

СТАСОВРЕМЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
АВТОМАТИЗАЦИИ

- СИСТЕМЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ
- МЕТРОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
- ПИД-РЕГУЛЯТОРЫ:
ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ

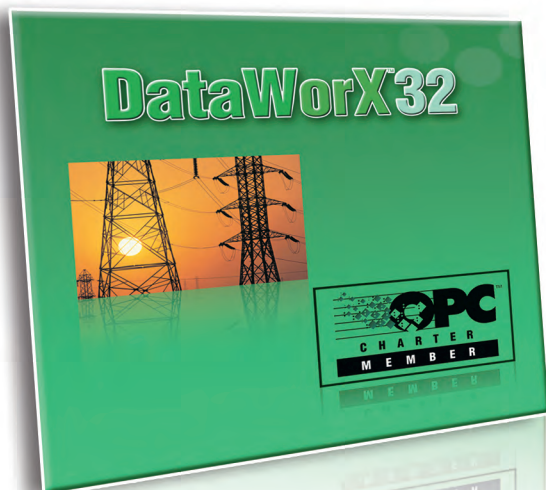




GENESIS 32™



OPTIONS



- Защищенное OPC-туннелирование
- Поддержка всех стандартов OPC и OPC-UA
- Концентрация и оптимизация OPC-данных
- «Горячее» резервирование на стороне клиента/сервера
- Синхронизация собранных данных тревог, трендов и SQL
- Защита от возникновения сбоев

- Архитектура «тонкого» клиента без необходимости инсталляции
- Работа с Firewall и корпоративной ИТ-системой
- Расширяемая архитектура Web-сервера, поддержка технологии OPC
- Мастер Web-публикаций, полная защита
- Сетевой доступ к тревогам реального времени и архивам тревог



ProSoft®



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 • E mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
САМАРА Телефон: (846) 277 9166 • Факс: (846) 277 9165 • 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
КИЕВ Телефон: (+380 44) 206 2343/2478/2496 • Факс: (+380 44) 206 2343 • E mail: info@prosoft.ua.com • Web: www.prosoft.ru
УФА Телефон: (347) 29225 216; 2925 217 • Факс: (347) 2925 218 • E mail: info@ufa.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

МАКСИМАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ



ТЕХНОЛОГИЯ
X-Ring
10 мс.

Промышленные коммутаторы Gigabit Ethernet

ADVANTECH
eAutomation

- Скорость передачи 10/100/1000 Мбит/с
- Поддержка технологий резервирования X-Ring (время восстановления менее 10 мс), RSTP/STP (802.1w/1D), Dual Homing, Couple Ring
- Сменные SFP-модули для оптических линий связи
- Защита портов от электростатического разряда до 4 кВ пост. тока
- Защита цепей питания от перенапряжения до 3 кВ пост. тока



EKI-7758F

Управляемый коммутатор
с поддержкой функций
резервирования

- 4 порта 10/100/1000Base-TX (RJ-45)
- 4 оптических порта для SFP-модулей



EKI-7656C

Управляемый коммутатор
с поддержкой функций
резервирования

- 16 портов 10/100Base-TX (RJ-45)
- 2 комбинированных порта 10/100/1000 Base-TX/SFP



EKI-7659C

Управляемый коммутатор
с поддержкой функций
резервирования

- 8 портов 10/100Base-TX (RJ-45)
- 2 комбинированных порта 10/100/1000Base-TX/SFP



EKI-7626C

Неуправляемый
коммутатор

- 16 портов 10/100Base-TX (RJ-45)
- 2 комбинированных порта 10/100/1000Base-TX/SFP



EKI-7629C

Неуправляемый
коммутатор

- 8 портов 10/100Base-TX (RJ-45)
- 2 комбинированных порта 10/100/1000Base-TX/SFP



EKI-2725

Неуправляемый
коммутатор

- 5 портов 10/100/1000Base-TX (RJ-45)

ProSOFT®

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 • E mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
САМАРА Телефон: (846) 277 9166 • Факс: (846) 277 9165 • 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
КИЕВ Телефон: (+380 44) 206 2343; 206 2478; 206 2496 • Факс: (+380 44) 206 2343 • E mail info@prosoft ua.com • Web: www.prosoft.ru
УФА Телефон: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • E mail: info@ufa.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

#130

От платы – к системе

XE-900

- Процессор с частотой до 1 ГГц
- ОЗУ до 256 Мбайт
- Последовательные порты: 4×RS-232; RS-232/422/485; RS-422/485
- Шина расширения: PC/104 и PC/104-Plus
- 24 канала цифрового ввода/вывода
- Диапазон рабочих температур от -40 до +70/85°C
- Поддержка Windows Embedded Linux

XE-900

с кондуктивным охлаждением

- Полностью кондуктивное охлаждение
- Ударовибростойкая конструкция
- Монтаж на любой поверхности
- Диапазон рабочих температур от -40 до +85°C

Сервер XMB

- Процессор VIA Eden 1 ГГц
- ОЗУ 512 Мбайт
- Расширение: слот miniPCI, 2 платы PC/104 или PC/104-Plus, до 4 модулей XBLOK
- Размеры: 152,4×106,68×274,32 мм
- Диапазон рабочих температур от -40 до +75°C; не требует вентилятора
- Полная совместимость с ОС Windows®XP и Linux

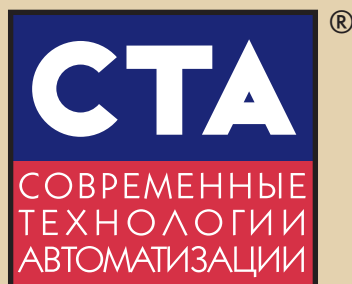
Эксклюзивный дистрибьютор компании Octagon Systems в России, странах СНГ и Балтии – компания ПРОСОФТ

PROSOFT®

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

Дизайн и вёрстка Станислав Богданов,
Дмитрий Юсим,
Константин Седов

Web-мастер Дмитрий Романчук

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

Служба распространения Мария Кашайкина
Ольга Галыбина
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
№ 1'2008 (46)
Тираж 15 000 экземпляров

Издание зарегистрировано в Комитете РФ по печати
Свидетельство о регистрации № 015020
Индексы по каталогу «Роспечати» – 72419, 81872
Индекс по каталогу МАП «Почта России» – С6820
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
С. Морозов



Уважаемые друзья!

Короткие серые дни и длинные тёмные ночи начала зимы — самое время поговорить о системах освещения. Неотъемлемой частью этих систем более столетия были и кое-где ещё остаются лампы накаливания. Учёные долго вели споры, кого считать их изобретателем, чьё имя присвоить: Лодыгина, Яблочкова или Эдисона. С 20-х годов утвердилось и название «лампочка Ильича». Её образ как символ прогресса вдохновлял многих тогдашних поэтов, и самыми избитыми рифмами были «свеча» и «горяча», выдававшие прототип и основной недостаток изделия. Действительно, по энергетическим показателям лампочка Ильича является далеко не идеальным осветительным устройством, и последние десятилетия ей активно искали альтернативу. Сначала это были люминесцентные лампы, а вот теперь ширится применение светодиодов. Авторы статьи о светодиодных светильниках показывают их преимущества, приводят впечатляющие цифры, подтверждающие их высокую экономичность, описывают возможность создания гибких систем управления освещением. Тема построения АСУ наружным освещением развивается уже в другой статье номера, где на основе обобщения опыта реализации таких систем в разных городах России рассматриваются вопросы надёжности, контроля и диагностики, энергоучёта и энергосбережения.

Задачу энергосбережения можно решать разными средствами, в том числе развешиванием плакатов «Уходя, гасите свет!». Самым эффективным средством считается внедрение современной цифровой АСКУЭ, но на этом пути возникает масса проблем, связанных с недостатками сложившихся методов метрологической аттестации цифровых измерительных систем. Автор статьи на данную тему не только вскрывает и анализирует эти недостатки, но и вносит свои предложения; если даже с ними не соглашаться, несомненную пользу принесёт знакомство с обширным нормативным материалом.

Обзорная статья номера посвящена сетям Ethernet, их применениям в качестве промышленных сетей в измерительных системах и системах реального времени, перспективам увеличения скорости передачи данных. А поскольку никакая сеть не обходится без кабелей, то в номере рассказывается и о них.

Отраслевые рубрики представлены системами контроля температуры в силосах, судовым регистратором, стендом определения характеристик пневматических шин.

В новый год журнал входит с новой рубрикой «Процессорные платы» в разделе «Аппаратные средства». Здесь обсуждаются многоцелевые встраиваемые компьютеры с шиной VME фирмы Fastwel. Надеемся, что эта рубрика не будет пустовать новом году.

С наступившим Новым годом!

Всего Вам доброго!

Сорокин

С. Сорокин



В этом номере Вы найдёте
компакт-диски
компаний Iconics, Siemens



СОДЕРЖАНИЕ 1/2008

ОБЗОР/Промышленные сети

6 Системное развитие быстродействующих коммутируемых сетей Ethernet

Вячеслав Виноградов

Данный обзор прослеживает тенденции развития Ethernet-технологии в области промышленной автоматизации. Рассматриваются особенности решений на базе этой технологии для промышленных сетей, измерительных приборных систем, систем реального времени. Описаны интерфейсы и спецификации 10-Gigabit Ethernet и представлена перспективная технология 100-Gigabit Ethernet.



стр. 6

СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ/Коммунальное хозяйство

14 Концепция применения светильников со светодиодами совместно с традиционными источниками света

Сергей Гужов, Александр Полищук, Андрей Туркин

В статье рассматриваются основные аспекты применения светодиодных светильников в системах освещения жилых зданий, общественных мест, промышленных объектов, а также приводится оценка экономического эффекта от их использования в сравнении с традиционными источниками света.



стр. 14

20 Автоматизированные системы управления наружным освещением: актуальные вопросы проектирования и эксплуатации, перспективы развития

Олег Зотин

Рассмотрены особенности автоматизированных систем управления наружным освещением (АСУНО) и предъявляемые к ним требования. Проведена сравнительная оценка различных вариантов построения АСУНО. Показаны перспективы развития этих систем в направлении повышения надёжности, максимальной централизации контроля, дистанционной локализации неисправностей, совершенствования учёта энергозатрат и внедрения энергосберегающих технологий.



стр. 20

СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ/Сельское хозяйство

24 Системы автоматизированного контроля температуры в силосах элеваторов

Виктор Гусев, Юрий Мазалов, Сергей Мирошин, Роман Огнев

В статье рассмотрены системы автоматизированного контроля температуры в силосах элеваторов. Показаны преимущества систем, построенных на базе цифровых датчиков. Подробно рассмотрена современная система АСКТ-01, использующая цифровые термоподвески ТУР-01 и устройства контроля температуры УКТ-12.



стр. 24

РАЗРАБОТКИ/Контрольно-измерительные системы

28 Автоматизированная система для определения статических характеристик пневматических шин

Юрий Прокопенко, Виктор Рожнецев, Владимир Мараховский, Александр Шаманин

В статье представлена построенная на базе промышленного компьютера автоматизированная система, предназначенная для определения статических характеристик пневматических шин с помощью технических средств управляемого ею стенда.



стр. 28

РАЗРАБОТКИ/Судовое оборудование

36 Регистрация данных рейса судна

Владимир Щербак

В статье рассказывается об упрощённом регистраторе данных рейса судна У-РДР (S-VDR). Подробно описана структура его аппаратной части. Представлены основные технические характеристики разработанного регистратора и входящих в его состав устройств.



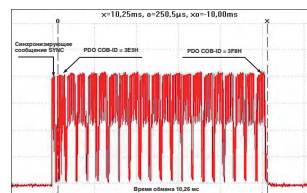
стр. 36

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА/Промышленные контроллеры

44 Fastwel I/O изнутри. Часть 5

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 подробно описаны межмодульная внутренняя шина FBUS, адаптированная среда исполнения прикладных программ CoDeSys, сервисы сетевых протоколов и особенности взаимодействия составных частей комплекса друг с другом.



стр. 44

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА/Процессорные платы

52 Новые многоцелевые встраиваемые компьютеры с высокоскоростной шиной VME

Александр Буравлёв

Статья посвящена обсуждению особенностей архитектуры современных процессорных плат с шиной VME и новым разработкам, позволяющим унифицировать парк процессорных модулей, понизить стоимость систем и увеличить пропускную способность параллельной шины VME.



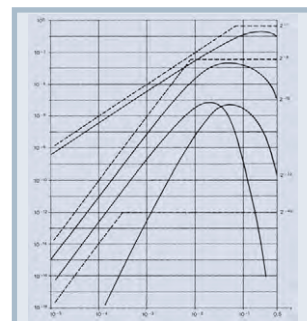
стр. 52

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

56 Основные положения базовых стандартов ГОСТ Р МЭК на устройства и системы телемеханики. Часть 2

Александр Вулис, Виктор Сумительнов

Приведены основные положения серии базовых стандартов на устройства и системы телемеханики, которые разработаны МЭК и введены в нашей стране для того, чтобы российские разработки в этой области соответствовали международным требованиям и имели перспективу унификации технических решений.

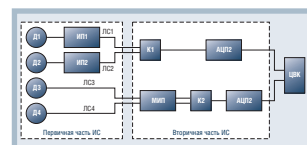


стр. 56

66 Метрология цифровых измерений. Часть 1

Аркадий Гуртовцев

Проведён анализ основных понятий метрологии измерительных систем (ИС) и их разновидности – АСКУЭ. Показаны недостатки исторически сложившихся методов метрологической аттестации цифровых ИС и АСКУЭ. Предложено выделять и метрологически аттестовывать в качестве средств измерений в современных ИС и АСКУЭ только их входную часть – первичные цифровые средства измерений или измерительные каналы с цифровым выходом; при этом остальные системные средства рассматривать как вторичные средства неизмерительного назначения, требующие не метрологической, а цифровой аттестации. Такой подход позволяет существенно сократить затраты на метрологическое обеспечение ИС и АСКУЭ.



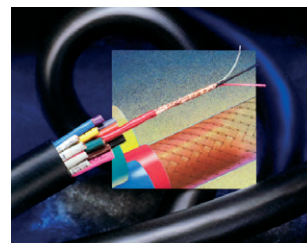
стр. 66

В ЗАПИСНУЮ КНИЖКУ ИНЖЕНЕРА

76 Настоящий инженер должен уметь отличать кабель от кабеля

Игорь Лапко

Данная статья поможет лучше ориентироваться и правильно выбирать в огромном разнообразии кабельно-проводниковой продукции, с которой приходится сталкиваться инженеру АСУ ТП. С этой целью подробно описываются материалы и конструкция инструментальных кабелей и кабелей передачи данных, рассматриваются вопросы их влияния на эксплуатационные и экономические характеристики проектных решений.

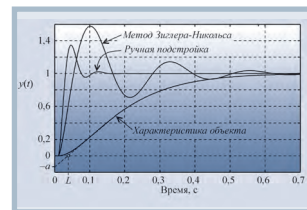


стр. 76

86 ПИД-регуляторы: вопросы реализации. Часть 2

Виктор Денисенко

В предыдущих статьях автора, посвящённых ПИД-регуляторам, были изложены принципы их построения и описаны модификации. В предлагаемой статье продолжается начатая тема и приводится обзор методов ручного расчёта параметров, автоматической настройки и адаптации ПИД-регуляторов.



стр. 86

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

100 Курс на Петербург

Татьяна Руппель

101 «ЭКСПОТРОНИКА» приняла участие в Генеральной Ассамблее World-F.I.M.A. 2007 в Гётеборге

101 Успешно завершился первый семинар ПРОСОФТ по встраиваемым системам

101 Весь спектр продукции Lambda



стр. 100

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЗАЛ

103

БУДНИ СИСТЕМНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

109

НОВОСТИ

12, 42, 99



Вячеслав Виноградов

Системное развитие быстродействующих коммутлируемых сетей Ethernet

Данный обзор прослеживает тенденции развития Ethernet-технологии в области промышленной автоматизации. Рассматриваются особенности решений на базе этой технологии для промышленных сетей, измерительных приборных систем, систем реального времени. Описаны интерфейсы и спецификации 10-Gigabit Ethernet и представлена перспективная технология 100-Gigabit Ethernet.

СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ETHERNET

Традиционно сеть Ethernet используется для сопряжения и связи персональных компьютеров (ПК) и рабочих станций, но в классическом виде с разделяемой средой связи она не удовлетворяет требованиям систем реального времени и многих систем управления, так как имеет непредсказуемые задержки и даже не гарантирует доставку сообщений. Первые сети обеспечивали скорость передачи 10 Мбит/с. Потом появился Fast Ethernet и обеспечил быструю связь со скоростью 100 Мбит/с, благодаря чему получил широкое распространение во многих применениях, включая приборные системы измерений, системы промышленной автоматизации, распределённые системы управления, бортовые системы и др.

В настоящее время основными стандартами для создания промышленных сетей являются Fast Ethernet и другие стандарты, построенные на его основе, в первую очередь — PROFINET (IEC 61158). В таких сетях обеспечивается скорость передачи данных до 100 Мбит/с. Однако всё активнее применяются гигабитные промышленные

сети, выпускается соответствующее сетевое оборудование, способное функционировать в условиях температурных колебаний, вибраций, электромагнитных излучений и т.п. Коммутлируемые сети Ethernet с гигабитными скоростями стали стандартными в 2006 году, и многие процессорные модули уже имеют встроенный интерфейс (или несколько интерфейсов) Gigabit Ethernet как обязательное унифицированное средство сопряжения с внешними устройствами.

Классическая звездообразная топология офисных сетей обычно формируется вокруг серверов в центральном здании. Промышленные сети распределяют по технологическим помещениям, зачастую находящимся в разных зданиях или на значительном удалении; при этом к ним предъявляются повышенные требования по надёжности и времени восстановления. Звездообразная топология промышленных сетей позволяет кратковременно отключать отдельные сегменты, например для профилактики, но здесь постоянно присутствует риск отказа в центральном узле сети. Общая протяжённость кабелей в топологии «звезда» значительно возрастает (особенно если технологический процесс «вытянут в длину»), так как прихо-

дится прокладывать связи от центра ко всем распределённым узлам. Это приводит к дополнительному увеличению стоимости и повышенному риску электромагнитных наводок в неэкранированных витых парах. Риск электромагнитных наводок в линиях связи устраняют применением оптоволоконной связи. Как правило, его прокладывают в коробах вдоль кабелей электропитания со средними и низкими номиналами напряжения. Однако, говоря о возможности устранения некоторых проблем, следует помнить, что в звездообразной топологии могут проявиться и другие проблемы, например проблема «вещательного шторма», создающего нерабочий режим в сети.

На основе Ethernet, используя сетевое оборудование для промышленных применений, на предприятиях создают интегрированные сети, объединяющие технологические системы и системы управления. Это выдвигает новые требования к ширине полосы частот, резервированию, протоколам. Важное место среди сетевого оборудования занимают коммутаторы. Коммутаторы для промышленных сетей по своему исполнению соответствуют жёстким условиям эксплуатации. Как правило, они изготавливаются в вариантах для установ-

ки на монтажную рейку, размещения в специальном шкафу или монтажа в приборном корпусе. Выбор коммутатора зависит от условий и особенностей его применения. Важнейшие характеристики коммутатора — тип и количество портов. Тип портов определяется принятым протоколом и средой передачи (витая пара — IEEE 802.3ab, оптоволокно — IEEE 802.3az). Характерным примером коммутаторов для гигабитных промышленных сетей являются модульные управляемые коммутаторы серий MICE и Power MICE (рис. 1) компании Hirschmann. Они монтируются на DIN-рейку и позволяют создавать гибкую и надёжную (резервирование по схеме «кольцо») сетевую структуру; ими поддерживается функция автоконфигурирования, в течение всего нескольких секунд формируется и запоминается таблица маршрутизации объёмом до 4000 адресов. Другим интересным изделием этой же компании является управляемый коммутатор MACH1000 (рис. 2). Он устанавливается в шкафах и стойках (высота корпуса всего 1U, безвентиляторное исполнение). Отвечающий стандарту IEC 61850 коммутатор чрезвычайно устойчив к электрическим разрядам и магнитным полям, сильным вибрациям, конденсату и температурным перепадам (диапазон рабочих температур от -40 до $+85^{\circ}\text{C}$), поэтому может использоваться в локальных сетях электропоездов, подвижных составов, объектов энергетики и т.п. Широкий ассортимент коммутаторов для промышленных сетей Gigabit Ethernet имеется у фирмы Advantech в серии EKI (рис. 3): это изделия в прочном металлическом корпусе, предназначенные для крепления на DIN-рейку, имеющие дублированный вход питания, эффективную защиту портов от статического электричества и множество других полезных свойств. Большинство представленных в примерах и аналогичных им по назначению коммутаторов имеют 2 порта Gigabit Ethernet в сочетании с гораздо большим количеством портов Fast Ethernet (например, у EKI-7656C — 16, у MACH1000 — 26), что отражает наиболее распространённую конфигурацию современных промышленных сетей. Диагностика и настройка управляемых комму-



Рис. 1. Модульные управляемые коммутаторы MICE и Power MICE для промышленных сетей

рез порт 1000Base-T поддерживает также автоматическую нисходящую установку скорости 100 или 10 Мбит/с для подключения оконечных устройств в соответствии с их возможностями. Для передачи данных по гигабитному сегменту с витой парой на расстояние до 100 м требуется кабель с 4 парами проводов, удовлетворяющий требованиям каналов связи, как минимум, 5-й категории; при более высоких требованиях применяются кабели 6-й категории. Для передачи по оптоволокну на расстояние до 550 м используют многомодовый кабель (1000Base-SX), а для больших расстояний (20 км) — одномодовый кабель (1000Base-LX).

По мере развития промышленных сетей совершенствовались способы повышения их надёжности. Метод группового преобразования предполагал группирование и дублирование каналов связи: все кабели не укладываются в один и тот же короб по одному и тому же маршруту, а группируются по частям (например, по северной и по южной частям здания). На следующем этапе стали резервировать сетевые коммутаторы и конечные терминальные узлы. Однако наиболее эффективным является метод резервирования отдельных каналов в кольцевых структурах промышленных сетей. Управляемые промышленные коммутаторы обеспечивают время переключения на резервные каналы порядка десятка-сотен миллисекунд. В резервируемых сетях с диагностикой сопряжение осуществляют на втором уровне модели взаимодействия по методу RSTP («быстрый протокол связующего дерева», IEEE 802.1w). Каналы резервирования могут быть

созданы и на третьем уровне по протоколу VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol, стандарт IETF RFC-2338).

На смену относительно медленным протоколам связующего дерева (STP и RSTP, время восстановления соответственно порядка 30 с и 1 с) пришла отказоустойчивая кольцевая топология HIPER-Ring (рис. 4). Она была разработана одним из лидеров в области промышленных сетей — компанией Hirschmann как решение по созданию резервированной сетевой инфраструктуры без дублирования линий связи. Это решение предполагает построение не полностью замкнутых кольцевых связей в сети Ethernet и обеспечивает обнаружение сбоя в канале с восстановлением без потерь в течение 200–300 мс за счёт создания обходных путей связи. Сейчас стремятся снизить время восстановления сети до 50 мс. Такая топология сети из 1000 узлов была применена при автоматизации аэропорта в г. Дрездене. Пять зданий были связаны гигабитной сетью Ethernet. Вместо связующего дерева здесь применили HIPER-Ring с двойным резервированием в кольце, что обеспечило среднее время восстановления 0,5 с. Примечательно, что в этом проекте было также выполнено дублирование блоков питания.

Среди примеров резервирования в структурах промышленных сетей Ethernet известны и другие решения, например избыточные кольцевые сети Turbo Ring и двойные дублирующие сети.

ОСОБЕННОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ PROFINET

Вариант сети Industrial Ethernet для систем автоматизации, стандартизованный как PROFINET, был разработан компанией Siemens с целью унификации полевых сетей (Fieldbus) для построения систем, работающих в реальном времени со скоростью связи до 100 Мбит/с в жёстких промышленных условиях эксплуатации.

Спецификация стандарта предусматривает взаимодействие PROFINET с другими сетями (PROFIBUS, Interbus, DeviceNet и т.д.) с помощью шлюзов.

Для конфигурирования и диагностики сети применяют протоколы IP, TCP, UDP.



Рис. 2. Защищённый управляемый коммутатор MACH1000

Средой передачи могут быть медные провода и оптоволокно. Возможно применение в сети PROFINET разных топологий (линейной, кольцевой, «звезда», «дерево»). В линейной сети коммутатор устанавливают ближе к приборам или даже встраивают вместе с процессором в устройство. Для каждого устройства выделяется свой коммутатор для управления конвейерными передачами. Кольцевая топология, используемая для повышения надёжности, может включать две сети со встречным направлением передачи. Коммутаторы могут быть соединены радиально или по произвольной топологии.

Особенности кабельной связи в промышленных сетях PROFINET связаны с жёсткими условиями эксплуатации оборудования. В сети PROFINET используются экранированные витые медные пары проводов длиной до 100 м и с характеристическим сопротивлением 100 Ом (100Base-TX), со свойствами не хуже тех, что соответствуют категории 5 и классу D (ISO/IEC 11801).

Каждое удалённое устройство подключают через активный компонент, образуя узел в сети. Соединители для применения вне шкафов оборудования создают на основе промышленного варианта RJ-4 в жёстком корпусе с защёлкивающимся креплением. В полевых условиях для подключения оборудования связи применяют 4-контактные соединители типа M12 (IEC 60947-5-2, IEC 61076-2-101).

Для разных приложений стандарт PROFINET определяет три уровня производительности: PROFINET NRT, PROFINET RT, PROFINET IRT. PROFINET NRT с временем цикла более 100 мс не поддерживает режим реального времени и предназначен в основном для автоматизации отдельных технологических процессов. PROFINET RT используется в случаях с более высокими требованиями к времени цикла (более 10 мс), например в системах автоматизации предприятия. Самым высоким требованиям по производительности отвечает PROFINET IRT (время цикла менее 1 мс), основной областью его применения является управление комплексными приводными системами.

ETHERNET ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИБОРНЫХ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ

На основе стандарта Ethernet разработан новый отраслевой стандарт LXI (2004 г.). Спецификация LXI предна-



Рис. 3. Промышленный 18-портовый управляемый коммутатор EKI-7656C для сетей Gigabit Ethernet

значена для измерительных систем и призвана заменить прежний приборный байтовый интерфейс с разделяемой средой связи. Сети приборов на основе архитектуры LXI предложил консорциум производителей контрольно-измерительных систем, одним из главных инициаторов выступила компания Agilent Technologies. Широкое использование преимуществ сетевых протоколов в последовательной сети небольшого количества приборов позволяет отказаться от аппаратных секций и перейти к прямому подключению компактных приборов с интерфейсом LXI к портам коммутаторов и маршрутизаторов или использовать адаптеры для связи с существующими стандартными приборными системами. Стандарт LXI охватывает физические требования, протоколы, интерфейсы и запуск процессов в сети. Различают 3 класса LXI-приборов: А, В, С. Класс С является базовым, приборы этого класса обладают функциями обнаружения и конфигурации сети, имеют Web-интерфейс и соответствуют физическим требованиям стандарта. Приборы класса В имеют дополнительные возможности запуска по локальной сети и поддержки синхронизации. Класс А удовлетворяет требованиям классов С и В с дополнением в виде аппаратной шины синхронизации с низкой задержкой передачи (эта шина обеспечивает максимально возможную скорость отклика на событие запуска).

Физический уровень интерфейса LXI создан для обеспечения гибкости связи приборов в сети. Он позволяет соединять настольные приборы по передней панели, настенные приборы и встраиваемые модули без передней панели. В отличие от существующих уст-

роystв типа PXI/VXI устройства с таким сопряжением могут иметь любые размеры и приобретают самодостаточность. Каждое устройство имеет источник питания, систему запуска, защиту и интерфейс. В случае применения источников постоянного тока напряжение питания источника должно быть 48 В. Разъёмы подключения сигналов находятся на передней панели, а интерфейс сети, вход питания и шина запуска — на задней. Стандартом допускаются версии сети 10 и 100 Мбит/с, но рекомендуется сеть Gigabit Ethernet с автоматическим выбором скорости передачи и с автоматическим распознаванием полярности кабеля сети. Каждый прибор в сети должен иметь постоянный сетевой MAC-адрес и IP-адрес с возможностью динамической конфигурации в сети по протоколу DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).

Устройства должны легко идентифицироваться в сети с помощью протокола сетевого обследования VXI-11. Как минимум, приборы должны отправлять свой идентификатор при получении команды «IDN». Предусмотрены 2 режима связи LXI-приборов: программный (с драйверами IVI) и интерактивный (с Web-браузером). В программном режиме приоритеты поддерживают драйверы IVI (IVI-COM, IVI-C). Драйвер IVI-COM предусматривает применение языков программирования, а драйвер IVI-C — языка на базе ANSI C в среде, например, LabWindows CVI. В интерактивном режиме приборы используют Web-страничку в формате HTML, которую можно просматривать с помощью любого браузера. Страничка должна включать номер модели и серийный номер прибора, описание прибора и его производителя, версию стандарта LXI, MAC-адрес и IP-адрес устройства, номер версии программной прошивки или программного обеспечения и синхронизацию по спецификации IEEE 1588. С помощью информации на страничке пользователь может настраивать конфигурацию устройства в сети и имя хост-компьютера, а также получить описание прибора. Кроме того, рекомендуется предусмотреть возможность проверки состояния прибора и наличия ошибок.

Приборы класса В должны иметь режим синхронизации по стандарту IEEE 1588, который поддерживается встроенными часами и ПЛИС, позволяющей сообщениям миновать стек протоколов TCP/IP. Устройства устанавливают еди-

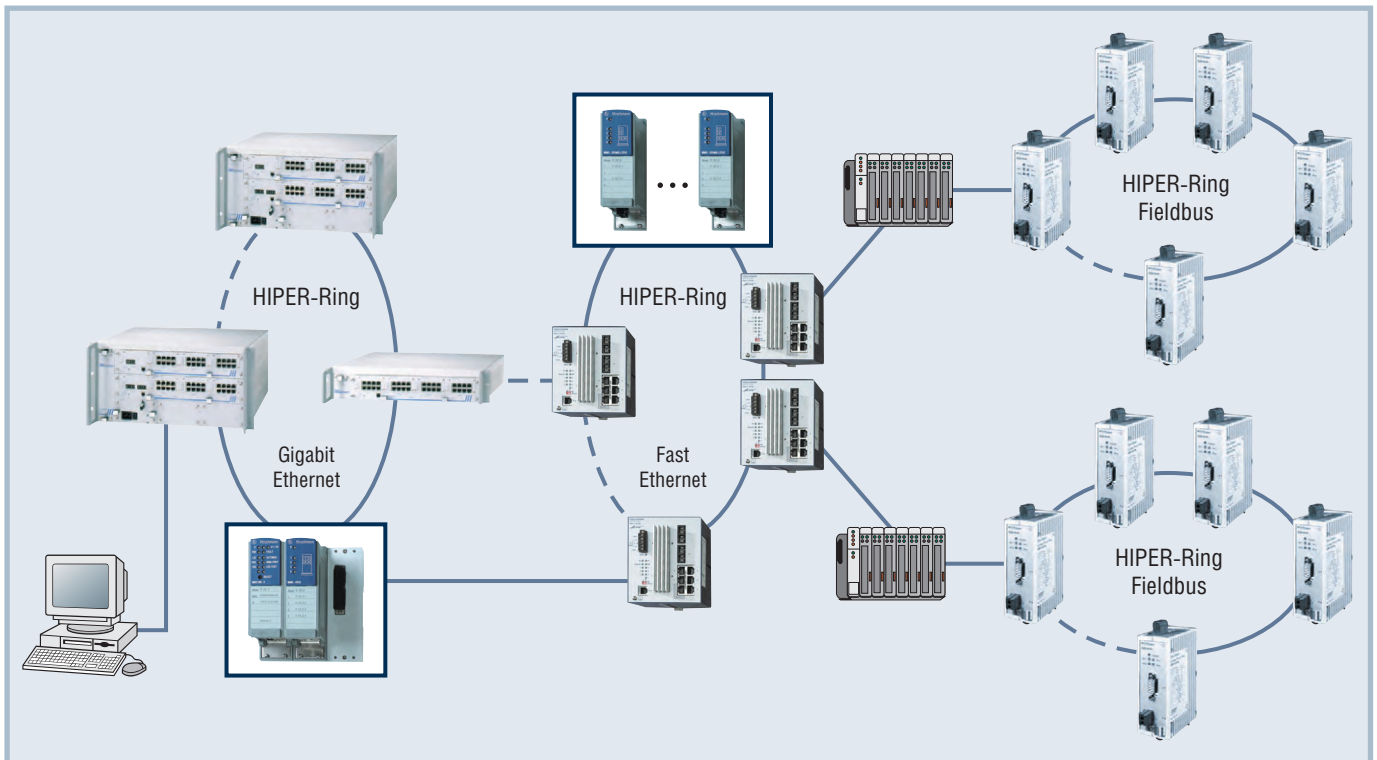


Рис. 4. Пример комбинированной сети из нескольких колец HIPER-Ring

ное время по самому точному генератору в сети. Точность установки времени допускает джиттер менее 100 нс. Устройства могут передавать информацию и данные о времени без использования компьютера, занятого задачами обработки данных в реальном времени. Дополнительная шина в устройствах класса А может соединять устройства по схеме последовательной цепи или «звезды» (или их комбинации).

Классическая сеть Ethernet для систем реального времени

Изначальный для сетей Ethernet протокол множественного доступа к среде передачи с обнаружением коллизий CSMA/CD — недетерминированный и поэтому не пригоден для систем реального времени. Решение данной проблемы сводится к применению современной коммутируемой среды связи или к использованию специальных методов, например метода создания сети с одним ведущим устройством. С помощью протоколов TCP/IP и новых системных решений на основе коммутаторов и маршрутизаторов получены определённые результаты применения этих сетей для задач управления технологическими процессами и предприятиями.

Применительно к модели взаимодействия открытых систем OSI Ethernet охватывает её первые два

уровня и не касается третьего уровня, на котором находится прокол TCP/IP. Хабы работают на первом физическом уровне, коммутаторы — на втором, а маршрутизаторы — на третьем. Коммутаторы могут интерпретировать сигналы на первых двух уровнях, что отражается в таблице MAC-адресов. Если адрес отсутствует, то коммутатор посылает его всем портам. Если устройство не подключено (удалено), то его вход исключается из базы данных. Тип подключения (MDI/MDIX) определяется автоматически.

Системы реального времени на основе Ethernet создают посредством реализации специальных методов, используя, исходя из соображений стоимости и быстродействия, различные варианты среды связи. Один из методов создания систем реального времени вместо протокола CDMA/CD применяет переключаемые интервалы времени, распределяющие передачи пакетов и сообщений в последовательной сети. Однако при таком методе недостаточно рационально используется полоса частот. Другой метод основан на построении упрощённого варианта сети только с одним ведущим контроллером при большом количестве ведомых устройств без использования коммутируемой среды. Распределённая система управления на основе такой сети использует метод интеракций одного ведущего со многими ведомыми устройствами.

Примером сети Ethernet с одним ведущим устройством может выступить EtherCat (IEC/PAS 62407, поддерживается альянсом из более чем 600 компаний, среди которых ABB, Advantech, Beckhoff, Hilscher, Honeywell, Philips, VIPA, Weidmüller и др.). Эта сеть предполагает стандартные интерфейсы Ethernet в распределённых устройствах с модулями сбора данных и управления. Все устройства сети соединяются в последовательную кольцевую структуру. Ведущий контроллер управляет распределёнными узлами. Отдельный узел может считывать данные из АЦП в то время, когда другой фрейм с данными проходит через него в кольцевой сети. Считанные данные вставляются в проходящий поток битов. Последний в кольцевой цепи ведомый узел возвращает все обработанные сообщения ведущему контроллеру для сбора и обработки данных в ПК.

Всё же основное направление в решении проблемы реального времени — это развитие коммутируемой среды связи. Коммутаторы и маршрутизаторы быстрой связи используют двухточечные каналы для передачи адресуемых IP-пакетов, при этом на основе таблиц маршрутизации определяют наилучший маршрут в сети. Сложные функции маршрутизаторов реализуются программно, поэтому они более совершенны по сравнению с коммутаторами, но медленнее. Новые маршрутизирующие

коммутаторы объединяют преимущества обоих типов устройств по быстродействию и гибкости сетевой связи.

Важными составляющими в решении проблемы являются переход на оптические каналы связи, организация взаимодействия технологий IP и MPLS, использование транспортных возможностей сетей VDM и SDN нового поколения. Ну и, конечно, от Ethernet ожидается дальнейшее увеличение быстродействия.

РАЗВИТИЕ ГИГАБИТНЫХ СЕТЕЙ

10-Gigabit Ethernet

Развитием гигабитной сети Ethernet является сеть 10-Gigabit Ethernet (10000Base-, 10GBase-, или сокращённо 10GE) со скоростью 10 Гбит/с, первоначально определённая в виде предварительных рекомендаций IEEE 802.ae, которые вошли в стандарт IEEE 802.3-2005. Скорость возросла в 10 раз по сравнению с полудуплексным вариантом Gigabit Ethernet (GE) и в 100 раз в сравнении с Fast Ethernet.

Новая версия включает только дуплексный режим передачи, исключив полудуплексный и монопольный. Этот стандарт поддерживает не только LAN, но и WAN, то есть обеспечивает инкапсуляцию пакетов Ethernet в иерархию виртуальных контейнеров сетей SONET/SDH STS-192c/STM-64c. Для этого наряду с постоянными межкадровыми интервалами IFG дополнительно ввели переменные пробелы IFS. Кроме того, добавили биты в преамбулу пакетов. Для согласования средней скорости MAC-подуровня со скоростью передачи фреймов данных SONET/SDH STS-192c/STM-64c расширили минимальные пробелы. Предусмотрены следующие интерфейсы:

XGMII – рекомендуемый интерфейс на физическом уровне для использования оборудования DTE со скоростью 10 Гбит/с;

XAUI – рекомендуемый интерфейс для расширения соединений MAC-подуровня с физическим уровнем;

XSBI – интерфейс на 16 разрядов для реализации сервисного интерфейса PMA для спецификаций 10GBase-R и 10GBase-W на физическом уровне.

Новая спецификация определила побитовую, побайтовую и покадровую передачу, но возможны и другие формы передачи. Интерфейс XGMII ориентирован на формат с шириной потока данных в 4 байта. Для управления

данными (MDIO/MDC) используют одноразрядные передачи. Сервисный интерфейс ориентирован на 16-разрядные передачи. Интерфейс MDI использует побитовую последовательную передачу с мультиплексированием WDM четырёх несущих длин волн для версии 10GBase-LX или передачи других типов, определяемых PMD. Расширитель, работающий с низковольтными сигналами, обеспечивает независимые пути приёма-передачи данных по 32 разряда (4 потока по 8 бит) с кодированием 8B/10B.

Существуют три версии спецификации стандарта для 10GE.

- **10GBase-X** определяет четырёхпоточные передачи (формат 4 по 4 бита) по медным парам проводов или по оптическому кабелю (10GBase-LX4) на 4 длинах волн (lane) с шагом 13,4 нм во втором окне прозрачности (1300 нм) с кодированием потоков 8B/10B, с поддержкой на всех уровнях интерфейса (MAC, RS, XGMII, XGXS, XAUI, PCS, PMA, PMD). Последовательный поток данных MAC-подуровня делится на 4 потока (lane 0-3 подуровня RS) по одному байту, к каждому из которых добавляется 1 бит управления. Кодер перекодирует данные по алгоритму 8B/10B (подуровень PCS), формируя 4 группы 10-битовых последовательностей (подуровень PMA), принимаемых в PMD и через MDI передающихся на модуляторы четырёх несущих.

- **10GBase-R** определяет передачи по оптическому каналу связи в трёх окнах прозрачности: 850 нм (S), 1300 нм (L) и 1550 нм (E) – для соответствующих спецификаций 10GBase-SR, -LR, -ER. Здесь группы 10-разрядных последовательностей на подуровне XGXS декодируются, объединяются в группы по 66 битов и кодируются по алгоритму 64B/66B (64 бита данных плюс 2 бита синхронизации). Данные затем скремблируются, разбиваются на 16-разрядные блоки (интерфейс XSBI в PMA), передаются на подуровень LAN PMD и через интерфейс MDI поступают на модулятор оптической несущей. При приёме сигналов этот процесс выполняется в обратном порядке.

- **10GBase-W** определяет передачи по оптическому волокну в трёх окнах прозрачности по спецификациям 10GBase-SW, -LW, -EW. Здесь потоки кодируются по алгоритму 64B/66B

для их инкапсулирования во фреймы SONET/SDN. Затем формируется заголовок фреймов (подуровень WIS) и выполняется дополнительное скремблирование. В результате поток адаптируется к скорости передачи SONET/SDN.

Среда оптической связи соединяет интерфейсы MDI. Симметричная модель оптической связи включает канал связи и оптические соединители. Тракт передачи и приёма данных спецификации 10GBase-X представлен реализацией 10GBase-LX4. Канал связи использует мультиплексирование WDM с разделением длин волн на 4 потока (полосы) данных. Модулированные оптические несущие мультиплексируются ($4 \times 3,125 = 12,5$ Гбит/с) на выходе MDI. На выходе оптического кабеля принимаемые 4 потока оптических сигналов контролируются, а затем демultipлексируются и синхронизируются на приёмнике MDI. Тракт передачи спецификаций 10GBase-R/W представлен шестью реализациями: 10GBase-SR/SW, -LR/LW, -ER/EW – это одноканальная связь без мультиплексирования.

Надо отметить, что стремление сблизить технологии пассивной оптической сети (PON) и Ethernet уже привело к ряду интересных решений, например к созданию ориентированной на Gigabit Ethernet технологии EPON с увеличенным до 20 км расстоянием и мультисервисным обслуживанием. «С прицелом» на 10-Gigabit Ethernet создана рабочая группа 10GEPON для разработки стандарта гигабитной сети с числом разветвлений до 32 и дальностью до 20 км в виде двух конфигураций: симметричной (10GE + 10GE) и несимметричной (GE + 10GE). Ну и, конечно же, большие надежды во многих областях применения связаны с созданием и внедрением коммутируемых структур последовательного типа на основе гигабитных сетей.

Перспективные сети 100-Gigabit Ethernet

Перспективы создания 100-гигабитной сети Ethernet (100GE) впервые обсуждались на пленарном заседании Группы по изучению быстрых систем при комитете IEEE 802.3 в 2006 году. Особенности новой технологии определяются следующими требованиями: обеспечить сверхбыструю только дуплексную связь; сохранить на уровне сервиса форматы кадров Ethernet 802.3,



Мониторы промышленного назначения с сенсорными экранами



- ◆ 5 видеовходов (VGA, DVI, S-Video, Component, BNC) в сериях MDM и AFOLUX
- ◆ Функция автоматической регулировки яркости в сериях AFLUX, SRM и MDM: монитор устанавливает яркость экрана соответственно внешней освещённости
- ◆ Антибликовое покрытие на поверхности экрана серии SRM
- ◆ Сверхвысокая яркость мониторов серии SRM обеспечивает высокое качество изображения при ярком солнечном свете
- ◆ Класс защиты IP65 обеспечивает высокий уровень защиты от пыли, влаги и промышленных масел
- ◆ Широкий рабочий температурный диапазон в серии TDM составляет от -30 до 70°C; в серии SRM гарантирован от -10 до 60°C



Мультимедийные дисплеи с диагональю от 7" до 19"

Серия AFLUX

- Многофункциональные мониторы в защищенном исполнении
- Применяются в системах видеонаблюдения и автоматизации зданий

Мультимедийные дисплеи с алюминиевой передней панелью

Серия MDM

- Используются для создания рекламно-информационных систем (Digital Signage)
- Оптимальны для систем мониторинга



Дисплеи для работы при температурах -30...70°C

Серия TDM

- Модели с диагональю 12,1" и 15"
- Предназначены для работы при экстремальных температурах

Дисплеи промышленного назначения

Серия DM

- Модели с диагональю от 6,5" до 19"
- Адаптированы для жёстких условий эксплуатации



Промышленные дисплеи в корпусе из нержавеющей стали

Серия ISDM

- Модели с диагональю от 8,4" до 19"
- Созданы специально для пищевого, химического и фармацевтического производства

Дисплеи с повышенной яркостью и антибликовым покрытием

Серия SRM

- Модели с диагональю 12,1" и 15"
- Разработаны для эксплуатации в условиях повышенной освещённости



LCD-панели с диагональю от 6,5" до 19"

Серия LCD Kits

- Широкие возможности применения при низкой стоимости
- Устойчивы к ударам и вибрациям

Ниеншанц-Автоматика

www.iei.ru | ipc@nnz.ru

Телефон: +7 (812) 326 5924

+7 (495) 980 6406

www.ieiworld.com

реклама

включая минимальный и максимальный размеры; обеспечить дальность передачи 10 км по одномодовому волокну и 100 м по многомодовому волокну; поддерживать скорость передачи 100 Гбит/с. Эта технология предполагает применение как в локальных, так и в глобальных сетях. Рассматриваются вопросы создания интерфейсов 100GE для передачи данных по транспортным сетям WDM и CDWM, использования многопротокольной коммутации по меткам (MPLS) вместе с технологией 100GE для организации больших сетей, а также разработки метода GPF-инкапсуляции кадров для передачи по сетям SDH/WDM.

Предполагается использовать сверхбыстрый 100-Gigabit Ethernet в многопроцессорных системах высокой производительности самого различного назначения. Другой важной областью

применения 100GE является создание распределённых систем с радиусом до 10 км.

Создание окончательной спецификации стандарта 100-Gigabit Ethernet ожидается к 2010 году.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ethernet по праву считается самой популярной в настоящее время технологией локальных сетей. Она имеет широчайший спектр применений, в том числе в системах АСУ ТП, управления производством, предприятиями, распределёнными объектами, и даже адаптируется к решению задач реального времени, а также начинает применяться в региональных и глобальных сетях. Огромный практический опыт, сформировавшийся в ходе эксплуатации Ethernet в различных областях применений, позволил «отшлифовать»

эту технологию, обеспечить высокую степень надёжности при относительно низкой стоимости оборудования.

Оставляя неизменными формат и размер фреймов, технология Ethernet постоянно развивается и совершенствуется, прежде всего, в направлении повышения скорости передачи данных. Появляются и стандартизируются её специализированные модификации, ориентированные на более узкие области применения.

Новое поколение промышленных систем управления начинает переходить на гигабитные сети Ethernet, всё шире используются кольцевые топологии или многокольцевые структуры, обеспечивая высокую надёжность сетевых решений. В недалёкой перспективе — создание широкополосных коммутируемых промышленных сетей 10-Gigabit Ethernet. ●

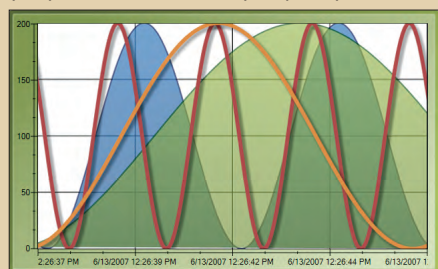
НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

ICONICS GENESIS64™ снижает затраты на разработку проектов АСУ ТП



При разработке любых проектов автоматизации большая часть времени и стоимости затрачивается на разработку приложений: в частности, для средних размеров проекта эти затраты составляют более 60% от всех расходов. Используя все преимущества 64-битовой платформы, можно существенно сократить усилия и снизить затраты на разработку проектов АСУ ТП.

Предлагаемый компанией ПРОСОФТ новый продукт ICONICS GENESIS64™, разработанный и сертифицированный



для Microsoft Windows® Vista™, реально поддерживает 64-битовые платформы AMD и Intel. Существенными отличиями от предыдущих технологий являются поддержка GENESIS64 OPC-UA (новейшего единого OPC-стандарта), а также современные технологии, позволяющие объединять в реальном времени информационные потоки предприятия.

Иначе говоря, GENESIS64 разработан для полнофункциональной платформы 64-bit-to-the-Core™ и позволяет реализовать SCADA-системы нового поколения на 64-битовых компьютерных платформах, где максимально задействованы преимущества операционной системы Microsoft Windows Vista в соответствии с быстрорастущими требованиями, предъявляемыми к проектам автоматизации.

В пакете ICONICS GENESIS64 реализованы дающие высокое конкурентное преимущество технологии:

- поддержка универсальной сервис-ориентированной архитектуры нового поколения Windows Communication Foundation (WCF) для построения распределённых систем на платформе .NET 3.0;
- интегрированная система расчёта и отображения показателей эффективности (KPI) в реальном времени и поддержка технологии боковых меню Windows Vista;
- поддержка обобщённого опыта использования отображения информации с помощью документов нефиксированного формата Windows (WPF);
- аппаратная поддержка графических 3D-приложений;

- встроенная система безопасности управления учётными записями пользователей (UAC);
- интегрированная географическая информационная система «Виртуальная Земля» (Microsoft Virtual Earth);
- использование встроенных инструментов поисковой системы Windows Vista;
- поддержка технологии Windows Workflow Foundation (WF), состоящей из задач и переходов между ними.

Входящий в состав GENESIS64 новый сервер регистрации данных TrendWorX64 характеризуется высокой производительностью и надёжностью сбора, отображения и архивации данных реального времени. Это приложение поддерживает большое количество групп регистрации данных (по 20 000-50 000 тегов из множественных источников данных), включая OPC UA-серверы, OPC-серверы DA, OPC-серверы XML DA, BACnet, SNMP и многие другие. Приобрести этот программный продукт в 2008 году можно у эксклюзивного дистрибьютора ICONICS в России, странах СНГ и Балтии — компании ПРОСОФТ. ●



И солнце делу не помеха



Дисплеи для работы в условиях прямой солнечной засветки

- Передовая трансфлексивная технология
- Степень защиты IP65 (по передней панели)
- Закаленное защитное стекло с антибликовым покрытием

Заказное исполнение на базе стандартных изделий



FPM-3120G
Промышленный 12" монитор SVGA/XGA с VGA-входом



FPM-3150G
Промышленный 15" монитор XGA с VGA-входом



TPC-660G
Панельный компьютер с 6,4" VGA-монитором
• Процессор AMD LX800
• Сенсорный экран
• ОС Windows XP, XPe, CE 5.0



TPC-1261H
Панельный компьютер с 12,1" SVGA-монитором
• Процессор AMD LX800
• Сенсорный экран
• ОС Windows XP, XPe, CE 5.0

ADVANTECH

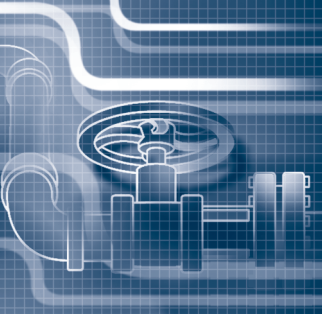
www.advantech.com/aA

PROSOFT®

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

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 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

#115



Концепция применения светильников со светодиодами совместно с традиционными источниками света

Сергей Гужов, Александр Полищук, Андрей Туркин

В статье рассматриваются основные аспекты применения светодиодных светильников в системах освещения жилых зданий, общественных мест, промышленных объектов, а также проводится оценка экономического эффекта от их использования в сравнении с традиционными источниками света.

Введение

На любом промышленном предприятии и в сфере жилищно-коммунального хозяйства в соответствии с законодательством Российской Федерации необходимо принимать меры по энергосбережению. В настоящее время на рынке электроосветительных приборов появился ряд источников света, которые позволяют революционно улучшить как светотехнические, так и электрические параметры осветительных установок при обеспечении высокой надёжности, долговечности и, что очень важно, экономии электроэнергии. Одними из таких источников являются светодиодные светильники. В статье рассматриваются аспекты их применения при освещении жилых зданий и сооружений, в общем освещении придомовых территорий, торгово-развлекательных комплексов и общественных мест.

Технологический процесс практически всех средних и крупных предприятий, а также особенности функционирования торговых и развлекательных центров не допускают перерывов в работе осветительных установок в основных помещениях. В связи с этим предъявляются жёсткие требования к электрическим схемам питания светильников. Надёжность схемы электроснабжения, бесперебойность подачи электроэнергии к светильникам и большой срок наработки на отказ используемого оборудо-

вания — основополагающие требования при создании осветительных установок. Не менее важными требованиями, описанными в действующих нормативных документах, являются предельные величины и частоты колебаний напряжения, допускаемые для осветительных сетей. Частота резких изменений напряжения у ламп рабочего освещения при изменениях до $\pm 1,5\%$ может быть любой, при изменениях от $\pm 1,5$ до $\pm 4\%$ частота должна быть не более 10 раз в час, а при изменениях свыше $\pm 4\%$ — не более одного раза в час. Питание же аварийного освещения должно соответствовать высокой степени надёжности и обеспечивать бесперебойную работу, что в современных условиях достигается установкой резервного генератора или применением светильников с автономным источником электропитания (с аккумуляторной батареей).

