанного на приоритетах. К разделу применяются стандартные правила планировщика: FIFO, round robin и спорадическое правило. В результате каждый раздел становится мини-средой исполнения.

Работа планировщиков разделов различается. Некоторые чётко распределяют бюджетное время процессорной обработки, так что каждый раздел получает установленный бюджет процессорных ресурсов, даже когда в этом нет особой необходимости. Другие могут динамически распределять неиспользуемые ресурсы процессора другим разделам, максимизируя таким образом использование процессора и позволяя системе справляться с пиками запросов.

### УПРОЩЕНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ И ИНТЕГРАЦИОННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Распределение процессорного времени облегчает процесс параллельной разработки, позволяя разработчику назначить гарантированный бюджет процессорных ресурсов для каждой подсистемы. Такой подход устраняет необходимость применять глобальные схемы приоритетов и позволяет разработчикам определять схемы приоритетов на уровне подсистем в зависимости от потребностей. В результате становится возможным ведение процесса параллельной разработки.

При тестировании функционирования подсистемы внутри раздела разработчики могут создавать условия полной загрузки процессора вне этого раздела, симулируя таким образом работу системы при полной загрузке процессора. Это позволяет разработчикам производить отладку своего программного кода в неблагоприятных условиях полного использования системных ресурсов. В результате решается большое количество проблем, связанных с производительностью и использованием про-

цессорного времени до стадии интеграции системы.

Чтобы оценить все преимущества разделения процессорного времени, рассмотрим относительно простую систему, спроектированную без использования алгоритма распределения процессорного времени. Система, изображённая на рис. 2, содержит следующие процессы:

- процесс со средним приоритетом, ответственный за функционирование локального человеко-машинного интерфейса;
- процесс со средним приоритетом, производящий периодическое сенсорное сканирование;
- процесс с высоким приоритетом, ответственный за управление двигателем;
- процесс с низким приоритетом, ответственный за функционирование удалённой системы мониторинга, которая посылает обновлённые данные центральной системе мониторинга, основанной на Интернет-технологии.

На этапе интеграции, когда вся система собрана, система web-мониторинга работает прекрасно до тех пор, пока не используется локальный человеко-машинный интерфейс. При его использовании система мониторинга «замирает» и перестаёт отображать обновлённые данные. Проблемы возникают, когда к процессу управления двигателем, работающему с высоким приоритетом, добавляется процесс, отвечающий за команды локального человеко-машинного интерфейса, абсолютно вытесняя процесс мониторинга с более низким приоритетом. Анализ приоритетов объясняет, почему это происходит. При полной загрузке процессора процессы с малым приоритетом не получают процессорного времени обработки.

Чтобы решить данную проблему, разработчик назначает процессу, отвечающему за команды локального человеко-машинного интерфейса, более низкий приоритет, чем процессу мониторинга. Однако это делает невозможным адекватную работу человеко-машинного интерфейса. Назначение среднего приоритета трём процессам: процессу, производящему сенсорное сканирование, процессу, ответственному за функционирование удалённой системы мониторинга, и процессу, отвечающему за команды локального человеко-машинного интерфейса, — также ничего не да-

ёт — производительность трёх процессов снижается. Так как переназначение приоритетов не даёт должного результата, разработчик должен сделать следующий шаг и попытаться изменить поведение потока, а это дорогостоящее решение на стадии интеграции.

Разделение процессорного времени позволяет избежать всех этих проблем. Например, разработчик может установить бюджет процессорного времени для каждого из четырех разделов (рис. 3): 10% для процесса, отвечающего за команды локального человеко-машинного интерфейса, 10% для процесса, ответственного за функционирование удалённой системы мониторинга, 30% для процесса, производящего сенсорное сканирование, и 50% для процесса, ответственного за управление двигателем.

При таком подходе каждый раздел будет функционировать в соответствии с выделенным бюджетом процессорного времени. При сборке системы на стадии интеграции все процессы гарантированно получают выделенную бюджетом долю процессорного времени. В результате ни один процесс не будет обделён процессорными ресурсами и, более того, у разработчика появится возможность настройки производительности системы простой регулировкой бюджетов процессорного времени для каждого из разделов.

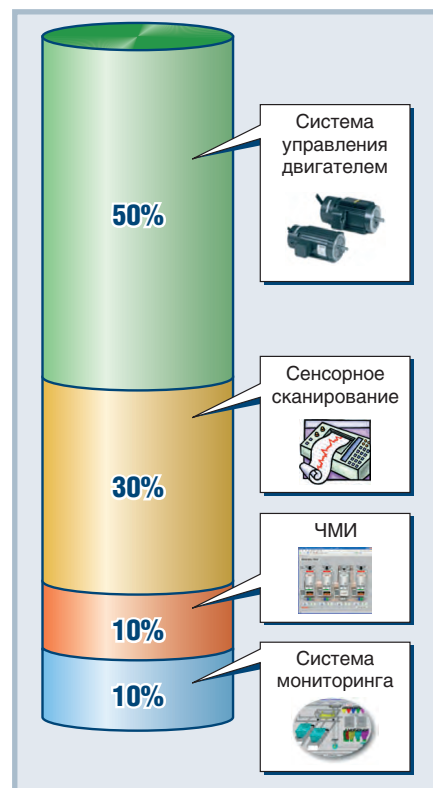


Рис. 3. Распределение бюджетов процессорного времени между процессами



Подсчёт экономической эффективности

Использовать схему «создание, тестирование, обнаружение, отладка» в условиях, когда задачам недостаёт процессорных ресурсов, — это очень дорого. Часто недостаток системных ресурсов — это следствие сбойного, необъяснимого поведения системы, а не серьёзных поломок. В результате достаточно трудно собрать адекватную информацию о возникших проблемах. Обычно поиск такого рода неисправностей требует как наличия детальных знаний об устройстве системы, так и большого объёма кропотливой работы — в итоге требуется целая команда специалистов, чтобы обнаружить проблему и найти пути её решения. Процесс включает в себя следующие действия.

- 1. Тестер создаёт отчет о проблеме, описывающий неожиданное поведение системы при тестировании. Так как проблему сложно воспроизвести, тестер не может собрать достаточную информацию, способную облегчить решение проблемы.
- 2. Разработчик производит серию тестовых запусков, пытаясь воспроизвести описанную проблему. Как правило, разработчик обнаруживает, что дело не в конкретном процессе, а в некотором другом, который полностью загружает процессор, лишая таким образом все другие процессы процессорного времени обработки.
- 3. На этом этапе границы поиска решения проблемы расширяются, в процесс вовлекается больше специалистов. Решение может состоять в настройке приоритетов потока или в изменении поведения процесса.

Затраты времени на решение проблемы

| Задача                                                                                     | Необходимое время |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. Проверка и создание отчёта о проблеме (1 человек тестирует и создает отчёт)             | 1 день            |
| 2. Первоначальный этап выявления неисправности (1 человек отвечает за устранение проблемы) | 2 дня             |
| 3. Совместное выявление неисправности (3 человека принимают участие)                       | 3 дня             |
| 4. Совместное решение проблемы (3 человека принимают участие, каждый тратит 3 рабочих дня) | 9 дней            |
| 5. Перепроверка (1 человек заново тестирует систему)                                       | 1 день            |
| Всего трудозатрат                                                                          | 16 дней           |

4. Каждый привлеченный к процессу разработчик выполняет необходимые изменения и тестирует свою часть проекта, затем интегрирует изменения в систему.

5. Тестер выполняет повторное тестирование и закрывает отчёт об ошибке при условии, что в ходе этих мероприятий не было выявлено дополнительных проблем или ошибок.

Исходя из описанного алгоритма поиска неисправностей, составляем таблицу затрат на отладку одной проблемы (табл. 1).

Из этого примера видно, как недостаток процессорного времени проекта обработки может увеличить затраты на разработку и задержать сдачу проекта; в нашем случае это две-три календарные недели. И это при том, что в нашем примере рассматривается система только с четырьмя потоками, в то время как многие промышленные системы содержат сотни и даже тысячи потоков, для каждого из которых существует сотня способов занять всё процессорное время.

Так как стадия интеграции системы занимает больше всего времени при разработке проекта, оптимизация этой стадии приводит к сокращению издер-

жек производства и тем самым способствует более быстрому выходу конечного продукта на рынок.

Минимум усилий

С ростом сложности и объёма программного кода вероятность появления проблем нехватки процессорного времени и других дефектов в конечном продукте возрастает. Стоимость устранения таких неполадок, после того как система была собрана, возрастает многократно, не говоря уже об ударе по репутации разработчика и других финансовых издержках, с этим связанных. Фирмы-поставщики и разработчики, которые создают программные продукты для систем промышленной автоматизации, должны использовать любые возможности и методы, находящиеся в их распоряжении, чтобы обеспечить корректность отладки и полноценное тестирование своих программ.

Более сложная задача, однако, найти и воплотить технологии разработки, которые минимизируют усилия разработчиков и используемые компьютерные ресурсы. При условии правильного применения технология адаптивного распределения процессорного времени является таким решением. Более того, она

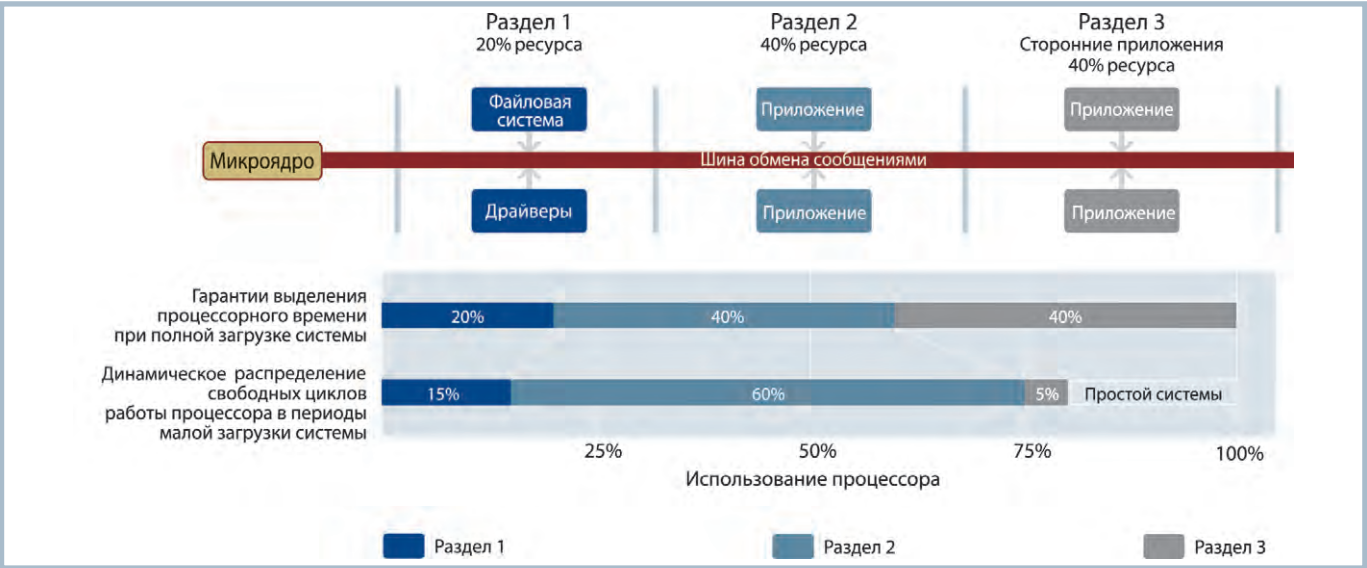


Рис. 4. Распределение процессорных ресурсов при использовании технологии адаптивной декомпозиции



Система менеджмента  
качества соответствует  
ISO 9001 : 2000



Комплексные системы учёта  
и управления энергоресурсами (КСУЭР),  
в том числе АИИС КУЭ ОРЭ

Системы телемеханики

Приборы и системы автоматики для  
электрических сетей и подстанций

Аппаратура ВЧ-связи

Автоматизированные системы управления технологическими  
процессами (АСУ ТП) для предприятий различных отраслей  
промышленности

Промышленные информационные  
и диспетчерские системы

Поставка оборудования и программного обеспечения  
для систем промышленной автоматизации

Биометрические системы контроля  
и управления доступом



Инженерная компания  
**ООО «ПРОСОФТ-СИСТЕМЫ»**  
620102, Екатеринбург  
ул. Волгоградская, 194а  
Тел.: (343) 376-28-20  
Факс: (343) 376-28-30  
E-mail: [info@prosoftsystems.ru](mailto:info@prosoftsystems.ru)  
<http://www.prosoftsystems.ru>



обеспечивает повышение надёжности и отказоустойчивости систем, предотвращая захват ресурсов процессора вредоносными программами или процессами отказа от обслуживания поступивших запросов (DoS attack). Таким образом, мы имеем технологию, которая позволяет разработчикам встраиваемых приложений создавать не только хорошо интегрируемые, но и хорошо защищённые системы.

### Технология адаптивной декомпозиции

Запатентованная технология адаптивной декомпозиции QNX позволяет обеспечить вашим приложениям гарантированное реальное время выполнения, нейтрализовать угрозы и защитить вашу систему.

Каких целей можно достичь путём выполнения применения технологии адаптивной декомпозиции QNX при разработке промышленных систем управления?

**Создавать защищённые системы:** вредоносное программное обеспечение может помешать нормальной работе важных системных функций, ограничивая время их доступа к процессорной обработке. Чтобы избежать этого, тех-

нология адаптивной декомпозиции QNX позволяет вам создавать раздел между ключевыми процессами вашей системы и сторонним программным обеспечением, таким образом защищая систему.

**Повысить эффективность использования процессора:** в отличие от статичных подходов к декомпозиции с помощью циклического планировщика, технология адаптивной декомпозиции распознаёт циклы загрузки процессора и периоды, когда система работает вхолостую. С технологией адаптивной декомпозиции исключается неэффективное расходование времени при простое системы. Так, неиспользуемые циклы работы процессора с одного блока процессов могут быть динамически перераспределены на другие, следовательно, общее время эффективной работы процессора увеличивается. Технология адаптивной декомпозиции обеспечивает простое надёжное решение для систем, выполняющих ограниченный круг задач с интенсивной загрузкой процессора.

**Быстро начать работу:** технология адаптивной декомпозиции использует стандартную модель программирования POSIX, у вас будет возможность исполь-

зовать знакомую среду разработки, привычную для любой встраиваемой системы технику программирования и отладки. Вы можете применить технологию адаптивной декомпозиции, просто определив размер блока и решив, какое приложение или процесс будет использовать определённый блок. С технологией адаптивной декомпозиции QNX приложения и системные службы будут запускаться в собственных блоках.

Запатентованная технология адаптивной декомпозиции от компании QNX Software Systems позволяет выделять приложениям и процессам гарантированный ресурс процессорного времени при полной загрузке системы, а также динамически распределяет свободные циклы работы процессора в периоды его малой загрузки (рис. 4).

Обеспечивая гарантированное время процессорной обработки для каждой программной подсистемы, адаптивная декомпозиция заметно сокращает трудозатраты на интеграцию всей системы. ●

**Автор — сотрудник  
компании SWD Software  
Телефон: +7 (812) 373-0260,  
702-0833  
Факс: +7 (812) 373-0497**

**VIPA®**  
art of automation

**SPEED7**

*Когда скорость реакции имеет значение!*

- Время выполнения логических команд 15 нс
- Параллельная шина расширения SPEED-Bus
- Высокоскоростные модули ввода-вывода
- Рабочая память до 8 Мбайт
- Программирование с помощью STEP7 фирмы Siemens
- Порт RS-485 с поддержкой протоколов Profibus DP, ASCII, STX/ETX, 3964R, USS и Modbus
- Порт Ethernet с поддержкой функций связи PG/OP
- Интерфейс MP2I

**Контроллеры VIPA на базе технологии SPEED7**



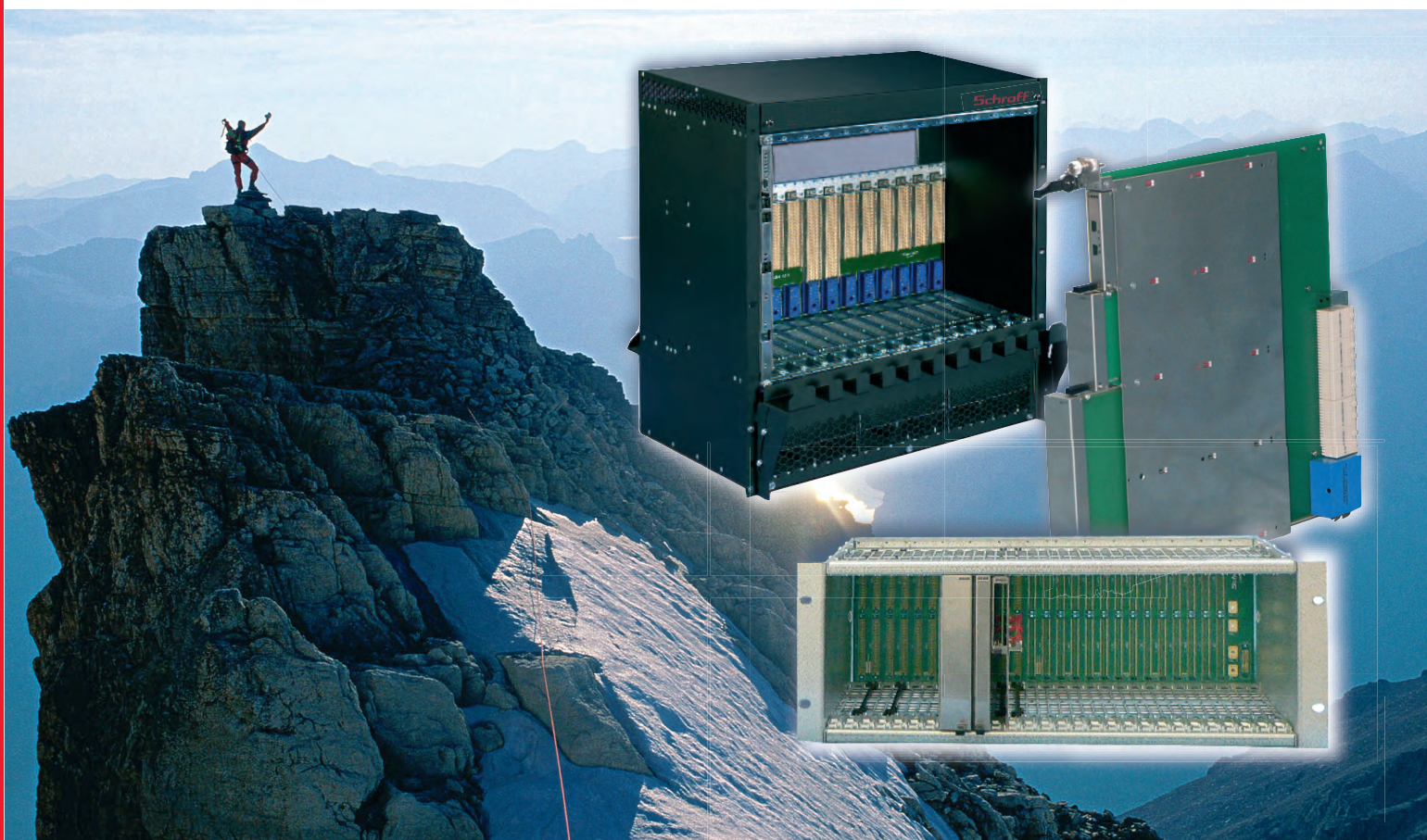
**PROSOFT®**

Тел.: (495) 234-0636 • E-mail: info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Реклама

**#286**

## Новые горизонты - новые возможности!



### Advanced TCA®

- Для высокопроизводительных телекоммуникационных систем обработки и передачи данных
- Для мощных вычислительных комплексов и систем реального времени
- Высокая надежность и готовность систем с резервированной архитектурой и возможностью «горячей» замены модулей

### Advanced MC™

- Мезонинные платы для расширения функциональных возможностей систем Advanced TCA®
- Все механические компоненты плат Advanced MC™ как стандартные продукты

### μTCA™

- Модульный стандарт для размещения мезонинных плат Advanced MC™ в блочном каркасе — возможность снижения стоимости систем Advanced MC™
- Оптимальное решение для широкого круга задач

**Schroff®**

Дополнительная информация: [www.a-tca.com](http://www.a-tca.com)

**ProSoft®**

МОСКВА Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640  
E-mail: [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru) • Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

 **Pentair**  
Enclosures



## ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации

### Часть 2

#### Регулятор отношений

Задача регулирования отношений возникает, когда важно поддерживать не абсолютные значения параметров, а соотношение между ними. Например, если решается задача смешивания компонентов в заданных пропорциях, поддерживается горение с заданным процентным содержанием кислорода в горючей смеси и т.п.

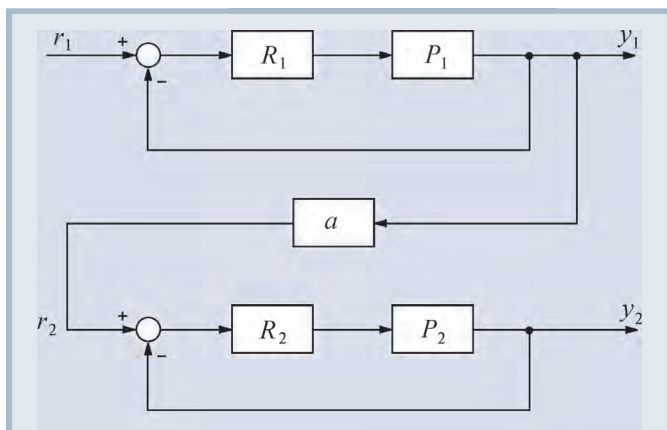


Рис. 18. ПИД-регулятор отношений  $y_2/y_1 = a$

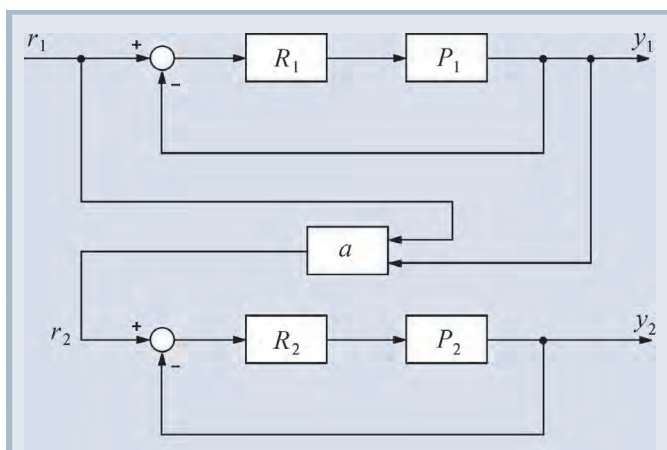


Рис. 19. ПИД-регулятор отношений  $y_2/y_1 = a$  с увеличенным быстродействием

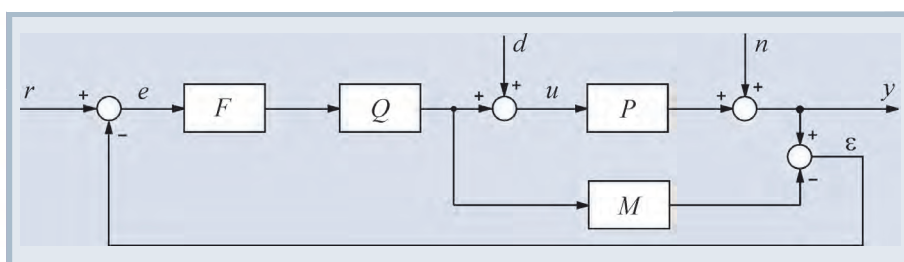


Рис. 20. Регулятор с внутренней моделью  $M$  в составе замкнутой системы

Пример решения данной задачи представлен на рис. 18 [5]. Первый регулятор поддерживает выходную величину  $y_1$  равной значению уставки  $r_1$ . Значение уставки второго регулятора пропорционально регулируемой величине первого регулятора:  $r_2(t) = ay_1(t)$ . Величина отношения устанавливается блоком  $a$  и может изменяться в соответствии с алгоритмом работы системы. Сигнал желательно брать именно с выхода системы  $y_1$  — это повышает точность, поскольку  $y_1(t)$  отличается от  $r_1(t)$  на величину погрешности, которая в динамике может быть значительной.

Кроме того, величина  $y_1(t)$  всегда изменяется с некоторой задержкой относительно  $r_1(t)$ . Поэтому величина  $y_2(t)$  будет отставать по времени от желаемого значения  $ay_1(t)$ . Смягчить данную проблему позволяет структура, показанная на рис. 19. Здесь блок  $a$  имеет два входа и описывается выражением:

$$r_2(t) = a[\gamma r_1(t) + (1 - \gamma)y_1(t)],$$

где  $\gamma$  — параметр, определяющий вклад  $r_1(t)$  или  $y_1(t)$  в величину  $r_2(t)$ . При  $\gamma = 0$  эта структура идентична структуре, показанной на рис. 18.

#### Регулятор с внутренней моделью

Если модель  $M(s)$  объекта  $P(s)$  идентифицирована, то можно не рассчитывать параметры ПИД-регулятора, а использовать регулятор с показанной на рис. 20 структурой [9]. Здесь  $F(s)$  — фильтр, обычно выбираемый с передаточной функцией

$$F(s) = \frac{1}{1 + sT_f}, \quad (20)$$

а  $Q$  — обращённая модель объекта, то есть  $Q(s) \approx M^{-1}(s)$ . Знак приближённого равенства стоит потому, что обращение модели редко можно выполнить точно (см. раздел «Нахождение обратной динамики объекта»).

Для описания принципа действия регулятора, представленного на рис. 20, предположим сначала, что возмущения  $n$  и шумы измерений  $d$  отсутствуют, а модель объекта управления и обращённая модель являются точными, то есть

$$M(s) = P(s), \quad Q(s) = M^{-1}(s). \quad (21)$$

Тогда разность между сигналами на выходах процесса и модели равна нулю:  $\epsilon = 0$ . Но в таком случае  $y = PQFr$ , и учитывая, что  $QP = 1$  в силу (21), получим

$$y = Fr. \quad (22)$$

Поскольку согласно (20) в установившемся режиме  $F(s) = 1$ , то в результате

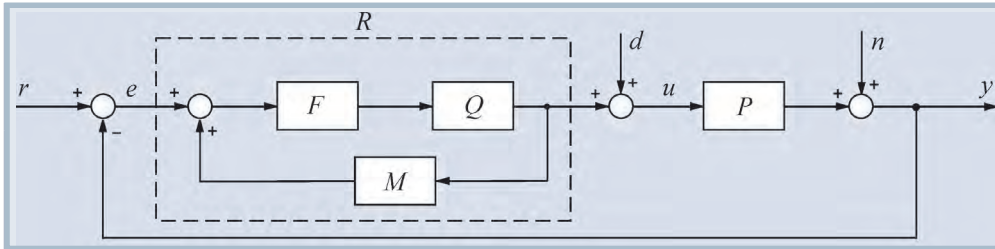


Рис. 21. Регулятор с внутренней моделью  $M$  в классической форме представления (с регулятором  $R$ ) в составе замкнутой системы

имеем  $y = r$ . Таким образом, регулятор с внутренней моделью точно поддерживает значение уставки в статическом режиме.