Традиционно осветительные сети, прокладываемые от источников питания до светильников, разделяются на две составные части — питающую и групповую. Питающую сеть образуют линии, прокладываемые от подстанций до групповых щитков, а групповую сеть — линии, прокладываемые от групповых щитков до светильников. Существует множество различных схем питания осветительных электроустановок, на выбор каждой из которых оказывают влияние несколько факторов. Основными из них являются: наличие на проек-

тируемом или существующем объекте общих или отдельных трансформаторов для питания силовых и осветительных потребителей; схема низковольтной части подстанции; принятые для данного объекта виды освещения; требования к управлению освещением; принятая система номиналов напряжения и мощность используемых источников света (ИС). При непосредственном проектировании установок важным требованием является не превышение максимального значения ΔU , равного $5,0\% U_{ном}$. Из статистики эксплуатации: в питающей сети теряется $1,5...2,0\% U_{ном}$, в групповой сети — $3,0...3,5\% U_{ном}$.

Внедрение в системы освещения светодиодов заставляет пересмотреть данную концепцию.

История создания светодиодов

Первые открытия в области электролюминесценции были сделаны в России и, как часто бывает, совершенно случайно. В 1923 году российский физик Олег Владимирович Лосев обнаружил эффект слабого свечения кристаллов карборунда при пропускании через них электрического тока. Таким образом был открыт эффект прямого преобразования энергии электрического тока в световую. Однако мощность излучения и КПД были настолько малы, что созданный источник света представлял лишь научный интерес, хотя О.В. Лосев уже тогда пред-



Рис. 1. Фрагмент подсветки здания Газпрома в Москве с помощью светильников, выполненных на основе светодиодов Cree

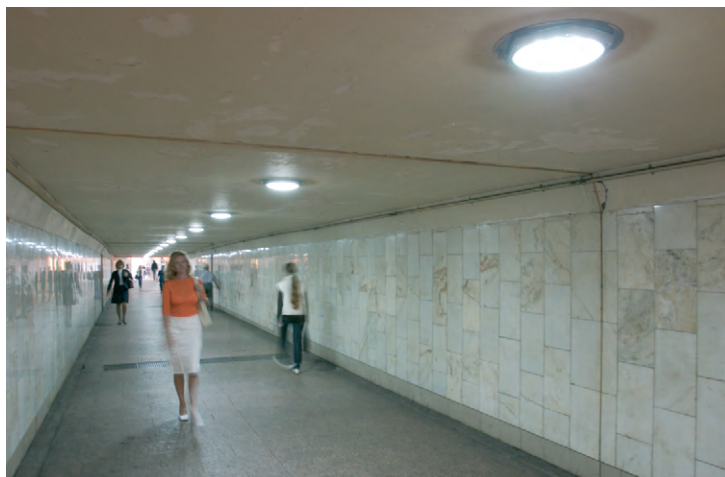


Рис. 2. Светильники ДВУ-25, выполненные на основе светодиодов Cree, установлены в одном из подземных переходов столицы

положил возможную область применения открытого им эффекта.

Практическая же реализация твердотельных светоизлучающих приборов, способная вызвать коммерческий интерес, стала возможной лишь в 60-70-е годы XX века после обнаружения эффективной люминесценции полупроводниковых соединений типа $A^{III}B^V$ — фосфида и арсенида галлия и их твердых растворов. На основе этих материалов были созданы первые светодиоды.

Существенный вклад в развитие данного направления науки и техники внесли советские ученые. Академик РАН, лауреат Ленинской премии Ж.И. Алфёров получил золотую медаль Американского физического общества за исследования гетероструктур на основе $AlGaAs$ ещё в 70-е годы прошлого века. В 2000 году, когда стало ясно, насколько велико значение этих работ для развития науки и техники, насколько важны их практические применения для человечества, ему была присуждена Нобелевская премия.

В настоящее время одним из наиболее перспективных материалов для создания светодиодов в коротковолновой (синей и зеленой) области видимого спектра считается нитрид галлия (GaN).

Технологии выращивания нитрида галлия и создания светодиодных кристаллов на его основе развиваются в последние годы весьма бурными темпами. Исследования, начатые в конце 60-х годов группой Жака Панкова в США и приостановленные в начале 80-х по причине технологических трудностей получения материала p-типа проводимости, были продолжены в Японии. В 1989 году Исаму Акасаки и Хироши Аmano с коллегами из университета Нагои продемонстрировали первый светодиод на

основе GaN со слоем p-типа проводимости. Чуть позднее, в 1992 году, они опубликовали статью о создании первого светодиода на основе GaN с гомогенным p-n переходом [1]. Данный светодиод излучал свет в ультрафиолетовом и синем диапазонах спектра. В 1990 году разработкой светодиодов на основе GaN занялся Шуджи Накамура — сотрудник компании Nichia Chemical Industries Ltd. Результатом его работы стали первые светодиоды голубого и зеленого свечения, которые были созданы на основе двойных гетероструктур $InGaN/GaN$ с квантовыми ямами, выращенных методом газовой эпитаксии из металлоорганических соединений. Эти светодиоды были получены в 1993-1995 годах [2]. Кроме того, результатами работы Накамуры стали первые импульсные лазеры и лазеры непрерывного излучения в голубой области спектра, работающие при комнатной температуре, а также светодиоды белого свечения с использованием люминофора, преобразующего длину волны синего излучения кристалла в желто-зеленое свечение.

На протяжении последних лет многие ведущие производители, крупнейшими из которых являются Nichia Corporation, Cree и Lumileds Lighting (Philips), продолжают интенсивные исследования, направленные на увеличение эффективности и надежности полупроводниковых источников света. С 2005 года две компании — Nichia Corporation и Cree — обеспечивают более 80% мирового производства кристаллов синего и зеленого цвета свечения.

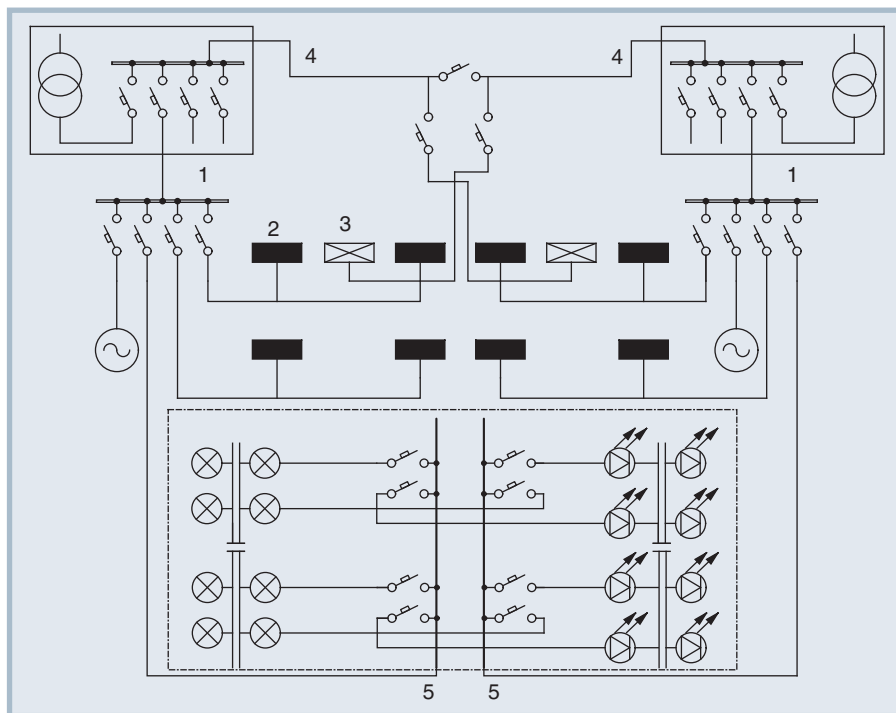
На сегодняшний день наилучших результатов в области создания светодиодных ламп белого цвета свечения добилась компания Cree. Ей удалось получить эффективное массовое изделие с

уникальными эксплуатационными характеристиками, обеспечивающее типовое значение световой отдачи более 100 лм/Вт в диапазоне цветовых температур 5500...6500 К при токе 350 мА и потребляемой мощности 1,07 Вт. Отдельные образцы приборов обеспечивают световой поток до 114 лм при токе 350 мА и 180 лм при 700 мА (электрическая мощность 2,3 Вт).

На основе светодиодов компании Cree уже сегодня производятся светильники, которые используются для архитектурной подсветки и различных видов освещения. В Москве выполнено несколько такого рода проектов, в которых производителем светотехнических изделий на базе светодиодных ламп Cree Xlamp выступила российская компания XLight, а поставщиком полупроводниковых изделий и готовых светотехнических решений торговой марки XLight — компания ПРОСОФТ. На рис. 1 представлен один из этих проектов — подсветка здания Газпрома на улице Намёткина. В сентябре 2007 года в одном из московских подземных переходов в районе станции метро «Рижская» впервые были установлены светильники ДВУ-25 совместного производства компаний XLight и «Светосервис», выполненные на основе светодиодов Cree (рис. 2).

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ПИТАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Для производства светодиодных светильников (СДС) обычно используют специальные светодиодные модули (СДМ). Все СДМ, состоящие из одного или нескольких светодиодов, питаются постоянным током, величина которого может меняться. Для получения постоянного тока должно использоваться уст-



Условные обозначения:

1 – магистральный щиток; 2 – щиток рабочего освещения; 3 – щиток аварийного освещения;
4 – силовая магистраль; 5 – шинный провод.

Рис. 3. Схема освещения торгово-развлекательного центра

ройство со специальной электрической схемой – драйвер. Входное напряжение драйвера обычно выбирают из стандартного ряда номинальных значений: 12, 24 или 48 В. Для СДС, способных освещать помещения с высотой потолков до 4 метров и даже применяемых для наружного освещения, целесообразно использовать стандартный номинал 48 В. Этот номинал напряжения в принципе достаточно широко распространён. Кроме того, с номиналом 48 В во всём мире массово выпускаются источники питания для телекоммуникационных применений, которые с успехом могут использоваться в осветительных системах благодаря высокой надёжности и относительно низкой стоимости.

Традиционно источник питания с входным напряжением 220 В переменного тока и СДМ располагали в одном корпусе, что было продиктовано единичными случаями их применения. С появлением возможности создания осветительных систем, использующих традиционные ИС совместно с СДС, острее стал вопрос о пересмотре концепции выбора для конкретного объекта номиналов питающего напряжения и принятия допустимых уровней отклонения его параметров [3].

Используемое сейчас при проектировании совмещение силовых и осветительных питающих сетей не приводит, как правило, к улучшению экономиче-

ских показателей и создаёт неудовлетворительный режим подачи питающего напряжения для ламп. Совмещение питающих сетей оправданно сегодня только для небольших зданий и при использовании схем промежуточной трансформации ввиду чувствительности традиционных ИС к отклонениям и колебаниям напряжения. Снижение напряжения на 1% вызывает уменьшение светового потока у ламп накаливания на 3-4%, у люминесцентных ламп на 1,5%, у ртутных ламп (ДРЛ) на 2,2% [4]. Снижение напряжения на 10% вызывает у люминесцентных ламп уменьшение светового потока на 30-40%. При снижении напряжения на 20% и более не происходит зажигания газоразрядных ламп. С другой стороны, повышение напряжения на 10% у ламп накаливания и люминесцентных ламп сокращает срок их службы на 25-30% [4]. В отличие от традиционных ИС светодиодные модули не имеют таких проблем: используемый в них драйвер способен поддерживать требуемые выходные параметры даже при уровне напряжения в питающей сети, равном 70% от номинального. Как следствие, при питании СДМ от магистрального силового щита появляется возможность соблюдения необходимых требований к качеству электроэнергии для осветительных приборов с такими длинами групповых сетей, которые ранее были недопустимыми.

Уровень напряжения в осветительных электросетях средних и крупных зданий может по ряду причин резко изменяться. По статистике значительно повышается напряжение в электросети в ночное время. При малой величине реактивной мощности в ночные часы это повышение во многих случаях столь велико, что приводит к выходу из строя ламп. Колебания напряжения вызываются также изменением силовой нагрузки в течение суток, особенно при большой длине питающих линий 220/380 В и линий высокого напряжения. Кроме того, колебания напряжения имеют сезонный характер: в летнее время отключаются отопительная вентиляция, котельные, тепловые завесы, сокращается осветительная нагрузка – из-за этого напряжение в низковольтной электросети повышается.

Электромагнитные наводки, излучаемые во время стационарной работы на частоте гармоник первичной сети, при малых расстояниях до приёмника и отсутствии мер по обеспечению электромагнитной совместимости создают радиопомехи в диапазоне средних и длинных волн [5]. Помехи появляются преимущественно вдоль проводов питания ламп. Блоки питания люминесцентных ламп с электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА) содержат также высокочастотный преобразователь (30-100 кГц), который питает люминесцентную лампу. Максимально допустимые значения гармонической составляющей тока на 1 Вт мощности равны: 3,40 мА/Вт – третья гармоника, 1,90 мА/Вт – пятая гармоника, 1,00 мА/Вт – седьмая гармоника. Выдаваемые ЭПРА в сеть высшие гармоники в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-97 должны уменьшаться посредством соответствующей фильтрации до допустимых значений, что делается путём включения в состав ЭПРА дополнительных компонентов и влечёт за собой увеличение габаритных размеров лампы, а также затрат на её изготовление.

Наиболее часто применяемые схемы осветительной части электрооборудования крупного торгово-развлекательного центра и типовой блок-секции 16-этажного дома приведены соответственно на рис. 3 и 4 [6-8].

Для крупных многофункциональных комплексов, в структуре которых задействованы и силовое оборудование, и системы освещения, часто применяются многоконтурные системы электропитания (рис. 3). В целях увеличения ре-

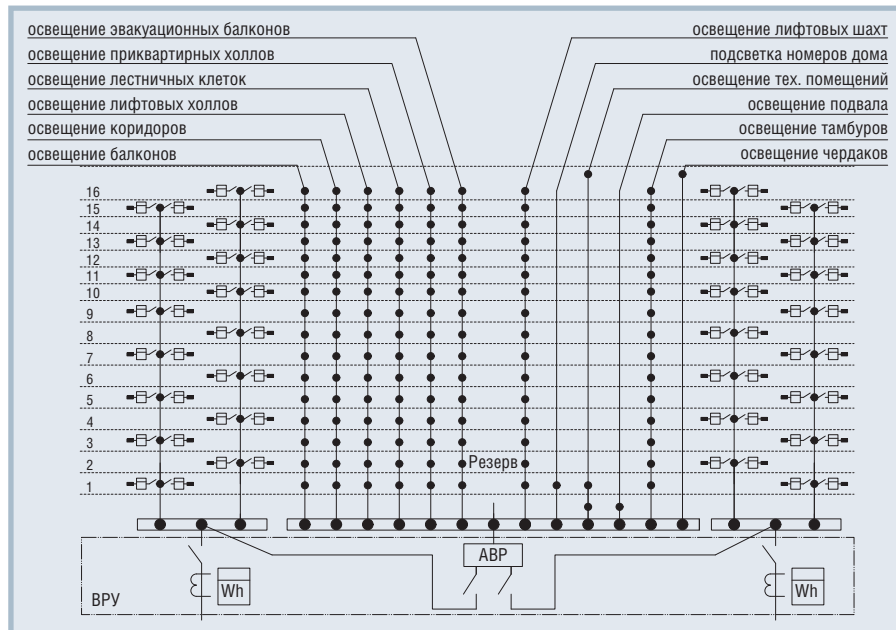
курса ИС и обеспечения качественного освещения светильники имеют свой контур электропитания и запитываются от щитков рабочего освещения 2. Кроме того, предусмотрены отдельные щитки аварийного освещения 3 для электропитания соответствующего выделенного контура. Из соображений повышения надёжности электропитания светильников предусмотрена возможность их переключения на потребление от магистральных щитков 1 на силовой магистрали 4, обслуживающей в основном силовое оборудование. При значительных размерах здания выгодно применять шинопроводы 5 с совместным питанием от них как светодиодных, так и традиционных источников света.

Электроснабжение жилых домов также имеет свои особенности. На рис. 4 выделяются следующие группы потребителей: светильники аварийного освещения эвакуационных балконов, приквартирных холлов, лестничных клеток, лифтовых холлов, коридоров, балконов, лифтовых шахт, технических помещений, подвала, тамбуров, чердаков, а также светильники подсветки номеров дома. Все эти потребители запитаны от отдельных групп электропитания. В подобных схемах включения часто встречается ситуация, когда светильники, освещающие приквартирные холлы, получают питание от того же щитка, что и электродвигатели лифтов, вентиляции, систем водоснабжения и пожаротушения, которые работают в повторно-кратковременном режиме и, следовательно, влияют на качество электроэнергии в сети, в том числе и осветительной.

Реализация системы низковольтного питания для светодиодных светильников

С целью обеспечения назначенного ресурса работы и гарантийного срока эксплуатации (5 лет) для построения систем низковольтного питания СДС рекомендуется использовать источники вторичного электропитания (ИБЭП) серии HWS компании Lambda. Такое решение уже реализовано в одном из подземных пешеходных переходов Москвы, где были применены СДС типа ДВУ-25 (рис. 2).

Система, включающая в себя источники электропитания серии HWS и блоки диммирования с часами реального времени, относится к разделу 5.4.2 ГОСТ Р 51318.15-99 «Отдельное вспомогательное оборудование, предназначенное для работы исключительно со



Условные обозначения:

АВР – автоматический ввод резерва; ВРУ – вводно-распределительное устройство; Wh – счётчик электроэнергии.

Рис. 4. Принципиальная однолинейная схема электроснабжения 2-подъездного 16-этажного жилого дома

световым оборудованием» и соответствует нормам ГОСТ Р 51318.15-99 по пунктам 4.3 «Напряжение ИРП» и 4.4 «Излучаемые ИРП».

Кроме того, ИБЭП серии HWS могут эксплуатироваться в широком температурном диапазоне от -40 до $+75^{\circ}\text{C}$ и имеют ресурс непрерывной наработки на отказ не менее 500 000 часов.

В табл. 1 показано соответствие типа ИБЭП серии HWS и количества светильников в линии питания на примере светильника ДВУ-25.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СВЕТИЛЬНИКОВ

Рассмотрим варианты использования нескольких типов светильников в жилом доме, взяв за основу схему, представленную на рис. 4. При традиционном освещении лампами накаливания (ЛН) типовой блок-секции 16-этажного дома требуется мощность 3,9 кВт. При использовании в этом же блоке жилого дома компактных катодолюминесцентных ламп (КЛЛ) мощностью 36 Вт (КЛЛ-36) на осветительные цели необходимо резервировать 1,404 кВт. При замене ЛН на СДС мощностью 20 Вт (СДС-20) с соответствующими светотехническими характеристиками установленная мощность снижается до 0,780 кВт, что составляет 20% от первоначального значения и 45,8% от потребления КЛЛ без учёта потерь в групповых сетях [9].

В табл. 2 приведены данные, которые позволяют сравнить технико-экономические показатели ЛН (2×100 Вт), КЛЛ-36 и СДС-20 [4].

Расчётные данные, приведённые в столбце «СДС-20» табл. 2, получены для светильника, являющегося решением XLight для светодиодного освещения в ЖКХ. Внешний вид этого светильника показан на рис. 5. Он выполнен в корпусе стандартного светильника «Москвич-1» и предназначен для освещения в подъездах жилых домов.

Данные по экономии электроэнергии при замене КЛЛ и ЛН на СДС (для одного светильника) приведены в табл. 3. При этом на основании данных табл. 2 срок окупаемости СДС при замене ими КЛЛ составляет (для одного светильни-

Таблица 1

Соответствие типа ИБЭП серии HWS и количества светильников ДВУ-25 в линии питания

Тип ИБЭП серии HWS	Мощность нагрузки, Вт	Количество светильников в линии
HWS30-48\HD	30	1
HWS80-48\HD	80	2
HWS100-48\HD	100	3
HWS150-48\HD	150	5
HWS300-48\HD	300	10
HWS600-48\HD	600	20
HWS1000-48\HD	1000	30
HWS1500-48\HD	1500	50
HWS1800-48\HD	1800	60

Таблица 2

Сравнение технико-экономических показателей различных источников света на примере системы освещения блок-секции 16-этажного жилого дома, схема электроснабжения которого приведена на рис. 4

Наименование показателей	Условные обозначения	Единицы измерения	КЛЛ-36	СДС-20	ЛН
Мощность	$P_{ис}$	Вт	36	20	2×100
Световой поток источника света	Φ	лм	2400	2000	2000
КПД ЭПРА	$K_{ЭПРА}$	%	75	90	—
Реальная потребляемая мощность	$P_{уст}$	Вт	48	22	200
Коэффициент использования светового потока*	$K_{эфф}$	%	70	100	100
Эффективность источника света		лм/Вт	67	100	10
Эффективность светильника		лм/Вт	35	90	10
Стоимость изделия	Ц	руб.	360	2000	10
Срок использования до плановой замены	T_c	ч	7500	50000	1000
Срок оценки вложений	$T_{оц}$	год	6		
Стоимость 1 кВт сетей	$K_{ос}$	руб.	45000		
Стоимость мощности сетей, приведённая к мощности одного ИС	$K'_{ос}$	руб.	2160	1000	9000
Стоимость монтажа изделий	$K_{оу}$	руб.	570		
Капитальные затраты на один ИС	К	руб.	3090	3570	9580
Количество чисток в год	Ч	шт.	3		
Стоимость одной чистки	$C_{оч}$	руб.	300		
Стоимость замены одного источника света	$C_{оз}$	руб.	250		
Срок службы	$T_{сл}$	ч	15000	50000	1000
Число часов использования за год	T_r	ч	8760		
Стоимость 1 кВт ч электроэнергии	$C_{ээ}$	руб.	2		
Стоимость чисток за $T_{оц}$	$C_{чист}$	руб.	5400		
Стоимость оборудования, заменяемого за $T_{оц}$	$C_{зг}$	руб.	960	0	520
Стоимость работ по замене ИС за $T_{оц}$	$C_{зам}$	руб.	1752	0	13140
Стоимость электроэнергии за $T_{оц}$	$C_{ээг}$	руб.	5046	2313	21024
Эксплуатационные издержки за $T_{оц}$	И	руб.	13158	7713	40084

* Без учёта потерь в защитном колпаке.

Показатели экономии от замены КЛЛ и ЛН на СДС

Таблица 3

Наименование показателей	Условные обозначения	Единицы измерения	КЛЛ-36	ЛН
Стоимость сэкономленной за $T_{оц}$ электроэнергии от внедрения одного СДС по сравнению с указанным ИС	$\mathcal{E}_{ни}$	руб.	2733	18711
Ожидаемая экономия к концу $T_{оц}$ для одного СДС по сравнению с указанным ИС	П	руб.	4965	38381

ка) около 2 лет, а при замене ими ЛН — менее 4 месяцев.

Если освещение функционирует в соответствии с принятым графиком, то среднегодовое время работы светильника составит порядка четырёх тысяч часов. В домах с газовыми плитами (тариф 2007 года — 208 коп. за один кВт·ч) затраты на электроэнергию составят для ЛН — 32716 руб., для КЛЛ — 11325 руб., для СДС — 6543 руб. Годовая экономия для КЛЛ и СДС будет соответственно 21391 руб. и 26173 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учётом получаемого экономического эффекта и приведённых в материалах

статьи эксплуатационных преимуществ светодиодных светильников особую актуальность приобретает задача их более широкого внедрения в области общего и уличного освещения [10]. Светодиодные осветительные устройства не только экономичны, но и долговечны: их ресурс превышает время жизни компактных люминесцентных лам в несколько раз, а ламп накаливания — в десятки раз. Кроме того, светодиоды в отличие от ламп не являются хрупкими, поэтому на их основе могут создаваться вандалостойкие осветительные устройства, а возможность низковольтного питания делает СДС безопасными, то есть не являющимися потенциальными источни-



Рис. 5. Светодиодный светильник XLight™ для освещения в подъездах жилых домов

ками возникновения пожара или взрыва. Благодаря этим факторам, а также увеличившейся в последние годы световой отдаче светодиоды стали очень перспективными источниками света уже сейчас и должны завоевать всё большие сферы применения в ближайшем будущем. Расширяющаяся и постоянно совершенствующаяся концепция применения СДС делает актуальными обсуждаемые в данной статье вопросы. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Akasaki I., Amano H., Itoh K., Koide N. and Manabe K. GaN based UV/blue light emitting devices // GaAs and Related Compounds Conference, Inst. Phys., 1992. Ser. 129. P. 851.
2. Nakamura S., Senoh M., Iwasa N., Nagahama S. High-brightness InGaN blue, green and yellow light-emitting diodes with quantum well structures // Jpn. J. Appl. Phys. 1995. Vol. 34. P. L797.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — М.: Энергосервис, 2002.
4. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. — 3-е изд. — М.: Знак, 2006.
5. Шваб А.И. Электромагнитная совместимость. — М.: Энергоатомиздат, 1995.
6. Ключев С.А. Осветительные сети производственных помещений. — М.: Энергия, 1971.
7. Антонов В.А., Астрахан В.Д. Справочник по проектированию электропривода силовых и осветительных установок / Под ред. Я.М. Большама, В.И. Круповича, М.Л. Самовера. — 2-е изд. — М.: Энергия, 1974.
8. Рябов М.С., Циперман Л.А. Электрическая часть осветительных установок. — М.: Энергия, 1966.
9. Глушков В.М., Грибин В.П. Экономия электроэнергии в осветительных установках. — М.: Энергия, 1972.
10. Кузнецов В.С. Электроснабжение и электроосвещение городов. — Минск: Высшая школа, 1989.

Авторы — сотрудники компании XLight, МГУ имени М.В. Ломоносова и МЭИ
Телефон: (495) 232-2522
E-mail: info@prosoft.ru

ВЫСОКОНАДЁЖНЫЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

на базе светодиодных
ламп CREE®

Кутузовская
ривьера

г. Москва, ул. Нежинская



Газпром

г. Москва, ул. Намёткина



RGB-пржекторы для
архитектурного освещения



Линейные светильники для
архитектурного освещения

Фонари для уличного
и паркового освещения



Светильники
для пешеходных переходов

LEDcity

США, Роли,
Северная Каролина



Пешеходный
переход

г. Москва, м. «Рижская»



Полупроводниковая
светотехника XLight™

- Гарантия 5 лет
- Реальная экономия электроэнергии
- Окупаемость вложений в течение 2 лет
- Гибкие системы управления освещением

#368

ПРОСОФТ — ЭКСКЛЮЗИВНЫЙ ПОСТАВЩИК ПРОДУКЦИИ XLIGHT В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ

ProSoft®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 232-2522 • E-mail: info@xlight.ru • Web: www.xlight.ru

Автоматизированные системы управления наружным освещением: актуальные вопросы проектирования и эксплуатации, перспективы развития

Олег Зотин

Рассмотрены особенности автоматизированных систем управления наружным освещением (АСУНО) и предъявляемые к ним требования. Проведена сравнительная оценка различных вариантов построения АСУНО. Показаны перспективы развития этих систем в направлении повышения надёжности, максимальной централизации контроля, дистанционной локализации неисправностей, совершенствования учёта энергозатрат и внедрения энергосберегающих технологий.

Введение

Автоматизированные системы управления наружным освещением (АСУНО) городов являются относительно новым типом распределённых систем диспетчерского управления. Существовавшие до этого релейные системы дистанционного централизованного

управления наружным освещением (НО) были разработаны в СССР в шестидесятые–семидесятые годы XX века и обеспечивали дистанционное включение основных режимов освещения, контроль исправности силового оборудования и прохождение команд управления в неразветвлённых, последова-

тельно соединённых каскадах освещения.

В дальнейшем рост потребностей контроля за состоянием сетей НО привёл к появлению в девяностых годах компьютеризированных АСУНО различных разработчиков, которые обеспечивали значительное увеличение функциональных возможностей управления и диагностики НО.

АСУНО КАК ОСОБЫЙ ТИП СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Наличие различных подходов к проектированию АСУНО, отсутствие в настоящее время стандартизации в этой области делают актуальной задачу формирования комплекса предъявляемых к АСУНО требований по составу функций. Остановимся на ряде основополагающих аспектов работы современных АСУНО и вытекающих из них конкретных требований к функциям оборудования, используя при этом, в том числе, и опыт ОАО «НИИ точной механики» (Санкт-Петербург) по разработке и внедрению таких систем в городах Ижевске, Калининграде, Москве, Санкт-Пе-



В огнях системы «Аврора»

тербурге, Уральске, Хабаровске, Якутске и др.

Адресное управление и диагностика пунктов включения

Традиционно городские линии освещения строятся по каскадному принципу, при этом каждый нижестоящий пункт включения (ПВ) получает команды управления по включению режимов работы непосредственно от линий НО вышестоящего ПВ. Таким образом, в релейных системах АСУНО разработки 60-х годов обеспечивался единый режим освещения для всех ПВ каскада. Диагностика в этих системах велась по обобщённым параметрам типа «плавкие вставки в головном ПВ целые», «прошло включение контакторов ночного режима в каскаде». Причём контроль работы всего каскада осуществлялся только при наличии так называемых «обратных проводов» от последнего из каскадных ПВ до головного.

Для организаций, эксплуатирующих сети наружного освещения городов, актуальной является задача создания АСУНО, обеспечивающей **адресное управление и диагностику любого ПВ** (как головного, так и каскадного) в любом режиме работы («вечер», «ночь», «подсветка»). Адресное включение любого ПВ позволяет при необходимости включать не весь каскад целиком, а отдельные ПВ в каскаде. Например, для одних ПВ, к которым подключены линии освещения на важных магистралях, перекрестках и т.п., можно задать режим «вечер», а для ПВ, от которых задействованы линии освещения на улицах и переулках с неинтенсивным движением, применить более экономный режим «ночь», включая два светильника из трёх или один из трёх. За счёт этого достигается экономия электроэнергии. Адресная диагностика позволяет диспетчеру оперативно и однозначно определить характер и место неисправности и направить дежурную бригаду строго по адресу, а не объезжать весь каскад в поисках аварийного ПВ; в результате сокращаются затраты на обслуживание и время устранения неисправностей. Не является секретом то, что в разветвлённых каскадах, не имеющих встроенного контроля в каждом ПВ, ряд неисправностей вообще дистанционно не выявляется.

Сложившиеся способы реализации адресного управления предполагают

следующие варианты обеспечения связи всех ПВ с диспетчерской:

- а) прокладка дополнительных выделенных «прямых» проводов от диспетчерской до каждого ПВ либо между головными и каскадными ПВ;
- б) обеспечение управления каждым ПВ по радиоканалу, GSM либо по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС).

Примером системы, где реализован первый вариант, является АСУНО «Горсвет» в г. Екатеринбурге. Подобные решения требуют больших капитальных затрат, поскольку прокладка одного километра кабеля в городских условиях может стоить до 100 тысяч рублей и более, а это уже сопоставимо со стоимостью аппаратуры ПВ.

Примером использования радиоканала, то есть реализации второго варианта, может служить АСУНО «Идель» в г. Казани. Радиоканал на выделенной частоте при наличии уже нескольких десятков ПВ не может обеспечить одну из важнейших характеристик АСУНО — малое время доставки аварийного сообщения. Кроме того, установка радиостанций, антенн и фидеров на каждом ПВ может потребовать дополнительных затрат до 20 тысяч рублей. Этим же недостатком страдают системы со связью по GSM ввиду приоритетности передачи голосовых сообщений в приемлемых для эксплуатирующих организаций тарифных планах сотовых операторов. Во многих случаях время доставки аварийного сообщения в таких системах может достигать до единиц и десятков минут.

Обеспечение работы системы по оптоволоконной связи может быть вполне экономически выгодным только при наличии в городе разветвлённой сети ВОЛС, максимально приближенной к сетям НО. Такой подход реализован, например, в проекте АСУНО «Аврора», осуществлённом в г. Хабаровске.

Очевидно, что наиболее приемлемым решением по обеспечению обмена информацией в каскаде ПВ была бы реализация связи непосредственно по существующим силовым сетям освещения. Стандартные PLM-модемы ввиду наличия в сетях НО больших реактивных нагрузок (так называемых «косинусных» конденсаторов) в каждом светильнике, больших помех от импульсных запускающих устройств и общего плохого состояния сетей НО не обеспечивают надёжной связи. Специализированные модемы для работы в сетях НО были впервые применены в АСУНО

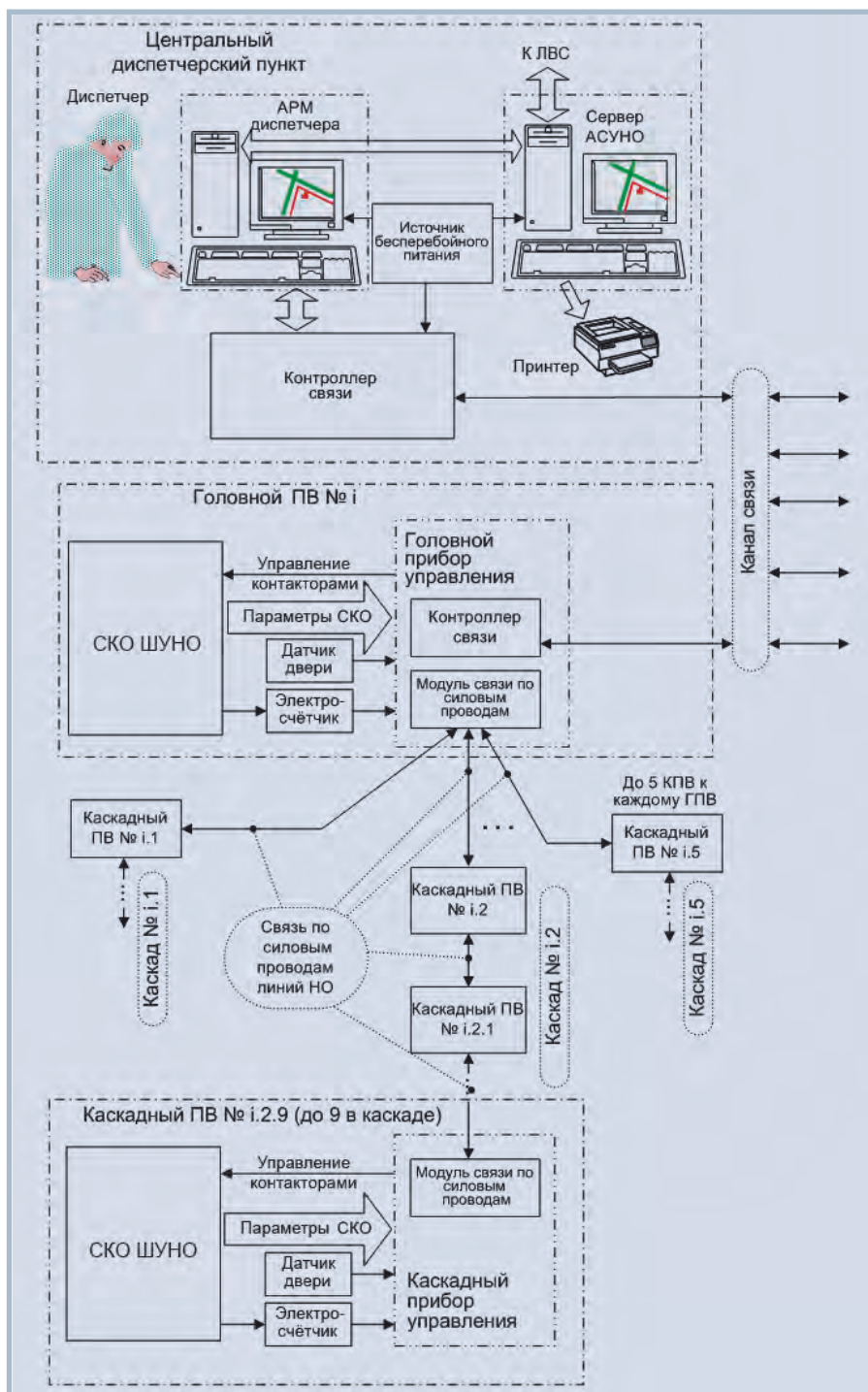
«Аврора» в Санкт-Петербурге в середине 90-х годов. В настоящее время эта система успешно эксплуатируется, распространяясь более чем на 1000 ПВ. Необходимо отметить, что в ней диагностика в каждом ПВ обеспечивается с точностью до типа и места неисправности; например, отдельно диагностируются такие специфические для линий НО неисправности, как межфазные короткие замыкания в линиях НО, замыкания на сети городского электро транспорта с напряжением до 600 В постоянного тока и т.п.

Чрезвычайно важной является также задача отображения всей поступающей в центральный диспетчерский пункт информации с возможностью быстрой сортировки по важности и необходимости оперативного вмешательства. Как правило, отображение ведётся и на мнемосхемах различных уровней АСУНО (общая, каскадов, ПВ), и на карте города. Очевидно, что отображение на карте реальной, динамически меняющейся обстановки в реальном времени с обеспечением возможности оперативного управления придаёт АСУНО свойства не просто геоинформационной системы (ГИС), а системы нового типа — геоинформационной и управляющей системы (ГИУС).

Помимо всего перечисленного необходимыми элементами системы являются ведение архивов и составление различного вида отчётов с привязкой по адресам, времени, конкретным событиям.

Учёт расхода электроэнергии и энергосбережение

Весьма актуальной является задача учёта расхода электроэнергии на нужды наружного освещения. Принято различать технический и коммерческий учёт. Разграничение этих понятий обусловлено требованиями сертифицирующих организаций к построению систем коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ) и проходит, скорее, в правовой плоскости. Необходимо иметь в виду, что полезность технического учёта состоит не только в контроле оплаты электроэнергии; с его помощью можно осуществлять некоторые виды диагностики сетей НО, такие как контроль обрывов, выявление несанкционированных подключений, объективный контроль процента горения. На эти технические решения НИИ точной механики получил патенты РФ № 2279683 «Применение системы учёта расходования



Условные обозначения:

НО — наружное освещение; СКО — силовое коммутационное оборудование;
СКО ШУНО — силовое коммутационное оборудование шкафа управления наружным освещением;
ПВ — пункт включения; КПВ — каскадный пункт включения; ГПВ — головной пункт включения.

Рис. 1. Структурная схема АСУНО с управлением головными ПВ по выделенным телефонным парам

электрической энергии в качестве системы обнаружения несанкционированных подключений к линиям электроосвещения», № 2269788 «Система контроля целостности силовых линий электропитания распределённой нагрузки», № 2261455 «Способ контроля целостности силовых линий электропитания распределённой нагрузки». Данные решения позволяют отслеживать изменения в энергопотреблении, возникаю-

щие в сетях НО, в реальном масштабе времени.

В перспективе точность контроля энергопотребления может быть доведена при необходимости до определения количества горящих светильников с погрешностью, не превышающей одну единицу.

В последнее время уделяется повышенное внимание вопросам энергосбережения в области наружного освеще-

ния. Основными считаются организационные мероприятия, направленные на контроль потребления электроэнергии и планомерное внедрение современных энергосберегающих технологий.

Надёжность аппаратуры ПВ

Одним из центральных вопросов оценки качества АСУНО является вопрос надёжности. Для сравнительной оценки надёжности различных вариантов аппаратуры удобно использовать критерий времени наработки на отказ, так как этот показатель легко связать с числом комплектов аппаратуры, которые приходится ремонтировать или заменять вследствие отказов за определённый промежуток времени, например за месяц. Стремление эксплуатирующих организаций минимизировать эксплуатационные расходы на ремонт аппаратуры приводит к очень высоким требованиям ко времени наработки на отказ. При этом, очевидно, исключено применение резервирования и других способов повышения надёжности, резко увеличивающих стоимость системы. Применение стандартных решений в области автоматизации зачастую бывает затруднено ввиду перечисленных ранее специфических требований к АСУНО. Приемлемая в настоящее время величина наработки на отказ не должна быть менее 50 тысяч часов на один ПВ, что примерно соответствует одному отказу в месяц при 100 комплектах аппаратуры.

Таким образом, полный контроль сетей НО, включающий в себя адресное управление и диагностику каждого ПВ, централизованный учёт электроэнергии и высокая надёжность аппаратуры — основные свойства современной АСУ наружного освещения.

На рис. 1 представлена структурная схема одной из реализаций АСУНО с управлением головными ПВ по выделенным телефонным парам (в принципе здесь могут быть использованы любые доступные в конкретных городских условиях проводные и беспроводные каналы связи). Компьютер основного автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера управляет системой через контроллер связи. Из соображения повышения надёжности системы управления в её состав входит резервное АРМ; при отказе основного АРМ система не нуждается в мгновенном переключении на резерв, поэтому резервное АРМ, как правило, находится в «холод-

ном» состоянии и на структурной схеме не показано. Оборудование запитывается от источника бесперебойного питания, при этом обеспечивается возможность работы при длительных отключениях электропитания до нескольких десятков часов.

Связь между контроллером связи и головными приборами управления может осуществляться по следующим каналам связи:

- по выделенным телефонным проводам на расстояниях до 30 км;
- по каналам волоконно-оптических линий связи;
- по радиоканалу;
- по каналам сотовой связи.

Между головными и каскадными приборами управления связь осуществляется непосредственно по существующим проводам сети освещения.

Перечисленные аспекты построения современных АСУНО показывают их преимущества по отношению к автономным системам, управляемым с помощью фотореле или программируемых по времени контроллеров. Эти преимущества заключаются прежде всего в постоянном мониторинге состояния сетей НО, что даёт возможность эксплуатирующей организации осуществлять оперативное и качественное обслуживание сетей НО.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АСУНО

Перспективы развития АСУНО определяются следующими направлениями разработок: дальнейшее повышение надёжности аппаратуры, максимальная централизация контроля с полным охватом всех ПВ, получение полной информации о неисправностях, дистанционная локализация мест возникновения неисправностей и аварий вплоть до неисправности отдельного светильника. Несомненно, что все внедряемые АСУНО будут иметь встроенный учёт расхода электроэнергии.

Одним из важнейших направлений развития АСУНО станут системы с плавным дистанционным управлением яркостью и адресным контролем каждого светильника. Это достигается за счёт применения в светильниках наружного освещения специализированной электронной пускорегулирующей аппаратуры, обеспечивающей не только возможность плавного изменения светового потока лампы, но и ряд других полезных качеств, из которых важнейшими являются повышенный срок

службы ламп, отсутствие миганий и стробоскопического эффекта, стабилизация светового потока вне зависимости от величины питающего напряжения и др. Отсутствие массового применения таких решений объясняется пока лишь недостаточной надёжностью этой аппаратуры при относительно высокой цене. Вполне конкурентоспособным этому варианту с точки зрения обеспечения энергосбережения в вечернем и ночном режимах работы линий НО представляется вариант управления

яркостью светильников с помощью управляемых автотрансформаторов, устанавливаемых в ПВ.

Многие перспективные решения в области АСУНО были впервые внедрены и продолжают внедряться на ГУП «Ленсвет». На рис. 2 показана диспетчерская этого предприятия, откуда осуществляется управление более чем 1000 ПВ Санкт-Петербурга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ известных решений по проектам АСУНО приводит к выводу о том, что разработчики сосредотачивают свои усилия на решении следующих основных задач:

- обеспечение полного контроля сетей НО, включающего в себя адресное управление и диагностику любого ПВ, а в перспективе — дистанционную локализацию мест возникновения неисправностей и аварий с точностью до отдельного светильника;
- централизованный учёт расхода электроэнергии;
- повышение надёжности аппаратуры.

Различие в способах решения этих задач у отдельных фирм говорит не только об имеющихся технических возможностях, но свидетельствует также о недостаточном взаимодействии разработчиков и заказчиков при формулировании требований к АСУНО. Эта «недостаточность», особенно на начальном этапе



Рис. 2. Центральный диспетчерский пункт ГУП «Ленсвет», с которого управляются более 1000 ПВ

проектирования, приводит к неадекватным и неполным представлениям о значении отдельных функций, а также к недооценке экономических последствий принимаемых решений. В статье был приведён один из примеров такого неполного представления: функция учёта потребляемой электроэнергии рассматривалась только с одной стороны — коммерческой — как инструмент для контроля платежей. В то же время более внимательный анализ позволил выявить другие полезные для эксплуатирующих организаций стороны — возможность обнаружения обрывов и несанкционированных подключений к сетям НО, возможность оперативного контроля процента горения. Недооценка экономической стороны предлагаемых проектов проявляется в основном в том, что при их оценке часто не учитываются затраты на ввод систем в эксплуатацию и саму эксплуатацию.

Автор надеется, что обсуждение вопросов проектирования и эксплуатации АСУНО на страницах журнала с участием всех заинтересованных сторон — разработчиков, эксплуатирующих организаций, соответствующих структур органов власти и управления, в чьём ведении находятся системы наружного (уличного) освещения, будет способствовать повышению качества этих систем, их дальнейшему развитию с учётом передовых достижений техники. ●



Системы автоматизированного контроля температуры в силосах элеваторов

Виктор Гусев, Юрий Мазалов, Сергей Мирошин, Роман Огнев

В статье рассмотрены системы автоматизированного контроля температуры в силосах элеваторов. Показаны преимущества систем, построенных на базе цифровых датчиков. Подробно рассмотрена современная система АСКТ-01, использующая цифровые термоподвески ТУР-01 и устройства контроля температуры УКТ-12.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

В соответствии с технологией хранения зернопродуктов необходимо контролировать температуру зерновой насыпи для того, чтобы предотвратить ухудшение качества и потери зерна в результате самосогревания. Технолог, зная начальные значения температуры в различных слоях зерновой насыпи при закладке на хранение, анализирует её изменения во времени и в случае превышения допустимого значения осуществляет технологические операции по искусственному охлаждению посредством активного вентилирования или перемещения зерна из одного силоса в другой. Учитывая, что данные операции оказывают на качество продукта отрицательное воздействие, их проведение должно осуществляться на основе достоверной информации о температурном состоянии зерновой насыпи. Для того чтобы своевременно выявлять возникновение очагов с повышенной температурой в зерновой насыпи, средства, применяемые для контроля температуры, должны обладать высокой чувствительностью и малой погрешностью измерения.

ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ И ДЕЙСТВУЮЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

На рис. 1 показан силосный корпус элеватора. Высота силосов в таких элеваторах — до 30 метров. Зерновая насыпь с точки зрения контроля температуры — сложный объект, и от того, сколько датчиков задействовано и как

они распределены в насыпи, зависит эффективность обнаружения возникающих очагов самосогревания. На основе теоретических и практических исследований [1] определены оптимальные значения погрешности измерения температуры зерновой насыпи (не более $\pm 1^\circ\text{C}$) и интервала расположения точек измерения (не более 1,5 метров по вертикали).

Очаг самосогревания может возникнуть в небольшом слое зерна. При этом температура $+35^\circ\text{C}$ в зерновом слое, окружающем очаг самосогревания, достигается только через 10 суток. В это время в самом очаге температура доходит до $+54^\circ\text{C}$, то есть почти до

максимального значения. Другими словами, очаг самосогревания начинает увеличиваться в тот момент, когда в нём самом происходит самосогревание на последней стадии. Причём это увеличение незначительное. Температура 35°C в очаге достигается через 6 суток после начала процесса самосогревания. В этот период температура в зерновом слое около очага всего лишь $22...26^\circ\text{C}$. Таким образом, если датчики температуры в термоподвеске расположены на расстоянии более 1,5 метров, то при возникновении очага самосогревания между этими датчиками система отработает аварийную ситуацию



Рис. 1. Силосный корпус элеватора

только тогда, когда температура в очаге самосогревания достигнет критических значений. Это может привести к большим потерям зерна, что неоднократно и происходило на элеваторах.

В Ростехнадзоре приведённые требования к погрешности измерения температуры предъявляются к системам контроля температуры, устанавливаемым на элеваторах. При этом вся система в целом должна быть сертифицирована как средство измерения. Это связано с тем, что применение различного оборудования для построения системы контроля температуры может не дать требуемой погрешности измерения, даже если отдельные элементы системы сертифицированы.

До сих пор на многих элеваторах установлены системы дистанционного контроля ДКТЭ-4М, ДКТЭ-4МГ и системы дистанционно-автоматического контроля с машинами МАРС-1500 и М-5. Внешний вид пульта управления системы ДКТЭ-4М показан на рис. 2. Основными общими элементами этих систем контроля температуры служат термоподвески, установленные в силосах элеватора. Термоподвеска состоит из медных терморезисторов, число которых обычно 5-6. Минимальная абсолютная погрешность измерения температуры зерна в таких системах составляет $\pm 2^\circ\text{C}$. Очевидно, что данные характеристики не соответствуют упомянутым требованиям Ростехнадзора. Кроме того, все эти системы устанавливались 10-20 лет назад, поэтому кабельные линии и само оборудование в большинстве случаев находятся в неудовлетворительном состоянии. Многие элеваторы сейчас должны начинать замену устаревшего парка термоподвесок. Наряду с этим современное производство требует автоматизации процесса измерения температуры, вывода информации на компьютеры в различных службах элеватора. Автоматизация на базе старых моделей термоподвесок приводит к ощутимым затратам при тех же неудовлетворительных значениях погрешности и малом числе точек контроля.

ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМ НА БАЗЕ ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ

В настоящее время начали выпускаться системы автоматизированного контроля температуры на базе цифровых датчиков. Данные системы соответствуют требованиям Ростехнадзора к точности измерения температуры.

Применение систем на базе цифровых датчиков температуры обеспечивает целый ряд преимуществ.

- Сокращаются в несколько раз затраты на кабельную продукцию.
- Обеспечиваются стабильные метрологические характеристики системы. Благодаря применению интеллектуальных датчиков точность контроля температуры по сравнению с аналоговыми системами повышается в 3-5 раз и становится абсолютно независимой от изменения сопротивления проводов и переходного сопротивления контактов. Для сравнения: изменение сопротивления линии в старых системах на 0,25 Ом увеличивает погрешность на 1°C .
- Значительно сокращаются пусконаладочные и эксплуатационные расходы при ощутимом повышении надёжности системы. Система не содержит промежуточных коммутаторов, концентраторов и аналого-цифровых преобразователей, требующих калибровки и метрологической поверки. В десятки раз сокращается количество клеммных и паяных соединений. Сокращаются на порядок трудозатраты на монтаж оборудования. Монтаж может осуществляться местной службой эксплуатации и не требует специальных знаний. Система не требует обслуживания в процессе эксплуатации.

ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ

В качестве примера рассмотрим разработанную сотрудниками ООО «Предприятие КОНТАКТ-1» систему автоматизированного контроля температуры АСКТ-01, которая имеет Разрешение Ростехнадзора № РРС 00 -23115 на применение и Сертификат RU.C.32.004.A № 24971 об утверждении типа средств измерений.

Аппаратура

Структурные схемы системы приведены на рис. 3.

При применении термоподвесок ТУР-01 (рис. 3, вариант 1) система строится следующим образом. Термоподвески ТУР-01 (рис. 4) подключаются по



Рис. 2. Пульт управления устаревшей системы ДКТЭ-4М

шести линиям (32 прибора на одну линию). На каждую линию (группу) устанавливается модуль I-7510 для усиления сигнала интерфейса RS-485. Для питания термоподвесок ТУР-01 и модулей I-7510 устанавливаются блоки БП-240 (один блок на две линии). Интерфейсные сигналы RS-485 с линий 1...6 объединяются и поступают на блок БУК-01.

При применении устройств контроля температуры УКТ-12 (рис. 3, вариант 2) система строится иначе. Используются 16 устройств контроля температуры УКТ-12. Каждое устройство укомплектовано одним блоком БКТ-12 (рис. 5) и термоподвесками ТП-01 (12 шт.). Для питания БКТ-12 устанавливаются блоки питания LOGO!Power (Siemens) с номиналом 24 В (1,3 А). Блоки БКТ-12 объединяются по интерфейсу RS-485 и подключаются к блоку БУК-01.

Блок БУК-01 (рис. 6) обеспечивает выполнение следующих функций:

- приём данных от термоподвесок ТУР-01.XX и/или блоков БКТ-12 по интерфейсу RS-485;
- настройка термоподвесок ТУР-01.XX и/или блоков БКТ-12;
- отображение информации о величинах измеряемых параметров и о вводимых настройках на индикаторе;
- отслеживание достижения значениями температуры введённых уставок;
- формирование команд на модули релейной коммутации ADAM-4068 (Advantech) по интерфейсу RS-485 при достижении уставок (при необходимости);
- подача сигналов звуковой и световой сигнализации при достижении уставок;
- ведение журнала событий;
- обмен данными с ПЭВМ (интерфейс RS-485, протокол Modbus RTU).