Фильтр нижних частот  $F(s)$  в такой структуре с помощью настройки граничной частоты  $1/T_F$  позволяет выбрать компромисс между запасом устойчивости и быстродействием замкнутой системы.

Регулятор, представленный на рис. 20, путём переноса блока вычисления разности  $\epsilon$  может быть преобразован в эквивалентную классическую форму ПИД-регулятора (рис. 3, рис. 21), где

$$R(s) = \frac{F(s)Q(s)}{1 - F(s)Q(s)M(s)}. \quad (23)$$

В общем случае регулятор (23) может иметь высокий порядок, который определяется порядком объекта.

Для объектов управления первого порядка регулятор с внутренней моделью полностью эквивалентен ПИД-регулятору, если задержку  $e^{-sL}$  заменить Паде-аппроксимацией первого порядка [5].

Важной особенностью регулятора с внутренней моделью является возможность настройки робастности независимо от выбора остальных параметров регулятора. Для этого выбирают соответствующий фильтр  $F$  или параметр  $T_F$  для фильтра первого порядка (20). Регулятор с внутренней моделью может дать очень хорошую реакцию на изменение уставки, однако реакция на внешние возмущения может быть слишком замедленной, поскольку в выражении (23) сокращаются нули и полюса передаточной функции [10].

Проектирование регулятора с внутренней моделью происходит следующим образом [9]. Сначала находят и оптимизируют обратную модель  $Q(s)$ , исходя из требований к качеству переходного процесса при изменении уставки и не обращая внимания на робастность. Для получения начального приближения  $Q(s)$  предполагают, что  $M(s) = P(s)$ , и используют методы обращения динамического оператора, описанные в разделе «Нахождение обратной динамики объекта». Единственным ограничением при оптимизации передаточной функции  $Q(s)$  является требование её асимптотической устойчивости. После этого выбирают структуру и параметры фильтра  $F(s)$ , добиваясь требуемой робастности системы при заданном быстродействии. Поскольку в идеальном случае (22) свойства замкнутой системы определяются характеристикой выбранного фильтра, его граничная частота в этом случае определяет быстродействие всей замкнутой системы.

Для объектов, у которых транспортная задержка  $L$  составляет менее 0,25 от доминирующей постоянной времени объекта  $T$ , постоянную времени фильтра приближённо можно выбрать из диапазона  $0,1T < T_F < 0,5T$  [9]. Если  $0,25 < L < 0,75$ , то  $T_F \approx 1,5(L + T)$ . Если транспортная задержка ещё

больше, то постоянную времени фильтра увеличивают далее, выбирая в качестве начального приближения  $T_F = 3(L + T)$  [9].

Пример реакции системы со встроенной моделью на изменение уставки  $r(t)$ , импульс помехи  $n(t)$  и возмущение  $d(t)$  приведён на рис. 22. Объект описывается передаточной функцией вида

$$M(s) = \frac{1}{(0,1s + 1)^2} e^{-0,005s}.$$

Модель описывается передаточной функцией

$$M(s) = \frac{0,9}{(0,07s + 1)(0,1s + 1)},$$

то есть модель не точно соответствует объекту. Обратный оператор

$$Q(s) = \frac{0,06s + 1,111}{0,001s + 1}.$$

Отметим, что для обеспечения точности в установившемся режиме должно выполняться соотношение  $Q(0)M(0) = 1$ , поскольку коэффициент передачи регулятора в установившемся режиме должен стремиться к бесконечности (23). На рис. 22 кривая 1 соответствует случаю, когда модель точно соответствует объекту, а постоянная времени фильтра  $T_F = 0,05$  мс. Как видим, повышение точности модели и уменьшение постоянной времени фильтра позволяют существенно увеличить быстродействие системы, однако реакция на возмущающие воздействия при этом изменяется слабо.

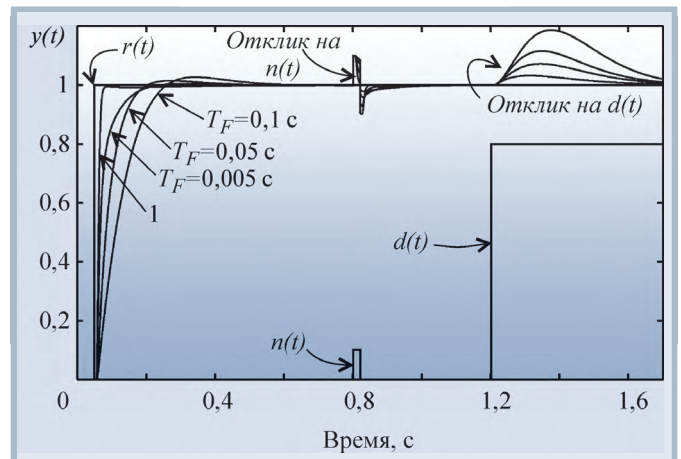


Рис. 22. Реакция системы со встроенной моделью на изменение уставки  $r(t)$ , импульс помехи  $n(t)$  и возмущение  $d(t)$  при разных параметрах фильтра  $T_F$

### ПИД-регуляторы для систем с транспортной задержкой. Предиктор Смита

Типовая переходная характеристика объекта управления, в котором происходит перенос тепла, показана на рис. 23. После задержки длительностью  $L$  происходит плавное нарастание температуры.

Существуют также объекты, в которых транспортная задержка может быть как угодно большой по сравнению с длительностью переходного процесса (рис. 24). Примером могут



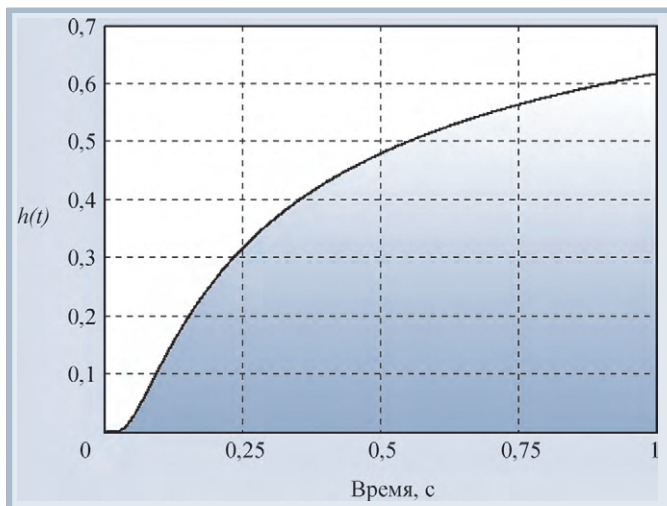


Рис. 23. Переходная характеристика пространственно протяжённого теплового объекта

служить процессы, связанные с перемещением тел в пространстве, обычно с транспортировкой по трубам и транспортёрным лентам.

Поскольку у звена с транспортной задержкой сдвиг фаз  $\varphi = -\omega L$  увеличивается с ростом величины задержки  $L$ , а частота  $\omega_{180}$  увеличивается с уменьшением длительности переходного процесса  $L + T$ , то отношение  $L/(L + T)$  характеризует сложность управления объектом.

#### Предиктор Смита

Для управления объектами с большой транспортной задержкой, обычно при

$$\frac{L}{L+T} > 0,2 \dots 0,5,$$

используют специальные структуры ПИД-регуляторов, содержащие блоки для предсказания поведения объекта через время  $L$  (предикторы, от английского слова “prediction”). Структура такого регулятора была предложена Смитом в 1957 году [11] и иногда называется предиктором Смита. Предиктор Смита включён в некоторые промышленные ПИД-регуляторы.

Цель предиктора Смита – предсказать, какой сигнал должен появиться на выходе объекта до того, как он там появится на самом деле. Для предсказания можно использовать модель объекта управления, состоящую из дробно-рациональной части  $M_o$  и транспортной задержки  $e^{-sL}$ . Благодаря тому что из модели можно исключить задержку, появляется принципиальная возможность предсказания поведения объекта до появления сигнала на его выходе.

Реализуется эта возможность системой со структурой, показанной на рис. 25. Здесь  $R$  – обычный ПИД-регулятор,  $P_o e^{-sL}$  – передаточная характеристика объекта управления.

Принцип работы системы состоит в следующем. Предположим, что модель абсолютна точна. Тогда разность сигналов на выходах модели и объекта будет равна нулю ( $\varepsilon = 0$ ). Но в таком случае непосредственно из схемы на рис. 25 можно получить:

$$y = P_o e^{-sL} \left( \frac{R}{1 + R M_o} \right) r = \left( \frac{P_o R}{1 + P_o R} \right) e^{-sL} r.$$

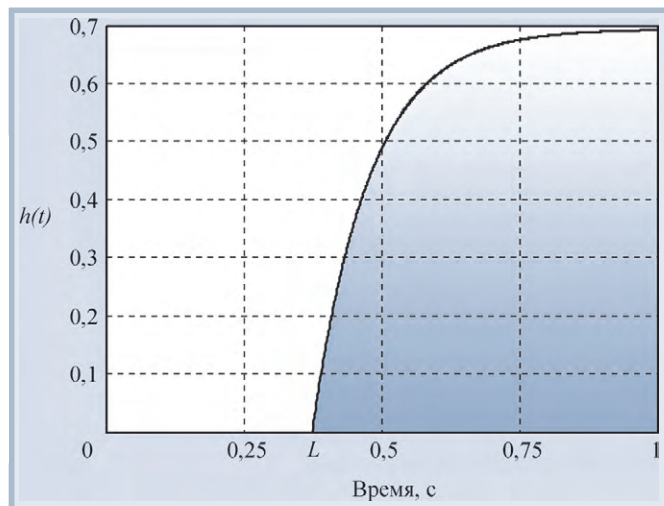


Рис. 24. Переходная характеристика объекта с транспортной задержкой

В этом выражении член  $\left( \frac{P_o R}{1 + P_o R} \right)$  представляет собой пере-

даточную функцию системы без транспортной задержки. А это значит, что звено с транспортной задержкой не входит в контур обратной связи и не влияет на устойчивость и быстродействие системы, то есть происходит регулирование в контуре с моделью без задержки, а транспортная задержка только добавляется к полученному результату.

Рассмотрим теперь работу предиктора Смита без предположения  $\varepsilon = 0$ . В этом случае схему на рис. 25 можно описать следующими уравнениями:

$$y = P_o e^{-sL} R(r - \varepsilon - M_o u), \quad \varepsilon = y - M_o e^{-sL} u, \quad y = P_o e^{-sL} u,$$

откуда можно найти

$$y = \left[ \frac{P_o R}{1 + R M_o + R(P_o - M_o)e^{-sL}} r \right] e^{-sL}. \quad (24)$$

Как видим, с ростом точности модели разность  $(P_o - M_o)$  в знаменателе стремится к нулю и из передаточной функции системы исключается транспортная задержка, которая только добавляется к уже полученному результату регулирования (в квадратных скобках (24)).

С помощью топологических преобразований структурных схем можно получить много эквивалентных между собой структур систем с предиктором Смита. Две из них представлены на рис. 26. Можно показать, что они описываются тем же уравнением (24).

#### ППИ-регуляторы

ППИ-регулятор (сокращение от «Предиктивный ПИ») является модификацией предиктора Смита, которая распространена в АСУ ТП более широко, чем сам предиктор Смита. Один из вариантов ППИ-регулятора представлен на

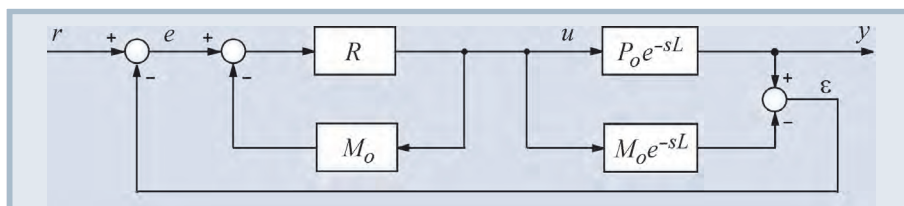


Рис. 25. Система управления с предиктором Смита

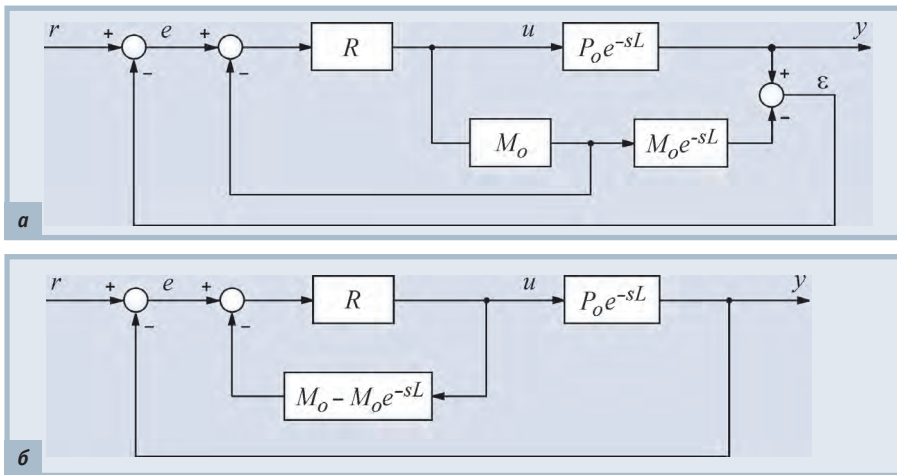


Рис. 26. Модификации системы управления с предиктором Смита

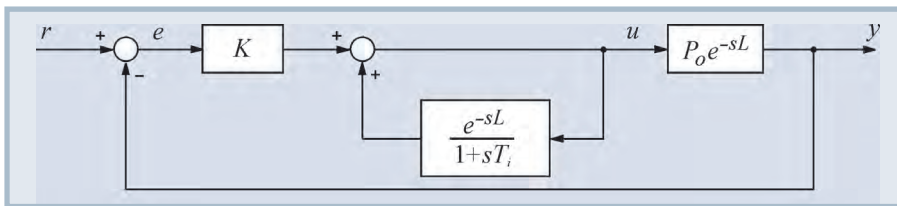


Рис. 27. Система управления с ППИ-регулятором

рис. 27 [9]. Существует много модификаций структуры, изображённой на рис. 27, например, см. [5].

### Нечёткая логика, нейронные сети и генетические алгоритмы

ПИД-регуляторы, описанные в предыдущих разделах, имеют плохие показатели качества при управлении нелинейными и сложными системами, а также при недостаточной информации об объекте управления. Характеристики регуляторов в этих случаях можно улучшить с помощью методов нечёткой (фаззи-) логики, нейронных сетей и генетических алгоритмов. Перечисленные методы за рубежом называют «soft-computing», подчеркивая их отличие от «hard-computing», состоящее в возможности оперировать с неполными и неточными данными. В одном контроллере могут применяться комбинации перечисленных методов (фаззи-ПИД, нейро-ПИД, нейро-фаззи-ПИД-регуляторы с генетическими алгоритмами).

Основным недостатком нечётких и нейросетевых контроллеров является сложность их настройки (составления базы правил и обучения нейронной сети).

### Нечёткая логика в ПИД-регуляторах

Нечёткое управление (управление на основе методов теории нечётких множеств) [12] используется при недостаточном знании объекта управления, но наличии опыта управления им, в нелинейных системах, идентификация которых слишком трудоёмка, а также в случаях, когда по условию задачи необходимо использовать знания эксперта. Примером может быть доменная печь или ректификационная колонна, математическая модель которых содержит много эмпирических коэффициентов, изменяющихся в широком диапазоне и вызывающих большие затруднения при идентификации [12]. В то же время квалифицированный оператор достаточно хорошо управляет такими объектами, пользуясь показаниями приборов и накопленным опытом.

ПИД-регуляторы с нечёткой логикой в настоящее время используются в коммерческих системах для наведения теле-

камер при трансляции спортивных событий, в системах кондиционирования воздуха, при управлении автомобильными двигателями, для автоматического управления двигателем пылесоса и в других областях.

Поскольку информация, полученная от оператора, выражена словесно, для её использования в ПИД-регуляторах применяют лингвистические переменные и аппарат теории нечётких множеств, который был разработан Л. Заде в 1965 году [13]. Основная идея этой теории состоит в следующем. Если в теории чётких множеств некоторый элемент (например, температура 50 градусов) может принадлежать множеству (например, множеству «температура горячей воды  $T_{гор.}$ ») или не принадлежать ему, то в теории нечётких множеств вводится понятие функции принадлежности, которая характеризует степень принадлежности элемента множеству. При этом говорят, например, «температура 50 градусов принадлежит множеству  $T_{гор.}$  со степенью принадлежности 0,264». Функцию принадлежности можно приближённо трактовать как вероятность того, что данный элемент принадлежит множеству [14], однако такая интерпретация, хотя и является для инженеров более понятной, не является мате-

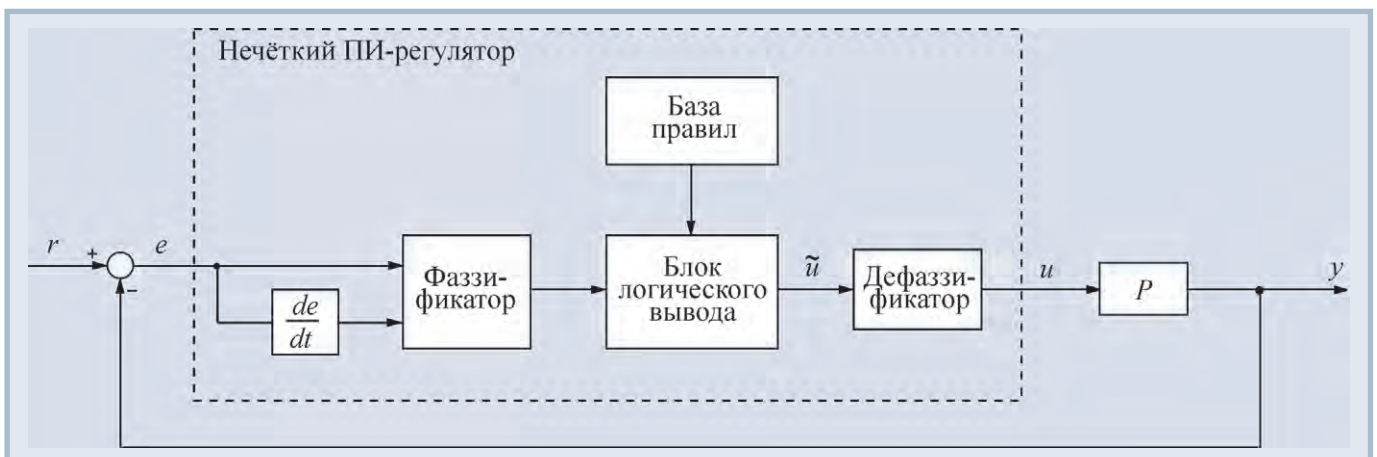


Рис. 28. Структура нечёткого ПИ-регулятора



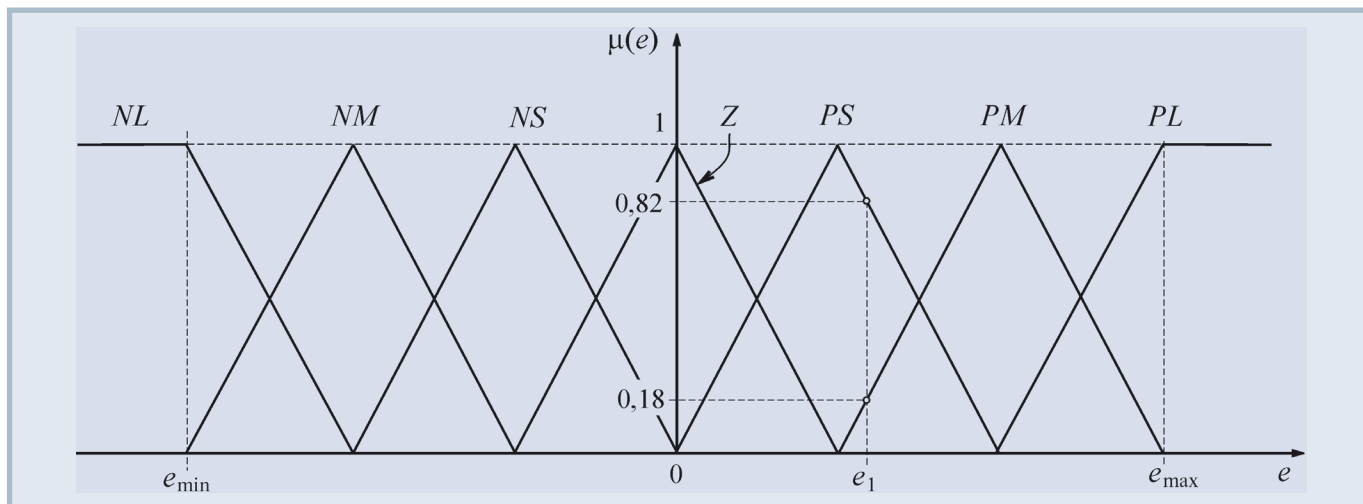


Рис. 29. Деление области изменения переменной  $e$  на множества  $NL$ ,  $NM$ ,  $NS$  и т.д. с функциями принадлежности  $\mu(e)$  треугольной формы

матически строгой, поскольку существующая теория нечётких множеств не оперирует понятием вероятности.

В 1974 году Мамдани [15] показал возможность применения идей нечёткой логики для построения системы управления динамическим объектом, а годом позже вышла публикация Мамдани (Mamdani) и Assilian, в которой описывался нечёткий ПИ-регулятор и его применение для управления парогенератором. С тех пор область применения нечётких регуляторов постоянно расширяется, увеличивается разнообразие их структур и выполняемых функций.

Нечёткая логика в ПИД-регуляторах используется преимущественно двумя путями: для построения самого регулятора и для организации подстройки коэффициентов ПИД-регулятора. Оба пути могут использоваться в ПИД-контроллере одновременно.

Одна из наиболее распространённых структур нечёткого регулятора (нечёткого ПИ-регулятора) показана на рис. 28. На вход регулятора поступает ошибка  $e$ , которая используется для вычисления производной по времени  $de/dt$ . Обе величины сначала подвергаются операции фаззификации (преобразования в нечёткие переменные, от английского слова fuzzy — нечёткий), затем полученные нечёткие переменные используются в блоке нечёткого логического вывода для получения управляющего воздействия на объект, которое после выполнения операции дефаззификации (обратного преобразования нечётких переменных в чёткие) поступает на выход регулятора в виде управляющего воздействия  $u$ .

#### Принципы построения нечёткого ПИ-регулятора

Для применения методов нечёткой логики прежде всего необходимо преобразовать обычные чёткие переменные в нечёткие. Процесс фаззификации иллюстрируется рис. 29. Диапазон изменения переменной  $e$  разбивается на множества (подмножества)  $NL$ ,  $NM$ ,  $NS$ ,  $Z$ ,  $PS$ ,  $PM$ ,  $PL$ , в пределах каждого из которых строится функция принадлежности переменной  $e$  каждому из множеств. На рис. 29 функции принадлежности имеют треугольную (наиболее распространённую) форму, хотя в общем случае они могут быть любыми, исходя из смысла решаемой задачи [12]. Количество множеств также может быть произвольным. Для нечётких множеств существует общепринятая система обозначений:  $N$  — отрицательный (Negative),  $Z$  — нулевой (Zero),  $P$  — положительный (Positive); к этим обозначениям добавляют буквы  $S$  (Small — малый),  $M$  (Medium — средний),  $L$  (Large — большой). На-

пример,  $NL$  — отрицательный большой,  $NM$  — отрицательный средний,  $PL$  — положительный большой. Количество переменных (термов) может быть любым, однако с увеличением их числа существенно возрастают требования к опыту эксперта, который должен сформулировать правила для всех комбинаций входных переменных.

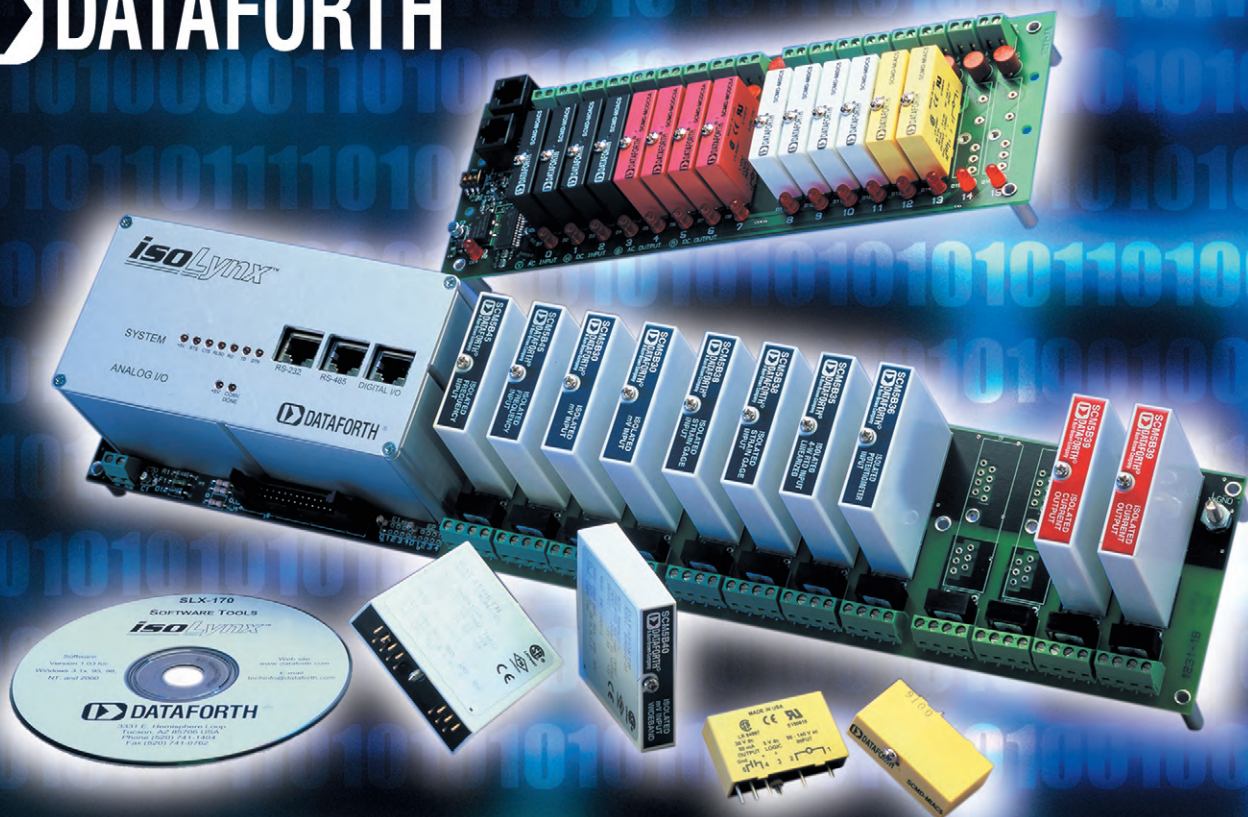
Если величина ошибки  $e$  на входе нечёткого регулятора (рис. 28) равна  $e_1$  (рис. 29), то соответствующее значение нечёткой переменной будет равно  $PS$  со степенью принадлежности подмножеству  $PS$ , равной  $\mu(e_1) = 0,82$  или будет равно  $PM$  со степенью принадлежности  $\mu(e_1) = 0,18$ . Степень принадлежности ошибки  $e_1$  другим множествам ( $Z$ ,  $PL$ ,  $NS$  и др.) равна нулю. Таким образом, величина ошибки  $e_1$  оказалась преобразованной в нечёткие переменные. Для выполнения функции регулирования над нечёткими переменными должны быть выполнены операции, построенные на основании высказываний оператора, сформулированных в виде нечётких правил. Совокупность нечётких правил и нечётких переменных используется для осуществления нечёткого логического вывода (рис. 28), результатом которого является управляющее воздействие на объект управления.