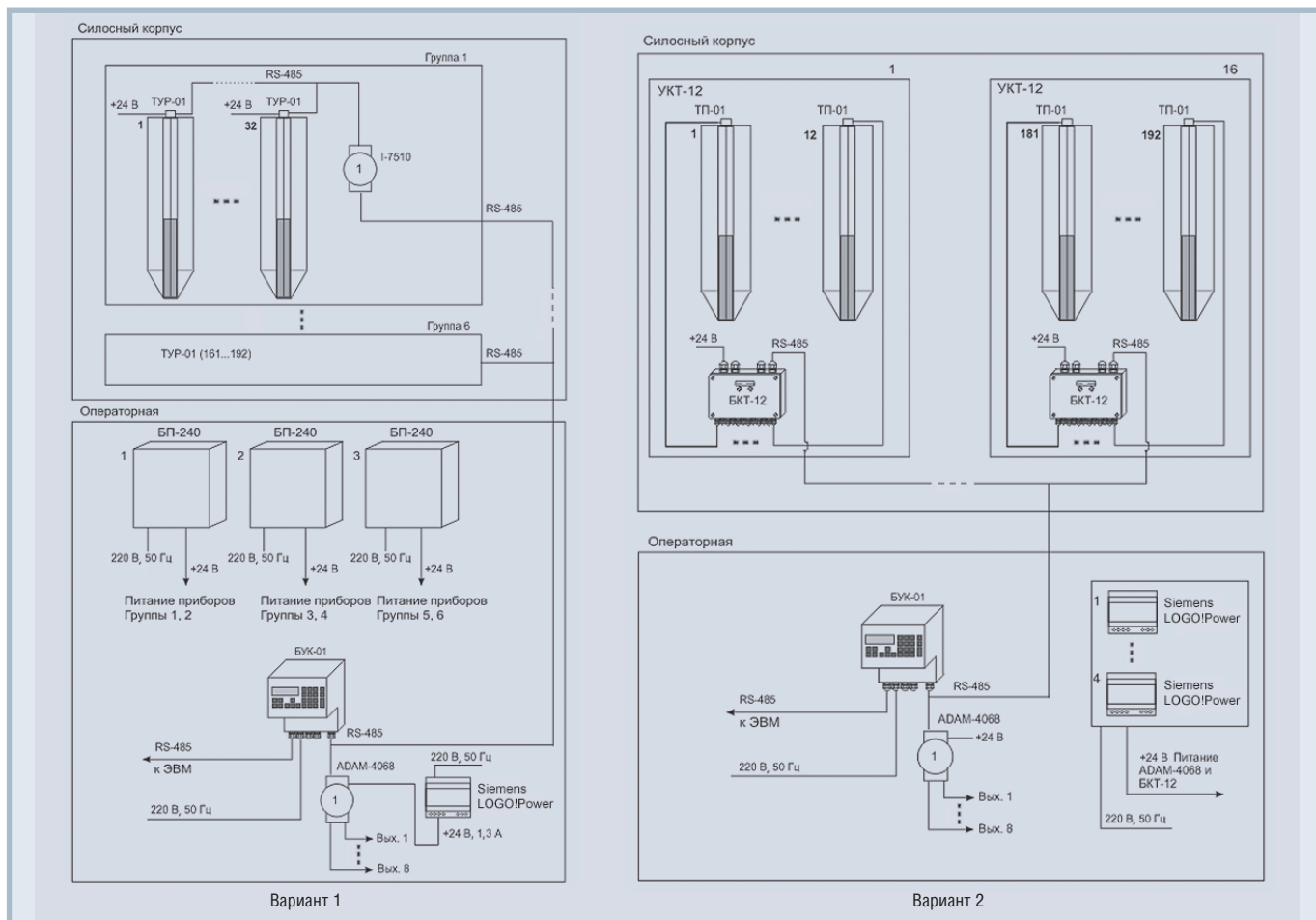


Рис. 3. Структурные схемы системы АСКТ-01

При меньшем количестве термоподвесок ТУР-01 (устройств контроля температуры УКТ-12) в системе конфигурация выбирается в соответствии с требованиями заказчика. В одной системе могут быть использованы одновременно термоподвески ТУР-01 и устройства контроля температуры УКТ-12. Количество датчиков температуры в термоподвесках ТУР-01 и ТП-01, их длина и количество в одном силосе определяются при заказе.

Термоподвески ТУР-01 и ТП-01 обеспечивают измерение температуры

продукта в 30 точках по всей высоте силоса с дискретностью 1 метр. Термоподвеска ТУР-01 обеспечивает также контроль уровня продукта. Диапазон измерения температуры от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, диапазон измерения уровня до 30 метров. Динамика изменения температуры отслеживается с погрешностью $\pm 1^{\circ}\text{C}$, а динамика изменения уровня – с погрешностью $\pm 1\%$. Конструктивно приборы ТУР-01 и ТП-01 состоят из механически и электрически объединённых электронного модуля и измерительного шлейфа. Измерительный шлейф представляет собой трубчатую оболочку из нержавеющей стали

12Х18Н10Т, внутри которой размещены датчики температуры с кодовым выходным сигналом, подключённые к электронному модулю. Такая конструкция уменьшает нагрузку, создаваемую термоподвеской на перекрытие силоса, что позволяет успешно использовать данные приборы в металлических силосах любого диаметра.

К вторичным приборам системы АСКТ-01 относятся блоки БУК-01 и БП-240, интерфейсные модули и модули релейной коммутации, а также блоки питания LOGO!Power. Блоки БУК-01 и БП-240 изготовлены из следующих комплектующих: БУК-01 использует корпус RCP-2500 (Bopla), модуль I-7188XA (ICP DAS), модуль

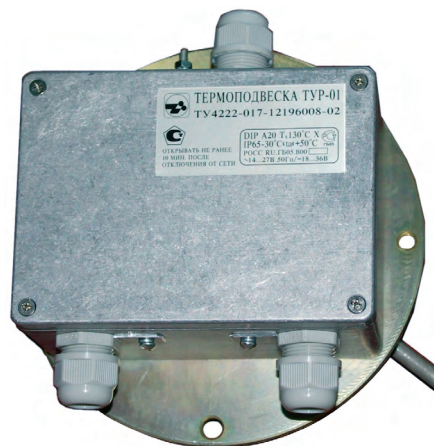


Рис. 4. Термоподвеска ТУР-01



Рис. 5. Внешний вид блока БКТ-12, входящего в состав устройства контроля температуры УКТ-12



Рис. 6. Внешний вид блока БУК-01



Рис. 7. Монтаж блока БП-240

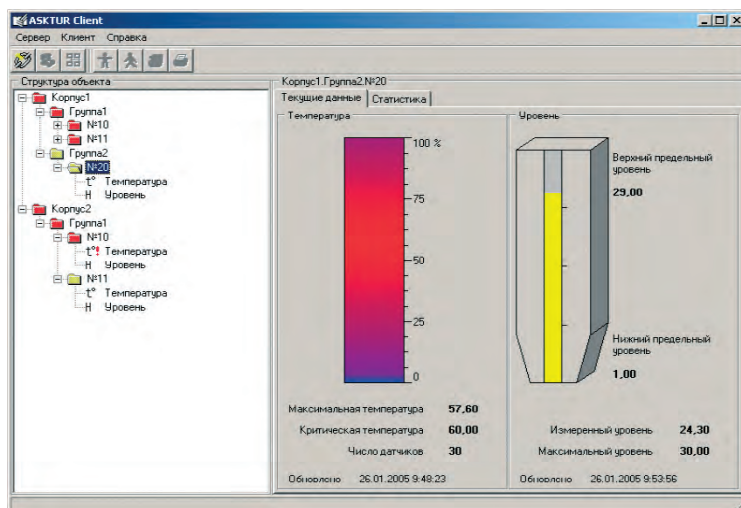


Рис. 8. Экран клиентского приложения «АСК ТУР»

индикации DK8072 (ИКОС), блок LOGO!Power 24 В (1,3 А); БП-240 (рис. 7) строится на базе шкафа CONCEPTLINE 400×400×220 мм (Schroff) с использованием блоков питания LOGO!Power 24 В (2,5 А). С учётом особенностей условий эксплуатации на элеваторах в корпусах приборов системы установлены герметичные кабельные вводы фирмы RST, обеспечивающие корпусам степень защиты не ниже IP54. Вторичные приборы прошли сертификацию вместе с термоподвесками в составе АСКТ-01 для применения на объектах хранения и переработки зерна.

Программное обеспечение

По заказу для системы АСКТ-01 поставляется программное обеспечение «АСК ТУР», которое обеспечивает отображение данных о температуре в силосах, архивирование данных, создание отчётов. Программное обеспечение поддерживает возможность отображения данных по 1024 термоподвескам. «АСК ТУР» содержит следующий набор программ: сервер опроса приборов, клиентское приложение, сервер базы данных MySQL.

Сервер опроса приборов осуществляет следующие функции:

- опрос блоков БУК-01 (до 5 шт.);
- сохранение в архиве данных о температуре и уровне продукта;
- ввод уставок по уровню и температуре для каждого силоса.

Клиентское приложение осуществляет следующие функции:

- отображение текущих и архивных значений температуры и уровня продукта;
- создание и печать отчётов на основе текущей и архивной информации.

Сервер базы данных MySQL осуществляет следующие функции:

- ввод, коррекция и хранение таблиц, содержащих параметры настройки системы, текущие и архивные значения температуры и уровня продукта;
- регистрация и проверка прав доступа пользователей к системе;
- получение информации от сервера опроса приборов;
- предоставление информации клиентским приложениям, установленным на различных компьютерах.

Программы сервера опроса приборов и клиентского приложения выполнены на языке Borland Delphi 6.

Главной особенностью системы АСКТ-01 является то, что она настраивается для каждого элеватора. При настройке вводятся названия силосов, осуществляется привязка к входам блоков БУК-01, вводятся геометрические размеры силосов. В системе предусмотрен ввод уставок по температуре и уровню, при включении которых осуществляется цветовая сигнализация; кроме этого, по заданным уставкам температуры производится отображение температуры в виде градиентной заливки, что обеспечивает наглядность представления информации оператору (рис. 8). Для конкретного заказчика могут быть дополнительно разработаны мнемосхемы с изображением силосов в том виде, который применяется на предприятии.

При необходимости заказчики могут использовать свои SCADA-системы для просмотра данных. В блоке БУК-01 для связи с ПЭВМ используется протокол Modbus RTU, который поддерживается большинством SCADA-систем. Система АСКТ-01 сертифицирована без программного обеспечения верхне-

го уровня, поэтому возможно для отображения данных на ПЭВМ применять любые программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

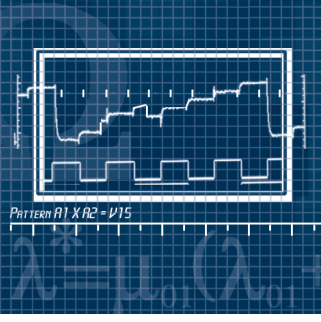
Цифровые системы контроля температуры, выполненные на основе представленной системы АСКТ-01 с разным количеством и типом термоподвесок, установлены на нескольких десятках предприятий, занимающихся хранением и переработкой зерна, в России и странах СНГ. Среди этих предприятий ОАО «Русская пивоваренная компания» (г. Рязань) — 69 термоподвесок ТУР-01, ООО «Орловский завод по производству солода» (Орловская обл.) — 288 термоподвесок ТУР-01, совхоз «Алексеевский» (Башкирия) — 30 термоподвесок ТП-01 и др. Системы монтируются как на железобетонных элеваторах, так и на металлических силосах различного диаметра.

Имея погрешность измерения температуры не хуже $\pm 1^\circ\text{C}$ и расстояние между датчиками температуры 1 метр, данные системы позволяют своевременно и точно определять очаги самосогревания зерна и тем самым предотвращать возможность возгорания зерновой смеси, которое может привести не только к порче продукции, но и к серьезным разрушениям. При этом стоимость восстановления оборудования и потерянной продукции может оказаться в десятки раз больше стоимости системы контроля температуры. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергунов В.С. Дистанционный контроль температуры зерна при хранении. — М.: Агропромиздат, 1987.

E-mail: VictorGusev@inbox.ru



Автоматизированная система для определения статических характеристик пневматических шин

Юрий Прокопенко, Виктор Роженцев, Владимир Мараховский, Александр Шаманин

В статье представлена построенная на базе промышленного компьютера автоматизированная система, предназначенная для определения статических характеристик пневматических шин с помощью технических средств управляемого ею стенда.

Введение

Безопасность движения многих видов наземного транспорта (автомобилей, тракторов, комбайнов, дорожно-строительных машин и др.) и самолётов в значительной степени определяется совершенством и прочностью применяемых в них пневматических шин, являющихся одним из основных элементов ходовой части. В процессе эксплуатации шины обеспечивают сцепление колёс с дорогой, передачу тяговых и тормозных сил, смягчение возникающих при движении толчков,

ударов и вибраций, плавность хода, управляемость и безопасность движения. Поэтому шины постоянно совершенствуются в направлении применения современных материалов, увеличения прочности корда и улучшения его связи с резиной, что, в свою очередь, способствует повышению стойкости шин к повреждениям, улучшению их тягово-сцепных свойств, снижению теплообразования и сопротивления шины качению и, как следствие, повышению безопасности эксплуатации транспортных средств.

В процессе производства шины подвергаются целому ряду лабораторных испытаний, в том числе статическим испытаниям, при проведении которых определяются геометрические параметры и весовые характеристики, деформация шины при её обжатии нормальной силой, реакция шины на воздействие крутящего и поворотного моментов и др., и динамическим испытаниям, целью которых является определение деформации шины и изменения её радиуса при качении колеса по беговому барабану, влияния разогрева шины на её характеристики и пр.

На стендах устаревшей конструкции, эксплуатируемых и сегодня на некоторых шинных заводах России, для создания радиальной нагрузки на испытываемую шину используется гидравлический привод, основным недостатком которого является низкая точность поддержания задаваемой нагрузки и скорости деформирования шины. Измерение геометрических размеров шины на таких стендах производится вручную с помощью стандартных средств измерения линейных размеров (линейка, рулетка, штангенциркуль и т.п.).

Современные стенды для создания радиальной нагрузки на шину используют силовой гидроцилиндр, управляемый сервоклапаном. Сервогидравлический следящий привод таких стендов, с одной стороны, обладает высокой точностью воспроизведения и поддержания заданного значения нагруз-



Рис. 1. Внешний вид стенда ИПШ-500

Таблица 1

Основные технические характеристики автоматизированной системы для определения статических характеристик пневматических шин

Допустимый диаметр испытываемых шин	От 300 до 1500 мм
Закон деформирования шины	Линейный
Диапазон скоростей деформирования шины	От 0,02 до 2 мм/с
Наибольшая воспроизводимая и измеряемая нагрузка	300 кН
Погрешность измерения нагрузки: • в диапазоне от 6 до 300 кН • в диапазоне от 0 до 6 кН	Не более $\pm 1\%$ от измеряемой величины Не более ± 60 Н
Погрешность измерения продольной, поперечной деформации и глубины продавливания шины: • в диапазоне от 1 до 50 мм • свыше 50 мм	Не более $\pm 0,5\%$ от измеряемой величины Не более $\pm 0,25$ мм
Погрешность поддержания скорости деформирования шины	Не более $\pm 3\%$ от заданной скорости

ки на шину, но с другой стороны, его отличают определённая сложность и значительная стоимость, жёсткие требования к чистоте рабочей жидкости и необходимость её охлаждения и, как следствие, высокие требования к квалификации обслуживающего персонала. Кроме того, стенды с гидравлическим или сервогидравлическим приводом имеют значительные габаритные размеры, определяемые наличием силового гидроцилиндра и насосной станции.

Всё перечисленное предопределило выбор способа нагружения испытываемой шины в пользу электромеханического привода, обеспечивающего требуемые технические характеристики стенда и свободного от проблем, связанных с использованием сервогидравлического привода.

В настоящей статье рассматриваются устройство и технические возможности автоматизированной системы, построенной на базе промышленного компьютера и предназначенной для определения техническими средствами стенда таких статических характеристик пневматических шин, как геометрические размеры, зависимость размеров шины от силы её обжатия и энергии разрушения шины при её продавливании специальным наконечником.

Рассматриваемая система была разработана в ОАО «СКБМ» (г. Армавир).

Далее в статье для краткости она называется системой управления и измерения.

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ И ЕЁ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Система управления и измерения должна обеспечивать:

- автоматическое перемещение (позиционирование) шин различных типоразмеров в зону измерения габаритных размеров (наружного диаметра шины и ширины профиля), продольной и поперечной деформации шины в режиме обжатия и величины проникания специального наконечника в шину в режиме продавливания;
- ввод параметров процесса испытания и параметров испытываемой шины;
- управление работой нагружающего устройства стенда;
- задание и отработку защит испытываемой шины и самого стенда;

- автоматизированное определение габаритных размеров шины при повороте её вокруг своей оси на 120° , 90° или 60° ;
- измерение продольной и поперечной деформации шины в режиме обжатия и регистрацию зависимостей «нагрузка — продольная деформация» и «нагрузка — поперечная деформация», в том числе при различных внутренних давлениях в шине;
- определение величины нагрузки в процессе продавливания шины в нескольких точках (по выбору) по периметру беговой дорожки и регистрацию зависимостей «нагрузка — глубина продавливания»;
- автоматическое определение энергии разрушения шины;
- накопление массивов измерительной информации;
- возможность передачи измерительной информации в формате, совместимом с форматом Microsoft Excel, для формирования средствами Excel протоколов испытаний;
- сохранение результатов испытаний и возможность просмотра файлов с результатами предыдущих испытаний;
- тестирование системы и проведение автоматизированной поверки каналов измерения с выдачей протоколов поверки.

Основные технические характеристики реализованной системы представлены в табл. 1.

Система управления и измерения обеспечивает вывод на экран монитора текущих значений нагрузки, деформации и скорости деформирования шины; автоматизированный подвод испытываемой шины к силовой плите и продавливающему наконечнику; автоматический останов нагружения при достижении заданной величины нагрузки или деформации шины; расчёт энергии разрушения шины; вывод на экран монитора диаграмм нагружения

в координатах «нагрузка — продольная деформация», «нагрузка — поперечная деформация» и «нагрузка — глубина продавливания»; вывод на экран монитора протокола испытаний; распечатку протокола испытаний и диаграмм нагружения; архивирование результатов испытаний.

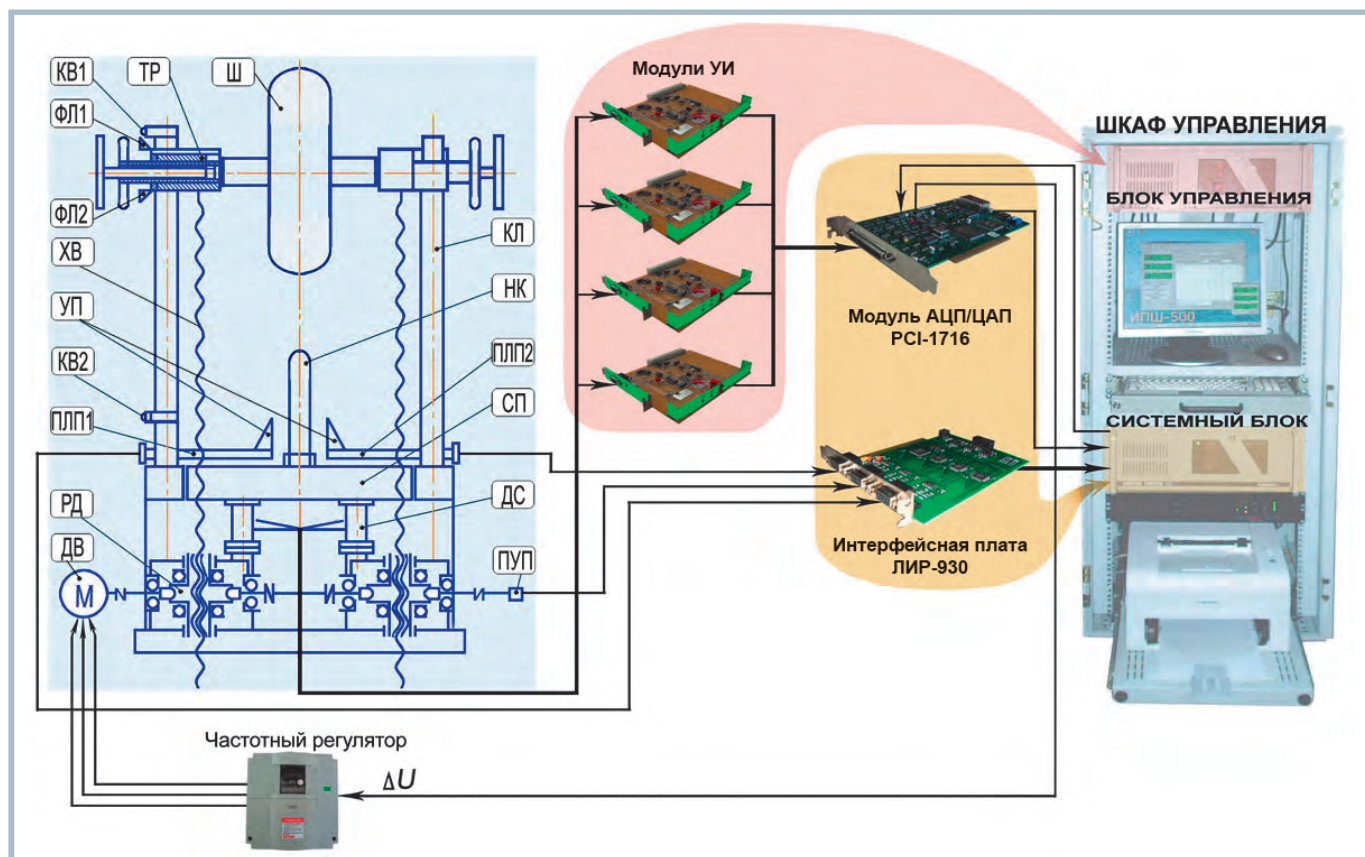
ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

Внешний вид применяемого стенда ИПШ-500 показан на рис. 1. Стенд оснащён электромеханическим асинхронным частотно-управляемым следящим приводом, посредством которого плавно регулируется угловая скорость двигателя и, соответственно, линейная скорость перемещения испытываемой шины, а также имеет оригинальную систему измерения характеристик шины [1].

Структурная схема стенда, на которой показаны состав аппаратуры системы управления, а также датчики, преобразователи, исполнительные устройства и функционально важные элементы конструкции, приведена на рис. 2.

Перед испытанием шины Ш преобразователи угловых и линейных перемещений (соответственно ПУП и ПЛП) обнуляются: преобразователь ПУП, расположенный на валу приводного двигателя ДВ, обнуляется в верхнем положении траверс ТР при замыкании контактов конечного выключателя КВ1 флажком ФЛ1, расположенным на одной из траверс. Преобразователи ПЛП1 и ПЛП2 обнуляются при сведении до соприкосновения упоров УП, расположенных на их корпусах.

Система управления стендом работает следующим образом. Компьютер формирует сигнал управления перемещением (деформированием) испытываемой шины. Сигнал обратной связи



Основные обозначения: ДВ — двигатель; РД — редуктор; ПЛП1 и ПЛП2 — первый и второй преобразователи линейных перемещений; КВ1 и КВ2 — первый и второй конечные выключатели; УП — упор; ХВ — ходовой винт; ФЛ1 и ФЛ2 — первый и второй флажки; ТР — траверса; Ш — шина; КЛ — колонна; НК — наконечник; СП — силовая плита; ДС — датчик силы; ПУП — преобразователь угловых перемещений; УИ — усилитель измерительный.

Рис. 2. Структурная схема стенда

по перемещению шины, который пропорционален величине перемещения шины от места, соответствующего обнулению преобразователя ПУП, поступает на интерфейсную плату ЛИР-930, а затем в системный блок компьютера. Сравнение сигналов задания и обратной связи осуществляется в компьютере в цифровом виде. Отклонение между реальным значением сигнала обратной связи и заданным значением управляющего сигнала преобразуется ЦАП многофункционального модуля PCI-1716 в сигнал рассогласования ΔU . В соответствии с величиной сигнала рассогласования ПИД-регулятор, входящий в состав частотного регулятора, формирует сигнал задания частоты. Под воздействием этого сигнала частотный регулятор изменяет частоту вращения приводного двигателя и стремится привести разницу между заданным и реальным значениями параметра управления к нулю. Крутящий момент, создаваемый приводным двигателем, через червячный редуктор РД вращает ходовые винты ХВ, которыми перемещаются траверсы ТР с закреплённой в них осью и расположен-

ной на ней шиной по гладким колоннам КЛ. Положение траверс, а значит и испытываемой шины, при известном шаге ходовых винтов однозначно определяется количеством оборотов вала приводного двигателя. При перемещении траверс испытываемая шина автоматически устанавливается в одно из положений: в случае определения геометрических размеров и при испытаниях на обжатие — до соприкосновения испытываемой шины с силовой плитой СП (при снятом наконечнике НК), а при испытаниях на продавливание — до соприкосновения с наконечником НК. При нагружении шины возникающая нагрузка измеряется датчиками силы ДС (их четыре). Сигналы этих датчиков после усиления усилителями модулей УИ преобразуются АЦП многофункционального модуля РС1-1716 и поступают в системный блок компьютера для измерения действующего значения нагрузки на шину, записи диаграмм деформирования шины и организации защит шины и стенда. Конечный выключатель KB2 срабатывает в крайнем нижнем положении траверс, при замыкании его контактов

флажком ФЛ2 отключается приводной двигатель.

Далее описывается, каким образом определяются статические характеристики шины.

Наружные диаметр и ширина шины определяются на ненагруженной шине, расположенной на силовой плите СП. Наружный диаметр шины вычисляется по формуле:

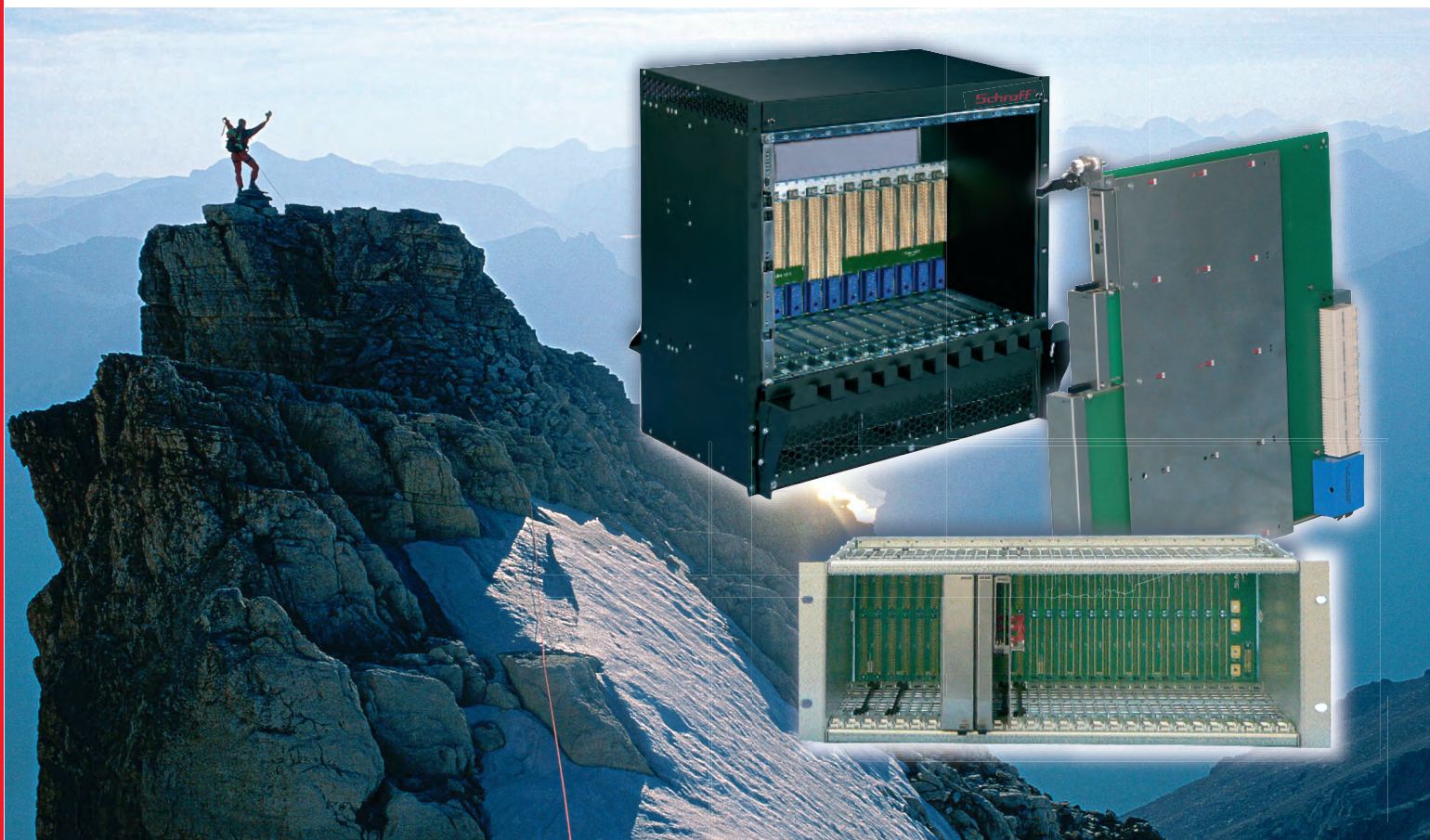
$$D = 2(L - l),$$

где L – расстояние от верхнего положения траверс (место, соответствующее обнулению преобразователя ПУП) до силовой плиты – конструктивно известная величина;

l – величина перемещения траверс с закреплённой на них шиной от своего верхнего положения до соприкосновения шины с силовой плитой.

Наружная ширина (ширина профиля) шины определяется при соприкосновении упоров УП с боковыми сторонами шины как сумма перемещений, измеренных преобразователями ПЛП1 и ПЛП2. Для обеспечения постоянного контакта упоров УП с шиной корпуса преобразователей ПЛП подпружинены.

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

ProSoft®

Официальный дистрибьютор в России и странах СНГ — компания ПРОСОФТ
МОСКВА Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640
E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Продольная деформация шины определяется в режиме обжатия шины монотонно возрастающей нагрузкой, создаваемой путём перемещения траверсы по колоннам. Датчиками силы измеряется воздействующая на шину нагрузка, а продольная деформация шины измеряется преобразователем ПУП как расстояние, пройденное траверсами от положения измерения наружного диаметра шины до их положения при номинальной нагрузке.

Поперечная деформация шины определяется одновременно с измерением продольной деформации шины как сумма перемещений, измеренных преобразователями ПЛП1 и ПЛП2.

Энергия разрушения шины определяется в режиме продавливания, для чего на силовую плиту устанавливается наконечник НК, который в процессе нагружения шины вдавливаются в ребро («шашку») рисунка протектора до разрушения шины или до упора наконечника в обод, на котором смонтирована шина. В момент разрушения шины регистрируется нагрузка, приложенная к шине, и глубина проникания наконечника в шину. Энергия разрушения вычисляется по формуле [2]:

$$W = \frac{P \cdot l}{2},$$

где P — нагрузка вдавливания в момент разрушения шины, измеренная датчиками силы;

l — глубина проникания наконечника, измеренная преобразователем ПУП.

Требуемая точность поддержания заданной скорости деформирования шины и её позиционирования обеспечивается использованием ПИД-алгоритма регулирования и цифрового контура регулирования параметра управления, а точность определения геометрических размеров шины и зависимости размеров шины от силы её обжатия — использованием высокоточных растровых преобразователей перемещения.

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Рассмотренная система управления и измерения статических характеристик пневматических шин представляет собой программно-аппаратный комплекс, осуществляющий сбор, обработку и накопление измерительной информации о физических параметрах испытываемых шин, а также управление исполнительными механизмами стенда. Комплекс построен на базе од-

ноплатного промышленного компьютера PCA-6184 производства фирмы Advantech, установленного в корпусе IPC-610 этой же фирмы. В данном корпусе также размещён многофункциональный модуль PCI-1716 (Advantech), который имеет 16-канальный АЦП, используемый для преобразования информации с каналов измерения нагрузки, и два ЦАП, используемых для формирования разностного сигнала управления электроприводом стенда.

Для измерения наружного диаметра, продольной деформации и определения энергии разрушения шины применён растровый преобразователь угловых перемещений ЛИР-158А (600 импульсов на один оборот вала), а для измерения наружной ширины и поперечной деформации шины — растровые преобразователи линейных перемещений ЛИР-7 (преобразуемое перемещение до 620 мм). Для согласования и обработки сигналов с растровых преобразователей используется интерфейсная плата ЛИР-930, имеющая три независимых канала измерения с четырёхкратной интерполяцией. Интерфейсная плата установлена в слот ISA промышленного компьютера.

Аналоговая часть системы включает в свой состав тензометрические датчики силы и их масштабирующие усилители, объединённые пассивной кросс-платой, на которой дополнительно установлены разъёмы внутренней шины и источники питания +5 В и ±15 В производства фирмы Interpoint. Кросс-плата размещена в корпусе IPC-610, в котором также расположена плата оптронных развязок МРВ-8 фирмы Octagon Systems с модулями ввода-вывода Opto-22 для гальванической изоляции силовой автоматики стенда и цифровых портов ввода-вывода компьютера.

В системе предусмотрена возможность измерения характеристик испытываемых шин при различных внутренних давлениях. Изменение давления в шине обеспечивается аппаратурой пользователя стенда.

Аппаратные средства системы размещены в шкафу PROLINE (1400×600×600 мм) производства фирмы Schroff.

Использование частотно-управляемого следящего привода для управления перемещением шины и её нагружением обеспечивает не только высокую точность позиционирования и поддержания скорости деформирова-

ния шины, но и пониженное энергопотребление стенда. Снижение потребляемой электроприводом стенда мощности является следствием его функционирования в следящем режиме, когда большую часть времени (подготовка к проведению испытания, работа на нагрузках, меньших номинальной) приводной двигатель работает с низкой скоростью вращения ротора [3]. Такой режим работы электропривода позволяет не только экономить электроэнергию, но и повысить ресурс самого двигателя и приводных механизмов.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение комплекса разработано в среде Borland C++ Builder и работает под управлением ОС Windows XP. Использование ОС Windows XP было продиктовано, с одной стороны, отсутствием особых требований к работе системы управления в реальном масштабе времени, а с другой стороны — применением стандартного, общеизвестного интерфейса, облегчающего обучение работе на стенде и не требующего специальной подготовки оператора.

Взаимодействие управляющей программы с аппаратной частью системы осуществляется с использованием драйверов в виде пакета библиотек динамической компоновки (DLL) фирмы Advantech. Для взаимодействия программы с растровыми преобразователями перемещения создан оригинальный драйвер, позволяющий осуществлять съём данных измерения и производить их предварительную обработку.

Драйвер использует функции библиотеки Windows API, поддерживающей драйверы режима ядра, которые позволяют читать, изменять и записывать таблицы карты разрешения ввода-вывода (IOPM). Свободное обращение к регистрам интерфейсной платы ЛИР-930 на уровне пользователя осуществляется после сброса соответствующих битов IOPM.

Программа управления работает параллельно по двум потокам: один управляет аппаратурой системы (поток управления аппаратурой), второй реализует интерфейс пользователя (основное приложение). Формирование временных соотношений и временная синхронизация потоков осуществляются с использованием функций генерации сигналов событий, оповещающих

ipc2U

СОВЕРШЕНСТВО В НАДЕЖНОСТИ

- **КРУПНЕЙШИЙ ПОСТАВЩИК
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АСУ ТП**
- **17 ЛЕТ НА РЫНКЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ
АВТОМАТИЗАЦИИ**
- **ГАРАНТИЙНЫЙ И ПОСЛЕГАРАНТИЙНЫЙ
РЕМОНТ ПРОДУКЦИИ**
- **ТЕХНИЧЕСКИЕ КОНСУЛЬТАЦИИ**



ПРОМЫШЛЕННЫЙ
ETHERNET



ПРОМЫШЛЕННЫЕ
КОНТРОЛЛЕРЫ



ПРОМЫШЛЕННЫЕ
СИСТЕМЫ



ВСТРАИВАЕМЫЕ
СИСТЕМЫ



ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ДИСПЛЕИ

www.ipc2U.ru

ipc2U

СОВЕРШЕНСТВО В НАДЕЖНОСТИ

IPC2U - зарегистрированная торговая марка ООО "АйПиСи2Ю"

г. Москва, Тел.: (495) 232-02-07, Факс: (495) 232-0327, E-mail: sales@ipc2u.ru

г. Санкт-Петербург, Тел.: (812) 271-56-02, Факс: (812) 271-56-06, E-mail: spb@ipc2u.ru

г. Екатеринбург, Тел.: (343) 381-56-26, Факс: (343) 381-56-27, E-mail: ekb@ipc2u.ru

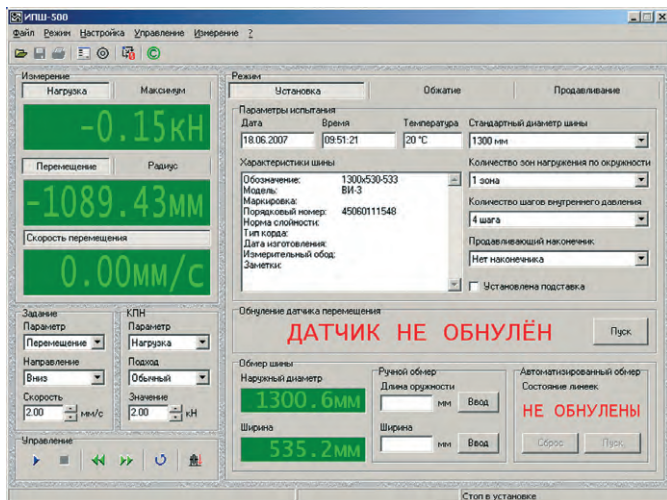


Рис. 3. Главное окно системы управления в режиме установки характеристик испытываемой шины и задания параметров испытания

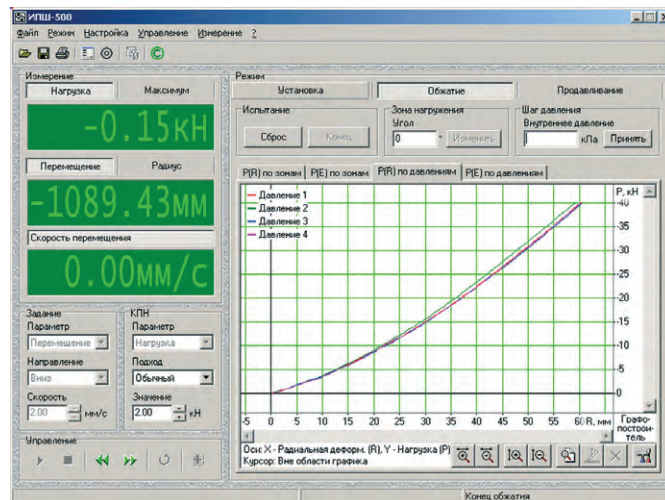


Рис. 4. Главное окно системы управления в режиме обжатия шины

приложение об изменении состояния АЦП, имеющихся в DLL-драйверах.

Поток управления аппаратурой производит:

- съём данных с каналов измерения;
- выдачу в ЦАП кодов разностных сигналов;
- контроль и выдачу исполнительных сигналов защит;
- фильтрацию и предварительную обработку измерительной информации;
- вычисление экстремальных значений и скоростей изменения основных параметров;
- накопление массивов измерительной информации.

Основное приложение осуществляет всю остальную работу, связанную с интерфейсом пользователя:

- создаёт экранные формы системы управления;
- отображает измерительную информацию;
- осуществляет построение графиков и диаграмм на программных графопостроителях;
- производит расчёт энергии разрушения шины;
- формирует протоколы испытания и осуществляет их печать;
- производит архивирование результатов испытаний;
- реализует автоматический процесс испытания шины.

Использование цифрового контура регулирования перемещения испытываемой шины и её деформирования потребовало переработки программного обеспечения, ориентированного на аналоговое регулирование параметра управления [4], когда сформированный компьютером сигнал задания по-

сле преобразования ЦАП суммируется с сигналом обратной связи. В описываемой системе компьютер формирует не сигнал задания регулируемого параметра, а непосредственно сигнал согласования в цифровом виде, вычисляемый из сигнала обратной связи и требуемого сигнала задания.

Дружественный и простой пользовательский интерфейс системы обеспечивает вывод на монитор информационно насыщенных и удобных для восприятия экранных форм, отражающих текущее состояние процесса испытания. Это значительно упрощает процесс управления стендом. Главное окно системы управления в установочном режиме и в режиме обжатия шины показано соответственно на рис. 3 и 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная система управления и измерения статических характеристик пневматических шин реализована на стенде ИПШ-500 в ОАО «ОМСКШИНА» и функционирует в составе этого стенда с ноября 2006 года.

Внедрение системы на стенде позволило:

- повысить производительность испытаний, снизить трудоёмкость и улучшить условия труда оператора за счёт автоматизации процесса испытаний и одновременного определения наружных диаметра и ширины испытываемой шины;
- повысить точность воспроизведения задаваемых режимов испытаний за счёт использования цифрового контура регулирования и электропривода, работающего в следящем режиме;
- снизить энергопотребление стенда в среднем на 40% за счёт использова-

ния асинхронного частотно-управляемого привода;

- повысить экономическую эффективность за счёт увеличения ресурса двигателя и приводных механизмов, увеличения межремонтного пробега и сокращения затрат на обслуживание и ремонт стенда в среднем на 30%;
- увеличить достоверность определения статических характеристик испытываемых шин за счёт использования высокоточных растровых преобразователей угловых и линейных перемещений;
- повысить отказоустойчивость стенда за счёт использования высоконадёжных изделий фирм Advantech и Octagon Systems и минимального количества применённых оригинальных аппаратных средств. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 63065 Российская Федерация. Стенд для определения статических характеристик пневматических шин / Рожнецов В.С., Мараховский В.И., Петров А.С. и др. ; опубл. 2007, Бюл. № 13.
2. ГОСТ 4754-97. Шины пневматические для легковых автомобилей, прицепов к ним, легких грузовых автомобилей и автобусов особо малой вместимости. Технические условия.
3. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. — М. : Академия, 2004. — 256 с.
4. Рожнецов В.С., Новиков А.В., Шаманин А.В. и др. Автоматизированная система для определения механических свойств материалов // Современные технологии автоматизации. 2007. № 2. С. 72-78.

E-mail: prokopenko777@mail.ru

Только в ПРОСОФТ:

- документация на русском языке
- драйверы для ОС QNX
- возможность военной приемки



БРОНЯ КРЕПКА ЗАЩИЩЕННЫЕ НОУТБУКИ MITAS



Реклама



A790 (расширяемый)

- Безвентиляторное исполнение
- Дисплей 12,1" или 14,1"
- Множество опций
- Степень защиты IP54
- Соответствие стандартам MIL-STD-810F и MIL-STD-461E



M230 (мобильный)

- Безвентиляторное исполнение
- Малая толщина
- Дисплей 14,1" или 15"
- Степень защиты IP54
- Соответствие стандартам MIL-STD-810F и MIL-STD-461E



V100 (трансформер)

- Ноутбук/планшетный ПК
- Безвентиляторное исполнение
- Дисплей 10,1" или 12,1"
- Встроенная камера
- Степень защиты IP54
- Соответствие стандартам MIL-STD-810F и MIL-STD-461E



P470 (помощник инженера)

- Повышенная производительность
- Малый вес
- Дисплей 14,1"
- Встроенная камера
- Степень защиты IP54
- Соответствие стандарту MIL-STD-810F

#171

PROSOFT®

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ
САМАРА
НОВОСИБИРСК
КИЕВ
УФА

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 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru



Регистрация данных рейса судна

Владимир Щербак

В статье рассказывается об упрощённом регистраторе данных рейса судна У-РДР (S-VDR). Подробно описана структура его аппаратной части. Представлены основные технические характеристики разработанного регистратора и входящих в его состав устройств.

Введение

В течение многих лет самолёты оснащаются аварийными регистраторами, позволяющими проводить детальное исследование причин лётных происшествий и, как следствие, повышать общую безопасность полётов. Рост тоннажа морских судов и объёмов перевозок, крупные катастрофы с пассажирскими судами в 80-е годы («Адмирал Нахимов», «Эстония», «Михаил Лермонтов» и т.д.) заставили обратить пристальное внимание на обеспечение безопасности мореплавания и на детальный анализ нештатных ситуаций на кораблях. Назрела необходимость использования на флоте приборов, аналогичных самолётным «чёрным ящикам», так как фиксация обстоятельств рейса в судовых (вахтенных) журналах не гарантировала их полноту и достоверность.

В 1974 году Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (SOLAS/СОЛАС) Международной морской организации (ИМО) признала важность установки на судах самописцев, аналогичных авиационным «чёрным ящикам». Это послужило началом длительного процесса выработки международных стандартов и требований к регистраторам.

В течение 90-х годов ИМО разработала требования к морскому регистратору, который записывал бы текущие параметры судна и позволял бы анализировать поведение экипажа в нештатных ситуациях.

В мае 1999 года ИМО приняла резолюцию А.861 (20) «Эксплуатационные требования к судовым приборам регистрации данных о рейсе», согласно которой все спущенные на воду пассажирские и грузовые суда с водоизмещением более

3000 тонн, а также все суда, построенные после 1 июля 2002 года, должны быть оборудованы регистраторами данных рейса РДР (VDR).

В августе 2000 года была опубликована спецификация стандарта МЭК 61996 «Судовой регистратор данных рейса. Требования к рабочим характеристикам. Методы и требуемые результаты испытаний», в которой описан процесс сбора и хранения информации. Согласно стандарту регистратор данных рейса РДР является судовой системой регистрации параметров движения судна и предназначен для накопления и сохранения в защищённом накопителе информации, касающейся местоположения, движения, окружающей обстановки и команд управления судном. Была определена архитектура РДР, включающая два основных блока:

- блок управления данными, выполняющий роль интерфейса судовых устройств и обеспечивающий сбор данных и предварительную запись поступающей информации;
- ударопрочный бортовой регистратор, который за счёт использования защитной капсулы обеспечивает живучесть и восстанавливаемость конечного носителя информации.

Блок управления данными предназначен для установки в относительно благоприятных условиях на мостике, а бортовой регистратор — для наружной установки на палубе мостика или на надстройке. Основной функцией бортового регистратора является сохранение информации, собранной с помощью блока управления данными за последние 12 часов, предшествующих инциденту. Эта информация может быть использована при проведении расследования с целью

определения причин морского инцидента. Главным элементом конструкции регистратора является защитная капсула, требования к живучести которой очень жёсткие. Она должна гарантировать сохранность записанных данных после воздействия факторов удара, пожара, глубоководного давления и погружения.

В принятой в декабре 2000 года новой редакции главы V «Безопасность мореплавания» Конвенции СОЛАС-74 РДР включён в разряд обязательного навигационного оборудования.

На состоявшейся в конце 2004 года 79-й сессии Комитета по безопасности мореплавания (КБМ) были приняты поправки к Правилу 29 Главы V (V/20) Конвенции СОЛАС — «Регистраторы данных рейса», касающиеся оснащения грузовых судов, находящихся в эксплуатации, упрощёнными регистраторами данных о рейсе У-РДР (S-VDR). Поправки вступили в силу с 1 июля 2006 года. В соответствии с ними все грузовые суда, находящиеся в эксплуатации, должны быть оснащены регистратором данных о рейсе. Для выполнения этого требования определены разные сроки в зависимости от валовой вместимости судов, однако эта работа должна быть полностью завершена до 1 июля 2010 года (табл. 1).

Требования к У-РДР разрабатывались с учётом необходимости минимизации их стоимости, принимая во внимание трудности, связанные с их установкой на существующие суда.

Оснащение судов У-РДР: сроки, проблемы, пути решения

Стандартный У-РДР в большинстве случаев аналогичен обычной системе

РДР. Согласно Резолюции ИМО MSC.163(78) У-РДР фиксирует следующие основные параметры:

- дата и время;
- местоположение судна;
- скорость относительно грунта/воды;
- курс;
- переговоры на мостике;
- радиопереговоры на УКВ;
- данные РЛС (изображение на мониторе РЛС);
- информация автоматической идентификационной системы (АИС).

Учитывая то, что в проектах У-РДР используется минимум входных данных, стоимость их установки будет гораздо ниже стоимости установки полной версии РДР. Если учесть, что данный рынок не мал (в части судов, отличных от пассажирских, требования по оснащению РДР прежде распространялись только на суда, построенные с 1 июля 2002 года и позже), то в результате получается, что большое количество этих систем должно быть установлено и запущено за сравнительно короткий промежуток времени — 3-5 лет.

Первые установки У-РДР на суда в свете окончательного принятия требований к регистраторам начались в 2006 году. Учитывая специфику нашего рынка, а также финансовое положение судоходных компаний, можно предположить, что большая часть судов будет оснащаться регистраторами в конце отведённого срока, а это может привести к нехватке в нужный момент оборудования и сервисных инженеров для его установки.

Требования к срокам оснащения судов упрощёнными регистраторами данных рейса, к обеспечению этого оборудования электропитанием, а также эксплуатационно-технические требования к У-РДР включены в Бюллетень изменений и дополнений к Правилам по оборудованию морских судов, который был издан и вступил в силу с 1 октября 2006 года. В целях своевременного выполнения требований уже упоминав-

шихся поправок к Конвенции СОЛАС Главным управлением Российского морского регистра судоходства совместно с ФГУП «Морсвязьспутник» велась активная работа по типовому одобрению У-РДР в соответствии с положениями, изложенными в Резолюции ИМО MSC.163(78) и стандарте Международной электротехнической комиссии МЭК 61996-2 “Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR). Performance requirements — Methods of testing and required test results”. Как результат этой работы можно отметить то, что по состоянию на 1 марта 2007 года типовое одобрение Морской Администрации Российской Федерации получили 15 типов упрощённых регистраторов данных рейса, выпускаемых 11 различными фирмами. Эти типы регистраторов имеют Свидетельства Регистра о типовом одобрении и могут устанавливаться на иностранные суда, находящиеся под техническим наблюдением Российского морского регистра судоходства. Однако среди одобренных У-РДР нет ни одного российского образца.

Безусловно, дооборудование упрощёнными регистраторами данных рейса судов, которые находятся в эксплуатации, — это довольно серьёзное мероприятие, которое необходимо провести таким образом, чтобы совместить установку нового оборудования с производственной деятельностью судна, и если не исключить полностью, то, по крайней мере, минимизировать простой судна. Оптимальный вариант решения этой проблемы видится в проведении работ по установке У-РДР в период плановой постановки судна в сухой док, что предусмотрено и требованиями поправок к Конвенции. Однако чтобы обеспечить своевременную установку нового оборудования, судовладельцем (оператором судна) до докования должна быть проведена серьёзная подготовительная работа (заказано и доставлено оборудование, включая необходимые дополни-

тельные комплектующие, разработан и одобрен технический проект установки, определены сроки и условия работы признанного Регистром предприятия, занимающегося непосредственно установкой, подключением и сдачей оборудования в эксплуатацию). Кроме того, дооснащение находящегося в эксплуатации судна — это всегда технические трудности, связанные с

- прокладкой дополнительных кабельных трасс (и для обеспечения электропитания, и для подключения к датчикам информации);
- размещением блоков;
- подключением к щитам электропитания с учётом уже имеющихся потребителей и необходимости обеспечения защиты от перегрузок (предохранители, автоматические выключатели на линиях, отходящих к новому оборудованию).

На ОАО «НПО „Прибор”» создан упрощённый регистратор У-РДР, предназначенный для накопления и надёжного сохранения информации, касающейся местоположения, движения, физического состояния, окружающей обстановки и команд управления судном в течение периода времени, предшествовавшего инциденту и после него. Этот У-РДР соответствует Резолюции ИМО MSC.163(78), стандартам МЭК 61996, МЭК 60945 и Правилам по оборудованию судов Российского морского регистра судоходства. Начавшиеся стендовые испытания аппаратуры с окончанием в декабре 2007 года при участии представителя Российского морского регистра судоходства с последующим оформлением Актов освидетельствования и Свидетельств об одобрении Регистра и Морской администрации РФ являются первой попыткой сертификации У-РДР отечественной разработки в нашей стране.

СОСТАВ РАЗРАБОТАННОГО У-РДР

В состав разработанного У-РДР входят (рис. 1):

- устройство сбора и преобразования параметрической, радиолокационной и речевой информации БСПИ-МС-1 с источником бесперебойного питания и батареями;
- защищённый накопитель информации ЗН-МС-1;
- пульт управления и индикации ПуИ-1;
- блок микрофонный БМи-1.