Нечёткий вывод выполняется следующим образом. Предположим, что область изменения ошибки  $e$  разделена на множества  $N$ ,  $Z$ ,  $P$ , область изменения управляющего воздействия — на множества  $NL$ ,  $NM$ ,  $Z$ ,  $PM$ ,  $PL$  и что с помощью эксперта удалось сформулировать следующие правила работы регулятора [5]:

- правило 1: если  $e = N$  и  $de/dt = P$ , то  $\tilde{u} = Z$ ,
- правило 2: если  $e = N$  и  $de/dt = Z$ , то  $\tilde{u} = NM$ ,
- правило 3: если  $e = N$  и  $de/dt = N$ , то  $\tilde{u} = NL$ ,
- правило 4: если  $e = Z$  и  $de/dt = P$ , то  $\tilde{u} = PM$ ,
- правило 5: если  $e = Z$  и  $de/dt = Z$ , то  $\tilde{u} = Z$ ,
- правило 6: если  $e = Z$  и  $de/dt = N$ , то  $\tilde{u} = NM$ ,
- правило 7: если  $e = P$  и  $de/dt = P$ , то  $\tilde{u} = PL$ ,
- правило 8: если  $e = P$  и  $de/dt = Z$ , то  $\tilde{u} = PM$ ,
- правило 9: если  $e = P$  и  $de/dt = N$ , то  $\tilde{u} = Z$ . (25)

Приведённые правила часто записывают в более компактной табличной форме (рис. 30). Используя правила, можно получить значение управляющей переменной  $\tilde{u}$  на выходе нечёткого регулятора. Для этого нужно найти функцию принадлежности переменной  $\tilde{u}$  множеству, образованному в результате выполнения операций вывода над множествами, входящими в систему правил (25). Операция И в правилах (25) соответствует пересечению множеств, а результат при-





## Промышленный инструментальный класс

Нормализаторы сигналов

Сбор данных

Передача данных

SCM5B – модули сбора сигналов

SCM7B – модули управления процессами

8B – модули нормализации сигналов

SCM9B – интеллектуальные модули

Модули для монтажа на **DIN-рейку**

**Двухпроводные** передатчики

**Дискретные** модули ввода-вывода

Модули развязки токовой петли 4...20 мА

Система сбора данных **IsoLynx**


**DATAFORTH®**  
**Instrument Class**



|     |     | $\frac{de}{dt}$ |      |      |
|-----|-----|-----------------|------|------|
|     |     | $P$             | $Z$  | $N$  |
| $e$ | $N$ | $Z$             | $NM$ | $NL$ |
|     | $Z$ | $PM$            | $Z$  | $NM$ |
|     | $P$ | $PL$            | $PM$ | $Z$  |

Рис. 30. Представление нечётких правил в табличной форме

менения всех правил соответствует операции объединения множеств [12]. Функция принадлежности для пересечения двух множеств, например  $N$  и  $P$  (правило 1), находится как

$$\mu_{e \cap de/dt} = \min(\mu_e, \mu_{de/dt}), \quad (26)$$

то есть каждое значение функции принадлежности пересечения множеств равно наименьшему значению из двух, стоящих в выражении (26) в круглых скобках [16]. Функция принадлежности для объединения тех же множеств имеет вид [16]:

$$\mu_{e \cup de/dt} = \max(\mu_e, \mu_{de/dt}). \quad (27)$$

Функции принадлежности, полученные при пересечении или объединении множеств, могут быть определены различными способами, в зависимости от смысла решаемой задачи. В этом смысле сама теория нечётких множеств тоже является нечёткой. В [17] приводится 10 различных определений функции принадлежности для пересечения множеств, но не сказано, какое из них нужно выбрать для решения конкретной задачи. Используют, в частности, более понятную операцию нахождения функций принадлежности в случае пересечения и объединения множеств, имеющую аналогию с правилами умножения и сложения вероятностей:

$$\begin{aligned} \mu_{e \cap de/dt} &= \mu_e \cdot \mu_{de/dt} \\ \mu_{e \cup de/dt} &= \mu_e + \mu_{de/dt} - \mu_e \cdot \mu_{de/dt} \end{aligned} \quad (28)$$

Однако применение первых двух способов нахождения функции принадлежности обычно более предпочтительно, так как при этом сохраняется большинство правил, разработанных для обычных множеств [16].

Функции принадлежности для каждого из множеств  $NL$ ,  $NM$ ,  $Z$ ,  $PM$ ,  $PL$ , входящих в нечёткую переменную  $\tilde{u}$  в правилах (25), получаются в виде [17]:

$$\begin{aligned} \mu_{\Pi 1}(\tilde{u}) &= \min\{\mu_{u1}(\tilde{u}), \min(\mu_{e1}(e), \mu_{de/dt1}(de/dt))\} \\ \mu_{\Pi 2}(\tilde{u}) &= \min\{\mu_{u2}(\tilde{u}), \min(\mu_{e2}(e), \mu_{de/dt2}(de/dt))\} \\ &\dots \\ \mu_{\Pi 9}(\tilde{u}) &= \min\{\mu_{u9}(\tilde{u}), \min(\mu_{e9}(e), \mu_{de/dt9}(de/dt))\}. \end{aligned} \quad (29)$$

Здесь каждое из девяти уравнений соответствует одному из правил (25). Результирующая функция принадлежности управляющего воздействия  $\tilde{u}$ , полученная после применения всех 9 правил, находится в соответствии с (27) как объединение функций принадлежности всех правил (25):

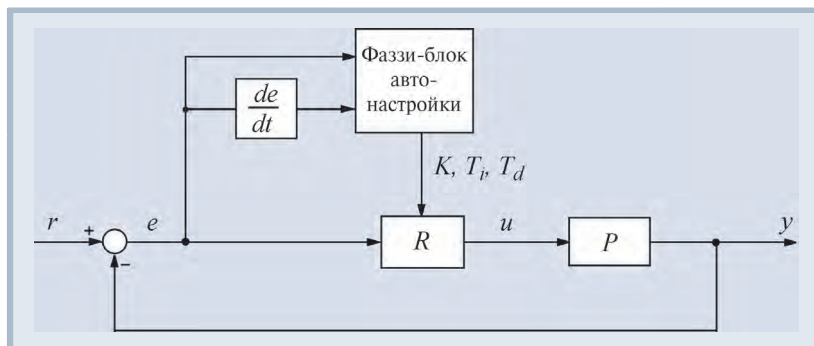


Рис. 31. Структура ПИД-регулятора с блоком автонастройки на основе нечёткой логики

$$\mu(\tilde{u}) = \max\{\mu_{\Pi 1}(\tilde{u}), \mu_{\Pi 2}(\tilde{u}), \dots, \mu_{\Pi 9}(\tilde{u})\} \quad (30)$$

Теперь, когда получена результирующая функция принадлежности управляющего воздействия  $u$ , возникает вопрос, какое конкретно значение управляющего воздействия нужно выбрать. Если использовать вероятностную интерпретацию теории нечётких множеств, то становится понятно, что такое значение можно получить по аналогии с математическим ожиданием управляющего воздействия в виде:

$$u = \frac{\int_{u_{\min}}^{u_{\max}} \tilde{u} \mu(\tilde{u}) d\tilde{u}}{\int_{u_{\min}}^{u_{\max}} \mu(\tilde{u}) d\tilde{u}}. \quad (31)$$

Такой способ дефазификации является наиболее распространённым, но не единственным. Для построения нечётких регуляторов обычно используют П, И, ПИ, ПД, ПД(И), ПИ(Д) и ПИД-законы регулирования [18]. В качестве входных сигналов для системы нечёткого вывода используют сигнал ошибки, приращение ошибки, квадрат ошибки и интеграл от ошибки [18]. Реализация нечёткого ПИД-регулятора вызывает проблемы, поскольку он должен иметь трёхмерную таблицу правил в соответствии с тремя слагаемыми в уравнении ПИД-регулятора, которую чрезвычайно сложно заполнить, пользуясь ответами эксперта. Большое количество структур нечётких ПИД-контроллеров можно найти в статье [18]. Окончательная настройка нечёткого регулятора или настройка, близкая к оптимальной, до сих пор остаётся трудной задачей. Для этого используются генетические поисковые методы, требующие больших вычислительных ресурсов и времени.

#### Применение нечёткой логики для подстройки коэффициентов ПИД-регулятора

Настройка ПИД-регулятора по формулам обычно не является оптимальной и может быть улучшена с помощью дальнейшей подстройки. Подстройка может быть выполнена оператором на основании эвристических правил или автоматически, с помощью блока нечёткой логики (рис. 31). Блок нечёткой логики (фаззи-блок) использует базу правил и методы нечёткого вывода. Фаззи-подстройка позволяет уменьшить перерегулирование, снизить время установления и повысить робастность ПИД-регулятора [19].

Процесс автонастройки регулятора с помощью блока нечёткой логики начинается с поиска начальных приближений коэффициентов регулятора  $K$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ . Обычно это делается методом Зиглера-Никольса, исходя из периода собственных колебаний в замкнутой системе и петлевого усиления. Далее формулируется критериальная функция, не-

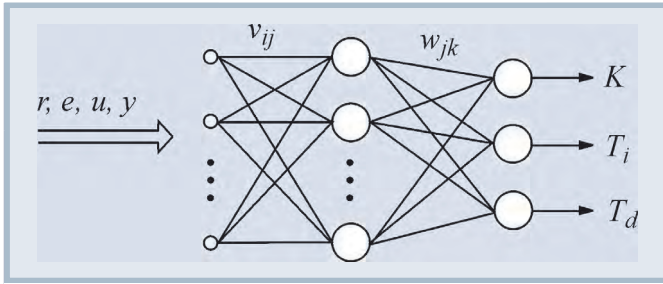


Рис. 32. Структура нейронной сети в блоке автонастройки

обходимая для поиска оптимальных значений параметров настройки методами оптимизации.

В процессе настройки регулятора используется несколько шагов [20]. Сначала выбираются диапазоны входных и выходных сигналов тюнера (блока автонастройки), форма функций принадлежности искоемых параметров, правила нечёткого вывода, механизм логического вывода, метод дефазификации и диапазоны масштабных множителей, необходимых для пересчёта чётких переменных в нечёткие. Поиск параметров регулятора выполняется методами оптимизации. Для этого выбирается целевая функция как интеграл от суммы квадратов ошибки регулирования и времени установления. В критерий минимизации иногда добавляют скорость нарастания выходной переменной объекта.

В качестве искоемых параметров (параметров, которые надо найти) выбирают положение максимумов функций принадлежности и масштабные коэффициенты на входе и выходе фаззи-блока. К задаче оптимизации добавляют ограничения на диапазон изменения позиции функций принадлежности. Оптимизация критериальной функции может быть выполнена, например, с помощью генетических алгоритмов.

Следует отметить, что в случаях, когда информации достаточно для получения точной математической модели объекта, традиционный регулятор всегда будет лучше нечёткого потому, что при синтезе нечёткого регулятора исходные данные заданы приближённо.

### Искусственные нейронные сети в ПИД-регуляторах

Нейронные сети, как и нечёткая логика, используются в ПИД-регуляторах двумя путями: для построения самого регулятора и для построения блока настройки его коэффициентов. Особенностью нейронной сети является способность к «обучению», что позволяет передать нейронной сети опыт эксперта. Регулятор с нейронной сетью похож на регулятор с табличным управлением, однако отличается специальными методами настройки («обучения»), разработанными для нейронных сетей, и методами интерполяции данных.

В отличие от нечёткого регулятора, где эксперт должен сформулировать правила настройки в лингвистических переменных, при использовании нейронной сети от эксперта не требуется формулировки правил — достаточно, чтобы он несколько раз сам настроил регулятор в процессе «обучения» нейронной сети.

Нейронные сети были предложены в 1943 году Мак-Каллоком и Питтсом как результат изучения нервной деятельности и биологиче-

ских нейронов. Искусственный нейрон представляет собой функциональный блок с одним выходом  $y$  и  $n$  входами  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , который реализует в общем случае нелинейное преобразование

$$y = F\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b\right),$$

где  $w_i$  — весовые коэффициенты (параметры) при входных переменных  $x_i$ ;  $b$  — постоянное смещение;  $F(\cdot)$  — функция активации нейрона. Функция активации может иметь, например, такой вид:  $F(z) = 1/(1 + \exp(-az))$  — сигмоидальная функция с некоторым параметром  $a$ . Нейронная сеть (рис. 32) состоит из множества связанных между собой нейронов, количество связей может составлять тысячи. Благодаря нелинейности функций активации и большому количеству настраиваемых коэффициентов (в работе [21] использовано 35 нейронов во входном слое и 25 — в выходном, при этом количество коэффициентов составило 1850) нейронная сеть может выполнять достаточно точно нелинейное отображение множества входных сигналов во множество выходных.

Типовая структура системы автоматического регулирования с ПИД-регулятором и нейронной сетью в качестве блока автонастройки показана на рис. 33 [21, 22]. Нейронная сеть  $NN$  в данной структуре играет роль функционального преобразователя, который для каждого набора сигналов  $r, e, u, y$  вырабатывает коэффициенты ПИД-регулятора  $K, T_i, T_d$ .

Самой сложной частью в проектировании регуляторов с нейронной сетью является процедура «обучения» сети. «Обучение» заключается в идентификации неизвестных параметров нейронов  $w_i, b$  и  $a$ . Для «обучения» нейронной сети обычно используют методы градиентного поиска минимума критериальной функции  $\epsilon = (u^* - u)^2$ , зависящей от параметров нейронов. Процесс поиска является итерационным, на каждой итерации находят все коэффициенты сети, сначала для выходного слоя нейронов, затем предыдущего и так до первого слоя (метод обратного распространения ошибки) [17]. Используются также другие методы поиска минимума, в том числе генетические алгоритмы, метод моделирования отжига, метод наименьших квадратов.

Процесс «обучения» нейронной сети выглядит следующим образом (рис. 34). Эксперту предоставляют возможность подстраивать параметры регулятора  $K, T_i, T_d$  в замкнутой системе автоматического регулирования при различных входных воздействиях  $r(t)$ . Предполагается, что эксперт умеет это делать с достаточным для практики качеством. Временные диаграммы (осциллограммы) переменных  $r^*, e^*, u^*, y^*$ , полученные в подстраиваемой экспертом сис-

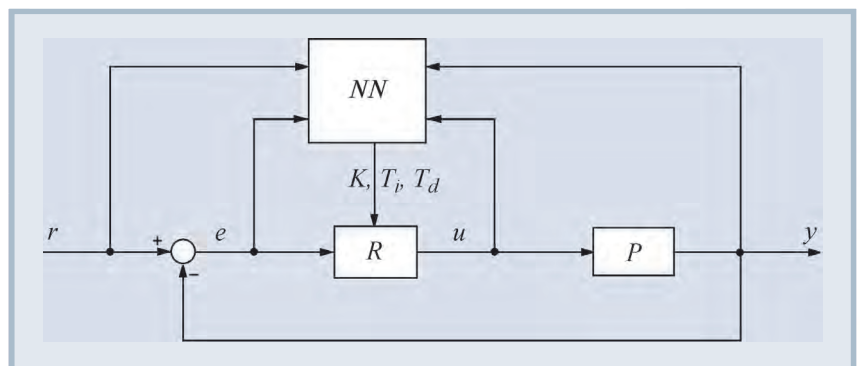


Рис. 33. Структура ПИД-регулятора с блоком автонастройки на основе нейронной сети NN



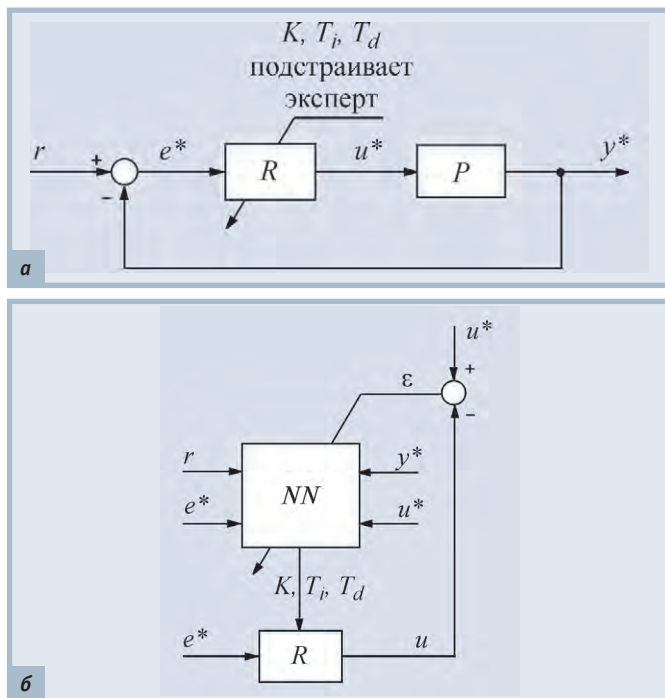


Рис. 34. Схема «обучения» нейронной сети в блоке автонастройки: а — система управления, подстраиваемая экспертом; б — нейронная сеть, «обучаемая» с помощью сигналов, которые получены в представленной на рис. 34 а системе

теме (рис. 34 а), записываются в архив и затем подаются на нейронную сеть, подключённую к ПИД-регулятору (рис. 34 б). Нейронная сеть настраивается таким образом, чтобы минимизировать погрешность  $\varepsilon = (u^* - u)^2$  между сигналом  $u^*$ , полученным с участием эксперта, и сигналом  $u$ , полученным в процессе «обучения» нейронной сети. После выполнения процедуры «обучения» параметры нейронной сети заносятся в блок автонастройки. В соответствии с теорией нейронных сетей «обученная» нейронная сеть должна вести себя так же, как и эксперт, причём даже при тех входных воздействиях, которые не были включены в набор сигналов, использованных при «обучении».

Длительность процесса «обучения» является основной преградой на пути широкого использования методов нейронных сетей в ПИД-регуляторах [16]. Другими недостатками нейронных сетей являются невозможность предсказания погрешности регулирования для воздействий, которые не входили в набор обучающих сигналов, а также отсутствие критериев выбора количества нейронов в сети, длительности «обучения», диапазона и количества обучающих воздействий. Ни в одной из публикаций не исследовалась робастность или запас устойчивости регулятора.

### Генетические алгоритмы

Генетические алгоритмы являются мощным методом оптимизации, позволяющим найти глобальный оптимум быстрее, чем другие методы случайного поиска. Существенным их достоинством является отсутствие проблем со сходимостью и устойчивостью. Эти методы используются для идентификации моделей объектов управления, для поиска оптимальных параметров регулятора, для поиска оптимальных положений функций принадлежности в фаззи-регуляторах и для «обучения» нейронных сетей. Чаше всего генетические алгоритмы используются совместно с нейронными сетями и регуляторами с нечёткой логикой.

Недостатком генетических алгоритмов является большое время поиска экстремума, что не позволяет их использовать в быстродействующих системах реального времени.

Генетические алгоритмы основаны на принципах естественного отбора, сформулированных Дарвиным в 1859 году. Идею генетических алгоритмов применительно к решению математических задач сформулировал Дж. Холланд в 1962 году. В генетических алгоритмах используются понятия генов, хромосом, скрещивания, мутация, селекции, репродукции. Основной идеей генетических алгоритмов является прямое подобие принципу естественного отбора, когда выживают наиболее приспособленные особи.

Для применения генетических алгоритмов необходимо преобразовать переменные, фигурирующие в условии задачи, в генетические переменные. Такое преобразование задаётся схемой кодирования. Переменные могут быть представлены в двоичной форме, в форме действительных десятичных чисел или в другой форме, в зависимости от смысла решаемой задачи.

Классический генетический алгоритм состоит из следующих шагов [17].

1. Выбор исходной популяции хромосом размера  $N$ .
2. Оценка приспособленности хромосом в популяции.
3. Проверка условия останова алгоритма.
4. Селекция хромосом.
5. Применение генетических операторов.
6. Формирование новой популяции.
7. Переход к пункту 2.

Для работы алгоритма нужно задать нижнюю и верхнюю границы изменения искомых параметров, вероятность скрещивания, вероятность мутации, размер популяции и максимальное количество поколений.

Исходная популяция хромосом генерируется случайным образом. Приспособленность хромосом оценивается с помощью целевой функции в закодированной форме. Далее хромосомы с лучшей приспособленностью собираются в группу, в пределах которой выполняются генетические операции скрещивания или мутации. Скрещивание позволяет получить от двух родителей перспективного потомка. Оператор мутации вносит изменения в хромосомы. В случае двоичного кодирования мутация состоит в изменении случайного бита в двоичном слове.

Пример кодирования трёх коэффициентов ПИД-регулятора для применения в генетических алгоритмах приведён на рис. 35 [23]. Здесь хромосома состоит из трёх параметров общей длиной 48 бит. Операция скрещивания состоит в об-

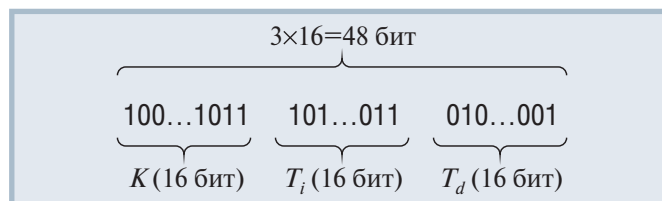


Рис. 35. Пример кодирования коэффициентов регулятора для использования в генетическом алгоритме

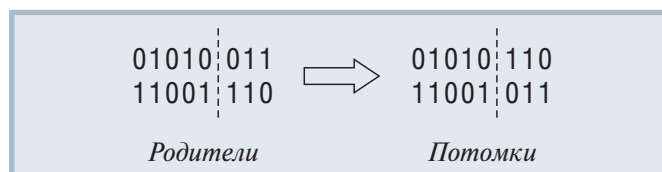


Рис. 36. Пример операции скрещивания



Overview

CONTROL ENGINEER

Predicted Weight Trend

# BizViz™

Microsoft  
.net

ReportWorX™

BridgeWorX™

PortalWorX™

MobileHMI™

## Инструмент для построения интеллектуальных систем

**BizViz — мощный прикладной пакет программного обеспечения фирмы ICONICS — применим на всех уровнях производства и интеллектуальных систем!**

Потому что интеллектуальное предприятие невозможно представить без

- персональных функционально-ориентированных рабочих панелей
- средств контроля и отображения показателей эффективности (KPI)
- автоматизированной подсистемы генерации отчетов
- средств регистрации и оповещения тревог и событий
- применения беспроводных технологий доставки информации
- поддержки открытых технологий приема и обработки данных (OPC, ODBC, OLEDB, XML)
- системы безопасности и разграничения доступа к информации

Вы сможете выбрать нужные компоненты пакета BizViz:

- ▶ **Alarm Analytics™** — многоуровневый анализ тревог и исторических данных, оповещение о событиях, регистрация информации в открытых базах данных и формирование отчетов
- ▶ **ReportWorX™** — гибкая и универсальная система документирования для создания отчетов в реальном масштабе времени, любой сложности, с комплектом стандартных шаблонов
- ▶ **BridgeWorX™** — сервер данных для автоматизированного обмена информацией, технологическими данными OPC, бизнес-информацией из MES- и ERP-систем.
- ▶ **PortalWorX™** — создание и управление собственными информационными порталами, работа с технологической и коммерческой информацией для локальных и удаленных пользователей.
- ▶ **MobileHMI™** — контроль и управление данными, поддержка технологии беспроводной передачи данных (GSM, TDMA, CDMA, WAP).

BizViz базируется на технологии Microsoft.NET

BizViz имеет единый web-интерфейс для всех компонентов системы, гибкую лицензионную политику для любых систем, высочайшую надёжность и безопасность.

Все эти возможности вы приобретаете благодаря BizViz!



#253

**ProSoft®**

МОСКВА  
С.-ПЕТЕРБУРГ  
ЕКАТЕРИНБУРГ  
САМАРА  
НОВОСИБИРСК

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Телефон: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Телефон: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru  
Телефон: (846) 277-9165 • Факс: (846) 277-9166 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Телефон: (383) 202-0960, 335-7001, 335-7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru



мене генетическим материалом между хромосомами (родителями) для того, чтобы получить новую хромосому (потомка). Существует много различных форм операторов скрещивания. Один из них состоит в том, что в двух родительских хромосомах случайным образом выбирается некоторая позиция (рис. 36), затем происходит обмен генетической информацией, расположенной справа от выбранной позиции [24]. После выполнения генетического алгоритма производят декодирование генетического представления результата в инженерные величины.

Оценка приспособленности хромосом в популяции для оценки коэффициентов ПИД-регулятора может быть выбрана, к примеру, как

$$J = 1 / \int_0^t |e(t)| dt,$$

где  $e(t)$  — текущее значение ошибки регулирования,  $t$  — время [23].

Селекция хромосом осуществляется методом рулетки. На колесе рулетки имеются секторы, причём ширина сектора пропорциональна функции приспособленности. Поэтому чем больше значение этой функции, тем более вероятен отбор соответствующей ей хромосомы.

В работе [25] генетические алгоритмы используются как для идентификации объекта управления, так и для настройки параметров ПИД-регулятора. В обоих случаях схема применения алгоритма одинакова: составляется критериальная функция, зависящая в первом случае от параметров объекта управления, во втором — от параметров ПИД-регулятора  $K$ ,  $T_d$ ,  $T_i$ . Далее с помощью генетического алгоритма отыскивается глобальный минимум функции, координатами которого являются искомые параметры объекта или ПИД-регулятора.

В работе [23] поиск оптимальных параметров ПИД-регулятора выполнялся генетическим алгоритмом со следующими параметрами: размер популяции — 20, максимальное количество поколений — 100, вероятность скрещивания — 0,9, вероятность мутации — 0,1, диапазон изменения параметров 0...40.

## Выводы

1. ПИД-регулятор остаётся основным типом регулятора в АСУ ТП.
2. Улучшить характеристики классического ПИД-регулятора может применение регулятора с двумя степенями свободы и фильтра для сигнала уставки.
3. Принцип разомкнутого управления, введённый в ПИД-регулятор, позволяет существенно уменьшить время регулирования и повысить запас устойчивости системы, а также скомпенсировать внешние возмущения.
4. В системах, где время регулирования является определяющим показателем, следует использовать импульсное управление без обратной связи перед включением обычного ПИД-регулятора.
5. Регулятор с точно идентифицированной внутренней моделью позволяет увеличить точность слежения за уставкой, но плохо ослабляет внешние возмущения.
6. Для систем с транспортной задержкой более, чем 0,2...1 от постоянной времени объекта, следует использовать предиктор Смита или ППИ-регулятор.
7. Если объект управления нелинеен, сложен и не может быть идентифицирован, но имеются эвристические пра-

вила или опыт ручного управления таким объектом, то решить задачу управления можно с помощью фаззи- или нейросетевого регулятора.