БСПИ-МС-1 обеспечивает сбор информации от внешнего оборудования,

Таблица 1

Требования по оснащению регистраторами РДР и У-РДР судов в зависимости от их типа, грузоподъёмности и года постройки

Типы судов	Новые суда, построенные после 1 июля 2002 года	Существующие суда, построенные до 1 июля 2002 года
Пассажирские	РДР	РДР
Пассажирские паромы	РДР	РДР
Грузовые суда грузоподъёмностью более 20000 тонн	РДР	У-РДР при первом доковании после 1 июля 2006 года, но не позднее 1 июля 2009 года
Грузовые суда грузоподъёмностью от 3000 до 20000 тонн	РДР	У-РДР при первом доковании после 1 июля 2007 года, но не позднее 1 июля 2010 года

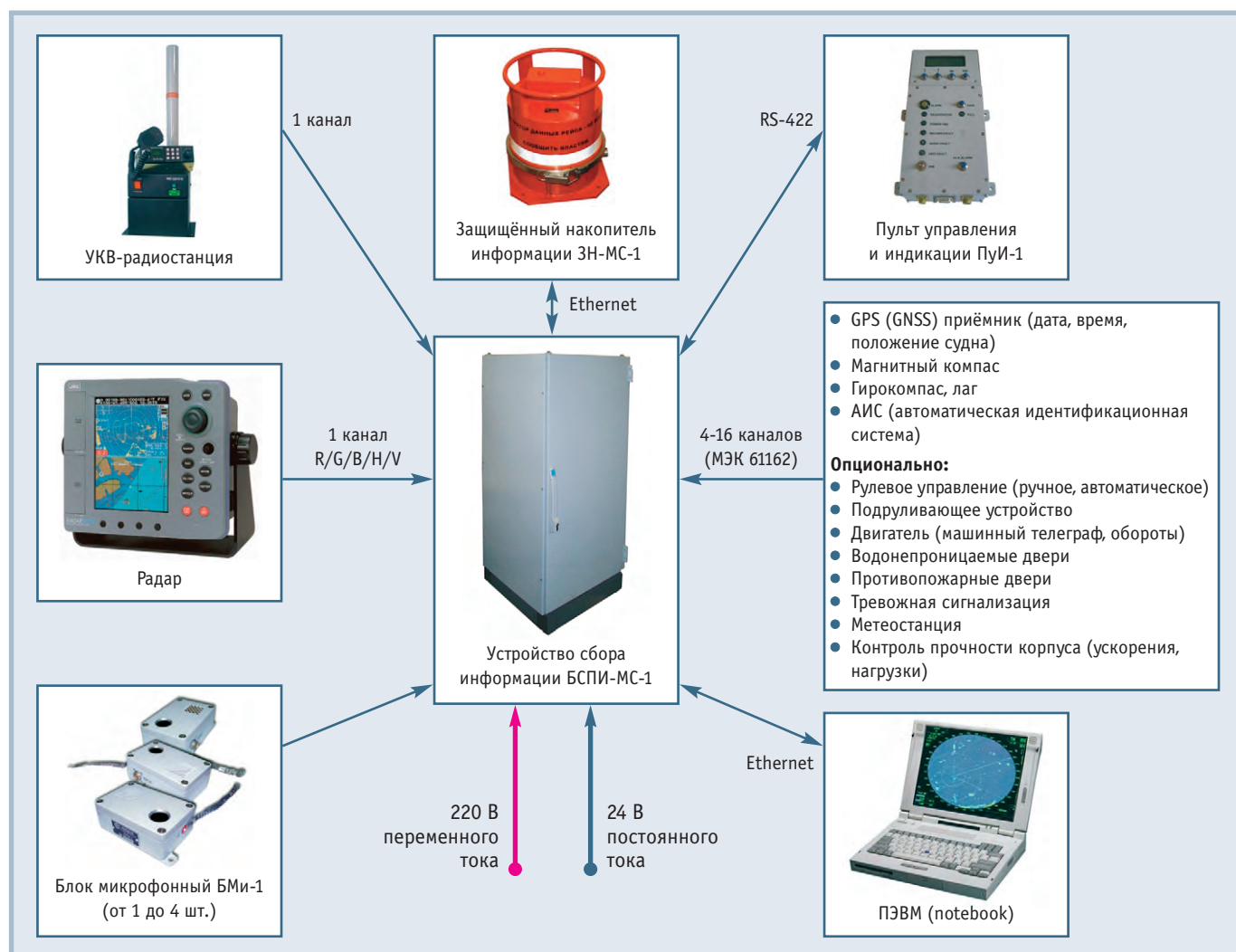


Рис. 1. Состав У-РДР

преобразование, временную синхронизацию и подготовку для передачи данных в защищённый накопитель информации ЗН-МС-1. БСПИ-МС-1 транслирует в ЗН-МС-1 и записывает все поступающие данные. Устройство БСПИ-МС-1 пассивно по отношению к подключённым к нему системам и датчикам. В состав БСПИ-МС-1 входит устройство бесперебойного питания, которое подключается к основному судовому источнику электроснабжения с напряжением 220 В переменного тока (50 Гц) и к аварийному судовому источнику с напряжением 18-36 В постоянного тока. При полном обесточивании судна это устройство обеспечивает подачу электропитания в систему в течение 2 часов. В основном режиме устройство бесперебойного питания выполняет функции фильтра-стабилизатора, компенсируя отклонения напряжения и частоты судового источника питания.

Регистратор постоянно хранит информацию за последние 12 часов, стирая устаревшие данные и заменяя их обновленными. При необходимости (на

момент аварии судна) по сигналу SAVE от ПуИ-1 на легкосъёмном накопителе устройства БСПИ-МС-1 создаётся копия данных, накопившихся в ЗН-МС-1 за последние 12 часов работы У-РДР. Имеется возможность сохранять не менее трёх независимых (полученных в разное время при разных обстоятельствах) копий 12-часовых наборов данных. В каждой из этих независимых копий сохраняется свой набор данных за период, предшествующий появлению соответствующей команды от ПуИ-1. При заполнении легкосъёмного накопителя устройства БСПИ-МС-1 выдаёт информацию на ПуИ-1, где включается индикатор «FULL».

ЗН-МС-1 является универсальным защищённым накопителем. Его конструкция отвечает условиям установки на открытой верхней палубе судна и имеет элементы для обеспечения подъёма с затонувшего судна вручную или при помощи подводных аппаратов. ЗН-МС-1 обеспечивает накопление данных с последующим стиранием более старой информации (запись информации производится в «кольцо»). После отключения питания накопленная информация со-

храняется в условиях, соответствующих эксплуатационным, не менее двух лет. Для определения местонахождения накопителя в случае затопления судна ЗН-МС-1 оборудован подводным гидроакустическим маяком типа DK480, соответствующим стандарту SAE AS 8045 и работающим в частотном диапазоне $37,5 \pm 1$ кГц. Время работы гидроакустического маяка — не менее 30 суток с момента затопления судна. В соответ-



Рис. 2. ЗН-МС-1 после высокотемпературного пожара

ствии со стандартом МЭК 61996 должна быть обеспечена сохранность информации, записанной на заключённом в защитную капсулу твердотельном накопителе, при следующих внешних условиях:

- ударной нагрузке с ускорением 50g;
- низкотемпературном пожаре (260°C в течение 10 часов);
- высокотемпературном пожаре (1100°C в течение одного часа);
- глубоководном погружении (6000 м).

В настоящее время ЗН-МС-1 успешно прошёл стендовые испытания (рис. 2 и 3) на сохранность записанных данных в соответствии с требованиями п. 5.4 МЭК 61996 и требованиями ED 56A (нормальные условия, выживание после инцидента, повлекшего ударное воздействие, пожар, действие глубоководного давления и погружение).

Пульт управления и индикации ПуИ-1 предназначен для отображения информации о состоянии У-РДР и формирования команды сохранения информации в легкоосъёмном накопителе БСПИ-МС-1. Связь ПуИ-1 с БСПИ-МС-1 осуществляется посредством канала передачи цифровой информации в виде последовательного кода по стандарту RS-422.

Блок микрофонный БМи-1, применяемый для записи переговоров на мостике, выполнен в соответствии с требованиями стандарта МЭК 61996. У-РДР осуществляет тестирование БМи-1 каждые 12 часов. При отрицательном результате тестирования БСПИ-МС-1 выдаёт информацию об отказе микрофонного тракта, которая сопровождается включением индикаторов и тревожным сигналом на ПуИ-1, а также фиксируется на накопителе информации ЗН-МС-1.



Рис. 3. Модуль флэш-памяти ЗН-МС-1, извлечённый из защитной капсулы после высокотемпературного пожара (модуль флэш-памяти сохранил работоспособность после этих испытаний)

Основные характеристики БСПИ-МС-1

БСПИ-МС-1 обеспечивает приём следующей информации:

- цифровой информации, поступающей от судовых навигационных устройств (координаты, дата и время UTC), в виде последовательного кода по стандарту МЭК 61162-1 по трём каналам со скоростью передачи данных 4800 бит/с;
- цифровой информации от системы АИС в виде последовательного кода (стандарт МЭК 61162-2) по одному каналу со скоростью передачи данных 38400 бит/с (опционально количество регистрируемых цифровых каналов может быть увеличено до 16);
- информации, содержащей полное изображение экрана РЛС в соответствии со спецификацией VESA DMTS для экранов с разрешением от 640×350 до 1280×1024 и частотой кадров 60-85 Гц (цикл опроса — 15 с, количество входов — один, вид сигнала — RGB, разрядность по каждому цвету — 8 бит);
- речевой информации, поступающей
 - от одного микрофона, входящего в состав У-РДР и установленного на мостике, в полосе частот от 150 до 6000 Гц;
 - от одной УКВ-радиостанции в соответствии со стандартом МЭК 61097-7 (при этом предусмотрены отдельные входы для сигналов, передаваемых и принимаемых УКВ-станцией с микшированием в БСПИ-МС-1, и вход для микшированного сигнала УКВ-станций с объединённым выходом, частотная полоса входного по отношению к БСПИ-МС-1 сигнала — от 150 до 3500 Гц).

Возможность расширения количества и типов информационных входов обеспечивается путём внешнего подключения устройства преобразования аналоговой и дискретной информации или введения в БСПИ-МС-1 плат расширения, для чего в БСПИ-МС-1 имеется четыре свободных слота.

БСПИ-МС-1 обеспечивает постоянный мониторинг состояния У-РДР. При этом в соответствии с п. 4.4.3 стандарта МЭК 61996 мониторинг охватывает:

- наличие внешнего напряжения питания;
- факт регистрации данных;
- допустимый уровень ошибок в битах (1 бит на 10^8 бит);
- функционирование микрофонов (периодический контроль).

Информационный обмен между БСПИ-МС-1 и ЗН-МС-1 осуществляется по шине Ethernet 100Base-T с использованием протокола TCP/IP. При проведении пусконаладочных и/или регламентных работ для обмена информацией с У-РДР (запись служебной и съём регистрируемой информации) используется контрольно-проверочная аппаратура (КПА), представленная ПЭВМ типа notebook (рис. 4) с обязательным портом Ethernet и установленным специальным программным обеспечением (программа КПА). Подключение КПА к У-РДР осуществляется через сетевой концентратор устройства БСПИ-МС-1 по технологии Ethernet 100Base-TX. Для начала работы после подключения КПА передаёт в БСПИ-МС-1 своё имя и пароль. Если имя и пароль достоверны, У-РДР переходит в режим работы с КПА. С помощью КПА можно выполнять следующие действия (используемые здесь понятия «массив» и «кольцо» более подробно пояснены в начале следующего раздела):

- ввод массива данных идентификации в У-РДР;
- полная замена данных, имевшихся в массиве данных идентификации У-РДР;
- чтение массива данных идентификации У-РДР;
- чтение массива служебной информации с ЗН-МС-1;
- очистка массива служебной информации на ЗН-МС-1;
- чтение зарегистрированных данных с ЗН-МС-1 в полном объёме или с выборкой из «кольца» определённого участка записи;
- определение количества копий содержимого ЗН-МС-1 на БСПИ-МС-1 (это соответствует количеству нажатий кнопки SAVE на ПуИ-1) и их длины;
- чтение данных с заданной копии содержимого ЗН-МС-1 на БСПИ-МС-1;
- полная очистка легкоосъёмного накопителя БСПИ-МС-1;
- изменение паролей доступа БСПИ-МС-1 и/или ЗН-МС-1;
- корректное завершение сеанса работы с КПА с переходом ЗН-МС-1 в ра-

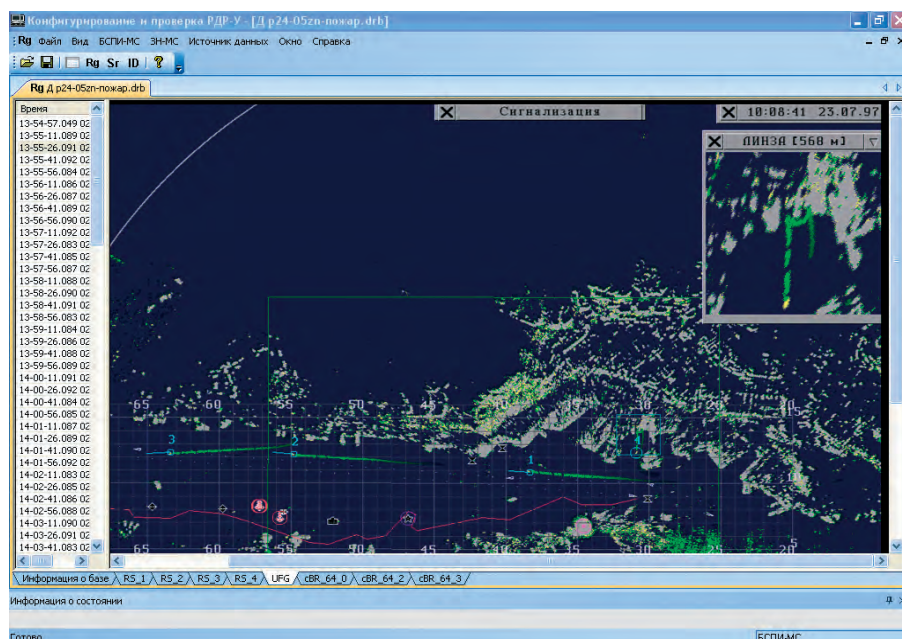


Рис. 4. Вид экрана КПА при считывании данных регистрации

бочий режим регистрации информации.

На КПА осуществляется вывод следующей информации:

- данных идентификации в том виде, в котором они были введены для регистрации;
- служебной информации в алфавитно-цифровом виде, раскрывающем смысл служебного сообщения;
- цифровых каналов по МЭК 61162;
- информации от радиолокационной станции;
- звуковой информации (от БМи-1 и от УКВ-станции).

Вся выведенная информация сопровождается указанием зарегистрированного времени.

ОПИСАНИЕ ЗАЩИЩЕННОГО НАКОПИТЕЛЯ ИНФОРМАЦИИ ЗН-МС-1

Общие характеристики

Объём памяти ЗН-МС-1 составляет 4 Гбайт. Весь объём памяти может быть разбит на отдельные зоны (от 1 до 8) произвольной длины со статусом записи «массив» или «кольцо». Зона со статусом записи «массив», как правило, используется для хранения разного рода идентификационных данных и предполагает одновременную запись в неё определённого структурированного набора информации, который в последующем не обновляется и используется только в режиме считывания. При записи нового массива предыдущая информация автоматически стирается. Зоны со статусом записи «кольцо» являются

основными зонами регистрации данных рейса и предполагают непрерывную, не ограниченную во времени запись поступающей информации, причём по заполнении всего объёма такой зоны дальнейшая запись осуществляется «поверх» самой старой записи с предварительным её стиранием.

ЗН-МС-1 обеспечивает приём и регистрацию следующей информации:

- набор данных идентификации (ДИ), который постоянно остаётся на носителе ЗН-МС-1 всё время эксплуатации и защищён паролем от внесения изменений со стороны кого-либо, кроме уполномоченного лица; массив ДИ регистрируется (записывается) при пусконаладочных или регламентных работах;
- набор служебной информации, который формируется по мере поступления служебной информации от БСПИ-МС-1 во время штатной работы У-РДР (данные о факте и времени попыток несанкционированного вмешательства в работу У-РДР, данные о факте и времени создания копии данных на жёстком диске БСПИ-МС-1 и т.д.);
- набор данных рейса, который должен формироваться по мере поступления данных от БСПИ-МС-1 в режиме «кольцо» и обеспечивать накопление информации за последние 12 часов; данные рейса поступают на ЗН-МС-1 в виде информационных кадров и регистрируются в порядке поступления, объём памяти для регистрации данных рейса составляет 3,5 Гбайт.

Первый из перечисленных наборов данных имеет статус «массив», два дру-

гих — статус «кольцо». После полного или частичного считывания данные любого из этих трёх наборов представляются в виде файла, с которым можно работать как стандартными средствами операционной системы, так и с помощью специальных технологических программ.

Потери (искажения) регистрируемой ЗН-МС-1 информации не превышают 1 бит на 10^8 бит. ЗН-МС-1 осуществляет постоянный контроль количества сбоя и при превышении допустимого уровня выдаёт сообщение на БСПИ-МС-1. Также накопитель осуществляет автоматический встроенный контроль работоспособности с выдачей сигнала «Отказ» в БСПИ-МС-1 при определении неисправности. ЗН-МС-1 обеспечивает чтение любого набора зарегистрированной информации при поступлении команды от БСПИ-МС-1 или от внешнего компьютера (КПА) и передачу его к БСПИ-МС-1 или к внешнему компьютеру. При этом обеспечивается защита от несанкционированного доступа к записанным данным.

Структура накопителя

Функционально ЗН-МС-1 состоит из трёх узлов (рис. 5):

- модуля центрального процессора CML27686HX формата PC/104-Plus, содержащего встраиваемую флэш-память DiskOnChip 2000 фирмы SanDisk объёмом 256 Мбайт с установленной рабочей программой блока ЗН-МС-1;
- модуля интерфейсного, обеспечивающего сопряжение модуля центрального процессора с защищённым модулем памяти ЗМП1-2;
- защищённого модуля памяти ЗМП1-2 (8 микросхем флэш-памяти ёмкостью 256М 16-разрядных слов каждая), обеспечивающего хранение поступающей в ЗН-МС-1 информации, а также запись/считывание информации по командам от модуля центрального процессора.

В качестве операционной системы используется Windows XP Embedded (аналогичная операционная система установлена в БСПИ-МС-1).

Установленный в ЗН-МС-1 модуль центрального процессора CML27686HX PC/104-Plus фирмы RTD Embedded Technologies, Inc. работает в расширенном температурном диапазоне ($-40...+85^{\circ}\text{C}$) и содержит:

- микропроцессор Geode GX1 MMX с тактовой частотой 300 МГц;
- ОЗУ ёмкостью 128 Мбайт;

- SSD-разъём для установки внешнего запоминающего устройства (в качестве внешнего запоминающего устройства используется флэш-диск DiskOnChip 2000);
- порт Ethernet 10/100Base-T/TX;
- два порта USB 1.0;
- два последовательных конфигурируемых порта RS-232/422/485;
- 16-битовый программируемый цифровой порт ввода/вывода;
- 8-битовый программируемый цифровой порт ввода/вывода;
- стандартный порт клавиатуры;
- порт PS/2 манипулятора «мышь»;
- порт выхода на стандартный динамик;
- часы реального времени;
- сторожевой таймер.

Модуль обладает достаточным быстродействием, большим объёмом встроенной и внешней памяти (что, кстати, позволяет в качестве операционной системы использовать Windows XP Embedded), развитой периферией и обеспечивает:

- приём/выдачу информации по шине Ethernet 100Base-TX (протокол TCP/IP);
- обработку принятой информации;
- выдачу команд на запись информации в защищённый модуль памяти ЗМП1-2;
- выдачу команд на считывание информации из защищённого модуля памяти ЗМП1-2;
- организацию самоконтроля работоспособности ЗН-МС-1 с выдачей соответствующих сообщений при отказе блока.

Используемые технические и программные средства

Программное обеспечение ЗН-МС-1 разрабатывалось на языке C++ (Microsoft Visual Studio 6.0).

В процессе разработки и отладки рабочих программ использовались такие средства фирмы RTD Embedded Technologies, Inc., как платформа для разработки систем PC/104-Plus «PCI-ISA104D» и модуль CM112 «Super VGA + Flat Panel utilityModule» для сопряжения модуля центрального процессора с дисплеем. Данные средства облегчили разработку и отладку программного обеспечения ЗН-МС-1, а также обеспечили простое и удобное подключение к процессорному модулю периферийных устройств: клавиатуры, манипулятора «мышь», дисплея, накопителя на гибких дисках, накопителя на жёстких дисках.

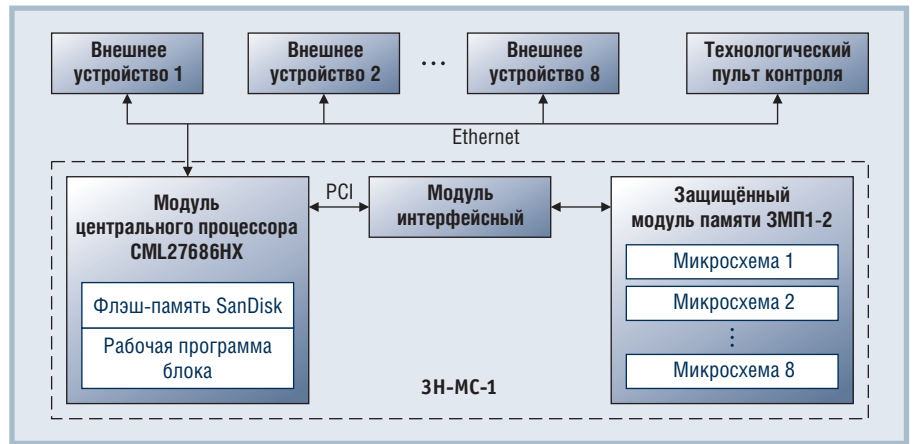


Рис. 5. Структурная схема защищённого накопителя информации ЗН-МС-1

Описание функционирования

Рабочая программа блока ЗН-МС-1 загружается во встраиваемую флэш-память SanDisk при изготовлении блока и осуществляет управление его работой. Для определения организуемых зон памяти в защищённом модуле памяти и совокупности внешних устройств, подключённых к ЗН-МС-1, при изготовлении блока в системную область ЗМП1-2 записываются файл конфигурации зон памяти ЗМП1-2 и файл описания конфигурации внешних устройств ЗН-МС-1. Данные файлы создаются с помощью технологического программного обеспечения (программы технологического пульта контроля блока ЗН-МС-1) для конкретной конфигурации системы регистрации. Эти файлы не требуют обновления и сохраняются в течение всего времени эксплуатации блока.

ЗН-МС-1 может быть подключён к КПА автономно или одновременно с БСПИ-МС-1 (для этого в локальной сети Ethernet предусмотрен управляемый коммутатор, который конструктивно входит в состав устройства БСПИ-МС-1). В любом случае КПА начинает работу с передачи имени и пароля. Если имя и пароль достоверны, то ЗН-МС-1, не прекращая регистрации, переходит в режим работы с КПА. Между КПА и ЗН-МС-1 устанавливается соединение по одному из портов TCP/IP.

ЗН-МС-1 принимает от КПА следующие команды:

- на запись ДИ (в сопровождении собственно ДИ);
- на чтение ДИ;
- на изменение имени и/или пароля доступа ЗН-МС-1 (в сопровождении нового имени и пароля);
- на чтение массива служебной информации;
- на очистку массива служебной информации;

- на чтение измерительных данных с выборкой из «кольца» определённого количества кадров, начиная с заданного адреса (в сопровождении значений начального и конечного адресов выборки);
- на чтение измерительных данных в полном объёме, начиная с наименьшего адреса (с начала «кольца»).

Дальнейшая модернизация

Использование в качестве модуля центрального процессора CML27686HX PC/104-Plus с большим объёмом флэш-памяти позволяет в дальнейшем разработать целый ряд модификаций блока ЗН-МС-1, осуществляющих:

- обмен с источником информации по шине USB;
- приём/выдачу дискретных сигналов с помощью трёх восьмибитовых программируемых цифровых портов ввода/вывода (TTL-логика).

Также возможна разработка эксплуатационного (незащищённого) накопителя на основе блока ЗН-МС-1, ориентированного на широкий круг различных применений (накопитель информации на транспорте, записывающая охранная система, записывающая система для контроля климатических параметров и т.п.).

Технические характеристики

Блок ЗН-МС-1 полностью соответствует Резолюции ИМО MSC.163(78), стандартам МЭК 61996-2, МЭК 60945 и Правилам по оборудованию судов Российского морского регистра судоходства.

Особо следует отметить температурные характеристики этого блока:

- расширенный диапазон рабочих температур от $-(40 \pm 3)$ до $+(55 \pm 3)^{\circ}\text{C}$;
- расширенный диапазон температур в нерабочем состоянии от $-(60 \pm 3)$ до $+(70 \pm 3)^{\circ}\text{C}$.

Основные технические характеристики разработанного регистратора У-РДР и входящих в его состав устройств

У-РДР	
Напряжение питания: ● переменного тока (50 Гц) ● постоянного тока	220±22 В От 22,2 до 27,4 В
Потребляемая мощность в установившемся режиме: ● от сети переменного тока (220 В, 50 Гц) ● от аварийной сети постоянного тока (24 В)	700 В А 700 В А
Масса	250,5 кг
БСПИ-МС-1	
Степень защиты	IP21
Период записи	12 часов (до трёх независимых копий)
Серийные входы	3 канала 4800 бит/с (МЭК 61162-1), 1 канал 38400 бит/с (МЭК 61162-2)
Аудиоканал	1 микрофон с самотестированием
УКВ	2 канала (МЭК 61097-7)
Радар	1 дисплей, разрешение до 1280×1024 (60-85 Гц Частота обновления – 15 с
Габариты: ● без установочной плиты и амортизаторов ● с установочной плитой и амортизаторами	600×675×1300 мм 683×675×1456 мм
Масса: ● без установочной плиты и амортизаторов ● с установочной плитой и амортизаторами	220 кг 230 кг
ПуИ-1	
Степень защиты	IP21
Аварийная кнопка	Сохранение на жёстком диске данных за последние 12 часов регистрации
Число индикаторов	6
Габариты	80×115×178 мм
Масса	1,0 кг
ЗН-МС-1	
Период записи	12 часов
Степень защиты	IP56
Пожаропрочность	60 минут при температуре 1100°C, 10 часов при температуре 260°C
Удар	До 50g при длительности импульса 11 мс (МЭК 60068-2-27)
Погружение	3 м в течение 30 суток 6000 м (60 МПа) в течение 24 часов
Потребляемая мощность	10 В А
Габариты	250×290×287 мм
Масса	22 кг
БМи-1	
Степень защиты	IP21
Габариты	118×64×36,5 мм
Масса	0,5 кг

Другие характеристики ЗН-МС-1 приведены в табл. 2 среди основных технических характеристик разработанного регистратора У-РДР и входящих в его состав устройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создание в ОАО «НПО „Прибор”» регистратора У-РДР является решением весьма актуальной задачи. Эта отечественная разработка использует высоконадёжные аппаратно-программные средства и соответствует требованиям российских и международных стандартов.

В настоящее время проводятся испытания и сертификация опытного образца У-РДР.

Регистраторы данных рейса судна (РДР и У-РДР) используются не только

при расследовании происшествий. Они являются удобным инструментом, позволяющим владельцам судов получать полную информацию о рейсах. На основе данной информации можно:

- проводить профилактику морских происшествий;
- анализировать возможные ситуации в учебных целях и в целях повышения квалификации команды судна;
- контролировать эффективность и правильность действий команды судна.

Таким образом, выигрыш от оптимизации управления движением и уменьшение производственных затрат позволят судовладельцу быстро окупить расходы на установку регистраторов данных рейса судна. ●

Компания Advantech объявила ПРОСОФТ «Партнером года»

Мировой лидер в производстве промышленных и встраиваемых IBM PC совместимых компьютеров и оборудования для АСУ ТП компания Advantech Co. Ltd. объявила своего российского дистрибьютора ПРОСОФТ «Партнером года». Об этом было сообщено на прошедшей в Шанхае (КНР) Всемирной конференции партнеров Advantech.

Вручая памятную награду, основатель и президент компании Advantech г-н К.С. Liu отметил, что компания ПРОСОФТ является уникальным партнёром Advantech по объёму бизнеса, обслуживаемой территории и предоставляемому сервису. В своей речи глава Advantech особо подчеркнул, что замечательные человеческие и партнерские отношения между Advantech и ПРОСОФТ являются залогом дальнейшего процветания компаний.

На конференции присутствовали более 400 участников из 35 стран. В ходе мероприятия была обнародована программа по трансформации компании Advantech в Globally Integrated Enterprise (GIE), которая, по мнению руководства компании, позволит Advantech придать новое ускорение своему развитию и усилить позиции на рынке. В рамках новой стратегии развития компания планирует сконцентрировать свои усилия на создании решений для таких вертикальных рынков, как промышленная автоматизация, медицина, автоматизация зданий, транспорт, цифровые рекламные информационные системы и видеонаблюдение. В этом, несомненно, сыграет роль и «Партнер года» — компания ПРОСОФТ, официальный дистрибьютор (премьер-партнёр) Advantech в России, странах СНГ и Балтии. ●



VARISTAR

ONE SYSTEM FOR ALL SOLUTIONS.

Универсальная защита для Вашего оборудования



Шкаф Varistar для передачи данных и сетевых приложений

- Статическая нагрузка до 1000 кг
- Простой и эффективный внутренний монтаж, принадлежности для удобной разводки кабелей
- Сейсмостойкость — соответствие требованиям российских стандартов
- Степень защиты от проникновения воды и пыли до IP55
- Эффективная система электромагнитной защиты
- Различные варианты теплоотвода: вентиляция, кондиционирование, водяное охлаждение

**Сейсмостойкость —
в подарок!**

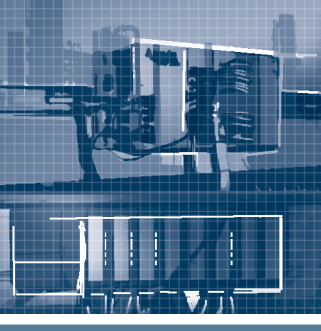
Реклама

Официальный дистрибьютор в России и странах СНГ — компания ПРОСОФТ

ProSOFT®

МОСКВА	Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ	Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ	Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
САМАРА	Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК	Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
КИЕВ	Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • E-mail: info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
УФА	Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • E-mail: info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

#71



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 5

ОСНОВНЫЕ ПОДСИСТЕМЫ КОНТРОЛЛЕРА FASTWEL I/O. СЕРВИСЫ ВНЕШНЕЙ СЕТИ

Контроллеры Fastwel I/O выпускаются в трёх модификациях, основное отличие каждой из которых от остальных состоит в поддерживаемом интерфейсе внешней сети: CANopen (CPM701), Modbus RTU/ASCII «поверх» RS-485 (CPM702) и Modbus TCP (CPM703). Перечисленные протоколы реализуются соответствующими сервисами внешней сети в каждом контроллере, при этом остальные части системного ПО контроллеров не замечают какой-либо разницы и абсолютно идентичны. Кроме того, хотелось бы особо подчеркнуть, что и прикладная программа, разработанная пользователем в среде CoDeSys, также ничего не знает о том, какой именно сетевой интерфейс присутствует на контроллере. Собственно говоря, независимость прикладной программы от окружения (сетей, ввода-вывода и т.п.) является основным принципом, заложенным в архитектуру системы Fastwel I/O.

Рассмотрим подробнее сетевые функции контроллеров.

CANopen

Сеть CAN разрабатывалась, исходя из предположения, что она будет применяться во встраиваемых и промышленных системах реального времени, в том числе в контроллерах на базе микропроцессоров с ограниченными вычислительными ресурсами. Одной из основных особенностей сети CAN является

наличие аппаратного арбитража доступа к шине на основе значения идентификатора передаваемого сообщения (а значит, важности передаваемых данных), выполняемого за заранее известное время, которое не зависит от количества сообщений, передаваемых по сети разными абонентами. Чем меньше по абсолютному значению идентификатор сообщения, тем раньше сообщение будет передано в сеть. Кроме того, кадр канального уровня, передаваемый по сети CAN, не содержит служебных полей с информацией об источнике и получателе — только идентификатор самого сообщения. Наиболее естественными видами отношений между участниками сетевого взаимодействия при использовании CAN являются:

- «производитель-потребитель» без подтверждения;
- «производитель-потребитель» с выборкой по запросу потребителя.

В первом случае узел, являющийся источником информации («производителем»), передаёт в сеть сообщение, несущее до 8 байт данных и имеющее некоторый идентификатор. При этом данный узел ничего не знает об узлах-получателях данных. Узлы («потребители»), заинтересованные в получении данных, передаваемых в некоторых сообщениях, принимают сообщения с соответствующими идентификаторами.

Во втором случае узел-потребитель при необходимости получить данные в сообщении с некоторым идентификатором передаёт в сеть так называемый кадр запроса удалённой передачи (*Remote Transmission Request* — RTR) с таким же идентификатором — сообще-

нием с установленным специальным битовым полем и нулевой длиной поля данных. Узел, являющийся источником сообщения с полезными данными и идентификатором только что появившегося в сети RTR, передаёт в сеть сообщение с данными и идентификатором принятого RTR. Заметим, что узел-потребитель не имеет представления о том, откуда именно (от какого узла сети) поступит запрошенное сообщение.

Очевидно, что один и тот же узел сети CAN может выполнять функции как производителя, так и потребителя данных. При этом имеется вполне естественное ограничение: *пусть по сети предполагается передавать сообщение с идентификатором CAN-ID; в таком случае в сети должен быть один, и только один узел, являющийся «производителем» (или источником) сообщения с таким идентификатором.*

Спецификация CANopen содержит определение множества сетевых сервисов, которые могут использоваться прикладными программами узлов для передачи данных реального времени, файлов, управления выполнением программ и т.п. Более подробную информацию о сети CAN и протоколе CANopen можно загрузить с Web-узла организации CAN in Automation:

<http://www.can-cia.org>

CiA 102 DS V2.0: CAN physical layer for industrial applications — спецификация физического уровня сети CAN для промышленных применений, CiA 301 DS V4.0.2: CANopen application layer and communication profile — спецификация прикладного уровня

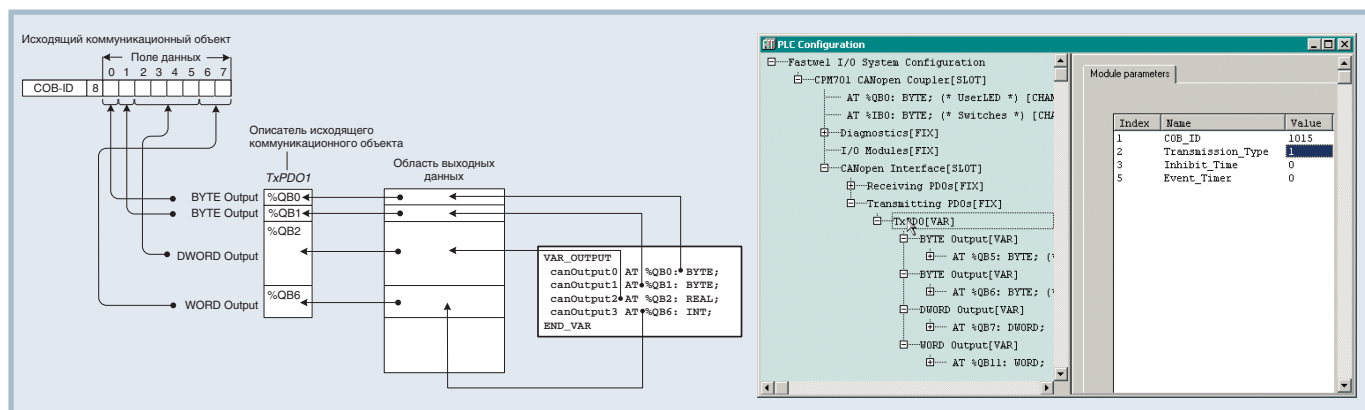


Рис. 26. Отображение выходных переменных среды исполнения CoDeSys на поля данных исходящих коммуникационных объектов CANopen

и основного коммуникационного профиля протокола CANopen.

Сервис протокола CANopen в контроллере CPM701 серии Fastwel I/O реализован в отдельном потоке исполнения и активизируется при возникновении прерывания от адаптера сети CAN, входящего в состав контроллера, либо при необходимости передачи сообщения в сеть.

Для обмена данными реального времени между узлами сети CANopen в контроллерах CPM701 используется протокол PDO (Process Data Objects), позволяющий передавать и принимать в каждом сообщении до 8 байт данных. Для взаимодействия между средой разработки и контроллером по сети CAN используется сегментный режим чтения и записи по протоколу SDO (Service Data Objects).

Параметры обмена

Контроллеры CPM701 серии Fastwel I/O обеспечивают возможность информационного обмена при скоростях передачи, приведённых в табл. 6.

Начиная со скорости 500 кбит/с, требуется применять кабель, специально предназначенный для реализации сетей CAN, и согласование линии на каждом узле.

Таблица 6

Скорости информационного обмена, поддерживаемые контроллерами CPM701 серии Fastwel I/O

Скорость обмена, кбит/с	Длина линии передачи данных, м
10	5000
20	2500
50	1000
125	500
250	250
500	100
800	50
1000	25

Кроме скорости обмена, пользователю требуется задать идентификатор узла в сети CANopen. Идентификатор узла (NodeID) используется сервисом управления сетью для формирования и передачи ряда служебных сообщений, а также сервисом протокола SDO для взаимодействия со средой разработки CoDeSys.

Исходящие коммуникационные объекты

Сообщения, передаваемые контроллером в сеть CAN, далее называются исходящими коммуникационными объектами. Пользователь добавляет в конфигурацию контроллера требуемое количество описаний исходящих коммуникационных объектов в поддерево CANopen Interface-Transmitting PDOs секции PLC Configuration проекта прикладной программы CoDeSys. Для каждого коммуникационного объекта должны задаваться идентификатор (COB_ID), тип передачи (Transmission_Type), а также опционально период выдачи (Event_Timer) и интервал, ограничивающий минимальный временной промежуток между передачей в сеть одного и того же сообщения (Inhibit_Time). Кроме того, в описание каждого коммуникационного объекта пользователем должны быть добавлены ссылки на адреса в области выходных данных среды исполнения CoDeSys. Добавление выполняется по команде контекстного меню, вызываемого щелчком правой кнопки мыши над описанием исходящего коммуникационного объекта. Тем самым обеспечивается возможность передачи в сеть значений переменных, формируемых прикладной программой.

Способ отображения переменных из области выходных данных среды исполнения CoDeSys на поля данных исходящих коммуникационных объектов иллюстрирует рис. 26. Для отображения могут использоваться ссылки типа

BYTE, WORD и DWORD с сохранением возможности побитовой адресации внутри каждой ссылки. Следует отметить, что ссылки перечисленных типов могут использоваться для передачи целочисленных значений со знаком, значений с плавающей точкой одинарной и двойной точности, а также переменных любых пользовательских типов длиной до 8 байт.

Исходящие коммуникационные объекты, для которых установлено нулевое значение параметра Transmission_Type, передаются в сеть в случае, если узел получил синхронизирующее сообщение SYNC и прикладная программа вывела значения выходных переменных, ссылающихся на «каналы» данных коммуникационных объектов. Сообщение SYNC обычно периодически формируется одним из узлов CANopen, которому отведена роль мастера синхронизации (SYNC Master). Минимальный период синхронизирующего сообщения SYNC, при котором контроллеры CPM701 способны выдерживать интервалы синхронизации CANopen, составляет 20 мс.

Если же мастер синхронизации будет передавать SYNC чаще, чем раз в 20 мс, контроллеры CPM701 передадут в сеть аварийные телеграммы (EMCY) с идентификаторами 80h+NodeID (NodeID – идентификатор каждого узла) и кодом ошибки 8110h (CAN overrun – перегрузка сети).

Исходящие коммуникационные объекты, для которых установлено значение параметра Transmission_Type от 1 до 240, передаются в сеть в случае, если узел получил соответствующее количество синхронизирующих сообщений SYNC. Например, при периоде SYNC, равном 25 мс, и значении Transmission_Type = 4, которое установлено для некоторого исходящего коммуникационного объекта, данный коммуникационный объект бу-

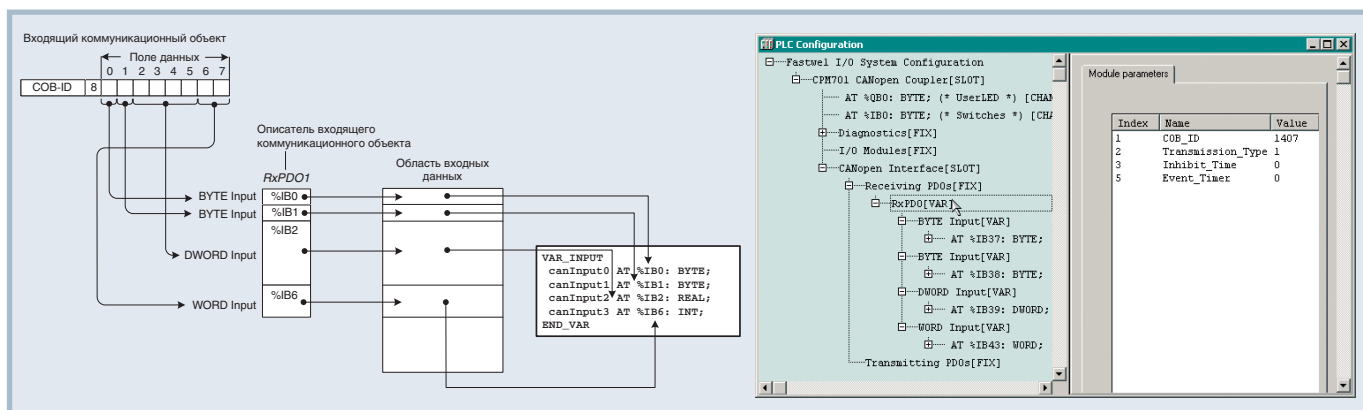


Рис. 27. Отображение входных переменных среды исполнения CoDeSys на поля данных входящих коммуникационных объектов CANopen

дет передаваться в сеть с периодом 100 мс (один раз в четыре периода SYNC).

Исходящие коммуникационные объекты, для которых параметру Transmission_Type задано значение 252, передаются в сеть в случае, если узел получил соответствующие запросы удалённой передачи (RTR) для указанных коммуникационных объектов и синхронизирующее сообщение SYNC.

Значение 253 по смыслу аналогично 252, за исключением согласования передачи запрашиваемого кадра с приходом синхронизирующего сообщения SYNC.

Исходящие коммуникационные объекты, для которых установлено значение параметра Transmission_Type 254, передаются в сеть в случае, если истёк очередной интервал времени, заданный параметром Event_Timer (в миллисекундах).

Внимательный читатель мог заметить, что перечисленные значения параметров исходящих коммуникационных объектов не предусматривают возможность передачи по изменению данных. В самом деле, на первый взгляд кажется более разумным передавать в сеть только сообщения с изменившимися данными, тем самым уменьшая сетевой трафик и снижая нагрузку на узлы-получатели сообщений, чем «грузить» сеть постоянным трафиком. На самом деле все не так просто, как кажется на первый взгляд.

Что означает «изменение данных»? Очевидно, изменение хотя бы одного бита информации среди восьми байт, переносимых по сети одним сообщением. Значит, пользователь должен быть очень внимательным и осторожным при создании конфигурации сети, дабы случайно не отобразить какую-нибудь часто изменяющуюся переменную на поле данных некоторого коммуникационного объекта. Если же это случилось, то сообщение будет передаваться в сеть по завершении каждого цикла прикладной программы, то есть по сути периодически.

Следующее соображение. Пусть в спокойном состоянии, когда контролируемый технологический процесс находится в установившемся (стационарном) режиме и отсутствуют изменения дискретных и аналоговых сигналов, которые должен «чувствовать» сервис внешней сети, в сети наблюдается полная тишина, изредка прерываемая периодическими сообщениями. Пусть далее произошли изменения в контролируемом процессе, концевые выключатели начали щёлкать, реле переключаться и т.д., и в сети начался настоящий шторм из сообщений, передаваемых по изменению данных. Очевидно, что пользователь должен при этом иметь стопроцентную уверенность, что он смоделировал все подобные ситуации во время тестирования системы и ни один из узлов-получателей информации не оказался перегруженным «внезапно» возникающим сетевым трафиком. Однако стопроцентная уверенность возможна только в одном случае, если система изначально спроектирована и протестирована с расчётом на максимально возможный сетевой трафик, когда все сигналы изменяются максимально быстро.

Наконец, последнее. Узлы (контроллеры, рабочие станции и т.п.) могут начинать «слушать» сеть в произвольные моменты времени (из-за выключения, обновлений, обслуживания и т.п.), а значит не иметь представления о том, что передавалось по сети минуту или час назад, если только не предприняты специальные меры по доставке данных таким узлам. Одной из специальных мер является настройка исходящих коммуникационных объектов таким образом, чтобы они передавались в сеть по изменению данных и с некоторым периодом. Совершенно очевидно, что период этот должен быть согласован с максимальной скоростью изменения

передаваемых значений параметров контролируемого процесса.

Из сказанного следует простой вывод, который, вероятно, несколько не соответствует расхожим представлениям о способах построения промышленных сетей: постоянная периодическая выдача **всех** данных по сети является необходимым и достаточным условием для создания корректной системы. Разумеется, периоды выдачи разных сообщений должны соответствовать частоте дискретизации (или максимальной частоте изменения) соответствующих передаваемых сигналов.

Входящие коммуникационные объекты

Сообщения, принимаемые контроллером по сети CAN, далее называются входящими коммуникационными объектами. Пользователь добавляет в конфигурацию контроллера требуемое количество описаний входящих коммуникационных объектов в поддерево CANopen Interface-Receiving PDOs секции PLC Configuration проекта прикладной программы CoDeSys. Для каждого входящего коммуникационного объекта достаточно задать только идентификатор (COB_ID).

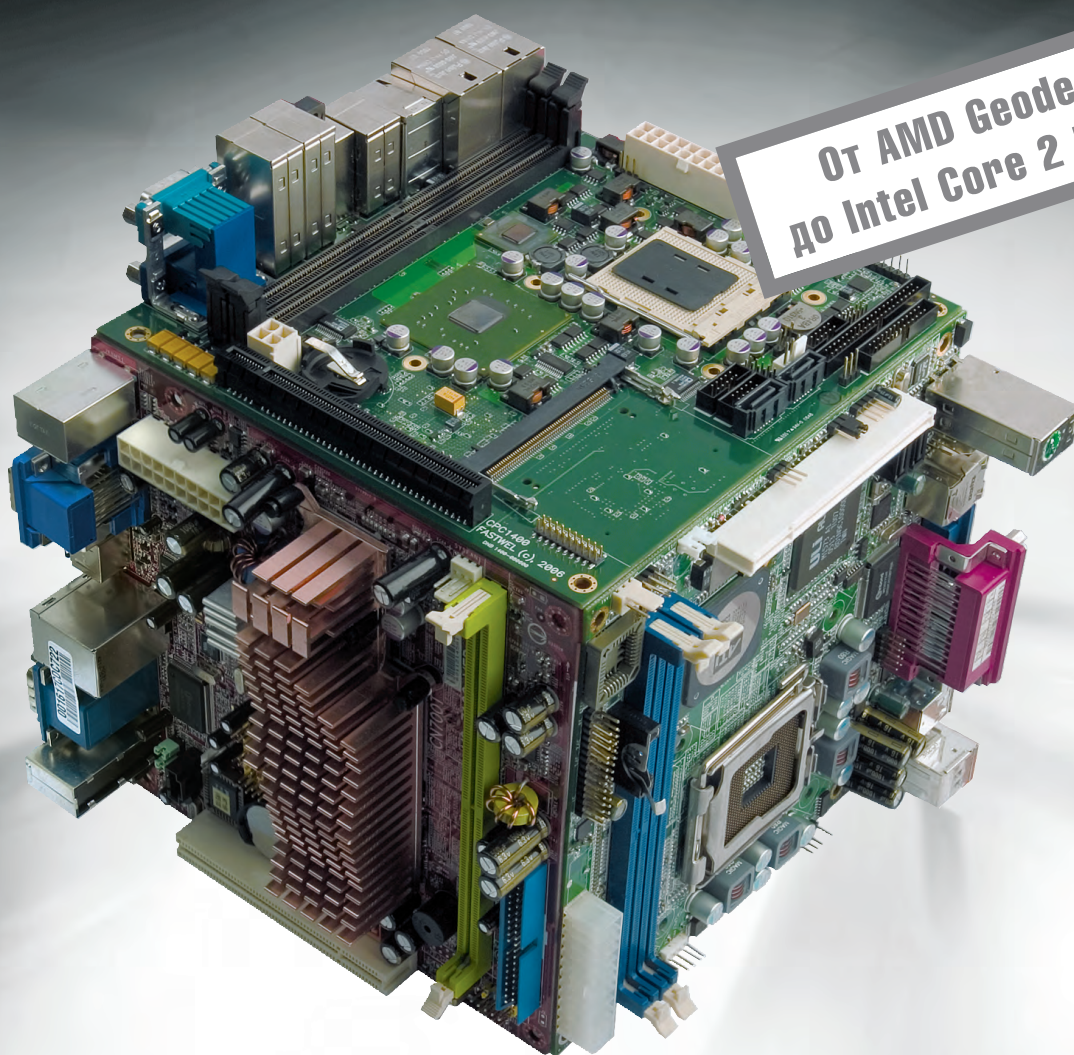
Параметр Transmission_Type со значением, равным 1, обеспечивает синхронизацию ввода данных соответствующего коммуникационного объекта (PDO) в область входных данных приложения с появлением в сети синхронизирующего сообщения SYNC. То есть, если некоторый ожидаемый на данном узле коммуникационный объект передаётся в сеть другим узлом по синхросообщению SYNC, то информация из этого коммуникационного объекта поступит приложению на данном узле при появлении в сети следующего сообщения SYNC.

Значения 2-254 параметра Transmission_Type для входящих комму-

Встраиваемые и
промышленные
платы формата

Mini-ITX

- Процессоры: от AMD Geode до Intel Core 2 Duo
- Чипсеты: от VIA CN700 до Intel Q965
- Видеоинтерфейсы: VGA, DVI, HDTV, 2 × LVDS 36 бит
- Слоты расширения: от ISA до PCI Express x16
- Сетевые интерфейсы: до 3 × Gigabit Ethernet
- До 8 USB 2.0, до 4 RS-232/485
- Операционные системы: от Windows XP до QNX
- Диапазон рабочих температур: от -40 до +85°C



От AMD Geode
до Intel Core 2 Duo

PROSOFT®

МОСКВА	Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • E-mail: info@prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ	Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • E-mail: info@spb.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ	Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 376-2830 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
САМАРА	Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК	Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
КИЕВ	Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
УФА	Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

никационных объектов не используются.

Для того чтобы данные входящего коммуникационного объекта вводились в приложение немедленно после поступления по сети, но перед очередным вызовом PLC_PRG, параметр Transmission_Type должен быть равен 255. Таким образом, при Transmission_Type = 255 обеспечивается наименьшее время реакции на изменение значения некоторой удалённой переменной.

Наконец, в описание каждого коммуникационного объекта пользователем добавляются ссылки на адреса в области входных данных среды исполнения CoDeSys, обеспечивающие возможность получения прикладной программой данных, приходящих по сети.

Способ отображения входных переменных среды исполнения CoDeSys на поля данных входящих коммуникационных объектов представлен на рис. 27. Для отображения могут использоваться ссылки типа BYTE, WORD и DWORD с сохранением возможности побитовой адресации внутри каждой ссылки.

Входящие коммуникационные объекты приходят из сети асинхронно относительно исполнения прикладной программы. Данные входящих коммуникационных объектов считываются в область входных данных среды исполнения CoDeSys перед очередным вызовом PLC_PRG.

Служебные коммуникационные объекты

Сетевой сервис контроллера CPM701 поддерживает обязательные к реализации служебные коммуникационные объекты протокола CANopen.

Если значение параметра CANopen Interface—Producer_Heartbeat_Time в конфигурации контроллера отлично от нуля, узел будет передавать в сеть сообщение Heartbeat с идентификатором 700h+NodeID и периодом (в миллисекундах), равным значению Producer_Heartbeat_Time. Данное сообщение свидетельствует о присутствии в сети узла с идентификатором NodeID. Поле данных указанного сообщения содержит код состояния стека CANopen на узле: 0 — инициализация стека; 4 — стек остановлен (Stopped); 5 — рабочее (Operational) состояние; 127 — предоперационное (Pre-Operational) состояние.