8. Для поиска оптимальных значений параметров ПИД-регуляторов и идентификации объектов управления с успехом используются генетические алгоритмы. ●

## ЛИТЕРАТУРА

10. Изерман Р. Цифровые системы управления. — М.: Мир, 1984. — 541 с.
11. Smith O.J.M. Close control of loops with dead time // Chemical Engineering Progress. 1957. Vol. 53. P. 217-235.
12. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления: Учебник / Под ред. Н.Д. Егупова, 2-е изд. — М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. — 744 с.
13. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. № 8. P. 338-353.
14. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. — М.: Изд-во МЭИ, 2004. — 400 с.
15. Mamdani E.H. Application of fuzzy algorithm for simple dynamic plant // Proc. IEEE. 1974. № 12. P. 1585-1588.
16. Усков А.А., Кузьмин А.В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечёткая логика. — М.: Горячая линия — Телеком, 2004. — 143 с.
17. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы. — М.: Горячая линия — Телеком, 2006. — 383 с.
18. fuzzy PID controller structures // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B. June 1999. Vol. 29. Issue 3. P. 371-388.
19. Yesil E., Guzelkaya M., Eksin I. Internal model control based fuzzy gain scheduling technique of PID controllers // World Automation Congress, 28 June - 1 July 2004. Proceedings. Vol. 17. P. 501-506.
20. Feng H.-M. A self-tuning fuzzy control system design // IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference, 25-28 July 2001. Vol. 1. P. 209-214.
21. Kato M., Yamamoto T., Fujisawa S. A skill-based PID controller using artificial neural networks // Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce, 28-30 Nov. 2005. Vol. 1. P. 702-707.
22. Kawafuku R., Sasaki M., Kato S. Self-tuning PID control of a flexible micro-actuator using neural networks // IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 11-14 Oct. 1998. Vol. 3. P. 3067-3072.
23. Li Jie, Xie Jian-ying, Wu Zheng-mao. Design of disturbance rejection PID controllers for time delay system based on genetic algorithms // International Conference on Neural Networks and Brain (ICNN&B '05), 13-15 Oct. 2005. Vol. 2. P. 876-880.
24. Fleming P.J., Purshouse R.C. Genetic algorithms in control systems engineering. — IFAC Professional Brief. — <http://www.ifac-control.org>. — 32 p.
25. Pereira D.S., Pinto J.O.P. Genetic algorithm based system identification and PID tuning for optimum adaptive control // IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 2005. Proceedings. P. 801-806.

Автор — сотрудник НИЛ АП

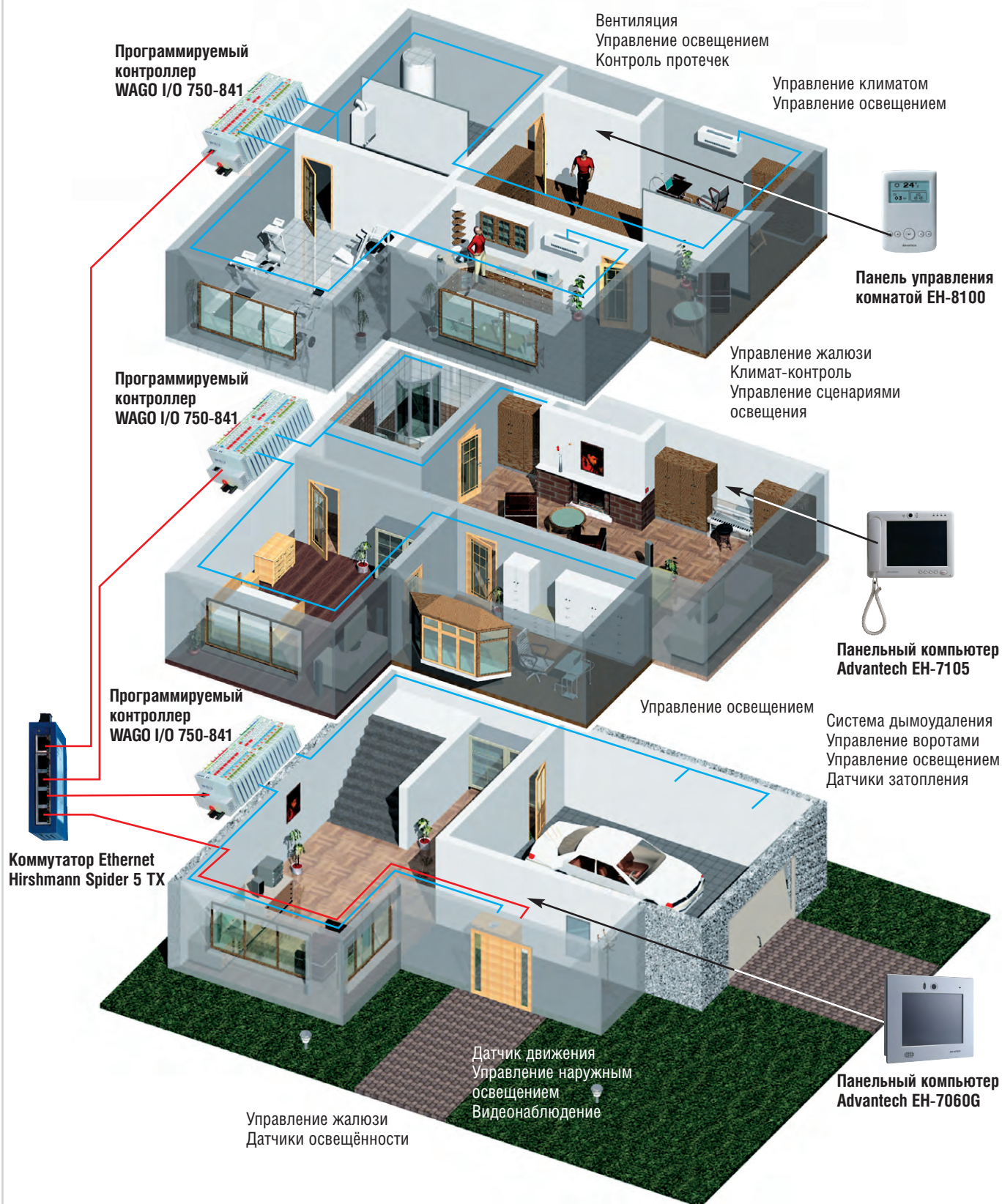
Телефон: (8634) 324-140

Факс: (8634) 324-139

E-mail: [info@RLDA.ru](mailto:info@RLDA.ru)

# Хорошему хозяину – УМНЫЙ ДОМ

**ProSOFT®**



**ADVANTECH**

**WAGO®**  
INNOVATIVE CONNECTIONS

**thermokon**  
Sensortechnik GmbH

**HIRSCHMANN**

**#25**

**МОСКВА:** Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru • **С.-ПЕТЕРБУРГ:** Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • www.prosoft.ru • info@spb.prosoft.ru • **ЕКАТЕРИНБУРГ:** Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru • **САМАРА:** Тел.: (846) 277-9165 • Факс: (846) 277-9166 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru • **НОВОСИБИРСК:** Тел.: (383) 202-0960, 335-7001/7002 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru



## Методика тестирования функционирования процессорных плат фирмы Fastwel под ОС QNX

### ВВЕДЕНИЕ

Говоря о QNX, мы подразумеваем прежде всего надёжную ОС, используемую в ответственных задачах. Это означает, что к аппаратуре и, в частности, к процессорной плате, на которой будет работать эта ОС PB, предъявляются высокие требования по совместимости, надёжности и отказоустойчивости. Подобные требования накладывают обязательства по проведению полноценного тестирования всей системы.

Фирма Fastwel проводит обязательное тестирование всей своей продукции под ОС PB QNX 4 и QNX 6 различных версий. Результаты этого тестирования вы можете посмотреть на странице технической поддержки ОС QNX: <http://www.fastwel.ru/support/qnx/>. Описанная в статье методика тестирования поможет вам самостоятельно убедиться в приведённых результатах. Все необходимые для этого утилиты вместе с исходными текстами вы найдёте на странице технической поддержки ОС QNX.

Также в этой статье даны рекомендации по сборке образа ОС QNX Momentics вместе с графической оболочкой Photon. А на сайте технической поддержки есть утилиты, позволяющие значительно упростить этот процесс.

### О МЕТОДИКЕ ТЕСТИРОВАНИЯ

Используемые в статье тесты выполнены преимущественно в виде shell-скриптов. Это сделано для наглядности и для упрощения их возможной доработки для другой процессорной платы или другой конфигурации стенда для тестирования. Этот подход позволяет использовать данные тесты под ОС PB QNX 4.

Поскольку разработчика интересует работоспособность системы целиком, то тестирование осуществляется для каждого функционального узла процессорной платы в комплексе. Каждая возникающая ошибка требует индивидуального изучения. В случае её обнаружения обращайтесь в службу технической поддержки ОС QNX: [qnx@fastwel.ru](mailto:qnx@fastwel.ru).

Общий подход к тестированию и проверке совместимости драйверов ОС QNX и контроллеров процессорной платы можно сформулировать следующим образом:

1) для начала смотрим список поддерживаемого в ОС QNX оборудования

и находим там нужный драйвер. Этот список вы найдёте по ссылке: [http://www.qnx.com/develoers/hardware\\_support/index.html](http://www.qnx.com/develoers/hardware_support/index.html). Если в списке нужного вам драйвера не оказалось, то ищите наиболее подходящий;

2) затем пробуем запустить драйвер, подбирая подходящие аргументы запуска;

3) после запуска делаем предварительную оценку совместимости;

4) если всё работает, запускаем на длительное время специальный тест, позволяющий выявить различные сбои в программной или аппаратной части. Для повышения эффективности тест должен максимально нагрузить контроллер и соответствующий драйвер. В зависимости от сложности проверяемого функционального узла платы и от его важности для системы время тестирования может меняться от нескольких часов до нескольких суток.

### Конфигурация стенда

Стенд для проведения тестирования процессорной платы (рис. 1) включает следующие составные части:

- инструментальный компьютер с предустановленной ОС QNX Momentics SE или PE (self hosted) и всей необходимой периферией;

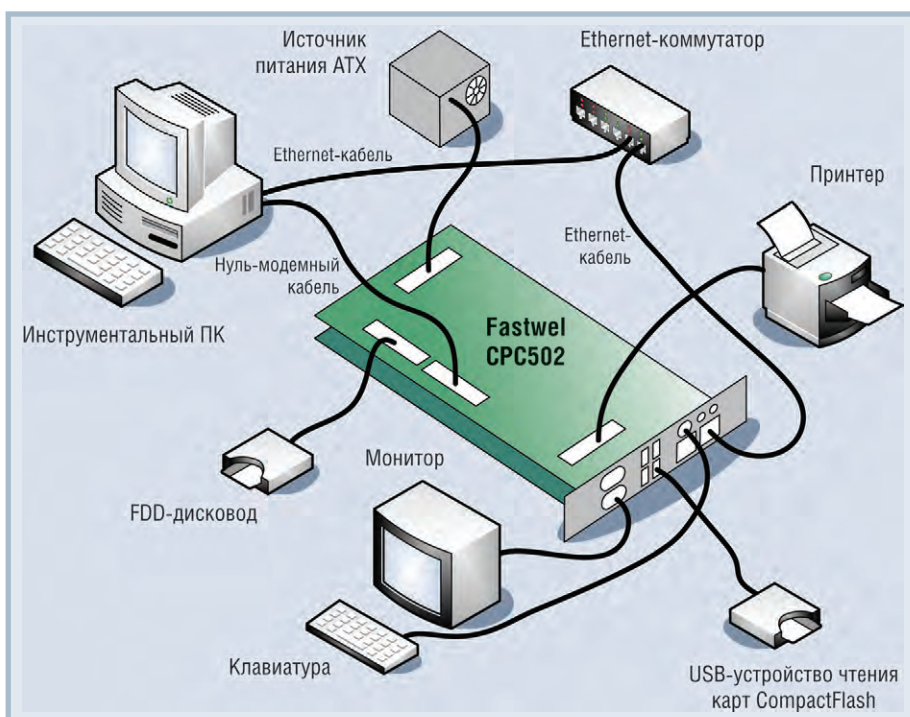


Рис. 1. Схема конфигурации стенда

- процессорная плата фирмы Fastwel как объект тестирования;
- монитор;
- клавиатура;
- мышь;
- принтер для проверки печати через параллельный порт;
- USB-устройство чтения карт CompactFlash;
- USB-мышь и USB-клавиатура для проверки USB-портов;
- FDD-дисковод;
- набор кабелей.

Тестирование проводилось под ОС QNX 6.3.0 SP3. В качестве примера проверки методики тестирования взята процессорная плата Fastwel CPC502 вместе с необходимыми платами расширения MIC580 и RIO582. Эта компактная плата имеет все стандартные интерфейсы для специализированных плат с большим количеством портов. В статье проведено тестирование следующих её функциональных узлов:

- VGA-контроллера,
- EIDE-интерфейса,
- Ethernet-портов,
- COM-портов,
- USB-портов,
- FDD-интерфейса,
- параллельного порта,
- часов реального времени.

## Создание образа QNX

Итак, приступим. Сначала соберём образ ОС. Для этого нужен файл построения образа. Он может быть простым и универсальным для всех процессорных плат x86 архитектуры с BIOS, либо специально разработанным для тестируемой платы.

В первом случае можно использовать самый простой образ, запускающий только основные драйверы. Пример такого образа вы можете найти на вашем инструментальном ПК: `/boot/build/bios.build`.

Во втором случае требуется образ, включающий в себя все или практически все драйверы устройств тестируемой процессорной платы, запускаемые с определёнными аргументами, то есть нужен уже заранее проверенный файл построения образа. Его можно получить, обратившись в отдел технической поддержки фирмы-разработчика, в данном случае в службу технической поддержки ОС QNX фирмы Fastwel. Из двух поставляемых к каждой процессорной плате Fastwel файлов построения для задачи тестирования лучше подойдёт «альтернативный» — файл с обозначением `alt`. Для выбранной платы это `cpc502-alt.build`. В него добавлены утилиты, необходимые для диагностики ошибок платы и их исправления.

**На заметку:** в каждом образе ОС рекомендуется использовать технологическую консоль, подключённую через COM1. Она может быть использована как основная консоль доступа к компьютеру или как резервная на случай блокирования основной. Для такой цели оптимально подойдёт командный интерпретатор `fesh`. В нём содержатся основные утилиты для работы с файлами и файловой системой, что может оказаться необходимым в случае сбоя во встроенной файловой системе.

Сборка образа осуществляется утилитой `mkifs`. Вот пример:

```
# mkifs -v cpc502-alt.build cpc502-alt.ifs
```

## Создание файловой системы на CompactFlash

Все необходимые файлы и утилиты для тестирования платы можно включить в образ ОС и позже запускать их из файловой системы образа, либо записать их на диск и запускать уже от-

туда. Пожалуй, второй вариант является более простым. Рассмотрим, как можно легко его реализовать, на примере с использованием CompactFlash.

Возьмем CompactFlash ёмкостью 128 Мбайт или больше. При желании для целевой системы QNX Neutrino вместе с графической оболочкой Photon можно уместить в 16 Мбайт, а без Photon и в 2 Мбайт. Конечно, требуемая ёмкость диска зависит от поставленной задачи. В нашем случае экономия места на диске не требуется и неоправданно отнимет драгоценное время на процесс сборки. Тем более, что в процессе тестирования вы ещё не знаете, с какими проблемами придётся столкнуться. Поэтому рекомендуется скопировать всё, что может пригодиться в процессе работы с платой.

Итак, подключим CompactFlash к инструментальному ПК через USB-устройство чтения карт CompactFlash. Если на нём нет файловой системы QNX4, создадим её. Для начала запустим драйвер флэш-диска:

```
# io-usb -dehci
# devb-umass cam pnp
```

В системе должен появиться префикс этого устройства, предположим, `/dev/hd1`, если у вас в компьютере установлен всего один жёсткий диск. Проверяем:

```
# ls /dev/hd?
/dev/hd0      /dev/hd1
```

Затем очищаем таблицу разделов этого диска:

```
# dd if=/dev/zero of=/dev/hd1 count=100
```

Создаём раздел QNX, делаем его загрузаемым и записываем QNX-загрузчик:

```
# fdisk /dev/hd1 delete -a
# fdisk /dev/hd1 add -s 1 qnx all
# fdisk /dev/hd1 boot -s 1
# fdisk /dev/hd1 loader
```

Проверим результат:

```
# fdisk /dev/hd1 show
      ____OS____      Start      End
      ____Number____      Size      Boot
      name      type      Cylinder  Cylinder  Cylinders
Blocks
1. DOS          77          0          497          497
254944         124 MB      *
2. ---         --         ----         ----         ----         ---
3. ---         --         ----         ----         ----         ---
4. ---         --         ----         ----         ----         ---
```

Подключаем только что созданные разделы:

```
# mount -e /dev/hd1
```

Проверяем:

```
# ls /dev/hd1*
/dev/hd1      /dev/hd1t77
```

Инициализируем файловую систему QNX4 в появившемся разделе:

```
# dinit -h /dev/hd1t77
```

Подмонтируем только что созданную файловую систему в `/fs/uf`:

```
# mount /dev/hd1t77 /fs/uf
```

Теперь можно скопировать сюда все файлы, которые вам могут пригодиться:

```
# cp -cAR /etc /fs/uf/
# cp -cAR /usr/qnx630/target/qnx6/x86/bin /fs/uf/
# cp -cAR /usr/qnx630/target/qnx6/x86/lib /fs/uf/
# cp -cAR /usr/qnx630/target/qnx6/x86/sbin /fs/uf/
# cp -cAR /usr/qnx630/target/qnx6/x86/usr /fs/uf/
# cp -A /usr/photon/config/crtc-settings /fs/uf/usr/photon/config/
```



```
# cp -cAR /usr/photon/config/pterm /fs/uf/usr/photon/config/
# cp -cAR /usr/photon/config/wm /fs/uf/usr/photon/config/
# cp -cAR /usr/photon/font_repository /fs/uf/usr/photon/
# cp -cAR /usr/photon/keyboard /fs/uf/usr/photon/
```

Не забудьте добавить образ ОС:

```
# cp cpc502-alt.ifs /fs/uf/.boot
```

Или собранный из файла `bios.build`:

```
# cp bios.ifs /fs/uf/.boot
```

Теперь отмонтируем диск и выгрузим из памяти драйвер, чтобы можно было отключить USB-устройство чтения карт CompactFlash и вынуть CompactFlash:

```
# umount /fs/uf
# umount /dev/hd1
# slay -f devb-umass
# slay -f io-usb
```

Все то же самое вы можете сделать, воспользовавшись всего тремя специально разработанными для этой цели скриптами:

```
# ufinif cpc502-alt.ifs
# ufcufs
# umass stop
```

Первый создаёт раздел на диске, инициализирует его и подключает в `/fs/uf`. Если указано имя файла образа ОС, лежащего в этом каталоге, утилита копирует его. В противном случае собирает и копирует `bios.ifs`, используя стандартный образ `/boot/build/bios.build`. Второй копирует на этот диск файлы. Третий отключает CompactFlash.

Эти и другие полезные утилиты вы можете найти на странице технической поддержки ОС QNX.

На этом пока все. Теперь можно вставить только что созданный загрузочный диск с QNX Neutrino в целевой компьютер и приступить к тестированию.

## ТЕСТИРОВАНИЕ EIDE-ИНТЕРФЕЙСА

Перейдём к тестированию EIDE-контроллера — ключевой части для надёжности работы вашей системы, если планируется использовать CompactFlash или другой диск с EIDE-интерфейсом в качестве системного диска.

### Запуск драйвера с нужными аргументами

Итак, у нас есть готовая загрузочная карта CompactFlash с QNX, которую вставляем в нашу целевую плату и загружаемся. Если после меню выбора разделов для загрузки появляется сообщение «Missing Operating System», измените в настройках BIOS тип используемого диска с LBA на Normal или наоборот.

После включения, посмотрев содержимое папок в файловой системе, убеждаемся, что все файлы на своих местах. Проверяем, не отработал ли EIDE-драйвер об ошибках при запуске в системный журнал. Для этого запускаем `sloginfo`.

В случае если драйвер `devb-eide` не стартовал или стартовал с ошибками, следует попробовать его запустить с другими аргументами, например, отключив поддержку DMA:

```
# devb-eide eide nobmstr blk automount=hd0t77:/
```

Для подобных экспериментов необходимо, чтобы в файловой системе образа содержались следующие утилиты (необходимые драйверы и библиотеки там уже есть): `ls`, `sin` или `pidin`, `rm` или `slay`, `mount` и `umount`.

В противном случае для каждой попытки запуска EIDE-драйвера нужно будет менять файл построения образа, заново собирать его, перезаписывать образ на CompactFlash и снова пробовать запустить. Поэтому рекомендуется использовать специально разработанные для подобных случаев образы альтернативной загрузки, те что с обозначением `alt`.

## Начальная проверка

После того, как EIDE-драйвер запущен и файловая система с CompactFlash подключена, можно приступить к проверке. Для начала воспользуемся стандартными средствами проверки диска на наличие сбойных блоков:

```
# dcheck -mrwV /
```

и утилитой проверки файловой системы:

```
# chkfsys /
```

Теперь проверим сохранность файлов в файловой системе диска. Для этого посчитаем контрольную сумму файлов, хранящихся в самом большом каталоге, и запишем результат на диск:

```
# cksum `find /usr -type f` > /cksum0.res
```

Перезапускаем компьютер по команде `shutdown` и повторяем команду, записывая результат уже в другой файл:

```
# cksum `find /usr -type f` > /cksum1.res
```

Перезагрузка — это простой и эффективный способ перезапустить драйвер, проинициализировать EIDE-контроллер и сбросить кэш диска. Сравниваем результаты:

```
# diff /cksum0.res /cksum1.res
```

Если утилита ничего не вывела на экран, значит, предварительный тест по выявлению явных ошибок прошел успешно. Но расслабляться ещё рано.

Удалим уже ненужные файлы с результатами:

```
# rm cksum0.res /cksum1.res
```

## Полная проверка

Переходим к полной проверке файловой системы EIDE-диска. Для этого нужна утилита, позволяющая циклически выполнять проверку записи и чтения файлов, перезапуская драйвер `devb-eide` в конце каждого цикла проверки. Такая утилита есть и называется `eiderstst`. Скачать её вы можете со страницы технической поддержки ОС QNX.

Рассмотрим её алгоритм работы.

1. Скопировать необходимые файлы и утилиты в `/dev/shmem` (файловая система, располагающаяся в оперативной памяти):

```
# cp /sbin/devb-eide /dev/shmem/devb-eide
```

```
# cp /bin/mount /dev/shmem/mount
```

Если используется образ `cpc502-alt.ifs`, то этот пункт можно пропустить, поскольку все необходимые утилиты и драйверы уже включены в файловую систему образа.

2. Подсчитать контрольную сумму всех (или большей части) файлов файловой системы на диске. Например, возьмем каталог `/usr`:

```
# cksum `find /usr -type f` > /dev/shmem/cksum0.res
```

3. Переместить эти файлы в архив, расположенный в ОЗУ:

```
# tar -czf /dev/shmem/usr.tgz usr
```

```
# rm -R /usr
```

4. Выгрузить из памяти драйвер `devb-eide`:

```
# slay devb-eide
```

5. Запустить EIDE-драйвер:

```
/dev/shmem/devb-eide blk cache=256k,
automount=/dev/hd0t77:/:qnx4 &
```

6. Распаковать архив:

```
# tar -xzf /dev/shmem/usr.tgz
```

7. Пересчитать контрольную сумму файлов этого каталога:

```
# cksum `find /usr -type f` > /dev/shmem/cksum1.res
```

8. Сравнить полученный результат и ответ сохранить в журнале на диске:

```
# diff /dev/shmem/cksum0.res /dev/shmem/cksum1.res >> /eidetst.res
```

9. Перейти к п.3.

После запуска тест будет работать до нажатия клавиш Ctrl+C или до завершения работы. Тестирование CompactFlash в составе специализированной процессорной платы следует проводить в течение нескольких суток.

### ТЕСТИРОВАНИЕ FDD-ИНТЕРФЕЙСА

Тестирование FDD-интерфейса будет осуществляться по схожему с тестированием EIDE алгоритму. Поэтому мы не будем повторно рассматривать описанный ранее алгоритм с перезапуском драйвера, а сразу перейдём к запуску теста. Утилита для тестирования FDD называется `fddtst`. Скачать её можно со страницы технической поддержки ОС QNX.

Перед началом теста отформатируем дискету. Для этого запускаем драйвер:

```
# devb-fdc &
```

И начинаем форматировать:

```
# fdformat /dev/fd0
```

Теперь можно запускать тест:

```
# fddtst
```

Если в течение нескольких часов тестирования не произошло ни одной ошибки, то тест можно считать успешно пройденным. В случае возникновения ошибки попробуйте сменить дискету и повторить тест — скорее всего ошибка была именно в ней.

### ТЕСТИРОВАНИЕ USB-ПОРТОВ

Проведем тестирование USB-портов. Для начала запускаем драйверы всех поддерживаемых USB-контроллеров:

```
# io-usb -dehci -dohci -duhci
```

Определяем, какие устройства подключены в систему, с помощью утилиты `usb`. Для процессорной платы CPC502 и под-

ключённых к ней USB-клавиатуры, USB-мыши и CompactFlash через USB-устройство чтения карт CompactFlash результат будет следующий:

```
# usb
USB 0 (EHCI) v1.10, v1.01 DDK, v1.01 HCD
```

```
Device Address      : 1
Vendor              : 0x0424
Product             : 0x2502
Class               : 0x09 (Hub)
Subclass            : 0x00
Protocol            : 0x01
Hub Number Ports    : 2
Hub Characteristics : 0x0010 (Ganged power, No overcurrent)
Hub Power On->Good  : 100 ms
Hub Power Requirements: 100 mA
```

```
Device Address      : 2
Vendor              : 0x1267
Product             : 0x0201 (USB Mouse)
Class               : 0x00 (Independent per interface)
```

```
Device Address      : 3
Vendor              : 0x0aec (Generic )
Product             : 0x3260 (USB Storage Device)
Class               : 0x00 (Independent per interface)
```

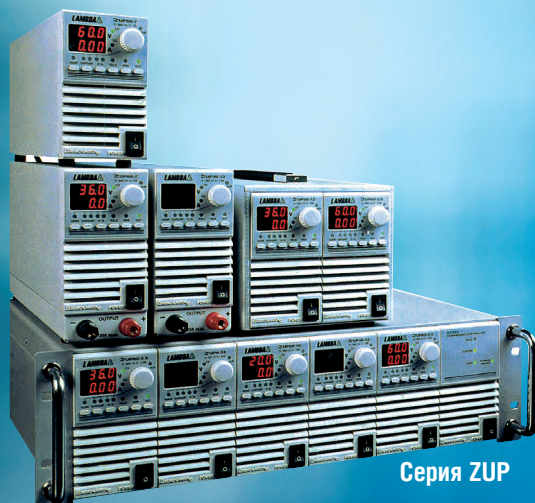
```
USB 1 (UHCI) v1.10, v1.01 DDK, v1.01 HCD
```

```
Device Address      : 1
Vendor              : 0x0566
Product             : 0x3002
Class               : 0x00 (Independent per interface)
```

```
USB 2 (UHCI) v1.10, v1.01 DDK, v1.01 HCD
```

# LAMBDA

## Программируемые источники питания — МОЩЬ И ИНТЕЛЛЕКТ



Серия ZUP

Серия Genesys™



### Серия ZUP (Zero-Up)

- Выходная мощность 200/400/800 Вт
- Встроенный интерфейс RS-232/485 (GPIB по заказу)
- Универсальный вход 85-265 В переменного тока
- Выходные напряжения до 120 В, ток нагрузки до 132 А
- Программная калибровка

### Серия Genesys™

- Выходная мощность 750/1500/3300 Вт
- Встроенный интерфейс RS-232/485 (GPIB IEEE488/488.2 SCPI по заказу)
- Выходные напряжения до 600 В, ток нагрузки 400 А
- Конфигурирование посредством внешнего напряжения/тока и ПО
- Драйверы LabView и LabWindows
- Высота 1U и 2U

### Применения ZUP и Genesys™

- Автоматическое испытательное оборудование
- Управление технологическими процессами
- Электротермотренировка полупроводниковых изделий
- Лазеры

# ProSoft®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640  
E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Реклама

#219

93



Как видно из результата, в системе обнаружено два типа USB-контроллеров: EHCI и UHCI. Причем USB-устройство чтения карт CompactFlash и USB-мышь подключены к EHCI-контроллеру, а USB-клавиатура — к UHCI-контроллеру. Теперь включаем эти устройства в другие USB-порты и убеждаемся, что они тоже работают. Таким образом мы проверили совместимость USB-контроллеров с драйверами ОС QNX.

Теперь проверим стабильность работы USB-портов. Для этого воспользуемся специально разработанным скриптом `usbmasstst`, который вы можете найти на странице технической поддержки ОС QNX. Алгоритм работы этого скрипта аналогичен схеме тестирования работы EIDE-контроллера, с той разницей, что теперь потоки данных файловой системы будут пропускаться через USB-контроллер, а не EIDE, поэтому повторно рассматривать алгоритм мы не будем.

Итак, подключаем USB-устройство чтения карт CompactFlash вместе с CompactFlash в порт тестируемой платы. На CompactFlash уже должна быть проинициализирована файловая система QNX 4. Запускаем скрипт:

```
# usbmasstst
```

По истечении многочасового тестирования смотрим журнал результатов тестирования. Если в нём не содержится ошибок, то значит, тест на стабильность работы USB-порта при его интенсивной загруженности прошёл успешно. Аналогичным образом проверяем все остальные порты.

## ТЕСТИРОВАНИЕ СОМ-ПОРТОВ

СОМ-порт в промышленной автоматизации до сих пор является чуть ли не основным интерфейсом для подключения периферийных устройств (датчиков, контроллеров, модемов и т.п.). По этой причине его тестированию следует уделить особое внимание.

В зависимости от типа используемого трансивера порт может функционировать как интерфейс RS-232, RS-422 или RS-485. Во всех случаях используется один и тот же драйвер `devc-ser8250`, совместимый с 8250, 14450 и 16550 UART-контроллерами. Метод тестирования меняется только в случае с RS-485, поскольку это уже полудуплексный интерфейс. Для него потребуется использование специально разработанных программ диагностики. Интерфейсы RS-232 и RS-422 являются полнодуплексными, а значит, полностью аналогичными, с программной точки зрения.

## Начальная проверка работоспособности СОМ-портов

Для начальной проверки работоспособности порта следует сделать «заглушку», которая соединяет приёмник трансивера с передатчиком. Обычно это контакты 2 и 3 разъемов DB-9 или IDC-10. Таким образом, можно будет проверить связь целиком, принимая все передаваемые в порт данные. Это так называемый `loopback`. Далее нужно запустить драйвер в текстовом режиме (используя опцию `-e`). Строка запуска драйвера для платы CPC502 (со всеми необходимыми модулями расширения для COM1, COM2 и COM3) выглядит следующим образом:

```
# devc-ser8250 -t14 -T14 -e -b115200 -u1 3F8,4 -u2 2F8,3 -u3 3E8,4 &
```

**На заметку:** опции `-t 14` и `-T 14` включают буферы FIFO приёмника и передатчика с уровнем срабатывания 14 байт (максимально допустимое значение), что значительно снижает нагрузку на процессор при работе драйвера. Рекомендуется всегда включать буферы FIFO контроллера UART хотя бы уровнем срабатывания 4 байта. В противном случае при значительной нагрузке последовательного интерфей-

са на высоких скоростях обмена и при низкой производительности процессора драйвер может полностью загрузить процессор и не успеть обработать принятые или переданные данные. К счастью, на практике такой режим работы маловероятен. И все же...

Следующая строка запускает утилиту `qtalk` на COM1:

```
# qtalk -m /dev/ser1
```

Теперь, если на плате нет ошибок и драйвер был запущен с нужными параметрами, всё, что вы наберёте на клавиатуре, сразу отобразится на экране как «эхо». Выньте «заглушку» и убедитесь, что связь пропала. Прделайте тот же тест с остальными портами платы.

Таким образом вы проверили работоспособность всего передающего и приёмного тракта СОМ-портов в ненагруженном режиме.

## Простая проверка связи с другим компьютером

Теперь проверим совместимость СОМ-портов между целевой платой и другим компьютером, в данном случае с инструментальным ПК с предустановленным QNX Momentics. Для этого нужно использовать нуль-модемный кабель. Достаточно использовать трёхпроводной кабель — первые два провода перекрёстно соединяют приёмники и передатчики СОМ-портов, а третий соединяет их земли. Подключаем кабель. На инструментальном ПК запускаем драйвер UART, который автоматически подключает существующие СОМ-порты из двух стандартных (2f8,3 3f8,4):

```
# devc-ser8250 -t14 -T14 -e -b115200 &
```

Запускаем `qtalk`, чтобы использовать ПК в качестве терминала связи с целевой платой. Допустим, ПК подключён через COM2:

```
# qtalk -m /dev/ser2
```

Запускаем на целевой плате `devc-ser8250` и `qtalk`, как это показано в предыдущем тесте. Набираем в терминале любой текст и видим его вывод на экране другого компьютера. Теперь меняем компьютеры и проделываем то же самое на другом терминале.

Для усложнения теста можно закрыть `qtalk` и отправить в порт текстовый файл или результат работы любой текстовой утилиты:

```
# hogs -ns1 / > /dev/ser2
```

Её вывод вы увидите на другом компьютере.

Таким образом мы проверили связь с другим компьютером в ненагруженном режиме, исключив основные проблемы в работе СОМ-портов.

## Тестирование стабильности связи с другим компьютером

Продолжим тестирование — проверим стабильность связи между компьютерами. Для этого используем специально разработанную программу тестирования для последовательных портов `sertst`. Скачать её можно со страницы технической поддержки ОС QNX.

Принцип работы утилиты следующий. В режиме передачи (опция `-T`) утилита постоянно генерирует пакеты и передаёт их драйверу UART-контроллера. Эти пакеты имеют определённый формат и содержание. При этом может меняться их длина (опция `-l`) и скважность передачи (опция `-d`). В режиме приёма (режим по умолчанию или опция `-R`) утилита принимает все пакеты от драйвера UART-контроллера, подсчитывает и отображает статистику. Таким образом с помощью этой

утилиты можно эмулировать пакетный обмен между устройствами через COM-порт, причём помимо обычных полдуплексных интерфейсов RS-232 и RS-422 возможно протестировать ещё полдуплексные типа RS-485 (опция -h).

Дополнительную гибкость в построении тестового стенда даёт режим работы обратной петли (опция -L). В этом режиме утилита работает как программная обратная петля, передавая в порт все принятые байты. В результате с помощью `sertst` можно протестировать стабильность связи COM-портов в различных схемах подключения.

Рассмотрим простой метод тестирования COM-порта. Вставляем в порт «заглушку». Задаём скорость обмена 57600 бод и переводим драйвер в режим работы RAW:

```
# stty 57600 </dev/ser1
# stty raw </dev/ser1
```

Теперь запускаем тест на 3600 секунд (опция -w):

```
# sertst -T -l 1024 -d 1 -w 3600 &
# sertst -v -l 1024 -d 1 -w 3600
```

Если требуется больше отладочной информации (опция -v), то утилиты лучше запускать на разных консолях. По истечении 1 часа утилита, работающая в режиме приёмника, выдаст накопленную статистику:

- количество принятых байтов,
- количество потерянных байтов,
- количество изменённых байтов,
- количество принятых пакетов,
- количество пропущенных пакетов,
- количество пакетов, содержащих ошибки.

Если ошибок нет, то тестирование COM-порта в интенсивно нагруженном режиме работы можно считать успешным. Аналогичным образом тестируем все остальные порты.

## ТЕСТИРОВАНИЕ ETHERNET-ПОРТОВ

Для начала проведём диагностику Ethernet-портов и работы сетевых протоколов с этими контроллерами. Запускаем Ethernet-драйвер и два стека протоколов, Qnet и TCP/IP, включив программную проверку CRC в Qnet:

```
# io-net -di82544 -pqnet host=cpc502,do_crc=1 &
```

Проверяем, что запустилось:

```
# ls /dev/io-net
en0          en1          ip0          ip_en        qnet_en
```

Как мы видим, для Fastwel CPC502 драйвер обнаружил и подключил оба Ethernet-контроллера.

На всякий случай проверяем, какие библиотеки запущены в сетевой системе менеджера io-net:

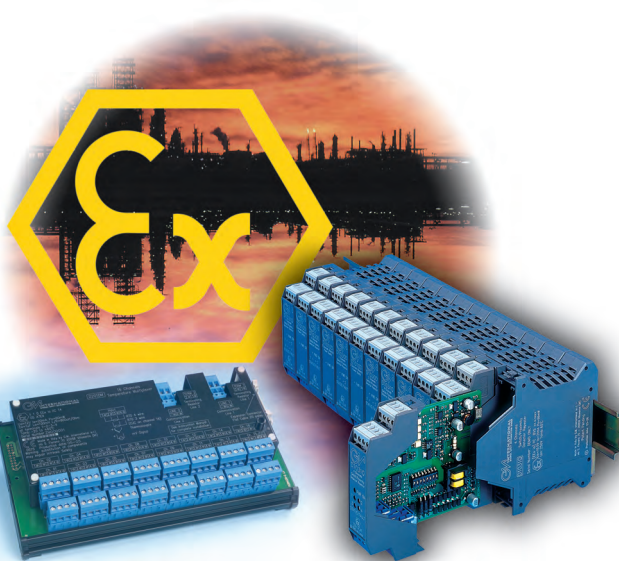
```
# pidin -P io-net mem
```

| pid | tid | name           | prio | STATE                | code | data  | stack      |
|-----|-----|----------------|------|----------------------|------|-------|------------|
| 11  | 1   | sbin/io-net    | 10r  | SIGWAITINFO          | 64K  | 4132K | 24K(516K)* |
| 11  | 2   | sbin/io-net    | 21r  | RECEIVE              | 64K  | 4132K | 4096(132K) |
| 11  | 3   | sbin/io-net    | 9r   | RECEIVE              | 64K  | 4132K | 8192(68K)  |
| 11  | 4   | sbin/io-net    | 10r  | RECEIVE              | 64K  | 4132K | 4096(68K)  |
| 11  | 5   | sbin/io-net    | 21r  | RECEIVE              | 64K  | 4132K | 4096(132K) |
| 11  | 6   | sbin/io-net    | 10r  | RECEIVE              | 64K  | 4132K | 4096(132K) |
| 11  | 7   | sbin/io-net    | 20r  | RECEIVE              | 64K  | 4132K | 4096(132K) |
| 11  | 9   | sbin/io-net    | 10r  | RECEIVE              | 64K  | 4132K | 4096(132K) |
| 11  | 10  | sbin/io-net    | 9r   | RECEIVE              | 64K  | 4132K | 4096(68K)  |
| 11  | 11  | sbin/io-net    | 10r  | RECEIVE              | 64K  | 4132K | 4096(68K)  |
|     |     | ldqnx.so.2     |      | @b0300000            |      | 348K  | 20K        |
|     |     | devn-i82544.so |      | @b8200000            |      | 32K   | 4096       |
|     |     | npm-qnet.so    |      | @b8209000            |      | 144K  | 36K        |
|     |     | npm-tcpip.so   |      | @b8236000            |      | 276K  | 28K        |
|     |     | /dev/mem       |      | @40100000 (e0200000) |      |       | 128K       |
|     |     | /dev/mem       |      | @40120000 (e0220000) |      |       | 128K       |

# ВАША

# ГАРАНТИРОВАННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

только с искробезопасным оборудованием от компании GM International



**Основные достоинства искробезопасных нормализаторов сигналов с гальванической развязкой серии D1000:**

- Монтаж на DIN-рейку
- Съёмные клеммные блоки
- Входы и выходы защищены от короткого замыкания
- Программируются в полевых условиях
- Трёхпортовая изоляция: вход/выход и цепи электропитания
- Высокая плотность каналов: 1, 2, 4 канала в модуле
- Диапазон рабочих температур от -20 до +60°C
- Уровень безопасности SIL2 – SIL3

**#425**

**PROSOFT®**

**МОСКВА  
С.-ПЕТЕРБУРГ  
ЕКАТЕРИНБУРГ  
САМАРА  
НОВОСИБИРСК**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru  
Тел.: (846) 277-9165 • Факс: (846) 277-9166 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru  
Тел.: (383) 202-0960, 335-7001, 335-7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Реклама



Проверяем функционирование Ethernet-драйвера с помощью утилиты `nicinfo`, запуская её для каждого порта в отдельности:

```
# nicinfo -r en0
INTEL 82544 Gigabit (Copper) Ethernet Controller

Physical Node ID ..... 0008B3
00011E
Current Physical Node ID ..... 0008B3
00011E
Current Operation Rate ..... 100.00
Mb/s full-duplex
Active Interface Type ..... MII
Active PHY address ..... 0
Maximum Transmittable data Unit ..... 1514
Maximum Receivable data Unit ..... 0
Hardware Interrupt ..... 0xb
Memory Aperture ..... 0xe0200000
- 0xe021ffff
Promiscuous Mode ..... Off
Multicast Support ..... Enabled

Packets Transmitted OK ..... 12379
Bytes Transmitted OK ..... 4685339
Broadcast Packets Transmitted OK ..... 324
Multicast Packets Transmitted OK ..... 0
Memory Allocation Failures on Transmit ..... 0

Packets Received OK ..... 25803
Bytes Received OK ..... 2684312
Broadcast Packets Received OK ..... 13798
Multicast Packets Received OK ..... 1957
Memory Allocation Failures on Receive ..... 0

Single Collisions on Transmit ..... 0
Deferred Transmits ..... 0
Late Collision on Transmit errors ..... 0
Transmits aborted (excessive collisions) ... 0
No Carrier on Transmit ..... 0
Receive Alignment errors ..... 0
Received packets with CRC errors ..... 0
Packets Dropped on receive ..... 0

# nicinfo -r en1
INTEL 82544 Gigabit (Copper) Ethernet Controller

Link is DOWN

Physical Node ID ..... 0008B3
00011F
Current Physical Node ID ..... 0008B3
00011F
Current Operation Rate ..... 0 kb/s
half-duplex
Active Interface Type ..... MII
Active PHY address ..... 0
Maximum Transmittable data Unit ..... 1514
Maximum Receivable data Unit ..... 0
Hardware Interrupt ..... 0xb
Memory Aperture ..... 0xe0220000
- 0xe023ffff
Promiscuous Mode ..... Off
Multicast Support ..... Enabled

Packets Transmitted OK ..... 0
Bytes Transmitted OK ..... 0
Broadcast Packets Transmitted OK ..... 0
Multicast Packets Transmitted OK ..... 0
Memory Allocation Failures on Transmit ..... 0

Packets Received OK ..... 0
Bytes Received OK ..... 0
Broadcast Packets Received OK ..... 0
Multicast Packets Received OK ..... 0
```

```
Memory Allocation Failures on Receive ..... 0

Single Collisions on Transmit ..... 0
Deferred Transmits ..... 0
Late Collision on Transmit errors ..... 0
Transmits aborted (excessive collisions) ... 0
No Carrier on Transmit ..... 0
Receive Alignment errors ..... 0
Received packets with CRC errors ..... 0
Packets Dropped on receive ..... 0
```

Обратите внимание на счетчики успешно принятых и переданных пакетов. Если они нулевые, то либо драйвер работает неправильно, либо проблемы в физическом соединении сетевого кабеля. В данном случае специально не был подключён сетевой второй кабель.

Отладочную информацию протокола Qnet можно посмотреть в файле `/proc/qnetstats`. Часть этой информации поступает в системный журнал в менеджер `slogger`. Проверить её можно утилитой `sloginfo`.

Теперь смотрим, какие компьютеры есть в сети:

```
# ls /net
cpc502      uvarov
```

В рассматриваемом примере это инструментальный компьютер с именем `uvarov` и тестируемая процессорная плата с именем `cpc502`.

Проверяем доступность удалённого компьютера:

```
# ls /net/uvarov
```

Если ошибок в связи нет, то сразу должна вывестись корневая файловая система компьютера `uvarov`. Переключаем сетевой кабель во второй порт. Через несколько секунд связь с удалённым компьютером должна восстановиться. На этом проверку совместимости драйвера Ethernet и протокола Qnet с Ethernet-контроллером можно считать успешно выполненной.

Оценить стабильность работы сетевого соединения и узнать эффективную скорость связи можно путём перекачивания больших файлов в файловом менеджере `mc` или `mqs`.

Перейдем к тестированию работы сетевого соединения через стек TCP/IP. Если в локальной сети находится DHCP-сервер, то следует поправить файл конфигурации `/etc/net.cfg` и запросить свободный IP-адрес у сервера:

```
# netmanager -s
```

Если DHCP-сервера нет или не удаётся получить IP-адрес автоматически, то его можно назначить вручную. Например, назначим второму порту следующий IP:

```
# ifconfig en1 192.168.5.144
```

Узнать IP-адреса можно той же командой:

```
# ifconfig
lo0: flags=8009<UP,LOOPBACK,MULTICAST> mtu 33212
capabilities=7<IP4CSUM,TCP4CSUM,UDP4CSUM>
enabled=0<>
inet 127.0.0.1 netmask 0xff000000
en0: flags=8c43<UP,BROADCAST,RUNNING,OACTIVE,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
capabilities=7<IP4CSUM,TCP4CSUM,UDP4CSUM>
enabled=0<>
address: 00:08:b3:00:01:1e
inet 192.168.5.48 netmask 0xfffff00 broadcast
192.168.5.255
en1: flags=8c43<UP,BROADCAST,RUNNING,OACTIVE,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
capabilities=7<IP4CSUM,TCP4CSUM,UDP4CSUM>
enabled=0<>
address: 00:08:b3:00:01:1f
```

```
inet 192.168.5.144 netmask 0xffffffff broadcast
192.168.5.255
```

Убеждаемся, что `ftp` и `telnet` разрешены в файле конфигурации `/etc/inetd.conf`. Запускаем соответствующие «демоны»:

```
# inetd
```

Теперь можно проверить доступ к портам с удалённого компьютера, обращаясь по их адресам:

```
# ping 192.168.5.48
```

```
# ping 192.168.5.144
```

Если доступ есть, запускаем удалённый терминал. Поработайте в нем для проверки:

```
# telnet 192.168.5.48
```

Затем подключаем ко второму порту сетевой кабель и делаем для него то же самое:

```
# telnet 192.168.5.144
```

Оценить стабильность связи и узнать эффективную скорость соединения можно путём перекачивания больших файлов по `ftp`-протоколу. Создадим большой файл:

```
# tar -cf usr.tar usr
```

Чтобы не заводить новых пользователей в системе, разрешим доступ администратору, закомментировав поле `root` в файле `/etc/ftpusers`. В случае если у пользователя `root` ранее не был заведён пароль, нужно задать его с помощью утилиты `passwd`.

На удалённом компьютере запустим `ftp`-клиента и войдём как пользователь `root`:

```
# ftp 192.168.5.144
```

В диалоговом окне введём команду загрузки файла:

```
ftp> get /usr.tar
```

Для процессорной платы `CPC502` усреднённая эффективная скорость закачивания данных составляет около 10 Мбайт/с.

## ТЕСТИРОВАНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПОРТА

Как правило, параллельный порт под управлением ОС QNX Momentics используется для решения следующих задач:

- подключения принтера и осуществления печати через драйвер параллельного порта `devc-par`;
- подключения специализированных устройств, не предназначенных для вывода текстовой информации, то есть требующих разработки собственного драйвера для обмена с ним.

Второй вариант является нестандартным решением, но не менее популярным. Параллельный порт — это удобный интерфейс для подключения множества различных устройств. Это могут быть устройства отображения и сохранения информации, контактные датчики и наборы реле, устройства связи или специализированные контроллеры собственной разработки. При этом порт может работать в одном из трёх режимов: `SPP`, `ECP` или `EPP` — с использованием прерываний. Такое множество вариантов подключения усложняет задачу всестороннего тестирования. Здесь можно рекомендовать тестирование порта в работе с помощью прикладного ПО в связке со специализированным адаптером. Мы же ограничимся тестированием стандартного решения и проверим печать на принтере. Этот тест должен исключить большую часть потенциальных ошибок функционирования порта.

Подключаем к порту принтер. Включаем его. Запускаем драйвер для одного порта с адресом `0x378`:

```
# devc-par -p0x378
```

Для печати тестовой страницы используем команды для стандартного вывода `echo` или `print`. Используем любые утилиты для вывода информации, например, `date` и `uname`. Вы

## Флэш-диски M-Systems – высший пилотаж!

- Форм-фактор: 1,8", 2,5", 3,5"
- Интерфейсы: IDE/ATA/SCSI/SerialATA
- Скорость чтения/записи до 320 Мбайт/с
- Установившаяся скорость обмена 40 Мбайт/с
- Удары до 1500g
- Вибрация до 16g
- Высота до 25 км
- -40... +85°C
- Сохранность данных более 10 лет
- Функция моментального удаления данных

Гарантия до 10 лет



msystems

Официальный дистрибьютор продукции M-Systems – компания ПРОСОФТ  
(495) 234-06-36 • www.prosoft.ru • info@prosoft.ru

Реклама

#31



можете использовать по аналогии любые другие утилиты или отправить на печать заранее приготовленный текстовый файл.

```
# echo «DATE: `date`» | tee /dev/par1
# echo «QNX VERSION: `uname -a`» | tee /dev/par1
# echo «\f» > /dev/par1
```

На принтере должна отпечататься страничка с той же информацией, что отображена на экране. Если так, то считаем тест выполненным успешно.

## Проверка часов реального времени

Проверку совместимости часов реального времени с ОС QNX проведём путём изменения их значения. Для этого используется утилита `rtc`.

Для начала узнаем текущее время ОС:

```
# date
```

Устанавливаем новую дату и время. Например, 11:00:00 09.01.2007:

```
# date 0701091100.00
```

Записываем системное время в микросхему часов реального времени, используя автоматическое определение типа микросхемы RTC:

```
# rtc -s hw
```

Перезапускаем компьютер и входим в BIOS. Убеждаемся в том, что аппаратное время было изменено. При необходимости восстанавливаем исходное значение времени. На этом проверку можно считать выполненной.

## Конфигурация Photon и тестирование VGA-контроллера

Перейдем к тестированию графического контроллера. Удаляем текущие настройки графического драйвера, которые скопировали из инструментальной машины при сборке файловой системы:

```
# crttrap clear
/etc/system/config/graphics-modes removed
```

С помощью утилиты `pci` определим идентификатор фирмы-разработчика (VID), идентификатор устройства (DID) и индекс на шине PCI. Для CPC502 результат будет следующий:

```
Class      = Display (VGA)
Vendor ID  = 8086h, Intel Corporation
Device ID  = 3582h, Unknown Unknown
PCI index  = 0h
```

Вводим полученные данные о графическом контроллере в файл конфигурации `/etc/system/config/graphics-traplist`. Явно задаем драйверы, совместимые с ним. Для CPC502 получаем файл следующего содержания:

```
devgt-iographics -dldevg-i830.so -IO -d0x8086,0x3582
devgt-iographics -dldevg-vesabios.so -IO -d0x8086,0x3582
devgt-iographics -dldevg-svga.so -IO -d0x8086,0x3582
```

Запускаем утилиту автоматической конфигурации:

```
# crttrap trap
/usr/photon/bin/devgt-iographics -dldevg-i830.so -IO -d0x8086,0x3582
/usr/photon/bin/devgt-iographics -dldevg-vesabios.so -IO -d0x8086,0x3582
/usr/photon/bin/devgt-iographics -dldevg-svga.so -IO -d0x8086,0x3582
crttrap: wrote config file as /etc/system/config/graphics-modes
```

В результате получаем файл `/etc/system/config/graphics-modes`, содержащий все возможные варианты запуска заданных графических драйверов, поддерживаемых данным контроллером. Выберем наиболее подходящий для нас вариант. Например, следующая строка запускает драйвер с разрешением 1280×1024 точек на 32 бит:

```
io-graphics -di830 vid=0x8086,did=0x3582,index=0,photon,
xres=1280,yres=1024,bitpp=32 -pphoton;#1280,1024,32,100,OCBDr,
i830 - Intel 82830
```

Добавляем эту строку с аргументом `refresh=85` и `hwcursor` в ваш сценарий запуска графической оболочки Photon целевой платы — файл `/usr/bin/ph`. Получаем следующий результат:

```
export PATH=$PATH:/usr/photon/bin
export PHOTON=/dev/photon
export PHFONT=/dev/phfont
export PHOTON_PATH=/usr/photon
export TMPDIR=/tmp
export HOME=/root
export PHWM=pwm
export USER_NAME=/dev/photon
Photon &
waitfor /dev/photon 10
io-graphics -di830 vid=0x8086,did=0x3582,index=0,photon,
xres=1280,yres=1024,bitpp=32,refresh=85 -pphoton hwcursor &
waitfor /dev/phfont 10
devi-hirun kbd fd -d/dev/kbd ps2 mousedev &
pwm &
pterm &
```

В конце сценария можно добавить вызовы разных графических утилит либо ограничиться вызовом графического терминала `pterm`. Остальные утилиты можно будет вызвать из него.

Не забудьте создать домашний каталог, куда будут записаны текущие конфигурации графической оболочки:

```
# mkdir /root
```

Наконец, можно запустить скрипт:

```
# /usr/bin/ph
```

Теперь все должно работать, либо ищите, где вы допустили ошибку.

Для тестирования следует запустить несколько различных графических программ и уделить им какое-то время. Большую их часть вы найдете в каталоге `/usr/photon/bin/`. Если в процессе работы на экране монитора вы не заметите никаких артефактов, значит, можно считать, что тестирование прошло успешно.

Для выхода из графической оболочки в окне терминала `pterm` следует вызвать следующую строку:

```
# slay Photon
```

Этот скрипт запуска Photon вы можете написать сами по аналогии или найдёте в архиве BSP, поставляемом для процессорных плат фирмы Fastwel, предварительно запросив его в службе технической поддержки ОС QNX.

## Заключение

Описанная в статье методика тестирования процессорных плат фирмы Fastwel не является окончательной. Она постоянно дорабатывается. Последнюю версию утилит для проведения тестирования вы можете загрузить со страницы технической поддержки ОС QNX.