Если значение параметра CANopen Interface—SYNC_COVID равно 1073741952, то данный узел будет пере-

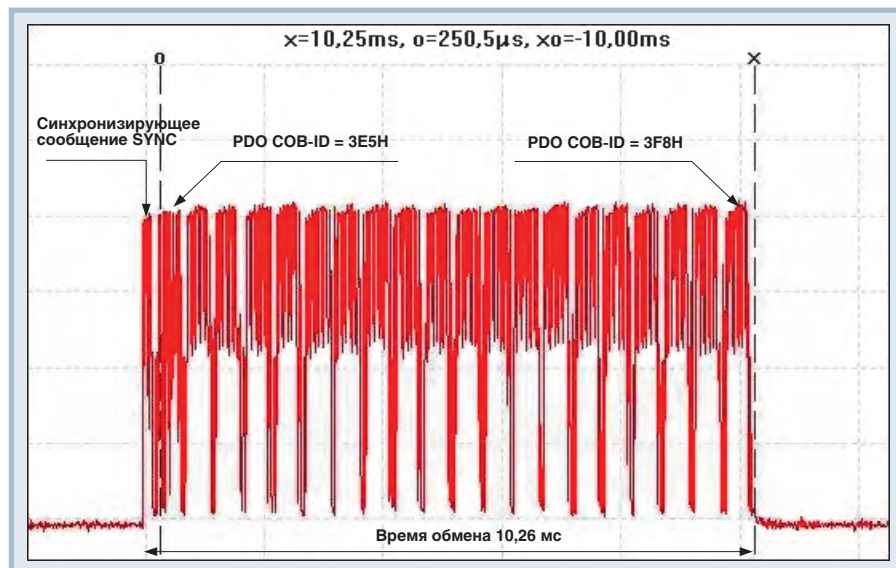


Рис. 28. Совместная передача 20 сообщений двумя контроллерами (скорость обмена 250 кбит/с)

давать в сеть синхронизирующее сообщение SYNC с идентификатором 128 и периодом (в микросекундах), равным значению параметра CANopen Interface—Sync_Period. Указанное странное значение на самом деле представляет собой идентификатор сообщения SYNC, расширенный до 32-разрядного числа, с установленным 31 битом (40000080h). По стандарту это означает, что данный узел будет выполнять в сети функцию мастера синхронизации.

Кроме того, при запуске контроллер передаёт в сеть сообщение NMT Bootup с идентификатором 700h+NodeID и нулевым значением в поле данных, что свидетельствует о запуске стека CANopen контроллера на узле NodeID.

Наконец, если в CAN-адаптере контроллера CPM701 по какой-то причине превышен счётчик ошибок передачи, CAN-адаптер кратковременно отключается от шины, переходя в состояние Bus Off, после чего при повторном подключении к шине передаёт в сеть сообщение EMCY (идентификатор 80h+NodeID) с кодом 8140h (recovered from bus off — «восстановился после отключения от шины»).

Оценка времени реакции при сетевом обмене между двумя контроллерами

Для оценки времени реакции при сетевом обмене достаточно использовать два контроллера CPM701, включённых в сеть CAN. Каждый контроллер передаёт в сеть по 10 сообщений, каждое из которых содержит по восемь байт данных, причём перепад испытательного дискретного сигнала, подаваемого на вход одного из модулей дискретного ввода, подключённого к внутренней

шине одного из контроллеров, может передаваться в восьмом бите восьмого байта сообщения с наибольшим идентификатором (3F8h, рис. 28). Второй контроллер при получении информации о перепаде испытательного сигнала переводит в соответствующее состояние один из выходов своего модуля дискретного вывода. Период исполнения программ каждого контроллера равен 1 мс.

Сообщения передаются в сеть при появлении синхронизирующего сообщения SYNC, которое формируется первым контроллером. Если для входящего коммуникационного объекта, посредством которого передаётся перепад испытательного сигнала, на втором контроллере параметру Transmission_Type присвоено значение 255, то обеспечивается наименьшее время реакции, в предельном случае равное $T_{\text{SYNC}} + T_{\text{transmission}} + T_{\text{cycle1}} + T_{\text{cycle2}}$, где T_{SYNC} — период передачи синхронизирующего сообщения SYNC; $T_{\text{transmission}}$ — время между передачей очередного SYNC и приёмом сообщения, содержащего перепад испытательного сигнала; T_{cycle1} и T_{cycle2} — периоды исполнения программ на первом и втором контроллерах. В рассматриваемом примере максимальное время реакции составляет $25 + 10 + 1 + 1 = 37$ мс. На рис. 29 представлена циклограмма одного из наиболее благоприятных с точки зрения времени реакции соотношений между сетевым циклом и циклами исполнения программ на каждом контроллере.

Если на втором контроллере для входящего коммуникационного объекта, посредством которого передаётся перепад испытательного сигнала, параметру

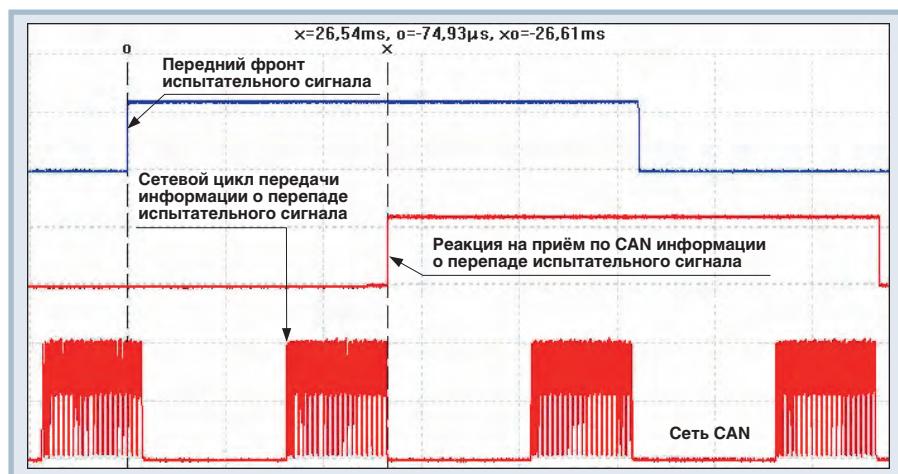


Рис. 29. Циклограмма для оценки времени реакции

Таблица 7

Диапазоны регистровых адресов коммуникационных объектов, поддерживаемых сервисом внешней сети контроллеров CPM702/703

Тип объекта	Диапазон адресов Modbus	Комментарий
Input Register	4097...16384	Неделимый входной регистр. Обеспечивается возможность чтения нескольких регистров со смежными адресами.
Holding Register	4097...16384	Неделимый выходной регистр. Обеспечивается возможность чтения или записи нескольких регистров со смежными адресами.
Bitwise Input Register	1...4096	Делимый входной регистр. Обеспечивается возможность чтения нескольких регистров со смежными адресами. Позволяет считывать отдельные битовые поля путём использования запроса Read Discrete Inputs. Адрес битового поля вычисляется по следующей формуле: $DiscreteInputAddress = (RegisterAddress - 1) \times 16 + n$, где $DiscreteInputAddress$ – адрес битового поля в запросе; $RegisterAddress$ – адрес делимого входного регистра; n – номер битового поля, начиная с 1.
Bitwise Holding Register	1...4096	Делимый выходной регистр. Обеспечивается возможность чтения или записи нескольких регистров со смежными адресами. Позволяет считывать отдельные битовые поля путём использования запроса Read Discrete Inputs или Read Coils. Позволяет записывать отдельные битовые поля путём использования запросов Write Single Coil и Write Multiple Coils. Адрес битового поля вычисляется по следующей формуле: $CoilAddress = (RegisterAddress - 1) \times 16 + n$, где $CoilAddress$ – адрес битового поля в запросе; $RegisterAddress$ – адрес делимого выходного регистра; n – номер битового поля, начиная с 1.

Transmission_Type присвоено значение 1, то время реакции в предельном случае составит $2 \times T_{SYNC} + T_{transmission} + T_{cycle1} + T_{cycle2}$, что даст 62 мс.

Однако, несмотря на ухудшение времени реакции, во втором случае обеспечивается возможность синхронного ввода сетевых данных на всех контроллерах, участвующих в обмене.

Modbus

Общие сведения

Протокол Modbus, по всей видимости, является наиболее широко распространённым в промышленной автоматизации и, вероятно, самым старым из всех существующих промышленных протоколов. Идея представить контроллер со стороны сети в виде множества регист-

ров и битовых полей оказалась настолько удачной, что сейчас весьма трудно найти специалиста в области АСУ ТП, не знакомого с Modbus. С нашей точки зрения, у Modbus «поверх» RS-485 есть единственное достоинство — простота для понимания пользователем. Кажущаяся простота технической реализации на самом деле таит ряд проблем, которые весьма трудно преодолеть как при разработке контроллеров, так и при создании программного обеспечения верхнего уровня, реализующего мастера сети.

В контроллерах CPM702 и CPM703 реализована функциональность подчинённых узлов Modbus over Serial Line (CPM702) и Modbus TCP (CPM703). Сервисы внешней сети обоих контроллеров поддерживают перечисляемые

далее стандартные сетевые операции протокола Modbus.

1. 01 (0x01) Read Coils — выдача за один запрос от 1 до 2000 смежных битовых полей, доступных для записи.
2. 02 (0x02) Read Discrete Inputs — выдача за один запрос от 1 до 2000 смежных битовых полей, доступных для чтения.
3. 03 (0x03) Read Holding Registers — выдача за один запрос от 1 до 125 смежных регистров, доступных для записи.
4. 04 (0x04) Read Input Registers — выдача за один запрос от 1 до 125 смежных регистров, доступных для чтения.
5. 05 (0x05) Write Single Coil — приём значения одного битового поля, доступного для записи. Принцип адресации битовых полей описывается далее.
6. 06 (0x06) Write Single Register — приём значения одного регистра, доступного для записи.
7. 15 (0x0F) Write Multiple Coils — приём за один запрос значений до 2000 смежных битовых полей, доступных для записи. Принцип адресации битовых полей описывается далее.
8. 16 (0x10) Write Multiple Registers — приём за один запрос значений до 125 смежных регистров, доступных для записи.
9. 22 (0x16) Mask Write Register — изменение содержимого заданного регистра, доступного для записи, с использованием комбинации масок И, ИЛИ с текущим содержимым регистра для индивидуального сброса или установки битов регистра.
10. 23 (0x17) Read/Write Multiple Registers — приём и выдача за один запрос значений до 125 смежных регистров, доступных для записи.

Для взаимодействия между средой разработки CoDeSys и контроллером используется сервис инкапсулированного транспорта (0x2B) с кодом типа (MEI Type), равным 128.

Диапазоны регистровых адресов коммуникационных объектов, поддерживаемых сервисом внешней сети контроллеров CPM702/703, приведены в табл. 7.

Максимальное количество регистров в конфигурации контроллера узла зависит от количества модулей ввода-вывода. Обратите внимание на то, что в соответствии со спецификацией протокола значение адреса регистра, вводимое в конфигурации контроллера и в конфигурации OPC-сервера, на 1 больше значения адреса, передаваемого в сетевом запросе.

Рассмотрим более подробно способы отображения входных и выходных переменных среды исполнения CoDeSys на коммуникационные объекты протокола Modbus.

Каждый регистр, описание которого добавляется пользователем в конфигурацию контроллера PLC Configuration, имеет входной (для *Holding*, или *выходных* регистров) или выходной (для *Input*, или *входных* регистров) канал типа WORD. Делимые (*Bitwise*) регистры, в отличие от неделимых, обеспечивают возможность побитового доступа к адресуемым ими данным как со стороны сети, так и со стороны программы. Способы отображения данных программы на коммуникационные объекты Modbus иллюстрируются рис. 30.

Возможность отображения не более двух байт из области входных или выходных данных среды исполнения CoDeSys на один регистр вовсе не означает, что отсутствует способ обмениваться данными большего размера. Если мастер Modbus поддерживает команды чтения и записи множества регистров со смежными адресами за один запрос, то имеется возможность передавать по сети до 250 байт между мастером и контроллером за одну сетевую транзакцию. Для

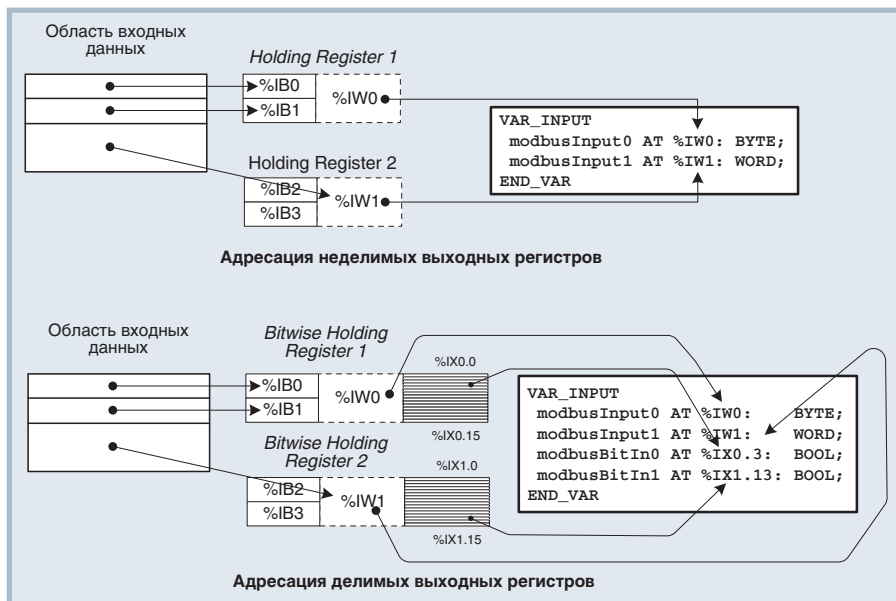


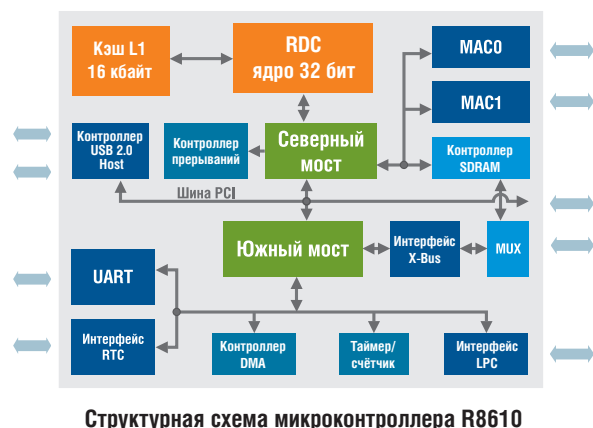
Рис. 30. Отображение входных переменных на выходные регистры Modbus

этого следует добавить в конфигурацию контроллера множество регистров, количество которых должно быть в два раза меньше количества байт, подлежащих передаче, и идентификаторы которых представляют собой возрастающую последовательность чисел, где каждые два соседних числа отличны на единицу ($RegisterID_i = RegisterID_{i-1} + 1$). Далее в программе необходимо создать выход-

ную (для чтения из контроллера) или входную (для записи в контроллер) переменную требуемого типа, ссылающуюся на адрес первого регистра из созданного множества. Например, для чтения из контроллера переменной с плавающей точкой двойной точности (типа LREAL) потребуется создать четыре входных регистра со смежными увеличивающимися на единицу идентифика-

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Новый x86 микроконтроллер RDC R8610



Структурная схема микроконтроллера R8610



Доступен набор для разработчиков и полный комплект технической документации



RDC®

Микроконтроллер R8610

Основные достоинства

- Совместимость с популярной архитектурой x86
- Обширные периферийные возможности
- Низкие затраты на разработку ПО
- Низкая стоимость

Технические характеристики

- RISC-ядро 133 МГц 32 бит
- Двухпортовый хост-контроллер USB 2.0
- Контроллер PCI rev. 2.1
- 2 контроллера Fast Ethernet MAC
- Интегрированная периферия:
 - контроллер прерываний,
 - контроллер DMA
- Внешние интерфейсы и память:
 - Flash, ROM, SDRAM,
 - порт UART,
 - интерфейс LPC
- 56 портов ввода-вывода общего назначения
- Поддержка WinCE, Linux и других ОС

PROSOFT®

Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prochip.ru
Web: www.prochip.ru

#483

Реклама

торами и выходную переменную типа LREAL, ссылающуюся на адрес в области выходных данных программы, который относится к первому из созданных четырёх регистров с наименьшим идентификатором.

Особенности реализации

Основная проблема реализации протокола Modbus «поверх» RS-485 на основе стандартных универсальных асинхронных приёмопередатчиков (UART), совместимых с 8250/16550, которые входят в состав персональных компьютеров и микроконтроллеров, состоит в том, что протокол основан на тайм-аутах. По нашему мнению, любой сетевой протокол, основанный на тайм-аутах, например в части принятия решения о завершении приёма очередного пакета, является не очень хорошим протоколом, а вернее — очень нехорошим протоколом. Например, в режиме RTU об окончании передачи очередного пакета свидетельствует «тишина» в линии в течение, как минимум, 3,5 символов. Спрашивается, как определить, что эта самая «тишина» наступила, используя стандартный UART, особенно через стандартный драйвер коммуникационного порта Windows? Ответ: абсолютно корректно — никак. Разработка специального драйвера для Windows нереальна, поскольку во многих случаях используются мультипортовые платы китайского производства, для которых сами производители зачастую не в состоянии выпустить качественную программную поддержку. В результате встречаются ситуации, когда Modbus-устройство одного производителя несовместимо с программным обеспечением для Windows другого производителя.

В текущей версии системного ПО контроллера CPM702 распознавание окончания передачи пакетов Modbus осуществляется во время обработки прерываний от встроенного UART микропроцессора R1610C. Одной из возможных причин прерывания является истечение времени, равного длительности четырёх символов (при текущей скорости обмена), в течение которого из приёмного буфера (FIFO) UART ничего не доставалось обработчиком, ничего не поступало из сети, но в буфере присутствовал хотя бы один символ. Именно эта причина прерывания и является основанием для утверждения, что пакет Modbus RTU принят полностью. Пакеты Modbus ASCII завершаются специальными символами-разделителями, поэтому их се-

лекция не вызывает затруднений. Как только пакет полностью принят, обработчик прерывания сигнализирует об этом потоку исполнения, в контексте которого исполняется сервис протокола Modbus RTU/ASCII. Данный поток «просыпается» и проверяет правильность пришедшего пакета, вычисляя CRC в соответствии со стандартной процедурой, после чего вызывает функцию по номеру, находящемуся в заголовке пакета. Следует отметить, что все запросы чтения и записи данных по сети Modbus абсолютно асинхронны относительно исполнения прикладной программы контроллера, поскольку информация при этом поступает и считывается из отдельного коммуникационного буфера.

При реализации протокола Modbus «поверх» TCP в контроллере основную трудность представляет разработка или адаптация хотя бы минимального стека протоколов TCP/IP. В процессе работы над контроллером CPM703 мы адаптировали две реализации стека: RTIP фирмы EBSnet, приобретённый с операционной системой CMX (<http://www.cmx.com/tcpip.htm>), а также имеющийся в свободном доступе стек lwIP (<http://savannah.nongnu.org/projects/lwip/>). В текущей версии программного обеспечения CPM703 функционирует стек RTIP. Довольно подробный анализ и сравнение различных архитектур стеков TCP/IP приведён в статье Adam Dunkels “Full TCP/IP for 8 Bit Architectures” (<http://www.sics.se/~adam/mobisys2003.pdf>).

Стек RTIP представляет собой довольно «тяжёлую» реализацию традиционного интерфейса BSD-сокеты, если говорить об использовании на столь небольшом по вычислительным возможностям устройстве, как CPM703, который, как указывалось в предыдущих частях статьи, реализован на базе 16-разрядного микропроцессора R1610C.

Сама реализация сервера Modbus TCP довольно традиционна: имеется отдельный поток операционной системы контроллера, который ожидает на серверном сокете запросов установления соединения. Как только поступает запрос на соединение от некоторого клиента (скажем, от OPC-сервера), выполняется поиск свободного дескриптора клиентского соединения. Если таковой имеется, соединение с клиентом разрешается, после чего поток начинает реагировать на события на вновь открытом клиентском сокете. Событиями являются запросы чтения и за-

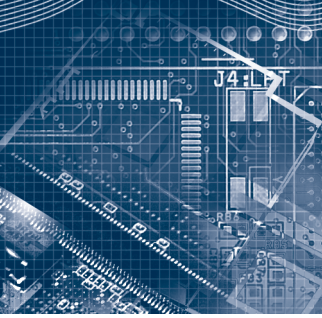
писи коммуникационных объектов Modbus или инкапсулированного транспорта, а реакцией — вызов соответствующих функций чтения и записи регистров и битовых полей. Каждое клиентское соединение остаётся открытым и не освобождается в течение 30 секунд при отсутствии запросов по нему. Наша реализация протокола Modbus TCP поддерживает до трёх соединений с клиентами (мастерами Modbus TCP), то есть возможно одновременно просматривать переменные в среде разработки CoDeSys и обмениваться данными между контроллером и двумя OPC-серверами на разных компьютерах. В случае если все клиентские соединения заняты и очередной клиент пытается установить соединение, ему предоставляется занятое соединение с самым большим временем «простоя».

Во время тестирования мы подвергали контроллер «хакерским атакам» в виде шквала ложных запросов на установление соединения (до 1500 пакетов в секунду), и контроллер в итоге справился с нагрузкой, возобновив нормальный обмен данными по сети после снятия тестовой нагрузки. Однако мы надеемся, что пользователи контроллеров CPM703 предусмотрят определённые меры по защите своих промышленных сетей от хакерских атак.

В ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СЕТЯХ

Проделанная нами работа по реализации сетей CANopen (с учётом опыта наладки и эксплуатации в системах автоведения на электровозах) и Modbus позволяет утверждать, что наши предпочтения всецело находятся на стороне интерфейса CAN как наиболее приспособленного к применению в автоматизированных системах управления, в том числе на узлах с ограниченными вычислительными ресурсами. Единственным, на наш взгляд, недостатком CAN является отсутствие стандартизованного программного интерфейса между драйвером CAN-адаптера и приложением, реализующим протокол прикладного уровня. По этой причине мы выпустили OPC-сервер для сетей CAN, который поддерживает претендующий на «стандартность» программный интерфейс VCI 2.16, предложенный фирмой IXXAT. ●

Автор — сотрудник фирмы Fastwel
Телефон: +7 (495) 234-0639
E-mail: info@fastwel.ru
Web: www.fastwel.ru



Новые многоцелевые встраиваемые компьютеры с высокоскоростной шиной VME

Александр Буравлёв

Статья посвящена обсуждению особенностей архитектуры современных процессорных плат с шиной VME и новым разработкам, позволяющим унифицировать парк процессорных модулей, понизить стоимость систем и увеличить пропускную способность параллельной шины VME.

Технология VME: состояние и тенденции

Согласно данным Международной ассоциации по торговле продукцией с VME-шиной (VITA) и агентства Venture Development Corp., общее потребление компьютерных плат с тем или иным вариантом реализации шины VME в 2007 году составит в денежном эквиваленте 436 миллионов долларов. Эксперты и аналитики по-разному предсказывают будущее развитие данного рынка на ближайшие 5 лет — от стабильно постоянного («ровного») состояния до ежегодного прироста в 8%. Однако при этом все единодушны в том, что продажи изделий с последовательными шинами VME (стандарта VPX и VXS) будут расти со скоростью в десятки процентов в год, в то время как продажи компьютерных плат, базирующихся на параллельной шине VME, будут сокращаться.

Такая тенденция не вызывает удивления, так как все производители процессоров и чипсетов методично отказываются (наверное, уже можно сказать — отказались) от параллельных протоколов в пользу их последовательных собратьев. Эту тенденцию хорошо иллюстрируют не только многочисленные публикации, которые посвящены новым VPX- и VXS-компьютерам, разработанным целым рядом ведущих компаний, но и публикации о новых системах, уже созданных на базе таких изделий. Интернет и печатные издания полны «советов» и реко-

мендаций производителей о том, как и на базе чего нужно строить подобные системы.

Однако не стоит забывать, что львиная доля продаваемых в данный момент плат VME представлена платами с шиной VME64 (рис. 1). Многие использующие их системы были разработаны достаточно давно, надёжно выполняют свои задачи, но должны быть «переработаны» по тем или иным причинам. Таких причин существует великое множество, например, снятие с производства центральных процессоров, на базе которых данные платы были изначально разработаны; разрастание системы, добавление дополнительных плат периферии и, как следствие, необходимость решения проблемы ограничения пропускной способности шины или необходимости реализации дополнительных функций; несовместимость с обновлённым коммуникационным оборудованием и другие. Разрабатывать всю систему заново на основе VPX или VXS часто не имеет смысла как по техническим, так и по экономическим соображениям. Как же поступить в этом случае разработчикам VME-систем?

Казалось бы, ответ прост: нужно обратиться к производителям плат VME и выбрать плату, построенную на современном процессоре из долгосрочной производственной программы с современными коммуникационными возможностями. Таких плат выпускается достаточно много и на базе

Pentium M, и на базе PowerPC. Однако практически все они имеют 64-разрядную шину VME64, пропускная способность которой является узким местом всей системы в целом.

В 2002 году на конференции Bus & Boards компания Моторола (MCG) предсказала возрождение рынка плат VME с параллельной шиной, обусловленное адаптацией новой технологии, позволяющей поднять пропускную способность шины до 320 Мбайт/с. Данная технология была разработана ещё в 1997 году специалистами VITA и называется Two-Edges Source Synchronous Transfer (2eSST). Её основа — переход из асинхронного в синхронный режим и использование ниспадающего и возрастающего фронтов сигнала. Помимо широкой полосы пропускания технология 2eSST обратно совместима с протоколами VME32, VME64 и VME64x, что позволяет использовать её для обновления существующих систем без значительной переделки.

Оптимизм MCG был обусловлен окончанием разработки «кремния» — моста между шинами PCI-X и VME 2eSST. К сожалению, новая технология так и не получила широкого признания даже после того, как компания MCG передала этот чип для производства в независимую компанию Tundra Semiconductors, где он получил название Tsi148. Тому есть несколько причин, но, наверное, главная заключается в том, что до недавнего времени платы 2eSST базировались только на процес-

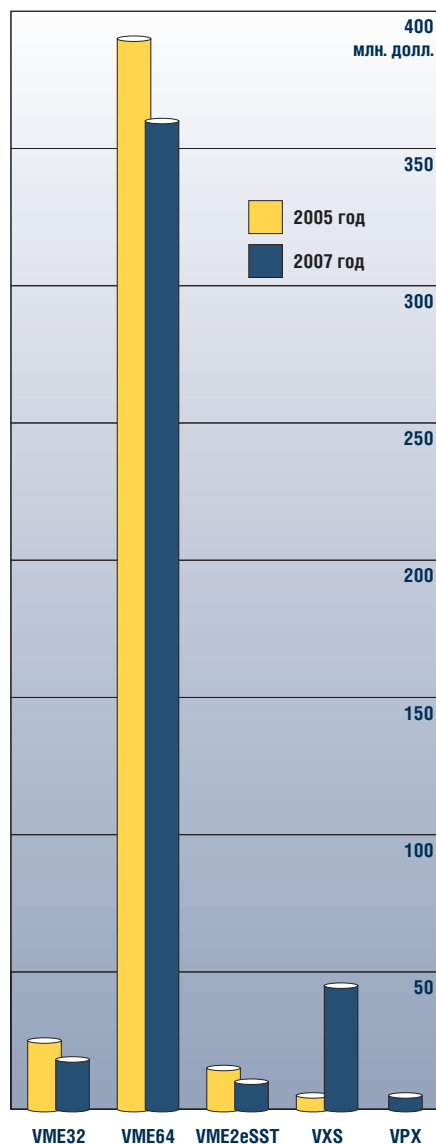


Рис. 1. Распределение рынка одноплатных компьютеров стандарта VME по типам архитектуры шины

сорах PowerPC. Такое ограничение в архитектуре плат и связанное с ним ограничение на использование программных компонентов не могло не сказаться отрицательно на адаптации новой технологии.

Также не стоит забывать, что среди разработчиков систем для медицины, промышленной автоматизации и других «гражданских» отраслей позиции Windows и Linux и, соответственно, позиции x86-архитектуры традиционно сильны. Процессоры архитектуры PowerPC работают с данными в режиме Big Endian (порядок байтов от старшего к младшему), в то время как процессоры x86-архитектуры используют режим Little Endian (порядок от младшего к старшему). Возможно, что одной из причин такой слабой адаптации протокола 2eSST являлось опасение производителей встраиваемых компьютеров по

поводу сложности той дополнительной работы, которая требуется для обеспечения совместимости Tsi148, изначально разработанного для систем с PowerPC, с процессорами архитектуры Intel.

Однако данная тенденция недавно была сломлена, и на рынке стали доступны платы, архитектура которых построена на современных процессорах Intel и шине 2eSST.

Одним из примеров таких плат является процессорная плата Fastwel CPC600 (рис. 2).

ПРОЦЕССОРНАЯ ПЛАТА CPC600

Архитектура Fastwel CPC600 базируется на центральных процессорах семейства Intel Pentium M из долгосрочной производственной программы, на поддержке протокола 2eSST по шине VME и стандарта VITA 31.1 (два канала Gigabit Ethernet на кросс-плате).

Высокая пропускная способность шины ввода-вывода позволяет применять CPC600 для конструирования высокопроизводительных компьютерных систем с обширной периферией и использовать CPC600 для замены морально устаревших процессорных плат в серийно производимых изделиях для повышения надёжности и скорости передачи данных по шине VME. При этом разработчики могут использовать различные VME-платы периферии (32, 64, 64x) в рамках одной VME-системы, драйвер моста Tundra Tsi148 позволяет настроить работу каждой из них с максимальной для неё скоростью.

Линейка долгосрочно поддерживаемых процессоров Intel начинается с ультранизковольтного процессора ULV Celeron M 1 ГГц с термическим бюджетом всего лишь в 5,5 Вт, что позволяет использовать соответствующую процессорную плату в среде с естественной конвективной циркуляцией воздуха, и заканчивается процессором Pentium M 1,8 ГГц с кэш-памятью второго уровня 2 Мбайт и термическим бюджетом 21 Вт.

Динамическая память DDR SDRAM, используемая в

Fastwel CPC600, имеет функцию коррекции ошибок (Error Correction Code), которая способна корректировать однобитовые ошибки в 64-битовом блоке памяти, тем самым повышая «живучесть» системы по отношению к флуктуациям энергопитания, статическим разрядам, радиочастотной интерференции и радиационно-наведённым зарядам. Максимальный объём памяти составляет 2 Гбайт, из которых 512 Мбайт или 1 Гбайт напаяется на плату, а остальной объём может быть подсоединён через SODIMM-разъём.

Четыре независимых порта Gigabit Ethernet, два из которых выходят на лицевую панель, а остальные два — на разъём P0 кросс-платы (поддержка стандарта VITA 31.1), позволяют использовать Fastwel CPC600 для построения кластерных систем с коммутацией пакетов.

Для вывода видеосигналов используется встроенный контроллер графики с разрешением до 2048×1536 точек и интерфейсом VGA, выведенным на лицевую панель. Процессорная плата способна выводить два независимых видеопотока: один через VGA, другой через интерфейс LVDS, сигналы которого выведены через разъём P0 кросс-платы и могут быть доступны на плате тыльного ввода-вывода.

Fastwel CPC600 имеет уникальную архитектуру построения подсистемы хранения данных и программных компонентов. Помимо стандартных средств — интерфейса CompactFlash и napаянного на плате твердотельного диска ёмкостью 32 Мбайт — пользователи могут установить на плату два жёстких диска 2,5" и 1,8" с интерфейсами IDE либо одновременно, либо по выбору без выхода за габариты одного слота 4HP. Кроме того, плата имеет два интерфейса SATA и один EIDE,



Рис. 2. Внешний вид процессорной платы Fastwel CPC600 модификации -02 с установленным жёстким диском 2,5" и возможностью подключения 64-разрядного модуля PMC

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



Серия MQR120

120 Вт

- Небольшие габариты: 95×11,5×65 мм
- КПД до 82%
- Диапазон входных напряжений 9,5...40 В
- Выходные напряжения 3,3; 5; 12; 15 и 24 В
- Защита от перегрузки, перенапряжения, короткого замыкания, перегрева; параллельная работа до 4 модулей, внешняя обратная связь



Серия ICH

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 ч (MIL-HDBK-217F, при 25°C)



THE XP ERTS IN POWER

Официальный дистрибьютор компании XP Power
в России и странах СНГ — компания ПРОСОФТ

ProSoft®

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

Реклама

#225

Основные характеристики 2eSST и Gigabit Ethernet

Характеристики	VME 2eSST	Gigabit Ethernet
Архитектура	Шинная	Коммутируемая связь «точка-точка»
Пропускная способность	~320 Мбайт/с (делится между устройствами)	~1000 Мбит/с на каждое устройство → ~120 Мбайт/с
Относительная нагрузка на ЦП	1	10...100
Латентность	20 нс	200...300 мс
Максимальное количество подключаемых устройств	20 +1 Master Поддерживается режим мультимастеринга и работы нескольких процессорных плат на одной шине	Не ограничено, но требует внешних коммутаторов сети

доступных на плате тыльного ввода-вывода, что позволяет использовать Fastwel CPC600 с различными дисками, установленными вне процессорной платы.

Для повышения надёжности работы приложений плата Fastwel CPC600 предлагает ряд программно-аппаратных средств, уменьшающих риск зависания и дающих возможность для удалённого мониторинга состояния системы. В этом ряду средства контроля напряжений питания и контроля температур, сторожевой таймер, а также средства обеспечения возможности использования данных, получаемых с выделенного контроллера управления платой (IPMI).

Все основные компоненты Fastwel CPC600, включая центральный процессор и динамическую память, напаяны на плату, что позволяет изделию выдерживать вибрационные нагрузки до 5g и удары до 50g и делает более эффективным использование покрытия лаком для защиты платы от короткого замыкания на поверхности.

Для заказчиков, разрабатывающих системы с кондуктивным теплоотводом, компания Fastwel предлагает эффективную по цене модификацию CPC600 с размерами 8HP (удвоенная толщина) и плату тыльного ввода-вывода с широким набором интерфейсов с лицевой панели: двумя портами Gigabit Ethernet, двумя USB 2.0, двумя COM-портами, интерфейсами SVGA, PS/2 и аудио, а также интерфейсами на плате для подключения SATA-, IDE- и FDD-дисков.

Изделия Fastwel поддерживают различные операционные среды как жёсткого реального времени, так и менее детерминированные по времени, которые доминируют в системах промышленной автоматизации.

Температурный диапазон эксплуатации промышленного исполнения CPC600 составляет от -40 до +85°C, коммерческого — от 0 до +70°C.

Множественность моделей использования

Фактически Fastwel CPC600 предоставляет разработчикам высокоинтегрированную, универсальную и конфигурируемую встраиваемую компьютерную платформу для использования с картами приложений с коммуникацией как по шине VME, так и по Gigabit Ethernet, а также обеспечивает возможность построения системы с разводкой кабелей по лицевой стороне крейта VME либо с тыльной стороны, используя модуль тыльного ввода-вывода RIO680.

Хочется отметить, что 2eSST и Gigabit Ethernet, будучи существенно различными (табл. 1), тем не менее успешно дополняют друг друга. В то время как 2eSST хорошо решает задачи в среде жёсткого реального времени по обмену данными с модулями ввода-вывода или распараллеливанию вычислительной задачи на несколько процессорных модулей внутри системы, Gigabit Ethernet позволяет связать подсистему жёсткого реального времени с традиционной вычислительной средой либо решать задачи по интенсивному обмену данными между несколькими удалёнными системами.

Множественность моделей использования Fastwel CPC600 делает эту плату в руках разработчика систем VME универсальным инструментом, способным решать задачи, начиная со сбора и обработки информации, поступающей от датчиков в системах промышленной автоматизации, заканчивая построением высоконадёжных и высокопроизводительных систем с распараллеливанием задачи на кластер из множества CPC600, объединённых между собой тремя (2eSST, 2 × Gigabit Ethernet) сетями обмена данными и контроля. ●

Автор — сотрудник
фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru

ADVANTIX [НА ВЕРШИНЕ ЭВОЛЮЦИИ]



- Наборы системной логики Intel 5000V, Q965, 945G, 945GM
- Центральные процессоры Intel Celeron D, Pentium D, Core Duo, Core 2 Duo, Xeon 5300
- Оперативная память от 512 Мбайт (двухканальный режим работы)
- Жесткие диски SATA от 120 Гбайт (возможность «горячей» замены)
- Стоечное или настольное исполнение корпуса



ADVANTIX — ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Реклама



- преимущества передовых технологий
- автоматизация предприятия любой отрасли
- расширенная поддержка операционных систем
- улучшенный термодизайн
- поставка со склада



ProSoft®

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ
САМАРА
НОВОСИБИРСК
КИЕВ
УФА

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 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • E-mail: info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

#116



Основные положения базовых стандартов ГОСТ Р МЭК на устройства и системы телемеханики

Александр Вулис, Виктор Сумительнов

Приведены основные положения серии базовых стандартов на устройства и системы телемеханики, которые разработаны МЭК и введены в нашей стране для того, чтобы российские разработки в этой области соответствовали международным требованиям и имели перспективу унификации технических решений.

Часть 2

При автоматизации пространственно рассредоточенных объектов на базе систем телемеханики (СТМ) системному интегратору необходимо решать задачу организации телемеханического взаимодействия автоматизированного рабочего места диспетчера, входящего в состав телемеханического пункта управления (ПУ), с размещёнными на объектах устройствами телемеханики (УТМ), входящими в состав контролируемых телемеханических пунктов (КП).

Серия стандартов ГОСТ Р МЭК 870, часть 5 «Протоколы передачи» [9-13] предлагает системному интегратору пути стандартизированных решений по организации взаимодействия ПУ и КП, которое рассматривается в рамках структуры повышенной производительности ЕРА (Enhanced Performance Architecture), являющейся упрощённой моделью открытых систем и содержащей три уровня: физический, канальный, пользовательский.

Требования физического уровня определяют интерфейс между УТМ и

АПД — аппаратурой передачи данных (см. табл. 6 в [16]). При этом на АПД возлагается выполнение следующих функций:

- преобразования телемеханического сигнала;
- гальванической развязки УТМ от канала связи;
- контроля качества сигнала;
- обеспечения побитовой синхронизации, добавления или устранения признаков синхронизации кадра (если эта функция не выполняется на канальном уровне);
- определения состояний канала связи (занятости, ожидания, повреждения).

Характеристиками физического уровня являются скорость передачи сигнала, помехоустойчивость, отношение сигнал/помеха, вероятность искажений бита, вероятность стирания бита.

Требования протокольного взаимодействия ПУ и КП на канальном и пользовательском уровнях, а также на уровне пользовательских процессов излагаются в стандартах серии ГОСТ Р МЭК 870-5, представленных в табл. 14.

Классы организации передачи и форматы кадров

Стандарты [9, 10] на канальном уровне определяют требования к реализации следующих телемеханических функций: обеспечения доступа к тракту передачи; задания последовательности кадров сообщений и её расшифровки; добавления или устранения маркеров кадра (если эта функция не выполняется АПД); обнаружения ошибок синхронизации кадра или ошибок размера кадра; определения кадров, адресованных конкретной станции; сообщения об устойчивых ошибках передачи; переключения на резервный канал при необходимости; сообщения о состоянии конфигурации линии связи. На канальный уровень возлагается обеспечение достоверности передачи сообщений в соответствии с требованиями классов I1, I2 и I3 (см. табл. 13 в [16]) путём эффективной защиты от ошибочных битов и ошибочных кадров, от потерь информации и появления непредусмотренной информации (образование сообщений из помех), от разрывов или перестановок в связных массивах информации. Это достигается выбором эффективных принципов организации передачи и форматов кадров телемеханических сообщений.

В стандарте [9] установлены требования к условиям передачи данных в СТМ и к форматам кадров переменной или фиксированной длины, обеспечивающим необходимые показатели до-

Таблица 14

Перечень стандартов, определяющих протоколы передачи

Уровни взаимодействия	Определяющие стандарты	Предмет стандартизации «Протоколы передачи»
Пользовательские процессы	ГОСТ Р МЭК 870-5-5	Основные прикладные функции
Модель ЕРА: уровень 7 (пользовательский)	ГОСТ Р МЭК 870-5-4	Определение и кодирование элементов пользовательской информации
	ГОСТ Р МЭК 870-5-3	Общая структура данных пользователя
Модель ЕРА: уровень 2 (канальный)	ГОСТ Р МЭК 870-5-2	Процедуры в каналах передачи
	ГОСТ Р МЭК 870-5-1	Форматы передаваемых кадров

Таблица 15

Классы организации передачи телемеханических сообщений

Классы	Функции	Назначение класса организации передачи сообщений на уровне канала
S1	Посылка/без ответа	Передаваемое сообщение не требует ни подтверждения, ни ответа. Используется в циклических системах или в симплексных системах без обратного канала (системы с низкими требованиями к достоверности информации).
S2	Посылка/подтверждение	Канальный уровень обеспечивает передачу сообщений и контроль подтверждения приёма каждого сообщения (положительная квитанция).
S3	Запрос/ответ	Первичная станция передаёт запрос, на который должен формироваться ответ, содержащий запрошенные данные или отказ (отрицательная квитанция). Обеспечивает возможность опроса в многоточечной конфигурации.

Таблица 16

Форматы кадров телемеханических сообщений

Формат	Кодовое расстояние	Класс достоверности	Структура байта										
			b0	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10
FT1.1	$d = 2$	I1	start 0	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	pt	stop 1
FT1.2	$d = 4$	I2		8 бит, начиная с младшего									
FT2	$d = 4$	I2		b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8		
FT3	$d = 6$	I2, I3		8 бит, начиная со старшего									

Таблица 17

Структуры форматов телемеханических сообщений

Формат FT1.2		Формат FT2		Формат FT3	
Переменная длина	Фиксированная длина	Переменная длина	Фиксированная длина	Переменная длина	Фиксированная длина
F-старт = 68h					
Длина L				F1-старт = 05h	F1-старт = 05h
Повтор байта L		F-старт = 27h	F-старт = 27h	F2-старт = 64h	F2-старт = 64h
F-старт = 68h	F-старт = 10h	Длина L	Длина $L=0$	Длина L	Длина $L=0$
1	1	1	1	1	1
255	255	15	15	16	16
CS	CS	CRC	CRC	CRC1	CRC1
F-стоп = 16h	F-стоп = 16h			CRC2	CRC2

* БПД — блок пользовательских данных.

стоверности при асинхронной передаче последовательных кадров в полудуплексном и дуплексном режимах.

Организация передачи телемеханических сообщений в канале связи регламентируется тремя классами, представленными в табл. 15.

В зависимости от конфигурации телемеханической сети все три класса относятся к организации передачи информации между одной передающей станцией и либо одной станцией назначения (одиночный адрес), либо группой станций назначения (групповой адрес), либо всеми остальными станциями (общий адрес).

Форматы кадров телемеханических сообщений в вариантах фиксированной и переменной длины в [9] представлены для канальных протоколов FT1.1, FT1.2, FT2, FT3 (табл. 16). Они предназначены для асинхронной передачи телемеханических сообщений в полудуплексном или дуплексном режимах с различными требованиями достоверности.

Следует обратить внимание на то, что форматы кадров FT1.1 и FT1.2 используют асинхронный (старт-стопный) формат байта с обрамлением битом start=0 и битом stop=1, в то время как форматы FT2 и FT3 относительно формата байта являются синхронными. Соответственно для них требуются разные методы побитовой синхронизации на уровне байта. Поэтому ошибкой является реализация форматов FT2 и FT3 на базе старт-стопного оформления байтов, так как при этом нарушается модель «канала без памяти», а фактическое кодовое расстояние (d) для обоих форматов из-за этого оказывается равным 2. Нарушение линейной модели «канала без памяти» относится и к форматам FT1.1 и FT1.2, но в формате FT1.2 специально введён стоп-байт (F-стоп), защищающий от ошибок, связанных с нарушением правильности подсчёта битов вследствие искажения (потери) какого-либо старт-бита.

В форматах FT1.1 и FT1.2 защита каждого байта от искажения осуществляется битом паритета (pt), а в FT1.2 добавляется защита кадра сообщения контрольной суммой. Формат FT1.1 характеризуется низкой достоверностью передачи данных, область его применения ограничивается простейшими системами, и поэтому далее в статье он рассматриваться не будет.

Форматы FT1.2 и FT2 рекомендуются для СТМ с классом достоверности I2, но FT2 обеспечивает более высокую

эффективность передачи кадров. Формат FT3 предназначен для использования в тех случаях, когда требуется особая высокая достоверность передачи телемеханических сообщений.

Структуры форматов FT1.2, FT2 и FT3 представлены в табл. 17.

Как видно из табл. 17, кадр любого формата начинается со стартового байта (байтов) F-старт. Кадр FT1.2 заканчивается конечным байтом F-стоп. Байты начала и конца кадра используются для кадровой синхронизации. Форматы с переменной длиной информационной части содержат байт L , в котором указывается количество передаваемых пользовательских байтов. Информационная часть кадра передаётся блоками пользовательских данных (БПД), которые содержат байты

пользовательских данных. Необходимо предупредить, что аббревиатура БПД относится именно к блокам. Следует также отметить, что в русском тексте стандартов имеется терминологическая путаница: термин «блок» употреблён в сочетаниях и «блок пользовательских данных» [9, 10] (в оригинале «block of user data»), и «блок данных» [11] (в оригинале «data unit»). Кадр формата FT1.2 содержит один БПД, защищаемый контрольной суммой CS. Поскольку в структуре сообщений принят 8-битовый формат (табл. 16), то определяемое количество байтов в БПД (L) может задаваться в диапазоне от 1 до 255.

Кадр формата FT2 содержит стартовый байт F-старт и до 16 БПД, каждый из которых содержит 15 пользовательских байтов, дополненных контроль-

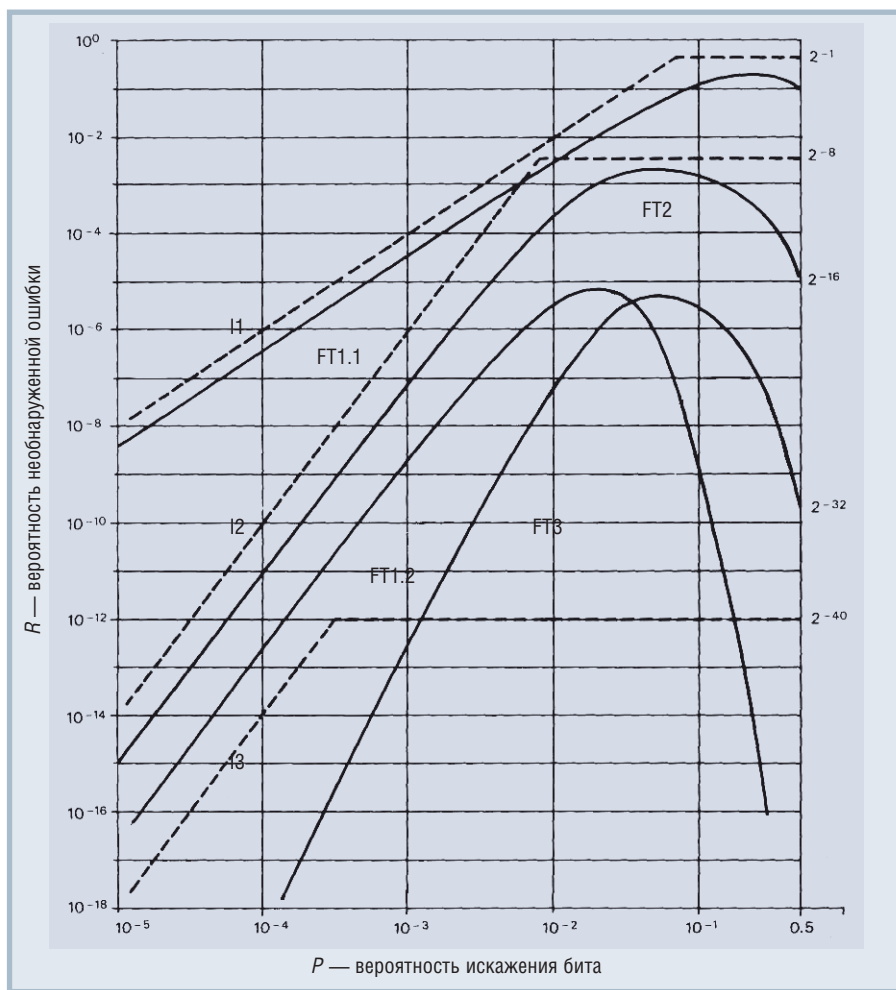


Рис. 4. Классы достоверности и вероятность появления необнаруженных ошибок для форматов FT1.1, FT1.2, FT2, FT3

ным байтом циклического кода CRC. Кадр формата FT3 содержит стартовое слово F(1, 2) — старт и до 15 БПД, каждый из которых содержит 16 пользовательских байтов, дополненных двухбайтовым контрольным словом циклического кода CRC(1, 2). Первый БПД в форматах FT2 и FT3 имеет фиксированную длину и содержит байт длины кадра L , указывающий суммарное число пользовательских байтов во всех БПД кадра (не считая самого байта L). Последний БПД может быть укороченным. В кадрах фиксированной длины $L=0$.

Кадр фиксированной длины любого из форматов может иметь любой заранее фиксированный размер.

Поскольку стартовые комбинации во всех форматах могут встречаться и в теле кадра, надёжное детектирование начала кадра требует, кроме обнаружения стартовой комбинации, также фиксации определённого интервала молчания, то есть пассивного состояния канала.

Количественные требования к достоверности передачи данных, как было указано ранее, определяются классами I1, I2 и I3. Нормирование вероятност-

ных характеристик основывается на модели нормального флуктуационного шума в аналоговом канале, что для дискретного канала соответствует модели «двоичного симметричного канала без памяти», то есть канала с независимой вероятностью ошибок битов (без влияния искажения бита на правильность приёма следующих битов).

Допустимая вероятность R необнаруженных искажений передаваемой информации определяется как функция вероятности P искажения бита сигнала, изображённая на рис. 4 в двойном логарифмическом масштабе для каждого класса достоверности ломаными линиями, состоящими из наклонного и горизонтального пунктирных отрезков. Наклон кривых при $P < 10^{-4}$ соответствует кодовому расстоянию d для применяемого метода кодирования. Для класса I1 требуется минимальное кодовое расстояние $d=2$, в то время как для классов I2 и I3 требуются коды с минимальным кодовым расстоянием $d=4$ или больше. Вероятность необнаруженных искажений R ограничивается не только в нормирующей точке $P=10^{-4}$

[16], но и задаётся её предельно допустимое значение при любой вероятности искажения бита вплоть до 0,5 (приём случайной последовательности битов). В [9] смысл трёх классов достоверности проиллюстрирован примером передачи блоков сообщений по 120 бит со скоростью 1200 бит/с по каналу с белым шумом. При частоте появления искажений бита $P=10^{-4}$ средняя вероятность между необнаруженными ошибками составляет для класса I1 — 1 день, для I2 — 26 лет, для I3 — 260000 лет.

Важным достоинством использования стандартных протоколов является то, что в обязательном Приложении Б в [9] дана количественная оценка эффективности передачи сообщений с использованием каждого формата, а также достоверности передачи данных. На рис. 4 сплошными линиями показаны зависимости вероятности появления необнаруженных ошибок для форматов FT1.1, FT1.2, FT2, FT3 при длине БПД, равной 15 байтам. Эти кривые позволяют системным интеграторам выбирать формат передачи на основе справочных данных нормативного документа с учётом требований к достоверности передачи телемеханических сообщений.

ПРОЦЕДУРЫ В КАНАЛАХ ПЕРЕДАЧИ

В стандарте [10] рассмотрены процедуры взаимодействия ПУ и КП при передаче последовательности телемеханических сообщений с окном, равным единице. Это означает, что уровень канала на первичной станции (станции, которая инициирует передачу сообщения) принимает от прикладного уровня запрос на новую передачу сообщения в линию связи только после того, как предыдущий принятый запрос выполнен удовлетворительно или с уведомлением об ошибке.

Для описания информационных процессов, сопровождающих передачу данных, в [10] в соответствии с рис. 5 используются понятия сервисных примитивов, которые охватывают интерфейс между уровнем пользователя и уровнем канала, и процедур передачи (без ошибок) кадров по линии связи между станциями.