Если в процессе чтения этой статьи у вас возникли замечания, вопросы или появились советы по доработке тестового ПО или доработке методики тестирования, обратитесь в службу технической поддержки ОС QNX фирмы Fastwel. ●

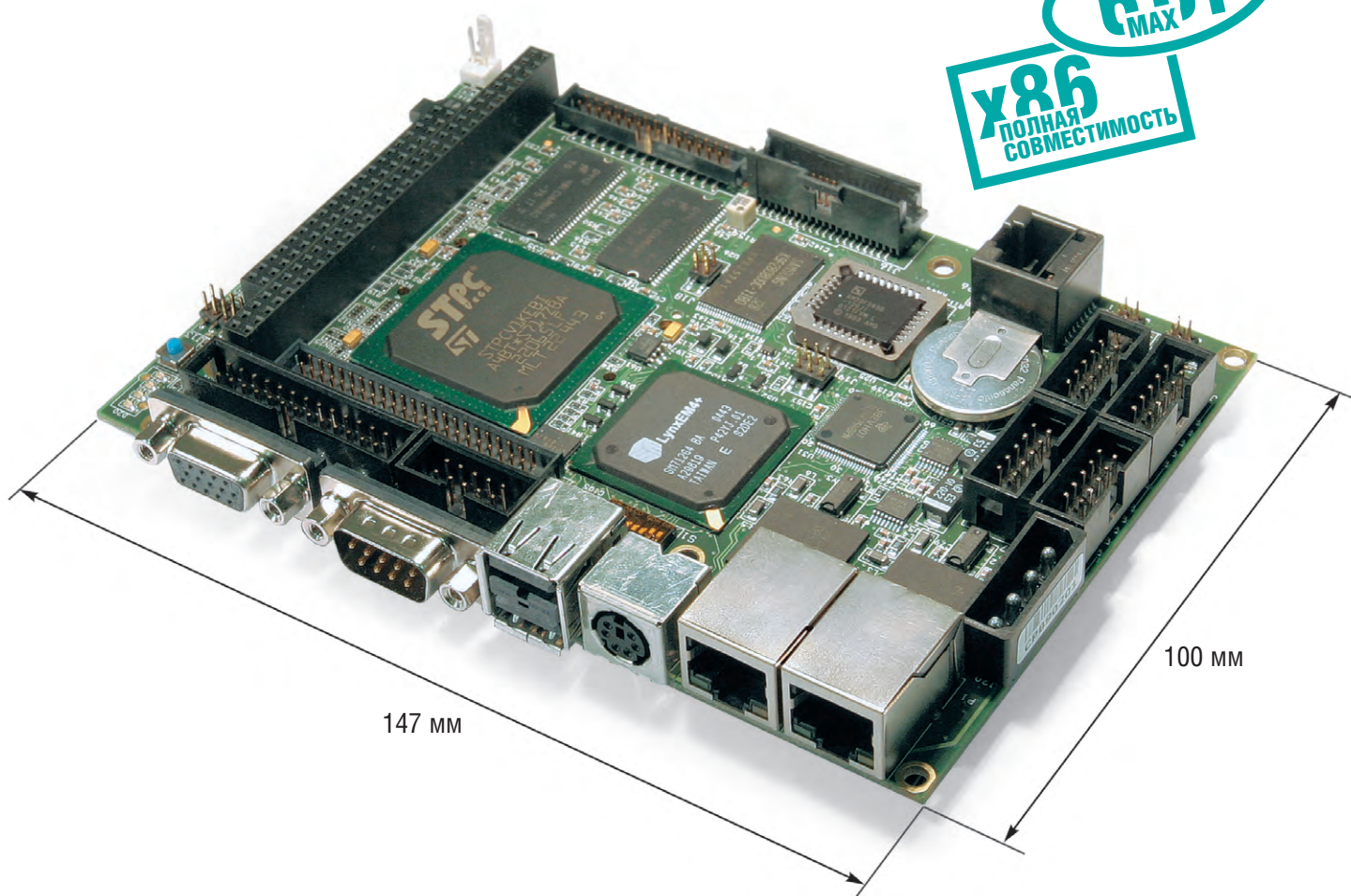
**Автор — сотрудник фирмы Fastwel**

**119313, Москва, а/я 242**

**Тел.: (495) 234-0639 Факс: (495) 232-1654**

**E-mail: info@fastwel.ru**

**Малый размер —  
большие возможности!**



## **Одноплатный компьютер CPB 902** **для ответственных встраиваемых систем**

- Процессор: STPC Vega 200 МГц (напаян), ядро 32 бит x86, класса Pentium
- Оперативная память: 32/128 Мбайт SDRAM (напаяна)
- Видео: ЭЛТ/TFT/STN с разрешением до 1024×768
- Накопители: напаянный флэш-диск 32 Мбайт; 2 порта IDE; гнездо CompactFlash
- Сетевые интерфейсы: 2×Fast Ethernet
- Поддержка модулей PC/104
- Порты ввода/вывода: 2×RS-232, 4×RS-232/422/485; 2×USB, 16 DIO TTL
- Диапазон рабочих температур -40...+85°C
- Устойчивость к ударам/вибрации: 50g/5g

Реклама

**# 232**



Мария Солдатова

## Главное событие промышленной автоматизации Урала

С 14 по 16 ноября 2006 в Екатеринбурге прошла Международная специализированная выставка «Передовые технологии автоматизации-Урал 2006» и Уральская конференция, посвящённая промышленной автоматизации и встраиваемым системам. Новейшее оборудование и передовые технологии для металлургической, машиностроительной, нефтегазовой, энергетической и других отраслей промышленности были представлены в ВЦ «КОСК "Россия"».

Выставочная компания «ЭКСПОТРОНИКА» уже шестой год организует выставки в сфере автоматизации технологических процессов и накопила солидный опыт в своём деле. За время существования выставки «ПТА» значительно расширилась география её проведения – из Москвы выставка пришла в Санкт-Петербург, Киев, Екатеринбург. Место проведения определяется в первую очередь актуальностью тематики в каждом из регионов.

В промышленном сердце России Екатеринбурге выставка «ПТА-Урал» прошла уже во второй раз. Стремление властей УрФО наращивать объёмы производства диктует необходимость использования самых современных технологий и оборудования. Эту задачу и помогает решать выставка «ПТА» на Урале. Неподдельный интерес к выставке объективно подтверждает значительное число посетителей (свыше 7000 человек).

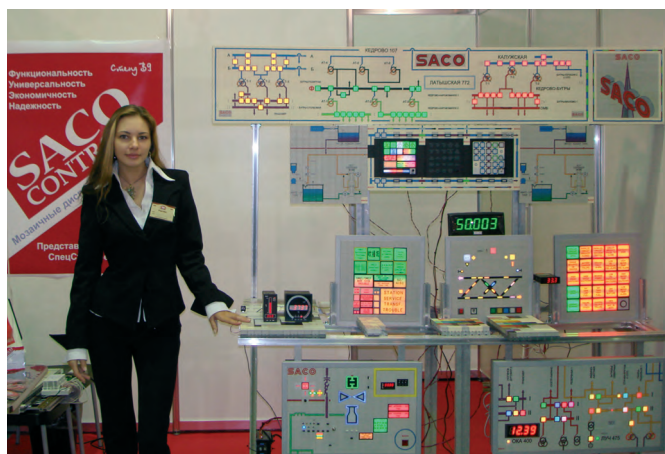
Количество экспонентов выросло по сравнению с прошлым годом почти на треть и составило 82 компании. Среди участников Beckhoff, Phoenix Contact, Omron, Siemens VAI, АТ-Электроникс, ПРОСОФТ-

Системы, Текон, Альбатрос, Катарсис, Икос, Вибратор, Технолинк, Лидер, ИНИУС, ПЛКСистемы, Технолинк, Энергоресурс-ЕКБ, Уралтехмаркет, Овен-Урал, Элеси, Сенсорика, ИнСАТ, Технопарк-Автоматизация, Технопарк-Приборостроение и многие другие.

Все выставки «ПТА» традиционно сопровождается насыщенная деловая программа, основным событием которой является Конференция по АСУ ТП и встраиваемым системам, что даёт возможность экспонентам более детально познакомить посетителей с компаниями и их продукцией. В этом году тематика конференции была поделена по сферам применения, наиболее актуальным отраслям промышленности Урала (металлургическая, машиностроительная, энергетическая, нефтегазовая). Формирование программы конференции по отраслевому принципу позволило привлечь максимально целевую аудиторию и предложить современные решения для автоматизации объектов конкретной отрасли промышленности. Также прошли семинары компаний «ПРОСОФТ-Системы», «АСК», презентация компании «Промэлектроника».



В рамках выставки прошла Вторая конференция по АСУ ТП и встраиваемым системам



Красивая автоматизация

Ярким событием в деловой программе выставки «ПТА-Урал 2006» стал конкурс журнала «СТА». Представленный в двух номинациях — «Лучший проект» и «Лучший доклад» — конкурс становится традиционным для всех выставок «ПТА» («ПТА-2006», г. Москва, «ПТА-Украина 2006», г. Киев, «ПТА Санкт-Петербург 2006»). Победителем в номинации «Лучший проект АСУ ТП» стала компания ПЛКСистемы, награждённая за проект «АСУ ТП приёма зерна, управления элеватором и подачи в производство».



Актуальность выставки «ПТА» на Урале подтверждает количество посетителей



Личные контакты — самый эффективный инструмент маркетинговых коммуникаций

В номинации «Лучший доклад на конференции по АСУ ТП и встраиваемым системам» победила компания «Сименс ФАИ», представившая доклад «Автоматизация доменного производства от Сименс ФАИ: от подготовки проекта до успешного пуска».

По итогам выставки было проведено анкетирование участников, по результатам которого средняя оценка выставки «ПТА-Урал 2006» составила 4,7 балла по 5-балльной шкале.

Однако не стоит забывать, что только 50% успеха выставочного мероприятия — это работа организатора. Остальные 50% — это серьезная подготовка экспонента к выставке. Хорошим примером тому могут стать компании, представившие свои экспозиции на «ПТА-Урал 2006».

Компания «ТС-СКН» представила продукцию, ориентированную на использование в сфере ВПК. Оборудование было помещено в камеры, где были созданы суровые климатические условия: песчаная буря, дождь, вибрация, низкие и высокие температуры. При этом оно продолжало работать!

Компания «Отраслевой центр внедрения новой техники и технологий» предложила оборудование, позволяющее в любой момент времени узнать точное местоположение груза, следующего по железным дорогам. На стенде был построен действующий макет железной дороги, поражающий своей точностью и натуралистичностью.

Группа компаний «Технопарк-Приборостроение» участвовала в выставке «ПТА» впервые. Это был успешный дебют. Экспозиция компаний была расположена особняком в амфитеатре выставочного центра и вызвала большой интерес со стороны посетителей.

Торжественно и ярко отметила на выставке своё пятидесятилетие компания «Элеком». К поздравлениям присоединяется коллектив ВК «ЭКСПОТРОНИКА» и желает долгих лет успешной и плодотворной работы.

Дирекция выставки особо отметила самые эффектные стенды и провела награждение участников. Призы получили компании «ПРОСОФТ-Системы» и «Технопарк-Автоматизация», «ОЦВ» и «Элеком».

Вообще о каждой из компаний-участниц можно сказать добрые слова. Все 82 экспонента — как дебютанты, так и опытные участники — достойно представили себя на выставке. При такой взаимной поддержке организаторов и экспонентов

## CANTech 2007

CAN в Автоматизации (CiA) — международная некоммерческая организация пользователей и производителей, которая развивает и поддерживает протоколы верхнего уровня сети CAN (Controller Area Network), планирует проведение международной конференции CANTech 2007. Конференция будет проводиться в Санкт-Петербурге 6 и 7 Марта 2007 года на русском языке.

В первый день посетителям предлагается семинар для новичков в обращении с сетью CAN. Будут представлены основы CAN и применяемые в этой сети протоко-

лы высокого уровня. Более детально будут описаны протокол высокого уровня CANopen и профили устройств и приложений CANopen.

Во второй день будет проведен симпозиум с подробными докладами о последних разработках, достижениях, приложениях для сети CAN и работающих в ней протоколах высокого уровня. Симпозиум будет сопровождаться небольшой выставкой продукции компаний-участников. Подробная программа, условия и возможность зарегистрироваться on-line предлагается на <http://www.can-cia.org/conferences/russia/2007/index.html> ●

## НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

### Новости ISA

В г. Хьюстоне (США) с 17 по 19 октября состоялась крупнейшая в Северной Америке выставка ISA EXPO 2006. Впервые международные студенческие приборостроительные Игры ISA проводились в первый день работы выставки в специально оборудованном большом павильоне. Команда студентов Европы была представлена в этом году двумя студентами из России (Санкт-Петербургский государственный

университет аэрокосмического приборостроения — ГУАП) и двумя студентами из Италии (университет города Катанья) и заняла 4-е место. Студенты награждены почетными дипломами Игр. 18 октября студенты приняли участие во впервые организованном ISA фестивале молодых специалистов в области автоматизации (YAPFEST).

С 13 по 17 октября прошло ежегодное собрание ISA (The Instrumentation, Systems, and Automation Society), в работе которого принял участие А.В. Бобович (ГУАП).

Ассоциация ISA совместно с OMAC (The Open Modular Architecture Controls Users' Group), WBF (The Forum for Automation and Manufacturing Professionals) и WINA (The Wireless Industrial Networking Alliance) создала Федерацию Автоматизации (Automation Federation — AF), подробнее на сайте [www.automationfederation.org](http://www.automationfederation.org). AF объединяет ассоциации и общества, работающие в сфере автоматизации производства и ТП, которые в рамках AF смогут более эффективно выполнять свою миссию. AF будет заниматься координацией деятельности организаций-членов, которые направляют свои усилия на улучше-



Делегация ГУАП с мэром г. Terre Haute

ние научного и инженерного обеспечения технологий автоматизации и решения прикладных задач.

С 27 октября по 6 ноября в городе Terre Haute (США) в университете штата Индиана прошел второй Российско-Американский семинар ISA, организованный в соответствии с договором о сотрудничестве между университетом штата Индиана и ГУАП. Делегации из ГУАП, в которую входили представители профессорско-преподавательского состава, студенты, аспиранты и сотрудники университета, была предложена насыщенная научная, образовательная, культурная программа. С обеих сторон были сделаны научные доклады, прочитаны лекции. Делегацию ознакомили с рядом современных предприятий, выпускающих комплектующие изделия для аэрокосмической промышленности. Мэр города Terre Haute господин Kevin Burke объявил своим указом 30 октября 2006 года днем Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения. Был подписан протокол о сотрудничестве на 2007 год, в рамках которого сотрудничество будет продолжено. ●



**Флагман передовой  
автоматизации**



# **ПТА Санкт-Петербург 2007**

**Выставка**  
**Промышленная автоматизация**  
**и встраиваемые системы**



**15-17 мая 2007**  
**ВЦ «Северо-Запад РФ»**

**Организатор:**  
Выставочная компания  
«ЭКСПОТРОНИКА»

<http://www.pta-expo.ru/spb>

**В Москве:**  
(495) 234-2210, [info@pta-expo.ru](mailto:info@pta-expo.ru)  
**В Санкт-Петербурге:**  
(812) 448-0338, [spb@pta-expo.ru](mailto:spb@pta-expo.ru)

*В этой рубрике мы представляем  
новые аппаратные средства,  
программное обеспечение и литературу.*

*Если Вы хотите бесплатно получить  
у фирмы-производителя  
подробное описание или каталог,  
возьмите карточку обратной связи  
и обведите индекс,  
указанный в колонке интересующего Вас  
экспоната «Демонстрационного зала»,  
затем вышлите оригинал или копию карточки  
по почте или факсу  
в редакцию журнала*

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ».**

*Карточку можно также заполнить  
на сайте журнала «СТА»:*

**www.cta.ru**

## Стильный, быстрый, защищённый

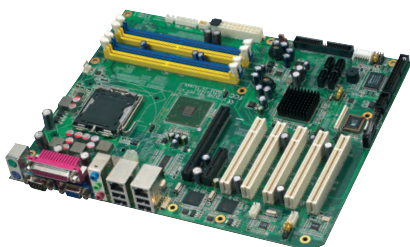
Сегодня мобильные компьютеры используются очень широко, и существует множество приложений в таких сферах, как энергетическая, транспортная, охрана правопорядка и другие, где помимо современной «начинки» ноутбука требуется его способность работать в неблагоприятных условиях. Именно в таких случаях защищённый ноутбук с элегантным дизайном Mitac M230 является прекрасным выбором. Он создан на базе платформы Intel Centrino Duo и несёт в себе чипсет Intel 945GM с ЦП Intel Core Duo L2400 (частота 1,66 МГц). Размер экрана составляет 14,1" (XGA) или 15" (SXGA), для заказа доступна опция для чтения при ярком солнечном свете. M230 оснащён контроллерами Gigabit Ethernet, Wi-Fi (802.11 a/b/g), модемом 56K, доступны модули Bluetooth и GPS. Это безвентиляторное решение имеет корпус из магниевого сплава повышенной прочности со степенью защиты IP54 и может работать при температурах от -20 до +55°C. ●



**# 172**

## Когда один в поле уже не воин

Компания Advantech пополнила семейство своих промышленных материнских плат моделью AIMB-762, которая имеет формат ATX и поддерживает двухъядерные процессоры Intel Pentium D. Её основой является чипсет Intel 945G, совместимый также с процессорами Intel Pentium 4 с частотой до 3,8 ГГц (системная шина 800 МГц). На плату можно поставить до 4 Гбайт ОЗУ класса DDR2-533/667 и подключить к ней до четырёх жёстких дисков с интерфейсом SATA II, которые могут быть объединены в RAID-массивы уровней 0, 1, 5, 10. AIMB-762 имеет встроенный видеоконтроллер, а также слот PCI Express x16 для установки дискретного графического адаптера. Помимо этого плата оснащена одним разъёмом PCI Express x4 и пятью PCI 32 бит/33 МГц. Один или два контроллера Gigabit Ethernet выполняют роль сетевых интерфейсов. Кроме этого, для общения с внешним миром разработчики дали этой модели один порт RS-232, один RS-232/422/485 и восемь USB 2.0. AIMB-762 совместима со всеми корпусами Advantech для материнских плат. ●



**# 107**

## Взрывозащищённый 4½-разрядный измерительный преобразователь с питанием через токовую петлю 4-20 мА

Компания GM International провела метрологическую аттестацию 4½-разрядного измерительного преобразователя T3010S: на основании положительных результатов испытаний утверждён тип преобразователей измерительных T3010S, который зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 32167-06 и допущен к применению в Российской Федерации (сертификат об утверждении типа средств измерений ИТ.С34.001.А № 24631).

Одноканальный 4½-разрядный взрывозащищённый измерительный преобразователь с индикатором обеспечивает считывание параметров процесса во взрывобезопасной зоне (зоны классов 0, 1 и 2). Диапазон рабочих температур от -20 до +60°C; диапазон температур хранения от -40° до +80°C.

Максимальное входное напряжение 30 В.

Максимальный входной ток — 200 мА для температурного класса T5, 100 мА для температурного класса T6. Максимальная входная мощность — 850 мВт. ●

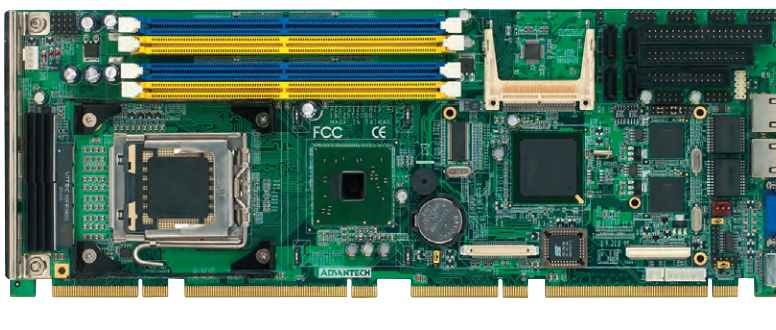


**# 425**

## PCE-5120 — олицетворение перемен

На текущий момент в отрасли промышленных компьютеров происходят значительные изменения. На повестке дня — двухъядерные процессоры и высокоскоростной стандарт PICMG 1.3. Олицетворением новых веяний является полноформатная процессорная плата Advantech PCE-5120. Её основа — это набор системной логики Intel 945G, который даёт ей возможность поддерживать с частотой системной шины 800 МГц как двухъядерные ЦП Intel Pentium D, так и очень популярные Intel Pentium 4 и недорогие Celeron D.

На плату можно установить до 4 Гбайт ОЗУ класса DDR2-533/667. Благодаря южному мосту ICH7R диски, подключённые к четырём каналам SATA II, могут быть объединены в RAID-массив уровней 0, 1, 5, 10. Встроенный видеоконтроллер поддерживает разрешение вплоть до 2048×1538 при частоте развертки 75 Гц и использует до 224 Мбайт оперативной памяти. Для обмена данными по сети PCE-5120 оснащается од-



ним или двумя интерфейсами Gigabit Ethernet. В качестве опции к заказу доступен IPMI-модуль, применение которого делает возможным удалённое управление системой на базе этой платы.

Соответствие стандарту PICMG 1.3 даёт возможность использовать PCE-5120 для обслуживания приложений, требующих высокой пропускной способности (до 10 Гбайт/с, пропускная способность плат PICMG 1.3 примерно в 20 раз больше, чем у моделей формата PICMG 1.0). Пассивные кросс-панели, выпущенные для работы с платой, уже не имеют разъёмов ISA и оснащены слотами PCI Express и PCI, а иногда ещё и PCI-X. Модель PCE-5120 и предназначенные для работы с ней в связке пассивные кросс-панели полностью совместимы со всеми ранее выпущенными корпусами Advantech.

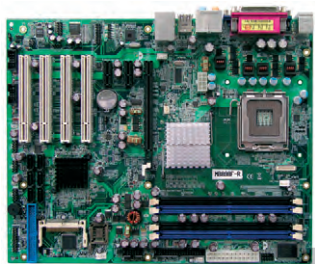
Помимо 8 высокоскоростных портов USB 2.0, данная модель ещё предоставляет 4 последовательных интерфейса RS-232, один из которых поддерживает также протоколы RS-422/485. Диапазон рабочих температур платы находится в пределах от 0 до +55°C. ●

**# 103**



## Новейшая двухъядерность для промышленных ПК

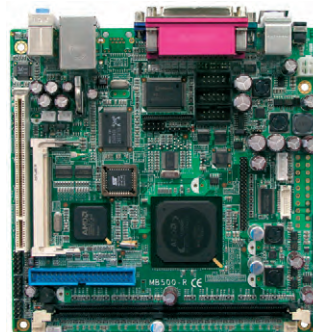
В очередной раз опередив своих коллег по цеху, компания iBASE первой выпустила промышленную материнскую плату формата ATX с поддержкой двухъядерных процессоров Intel последнего поколения Core 2 Duo. Модель MB898 создана на базе чипсета Q965 и поддерживает 4 линейки процессоров Intel (кроме Core 2 Duo, ещё Pentium D, Pentium 4, Celeron D), на неё можно установить до 8 Гбайт ОЗУ класса DDR 2-533/667/800. Помимо встроенного видеоконтроллера плата может похвастаться четырьмя каналами SATA-II, четырьмя последовательными интерфейсами RS-232 и десятью портами USB 2.0. Для сетевых коммуникаций предусмотрены интерфейсы Fast и Gigabit Ethernet. Функциональность платы можно расширить, задействовав слоты PCI — 4 шт., PCI Express x1 — 2 шт., PCI Express x16 — 1 шт. (для установки мощной дискретной графики). Возможно, не все современные приложения смогут использовать 100% потенциала процессоров Core 2 Duo, тем не менее, плата MB898 является отличным выбором для всех, кто думает о перспективах своего парка промышленных ПК. ●



# 67

## Небыстро, зато тихо и надёжно

Далеко не для всех приложений необходима высокая вычислительная мощность процессора. Порою главенствующие роли играют малое энергопотребление и низкое тепловыделение. В таких ситуациях отличным выбором станут платы Mini-ITX начального уровня iBASE MB500, которые поддерживают процессоры AMD серии Geode LX, не нуждающиеся в активном охлаждении. Младшая модель имеет ЦП Geode LX700 с частотой 433 МГц и 1 канал Fast Ethernet, старшая модель MB500F поставляется с ЦП Geode LX800, работающим на частоте 500 МГц, и оснащена двумя контроллерами Fast Ethernet. Остальные характеристики у плат одинаковы, они построены на базе чипсета AMD CS5536, могут комплектоваться DDR-памятью объёмом до 1 Гбайт, имеют встроенные видеоконтроллеры. Для подключения накопителей предусмотрены контроллер UDMA/100 и разъём CompactFlash, а для периферийных плат — слоты PCI и MiniPCI. Для работы с внешними устройствами могут быть использованы 4 последовательных интерфейса RS-232 и 4 порта USB 2.0. ●



# 67

## Компактный высокопроизводительный BOX PC Advantech

Фирма Advantech начала поставки первого устройства из своей новой серии встраиваемых промышленных компьютеров UNO-1000. Первенец под названием UNO-1019, выполненный на базе процессора Intel® XScale PXA-255 200 МГц, имеет 2 порта Ethernet, 4 COM-порта (RS-232/422/485), 4 канала дискретного ввода/вывода и работает под управлением операционной системы Windows® CE.NET 4.2. Для сохранения и переноса данных используется карта памяти CompactFlash. Наличие трёх программируемых светодиодов и звукового излучателя обеспечивает простую реализацию местной сигнализации.