Имеются 4 типа процедур обмена между канальным и прикладным уровнями (примитивов), которые могут содержать пользовательские данные и ряд параметров: REQ — запрос, инициируемый пользователем и обеспечивающий активизацию ряда процедур на уровне

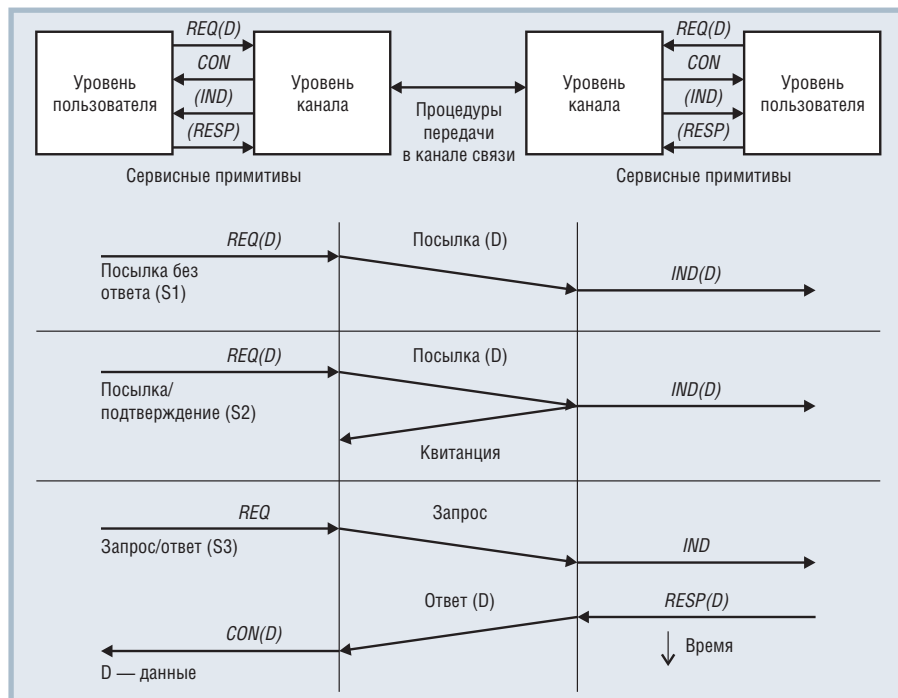


Рис. 5. Взаимодействие между сервисными примитивами и основными процедурами передачи по каналу связи

b7, MSB	b6		b5	b4	b3	b2	b1	b0, LSB	Направление
Небалансная передача									
Резерв RES	PRM	1	FCB	FCV	Функциональный код FC			От первичной станции	
		0	ACD	DFC				От вторичной станции	
Балансная передача									
DIR	PRM	1	FCB	FCV	Функциональный код FC			От первичной станции	
		0	RES	DFC				От вторичной станции	

Рис. 6. Состав и назначение битов поля управления

канала; CON – подтверждение, инициируемое на уровне канала для окончания процедуры, активизированной запросом; IND – оповещение, выставляемое на уровне канала как требование передачи пользователю данных или активизации той или иной процедуры на уровне пользователя; RESP – ответ, инициируемый пользователем для извещения об окончании процедуры, предварительно активизированной оповещением. Подтверждения (квитанции) или ответы могут быть как положительными, так и отрицательными в зависимости от обстоятельств.

Типичным содержанием сервисных примитивов являются параметры, условия и пользовательские данные, например: пользовательские данные, класс передачи (S1, S2, S3), положительная/отрицательная квитанция или ответы, контроль потока данных, запрос данных, число повторений, состояние ошибки, состояние уровня (например, состояние рестарта). Содержание сервисных примитивов в стандарте не рассматривается.

Элементы процедур передачи показаны на рис. 5: посылка, подтверждение (квитанция), запрос, ответ.

Предметом стандарта [10] являются два типа процедур передачи канально-го уровня: небалансная, балансная.

● **Небалансная процедура передачи** используется в СТМ, в которых ПУ контролирует трафик данных последовательным опросом КП. В этом случае ПУ всегда является первичной станцией, инициирующей передачу всех сообщений, а КП – вторичной станцией, передающей сообщения только по вызову (следует обратить внимание на то, что это относится только к канальному уровню – на прикладном уровне могут быть реализованы любые схемы приоритетов, в частности первоочередная спорадическая передача информации об изменении состояния). Областью использования данной процедуры являются конфигурации СТМ всех типов.

● **Балансная процедура передачи** используется в СТМ, в которых каждая станция может быть как первичной,

инициирующей передачу сообщений, так и вторичной. Область использования такой процедуры передачи ограничивается конфигурациями типа «точка-точка» и радиальной многоточечной структуры.

Здесь важно отметить, что вторичная станция, хоть часто и именуется принимающей, по сути своей является отвечающей (в оригинале – responding); причём она отвечает на запрос данными (S3), а на данные – квитанцией (S2).

В стандарте [10] рассмотрены режимы небалансной и балансной процедур передачи при возможных отказах (искажениях) различных элементов процедур передачи. Процедуры передачи рассматриваются применительно к классам S1, S2, S3 организации передачи сообщений и предусматривают защиту сообщений от остаточных (необнаруженных) ошибок в классе достоверности I2 при использовании форматов передаваемых кадров FT1.2, FT2 или FT3. При этом в любом физическом канале связи может использоваться единственный выбранный формат кадров.

Стандарт [10] определяет состав полей информационной части кадра (исключая старт-байты, указатель длины и защиту): С – поле управления, А – поле адреса, байты пользовательских данных.

Байт С	Байт(ы) А	Байты пользовательских данных
--------	-----------	-------------------------------

Поле управления С представлено на рис. 6 байтом, отличающимся для небалансной и балансной процедур передачи телемеханических сообщений.

На рис. 6 приняты обозначения: RES – резерв; DIR – определитель физического направления передачи («0» – от ведомой станции В к ведущей станции А, «1» – от ведущей станции А к ведомой станции В); PRM – первичное сообщение («0» – сообщение передаётся от вторичной, то есть принимающей станции, «1» – сообщение передаётся от первичной, то есть инициирующей станции); FCB – бит счёта кадров; FCV – бит, определяющий режим счёта кадров (при FCV=1 изменение бита FCB должно учитываться, а при FCV=0 игнорироваться); ACD – бит запроса данных («0» – нет запроса на передачу данных с высоким приоритетом, то есть данных класса 1, «1» – запрос на передачу данных с высоким приоритетом); DFC – контроль потока данных («0» – приём сообщений возможен, «1» – вторичная, то есть принимающая

Таблица 18

FC в сообщениях от первичной станции (PRM=1)

FC	Тип кадра	Функция	FCV	
			U*	B**
0	Посылка с ожиданием	Начальная установка канала	0	0
1	Посылка с ожиданием	Начальная установка процесса	0	0
2	Посылка с ожиданием	Тестирование канала	—	1
3	Посылка с ожиданием	Пользовательские данные	1	1
4	Посылка без ожидания	Пользовательские данные	0	0
5, 6, 7		Резерв	—	—
8	Общий запрос с ожиданием ([13], п. 6.5)	Общий запрос о наличии данных класса 1 при магистральной структуре	0	—
9	Запрос с ожиданием	Запрос статуса канального уровня	0	0
10	Запрос с ожиданием	Запрос данных класса 1	1	—
11	Запрос с ожиданием	Запрос данных класса 2	1	—
12, 13		Резерв	—	—
14, 15		Использование по соглашению	—	—

* U — небалансная передача.

** B — балансная передача.

Таблица 19

FC в сообщениях от вторичной станции (PRM=0)

FC	Тип кадра	Функция	U*	B**
0	Подтверждение	Положительная квитанция	+	+
1	Подтверждение	Отрицательная квитанция	+	+
2-5		Резерв	—	—
6		Использование по соглашению	—	—
7	Ответ	Конец последовательности блоков	+	+
8	Ответ	Пользовательские данные	+	—
9	Ответ	Запрошенные данные недоступны	+	—
10		Резерв	—	—
11	Ответ	Статус канального уровня	+	+
12		Резерв	—	—
13		Использование по соглашению	—	—
14	—	Канальный сервис не работает	+	+
15	—	Канальный сервис отсутствует	+	+

* U — небалансная передача.

** B — балансная передача.

Таблица 20

Допустимые сочетания FC в сообщениях между первичной и вторичной станциями

FC от первичной станции – ПУ	FC от вторичной станции – КП	U*	B**
0 — установить удалённый канальный уровень в начальное состояние	0 — ACK 1 — NACK	+	+
1 — установить пользовательский процесс в исходное состояние	0 — ACK 1 — NACK	+	+
2 — тест канала	0 — ACK 1 — NACK	—	+
3 — передача пользовательских данных (запрос/ответ)	0 — ACK 1 — NACK	+	+
4 — передача пользовательских данных (запрос/без ответа)	Нет ответа	+	+
8 — запрос о наличии данных класса 1	11 — статус канального уровня	+	
9 — запрос статуса канала	11 — статус канального уровня	+	+
10 — запрос данных класса 1	8 — передача пользовательских данных 9 — данные недоступны	+	—
11 — запрос данных класса 2	8 — передача пользовательских данных 9 — данные недоступны	+	—

* U — небалансная передача.

** B — балансная передача.

станция показывает, что приём сообщений невозможен из-за переполнения буфера); FC — функциональный код.

Бит DIR в поле управления указывает физическое направление передачи именно в терминах «ведущая/ведомая», которые соответственно совпадают с терминами, «первичная/вторичная» только в небалансном режиме. В балансном режиме каждая станция в одних процедурах является первичной, а в других — вторичной. Роль «ведущая» или «ведомая» назначается станции при проектировании и не меняется в процессе работы системы.

Для конкретной станции бит FCB принимает чередующиеся значения «0» и «1» при последовательных передачах посылка/подтверждение или запрос/ответ. Бит счёта кадров предназначен для защиты от потерь или дублирования посылок. При команде сброса FCB=0, так что после этого ожидается приём команды с FCB=1. При передаче нового сообщения тому же адресату (вторичной станции) по классу S2 или S3 значение бита FCB должно изменяться на обратное (кадры нумеруются по модулю 2). Повторная передача кадра с тем же значением FCB производится в двух случаях: когда ответный кадр от вторичной станции бракуется или когда ответ отсутствует в течение установленного времени. Для процедур передачи по классу S1 при циркулярных сообщениях и для аналогичных процедур, в которых не контролируются потери и дублирование сообщений, FCB не меняется, а FCV=0.

Функциональные коды FC поля C в сообщениях при балансной и небалансной передачах определяются в соответствии с табл. 18 и 19 (в этих таблицах, а также в последующей табл. 20 прочерки в правых колонках означают, что данный FC в соответствующем режиме не используется).

Очевидно, что на посылку первичной станции с тем или иным функциональным кодом FC вторичная станция может отвечать только посылками с определёнными функциональными кодами. В табл. 20 приведены допустимые сочетания FC, передаваемых первичной и вторичной станциями в балансном и небалансном режимах.

В режиме запрос/ответ положительная квитанция не требуется — ответом на запрос являются пользовательские данные.

Отрицательная квитанция передаётся от КП в следующих случаях:

Пользовательские данные (ASDU)												
Идентификатор блока данных (ИБД)					Объекты информации (ОИ)							ОВП
					ОИ ₁				ОИ ₂	...	ОИ _n	
ИТ	Дл. ASDU	КПС	ПП	ОА ASDU	ТОИ	АОИ	НЭИ	ВМ				

Рис. 7. Основная структура пользовательских данных

- прикладной уровень не передаёт канальному данные для передачи в ответ на запрос, и выставляется функциональный код FC9 «запрошенные данные недоступны» в ответ на FC10/11;
- кадр с данными от ПУ принят канальным уровнем КП без ошибок, но данные не могут быть переданы прикладному уровню, например из-за занятости буфера, и выставляется функциональный код FC1 в ответ на FC3.

Поле адреса А определяет адрес станции. Адрес передаётся от инициирующей станции (первичная станция) к приёмной станции (вторичная станция) и определяет место назначения информации. Поле адреса А, передаваемого в кадре от вторичной станции, определяет адрес источника информации. Число байтов адресного поля зависит от конкретных условий применения. В стандарте указывается только то, что в поле А первым должен переда-

ваться байт, содержащий наименее значащие биты адреса (это относится ко всем случаям передачи многобайтовых чисел, в том числе пользовательских данных, например двухбайтовых или четырёхбайтовых переменных).

Поле адреса А не является обязательным. Например, это поле не используется в структуре СТМ с конфигурацией «точка-точка».

В стандарте [10] рассмотрены небалансные и балансные процедуры передачи по классам S1, S2 и S3, в том числе с учётом возможных отказов.

ОБЩАЯ СТРУКТУРА ДАННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Стандарт [11] определяет правила структурирования блоков пользовательских данных в кадрах, передаваемых в СТМ. Эти правила представлены в виде общих требований, которые разработаны с целью ограничения до необходимого минимума числа стандар-

тов для задач сбора данных и телемеханики с возможным расширением его для специальных задач. С этой точки зрения стандартом допускается для конкретных применений осуществлять выбор представления, структур адресов и расположения объектов информации в кадре.

Стандарт описывает основную структуру пользовательских данных без деталей информационных полей и их содержания. Описываются основные правила составления БПД. Используемая при этом модель данных соответствует общим требованиям взаимодействия открытых систем, но, поскольку СТМ в силу своей специфики требуют сравнительно малого времени реагирования в сетях с ограниченной шириной полосы пропускания, то стандарт ориентирован на упрощённую (трёхуровневую) модель ЕРА.

Правилами структурирования в составе БПД определяется *блок данных прикладного уровня* — ASDU, который в соответствии с рис. 7 представляется идентификатором блока данных (ИБД), объектами информации (ОИ) и общим временным признаком (ОВП), который определяет общее время для всех объектов. При этом обязательны-



Датчики деформации EPSIMETAL

Контроль состояния несущих элементов конструкций (мостов, кранов, прессов, клетей прокатного стана), натяжения тросов и др.

- Встроенный измерительный преобразователь
- Унифицированный выходной сигнал
- Температурная компенсация
- Быстрая установка и снятие
- Отсутствие механических регулировок
- Интерфейс RS-232 для дистанционной калибровки

- Диапазон измерения ± 500 мкм/м
- Разрешение 1 мкм/м
- Нелинейность $\pm 0,5\%$ от полной шкалы
- Монтаж с помощью винтов или клея
- Степень защиты IP54
- Диапазон температур эксплуатации $-40...+85^\circ\text{C}$

	Тип данных	Размер данных	Начало и конец	Значения и код
Наименование ЭИ :=	ТИП	i	$[p_1 \dots p_1+i-1]$	$\langle v_1 \dots v_n \text{ код} \rangle$

Рис. 8. Описание ЭИ

Таблица 21

Описание типов данных

№ типа	Тип данных	Символ	Значение
1	Целое число без знака	UI	Положительные целые числа
2	Целое число	I	Положительные или отрицательные целые числа
3	Число с фиксированной запятой без знака	UF	Положительные числа с фиксированной запятой
4	Число с фиксированной запятой	F	Положительные и отрицательные числа с фиксированной запятой
5	Действительное число	R	Положительные и отрицательные числа с плавающей запятой
6	Строка битов	BS	Совокупность независимых битов*
7	Строка байтов	OS	Совокупность байтов

* Битовые данные — это строка битов размера 1.

2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	Биты
F 2 ⁻¹⁶	F 2 ⁻¹⁷	F 2 ⁻¹⁸	F 2 ⁻¹⁹	F 2 ⁻²⁰	F 2 ⁻²¹	F 2 ⁻²²	F 2 ⁻²³	Байт 1
F 2 ⁻⁸	F 2 ⁻⁹	F 2 ⁻¹⁰	F 2 ⁻¹¹	F 2 ⁻¹²	F 2 ⁻¹³	F 2 ⁻¹⁴	F 2 ⁻¹⁵	Байт 2
E 2 ⁰	F 2 ⁻¹	F 2 ⁻²	F 2 ⁻³	F 2 ⁻⁴	F 2 ⁻⁵	F 2 ⁻⁶	F 2 ⁻⁷	Байт 3
S — знак	E 2 ⁷	E 2 ⁶	E 2 ⁵	E 2 ⁴	E 2 ³	E 2 ²	E 2 ¹	Байт 4

Рис. 9. Структура информационных байтов действительного числа

ми полями в структуре ASDU являются только ИБД и как минимум один ОИ.

Идентификатор блока данных должен включать в себя одно обязательное поле — идентификатор типа (ИТ) данных и может включать необязательные поля длины данных (Дл. ASDU), классификатора переменной структуры (КПС), причины передачи (ПП), общего адреса (ОА ASDU).

- ИТ — это идентификатор, который однозначно определяет тип ASDU. Он даёт возможность приёмному устройству пользователя посылать каждый ASDU нужному пользовательскому процессу, а также позволяет приёмному пользовательскому процессу определить, какой тип данных содержится в ASDU, и определить их структуру из местной таблицы.
- Дл. ASDU, как правило, не используется, поскольку число байтов в кадре определяется на канальном уровне, а число элементов информации (ЭИ) указывает КПС.
- КПС позволяет определять число ОИ в ASDU, число ЭИ в наборе элементов информации (НЭИ), а также тип ОИ.
- ПП может определяться как периодическая передача, спорадическая передача, общий опрос, рестарт, инициализация станции, тесты и т.п.
- ОА указывает общий адрес всех ОИ данного ASDU и может конкретизировать источник информации. ОА

является адресом именно прикладного уровня и не обязан совпадать с адресом, передаваемым в поле адреса А в заголовке канального уровня.

Объект информации (каждый ОИ) может включать в себя поля:

- ТОИ — тип объекта информации (необходимо только в случае, если не определён ИТ);
- АОИ — адрес объекта информации;
- НЭИ — набор элементов информации;
- ВМ — временная метка.

Адресные схемы ОИ могут быть неструктурированного и структурированного типов. В первом случае адреса могут использоваться для числового опознавания ОИ, из общего множества номеров; во втором случае адреса могут идентифицировать ОИ, с учётом технологических, физических, топологических и территориальных признаков. Адреса закрепляются за ОИ, при разработке СТМ или при изменении её конфигурации.

Различают три типа НЭИ:

- одиночный ЭИ (команды, события, состояния, результаты измерения);
- последовательность однотипных ЭИ, в которой АОИ или ОА ASDU определяет адрес первого ЭИ в последовательности, а адрес каждого следующего ЭИ определяется по установленной схеме;
- комбинация ЭИ, содержащая разнотипные элементы (например, со-

стояние какого-то агрегата характеризуется комбинацией аналоговых и дискретных величин).

Приведённые в стандарте [11] правила, определяющие общую структуру данных пользователя, резюмируются в виде «Руководства по конструированию блоков пользовательских сервисных данных».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КОДИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Стандарт [12] определяет правила описания ЭИ в соответствии с рис. 8. Размер данных i указывает здесь размер ЭИ в битах. Начало и конец ЭИ задаётся в квадратных скобках в виде номеров первого (p_1) и последнего (p_n) битов, занятых данным ЭИ в каком-то множестве битов (числе); соответственно, $p_n = p_1 + i - 1$. Отсчёт битов ведётся с младшего бита, его номер равен 1. Для многобайтовых чисел используется сквозная нумерация битов, причём первым считается младший байт. В угловых скобках указывается диапазон значений, которые может принимать данный ЭИ. Например, если ЭИ — это секунды, то диапазон значений составляет $\langle 0 \dots 59 \rangle$. При необходимости указывается код значений ЭИ: BIN, BCD, ASCII и т.п.

Стандарт [12] определяет типы данных, представленные в табл. 21.

Если ЭИ составлен из разнотипных полей данных, он обозначается CP (compound) и в фигурных скобках приводится перечень обозначений отдельных полей, а затем приводится описание каждого поля, входящего в составной ЭИ.

Далее приведены примеры рекомендованных типов ЭИ. Символ «:=» используется для сопоставления наименования ЭИ с описанием поля информации.

Положительным целым числом может быть представлен, например, ЭИ «двухэлементная информация» DPI := UI 2 [1...2] $\langle 0 \dots 3 \rangle$; $\langle 1 \rangle$:= состояние «выключено», $\langle 2 \rangle$:= состояние «включено», $\langle 0 \rangle$ и $\langle 3 \rangle$:= неопределённые состояния.

Целое число со знаком может представлять масштабированное значение измеряемой величины SVA := I 16 [1...16] $\langle -2^{15} \dots +2^{15} - 1 \rangle$. Бит знака располагается в старшем двоичном разряде.

Число с фиксированной запятой без знака представляет, например, 8-бито-

вое нормализованное значение величины := UF 8 [1...8] <0...1-2⁻⁸>.

Число с фиксированной запятой со знаком представляет, например, 16-битовое нормализованное значение величины NVA := F 16 [1...16] <-1...+1-2⁻¹⁵>. Бит знака располагается в старшем двоичном разряде.

Действительное число (число с плавающей запятой, рис. 9) короткого формата в соответствии со стандартом IEEE STD 754 представляется следующим образом:

```
R32IEEESTD754 := R32.23 {Fraktion,
Exponent, Sign}
Fraktion = F := UF 23 [1...23] <0...1-2-23>
Exponent = E := UI 8 [24...31] <0...255>
Sign = S := BS 1 [32] S <0> := плюс,
S <1> := минус
```

Значение числа с плавающей запятой составляет $R = (-1)^S \cdot 2^{E-127} \cdot (1, F)$.

На рис. 9 цветом выделены однотипные биты, которые в форматированной структуре разнесены по разным байтам.

Строка независимых битов может представлять ЭИ типа «8-битовый регистр состояния» BS8Status.

```
BS8Status := BS 8 [1...8]
BS8 [n] := Sn Sn <0> := OFF, Sn <1> := ON
```

Строка (набор) байтов может быть представлена, например, ЭИ, являющимся строкой из i 8-битовых символов из расширенного набора символов ASCII: OS 8i [1...8i] <ASCII 8-битовый код>. Рекомендуемое применение — текстовая информация.

Примером **составного элемента информации** является семибайтовый ЭИ для передачи астрономического времени CP56Время2а (рис. 10).

```
CP56Время2а := CP56{миллисекунды,
минуты, резерв1, IV (недействительно),
часы, резерв2, SU (летнее время),
день месяца, день недели, месяцы,
резерв3, годы, резерв4}
миллисекунды := UI 16 [1...16] <0...59999>
минуты := UI 6 [17...22] <0...59>
резерв1 := BS 1 [23]
IV := BS 1 [24] <0...1> IV <1> := время
недействительно
часы := UI 5 [25...29] <0...23>
резерв2 := BS 2 [30...31]
SU := BS 1 [32] <0...1> SU <1> := летнее
время
день месяца := UI 5 [33...37] <1...31>
день недели := UI 3 [38...40] <1...7>
месяцы := UI 4 [41...44] <1...12>
```

2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	Биты
Биты 1-16 — миллисекунды (младший байт)								Байт 1
Миллисекунды (старший байт)								Байт 2
IV	Резерв1	Минуты						Байт 3
SU	Резерв2		Часы					Байт 4
Дни недели			Дни месяца					Байт 5
Резерв3				Месяцы				Байт 6
Резерв4	7-й байт (старший) – годы							Байт 7

Рис. 10. Пример составного ЭИ для передачи астрономического времени

Пользовательские процессы					
Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	...	Функция n
Модель ЕРА (сервисы связи). Прикладной уровень (уровень 7)					
Модель ЕРА (сервисы связи). Канальный уровень (уровень 2)					
Модель ЕРА (сервисы связи). Физический уровень (уровень 1)					

Рис. 11. Расположение сервисов связи и прикладных функций в модели ЕРА

```
резерв3 := BS 4 [45...48]
годы := UI 7 [49...55] <0...99>
резерв4 := BS 1 [56]
```

Возможно использование укороченных форматов времени: трёхбайтовый формат времени CP24Время2а предусматривает передачу трёх первых (младших) байтов (миллисекунды, минуты), а двухбайтовый формат времени CP16Время2а — только двух первых байтов (миллисекунды).

ОСНОВНЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ ФУНКЦИИ

В стандарте [13] определены основные прикладные телемеханические функции, которые реализуют стандартные процедуры передачи, используемые в СТМ. Основные прикладные функции являются пользовательскими процедурами, которые находятся вне

пользовательского уровня модели ЕРА. Определения данного стандарта служат базовыми для различных сопутствующих (вспомогательных) стандартов, которые, как предполагается, должны быть детально разработаны для отдельных телемеханических задач.

Общую концепцию прикладных функций, которые являются частью процессов пользователя, поясняет рис. 11.

В стандарте [13] основные прикладные функции представлены с помощью диаграмм, показывающих последовательность блоков данных ASDU, которыми обмениваются КП и ПУ, и путём описания блоков данных, выполняющих эти функции.

Описание различных ASDU осуществляется с использованием меток трёхуровневой структуры, которая принципиально может наращиваться. На верх-

**Официальный дистрибьютор QNX, компания SWD Software, представляет
УНИКАЛЬНАЯ ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ОСРВ QNX
ОТКРЫТ ДОСТУП К ИСХОДНЫМ КОДАМ**



**Объединение преимуществ коммерческих программных
продуктов и проектов с открытым исходным кодом
SWD Software – эксперт встраиваемых решений
Подробности на www.swd.ru**

SWD
SOFTWARE

официальный
дистрибьютор 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

нем уровне указанной структуры выделяются 4 вида информации, обозначенных метками: М — контрольная, С — управляющая, Р — параметр, F — передача файла. Уровнем ниже осуществляется конкретизация меток верхнего уровня в соответствии с табл. 22. Ещё уровнем ниже используются две уточняющие буквы: первая буква определяет наличие метки времени (N — нет меток времени, T — метка времени), а вторая определяет тип (формат), начиная с А, в алфавитном порядке в соответствии с обобщающими стандартами.

Определение М_ME_TA, например, описывает следующую функцию: контрольная, измерение, с меткой времени, ASDU определяется типом А. Другой пример: определение С_SC_NA описывает команду однопозиционного управления без метки времени, тип А.

Процедуры прикладного уровня, с помощью которых реализуются основные пользовательские функции, представлены далее в соответствии со стандартом [13].

- **Инициализация работы станций на уровнях** ПУ и КП для установки станций в правильное рабочее состояние до того, как начнутся телемеханические операции.
- **Сбор данных при помощи опроса** для получения на ПУ действительного состояния переменных процесса на КП.
- **Циклическая передача данных** для выполнения непрерывного низкоприоритетного опроса текущих значений переменных величин процесса в СТМ, работающих с балансными и небалансными процедурами передач.
- **Сбор данных о событиях**, возникающих спонтанно, в том числе и с таким периодом, который может быть значительно меньше времени передачи сообщения. На прикладном уровне процедура передачи событий из КП с заданным приоритетом прерывает исполнение всех низкоприоритетных передач, например циклической. (На канальном уровне принудительное прерывание передачи кадра никогда не производится.) В небалансных системах процесс передачи на КП должен ждать запроса из ПУ. Для ускорения сбора информации в этом случае применяется *процедура сбора данных о событиях с помощью процедуры быстрой проверки*.
- **Общий опрос и опрос КП**, применяемые для обновления данных ПУ после процедуры инициализации или в случае, если ПУ обнаруживает поте-

Описание типов данных

Вид информации	Метка
Контрольная	М
Одноэлементная	M_SP
Двухэлементная	M_DP
Измерения	M_ME
События	M_EP
Интегральные суммы	M_IT
Ступенчатые перемещения	M_ST
Строки битов и байтов	M_BO
Конец инициализации	M_EI
Прикладной уровень доступен	M_AA
Передача файла	F
Каталог (структура данных)	F_DR
Вызов файла	F_SC
Последняя секция (сегмент)	F_LC
Подтверждение приёма ACK	F_AF
Готовность файла	F_FR
Готовность секции	F_SR
Сегмент	F_SG

рю информации. Функция общего опроса из ПУ требует передачи из КП действительных значений величин всех переменных процесса.

- **Синхронизация времени на ПУ и КП** для получения хронологической последовательности событий на объекте с целью регистрации событий на месте и контроля процессов приёма-передачи сообщений.
- **Передача команд** для изменения состояния оперативного оборудования. Команды могут инициироваться оператором или управляющими процедурами на ПУ, а выполняться непосредственно или двумя этапами: команда выбора, команда исполнения.
- **Передача интегральных сумм (телесчёт)** с получением информации от счётчиков по методу чтения интегрального значения без сброса счётчика в исходное состояние или чтения интегрального значения на определённом временном интервале с последующим обнулением счётчика.
- **Загрузка параметров** при изменениях на КП заранее определённых параметров (например, значений пределов измерений, порогов или постоянных времени фильтрации).
- **Тестовая процедура**, используемая для проверки полной петли от ПУ до КП и затем обратно к ПУ, включая соответствующие функции пользователя.
- **Пересылка файлов**, необходимая в тех случаях, когда размер индивидуального объекта информации ОИ превышает заданную максимальную

Вид информации	Метка
Управляющая	С
Команда однопозиционная	C_SC
Команда двухпозиционная	C_DC
Команда уставки	C_SE
Команда пошагового регулирования	C_RC
Команда опроса	C_IC
Команда считывания	C_RD
Команда опроса показаний счётчиков	C_CI
Конец инициализации	C_EI
Команда установки процесса в исходное состояние	C_RP
Команда тестовая	C_TS
Команда синхронизации по времени	C_CS
Команда определения запаздывания	C_CD
Параметр	P
Параметр для измерений	P_ME
Активация параметров	P_AC

длину ASDU. В этом случае ОИ передаётся к месту назначения в форме сегментов.

- **Определение запаздывания передачи** суммой задержки передачи и внутренней задержки в аппаратуре. Эта функция основывается на использовании процедуры синхронизации работы ПУ и КП.

Каждая из указанных процедур в стандарте представлена в виде последовательности обмена между прикладными уровнями ПУ и КП служебными и информационными блоками данных ASDU.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время успешное решение задач автоматизации пространственно распределённых объектов определяется эффективной системной интеграцией, максимально использующей передовые технологии и коллективный опыт, оформленные стандартами и другими нормативными документами. Одной из форм продвижения современных достижений в область системной интеграции является рекомендация активного использования вводимых в нашей стране международных стандартов. Решению этой задачи и посвящена данная статья. ●

ЛИТЕРАТУРА

16. Вулис А., Сумительнов В. Основные положения базовых стандартов ГОСТ Р МЭК на устройства и системы телемеханики. Часть 1 // Современные технологии автоматизации. 2007. № 4.

ipc2U

СОВЕРШЕНСТВО В НАДЕЖНОСТИ

www.icp-das.ru

ICP DAS

Официальный дистрибьютор
ICP DAS Co., LTD
в России – компания **IPC2U**

ПРОДУКЦИЯ КОМПАНИИ ICP DAS:

- Имеет расширенный диапазон рабочих температур -25...+75°C
- Обладает высокой функциональностью и надежностью
- Проверена многолетним опытом внедрений
- Включена в Государственный реестр средств измерений
- Имеет разрешение Госгортехнадзора
- Представлена в полном объеме на сайте www.icp-das.ru



Закажите каталог продукции
ICP DAS на русском языке

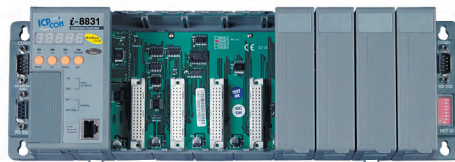
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ



WinCon

Высокопроизводительный контроллер с функциональностью персонального компьютера

- Процессор Intel Strong Arm 206 МГц
- Оперативная память 64 Мбайт, встроенная FLASH-память 32 Мбайт
- Поддержка карт памяти CompactFlash
- Операционная система реального времени Windows CE.net
- Интерфейсы RS-232, RS-485, USB, Ethernet, а также VGA и PS/2
- 3 или 7 слотов расширения, возможность комплектации дополнительными корзинами расширения



I-8000

Универсальный контроллер для систем сбора данных и управления

- Процессоры x86 40 или 80 МГц
- Интерфейсы RS-232, RS-485, Ethernet, ModBus, CANopen, DeviceNet
- Встроенная DOS-совместимая операционная система
- 4 или 8 слотов расширения, возможность комплектации дополнительными корзинами расширения
- Трехуровневая гальваническая изоляция до 3000 В



I-7000

Самые популярные в России модули удаленного сбора данных и управления

- Большое число модификаций, обеспечивающих ввод любых сигналов
- Непосредственное подключение к датчикам и исполнительным механизмам
- Поддержка протоколов DCON или ModBus RTU на шине RS-485
- Возможность считывания данных непосредственно в инженерных единицах
- Экономичность построения больших территориально-распределенных систем сбора данных и управления

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРОВ ICP DAS



ipc2U

СОВЕРШЕНСТВО В НАДЕЖНОСТИ

www.ipc2U.ru

г. Москва, Тел.: (495) 232-02-07, Факс: (495) 232-0327, E-mail: sales@ipc2u.ru

г. Санкт-Петербург, Тел.: (812) 271-56-02, Факс: (812) 271-56-06, E-mail: spb@ipc2u.ru

г. Екатеринбург, Тел.: (343) 381-56-26, Факс: (343) 381-56-27, E-mail: ekb@ipc2u.ru

IPC2U - зарегистрированная торговая марка ООО "АйПиСи2У"



Метрология цифровых измерений

Аркадий Гуртовцев

Проведён анализ основных понятий метрологии измерительных систем (ИС) и их разновидности — АСКУЭ. Показаны недостатки исторически сложившихся методов метрологической аттестации цифровых ИС и АСКУЭ. Предложено выделять и метрологически аттестовывать в качестве средств измерений в современных ИС и АСКУЭ только их входную часть — первичные цифровые средства измерений или измерительные каналы с цифровым выходом; при этом остальные системные средства рассматривать как вторичные средства неизмерительного назначения, требующие не метрологической, а цифровой аттестации. Такой подход позволяет существенно сократить затраты на метрологическое обеспечение ИС и АСКУЭ.

Часть 1

Предисловие

Причиной пересмотра основных понятий метрологии измерительных систем (ИС) послужили современные цифровые автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии (АСКУЭ). Позиция автора по данному вопросу изложена в ряде публикаций [1-6]. В России в области метрологии электрических измерений существует большая нормативно-правовая и нормативно-техническая база, включающая в себя более двухсот документов различного уровня и назначения [7]. Тем не менее как в России, так и в странах СНГ (включая Белоруссию) отсутствуют метрологические документы (стандарты, методики, рекомендации, методические указания) на цифровые ИС и АСКУЭ, отражающие особенности современных цифровых технологий. Более того, отсутствует даже среди специалистов чёткое понимание того, что представляют собой цифровые ИС и чем они в метрологическом отношении принципиально отличаются от нецифровых систем.

Поэтому на цифровые ИС в странах СНГ до сих пор автоматически распространяется действие метрологических документов, разработанных ещё 20-30 лет назад для систем различного назначения (измерительных информационных, информационно-измерительных и измерительно-вычислительных комплексов), или новых документов, кото-

рые некритически, без учёта достижений современных информационных технологий заимствовали устаревшие представления и положения прежней метрологии ИС. В частности, для России в настоящее время действуют в области ИС такие метрологические документы, как [8-23], для Украины — [8, 10, 24-28], для Белоруссии — [8, 10, 24-37].

ИС вчерашнего дня были ориентированы на технологии глобальной обработки измерительной информации в виде унифицированных аналоговых и дискретных сигналов. Современные же цифровые ИС и АСКУЭ используют в своей основе новейшие технологии обработки измерительной информации, представленной в виде рациональных чисел известной точности, с применением вычислительных машинных алгоритмов арифметики ограниченной точности. Например, в рамках цифровых АСКУЭ процессы аналоговых измерений сосредотачиваются только в их входной части, на нижнем уровне — уровне масштабных преобразователей и электронных электросчётчиков с длительно хранимой в них базой данных учёта, представленных в цифровом виде, и с внешним доступом к этой базе по цифровым интерфейсам [5]. Аналогичные подходы внедряются сегодня и в другие цифровые ИС. Новые технологии построения цифровых ИС и АСКУЭ требуют пересмотра и переосмысления целого ряда метрологических понятий, сформировавшихся ещё в эпоху аналоговых измерений и пре-

обладающих в действующих метрологических документах.

В настоящей работе проводится ревизия таких базовых метрологических понятий, как измерение, средство измерений, измерительная система, измерительный канал и т.д. На основе критического анализа различных метрологических документов выявляется неудовлетворительное состояние ряда понятий и положений метрологии ИС: их неоднозначность, размытость, противоречивость. Становится очевидным, что существующие метрологические документы нельзя применять по отношению к цифровым ИС и АСКУЭ. Необходимо сформировать в метрологии, по крайней мере, относительно современных цифровых ИС, подвидом которых являются цифровые АСКУЭ, новый подход. Необходимо создать новое направление метрологии — метрологию цифровых измерений.

Критический анализ основных понятий метрологии

О понятии «измерение»

Согласно рекомендации РМГ 29-99 [10] метрология определяется как «наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности». Именно поэтому ключевым понятием метрологии является измерение.

Одни и те же термины, приводимые в разных метрологических документах,

имеют, как правило, различные определения, что затрудняет их согласованное понимание, порождает неопределённости или даже противоречия. Так, например, согласно [30] **«Измерение — совокупность операций, выполняемых для определения значения величины»**. Такая трактовка чрезвычайно широка, она охватывает процессы, которые относятся не только к измерению, а в содержании понятия остаются неясными определяющие термины: о какой величине идёт речь (физической, математической, психической и т.п.), какая совокупность операций относится к измерению, что должно являться значением величины (число, сигнал, код)?

В ГОСТ 16263-70, на смену которому пришли современные рекомендации РМГ 29-99, измерение определялось столь же расплывчато: **«нахождение значения физической величины опытным путём с помощью специальных технических средств»**. Такая трактовка породила в 70-90-е годы на страницах научных журналов ожесточённую полемику относительно того, как же надо понимать термин «измерение» и другие сопутствующие ему категории метрологии. Уже тогда многие авторы предостерегали от необоснованного расширения понятия измерения на любые операции приписывания чисел объектам материального мира (операции арифметизации), отмечая, что хотя измерение и сводится, в конце концов, к числовому представлению физических величин, но не всякое числовое представление этих величин есть измерение. В частности, отмечалось, что «...имеется озабоченность неопределённостью ряда понятий в метрологии и навязываемой «экспансией» метрологических терминов в другие сферы...», «...из определения понятия «измерение» исчезла его сущность — сравнение измеряемой величины с другой величиной, принятой за единицу...» [38], «...имеется явная необходимость ограничить степень обобщения понятия «измерение», исходя из пользы научной и практической...» [39].

Тогда же из-за отсутствия чёткого определения и общепризнанного понимания термина «измерение» произошла путаница между близкими понятиями «измерение», «контроль», «сравнение». Любое измерение есть процесс сравнения с единицей измерения, контроль может рассматриваться как частный случай измерения (когда требуется знать не конкретные значения физических величин, а только их

соотношения типа «больше», «меньше» или «равно»), но не каждая операция сравнения или контроля является операцией измерения. Поскольку границы распространения метрологии полностью зависят от того содержания, которое вкладывается в понятие «измерение», постольку важно правильное его определение. Чрезмерное расширение этого понятия приводит к тому, что оно охватывает как измерения, так и вычисления, и под измерение попадают любые действия, связанные с приписыванием величине числового значения. Вместе с тем следует помнить, что метрология оперирует результатами, полученными экспериментально, то есть путём измерений, а не вычислений. Поэтому процедуру по приписыванию числового значения величине без сопоставления её с единицей измерения нельзя назвать измерением.

Рассмотренные замечания учтены в определении термина, данного в РМГ 29-99: **«Измерение физической величины — совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с её единицей и получение значения этой величины»**. Здесь речь идёт, во-первых, не о какой-то величине вообще, а о физической величине, во-вторых, о совокупности операций по применению особого технического средства, хранящего единицу физической величины, в-третьих, о совокупности операций, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с её единицей, в-четвертых, о получении значения этой величины. Важно примечание к этому определению в документе: **«Приведённое определение понятия «измерение» удовлетворяет общему уравнению измерений, что имеет существенное значение в деле упорядочения системы понятий в метрологии. В нём учтена техническая сторона (совокупность операций), раскрыта метрологическая суть измерений (сравнение с единицей) и показан гносеологический аспект (получение значения величины)»**.

Отметим, что согласно РМГ 29-99 под значением физической величины подразумевается **«выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для неё единиц, а под её числовым значением — «отвлечённое число, входящее в значение величины»**. Таким образом, результатом окончания процесса измерения должно быть опре-

делённое число, выражающее количество единиц измерения в измеряемой величине. Если говорить строго, то результатом измерения должно быть рациональное число, определённое с известной точностью. Вспомним, что целые и дробные числа (положительные, отрицательные и нуль) образуют множество рациональных чисел, которое **замкнуто** по отношению к арифметическим действиям, **упорядочено** в отношениях порядка «больше» и «меньше» и обладает свойством **плотности**, что и позволяет представлять при помощи этих чисел результаты измерений и вычислений с любой степенью точности.

В заключение отметим, что **счёт** решает проблемы количественной идентификации множества дискретных объектов и их дискретных качеств, а **измерение** — количественной идентификации непрерывных (аналоговых) качеств этих объектов. В том случае когда непрерывное качество физического объекта или процесса дискретизируется и результат такого аналого-цифрового преобразования (оцифровывания) может быть выражен совокупностью рациональных чисел известной точности, процесс измерения можно считать окончанным. Последующие преобразования цифрового результата следует относить к процессу вычисления, а не измерения.

О результатах измерений. Прямые и косвенные измерения

Конечным результатом измерения физической величины должно стать определение её значения, то есть выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для неё единиц. Размер физической величины — это её количественная определённость, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу, а единица измерения физической величины — физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное единице, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин [10]. Размер физической величины имеет именование её единицы измерения (например, Вт), а значение физической величины содержит как её числовое значение (отвлечённое число), так и именование её размера (например, 10 Вт).

Согласно [10] **«результат измерения физической величины — значение величины, полученное путём её измерения»**. Запомним, что именно путём измерения, то

есть экспериментально, а не путём вычислений вне средства измерений. Вместе с тем значения многих вторичных физических величин являются результатом вычислений, выполненных над значениями первичных физических величин. В соответствии с этим метрология разделяет все измерения на прямые и косвенные. Согласно [10] *«прямое измерение — измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно»* (уравнение измерения $Q=q [Q]$, где Q — измеряемая величина, а $q [Q]$ — результат измерения, причём q — числовое значение величины, а $[Q]$ — её размер). Важно примечание к данному определению: *«Термин „прямое измерение“ возник как противоположный термину „косвенное измерение“. Строго говоря, измерение всегда прямое и рассматривается как сравнение величины с её единицей». Соответственно „косвенное измерение“ — определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной»* (уравнение измерения $Q=f(X, Y, Z)$, где X, Y, Z — результаты прямых измерений, а Q — искомая величина).

При выполнении косвенных измерений необходимо в системе физических величин (согласно [10] *«система физических величин — совокупность физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимают за независимые, а другие определяют как функции независимых величин»*) различать основные (*«основная физическая величина — физическая величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы»*) и производные (*«производная физическая величина — физическая величина, входящая в систему величин и определяемая через основные величины этой системы»*) физические величины.

По линии глобального разделения всех измерений на прямые и косвенные (разновидностью косвенных измерений являются совокупные и совместные) проходит наиболее спорная область метрологии, вызывающая различное понимание того, что является измерением, а что им не является, где кончается измерение и начинается иной, неизмерительный процесс, что является средством измерения, а что им не является. Поскольку метрология должна обеспечить решение измери-

тельных задач (согласно [10] *«измерительная задача — задача, заключающаяся в определении значения физической величины путём её измерения с требуемой точностью в данных условиях измерений»*) для основных, или первичных (при прямых измерениях), и производных, или вторичных (при косвенных измерениях), физических величин, то следует определиться, в каких случаях вычисления (и другие операции неизмерительного назначения) являются неразрывной составной частью процесса измерения, а в каких случаях их можно (и нужно!) отделить от процесса измерения и рассматривать автономно.

В действующих документах по метрологии такая постановка вопроса до сих пор отсутствует [8–37]. Более того, под косвенные измерения и средства измерений, независимо от вида их реализации и свойств, до сих пор подгоняются все технические средства, в которых имеется хотя бы одна операция над результатом измерения, причём независимо от её вида: хранение, передача, обработка, отображение, документирование и т.п.

О понятии «средство измерений»

Согласно РМГ 29-99 [10] *«средство измерений (СИ) — техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени»*. Важно примечание в документе к указанному определению: *«Приведённое определение вскрывает суть СИ, заключающуюся, во-первых, в „умении“ хранить (или воспроизводить) единицу физической величины; во-вторых, в неизменности размера хранимой единицы. Эти важнейшие факторы и обуславливают возможность выполнения измерения (сопоставление с единицей), то есть „делают“ техническое средство средством измерения»*.

Корректное, то есть в соответствии с их содержанием, применение на практике понятий «измерение» и «средство измерений», изложенных в РМГ 29-99, приводит к противоречиям со всеми другими метрологическими документами, в которых эти понятия некритично и необоснованно распространяются на все технические операции и средства, используемые совместно с «истинными» СИ. Достаточно в качестве примера привести определение СИ из стан-

дарта [8], до сих пор действующего на территории стран СНГ: *«СИ — средство, предназначенное для измерений, вырабатывающее сигнал (показание), несущий информацию о значении измеряемой величины, или воспроизводящее величину заданного (известного) размера. СИ — это меры, компараторы, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные системы. Для СИ должны быть установлены МХ»* (МХ — метрологические характеристики).

Примечательно, что в этом определении проявилась та технология построения СИ, которая и позволила метрологам чрезвычайно расширить объём этого понятия в ущерб его содержанию, — технология обработки сигналов. Об этом подробнее будет сказано в последующих разделах статьи. По существу же во всех самых последних российских документах на ИС и АСКУЭ [12–23] проводится та же устаревшая метрологическая практика. Но ведь технологии-то с тех пор изменились, причём существенно!

Об измерительной информации и первичных СИ

Числовое значение физической величины, о котором говорилось ранее, не является единственным способом представления результата измерения. Более общий термин, отражающий как числовые значения физической величины, так и её значения в иной форме (сигнал, отсчёт, код), — *измерительная информация* (согласно [10] определяется как *«информация о значениях физических величин»*). Покажем противоречивость понятий «значение физической величины» и «измерительная информация»: в первом значение физической величины выражается в виде некоторого числа принятых для неё единиц, а во втором подразумевается, что значения физических величин могут отличаться от числового (в противном случае, если нет отличий, то нет и смысла вводить термин «измерительная информация» дополнительно к термину «значение физической величины»).

Итак, разновидностью измерительной информации является сигнал и отсчёт. Согласно [10] *«измерительный сигнал — сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой физической величине», а «отсчёт показаний средства измерений — фиксация значения величины или числа по показывающему устройству средства измерений в заданный момент времени»*. Помимо пред-



Процессорные платы CompactPCI и VME с процессором Intel Pentium M

СРС501

Для телекоммуникаций

- Формат СРСІ, 6U, 4HP
- Процессор Intel Pentium M до 1,8 ГГц
- ОЗУ до 1 Гбайт DDR ECC
- Видеосистема с разрешением QXGA
- 2 Gigabit Ethernet, 1 Fast Ethernet
- 5 USB, 4 COM
- Слот PMC
- Широкий набор плат тыльного ввода-вывода

СРС502

Для контрольно-измерительных систем

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

СРС600

Для специальных систем управления

- Формат VME 64X, 6U, 4HP
- Процессор Intel Pentium M до 1,8 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**
- Высокая вибро- и ударостойкость
- Влагозащитное покрытие

ProSoft®

Официальный дистрибьютор в России и странах СНГ — компания ПРОСОФТ

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ
САМАРА
НОВОСИБИРСК
КИЕВ
УФА

Телефон: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Телефон: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • 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 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Телефон: (383) 202-0960, 335-7001, 335-7002 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

Россия

#449

ставления значения физической величины в виде **числа, сигнала и нецифрового отсчёта** — регламентированных разновидностей измерительной информации — возможно её представление и в виде некоего **кода** (двоичного, шестнадцатеричного, двоично-десятичного и др.). Но в РМГ29-99 определение такого способа представления измерительной информации отсутствует.

То, что в большинстве СИ (в частности, в ИС) до сих пор результат измерения представляется не в виде числа, а в виде сигнала, отсчёта или кода, является одной из причин того, что любые операции над данными видами измерительной информации трактуются как измерительные, а технические средства, в которых реализуются эти операции, определяются как СИ. Имеются и другие причины такого положения, о которых будет сказано в последующих разделах статьи.

Прежде чем перейти к анализу особенностей ИС, кратко рассмотрим первичные СИ, к которым относят меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи и датчики, измерительные устройства, измерительные установки. Приведём соответствующие определения согласно [10]:

- **«мера физической величины — СИ, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью»;**
- **«измерительный прибор — СИ, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне»;**
- **«измерительный преобразователь (ИП) — техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи»** (важно примечание к данному определению: «По характеру преобразования различают аналоговые, цифро-аналоговые, аналого-цифровые преобразователи. По месту в измерительной цепи различают первичные и промежуточные преобразователи. Выделяют также масштабные и передающие преобразователи»), **«первичный измерительный преобразователь (ПИП) — ИП, на который непосредственно воздействует измеряемая физи-**

ческая величина, то есть первый преобразователь в измерительной цепи измерительного прибора (установки, системы)», а «**датчик** — конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы» (важно примечание: «Датчик может быть вынесен на значительное расстояние от СИ, принимающего его сигналы»);

- **«измерительное устройство — часть измерительного прибора (установки или системы), связанная с измерительным сигналом и имеющая обособленную конструкцию и назначение», «измерительная цепь — совокупность элементов СИ, образующих непрерывный путь прохождения измерительного сигнала одной физической величины от входа до выхода»;**
- **«измерительная установка — совокупность функционально объединённых мер, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте».**

Заметим, что в приведённых определениях первичных СИ форма представления измерительной информации либо не указывается (полагается, что



GE imagination at work

Универсальные источники бесперебойного питания серии VN — сочетание компактности и надёжности

- Модели с выходными мощностями 700, 1000, 1500, 2000 и 3000 В·А
- Монтаж в 19" стойку или башенно-напольное исполнение: монтажные аксессуары входят в комплект поставки
- Разъём для подключения внешней батареи
- Широкий диапазон входного напряжения 130-280 В при 70% нагрузке
- Выходное напряжение (220, 230 или 240 В) выдерживается с точностью $\pm 2\%$
- Уникальный отказоустойчивый байпас для непрерывной работы
- Замена батарей в «горячем» режиме
- Широкий набор средств коммуникации: USB, RS-232, SNMP, «сухие» контакты
- Высота 2U
- Время безотказной работы более 730 000 часов

Области применения: серверы, телекоммуникационное оборудование, локальные сети, технологическое оборудование

Дистрибьютор продукции GE Consumer & Industrial в России — компания ПРОСОФТ

PROSOFT®

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

она не имеет значения, хотя это и не так, как показано далее), либо определяется как измерительный сигнал.

Рассмотрим понятия ИС, которые являются основным предметом данной статьи.

О понятии «измерительная система»

Согласно [10] «**измерительная система (ИС)** — совокупность функционально объединённых мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещённых в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях». Важно примечание к определению: «В зависимости от назначения измерительные системы разделяют на измерительные информационные, измерительные контролирующие, измерительные управляющие системы и др.».

Обратим внимание на то, что в определении ИС превалирует как результат измерения измерительный сигнал, а не числовое значение величины. Кроме того, в самом определении ИС не делается различий между СИ и другими тех-

ническими средствами, включая ЭВМ, то есть средства неизмерительного назначения. Полагается, что все эти средства применяются «с целью измерения».

Аналогичные, только более детальные определения ИС приведены в документе СНГ [26] и российском стандарте [9]:

● «**ИС** — техническое устройство, предназначенное для измерений и представляющее собой, в общем случае, совокупность измерительных приборов, измерительных преобразователей (в том числе устройства согласования сигналов), мер, измерительных коммутаторов, линий связи, цифровых и аналоговых вычислительных устройств, объединённых общим алгоритмом функционирования и предназначенных для автоматического (автоматизированного) получения данных о состоянии объекта путём измерительных преобразований множества изменяющихся во времени и распределённых в пространстве величин, характеризующих это состояние; машинной обработки результатов измерений; регистрации и индикации результатов измерений и результатов их машинной обработки; преобразования этих данных в выходные сигналы системы»;

● «**ИС** — совокупность измерительных, связующих, вычислительных компонентов, образующих измерительные каналы (ИК), и вспомогательных устройств (компонентов измерительных систем), функционирующих как единое целое, предназначенная для получения информации о состоянии объекта с помощью измерительных преобразований в общем случае множества изменяющихся во времени и распределённых в пространстве величин, характеризующих это состояние; машинной обработки результатов измерений; регистрации и индикации результатов измерений и результатов их машинной обработки; преобразования этих данных в выходные сигналы системы в разных целях».

Эти определения при общем сходстве с предыдущим отличаются от него наличием большего количества компонентов, характеризующих внутреннее устройство (структуру) системы, а также большим перечнем выполняемых системой функций.

Характерными свойствами ИС являются размещение «технических средств ... в разных точках контролируемого объекта и т.п.» (первое определение) и получение «данных о состоянии объекта



PLANAR

ЧЁТКО

Электролюминесцентные дисплеи Planar® — **ИДЕАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ** для отображения данных в медицине, промышленной автоматизации, на транспорте, в военных системах

БЕЗОПАСНО

ЯСНО

- Низкий уровень электромагнитного излучения
- Устойчивость к ударным и вибрационным воздействиям
- Расширенный диапазон рабочих температур от -50 до +85°C (модель EL320.240-FA3)
- Высокая контрастность изображения
- Широкий угол обзора >160°
- Время отклика <1 мс
- Среднее время безотказной работы до 100 000 ч
- Высокая параметрическая устойчивость: более 75% первоначальной яркости сохраняется после 10 лет эксплуатации



Официальный дистрибьютор компании Planar в России и странах СНГ

ProSoft®

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ
САМАРА
НОВОСИБИРСК
КИЕВ
УФА

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 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ua
Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

#151

путём измерительных преобразований множества изменяющихся во времени и распределённых в пространстве величин» (второе определение). Таким образом, из сути двух определений ИС следует важный вывод: **различные технические средства ИС размещаются в разных точках пространства и используются для измерения физических величин, изменяющихся во времени и распределённых в пространстве**. Как следствие, процесс измерения с использованием пространственно-распределённых, различных, обособленных в функциональном и конструктивном исполнении технических средств ИС порождает пространственное и временное распределение исходной, промежуточной и результирующей измерительной информации (в форме чисел, отсчётов, сигналов, кодов). Для интеграции такой распределённой во времени и в пространстве информации необходимо обеспечить соответствующие условия её хранения, передачи, обработки, отображения, регистрации, документирования и дальнейшего распространения.

На рис. 1 приведена типовая структурная схема нецифровой ИС, содержащей датчики, измерительные преобразователи (одноканальные и многоканальные), коммутаторы, аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и цифровой вычислительный компонент (ЦВК) [26]. Из схемы ясно, что большая часть ИС (её первичная и вторичные части) осуществляет аналоговые преобразования измерительных сигналов, и только на выходе вторичной части (на выходе АЦП) появляются промежуточные значения физических величин, представляемые в виде цифрового кода. Получение числовых результатов измерений происходит только в

конечном компоненте ИС — в ЦВК в процессе приёма им в реальном масштабе времени кодов с АЦП и их последующей дискретной обработки (вычислений) в своей разрядной сетке (с достаточной разрядностью для достижения требуемой точности вычислений) с использованием соответствующих форматов данных и алгоритмов.

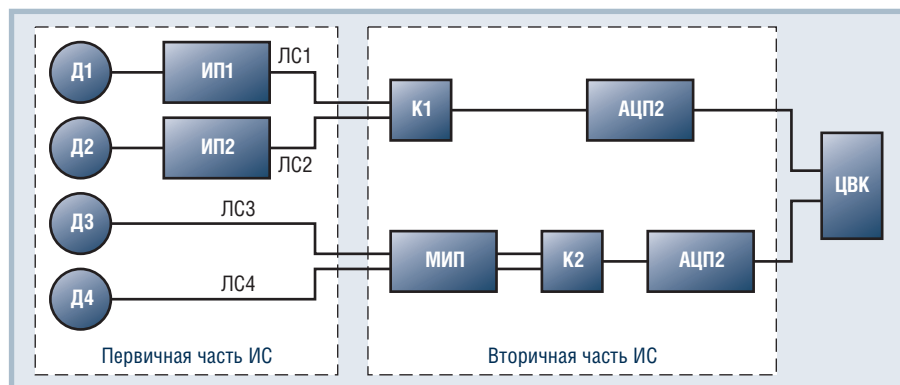
В рассматриваемой структуре ИС преобразования измерительной информации распределены пространственно между компонентами системы, но жёстко связаны во времени: информация на выходе одного компонента должна в реальном масштабе времени и с минимальными задержками быть обработана следующим в измерительной цепи компонентом. Длительное хранение информации, представленной в аналоговом или дискретном виде в том или ином компоненте ИС (за исключением ЦВК), невозможно и недопустимо. Такую структуру системы можно назвать слабо связанной в пространстве (компоненты конструктивно и пространственно обособлены друг от друга), но сильно связанной во времени (связь во времени между функционирующими компонентами нельзя прервать даже на короткий период). В этой ИС все операции, производимые теми или иными компонентами, независимо от их вида (измерительные, связующие, вычислительные), являются составной частью процесса измерения и не могут быть из него вычленины. Неправильная работа какого-либо компонента, даже такого пассивного, как линия связи, автоматически приведёт к ошибочному результату, то есть к метрологическому отказу.

В итоге, хотя ИС содержит пространственно, конструктивно и функцио-

нально обособленные компоненты различного назначения, система в целом должна рассматриваться как единое СИ с вытекающими из этого соответствующими метрологическими последствиями: утверждением или аттестацией типа СИ и его метрологическим контролем. Такая ИС по своей метрологической сути идентична первичному СИ, выполненному в виде законченного изделия. Внутри системы могут выполняться различные операции как измерительного, так и неизмерительного назначения, но в целом она должна рассматриваться как СИ. Основой реализации всех подобных систем является технология глобальной обработки измерительной информации в виде аналоговых или дискретных сигналов. Поэтому такие ИС можно с полным основанием назвать нецифровыми (в них цифровой результат формируется не внутри системы, а только на её выходе).

Совсем иная картина складывается в случае цифровых ИС, типичным представителем которых являются цифровые АСКУЭ. Современные цифровые ИС и АСКУЭ используют в своей основе новейшие технологии глобальной машинной обработки измерительной информации, представленной в цифровом виде. В частности, в цифровой АСКУЭ процессы аналоговых измерений сосредотачиваются только в её первичной части, на уровне измерительных трансформаторов тока, напряжения и электронных электросчётчиков. Все иные процессы на других уровнях цифровой системы представляют собой исключительно процессы неизмерительного назначения: передача, хранение, обработка, анализ, отображение, документирование и распространение цифровой информации известной точности (точность представления и обработки такой информации может быть существенно выше точности результатов измерений, представленных в цифровом виде внутри системы на её нижних уровнях). Эти процессы не относятся к процессам измерений, а только используют их результаты.

Принципы создания цифровых АСКУЭ широко распространяются сегодня и в других цифровых ИС, использующих на нижнем уровне первичные измерительные преобразователи с цифровым выходом и длительно хранимой цифровой базой данных, формируемой в точке измерения. Результатом применения таких технологий является то, что ИС становятся



Условные обозначения:

ИС — измерительная система; ЛС — линия связи; Д — датчик; ИП — измерительный преобразователь; К — измерительный коммутатор; АЦП — аналого-цифровой преобразователь; МИП — многоканальный групповой измерительный преобразователь; ЦВК — цифровой вычислительный компонент.

Рис. 1. Структурная схема ИС

слабо связанными системами не только в пространстве, но и во времени: доступ к цифровым измерительным данным нижнего уровня систем возможен практически в любое время при полной гарантии сохранения результатов измерений в точке измерения и их неискажённого получения для дальнейшей обработки на верхних уровнях системы. Новые технологии построения цифровых ИС и АСКУЭ требуют пересмотра метрологических понятий, сформировавшихся в эпоху аналоговых измерений и преобладающих в метрологии до сих пор.

О понятии «измерительный канал»

Важнейшей частью ИС являются измерительные каналы. Предшественник понятия «измерительный канал» — это понятие «измерительная цепь», которое в соответствии с [10] было определено ранее. Для ИС измерительная цепь превращается в измерительный канал (ИК).

Согласно [30] «**ИК системы** — функционально объединённая совокупность технических средств, предусмотренная алгоритмом его функционирования, выполняющая законченную функцию от

восприятия измеряемой величины до индикации или регистрации результата измерения включительно или преобразование результата измерения в сигнал, удобный либо для дальнейшего использования вне ИС, либо для ввода в цифровое или аналоговое устройство, входящее в состав ИС». Согласно [26] «**ИК ИС** — последовательное соединение измерительных каналов измерительных компонентов ИС, предусмотренное алгоритмом её функционирования, выполняющее законченную функцию от восприятия измеряемой величины до индикации или регистрации результата измерения включительно или преобразование его в сигнал, удобный либо для дальнейшего использования вне ИС, либо для ввода в цифровое или аналоговое вычислительное устройство, входящее в состав ИС». Идентичное определение дано в [28].

В других документах [24, 27, 31, 33, 34] определения ИК существенно отличаются друг от друга. Общее в них только то, что ИК представляет собой цепь последовательно соединённых технических средств, образующих непрерывный путь прохождения измерительной информации от её входа до выхода и предназначенных для измерения одной физической величины. Расхождения

начинаются далее: по использованию ИК, по его структуре, по виду измерительной информации в ИК, по трактовке того, где и чем оканчивается ИК. Так, в одних определениях ИК понимаются как часть ИС, а в других — как отдельные, самостоятельные средства. Относительно структуры ИК в одних определениях все их технические средства представляются как СИ, в других — частично как СИ и иные технические средства, в третьих — как комплекс измерительных преобразователей (то есть СИ конкретного вида), в четвёртых — просто как функционально объединённая совокупность технических средств. Под измерительной информацией, проходящей через ИК, большинство определений понимает аналоговый сигнал. По поводу места и вида окончания ИК также существует разногласия: в одних случаях ИК выполняет законченную функцию от восприятия измеряемой величины до её индикации или регистрации результата измерения включительно (не уточняется, в каком виде), в других — до преобразования результата измерений в сигнал, удобный для использования вне ИС, в третьих — до преобразования результата измерений в сигнал, удобный для ввода

Надёжная память для жестких условий



- Высокая производительность в жестких условиях эксплуатации
- Надёжность хранения данных
- Отсутствие затрат на обслуживание
- Низкое энергопотребление

SanDisk

INNO**DISK**
Beyond your imagination

STEC

PROSOFT[®]

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

#360

в цифровое или аналоговое устройство, входящее в состав ИС, в четвёртых — вообще отсутствует указание на то, где и чем кончается процесс измерения физической величины в ИК.

Такие размытые, не согласованные друг с другом определения ИК, приведённые в различных метрологических документах, ничего, кроме путаницы, вызвать не могут. В следующей части статьи рассматриваются решения проблем метрологии применительно к цифровым ИС. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуртовцев А.Л. Современные принципы автоматизации энергоучёта в энергосистемах // Промышленные АСУ и контроллеры. 2003. № 4.
2. Гуртовцев А.Л., Забелло Е.П. Приборный учёт электрической энергии. Система новых взглядов // Энергетика и ТЭК. 2003. № 3, 4.
3. Гуртовцев А.Л. Правила приборного учёта электроэнергии. Глобальный проект белорусских энергетиков // Новости электротехники. 2004. № 6.
4. Гуртовцев А.Л., Забелло Е.П. Концепция приборного учёта электрической энергии в Республике Беларусь // Энергетика и ТЭК. 2005. № 12 — 2006. № 1.
5. Гуртовцев А.Л. О метрологии цифровых АСКУЭ и границах метрологической экспансии // Электрика. 2006. № 10.
6. Гуртовцев А.Л. Современные принципы приборного учёта электроэнергии. Опыт Беларуси // 10-я научно-практическая конференция-выставка «Метрология электрических измерений в электроэнергетике», 26-30 марта 2007 г., Москва : [сб. докл.].
7. Нормативно-правовая и нормативно-техническая база метрологии электрических измерений в электроэнергетике / Составители: Комкова Е.В., Калашник Л.Н., Туркина О.В. // 10-я научно-практическая конференция-выставка «Метрология электрических измерений в электроэнергетике», 26-30 марта 2007 г., Москва : [сб. докл.].
8. ГОСТ 8.009-84. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
9. ГОСТ Р 8.596-2002. ГСИ. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.
10. РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.
11. МИ 1317-2004. ГСИ. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров.
12. МИ 2439-97. ГСИ. Метрологические характеристики измерительных систем. Номенклатура. Принципы регламентации, определения и контроля.
13. МИ 2440-97. ГСИ. Методы экспериментального определения и контроля характеристик погрешности измерительных каналов измерительных систем и измерительных комплексов.
14. МИ 2539-99. ГСИ. Измерительные каналы контроллеров, измерительно-вычислительных, управляющих, программно-технических комплексов. Методика поверки.
15. МИ 2891-2004. ГСИ. Общие требования к программному обеспечению средств измерений.
16. МИ 3000-2006. ГСИ. Системы автоматизированные информационно-измерительные коммерческого учёта электрической энергии. Типовая методика поверки.
17. РД 34.11.206-94. Методические указания. Информационно-измерительные системы. Методика обработки экспериментальных данных метрологической аттестации.
18. РД 34.11.202-95. Методические указания. Измерительные каналы информационно-измерительных систем. Организация и порядок проведения метрологической аттестации.
19. РД 34.11.333-97. Учёт электрической энергии и мощности на энергообъектах. Типовая методика выполнения измерений количества электрической энергии.
20. РД 34.11.334-97. Учёт электрической энергии и мощности на энергообъектах. Типовая методика выполнения измерений количества электрической мощности.
21. РД 153-34.0-11.204-97. Методика приёмки из наладки в эксплуатацию измерительных каналов информационно-измерительных систем.
22. РД-34.11.114-98. Автоматизированные системы контроля и учёта электроэнергии и мощности. Основные нормируемые метрологические характеристики. Общие требования.
23. РД 153-34.0-11.117-2001. Основные положения. Информационно-измерительные системы. Метрологическое обеспечение.
24. ГОСТ 8.437-81. ГСИ. Системы информационно-измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения.
25. МИ 219-80. Информационно-измерительные системы. Организация и порядок проведения метрологического надзора.
26. МИ-202-80. Методика. Метрологические характеристики измерительных систем. Принципы регламентации и контроля. Основные положения.
27. МИ 222-80. Методика расчёта метрологических характеристик измерительных каналов информационно-измерительных систем по метрологическим характеристикам компонентов.
28. МИ 2002-89. Рекомендации. Государственная система обеспечения единства измерений. Системы информационно-измерительные. Организация и порядок проведения метрологической аттестации.
29. Об обеспечении единства измерений : [закон Республики Беларусь: № 163-3 : принят 20 июля 2006 г.].
30. СТБ 8004-93. Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Метрологическая аттестация средств измерений.
31. МИ 200-80. Методика контроля метрологических характеристик измерительных информационных систем встроенными средствами контроля. Основные положения.
32. ГОСТ 26.203-81. Комплексы измерительно-вычислительные. Признаки классификации. Общие требования.
33. ГОСТ 4.199-85. Система показателей качества продукции. Системы информационные электроизмерительные. Комплексы измерительно-вычислительные. Номенклатура показателей.
34. МИ 1999-89. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Системы измерительные информационные. Общие требования к метрологическому обеспечению.
35. МИ 2168-91. Рекомендация. Системы измерительные информационные. Методика расчёта метрологических характеристик измерительных каналов по метрологическим характеристикам линейных аналоговых компонентов.
36. ГОСТ 22315-77. Средства агрегатные информационно-измерительных систем. Общие положения.
37. ГОСТ 22316-77. Средства агрегатные информационно-измерительных систем. Общие требования к организации взаимодействия средств при построении систем.
38. Марков Н.Н. О терминах «измерение» и «контроль», их определении и понимании // Измерительная техника. 1988. № 1.
39. Земельман М.А. К вопросу о понятии «измерение» // Измерительная техника. 1988. № 2.

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

АСУ ТП для предприятий различных
отраслей промышленности

Промышленные информационные
и диспетчерские системы

Поставка оборудования и программного обеспечения
для систем промышленной автоматизации

Силовые распределительные шкафы НКУ

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
<http://www.prosoftsystems.ru>

Настоящий инженер должен уметь отличать кабель от кабеля

Введение

Настоящий инженер должен уметь отличать кабель от кабеля, поскольку последствия ошибки выбора кабельно-проводниковой продукции приводят к серьёзным материальным потерям, что может фатально отразиться на карьере.

Данная статья поможет лучше ориентироваться и правильно выбирать в огромном разнообразии кабельно-проводниковой продукции, с которой приходится сталкиваться инженеру АСУ ТП, а также поможет понять, почему цена двух кабелей для RS-485 одинакового сечения может отличаться более чем в 4 раза. С этой целью подробно рассматриваются материалы и конструкция инструментальных кабелей и кабелей передачи данных, их влияние на эксплуатационные и экономические характеристики проектных решений. В заключение приведены преимущества выбора и применения качественного кабеля, подтверждённые практическим опытом всемирно известных компаний.

Кабель изобретён более сотни лет назад, и кабельная промышленность является классическим примером зрелой отрасли. За годы своего существования она видела всё — взлёты и падения, слияния и поглощения. В результате острой конкурентной борьбы выжили только сильнейшие, либо способные производить самый дешёвый кабель и умеющие экономить на всём, либо предлагающие продукцию, отличающуюся какими-то выдающимися

свойствами. К числу таких сильнейших по праву относится американская компания Belden, поэтому в качестве примеров в данной статье приведены изделия, технологии, решения именно этой компании.

Для того чтобы понять, каким образом производители достигают минимальной цены или уникальных эксплуатационных характеристик, рассмотрим материалы и конструкцию современных кабелей передачи сигналов и данных.

Компоненты, из которых состоит кабель, — это

- проводники,
- внешняя оболочка кабеля,
- внутренняя изоляция,
- экранирование и бронирование.

Собственно, ничего другого в кабеле нет.

Проводники

Проводники в кабелях могут изготавливаться из следующих материалов:

- меди лужёной и нелужёной (tinned, bare);
- омеднённой стали (copper covered steel — CCS);
- алюминия;
- никеля, серебра и т.д.

Конечно, со времени изобретения электричества медь широко используется для изготовления кабелей из-за высокой проводимости, хороших механических свойств и (когда-то!) дешевизны. Лужёная медь к тому же хорошо противостоит коррозии. Однако цены

на медь, как и на другие невозобновляемые ресурсы, бьют сегодня все рекорды, и нет причин для изменения этой тенденции. Поэтому для высокочастотных кабелей, где высокочастотный ток вытесняется в тонкий поверхностный слой проводника вследствие скин-эффекта, применяют омеднённую сталь.

Сравнительно дешёвый алюминий используют для изготовления экранов и оплётки. Проблему пайки решают с помощью лужёного медного дренажного провода, проложенного по всей длине кабеля.

Никель и серебро применяются для покрытия поверхностей высокодобротных высокочастотных кабелей с низкими затуханиями и потерями.

Классификация по AWG

AWG — это американский стандарт проводов (American Wire Gauge). Калибр провода в стандарте AWG отражает приведённый средний диаметр провода. Чем толще провод, тем меньше его калибр. Например, AWG 26 — это диаметр 0,404 мм, сечение 0,128 мм²; AWG 24 — диаметр 0,511 мм, сечение 0,205 мм².

Провода производятся на специальных волочильных станах посредством протягивания исходной заготовки через серию фильер. Компания Belden использует заготовку диаметром 8 мм (рис. 1) и имеет возможность получать из неё монолитный медный проводник толщиной с человеческий волос (AWG 44).

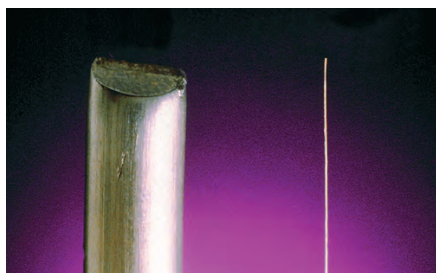


Рис. 1. Исходная заготовка и конечный продукт — проводник AWG 44

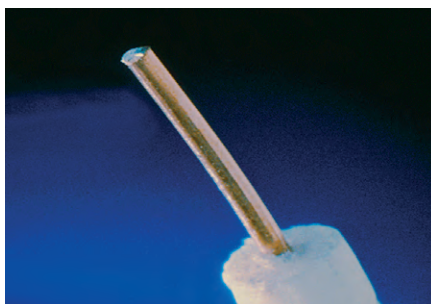


Рис. 2. Одножильный кабель

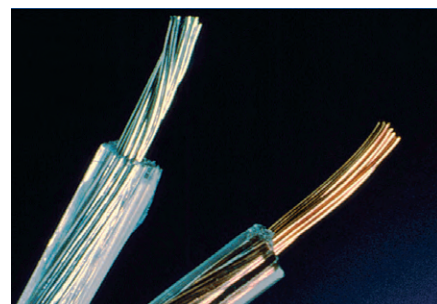


Рис. 3. Многожильные провода

Внутренний проводник кабеля может быть однопроволочным монолитным (solid) или многопроволочным (stranded). В обозначении это находит своё отражение следующим образом: AWG 24 (7x32), что означает 7 проволок AWG 32 с диаметром 0,610 мм и сечением 0,226 мм².

В высококонкурентной и зрелой кабельной отрасли цена кабеля определяется не жадностью фирм-изготовителей, а ценой использованных материалов. Для медных кабелей это прежде всего цена меди. Сэкономить на меди можно двумя способами: первый — это изобрести нестандартное сечение, а второй — это сэкономить собственно на меди.

Так, некоторые компании изобрели интересный маркетинговый ход: производить кабель с сечением, которое находится между стандартными типоразмерами AWG. Такие сечения тяжело выявлять, они, как правило, «чуть-чуть» меньше стандартных. Менеджеры по продажам убеждают в том, что это «почти» AWG XX, что как раз в ваших уникальных условиях данное сечение является оптимальным и тому подобное. Вам, конечно, решать, но в любом случае решение нужно принимать осознанно.

Ещё более пугающие тенденции наблюдаются на рынке отечественного силового кабеля. Быстро осознав, что основным критерием выбора кабеля у нас является цена, некоторые отечественные производители стали использовать вместо меди различные подозрительные сплавы, содержание меди в которых неуклонно падает.

Однако ставить знак равенства между двумя медными кабелями одинакового сечения нельзя. Меломаны знают, что и медь бывает разной. Так, при изготовлении микрофонных и спикерных кабелей с медными проводниками компания Belden использует только медь низкого сопротивления, полученную процессом ЕТР (Electrolytic Tough Pitch). Эта медь имеет чистоту 99,95%, и её проводимость соответствует стандарту ASTM B115. Высокая чистота, обеспечиваемая процессом ЕТР, позволяет добиться качества, сравнимого с бескислородной медью.

Таким образом, варьируя нестандартными сечениями и составом меди, некоторые производители получают ценовое преимущество до 30-50% по отношению к добросовестным конкурентам.

Сэкономить при желании можно не только на меди, а и на производстве из неё собственно проводников.

Одножильные и многожильные проводники

Проводники бывают одножильными и многожильными.

Одножильный проводник образует одна монолитная проволока. Кабель с такими проводниками относительно жёсткий и используется при фиксированном монтаже, где существенные и частые изгибы исключены. Представьте себе канцелярскую скрепку и то, как она гнётся, и вы получите представление об устойчивости к изгибам монолитного проводника. Типовое применение одножильных сигнальных кабелей (рис. 2) — телефонная разводка внутри помещения. Это самый экономичный способ получить нужные «квадраты» сечения при прочих равных условиях.

Многожильный провод включает в себя несколько монолитных проводников, свитых или собранных вместе (рис. 3). Например, 7 монолитных жил AWG 36 собираются вместе в пучок, чтобы сделать один многожильный проводник AWG 28. Чем больше в кабеле проводников, тем он гибче, тем меньше он оказывает сопротивление токам высоких частот вследствие поверхностного эффекта и тем он, соответственно, дороже.

Большинство приложений в электронике используют многожильный провод, сформированный из 7 монолитных проводников.

Скрутка проводников

Скрутка проводников тоже бывает разной. Самый дешёвый способ — это скрутка пучком (рис. 4). В этой скрутке отсутствует какой-либо геометрический рисунок. Положение каждого проводника случайно. В основном применяется в кабелях питания.

Более «продвинутый» способ скрутки — это концентрик. При скрутке концентрик проводники располагаются слоями. Позиция каждого проводника по отношению к соседям контролируется. Например, 19-проволочный проводник состоит из 12 проволок, навитых вокруг 6, которые в свою очередь навиваются вокруг одной центральной проволоки. Каждый последующий слой накручивается в

противоположном направлении, чтобы избежать самораскручивания.

Если смириться с самораскручиванием (а это не только повышенный износ кабеля, но и дополнительные помехи, возникающие вследствие движения проводников относительно диэлектрика и друг друга), то можно применить компромиссный вариант — юнилэй (unilay), который является более простым в изготовлении, а следовательно, и более дешёвым. Это тот же концентрик, но все проводники всех слоёв закручены в одну сторону — по часовой стрелке или против неё.

Качество скрутки, точность изготовления вместе с однородностью диэлектрика напрямую связаны с помехозащищённостью витой пары — наиболее популярного в настоящее время кабеля передачи данных.

Витая пара: вопросы помехозащищённости

Подавление помех в витой паре основано на том, что электромагнитная волна помехи наводит в проводах витой пары синфазные напряжения (соответственно, и токи) одинаковой величины при наличии двух условий (рис. 5): первое — длина волны помехи много больше расстояния L между проводниками (условие синфазности), второе — комплексные сопротивления Z проводников по отношению к земле и другим цепям строго равны на всей длине линии в широком диапазоне частот. Полезный же сигнал передаётся одинаковыми противофазными напряжениями, которые затем усиливаются дифференциальными каскадами магистрального приёмника. Напряжение на выходе дифференциального усилителя пропорционально разнице напряжений сигналов на его входах. При поступлении равных напряжений на входы идеального дифференциального усилителя выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ будет равно нулю. Следовательно, если помеха наводит строго одинаковые сигналы на проводники витой пары в любой момент времени, тогда напряжение на выходе идеального диффе-

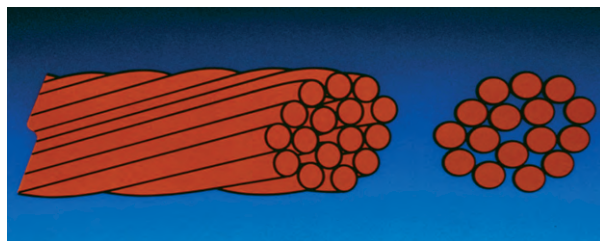


Рис. 4. Скрутка пучка проволоки

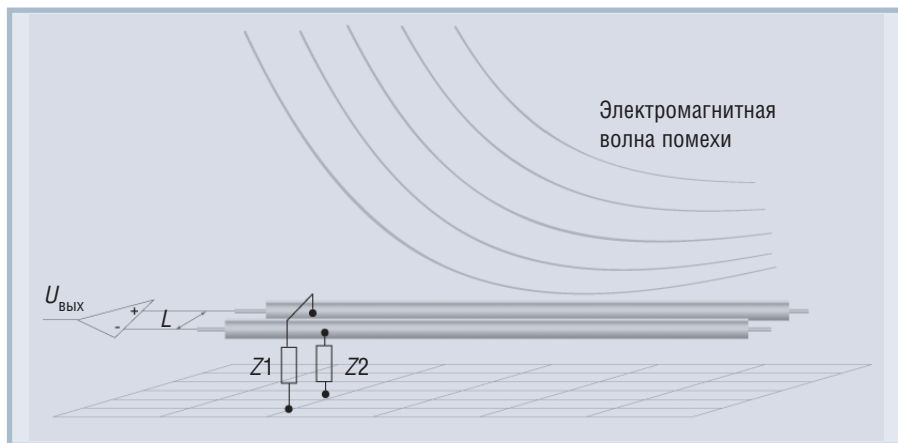


Рис. 5. Воздействие электромагнитной волны помехи на витую пару

ренциального усилителя всегда будет равно нулю.

Современные магистральные приёмопередатчики эффективно подавляют синфазный сигнал на 50–80 дБ и даже больше. Это означает, что десятки вольт синфазной помехи превратятся в доли процента аддитивной помехи милливольтного полезного сигнала. Но даже самый лучший дифференциальный приёмник ничего не сможет поделить с несимметричной кабельной системой. Даже сотня децибел подавления синфазного сигнала окажется бесполезной, поскольку на входы приёмника изначально придут сигналы помехи в разных фазах.

Не менее вредны отклонения волнового сопротивления витой пары от заданного, которые являются следствием всё тех же причин — неточности изготовления и неоднородности диэлектрических характеристик. При нагрузке витой пары на активное сопротивление, равное волновому (терминатор, встроенный в оконечное устройство), сопротивление витой пары становится активным в широком диапазоне частот, и линия переходит в режим бегущей волны. Это означает, что и форма сигнала, и фронты будут передаваться практически без искажений, установится оптимальный режим передачи энергии с одного конца кабеля на другой с минимальным затуханием (рис. 6). Если же волновое сопротивление витой пары отклоняется от номинального, на котором рассчитан терминатор, в линии появятся стоячие волны, а в её комплексном сопротивлении — реактивная составляющая (ёмкостная или индуктивная, в зависимости от физической длины кабеля). Как известно, любая ёмкость или индуктивность приводит к искажению формы сигнала и к затягиванию фронтов, а именно пологие

фронты являются причиной ложных срабатываний магистральных приёмников. Кроме того, режим передачи энергии становится неоптимальным, затухания возрастают. Ситуация усугубляется в случае излишних перегибов кабеля при монтаже и наличия резких поворотов кабельной трассы, приводящих к смещению проводников витой пары относительно друг друга, характерных для дешёвого кабеля.

Так что не стоит ожидать рекордной помехозащищённости, высоких скоростей и расстояний передачи данных от кабеля, изготовленного из сомнительного металла на разбитом отечественном или китайском оборудовании.

ВНЕШНЯЯ ОБОЛОЧКА КАБЕЛЯ И ВНУТРЕННЯЯ ИЗОЛЯЦИЯ

Оболочка защищает внутренние компоненты кабеля во время хранения, монтажа и эксплуатации, придаёт внешний вид и обеспечивает устойчивость к горению.

Внутренняя изоляция изолирует проводник в кабеле механически и электрически.

Внешняя оболочка и внутренняя изоляция во многом определяют электрические и механические характеристики кабеля, их стабильность во времени и характер деградации в процессе старения, срок службы кабеля. Поэтому лидеры кабельной отрасли затрачивают огромные дополнительные средства и время на разработку рецептов своих собственных изоляционных материалов. Так,

компания Belden имеет не только собственные патентованные рецептуры, но и зарегистрированные торговые марки на выпускаемые изоляционные материалы, например Flamarrest®, Datalene®, Haloarrest™, Tefzel™, Halar™, Solef™. Изоляционные материалы Belden обеспечивают превосходные эксплуатационные качества при воздействии разнообразных неблагоприятных факторов окружающей среды.

Кратко опишем свойства некоторых популярных материалов.

ПВХ (PVC)

ПВХ, или поливинилхлорид (в просторечии — «хлорка»), является наиболее традиционным изоляционным материалом, представляющим собой сложную смесь, свойства которой сильно зависят от состава. ПВХ — обычно эластичный и достаточно прочный материал, не горюч (IEC 60332-1, 2, 3C), однако имеет не слишком хорошие электрические параметры и используется в основном для кабельных оболочек. ПВХ не слишком хорошо сдерживает влагу и годится в основном для внутренней прокладки. Его температурный диапазон составляет от -20 до $+60^{\circ}\text{C}$.

Тем не менее специальные составы ПВХ, изготовленные по оригинальной рецептуре Belden, могут иметь температурный диапазон от -55 до 105°C и использоваться для наружной прокладки (Belflex™, Oil resistant).

Полиэтилен (ПЕ, РЕ)

Полиэтилен, который ассоциируется с полиэтиленовыми пакетами и крышками в быту, обладает целой комбинацией выдающихся качеств, делающих его незаменимым в кабельной промышленности. Прежде всего, полиэти-

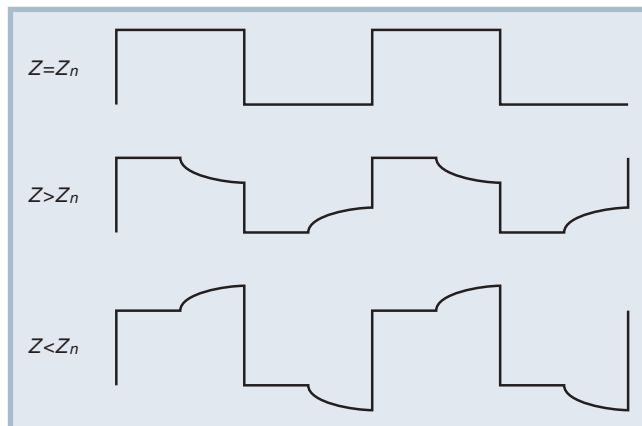


Рис. 6. Влияние отклонений волнового сопротивления кабеля от номинального на форму передаваемого импульса

лен имеет отличные электрические и механические параметры: он прочный и достаточно жёсткий, хорошо защищает от влаги, подходит для наружной прокладки, имеет широкий диапазон температур эксплуатации от -60 до $+80^{\circ}\text{C}$ — и всё это по вполне приемлемой цене. Но, к сожалению, полиэтилен очень хорошо горит.

Вспененный или сплошной полиэтилен часто используется как диэлектрик в коаксиальных кабелях.

Существует также хлорированный полиэтилен (ХПЭ, CPE), который обладает высокой химической стойкостью и к тому же не горит. Хлорированный полиэтилен имеет температурный диапазон от -35 до $+90^{\circ}\text{C}$.

Teflon® (фторопласт)

Teflon® является зарегистрированной торговой маркой фирмы Dupont. Этот материал тоже давно применяется в быту. Teflon (тефлон) — практически идеальный диэлектрик, обладающий исключительными электрическими параметрами, минимальными потерями в широчайшем диапазоне частот. Существует два вида тефлона: PTFE (фторопласт-4) и FEP. Тефлон обладает хорошими механическими параметрами, отлично защищает от влаги, термостоек, имеет температурный диапазон от -70 до $+200^{\circ}\text{C}$ и даже до $+260^{\circ}\text{C}$. PTFE практически не горит, является исключительно химически стойким, но сложен в производстве и обработке.

Belden изготавливает из тефлона пожаростойкие кабели, кабели, предназначенные для эксплуатации при высоких температурах в системах передачи данных, контрольно-измерительной аппаратуре, АСУ ТП и других коммерческих и промышленных применениях, а также кабели, предназначенные для прокладки между фальшпотолком и перекрытием без кабелепроводов (применение таких кабелей существенно сокращает время монтажа).

Безгалогенные негорючие компаунды (LSNH, LSZH, LSONH)

Галогены — это чрезвычайно ядовитые, летучие и химически активные вещества, вступающие в реакцию практически со всеми простыми веществами. В связи с тем что галогены, интенсивно выделяющиеся при горении полимеров (до 180 л на 1 кг изоляции из ПВХ), являются основной причиной тяжёлых отравлений при пожарах, существуют международные нормы, ог-

раничивающие применение галогено-содержащих материалов в жилых и офисных помещениях.

Компания Belden разработала и производит на своих европейских заводах материалы с маркировкой LSNH (Low Smoke, No Halogen) — сложные безгалогенные компаунды, которые негорючи, при разложении не выделяют токсичных и вызывающих коррозию веществ, полностью удовлетворяют требованиям стандартов IEC 60332-1, 2, 3C, HD 624, HD 602. Кабели, изготовленные из безгалогенных компаундов, могут использоваться как для внутренней, так и для внешней прокладки. В номенклатуре Belden их легко отличить по суффиксу NH (например, 9463NH). Для маркировки подобных материалов наравне с LSNH могут

применяться сокращения LSZH и LSONH (Low Smoke, Zero/0 Halogen).

Другие материалы

К другим материалам, используемым в диэлектриках и оболочках, относятся полипропилен (PP), похожий по свойствам на полиэтилен, полиуретан (PUR), имеющий хорошую химическую стойкость, резина и её заменители (EPDM — каучукоподобный этиленпропиленовый диэлектрический полимер, TPE, Neopren™, Nupalon™, каучук искусственный и природный), обладающие высокой эластичностью, широким температурным диапазоном, но плохими диэлектрическими свойствами.

Нововведением Belden является материал для производства оболочек

Таблица 1

Свойства материалов внутренней изоляции и оболочек кабелей

Свойства	PVC	LDPE	Вспененный полиэтилен	HDPE	Полипропилен	Вспененный полипропилен	PUR	Нейлон	CPE	LSNH	FEP Teflon®
Устойчивость к окислению	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
Устойчивость к высоким температурам	3-4	3	3	4	4	4	3	4	4	3-4	5
Маслостойкость	2	3-4	3	3-4	2	2	4	4	4	3	4
Гибкость при низких температурах	1-3	4	4	4	1	1	3	3	4	2-3	5
Устойчивость к солнечным лучам и наружным погодным условиям	3-4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	5
Устойчивость к озону	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Устойчивость к истиранию	2-3	3	2	4	2-3	2-3	5	4	4-5	2-3	4
Электрические свойства	2-3	4	4	4	4	4	1	1	4	3	4
Горючесть	4	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4
Радиационная стойкость	2	3-4	3	3-4	2	2	3	2-3	5	2	1
Влагостойкость	2-3	4	4	4	4	4	1-3	1-2	5	3	4
Устойчивость к кислотам	3-4	3-4	3-4	4	4	4	2	1-2	4	1-2	4
Устойчивость к щелочам	3-4	3-4	3-4	4	4	4	2	4	4	3	4
Устойчивость к алифатическим углеводородам (бензин, керосин и т.п.)	1	3-4	3	3-4	1-2	1	1-3	3	4	2	4
Устойчивость к ароматическим углеводородам (бензол, толуол и т.п.)	1-2	1	1	1	1-2	1	1-3	3	3-4	1-2	4
Устойчивость к галогенизированным углеводородам (обезжириватели, растворители и т.п.)	1-2	3	3	3	1	1	1-3	3	4	1	4
Устойчивость к спиртам	1-2	4	4	4	4	4	1-3	1	4	3	4
Возможность закапывания в землю	1-3	3	—	4	—	—	3	1	4-5	2	4

Примечания.

- Обозначения: PVC — поливинилхлорид; LDPE — полиэтилен низкой плотности; HDPE — полиэтилен высокой плотности; PUR — полиуретан; CPE — хлорированный полиэтилен; LSNH — безгалогенный негорючий компаунд; FEP — фторопласт.
- Принятые оценки: 1 — плохая; 2 — удовлетворительная; 3 — хорошая; 4 — превосходная; 5 — исключительная.

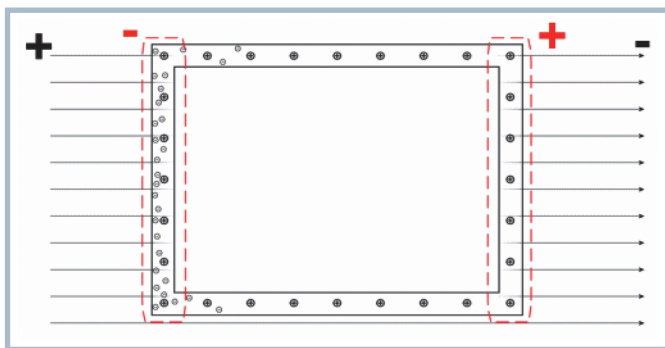


Рис. 7. Принцип компенсации воздействия внешнего поля в клетке Фарадея

Flamarrest®. Этот компаунд характеризуется плохой воспламеняемостью и малым выделением дыма, он в пять раз более гибкий, чем полимерный материал PVDF. Кабели в оболочке Flamarrest® недороги и просты в монтаже. В широкий перечень оригинальных компаундов для оболочек, запатентованных Belden, также входят Tefzel™, Halar™, Solef™ (все на основе фторопласта), Datalene® (пенополиэтилен), Haloarrest™ (негорючий безгалогенный материал).

Свойства упомянутых в этом разделе материалов для внутренней изоляции и оболочек кабелей приведены в табл. 1.

ЭКРАНИРОВАНИЕ

Способ экранирования электрического поля был предложен Майклом Фарадеем, который в 1836 году изобрёл свою знаменитую клетку. Принцип работы клетки Фарадея очень простой (рис. 7): при попадании замкнутой электропроводящей оболочки в электрическое поле её свободные электроны начинают двигаться под воздействием поля. В результате противоположные стороны клетки приобретают заряды, поле которых компенсирует внешнее поле. Строго говоря, клетка Фарадея защищает только от электрического поля. Статическое магнитное поле будет проникать вовнутрь. Но электромагнитная волна (в том числе волна от помех и наводок) образована из-за непрерывного взаимопорождения двух изменяющихся полей — электрического и магнитного. Этот процесс описывается уравнениями Максвелла. Изменяющееся электрическое поле создаёт изменяющееся магнитное, которое, в свою очередь, создаёт изменяющееся электрическое. Поэтому если с помощью клетки Фарадея блокируется изменяющееся электрическое поле, то изменяющееся магнитное поле генерироваться тоже не будет.

Однако в области высоких частот действие такого экрана основано на отражении электромагнитных волн от поверхности экрана и затухании высокочастотной энергии в его толще вследствие тепловых потерь на вихревые токи. Поэтому способность клетки Фарадея экранировать электромагнитное излучение определяется толщиной материала, из которого она изготовлена, глубиной поверхностного эффекта, соотношением размеров проёмов в ней с длиной волны внешнего излучения.

Поверхностный эффект — это известный из физики эффект вытеснения токов высокой частоты к поверхности проводника, приводящий к тому, что на высоких частотах реально работает только очень тонкий слой поверхности, а внутри проводника ток отсутствует вовсе. Идея биметаллических проводников основана на поверхностном эффекте и состоит в том, что дорогой высокопроводящий металл (например, медь) используется только для тонкого покрытия, а сам проводник изготовлен из прочной и дешёвой стали. Соответственно, качество поверхности и степень её окисления определяют электрические параметры проводников с током на высоких частотах.

Понятно, что для экранирования кабеля необходимо создать клетку Фарадея с хорошо проводящей поверхностью по всей длине экранируемых проводников. Вопрос только в том, как её изготовить максимально технологично, с минимумом затрат материалов, энергии, времени и рабочей силы.

Экран Beldfoil®

Компания Belden разработала и запатентовала простой и эффективный способ экранирования кабеля на осно-



Рис. 8. Технология Beldfoil® (оранжевым цветом показана фольга, синим — изолирующая полимерная плёнка)



Рис. 9. Замыкающая складка

ве слоя фольги, нанесённого на плёнку из полиэстера («полиэфирный сэн-двич»). Способ получил название Beldfoil® (рис. 8).

С помощью технологии Beldfoil® компания Belden «убивает сразу двух зайцев»: во-первых, добивается гибкости и, что немаловажно, износостойкости экрана благодаря отличным механическим свойствам полиэстера, а во-вторых, обеспечивает идеальное качество его поверхности на протяжении всего срока службы кабеля, поскольку доступ кислорода воздуха к ней исключён.

Кабель с экраном Beldfoil® обязательно имеет медный лужёный дренажный провод, хорошо контактирующий с фольгой по всей длине кабеля. Дренажный провод позволяет легко заземлить экран и снять шумы и наводки, индуцированные в нём вследствие антенного эффекта.

Замыкающая складка

Технология Beldfoil®, как и всё в этом мире, имеет и свои недостатки. В классической реализации Beldfoil® клетка Фарадея получается незамкнутой, со щелью, хотя и очень узкой, в доли миллиметра. Тем не менее такая щель по всей длине кабеля существенно ухудшает параметры экранирования на высоких и сверхвысоких частотах вследствие «щелевого» эффекта.

Компания Belden предложила простое и красивое решение, добавив дополнительную складку при оборачивании проводников «полиэфирным сэн-двичем». Эта складка надёжно замыкает экран по всей длине, устраняя «ще-



Рис. 10. Технология Z-FOLD®

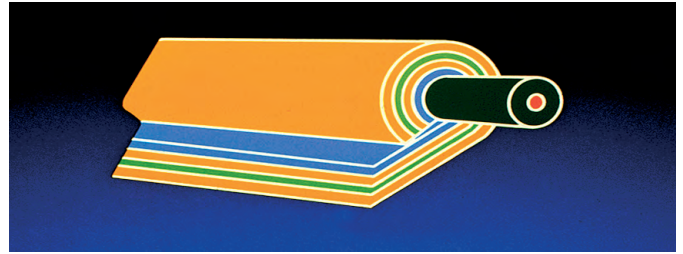


Рис. 12. Экран DUOBOND®

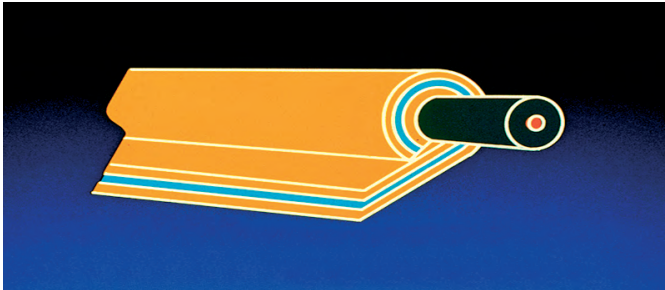


Рис. 11. Экран DUOFOIL®

левой» эффект и значительно улучшая АЧХ экрана (рис. 9).

Z-FOLD®

До сих пор мы рассматривали экранирование одной-единственной витой пары, тогда как современные интерфейсные и инструментальные кабели часто включают в себя несколько витых пар в общем либо индивидуальном экране.

Нужно сказать, что кабель не излучает и не поглощает внешнюю энергию, если сумма величин токов в любом его сечении в любой момент времени относительно общей шины (земли) равна нулю. Данное условие выполняется для витой пары, если передача осуществляется парафазным сбалансированным сигналом, как, например, это делается в интерфейсах RS-485 или Ethernet, и если по экрану не протекает синфазный ток относительно общей шины (земли).

Причин возникновения тока в экране не может быть много, но наиболее просто получить значительный ток (единицы, а иногда десятки ампер при частоте 50 Гц) можно, заземлив экран кабеля с двух сторон, присоединив его к двум разным низкоомным землям. Опытные радиолюбители знают, чтобы микрофон не «фонил», экран нужно заземлять с одного конца. Так вот, если экраны в многопарном кабеле не будут изолированы, вам не удастся заземлить их с нужной стороны.

Вообще изоляции экранов кабелей передачи данных следует уделять не меньшее внимание, чем изоляции сигнальных проводников. Экраны не должны случайным образом касаться

корпусов, трубных проводок, фальшполов, элементов конструкций и т.п., иначе тяжело идентифицируемые сбои и потери производительности просто неизбежны.

Итак, вывод очевиден: экраны отдельных витых пар в качественном многопарном кабеле должны быть изолированы друг от друга и от внешней оплётки. Нет проблем с тем, чтобы одеть каждый экран в ещё одну оболочку, например из ПВХ. Но компания Belden решает задачу до гениальности просто, добавив ещё одну складку в свой «полиэфирный сэндвич» (рис. 10). Эту технологию назвали Z-FOLD®. Не лишне будет заметить, что только компания Belden обладает патентом на данную технологию и может применять её в своих кабелях.

Экран DUOFOIL®

«Полиэфирный сэндвич» из фольги с полиэстером позволяет создать превосходные варианты решений для экранирования кабеля. В компании Belden подумали, а что если добавить ещё один слой фольги в этот «сэндвич»? В результате получился экран DUOFOIL® (рис. 11), в котором использование дополнительного слоя фольги увеличивает надёжность экранирования и допустимое количество циклов изгиба кабеля, а также ставит дополнительный барьер помехам и уменьшает сопротивление экрана.

Экран DUOBOND®

Конструкция кабеля делает из него прекрасный капиллярный насос. Отрежьте достаточно длинный кусок обычной витой пары и поставьте один из её концов в стакан с водой. Посмотрите, как быстро кабель её «выпьёт». За короткое время вода заполнит все микроразрывы кабеля. Это же произойдёт, если влага попадёт на участки кабеля с

повреждённой оболочкой или в негерметичные соединения.

Не нужно много объяснять, почему это плохо. Влага приводит к коррозии металлических частей и покрытий кабеля. Впрочем, для силовых кабелей этот процесс идёт сравнительно медленно, поскольку деградация характеристик кабеля вследствие коррозии идёт в основном за счёт уменьшения его сечения.

Совсем иначе обстоят дела для высокопроизводительных кабелей передачи данных. Как уже отмечалось, вследствие поверхностного эффекта на высоких частотах работают верхние слои проводника, а именно эти верхние слои проводника и покрытия первыми принимают на себя удар коррозии. Но ещё до окисления поверхностей проводников «поплывут» с попаданием влаги все диэлектрические характеристики изоляторов и волновые сопротивления. Последствия этого обсуждались ранее.

Однако всё сказанное справедливо для обычного кабеля, например изготовленного на заводе, производящем силовую кабель и решившем по-быстрому горизонтально интегрироваться в смежный бизнес кабелей передачи данных. Если же уделить вопросам влагозащиты достаточное внимание, подобных последствий можно избежать.

Компания Belden, добавив специальный адгезивный слой между проводником и экраном в своей патентованной технологии DUOBOND® (рис. 12), одновременно решила три задачи: во-первых, слой адгезии из несмачиваемого материала, заполнивший капилляры, решает проблему влагозащиты; во-вторых, этот слой обеспечивает более быструю, удобную и надёжную заделку кабеля; в-третьих, этот слой выполняет механическую функцию, обеспечивая целостность экрана. Ну и как всегда, всё скрыто в мелочах: фокус даже не в том, чтобы догадаться добавить подобный слой в кабель, а в его составе, который не должен влиять на электрические параметры кабеля в широком диапазоне частот.

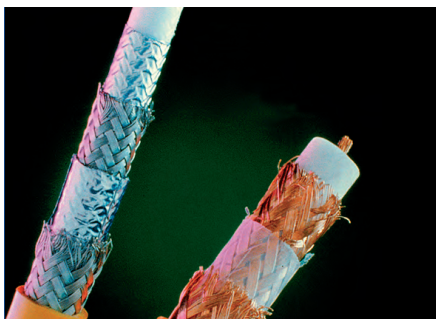


Рис. 13. Оплётка

Оплётка

Говоря о способах экранирования кабеля, нельзя обойти вниманием самый традиционный из них — оплётку (рис. 13). Оплётка придаёт кабелю высокую прочность, гибкость, устойчивость к механическим воздействиям и множественным перегибам. Однако при выборе кабеля недостаточно просто удовлетвориться фактом её существования, а полезно поинтересоваться, какой процент поверхности покрывает оплётка (в изделиях Belden она обеспечивает покрытие от 40 до 98% поверхности кабеля), из какого материала сделана, чем покрыта. Тем более что и других отличий при совпадении перечисленных параметров хватает.

В качестве примера рассмотрим экран типа French Braid (французская оплётка). Это запатентованная Belden конструкция из двух встречных многожильных спиралей с чередующимся перехлёстом вдоль единственной смещённой оси (рис. 14). Она отличается от обычной оплётки, в которой перехлёсты равномерно распределены по поверхности. Французская оплётка обеспечивает улучшенный ресурс по количеству изгибов в сравнении со стандартными витыми экранами, повышенную гибкость в сравнении с традиционными экранами кабелей и более низкий уровень микрофонных и трибоэлектрических шумов, чем иные витые или традиционные экраны кабелей. Кабели с французской оплёткой проще оконцовывать, поскольку спирали легко расплетаются. Кроме того, эта оплётка имеет меньшее, чем обычный спиральный экран, сопротивление постоянному и переменному току.

Другой пример — спиральная оплётка (рис. 15). Она состоит из проводников, навитых спиралью вокруг изолированных проводников или ядра кабеля. Проводники оплётки, как правило, изготавливаются из меди. Спиральная оплётка обладает непревзойдённой гибкостью и

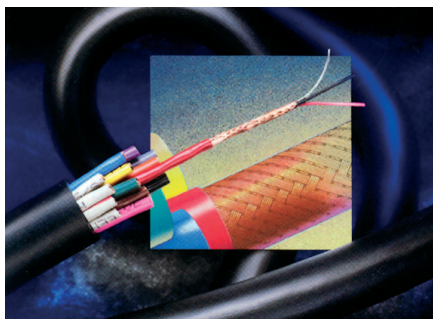


Рис. 14. Французская оплётка (French Braid)



Рис. 15. Спиральная оплётка

устойчивостью к изгибу. Она обеспечивает покрытие до 97% экранируемой поверхности, легко заделывается и потому идеально подходит для аудиоприменений. Однако сравнительно высокая индуктивность ограничивает другие применения данного вида оплётки.

Так фольга или оплётка?

Так какому же методу экранирования следует отдать предпочтение: фольге или оплётке? Взглянем на зависимости коэффициента экранирования от частоты для фольги и оплётки, представленные на рис. 16.

На относительно низких частотах до нескольких десятков мегагерц оплётка обеспечивает лучшее экранирование, чем фольга, главным образом за счёт своей толщины. Однако затем экранирующие свойства оплётки резко ухудшаются и становятся почти неприемлемыми ещё до частоты 100 МГц. В то же время фольга имеет плоскую АЧХ, сохраняя удовлетворительные экранирующие способности в очень широком диапазоне частот, вплоть до гигагерц.

В те времена, когда был изобретён первый коаксиальный кабель, имевший экран из оплётки, радиостанции вещали только в средне- и длинноволновом диапазоне, короткие волны считали бросовыми и непригодными для радиосвязи, а ультракороткие толь-

ко исследовали. Даже каких-то 15-20 лет назад сантиметровый диапазон использовался главным образом для космической радиосвязи и РЛС, а частотный привод делали на тиристорах, формируя выходное напряжение из отрезков синусоиды с частотой 50 Гц. Сегодня всепроникающий частотный привод делают на высокоскоростных IGBT, формируя ШИМ с несущей частотой в десятки килогерц, обычный мобильный телефон излучает частоты 900 МГц или даже 1800 МГц, а технологии Wi-Fi, уверенно приходящие в цеха, уже добрались до 2,4...5,7 ГГц! Подставьте эти частоты в графики на рис. 16, и станет ясно, что эра кабелей с экраном из оплётки уходит в прошлое.

Осознавая всё это, компания Belden выпускает кабели, которые имеют два слоя экрана из фольги и оплётки, либо даже четыре слоя, где фольга чередуется с оплёткой дважды, что позволяет сочетать в одном кабеле лучшие свойства фольги и оплётки (рис. 17).