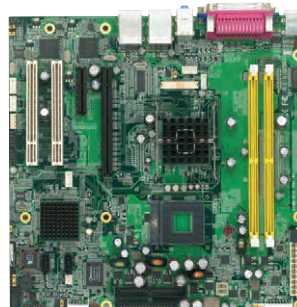


Отсутствие принудительного охлаждения, широкий диапазон рабочих температур (0-70°C), небольшие размеры и вес, возможность монтажа на DIN-рейку или на панель делают UNO-1019 идеальной платформой для встраиваемых промышленных систем сбора данных и управления, а также для использования в качестве преобразователя коммуникационных протоколов. ●

# 113

## Мобильность для поддержки компактности

Известно, что тепловыделение центрального процессора может стать проблемой при создании компактных промышленных компьютеров, например, таких, как системы для монтажа в стойку высотой 1U или миниатюрных настольных/настенных решений. Именно для таких приложений компания Advantech выпустила промышленную материнскую плату формата MicroATX — AIMB-554, которая поддерживает двухъядерные мобильные процессоры последнего поколения Core 2 Duo, а также Core Duo, являющиеся предшественниками Core 2 Duo. В основу модели положен чипсет Intel 945GM со встроенным графическим ядром и поддержкой памяти DDR2-533/667 (объёмом до 2 Гбайт). К плате можно подключить до двух жёстких дисков с интерфейсом SATA и объединить их в RAID-массив уровня 0 или 1. Обмен сетевым трафиком может происходить по одному или двум каналам Gigabit Ethernet. Дополнительные функции плате можно придать, задействовав 4 слота расширения: 2 PCI, PCI Express x4 и PCI Express x16 для внешней графической карты. ●



# 107

## Mini-ITX на стол, пол, стену и в шкаф

На рост популярности плат Mini-ITX производители корпусов отвечают выпуском совместимой с ними продукции. Так, компания Akiwa выпустила корпус GHB-B05, который смело можно называть универсальным решением для систем формата Mini-ITX. Изначально он имеет настольное исполнение, но с помощью крепежа GHB-B05-W его можно закрепить на любой горизонтальной поверхности, а с помощью GHB-B05-R смонтировать в 19" шкаф, где он займет секцию высотой 2U. Корпус имеет 2 отсека для плат расширения и комплектуется блоком питания до 250 Вт. На переднюю панель выведены световые индикаторы и 2 разъёма USB. Производитель выпустил 5 модификаций модели GHB-B05. В первую можно установить низкопрофильный оптический привод, диск формата 3,5" и 2 диска 2,5", во вторую — низкопрофильный оптический привод и 4 диска формата 2,5", в третью — 2 диска формата 3,5" и 2 диска 2,5", в четвёртую — 1 диск формата 3,5" и 2 диска 2,5", в пятую — 8 дисков формата 2,5". Одним словом, выбирайте по вкусу. ●



# 64

## Немного ретро в формате MicroATX

Гонки производителей за вычислительной мощностью и расширенным набором функций позволяют пользователям получать продукцию, находящуюся на пике технологий. Это, безусловно, хорошо, но порою предлагаемые решения обладают избыточным для конкретных приложений потенциалом, и оттого становятся излишне дорогостоящими. Этого нельзя сказать о промышленной материнской плате AIMB-542 формата MicroATX от компании Advantech. Чипсет со встроенной графикой, лежащий в её основе, Intel 865G обеспечивает приемлемый на сегодняшний день набор функций и поддерживает достаточно производительные ЦП Intel Pentium 4 в корпусе LGA775 с частотой до 3,8 ГГц. На неё можно установить до 4 Гбайт DDR-памяти и подключить 2 SATA-диска и 4 IDE-накопителя. Для работы с внешним видеоускорителем предусмотрен слот AGP 8X, пользователи также доступны 3 разъёма PCI. Общение с внешним миром происходит по интерфейсу Fast Ethernet, а также помощью 8 портов USB 2.0 и одного RS-232. ●

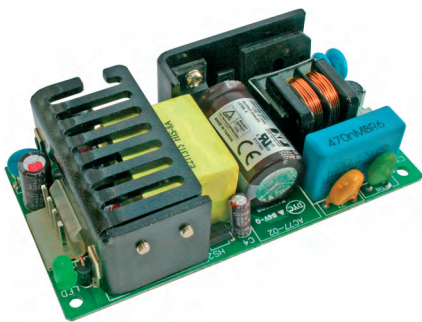


# 107

## Новая серия компактных надёжных источников питания AC/DC XP Power

Компания XP Power выпустила серию ACS компактных 40- и 60-ваттных источников электропитания AC/DC, способных работать от сети переменного тока с предельными значениями отклонения напряжения питающей сети 90 и 264 В переменного тока и 110-370 В постоянного тока. В составе серии одноканальные модели с выходными напряжениями 3,3; 5; 9; 12; 15; 24; 36; 48 В.

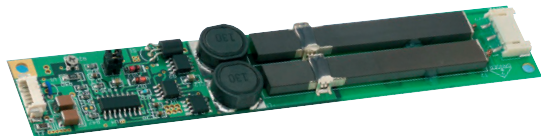
Модули питания серии ACS 40/60 оснащены защитой от перенапряжения, перегрузок по току, подстройкой выходного напряжения  $\pm 5\%$  от номинального напряжения. Входные цепи снабжены средством подключения к защитному заземлению. Источники питания могут комплектоваться защитными перфорированными крышками. Электрическая прочность гальванической развязки выходных цепей питания от шин источника входной электроэнергии — 3000 В (действующее значение). Габаритные размеры: 101,6×50,8×30,48 мм. ●



# 224

## Инверторы для ЖК-дисплеев TFT, использующие пьезоэлектрический принцип

Компания Zipy Technology приступила к выпуску инверторов для ЖК-дисплеев TFT, использующих в работе пьезоэлектрический принцип. В противоположность обычным инверторам, у которых выходное напряжение производится за счёт индукции, при обратном пьезоэффекте приложенное напряжение деформирует кристаллы керамического элемента и вырабатывает механическую энергию, которая за счёт пьезоэффекта преобразуется обратно в электрическую энергию. Инвертор практически не выделяет тепла. Диапазон рабочих температур в стандартном варианте лежит в пределах  $-30...+80^{\circ}\text{C}$ . Пьезоинвертор универсален: одноламповый инвертор может применяться для всех TFT-дисплеев с одной лампой, двухламповый инвертор — для всех TFT-дисплеев с двумя лампами. Пьезоинвертор имеет лучшие характеристики в отношении электромагнитной совместимости, так как, в отличие от обмоточных инверторов, электрическая энергия не преобразуется в электромагнитную и не возникает поток рассеяния. ●



# 426

## Сетевой Антикиллер

Опытный системный администратор знает: безопасность сети — не пустой звук. Сегодня трудно представить промышленную сеть без эффективных аппаратных средств контроля и защиты трафика. Эта задача остро стоит не только для сетей с выходом в Интернет, но и для внутренних сетей промышленных предприятий.

Компания Hirschmann, известная своими коммутаторами SPIDER и OpenRail, теперь взялась за решение проблемы комплексно. И последняя серия межсетевых экранов EAGLE mGuard для жёстких условий эксплуатации доказывает серьёзность их подхода.

Эти сетевые устройства с поддержкой сервисов DHCP, NAT, с защитой от IP-спуфинга, MAC-фильтрацией и встроенным антивирусом ClamAv позволяют эффективно сегментировать сеть промышленного предприятия, а также контролировать и защищать её трафик.

Имеется также возможность развёртывания виртуальной сети VPN благодаря аппаратной поддержке IPSec, L2TP-протоколов, современных алгоритмов шифрования, хэширования, и механизмов авторизации.

Устройства серии EAGLE mGuard максимально просто интегрировать в существующую сеть. В ассортименте есть компактные модели для монтажа на DIN-рейку, решения в виде серверов-лезвий для 19" шкафов, встраиваемые в ПК PCI-карты. Кроме этого, для мобильных компьютеров предусмотрены ультракомпактные модели с питанием от USB-порта. Облегчить масштабируемость смешанной сети помогут модификации

## Фирма Planar Systems расширила серию StereoMirror 20- и 23-дюймовыми стереодисплеями

Фирма Planar Systems анонсировала два широкоформатных стереоскопических монитора серии StereoMirror. Модель SD2020 с размером диагонали 20 дюймов и 23-дюймовая SD2320W обеспечивают увеличенную площадь и улучшенное качество изображения по сравнению с представленной ранее моделью SD1710.

Мониторы SD2020 и SD2320W позволяют просматривать стереоизображение, используя поляризационные очки. При этом полностью сохраняются разрешение ЖК-панели и частота кадров, а глаза устанут не больше, чем при работе с обычным монитором.

Технология StereoMirror обеспечивает формирование 3D-изображения с помощью двух ЖК-панелей, угол между которыми составляет  $110^{\circ}$ , и полупрозрачного зеркала, расположенного между ними. Конструкция стереомонитора позволяет, подняв зеркало, работать с ним как с традиционным 2D-дисплеем.

Новые устройства предназначены для применений в фотограмметрии, 3D-моделировании, радиографических исследованиях и задачах комплексной визуализации. ●



# 157

## Низкопрофильные источники электропитания AC/DC для монтажа на DIN-рейку

Компания Lambda выпустила DSP-серию низкопрофильных (высота 56 мм) источников питания для установки на DIN-рейку. Предлагаемые в исполнениях с выходными мощностями от 7,5 до 100 Вт модули предназначены для стабилизации низких уровней напряжения, применяемых в помещениях.

Одноканальные источники питания доступны с рядом выходных напряжений 5, 12, 15 и 24 В. Модули питания оснащены комплексной защитой от перегрузки по току и перенапряжения, а светодиодные индикаторы предоставляют визуальную информацию о текущем состоянии выходного напряжения. Модели характеризуются универсальным входом: диапазон входных напряжений от 90 до 264 В переменного тока (частота питающей сети от 47 до 63 Гц) или от 120 до 370 В постоянного тока. Изделия соответствуют требованиям международных стандартов безопасности, включая IEC60950-1, UL508, ГОСТ Р 50377-92, и по защите от поражения электрическим током относятся к оборудованию класса II (применяется двойная изоляция). ●



# 219

этих моделей с самыми различными сочетаниями интерфейсов передачи данных по витой паре и оптическим каналам.

Для интеграции на программном уровне не придётся даже останавливать компьютерную сеть предприятия и менять сетевые адреса, а интерфейсы удалённого управления и фирменное программное обеспечение HiVision сделают процесс администрирования более удобным.

Таким образом, серия Hirschmann EAGLE mGuard несомненно повысит уровень безопасности компьютерной сети и поможет вывести информационную систему предприятия на качественно новый уровень. ●



# 50



## Популярная серия DPP-источников питания для монтажа на DIN-рейку увеличивает мощность

Компания Lambda расширила популярную серию DPP-источников питания для установки на DIN-рейку новыми 480-ваттными моделями DPP480-24-1 и DPP480-48-1.

Модули оснащены корректором коэффициента мощности (КМ = 0,99 при входном напряжении 230 В). Диапазон входных напряжений от 90 до 264 В (изменение частоты 47-63 Гц) и 120-370 В постоянного тока. Имеется возможность включения до трёх модулей параллельно. Диапазон рабочих температур от -25 до +71°C (линейное снижение выходной мощности равно 2,5%/°C от +61 до +71°C).

Гальваническая развязка между входом и выходом равна 3000 В в течение 1 мин. Вес модуля в металлическом корпусе 1920 г; габаритные размеры 175×125×123 мм. Гарантийный срок — 2 года.

В ближайшие планы компании Lambda входит выпуск моделей для работы от трёхфазных сетей (DPP480-24-3 и DPP480-48-3) и более мощной 960-ваттной модели DPP960-24-3. ●



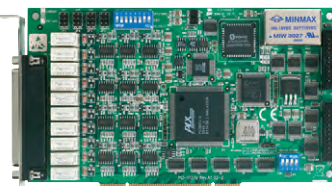
# 219

## Новая плата аналогового вывода для шины PCI

Компания Advantech выпустила плату аналогового вывода PCI-1727U для шины PCI с универсальным питанием, которая имеет 12 независимых каналов с 14-разрядным разрешением, позволяющих формировать выходные сигналы ±10 В и 0-20 мА. Кроме того, плата имеет 32 канала дискретного ввода/вывода с уровнями ТТЛ.

Плата PCI-1727U обладает возможностью синхронизации изменения аналоговых сигналов на разных выходных каналах. Такая функция будет очень полезной для дублированных систем управления или систем с большим числом параллельно работающих исполнительных устройств.

Еще одной особенностью PCI-1727U является её совместимость с популярной платой PCL-727 для шины ISA на уровне выполняемых функций, внешних соединителей и драйверов. Всё это позволяет без проблем модернизировать старые системы, существенно увеличивая при этом их производительность и функциональные возможности, а также оставляя без изменений ранее разработанное прикладное программное обеспечение. ●



# 127

## Mitac A790: шутки в сторону!

На смену самому популярному защищённому ноутбуку Mitac A770 пришла модель A790, созданная на базе платформы Intel Centrino Duo. Она унаследовала все способности для работы в жёстких условиях эксплуатации и даёт возможность использовать преимущества современных мобильных технологий.

Внутри A790 находится процессор Intel Core Duo L2400 (частота 1,66 МГц), работающий в связке с чипсетом Intel 945GM. В ноутбук устанавливается DDRII-память объемом 512 Мбайт с возможностью увеличения до 2 Гбайт, ёмкость жёсткого SATA-диска — 80 или 120 Гбайт. A790 поддерживает установку ещё одного НЖМД такого же объёма. В зависимости от модификации размер дисплея составляет 12,1" или 14,1" (разрешение 1024×768), пользователю доступны опции для чтения при ярком солнечном свете и сенсорного экрана. Изначально ноутбук комплектуется лишь 3,5" дисководом, но к нему может быть добавлен комбинированный привод DVD/CD-RW или DVD±RW.

В ноутбуке установлены средства как проводной, так и беспроводной связи: «медный» Gigabit Ethernet, модем 56K, контроллер Wi-Fi (802.11 a/b/g), на заказ доступны контроллеры Bluetooth, GSM, GPRS, GPS. Среди множества опций для модели A790 присутствуют модули с интерфейсами RS-232/422, FireWire, PCMCIA, U320 SCSI. Для увеличения продолжительности работы в ноутбук можно установить до двух дополнительных батарей.

Для безопасной работы A790 оснащён аппаратным модулем безопасности TPM, к нему может быть добавлен биометрический сканер отпе-

чатков пальцев. Ноутбук имеет безвентиляторный (!) дизайн; прочный корпус из магниевого сплава и клавиатура с сенсорной панелью имеют степень защиты IP54, все разъёмы защищены резиновыми заглушками. Он соответствует военным стандартам MIL-810-STD и MIL-TD-461E (опционально), способен работать в условиях вибраций, ударов, падений в температурном диапазоне от -20 до +55°C. За дополнительной информацией об этой модели обращайтесь на [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru). ●



# 171

## Модульный конфигурируемый источник питания обеспечивает увеличение мощности на 11% в стандартном шасси

Компания XP Power расширила серию flexPower конфигурируемых источников питания, начав выпуск модели X10, которая обеспечивает 11% увеличение мощности при использовании шасси того же размера, что и для более ранних 900-ваттных моделей. В дополнение к новым 1000-ваттным шасси X10 XP Power анонсировала выпуск своих новых модулей с двумя выходами для расширения всей серии flexPower. Предлагается 18 комбинаций двоядных выходных напряжений. Доступны выходные напряжения 2; 3,3; 5; 12; 15 и 24 В с токами в нагрузке до 10 А. Модули X10 flexPower снабжены различными логическими сигналами, включая общий сигнал включения/выключения, сигналы состояния переменного и постоянных напряжений. Отдельный выходной канал 5 В (standby) обеспечивает электропитанием ответственные схемы управления.

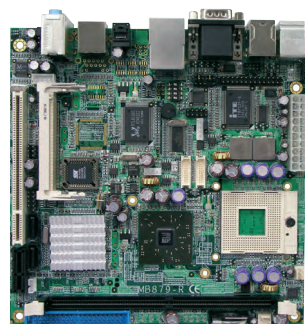
Изделия семейства flexPower сертифицированы для коммерческих, промышленных и медицинских применений. ●



# 224

## Больше графики для Pentium M

Процессор Intel Pentium M отлично себя зарекомендовал при работе в компактных системах. Но иногда его вычислительной мощи недостаточно, так как требуется ещё и современный уровень графики. Именно для таких приложений компания iBASE выпустила Mini-ITX плату MB879. Изюминкой этой модели является то, что она построена на базе системной логики ATI Radeon Xpress 200, имеющей мощную графическую составляющую ATI M10 (Mobility Radeon 9600) с поддержкой интерфейсов VGA, TV-out и LVDS. На MB879 можно установить ЦП Pentium M с частотой до 2,26 ГГц (системная шина 533 МГц) и до 1 Гбайт памяти класса DDR2-533. Для работы с платами расширения предусмотрены слоты: 1 PCI, 1 PCI Express x1 и 1 MiniPCI. Также следует сказать о четырёх последовательных интерфейсах RS-232, шести портах USB 2.0, двух каналах SATA для подключения жёстких дисков, встроенных контроллерах звука и Fast Ethernet. У модификации платы MB898F есть также интерфейсы Gigabit Ethernet, IEEE 1394 и разъём CompactFlash. ●



# 67

## Серия источников питания AC/DC для монтажа на DIN-рейку: увеличение мощности

Фирма XP Power расширила серию DNR источников питания AC/DC для монтажа на DIN-рейку моделями с выходными мощностями 480 Вт: теперь серия DNR включает модели с выходными мощностями от 5 до 480 Вт.

Модули питания характеризуются универсальным входом 90-264 В переменного тока (изменение частоты 47-63 Гц) и 120-370 В постоянного тока, причём выходная мощность не понижается при низких значениях входных напряжений. Другим достоинством новых моделей является широкий диапазон рабочих температур (от -25 до +55°C) без снижения мощности в нагрузке, а со снижением мощности — до температуры окружающей среды +70°C.

480-ваттные источники питания, как и другие модели серии DNR, доступны в исполнении с винтовыми зажимами и съёмными соединителями. Функция параллельной работы является стандартной; доступны также модели, обеспечивающие заряд аккумуляторных батарей.

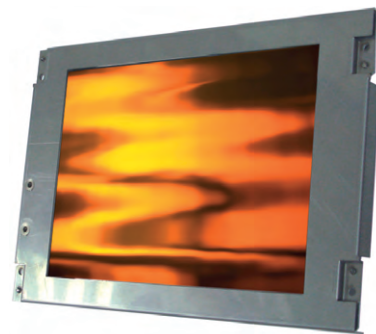
Среднее время безотказной работы — 200 000 часов (рассчитано для температуры +40°C). ●



# 223

## Жидкокристаллические дисплеи с системой задней подсветки на светодиодах

На выставке Electronica 2006 (Мюнхен) компания LiteMax продемонстрировала новую линию жидкокристаллических дисплеев, где в качестве источника излучения системы задней подсветки используются массивы светодиодов белого свечения. Серия новых дисплеев называется DURApixel — от английского слова durability (прочность, стойкость). Линия ЖК-дисплеев состоит из моделей с размерами диагонали от 6 до 15 дюймов: LF0615E, LF1055E, LF1236E, LF1555E. Рабочий температурный диапазон от -20 до +60°C. Основные применения новой серии ЖК-дисплеев: транспорт, медицинское оборудование, измерительное оборудование и другие, где требуются стойкость к воздействию вибрации, брызгозащита, считывание информации при яркой солнечной засветке.



# 189

## Промышленный Ethernet реального времени

Промышленный Ethernet уже давно стал привычным. Без этих гибких и производительных сетей не обходится уже ни одно промышленное предприятие. Однако для использования в технологических процессах, например поточных, эти сети часто неприменимы. Отсутствие в стандарте Ethernet гарантированного времени отклика конечного устройства не позволяло этим сетям работать в режиме реального времени.

Разработанный недавно открытый протокол Ethernet Powerlink (IEEE 1588) позволил преодолеть этот барьер: на канальном уровне OSI он может разделять имеющуюся физическую линию связи между обычными данными, не критичными ко времени, и защищёнными данными, время доставки которых определено заранее.

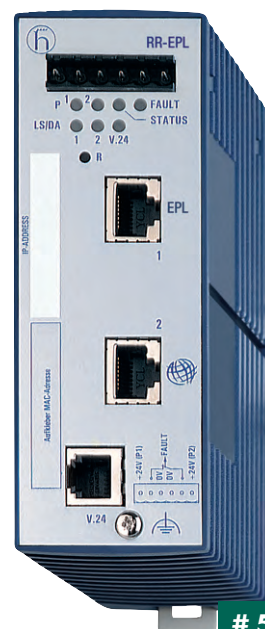
Однако с практической его реализацией до сих пор были сложности. В этой ситуации маршрутизатор RR-EPL Hirschmann как нельзя кстати. С его помощью стало возможным создавать 100-мегабитовые сегменты сети, где пересылаемые данные будут чётко тактироваться по времени. Таким образом, время пересылки каждого пакета данных будет заранее известно и составит от 100 микросекунд с точностью до 1 микросекунды.

Благодаря универсальности протокола IEEE 1588 оборудование Hirschmann полностью совместимо с действующими сетями 100Base-X, построенными по произвольной топологии. Выделив в сети Ethernet

сегмент, работающий в реальном времени, маршрутизатор RR-EPL не просто делает IP-адреса подсетей «прозрачными»: соединяя в себе функции NAT и межсетевого экрана, он может обеспечивать доступ в открытую сеть, а также передавать сообщения по Ethernet и RS-232-модему.

Отдельным преимуществом этого изделия является чисто программная реализация протокола. Благодаря этому программное обеспечение можно будет обновлять в дальнейшем по ходу его совершенствования.

Хотя маршрутизатор RR-EPL Hirschmann — изделие, смотрящее далеко в будущее, доступно оно уже сегодня. А, значит, уже завтра каждая технологическая сеть Ethernet сможет работать в режиме реального времени. ●



# 50

## Высокоэффективный помехоподавляющий фильтр от фирмы Interpoint

Фирма Interpoint начала поставку помехоподавляющего фильтра FMT28-461 для применения с DC/DC-преобразователями серий MWR и MPE. Фильтр можно использовать также с DC/DC-преобразователями фирмы Interpoint серий MHD, MHV, MHF+, MSA, MGA, HSH, MCH, MGH, MHE, MRT, MTO.

Фильтр ослабляет кондуктивные помехи, создаваемые при работе DC/DC-преобразователей: вносимое затухание на частоте 500 кГц составляет 50 дБ. Дроссели фильтра выполнены на бескаркасных ферритовых сердечниках; температура перегрева сердечника не превышает 20°C.

Значение максимального тока через фильтр — 3 А. Габаритные размеры: 37,08×28,7×9,14 мм (исполнение без крепёжных фланцев); масса 26 г. Диапазон рабочих температур от -55 до +125°C (температура основания корпуса). Поставляются изделия с тремя уровнями отбраковки при контроле качества с целью выявления потенциально ненадёжных устройств: стандартный, расширенный (ES) и /883 (весь состав и последовательность процедур контроля качества по стандарту MIL-STD-883F).



# 133

## Commander SK — грамотное решение для общепромышленных задач

РЕКЛАМА

Контроль Техникс (Control Techniques) представляет новый электропривод общего назначения Commander SK (220-690 В, до 132 кВт). Впечатляет набор функциональных возможностей: встроенный ПЛК, упрощённая настройка на процесс (управление группой насосов, конвейеров, миксеров, простые задачи ПТО), открытая система программирования, часы реального времени, встроенный ЭМС-фильтр, дроссель постоянного тока и широкий набор дополнительных опций.

Компания Control Techniques имеет в России сеть профессиональных сервисных центров, что обеспечивает высокий уровень поддержки. Вместе с компанией Control Techniques и её оборудованием многие Ваши задачи решаются удобнее, проще и надёжнее. ●

Представительство Control Techniques:  
Телефон: (495) 981-9811  
Факс: (495) 981-9815  
E-mail: ct.russia@controltechniques.com



# 135



## Новые кабели Belden для шины PROFIBUS

Компания Belden освоила производство двух новых кабелей для шины PROFIBUS-DP, одной из самых распространенных в системах промышленной автоматизации.

Кабель 3079E представляет собой гибкую версию стандартного кабеля 3079A. Он имеет одну витую пару с многопроволочными медными лужеными проводниками с изоляцией из самозатухающего вспененного полиэтлена, заключенную в общий экран Beldfoil из фольгированной полиэстерной пленки, и оплётку из медных лужёных проволок плотностью 65%. Температура эксплуатации кабеля от -30 до +75°C.

Кабель 183079A имеет одну витую пару с однопроволочными медными проводниками диаметром 0,64 мм с изоляцией из самозатухающего вспененного полиэтлена в общем экране из алюмолавсановой ленты и оплётки из медных лужёных проволок плотностью 65%. Броня в виде алюминиевой гофрированной ленты обеспечивает кабелю механическую защиту и стойкость к воздействию окружающей среды. Температура эксплуатации кабеля от -30 до +60°C. ●



# 333

## Новый стандарт определяет расклад

Нечасто пассивные кросс-панели удостоиваются чести быть представленными в рубрике «Демонстрационный зал», но случай с моделью Advantech PCE-5B12-64 именно такой: это одна из первых объединительных плат, соответствующих стандарту PICMG 1.3, что и определяет её высокую пропускную способность и отсутствие поддержки шины ISA. Данная плата является односегментной, и, помимо разъёма нового формата для полноразмерных процессорных плат (например PCE-5120), присутствуют ещё 11 слотов для карт расширения. Один из них — PCI Express x16 — предназначен для установки отдельного видеоускорителя, когда мощности встроенного в PICMG-плату графического ядра недостаточно. PCE-5B12-64 может похвастаться шестью интерфейсами PCI-X: 2 работают в режиме 64 бит/100 МГц, остальные — 64 бит/66 МГц. Оставшиеся 4 разъёма — стандартные PCI 32 бит/33 МГц. Несмотря на новый стандарт, PCE-5B12-64 совместима со всеми 14-слотовыми корпусами Advantech, например IPC-610. ●



# 103

## Немецкие «пауки» готовы к экстриму

Компания Hirschmann, дополняя свою уже известную линейку промышленных коммутаторов начального уровня SPIDER, выпустила следующую партию «пауков» с индексом EEC для экстремальных условий эксплуатации. Модели SPIDER 8TX EEC, SPIDER 5TX EEC имеют соответственно 8 и 5 портов Fast Ethernet (10/100Base-TX, разъём RJ-45), а SPIDER 4TX/1FX EEC и SPIDER 1TX/1FX EEC с четырьмя и одним аналогичными портами имеют также оптический порт 100Base-FX с разъёмом SC или ST. Все коммутаторы работают в широком температурном диапазоне (от -40 до +70°C), выдерживают вибрацию в 15g и сильные электромагнитные помехи (контактные разряды до 6 кВ, импульсные помехи до 2 кВ), а оптические интерфейсы позволяют прокладывать сигнальные линии даже вплотную к силовым на расстоянии до 23,5 км. Все коммутаторы Hirschmann SPIDER компактны, монтируются на DIN-рейку, поддерживают технологию Plug & Play и легко впишутся в существующую локальную сеть, а также в бюджет предприятия. ●



# 49

## Компактные внешние источники электропитания для переносных медицинских приборов

Компания XP Power начала поставки компактных 120-ваттных источников электропитания для переносной медицинской техники и другого портативного оборудования, где требуется высокая электрическая прочность изоляции между первичными и вторичными цепями и небольшой ток утечки на землю. Источники питания серии AMM120 предлагаются в исполнениях с защитой от поражения электрическим током класса I (с подключением к защитному заземлению) и класса II (без подключения к заземлению). Источники питания с габаритными размерами 160×76,2×43,7 мм имеют универсальный вход (90-264 В переменного тока), характеризуются высоким значением удельной мощности 220 Вт/дм³ и соответствуют требованиям медицинских стандартов (EN60601-1, UL60601-1). Номинальные значения выходного напряжения равны 12, 15, 18, 19, 20, 24, 30, 36 и 48 В. Сервисные функции: защита от перенапряжения, перегрева, перегрузки по току и короткого замыкания. ●



# 224

## ECO-номичные станции ввода-вывода VIPA

Компания VIPA дополнила модульную систему управления System 200V модулями новой бюджетной серии ECO. В состав серии входят интерфейсные модули ведомого устройства для шин PROFIBUS-DP и CANopen, а также модули дискретного и аналогового ввода-вывода.

Новые интерфейсные модули позволяют подключать к ним не более 8 модулей ввода-вывода, не поддерживают функциональные модули и обеспечивают по шине расширения ток до 0,8 А для питания модулей расширения. Технические характеристики модулей ввода-вывода серии ECO оптимизированы для использования, в первую очередь, в составе станций удаленного ввода/вывода, хотя модули могут быть использованы и в составе централизованных систем управления.

Применение модулей серии ECO позволяет на 25-30% снизить стоимость аппаратной части по сравнению с системами на базе стандартных изделий System 200V. ●



# 282

## NSI притягивает взгляд

Существует множество ситуаций, когда приходится выполнять ответственную работу в условиях плохой освещённости. Глаза напрягаются, а внимание тратится на поиски нужной клавиши на клавиатуре. Однако удобная компьютерная периферия может решить эту проблему.

Серия NSI Night Vision — это промышленные клавиатуры, с которыми приятно работать в любое время суток. Мягкая ровная контурная подсветка не режет глаза, а чувствительные короткоходовые клавиши и 50 мм трекбол всегда под рукой.

Яркость подсветки может изменяться автоматически с уровнем внешней освещённости, имеется также возможность ручной регулировки. Стильный черный корпус устройства со степенью защиты IP67 не боится пыли и прямого попадания влаги. Выпускаются варианты с интерфейсами USB и PS/2.

Клавиатуры NSI Night Vision KSTL105xyyy-BLEL со 105 клавишами и трекболом могут стать настоящей изюминкой в панели управления или, в зависимости от исполнения, незаменимым атрибутом рабочего стола. ●



# 169

Наш журнал продолжает рубрику «Будни системной интеграции». Её появление не случайно и связано с растущим числом интересных системных решений в области АСУ ТП, с одной стороны, а с другой — с участвующими запросами в адрес редакции от различных предприятий с просьбами порекомендовать исполнителей системных проектов. Цель рубрики — предоставить возможность организациям и специалистам рассказать о внедрённых системах управления, обменяться опытом системной интеграции средств автоматизации производства,

контроля и управления. Публикация в этой рубрике является прекрасным шансом прорекламировать свою фирму и её возможности перед многотысячной аудиторией читателей нашего журнала и с минимальными затратами привлечь новых заказчиков. Рубрика призвана расширить для специалистов кругозор в области готовых решений, что, несомненно, создаст условия для прекращения «изобретательства велосипедов» и для выхода на более высокие уровни системной интеграции.

## АСУ турбокомпрессорной установкой «Вест-Мед»

Специалистами компании «Антрел» для ООО «Вест-Мед» (г. Пушкино) реализован проект по разработке АСУ турбокомпрессорной установкой (ТКУ). Цель проекта: модернизация системы операторского контроля, повышение надёжности работы установки. ТКУ служит для формирования воздушного потока с заданным давлением и состоит из турбины с электродвигателем, преобразователя частоты и системы управления. АСУ включает в себя HMI-панель (ЖК-дисплей с сенсорным экраном) для ввода данных оператором и модули WAGO. Программируемый контроллер WAGO 750-815 управляет преобразователем частоты, контролирует состояние датчиков и обеспечивает обмен данными с HMI-панелью. Модули WAGO 750-466 и 750-402 служат для ввода сигналов датчиков температуры и давления. Текущее давление напора воздуха сравнивается с заданным, и по сигналу, пропорциональному их разности, система управляет количеством оборотов электродвигателя турбины.

В случае аварийной ситуации (повышенная температура двигателя, загрязнение воздушного фильтра, отказ преобразователя частоты) система выключает двигатель турбины и включает световое и звуковое оповещение (реле WAGO 750-517).

В результате внедрения АСУ возросла производительность и безопасность работы с ТКУ, уменьшилось число ручных операций, улучшилось качество окрашиваемого объекта, снизилось влияние человеческого фактора. Сейчас система находится в опытной эксплуатации. ●

**Группа компаний «Антрел», г. Москва**  
Телефон/факс: (+7-495) 775-1721  
E-mail: antrel@antrel.ru  
Web: www.antrel.ru



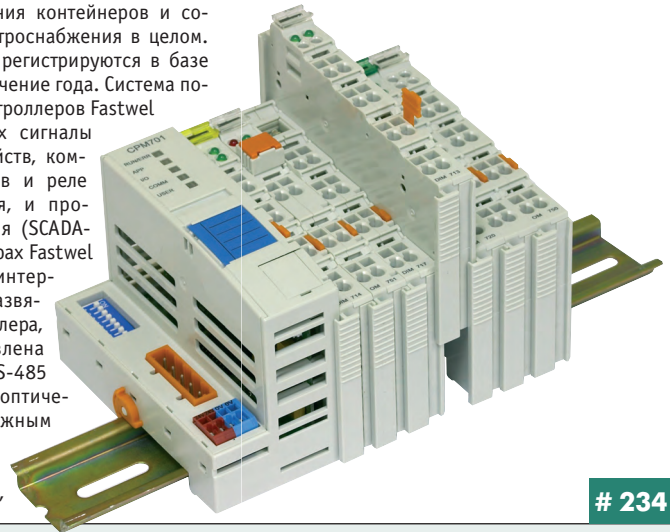
# 376

## FASTWEL I/O в системе мониторинга гарантированного электроснабжения аэропорта Шереметьево-2

Задачи системы мониторинга — контроль состояния и управление двумя дизельными электростанциями, состоянием линий питания и вспомогательных систем. Все данные сводятся на центральный диспетчерский пульт, где круглосуточно происходит регистрация и архивация данных. Система мониторинга состоит из двух частей: контроля состояния двух дизель-генераторов, а также контроля вспомогательного оборудования контейнеров и состояния системы электроснабжения в целом. Все события системы регистрируются в базе данных и хранятся в течение года. Система построена на основе контроллеров Fastwel CRM702, принимающих сигналы от механизмов, устройств, коммутирующих аппаратов и реле контроля напряжения, и программного обеспечения (SCADA-система). В контроллерах Fastwel коммуникационный интерфейс гальванически развязан с цепями контроллера, а в сервере установлена плата интерфейса RS-485 фирмы Advantech с оптической развязкой. Важным свойством контроллеров, повышающим надёжность системы,

является широкий рабочий температурный диапазон  $-40...+70^{\circ}\text{C}$ . ●

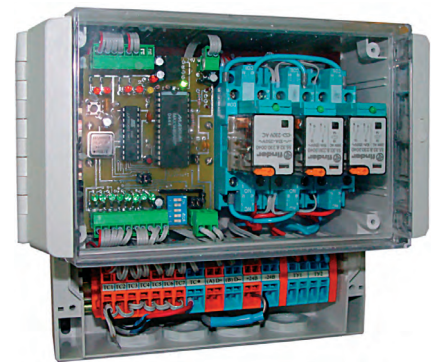
**ООО «Фаствел»**  
119313, Москва, а/я 242  
Телефон: (+7-495) 234-0639  
Факс: (+7-495) 232-1654  
E-mail: info@fastwel.ru  
Web: www.fastwel.ru



# 234

## Система диспетчерского контроля электропитающего оборудования Краснодарского городского узла электросвязи (КГУЭС)

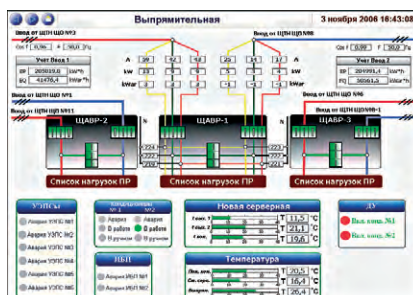
Повысить надёжность телефонной связи в г. Краснодаре позволила система оперативного диспетчерского контроля и управления электропитающим оборудованием КГУЭС. Система контролирует 18 пунктов телефонной связи (ПС, ОПС, ОПТС, МТТС) и обеспечивает телеизмерения параметров электропитания и температуры в помещении, технический учёт электроэнергии, контроль состояния оборудования (АВР, УЭПС, ИБП, кондиционеры и др.), а также контролирует состояние охранной сигнализации и прочих систем. В качестве каналов связи используются Ethernet 10/100 Мбит/с и коммутируемые телефонные линии, уже имеющиеся на пунктах связи. Вся информация поступает на сервер АСОДУ, где выполняется её обработка, контроль устано-



вок и архивирование в базе данных. Доступ диспетчеров к системе осуществляется с их рабочих мест посредством корпоративной сети Ethernet предприятия. Система обеспечивает формирование отчетов, доступных через web-интерфейс. При построении системы использовано оборудование фирм WAGO, Schrock, OKW, Belden, Advantech. ●

**Фирма «ТелеСофт»**  
350021, Краснодар, ул. Трамвайная 1/1  
Телефон: (861) 219-3883, 219-473  
Факс: (861) 219-3883  
E-mail: online@telescada.ru  
Web: www.telescada.ru

# 163





## Индексы продукции для карточки обратной связи

| Страница | Компания         | Индекс |
|----------|------------------|--------|
| 2        | Advantech        | #111   |
| 89       |                  | #25    |
| 103, 104 |                  | #107   |
| 104      |                  | #107   |
| 103, 108 |                  | #103   |
| 106      |                  | #127   |
| 104      |                  | #113   |
| 104      | Akiwa            | #64    |
| 108      | Belden           | #333   |
| 83       | DataForth        | #96    |
| 1        | Fastwel          | #439   |
| 65       |                  | #449   |
| 63       |                  | #233   |
| 99       |                  | #232   |
| 109      |                  | #234   |
| 95, 103  | GM International | #425   |
| 108      | Hirschmann       | #49    |
| 89       |                  | #25    |
| 105, 107 |                  | #50    |
| Страница | Компания         | Индекс |
| 104      | iBASE            | #67    |
| 104, 106 |                  | #67    |

| 87       | Iconics         | #253   |
|----------|-----------------|--------|
| 16       | Indukey         | #193   |
| 107      | Interpoint      | #133   |
| 93       | Lambda          | #219   |
| 105, 106 |                 | #219   |
| 107      | LiteMax         | #189   |
| 97       | M-Systems       | #31    |
| 36       | Mitac           | #171   |
| 106      |                 | #171   |
| 103      |                 | #172   |
| 108      | NSI             | #169   |
| 37       | Octagon Systems | #5     |
| 53       | Omron           | #92    |
| 105      | Planar          | #157   |
| 17       | Schroff         | #71    |
| 77       |                 | #77    |
| 3-я обл. | Siemens         | #226   |
| Страница | Компания        | Индекс |
| 72       | SWD Software    | #200   |
| 89       | Thermokon       | #25    |
| 76       | VIPA            | #286   |
| 108      |                 | #282   |
| 57       | WAGO            | #391   |

|          |                  |      |
|----------|------------------|------|
| 89       |                  | #25  |
| 62, 43   | XP Power         | #225 |
| 105, 106 |                  | #224 |
| 108      |                  | #224 |
| 107      |                  | #223 |
| 105      | Zippy Technology | #426 |
| 109      | Антрел           | #376 |
| 2-я обл. | ИФМ электроник   | #428 |
| 107      | Контрол Текникс  | #135 |
| 27       | ПРОСОФТ          | #440 |
| 4-я обл. |                  | #23  |
| 89       |                  | #25  |
| 75       | Прософт-Системы  | #24  |
| 109      | Телесофт         | #163 |

Редакция журнала «Современные технологии автоматизации» приглашает к сотрудничеству научных редакторов, авторов и рецензентов.  
Телефон: (495) 234-0635, факс: (495) 232-1653, e-mail: info@cta.ru

### Уважаемые читатели,

присылайте в редакцию вопросы, ответы на которые вы хотели бы увидеть на страницах журнала. Мы также будем благодарны, если вы сообщите нам о том, какие темы, по вашему мнению, должны найти свое отражение в журнале.

### Уважаемые рекламодатели,

журнал «СТА» имеет довольно большой для специализированного издания тираж до 20 000 экземпляров. Схема распространения журнала: по подписке, в розницу, через региональных распространителей, а также прямая рассылка ведущим компаниям стран СНГ — позволит вашей рекламе попасть в руки людей, принимающих решения о применении тех или иных аппаратных и программных средств.

### Для оформления бесплатной подписки

на журнал «СТА» заполните форму на стр. 111 или на сайте [www.cta.ru](http://www.cta.ru).

### Принимается подписка

на 2007-й год во всех почтовых отделениях страны.

**Индекс по каталогу «Роспечати» на полугодие — 72419, на год — 81872.**

**Индекс по объединенному каталогу «Пресса России» на полугодие — 27861, на год — 27862.**

Телефоны агентства «Книга-сервис»: (495) 124-7110, 124-7113.

Подписку в странах дальнего зарубежья можно оформить в ЗАО «МК-Периодика»: тел. (+7 495) 681-9137, факс (+7 495) 681-3798.

### Конкурс на лучшую статью

Продолжается конкурс на лучшую статью, опубликованную в журнале с 1-го номера 2006 г. по 4-й номер 2006 г. Авторы-победители получают премии. Подведение итогов конкурса — во втором номере журнала за 2007 год. В качестве жюри будут выступать читатели «СТА», указавшие лучшую статью в карточке обратной связи (стр. 111) или в форуме на сайте [www.cta.ru](http://www.cta.ru)

### «СТА» в Internet: [www.cta.ru](http://www.cta.ru)



Приглашаем читателей принять участие в работе форума на сайте журнала «СТА»: [www.cta.ru](http://www.cta.ru)

Заполните карточку для получения бесплатной информации или оформления подписки.  
Отправьте её по адресу: 119313 Москва, а/я 26 или по факсу (495) 232-1653.  
Карточку можно заполнить на web-странице журнала «СТА»: <http://www.cta.ru>



Если Вы получили журнал «СТА» бесплатно, укажите в этом поле номер из двух чисел, который напечатан на адресной наклейке конверта — это ускорит обработку анкеты.

Фамилия, имя, отчество: \_\_\_\_\_

Предприятие: \_\_\_\_\_

Должность: \_\_\_\_\_ Отдел: \_\_\_\_\_

Телефон: (\_\_\_\_\_) \_\_\_\_\_ Факс: (\_\_\_\_\_) \_\_\_\_\_

Код города (кроме Москвы)

Номер

Код города (кроме Москвы)

Номер

E-mail: \_\_\_\_\_ Web: \_\_\_\_\_

**Адрес предприятия:**

Почтовый индекс: \_\_\_\_\_

Город, район, область: \_\_\_\_\_

Адрес: \_\_\_\_\_

**Почтовый адрес для доставки журнала «СТА», если он отличается от адреса предприятия:**

Почтовый индекс: \_\_\_\_\_

Город, район, область: \_\_\_\_\_

Адрес: \_\_\_\_\_

**Какая продукция необходима Вашей фирме?**

- ☐ Компьютеры для встраиваемых применений
- ☐ Промышленные компьютеры
- ☐ PLC (программируемые логические контроллеры)
- ☐ Промышленные дисплеи, клавиатуры, «мыши»
- ☐ Платы ввода-вывода и модули УСО
- ☐ Источники питания
- ☐ Датчики и первичные преобразователи
- ☐ Радиоэлектронные компоненты

- ☐ Твердотельные накопители на базе флэш-памяти
- ☐ Клеммы, соединители и кабели
- ☐ Корпуса, шкафы и стойки
- ☐ ПО РВ и SCADA-системы
- ☐ Взрывобезопасное/искрозащищенное оборудование
- ☐ Ноутбуки в промышленном и военном исполнении
- ☐ Другое \_\_\_\_\_

**Область деятельности Вашей фирмы:**

- ☐ Авиация и космонавтика
- ☐ Автоматизация зданий, строительство
- ☐ ВПК
- ☐ Горнодобывающая промышленность
- ☐ Добыча/транспортировка нефти/газа
- ☐ Машиностроение
- ☐ Медицина
- ☐ Металлургия
- ☐ Пищевая промышленность
- ☐ Приборостроение и производство аппаратуры АСУ ТП
- ☐ Телекоммуникации
- ☐ Транспорт
- ☐ Фундаментальные НИОКР
- ☐ Химическая промышленность
- ☐ Электроэнергетика
- ☐ Другая \_\_\_\_\_

**Ваша фирма использует средства автоматизации для**

- ☐ собственных нужд предприятия
- ☐ комплектации серийных изделий
- ☐ реализации проектов «под ключ»
- ☐ нужд НИОКР
- ☐ продажи

**Количество работающих на Вашем предприятии:**

- ☐ до 10 чел.
- ☐ 10–50 чел.
- ☐ 50–100 чел.
- ☐ более 100 чел.
- ☐ более 1000 чел.

**Оборудование каких фирм Вы применяете?** \_\_\_\_\_

**Конкурс на лучшую статью.**

Укажите фамилию автора и название лучшей, по Вашему мнению, статьи из опубликованных в 2007 г.

- ☐ Сделайте пометку в этом квадрате, если Вы желаете получить бесплатную подписку на журнал «СТА» на 2007 г. Мы оформляем подписку только для квалифицированных специалистов, которые предоставили сведения о себе и о своей фирме.
- ☐ Сделайте пометку в этом квадрате, если Вы оформили подписку на 2007 г. через подписные агентства.

**Обведите в таблице номер, который совпадает с номером, указанным в заинтересовавшей Вас рекламе или в рубриках «Демонстрационный зал», «БСИ»**

| 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  |
| 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  |
| 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  |
| 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  | 92  | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 |
| 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 |
| 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 |
| 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 |
| 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 208 | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 |
| 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 |
| 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 | 260 |
| 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 267 | 268 | 269 | 270 | 271 | 272 | 273 | 274 | 275 | 276 | 277 | 278 | 279 | 280 |
| 281 | 282 | 283 | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 290 | 291 | 292 | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 |
| 301 | 302 | 303 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | 313 | 314 | 315 | 316 | 317 | 318 | 319 | 320 |
| 321 | 322 | 323 | 324 | 325 | 326 | 327 | 328 | 329 | 330 | 331 | 332 | 333 | 334 | 335 | 336 | 337 | 338 | 339 | 340 |
| 341 | 342 | 343 | 344 | 345 | 346 | 347 | 348 | 349 | 350 | 351 | 352 | 353 | 354 | 355 | 356 | 357 | 358 | 359 | 360 |
| 361 | 362 | 363 | 364 | 365 | 366 | 367 | 368 | 369 | 370 | 371 | 372 | 373 | 374 | 375 | 376 | 377 | 378 | 379 | 380 |
| 381 | 382 | 383 | 384 | 385 | 386 | 387 | 388 | 389 | 390 | 391 | 392 | 393 | 394 | 395 | 396 | 397 | 398 | 399 | 400 |
| 401 | 402 | 403 | 404 | 405 | 406 | 407 | 408 | 409 | 410 | 411 | 412 | 413 | 414 | 415 | 416 | 417 | 418 | 419 | 420 |
| 421 | 422 | 423 | 424 | 425 | 426 | 427 | 428 | 429 | 430 | 431 | 432 | 433 | 434 | 435 | 436 | 437 | 438 | 439 | 440 |
| 441 | 442 | 443 | 444 | 445 | 446 | 447 | 448 | 449 | 450 | 451 | 452 | 453 | 454 | 455 | 456 | 457 | 458 | 459 | 460 |
| 461 | 462 | 463 | 464 | 465 | 466 | 467 | 468 | 469 | 470 | 471 | 472 | 473 | 474 | 475 | 476 | 477 | 478 | 479 | 480 |
| 481 | 482 | 483 | 484 | 485 | 486 | 487 | 488 | 489 | 490 | 491 | 492 | 493 | 494 | 495 | 496 | 497 | 498 | 499 | 500 |



### SYSTEM INTEGRATION/Railway Transport

#### 6 Complex automated system of supervisory control for the first line of Kazan underground: up-to-date solutions to standard problems

By Vladimir Krasnykh, Grigoriy Bushkanets, Aleksandr Derkach, Boris Krasnykh, Andrey Naumov and Aidar Abdulkin

The article describes an automated system providing the functioning of Kazan metro objects – a complex automated system of supervisory control of electromechanical facilities and energy supply objects.

### SYSTEM INTEGRATION/Metallurgy

#### 12 Process control system for the foundry equipment of Revda non-ferrous metals processing works

By Evgeniy Dubrovskiy, Mikhail Piskunov and Igor Teterin

The system described here makes possible monitoring of process parameters, on-line display of sample analysis results, generation of databases, and equipment failure prevention; thereby, it serves to improve the product quality. The features of the technological process, as well as hardware/software solutions used in designing the system, are described.

#### 18 Control of ingot cutting on a blooming

By Igor Ierusalimov, Yuriy Karfidov and Aleksei Litvinov

A system of ingot cutting control on a blooming is described. It uses image correlation velocimeters to trace the ingot position before cutting. The possibility of integrating the system into a network consisting also of accounting and process monitoring systems is discussed.

### DEVELOPMENT/Metallurgy

#### 24 Laser Doppler meters in a hot-rolled metal accounting system

By Aleksandr Anikin and Aleksei Fedoseyskiy

General information about laser Doppler meters of the rolled-metal velocity and length is given. Updating of LI803M meters and the operation of the hot-rolled metal accounting system using these meters at the Nizhniy Tagil metallurgical works (OAO NTMK) are described.

#### 30 Process control system for the copper concentrating mill at Almalyk mining-and-smelting works

By Aleksei Nikitin, Dmitriy Skripchak, Mikhail Semenov, Innokentiy Khan and German Zamanov

Problems and experience in designing a selective flotation control system are described. The system is equipped with advanced sensors of process parameter and a reliable programmable controller. Algorithms for calculating the density, solid consumption, and other parameters of the pulp flow using signals from the sensors are presented.

### DEVELOPMENT/ Railway Transport

#### 38 Application of ADAM-5000/TCP modular microcontrollers for diagnostics of Trakt complex equipment

By Sergey Vasiliev

The article describes application of ADAM-5000/TCP microcontroller in assembly-line production for diagnostics of the equipment of Trakt complex, which is used in centralized traffic control systems in railway transport. The choice of ADAM-5000/TCP is based on the fact that it meets design requirements. The hardware and software of the diagnostic complex are described.

### DEVELOPMENT/Automotive Industry

#### 42 Control system for a bench testing the brake system of GAZ-3310 Valdai car for tightness

By Igor Mikhalechenko, Vadim Nizhegorodtsev and Mikhail Polivtsev

Application of advanced industrial controllers in control electronics for measuring and adjusting benches used to test motor transport is described.

### DEVELOPMENT/Research

#### 46 Hardware-software complex for studying algorithms of multi-axis electric drive trajectory interpolation

By Victor Bukreev, Nikolay Gusev and Mikhail Kovalenko

A single-computer implementation of a numerical control system is considered. The approach is based on software adapted to Windows XP that was developed in Delphi 7 environment using servodrive control algorithms developed by the authors.

### DEVELOPMENT/Agriculture

#### 54 Automated control system for underwater fishpond

By Andrey Bykadorov and Dmitriy Eremin

Incubation in sea ponds is a promising line in fish breeding worldwide. To automate this process, Antrel Company by order of OOO Ekofish has developed and introduced a programmable controller for an autonomous underwater fishpond (PK PARS).

### HARDWARE/Controllers

#### 58 Fastwel I/O inside

By Aleksandr Lokotkov

The structure and operation of the basic components of a Fastwel I/O hardware-software complex intended for designing automated data acquisition and control systems are considered, and design approaches are discussed. FBUS module-communicating internal bus, an adapted environment for CoDeSys application programs, network protocol services, and interaction between the complex's basic components are described in detail.

### SOFTWARE/Software Tools

#### 66 New approaches of operation with OPC data

By Dmitriy Shvetsov

Basic advantages of operation of SCADA systems with OPC data are outlined, and features and disadvantages of the existing data communication protocols are considered. The potential of this approach and available solutions are demonstrated using a new version of Iconics GENESIS32 V9 HMI/SCADA.

### SOFTWARE/Real-Time Operating Systems

#### 70 Cheapening of industrial control system design by using adaptive decomposition of system resources

By Roman Kiprushenkov

As the complexity and volume of codes increase, so does the probability of processor time shortage at the final stage of system development: the process of debugging and integration of the system becomes more sophisticated, and detection and removal of faults become more time-consuming and expensive. The risk that the processor resources will be spent on executing failure-inducing programs is eliminated by using a patented adaptive decomposition technology that assures real-time processor resource allocation between applications. Debugging expenses due to processor resource shortage are cut, and the final product becomes more reliable and protected and comes into the market faster.

### ENGINEER'S NOTEBOOK

#### 78 PID controllers: design philosophy and modifications. Part 2

By Victor Denisenko

The article considers the philosophy of designing PID controllers, which have found wide application in process automation. Attention is also given to controllers for transport-delay systems, as well as to fuzzy and neuronet PID controllers.

#### 90 Technique for testing the operation of Fastwel processor boards under QNX operating system

By Alexey Uvarov

A technique for testing the compatibility of various versions of QNX operating system with application-specific Fastwel processor boards is described. The algorithms and scripts of test programs are presented. An example of stepwise assembling the image of QNX Momentics operating system and an embedded file system along with Photon graphic shell is given.

### EXHIBITIONS, CONFERENCES, SEMINARS

#### 100 The main event in industrial automation of Ural

By Mariya Soldatova

#### 101 CANTech 2007

### SHOWROOM

#### 103

### SYSTEM INTEGRATION PROJECTS IN BRIEF

#### 109

### NEWS

#### 22, 36, 101

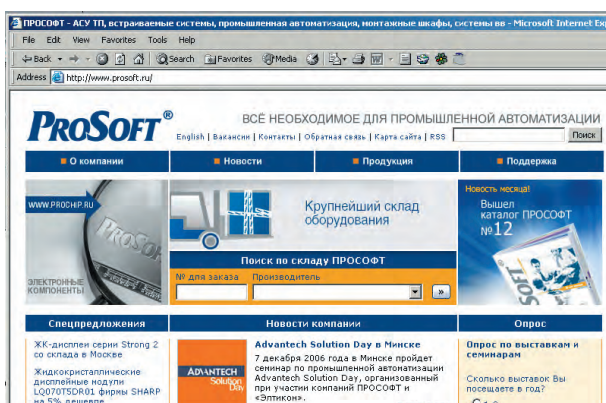
### CD-ROMs in this issue

ifm electronic, Siemens



# Используйте все возможности!

## www.prosoft.ru



### ЭЛЕКТРОННЫЙ КАТАЛОГ

более 400 000 наименований



### НОВОСТИ

из области промышленной автоматизации



### КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

выставки, конференции, семинары



### СПЕЦПРЕДЛОЖЕНИЯ

по продукции



### ТЕХНИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ

статьи и последние версии ПО

#### На нашем сайте Вы можете:

- Подписаться на рассылку новостей
- Зарегистрироваться на семинар или конференцию
- Узнать о наличии продукции на складе и сделать заказ
- Задать вопросы по подбору оборудования для Вашего проекта или решению технических проблем
- Заказать печатные каталоги, буклеты и CD по продукции





Мы работаем в 190 странах мира...

# automation & DRIVES

[www.siemens.ru/ad](http://www.siemens.ru/ad)

**ProSOFT®**

Москва  
Телефон: (495) 234-0636  
Факс: (495) 234-0640  
E-mail: [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru)  
Web: [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru)

Что общего между двигателями V8 из Германии, стальным прокатом из России, медикаментами из Швейцарии и полупроводниками из США? Очень просто: они создаются в ходе технологических процессов, построенных на основе продуктов и систем автоматизации департамента «Техника автоматизации и приводы», которые применяются во всех отраслях промышленности при самых разных объемах производства. Благодаря многолетнему опыту, мы можем предложить каждому заказчику оптимальное комплексное решение для любой задачи автоматизации.

**SIEMENS**

Департамент «Техника автоматизации и приводы»  
115114, Москва,  
ул. Летниковская, 11/10, стр. 2  
Тел.: (495) 737-2441  
Факс: (495) 737-2483