Но дело не только в частоте наводки, а и в её характере. Вообще о наводках, паразитных связях, электромагнитной совместимости можно говорить вечно, но это не является темой данной статьи. По этой теме написаны трактаты, дающие иногда противоречивые рекомендации. От инженеров приходится слышать о том, что «Борьба с наводка-

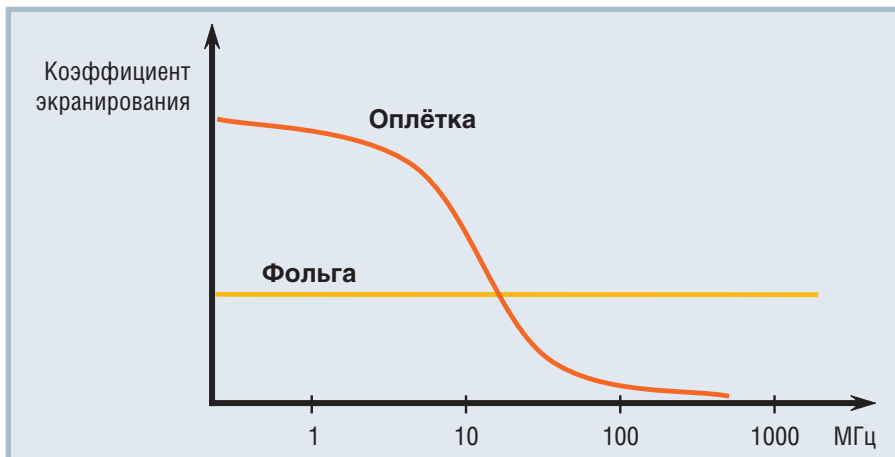


Рис. 16. Зависимости коэффициента экранирования от частоты для фольги и оплётки

Таблица 2

Рейтинг кабельных экранов

Частотные диапазоны, типы помех	Оплётка (95% покрытия)	Спираль	Фольга	Фольга/оплётка	Фольга/оплётка/фольга (Duobond Plus™)
Частота 0 Гц (постоянный ток)					
Ёмкостная	A	AA	AAA	AAA	AAA
Кондуктивная	AAA	A	C	AAA	AAA
Кондуктивная/индуктивная	—	—	—	—	—
Кондуктивная/индуктивная/ёмкостная	—	—	—	—	—
Частота 15 кГц					
Ёмкостная	A	AA	AAA	AAA	AAA
Кондуктивная	AAA	B	C	AAA	AAA
Кондуктивная/индуктивная	AA	C	A	AA	AAA
Кондуктивная/индуктивная/ёмкостная	—	—	—	—	—
Частота 10-1000 МГц					
Ёмкостная	A	AA	AAA	AAA	AAA
Кондуктивная	—	—	—	—	—
Кондуктивная/индуктивная	B	C	A	AA	AAA
Кондуктивная/индуктивная/ёмкостная	B	C	A	AA	AAA

Примечание. Принятые коды оценки: AAA — лучшая; AA — очень хорошая; A — хорошая; B — удовлетворительная; C — неудовлетворительная; «—» — неприменимо.

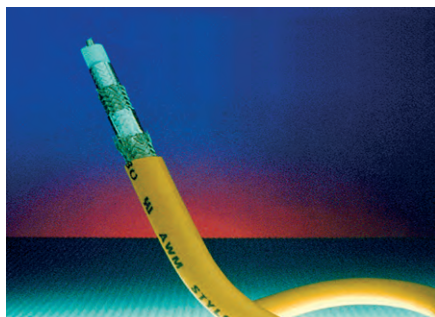


Рис. 17. Комбинация фольги и оплётки

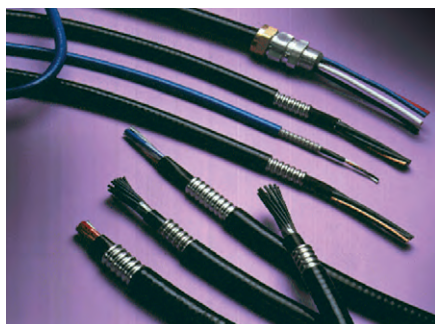


Рис. 18. Бронированные кабели

ми — это не наука, это искусство». Если же с материалами проблем нет (табл. 2), то обеспечение помехоустойчивости и конфиденциальности передачи информации превращается в ремесло.

БРОНИРОВАНИЕ

Как уже говорилось, кабель должен иметь защиту не только от электрических воздействий, но и от механических повреждений при монтаже и эксплуатации. Дополнительную механическую защиту кабеля обеспечивает бронирование (рис. 18).

Бронирование осуществляется двумя основными способами: либо добавле-

нием слоя гофра из алюминия или стали, что принято в США, либо добавлением оплётки из стальных проволок, что характерно для Европы. Кабели с первым из перечисленных способов бронирования легко распознать в каталогах и прайс-листах Belden по префиксам «12» для алюминия и «13» для стали. Например, 129463 — это стандартный кабель 9463 с гофром из алюминия, а 139463 — тот же кабель, но с гофром из стали. Второй способ бронирования обозначается буквами LS. Например, 9463 LS — это тот же кабель 9463, но с броней из стальной оплётки.

ЗА ВСЁ НУЖНО ПЛАТИТЬ

Интересно рассмотреть вопрос изменения стоимости кабеля в зависимости от типа экрана (рис. 19). Если принять стоимость среднестатистического кабеля в оплётке за единицу, тогда точно такой же кабель, но со спиральным экраном будет в 3 раза дороже, а с экраном из фольги — дороже в 3,5 раза. Добавление дополнительных слоёв фольги и оплётки приводит к удорожанию кабеля более чем в 4 раза по сравнению с кабелем с одним слоем оплётки в качестве экрана. Поэтому при сравнении двух «почти одинаковых» витых пар, например для интерфейса RS-485, от разных производителей разница в цене более чем в 4 раза может быть обусловлена просто разными типами экранов в этих витых парах.

А НУЖНО ЛИ ИНВЕСТИРОВАТЬ В КАЧЕСТВО?

Это очень важный вопрос для любой компании независимо от того, использует ли она кабель в своей деятельности или нет. Мэтры современной теории бизнеса говорят о том, что делать качественную продукцию выгоднее, чем некачественную, поэтому она, как минимум, не должна быть дороже последней. Наверное, это справедливо, если исчислять стоимость правильно, учитывая чистую приведённую стоимость всех расходов за весь срок службы продукции и принимая во внимание такие

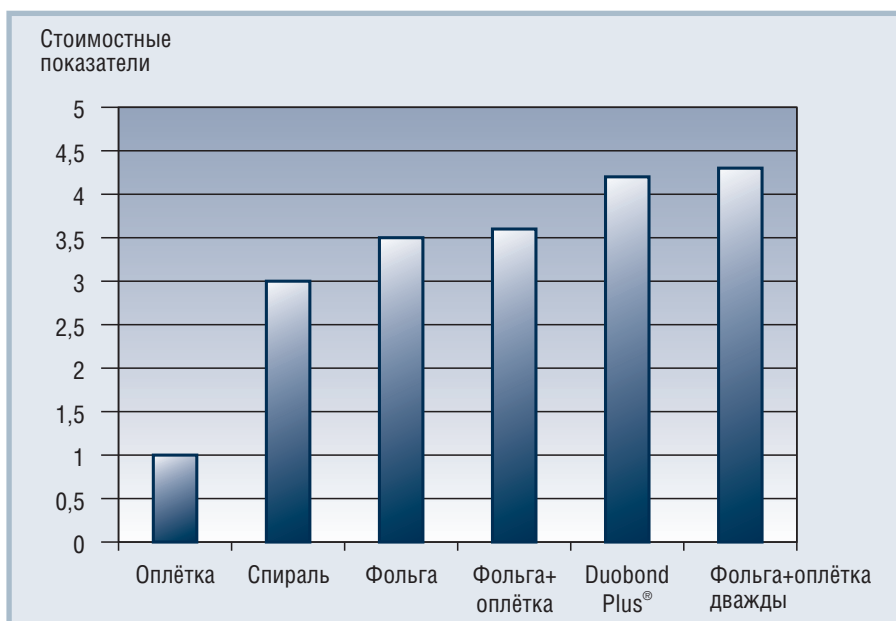


Рис. 19. Соотношение стоимостных показателей кабелей с различными типами экранов

тяжело поддающиеся оцениванию показатели, как стоимость деловой репутации и имени компании.

Однако и у системного интегратора, стремящегося к победам в тяжёлых тендерах, и у предприятия, пытающегося поместиться в жёсткие рамки бюджета, есть мощный стимул сэкономить сейчас вместо экономии когда-либо потом. Тем более что, как уже было показано, экономить есть на чём и экономить можно в разы. Поэтому решение данного вопроса является сугубо индивидуальным для каждого случая и для конкретной компании. Здесь же просто перечислим и кратко прокомментируем те выгоды, на которые можно рассчитывать, используя качественный кабель.

1. Долговечность. Качественный кабель служит в разы дольше. На сайте компании Belden приведены результаты исследований по деградации характеристик кабелей различных производителей в процессе эксплуатации из-за старения. Кабели компании Belden демонстрируют исключительную стабильность своих характеристик во времени, причём это касается не только электрических характеристик, но и механических. Эти кабели со временем не деревенеют, не накапливают влагу, не растрескиваются на солнце. Поэтому их смело можно использовать даже во второй раз. Полезно бывает сравнить срок службы кабеля со сроком службы всего объекта, системы, где он применяется. Если срок службы объекта

или системы больше, оцените стоимость затрат на новый кабель, демонтаж и монтаж новых кабельных трасс, не забудьте добавить стоимость простоя оборудования, а также стоимость рисков из-за отказа кабеля. В общем получается, что сэкономить на кабеле может себе позволить только тот, кто анонимно выпускает одноразовые кипятильники.

2. Точность и чистота передачи сигналов.

Для инструментальных кабелей такие свойства обеспечивают получение чистых, не замусоренных помехами сигналов от датчиков. В результате не тратится время на дополнительную фильтрацию, ухудшающую динамические характеристики регуляторов, и можно точнее поддерживать требуемые значения технологических параметров, что благотворно отразится на качестве и себестоимости выпускаемой продукции.

3. Более высокая производительность.

Качественный кабель обеспечит более высокую пропускную способность сети как за счёт возможности работать на более высоких скоростях для простых последовательных протоколов, так и из-за отсутствия искажённых пакетов данных, требующих повторной пересылки, для сетей стандарта IEEE 802.3. Из практики известны случаи, когда производительность сети Ethernet уменьшалась в 5-10 раз за счёт появления «битых» пакетов в момент включения конкретного частотно-регулируемого

привода. Такие ситуации приводят, как минимум, к рассинхронизации данных, получению недостоверной информации и, как максимум, к отказам и зависаниям систем автоматики.

4. Большой радиус покрытия сети. С качественным кабелем можно надеяться, что максимальные расстояния между репитерами сети передачи данных, оговорённые стандартом, могут быть превышены. Конечно, этого нельзя гарантировать всегда и при любых условиях, но автору известны случаи, когда с помощью кабеля Belden удавалось для интерфейса RS-485 (максимальная длина по стандарту – 1,2 км) перекрыть расстояние более 3 км при приличной скорости передачи данных.

5. Высокая конфиденциальность передачи информации. Если кабель не воспринимает излучения извне вследствие высокого качества экранирования, следовательно, он и не излучает. Во многих приложениях это важно в целях недопущения несанкционированного съёма информации с линий связи.

6. Расширенная область применения.

Реализация некоторых проектов стала возможной только благодаря наличию качественной кабельно-проводниковой продукции с уникальными свойствами. Например, надёжная передача информации из ПЛК, расположенного в кабине мостового крана, стала возможной благодаря применению сверхгибкого кабеля для PROFIBUS компании Belden; многие приложения в металлургии, коксохимическом производстве требуют стойкости кабеля и к высоким температурам, и к агрессивной среде; многие проекты в атомной энергетике не состоялись бы, если бы не было радиационно-стойкого кабеля, устойчивого к воздействию борной воды.

Такие всемирно известные производители, как ABB, Rockwell Automation (Allen Bradley), Westinghouse, Emerson Process Management (Fisher-Rosemount), GE Fanuc, Honeywell, Invensys Foxboro, Limitorque, Matsushita, Mitsubishi, Modicon/Schneider AEG, Omron, Phoenix Contact, Siemens, Yokogawa, считают, что инвестировать в качество жизненно необходимо. Поэтому они сделали свой выбор в пользу качественных кабелей Belden. ●

ПРОМЫШЛЕННЫЙ КАБЕЛЬ

BELDEN

SENDING ALL THE RIGHT SIGNALS

НЕИЗМЕННО БЕЗУПРЕЧНАЯ ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ

- Кабель для RS-485, RS-422, ProfiBus, ModBus, LonWorks, Industrial Ethernet, DeviceNet, HART
- Кабель маслостойкий, сверхгибкий, высокотемпературный, устойчивый к агрессивным химическим средам
- Кабель для подключения частотно-регулируемого привода

Реклама

- Склад
- Консультации
- Бесплатные каталоги

- Специальные условия для дилеров и системных интеграторов!

Belden в Украине

RTS

UKRAINE

СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

www.rts.ua

АО «Системы реального времени - Украина»
официальный дистрибьютор

Днепропетровск (0562) 39-22-23

Киев (044) 456-68-59

Запорожье (061) 279-63-41

Донецк (0622) 97-04-17

Харьков (057) 731-31-30



#336

ПАНЕЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

Дружественный интерфейс для Вашей работы



Trusted ePlatform Services

ADVANTECH

Панельные ПК для создания надежных вычислительных платформ с дружелюбным интерфейсом, позволяющие сэкономить место и ресурсы. Идеальны для мониторинга и управления производством.

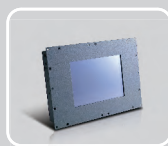
- Функциональная компактная конструкция
- Устойчивость к жаре и загрязнениям
- Доступность на рынке не менее 3 лет
- Заказные корпуса
- Различные варианты крепления
- Точность, долговечность и быстрота реакции сенсорных экранов от 3M



Многофункциональные
панельные ПК



Безвентиляторные
панельные ПК



Графические
панели оператора



ProSoft®

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ
САМАРА
НОВОСИБИРСК
КИЕВ
УФА

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 • E-mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • E-mail: info@samara.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • E-mail: info@nsk.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru
Тел.: (+380-44) 206-2343/2478/2496 • Факс: (+380-44) 206-2343 • E-mail: info@prosoft-ua.com • www.prosoft.ru
Тел.: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • E-mail: info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru

#112

ПИД-регуляторы: вопросы реализации

Часть 2

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛЯТОРА

Перед тем как рассчитывать параметры регулятора, необходимо сформулировать цель и критерии качества регулирования, а также ограничения на величины и скорости изменения переменных в системе. Традиционно основные качественные показатели формулируются исходя из требований к форме реакции замкнутой системы на ступенчатое изменение уставки. Однако такой критерий очень ограничен. В частности, он ничего не говорит о величине ослабления шумов измерений или влияния внешних возмущений, может дать ошибочное представление о робастности системы.

Поэтому для полного описания или тестирования системы с ПИД-регулятором нужен ряд дополнительных показателей качества, о которых речь пойдёт дальше.

В общем случае выбор показателей качества не может быть формализован полностью и должен осуществляться, исходя из смысла решаемой задачи.

Качество регулирования

Выбор критерия качества регулирования зависит от цели, для которой используется регулятор. Целью может быть:

- поддержание постоянного значения параметра (например, температуры);
 - слежение за изменением уставки или программное управление;
 - управление демпфером в резервуаре с жидкостью и т.д.
- Для той или иной задачи наиболее важным фактором может быть:
- форма отклика на внешние возмущения (время установления, перерегулирование, время отклика и др.);
 - форма отклика на шумы измерений;
 - форма отклика на сигнал уставки;
 - робастность по отношению к разбросу параметров объекта управления;
 - экономия энергии в управляемой системе;
 - минимизация шумов измерений.

Для классического ПИД-регулятора параметры, которые являются наилучшими для слежения за уставкой, в общем случае

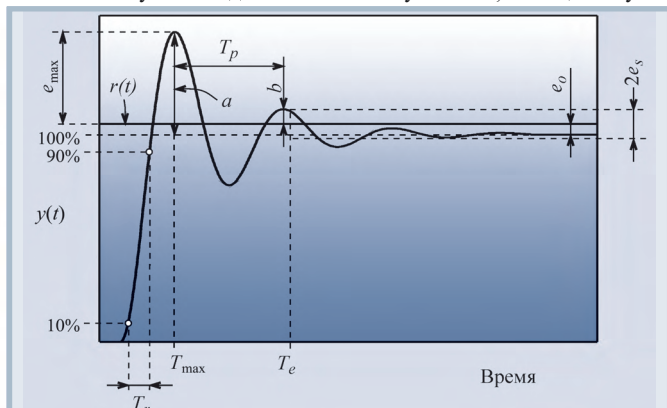


Рис. 19. Критерии качества регулирования во временной области

отличаются от параметров, наилучших для ослабления влияния внешних возмущений. Для того чтобы оба параметра одновременно были оптимальными, необходимо использовать ПИД-регуляторы с двумя степенями свободы [1].

Точное слежение за изменением уставки необходимо в системах управления движением, в робототехнике; в системах управления технологическими процессами, где уставка обычно остаётся длительное время без изменений, требуется максимальное ослабление влияния нагрузки (внешних возмущений); в системах управления резервуарами с жидкостью требуется обеспечение ламинарности потока (минимизация дисперсии выходной переменной регулятора) и т.д.

Ослабление влияния внешних возмущений

Как было показано в подразделе «Функции чувствительности» (часть 1), обратная связь ослабляет влияние внешних возмущений в $|S(j\omega)|$ раз за исключением тех частот, на которых $|S(j\omega)| > 1$. Внешние возмущения могут быть приложены к объекту в самых разных его частях, однако, когда конкретное место неизвестно, считают, что возмущение воздействует на вход объекта. В этом случае отклик системы на внешние возмущения определяется передаточной функцией со входа внешних возмущений на выход системы:

$$G_{yd} = \frac{P}{1 + PR} = PS = \frac{T}{R}. \quad (28)$$

Поскольку внешние возмущения обычно лежат в низкочастотной части спектра, где $|S(j\omega)| < 1$ и, следовательно, $T \approx 1$, то выражение (28) можно упростить:

$$G_{yd} = \frac{T}{R} \approx \frac{1}{R} \approx sT_i. \quad (29)$$

Таким образом, для ослабления влияния внешних возмущений (в частности, влияния нагрузки) можно уменьшить постоянную интегрирования T_i .

Во временной области реакцию на внешние возмущения оценивают по отклику на единичный скачок $d(t)$.

Ослабление влияния шумов измерений

Передаточная функция от точки приложения шума на выход системы имеет вид [1]:

$$G_{yn} = \frac{1}{1 + PR} = S. \quad (30)$$

Благодаря спаду АЧХ объекта на высоких частотах функция чувствительности стремится к 1 (рис. 16). Поэтому ослабить влияние шумов измерений с помощью обратной связи невозможно. Однако эти шумы легко устраняются применением фильтров нижних частот, а также правильным экранированием и заземлением [3, 4].

Робастность к вариации параметров объекта

Замкнутая система остаётся устойчивой при изменении параметров объекта на величину $\Delta P(j\omega)$, если выполняется условие (18).

Критерии качества во временной области

Для оценки качества регулирования в замкнутой системе с ПИД-регулятором обычно используют ступенчатое входное воздействие и ряд критериев для описания формы переходного процесса (рис. 19):

- максимум ошибки регулирования

$$e_{\max} = \max_{0 < t < \infty} |e(t)| \quad (31)$$

и момент времени $T_{\max}$, при котором ошибка достигает этого максимума;

- интегрированная абсолютная ошибка

$$e_{IAE} = \int_0^{\infty} |e(t)| dt; \quad (32)$$

- интеграл от квадрата ошибки

$$e_{IAE} = \int_0^{\infty} e(t)^2 dt; \quad (33)$$

- декремент затухания d (это отношение первого максимума ко второму, типовое значение $d=4$ и более)

$$d = \frac{a}{b}, \quad (34)$$

отметим, что в литературе встречаются и другие определения декремента затухания, в частности, как b/a или как коэффициент в показателе степени экспоненты, описывающей огибающую затухающих колебаний;

- статическая ошибка e_o (это постоянная ошибка в равновесном, то есть в установившемся, или статическом, режиме системы);
- время установления T_e с заданной погрешностью e_s (это время, по истечении которого погрешность регулирования не превышает заданного значения e_s ; обычно $e_s = 1\%$, реже 2% или 5% — соответственно время установления обозначают $T_{0,01}$, $T_{0,02}$, $T_{0,05}$);
- перерегулирование $e_{\max}$ (это превышение первого выброса над установившимся значением переменной, обычно выражается в процентах от установившегося значения);
- время нарастания T_r (это интервал времени, в течение которого выходная переменная нарастает от 10 до 90% от своего установившегося значения);
- период затухающих колебаний T_{cl} (строго говоря, затухающие колебания не являются периодическими, поэтому здесь под периодом понимается расстояние между двумя соседними максимумами переходной характеристики).

Для систем управления движением в качестве тестового сигнала чаще используют не функцию скачка, а линейно нарастающий сигнал, поскольку электромеханические системы обычно имеют ограниченную скорость нарастания выходной величины.

Приведённые критерии используются для оценки качества реакции как на изменение уставки, так и на воздействие внешних возмущений и шумов измерений.

Частотные критерии качества

В частотной области обычно используются следующие критерии, получаемые из графика амплитудно-частотной характеристики замкнутой системы $y(\omega)$ (рис. 20):

- полоса пропускания ω_{-3dB} (или $\omega_{0,7}$) по уровню -3 дБ (или по уровню $1/\sqrt{2} = 0,7$) — полоса частот от 0 до $\omega_{-3dB} = \omega_{0,7}$, в пределах которой кривая АЧХ снижается не более чем на 3 дБ относительно её значения на нулевой частоте $y(0)$;
- колебательность M — отношение максимального (пикового) значения АЧХ $y_{\max}$ к её значению на нулевой частоте $y(0)$, то есть в установившемся режиме

$$M = \frac{y_{\max}}{y(0)}, \quad (35)$$

типичными значениями являются $M = 1,5 \dots 1,6$;

- резонансная частота системы ω_p — частота, на которой АЧХ достигает максимума $y_{\max} = y(\omega_p)$.

Частотные критерии у реальных регуляторов не могут быть однозначно связаны с временными критериями из-за нелинейностей (обычно это нелинейности типа «ограничение») и алгоритмов устранения эффекта интегрального насыщения. Однако приближённо можно установить следующие зависимости между критериями в частотной и временной областях:

- $T_r \omega_{0,7} \approx 2$ [2]; (36)
- частота максимума передаточной характеристики замкнутой системы приблизительно соответствует периоду затухающих колебаний отклика на ступенчатое входное воздействие — $\omega_s \approx 2\pi/T_p$;
- чем медленнее затухают колебания, тем больше показатель колебательности M .

Выбор параметров регулятора

В общей теории автоматического управления структура регулятора выбирается исходя из модели объекта управления. При этом более сложным объектам управления соответствуют более сложные регуляторы. В нашем же случае структура регулятора уже задана — мы рассматриваем ПИД-регулятор. Эта структура очень простая, поэтому ПИД-регулятор не всегда может дать хорошее качество регулирования, хотя в подавляющем большинстве приложений в промышленности применяются именно ПИД-регуляторы.

Впервые методику расчёта параметров ПИД-регуляторов предложили Зиглер и Никольс в 1942 году [8]. Эта методика очень проста и даёт не очень хорошие результаты. Тем не менее она до сих пор часто используется на практике, хотя до настоящего времени появилось множество более точных методов.

После расчёта параметров регулятора обычно требуется его ручная подстройка для улучшения качества регулирования. Для этого используется ряд правил, хорошо обоснованных теоретически.

Для настройки ПИД-регуляторов можно использовать и общие методы теории автоматического управления, такие как метод назначения полюсов и алгебраические методы. В литературе опубликовано и множество других методов, которые имеют преимущества в конкретных применениях. Мы приведём только самые распространённые из них.

Все аналитические (формульные) методы настройки регуляторов основаны на аппроксимации динамики объекта моделью первого или второго порядка с задержкой. Причиной этого является невозможность аналитического решения систем уравнений, которое необходимо при использовании моделей более высокого порядка. В последние годы в связи с появлением мощных контроллеров и персональных компьютеров получили развитие и распространение численные методы оптимизации. Они являются

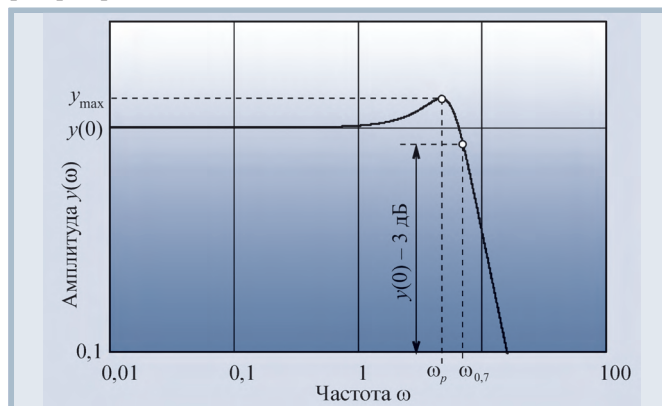


Рис. 20. Критерии качества регулирования в частотной области

ся гибким инструментом для оптимальной настройки параметров регулятора для моделей любой сложности и легко учитывают нелинейности объекта управления и требования к робастности.

Настройка параметров регулятора по методу Зиглера и Никольса

Зиглер и Никольс предложили два метода настройки ПИД-регуляторов [8]. Один из них основан на параметрах отклика объекта на единичный скачок, второй — на частотных характеристиках объекта управления.

Для расчёта параметров ПИД-регулятора по первому методу Зиглера-Никольса используются всего два параметра: a и L (рис. 21 и пояснения к нему в тексте). Формулы для расчёта коэффициентов ПИД-регулятора сведены в табл. 1.

В качестве примера на рис. 22 приведён отклик на единичный скачок системы с объектом второго порядка и ПИД-регулятором, настроенным по табл. 1, и переходная характеристика самого объекта управления. Из характеристики объекта получены значения $a = 0,135$ и $L = 0,135$ с. По табл. 1 для этих значений a и L можно найти коэффициенты ПИД-регулятора: $K = 8,9$, $T_i = 0,00796$ с, $T_d = 0,156$ с. На рис. 22 приведён также отклик на единичный скачок той же системы при параметрах $K=15$, $T_i = 0,013$ с, $T_d = 0,525$ с, полученных путём ручной подстройки. Как видим, метод Зиглера-Никольса даёт параметры, далёкие от оптимальных. Это объясняется не только упрощённостью самого метода (он использует только 2 параметра для описания объекта), но и тем, что параметры регулятора в этом методе определялись Зиглером и Никольсом, исходя из требования к декременту затухания, равному 4, что и даёт медленное затухание процесса колебаний.

Метод Зиглера-Никольса никак не учитывает требования к запасу устойчивости системы, что является вторым его недостатком. Судя по медленному затуханию переходного процесса в системе, этот метод даёт слишком малый запас устойчивости.

Второй метод Зиглера-Никольса (частотный метод) в качестве исходных данных для расчёта использует частоту ω_{180} , на которой сдвиг фаз в разомкнутом контуре достигает 180° , и модуль коэффициента петлевого усиления на этой частоте K_{180} . Зная параметр ω_{180} , сначала находят период собственных колебаний системы $T_{180} = 2\pi/\omega_{180}$, а затем по табл. 1 определяют параметры регулятора. Точность настройки регулятора и недостатки обоих методов Зиглера-Никольса одинаковы.

Метод CHR

В отличие от Зиглера и Никольса, которые использовали в качестве критерия качества настройки декремент затухания, равный 4, Chien, Hrones и Reswick (CHR) [9] использовали крите-

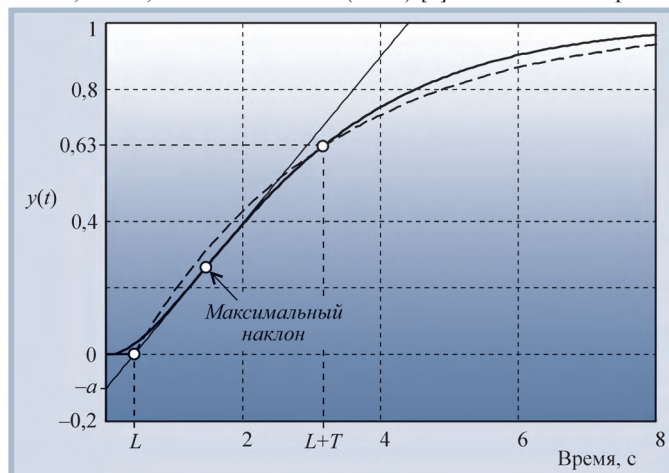


Рис. 21. Переходная характеристика объекта второго порядка — сплошная линия и его аппроксимация моделью (1) — штриховая линия

рий максимальной скорости нарастания при отсутствии перерегулирования или при наличии не более чем 20-процентного перерегулирования. Такой критерий позволяет получить больший запас устойчивости, чем в методе Зиглера-Никольса.

Метод CHR даёт две разные системы параметров регулятора. Одна из них получена при наблюдении отклика на изменение уставки (табл. 2), вторая — при наблюдении отклика на внешние возмущения (табл. 3). Какую систему параметров выбирать, зависит от того, что важнее для конкретного регулятора: качество регулирования при изменении уставки или ослабление внешних воздействий. Если же важно и то и другое, то необходимо использовать регуляторы с двумя степенями свободы [1].

Метод CHR использует аппроксимацию объекта моделью первого порядка с задержкой (1).

В CHR используются те же исходные параметры a и L , что и в методе Зиглера-Никольса.

Обратим внимание, что пропорциональный коэффициент в методе CHR меньше, чем в методе Зиглера-Никольса.

Ручная настройка ПИД-регулятора, основанная на правилах

Расчёт параметров по формулам не может дать оптимальной настройки регулятора, поскольку аналитически полученные результаты основываются на сильно упрощённых моделях объекта. В частности, в них не учитывается всегда присутствующая нелинейность типа «ограничение» для управляющего воздействия (см. раздел «Интегральное насыщение»). Кроме того, модели используют параметры, идентифицированные с некоторой погрешностью. Поэтому после расчёта параметров регулятора желательно сделать его подстройку. Подстройку можно выполнить на основе правил, которые используются для ручной настройки. Эти правила получены из опыта, теоретического анализа и численных экспериментов. Они сводятся к следующему [2]:

- увеличение пропорционального коэффициента увеличивает быстродействие и снижает запас устойчивости;
- с уменьшением интегральной составляющей ошибка регулирования с течением времени уменьшается быстрее;
- уменьшение постоянной интегрирования уменьшает запас устойчивости;
- увеличение дифференциальной составляющей увеличивает запас устойчивости и быстродействие.

Перечисленные правила применяются также для регуляторов, использующих методы экспертных систем и нечёткой логики.

Ручную настройку с помощью правил удобно выполнять с применением интерактивного программного обеспечения на компьютере, временно включённом в контур управления. Для

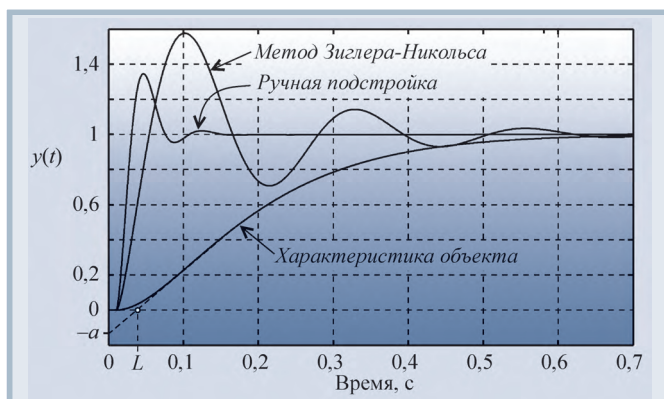


Рис. 22. Результат настройки ПИД-регулятора по методу Зиглера-Никольса для объекта второго порядка с задержкой $T_1 = T_2 = 0,1$ с и $L = 0,001$ с

Таблица 1

Формулы для расчёта коэффициентов регулятора по методу Зиглера-Никольса

Регулятор	Расчёт по отклику на скачок			Расчёт по частотным параметрам		
	K	T_i	T_d	K	T_i	T_d
п	$1/a$	—	—	$0,5/K_{180}$	—	—
пи	$0,9/a$	$3L/K$	—	$0,4/K_{180}$	$0,8T_{180}/K$	—
пид	$1,2/a$	$0,9L/K$	$0,5L/K$	$0,6/K_{180}$	$0,5T_{180}/K$	$0,125T_{180}/K$

Примечание. Система обозначений параметров регулятора соответствует уравнению (25).

Таблица 2

Формулы для расчёта коэффициентов регулятора по методу CHR, по отклику на изменение уставки

Регулятор	Без перерегулирования			С 20-процентным перерегулированием		
	K	T_i	T_d	K	T_i	T_d
п	$0,3/a$	—	—	$0,7/a$	—	—
пи	$0,35/a$	$1,2L/K$	—	$0,6/a$	$1,0L/K$	—
пид	$0,6/a$	$1,0L/K$	$0,5L/K$	$0,95/a$	$1,4L/K$	$0,47L/K$

Таблица 3

Формулы для расчёта коэффициентов регулятора по методу CHR, по отклику на внешние возмущения

Регулятор	Без перерегулирования			С 20-процентным перерегулированием		
	K	T_i	T_d	K	T_i	T_d
п	$0,3/a$	—	—	$0,7/a$	—	—
пи	$0,6/a$	$4L/K$	—	$0,7/a$	$2,3L/K$	—
пид	$0,95/a$	$2,4L/K$	$0,42L/K$	$1,2/a$	$2,0L/K$	$0,42L/K$

Численные методы оптимизации для настройки ПИД-регуляторов

Методы оптимизации для нахождения параметров регулятора концептуально очень просты. Выбирается критерий минимизации, в качестве которого может быть один из показателей качества (см. подразделы «Критерии качества во временной области» и «Частотные критерии качества») или комплексный критерий, составленный из нескольких показателей с разными весовыми коэффициентами. К критерию добавляются ограничения, накладываемые требованиями робастности. Таким путём получается критериальная функция, зависящая от параметров ПИД-регулятора. Далее используются численные методы минимизации критериальной функции с заданными ограничениями, которые и позволяют найти искомые параметры ПИД-регулятора.

Методы, основанные на оптимизации, имеют следующие достоинства:

- позволяют получить оптимальные значения параметров, не требующие дальнейшей подстройки;
- не требуют упрощения модели объекта, модель может быть как угодно сложной;
- позволяют быстро достичь конечного результата (избежать процедуры длительной подстройки параметров).

Однако реализация данного подхода связана с большими проблемами, которые не один десяток лет являются предметом научных исследований. К этим проблемам относятся:

- длительность процесса поиска минимума;
- низкая надёжность метода (во многих случаях вычислительный процесс может расходиться и искомые коэффициенты не будут найдены);
- низкая скорость поиска минимума для овражных функций и функций с несколькими минимумами.

Тем не менее методы оптимизации являются мощным средством настройки ПИД-регуляторов с помощью специально разработанных для этого компьютерных программ (см. раздел «Программные средства для настройки ПИД-регуляторов»).

Автоматическая настройка и адаптация

Естественным направлением развития коммерческих ПИД-регуляторов является разработка методов, позволяющих снизить затраты человеческого труда на установку, настройку и об-

служивание. Несмотря на то что многие методы автоматической настройки и адаптации ПИД-регуляторов, используемые в настоящее время, были разработаны ещё в 60-х годах XX века [10], в промышленных контроллерах адаптивная техника начала использоваться только с середины 80-х. Это связано с технической сложностью реализации адаптивных алгоритмов на элементной базе, которая существовала до появления микроконтроллеров.

Настройка может выполняться *вручную* или *автоматически*, без участия человека (*автонастройка*).

Автонастройка может выполняться *полностью автоматически* и *по требованию*, когда человек является инициатором настройки. Полностью автоматическая настройка может инициироваться при наступлении заранее заданного условия (например, при изменении нагрузки, при изменении внешних воздействий, при изменении погрешности регулирования) или непрерывно во времени. Автоматическая настройка, инициируемая без участия человека, называется *адаптацией*. Примером адаптации может быть автонастройка при изменении числа яиц в инкубаторе или при изменении нагрузки на валу двигателя. Иногда термин «адаптация» трактуют более широко, как приспособление регулятора к реальному объекту на стадии ввода системы в эксплуатацию [10].

Разновидностью адаптации является *разомкнутое управление параметрами* регулятора (табличная автонастройка), когда заранее найденные параметры регулятора для разных условий работы системы заносятся в таблицу, из которой они извлекаются при наступлении условий, по которым инициируется адаптация.

Отметим, что адаптация в принципе является медленным процессом, поэтому её нельзя рассматривать как непрерывное слежение параметров регулятора за изменяющимися параметрами объекта.

Отметим, что регуляторы, настроенные в автоматическом режиме, чаще настроены хуже, чем настроенные в ручном режиме [11]. Объясняется это философским умозаключением, что компьютер не может выполнять сложные и плохо формализуемые задачи лучше человека.

В настоящий момент отсутствуют простые, надёжные и общепринятые методы автоматической настройки.

Основные принципы

Все виды автоматической настройки используют три принципиально важных этапа: идентификация, расчёт параметров регулятора, настройка регулятора [7]. Часто конечный этап включает этап подстройки (заключительная оптимизация настройки). Оптимизация настройки необходима в связи с тем, что методы расчёта параметров регулятора по формулам не учитывают нелинейности объекта, в частности, всегда присутствующую нелинейность типа «ограничение», а идентификация параметров объекта выполняется с некоторой погрешностью. Подстройка регулятора может быть *поисковой* (без идентификации объекта, путём поиска оптимальных параметров) и *беспоисковой* (с идентификацией). Поисковая идентификация базируется обычно на правилах (см. раздел «Ручная настройки ПИД-регулятора, основанная на правилах») или на итерационных алгоритмах поиска минимума критериальной функции. Наиболее распространён поиск оптимальных параметров с помощью градиентного метода: находят производные от критериальной функции по параметрам ПИД-регулятора, которые являются компонентами вектора градиента, а далее производится изменение параметров в соответствии с направлением градиента.

Важно подчеркнуть, что несмотря на наличие автоматической подстройки, контроллер может не дать требуемого качества регулирования по причинам, не зависящим от качества заложенных в него алгоритмов. Например, объект управления может быть плохо спроектирован (зависимые контуры регулирования, большая задержка, высокий порядок объекта); объект может быть нелинейным; датчики могут быть расположены не в том месте, где нужно, и иметь плохой контакт с объектом, уровень помех в канале измерения может быть недопустимо большим; разрешающая способность датчика может быть недостаточно высокой; источник входного воздействия на объект может иметь слишком большую инерционность или гистерезис; могут быть также ошибки в монтаже системы, плохое заземление, обрывы проводников и т.д. Поэтому, прежде чем начинать автоматическую настройку, необходимо убедиться в отсутствии перечисленных проблем. Например, если вследствие износа механической системы появился непредусмотренный проектом гистерезис и поэтому система находится в режиме колебаний, подстройка регулятора может не дать желаемого результата, пока не устранена причина проблемы.

Структурная схема самонастраивающейся системы приведена на рис. 23. Автонастройка практически не имеет никаких особенностей по сравнению с описанными ранее методами, за исключением того, что она выполняется в автоматическом режиме. Основным этапом автоматической настройки и адаптации является идентификация модели объекта. Она выполняется в автоматическом режиме обычными методами идентификации парамет-

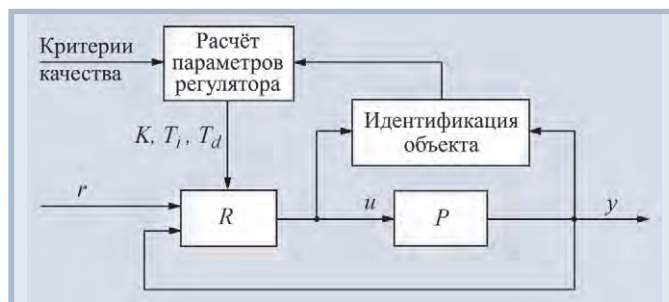


Рис. 23. Общая структура системы с автоматической настройкой

ров моделей объектов управления [7, 10]. Автоматическая настройка может выполняться и без идентификации объекта, основываясь на правилах (см. раздел «Ручная настройки ПИД-регулятора, основанная на правилах») или поисковых методах.

Идентификация объекта управления

Для выполнения качественного регулирования, в том числе после автоматической настройки ПИД-регулятора, необходимы знания о динамическом поведении объекта управления. Процесс получения (синтеза) математического описания объекта на основе экспериментально полученных сигналов на его входе и выходе называется *идентификацией* объекта. Математическое описание может быть представлено в табличной форме или в форме уравнений. Идентификация может быть *структурной*, когда ищется структура математического описания объекта, или *параметрической*, когда для известной структуры находят величины параметров, входящих в уравнения модели. Когда ищутся параметры модели с известной структурой, то говорят об идентификации параметров модели, а не объекта.

Результатом идентификации может быть *импульсная* или *переходная характеристика* объекта, а также соответствующие им спектральные характеристики, которые могут быть представлены в виде таблицы (массива), а не в форме математических зависимостей. Табличные характеристики могут использоваться в дальнейшем для структурной и параметрической идентификации математической модели объекта регулирования или непосредственно для определения параметров ПИД-регулятора (как, например, в методе Зиглера-Никольса, см. подраздел «Настройка параметров регулятора по методу Зиглера и Никольса»).

Несмотря на разнообразие и сложность реальных объектов управления, в ПИД-регуляторах используются, как правило, только две структуры математических моделей: *модель первого порядка с задержкой* и *модель второго порядка с задержкой* (см. подраздел «Модели объектов управления»). Гораздо реже используются модели более высоких порядков, хотя они могут более точно соответствовать объекту. Существуют две причины, ограничивающие применение точных моделей. Первой из них является невозможность аналитического решения системы уравнений, описывающих ПИД-регулятор с моделью высокого порядка (а именно аналитические решения получили наибольшее распространение в ПИД-регуляторах с автоматической настройкой). Вторая причина состоит в том, что при большом числе параметров и высоком уровне шума измерений количество информации, полученной в эксперименте, оказывается недостаточным для идентификации тонких особенностей поведения объекта.

Выбор оптимальной модели обычно основан на критерии достаточности качества регулирования при минимальной сложности модели. Для нелинейных процессов и при повышенных требованиях к качеству регулирования разрабатывают модели с индивидуальной структурой, основываясь на физике процессов, протекающих в объекте управления.

Если процесс любой сложности аппроксимировать моделью первого порядка с транспортной задержкой (рис. 24), то полученные таким способом постоянная времени T и задержка L называются соответственно *эффективной постоянной времени* и *эффективной задержкой*.

Идентификация может выполняться *с участием оператора* или *в автоматическом режиме*, а также *непрерывно (в реальном времени)* — в адаптивных регуляторах либо по требованию оператора — в регуляторах с самонастройкой.

Теория ПИД-регуляторов хорошо развита для линейных объектов управления. Однако практически все реальные объекты

имеют нелинейность типа «ограничение управляющего воздействия». Ограничение может быть связано, например, с ограниченной мощностью нагревателя при регулировании тепловых процессов, с ограничением площади сечения перепускного клапана, с ограничением скорости потока жидкости и т.п. Ограничение «снизу» в тепловых системах связано с тем, что источник тепла не может, как правило, работать в режиме холодильника, когда этого требует закон регулирования.

Для минимизации нелинейных эффектов при идентификации объекта в рабочей точке («в малом») используют малые изменения управляющего воздействия, когда нелинейности системы можно не учитывать. При этом процесс вывода системы в зону линейности является предметом отдельного рассмотрения.

Идентификацию можно выполнять в *замкнутом контуре с обратной связью* или в *разомкнутом*. Идентификация в замкнутом контуре может быть косвенной и прямой. При косвенной идентификации измеряется тестовый сигнал и отклик на него системы с обратной связью, затем путём вычислений по уравнениям системы находится передаточная функция объекта управления. При прямой идентификации передаточная функция объекта находится по измерениям сигналов непосредственно на его входе и выходе.

Различают *активную* идентификацию (с помощью воздействия на систему, которое подаётся специально с целью идентификации) и *пассивную* (в качестве воздействий используют сигналы, имеющиеся в системе в процессе её нормального функционирования). В пассивном эксперименте производят только наблюдение за поведением системы в нормальном режиме её функционирования, пытаясь извлечь из этого наблюдения информацию, достаточную для настройки регулятора.

Модели объектов управления

Существуют два способа получения модели объекта управления: формальный и физический. При формальном подходе используют модель типа «чёрный ящик», в которой не содержится информация о физических процессах, происходящих в объекте, или о его структуре. Синтез формальной модели сводится к выбору одной из небольшого числа моделей, описываемых далее, и идентификации её параметров.

Модель первого порядка. Наиболее распространёнными объектами управления являются системы, описываемые уравнениями тепломассопереноса. Реакция таких объектов (при условии, что они являются линейными по входному воздействию) на ступенчатое входное воздействие имеет задержку L и точку перегиба (рис. 24). Точное решение этих уравнений осуществляется численными методами и в теории автоматического управления не используется. Используют достаточно простое выражение передаточной функции объекта управления (модель первого порядка с транспортной задержкой) [6]:

$$W(s) = \frac{K_p}{(sT + 1)} e^{-sL}, \quad (37)$$

где s — комплексная частота, K_p — коэффициент передачи в установившемся режиме, T — постоянная времени, L — транспортная задержка. Как видим, модель первого порядка описывается тремя параметрами: K_p , T , L , которые должны быть найдены в процессе идентификации. На рис. 24 приведена переходная характеристика реального объекта, измеренная в производственном цехе с помощью модуля NL-4RTD серии RealLab! (НИЛ АП), датчика TCM-50, OPC-сервера NLogic и программы MS Excel. Погрешность измерений составляет 1 градус, разрешающая способность — 0,01 градуса. Экспериментально снятые точки (несколько тысяч) образуют сплошную линию, кривая аппроксимирующей модели показана штриховой линией.

Модель второго порядка. Если описанная модель первого порядка оказывается слишком грубой, используют модель второго порядка:

$$W(s) = \frac{K_p}{(sT_1 + 1)(sT_2 + 1)} e^{-sL}, \quad (38)$$

где T_1 , T_2 — две постоянные времени объекта управления. Модель второго порядка имеет характерную точку перегиба на передаточной характеристике.

Модели интегрирующих процессов. Выходная величина некоторых объектов управления при подаче на вход ступенчатого воздействия не стремится к установившемуся значению, как на рис. 24, а продолжает изменяться в установившемся режиме. Такие переходные процессы называют интегрирующими. Пример интегрирующего процесса приведён на рис. 25. Это зависимость температуры в чайнике мощностью 2 кВт от времени после включения нагрева. Поскольку мощность нагревателя очень высока, то чайник успевает закипеть за время $t \ll T$. Передаточная функция такого процесса имеет вид:

$$W(s) = \frac{K_p}{s} e^{-sL}. \quad (39)$$

Другими примерами интегрирующих процессов могут быть перемещение ленты транспортёра, поворот оси двигателя, налив жидкости в ёмкость, рост давления в замкнутом сосуде.

Применение более сложных моделей позволяет улучшить качество регулирования, однако делает невозможным простой аналитический расчёт параметров регулятора на основании параметров модели. Для сложных моделей качество регулирования ограничивается не точностью модели, а возможностями ПИД-регулятора. Поэтому наибольшее распространение в ПИД-регуляторах нашли простейшие линейные модели первого и второго порядка.

Выбор тестовых сигналов и измерение динамических характеристик

Для идентификации объекта управления необходимо измерять сигнал на его входе $u(t)$ и реакцию $y(t)$ на выходе. Идентификацию можно выполнить не только путём подачи тестового сигнала на вход системы, но и посредством изменения нагрузки (например, нагрузки на валу двигателя), а также параметров объекта (например, количества яиц в инкубаторе).

Идентификация в пассивном эксперименте привлекательна тем, что не вносит погрешность в нормальное течение технологического процесса, однако её достоверность крайне низка в

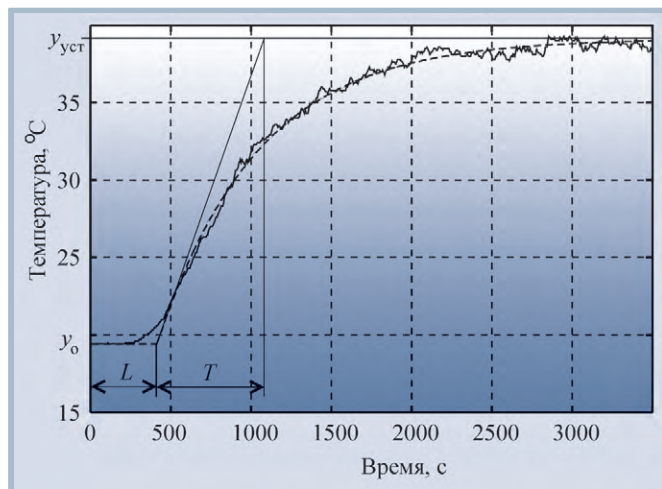


Рис. 24. Температура трубы отопления здания после включения клапана подачи теплоносителя (аппроксимация моделью первого порядка)

принципе [6] и может привести не к настройке, а расстройке ПИД-регулятора. Тем не менее, число патентов по ПИД-регуляторам с пассивной идентификацией равно числу патентов с активной идентификацией [12].

При проведении активного эксперимента возникает задача выбора формы тестового воздействия. Используют сигналы в форме ступеньки (скачка), в форме прямоугольного импульса, линейно нарастающего сигнала, треугольного импульса, псевдослучайного двоичного сигнала (ПСДС), шума, синусоидальных воздействий (частотный метод). Наиболее часто для настройки ПИД-регуляторов используют скачок и двойной прямоугольный импульс (первый импульс — вверх, второй — вниз относительно установившегося значения).

Тестовое воздействие должно иметь достаточно малую амплитуду, чтобы переходный процесс в объекте оставался в границах линейности. В то же время оно должно быть достаточно большим, чтобы увеличить отношение сигнала к шуму и внешним возмущениям.

Объект должен находиться в установившемся состоянии перед подачей тестового сигнала и быть устойчивым.

Граничная частота спектра тестового сигнала должна быть выше наибольшего по абсолютной величине полюса передаточной функции объекта [10]. Точнее, выше, чем частота единичного усиления ω_1 разомкнутого контура с обратной связью. До настройки регулятора, когда частота ω_1 ещё неизвестна, верхнюю граничную частоту спектра тестового сигнала выбирают выше частоты ω_{180} , на которой фазовый сдвиг выходного синусоидального сигнала объекта относительно входного составляет -180° . Указанный диапазон частот важен потому, что именно на частоте ω_{180} возникают колебания, когда объект находится на границе устойчивости в замкнутом контуре с релейным регулятором или П-регулятором. В контуре с ПИ-регулятором частота затухающих колебаний может быть ниже и соответствовать точке, где сдвиг фаз в объекте составляет около -145° [2] вследствие дополнительного фазового сдвига, вносимого интегратором. В ПИД-регуляторах дифференцирующее звено может скомпенсировать этот фазовый сдвиг, и колебания возникнут на частоте ω_{180} .

Нижняя граница диапазона, в котором необходимо достаточно точно идентифицировать передаточную функцию, должна быть примерно в 10 раз ниже частоты единичного усиления ω_1 . Более точно нижнюю границу диапазона можно определить только после настройки ПИД-регулятора.

В качестве иллюстрации к сказанному на рис. 26 и рис. 27 сплошной жирной линией показаны амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики объекта с передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{e^{-sL}}{(sT_1 + 1)(sT_2 + 1)}, \quad (40)$$

где $s = j\omega$, $T_1 = 1$, $T_2 = 10$, $L = 0,3$. Для получения хорошего отношения сигнал/шум зависимость модуля спектральной функции тестового воздействия от частоты не должна иметь сильных провалов в интересующей области частот, чтобы обеспечить достаточно большое отношение сигнал/шум. Этому условию, в частности, удовлетворяют сигналы, показанные штриховой и пунктирной линиями на рис. 26. Желательно также, чтобы порядок функции, описывающей спектральную функцию тестового сигнала (то есть порядок многочлена в знаменателе функции), был не ниже порядка объекта управления, поскольку крутизна спада АЧХ в области верхних частот увеличивается с ростом порядка.

Ширина спектра и мощность тестового сигнала существенно влияют на точность идентификации. В общем случае более мощные и широкополосные сигналы позволяют определить большее число параметров передаточной функции.

Если идентификация выполняется без остановки технологического процесса (а это наиболее важный для практики случай), то могут существовать ограничения на максимальную мощность, длительность или энергию тестового сигнала, чтобы не нарушать нормальный ход технологического процесса. Например, в инкубаторе допускается подать импульс, кратковременно (на 5 минут) повышающий температуру до 50°C , однако повышение температуры даже на 1°C в течение нескольких часов приводит к гибели зародыша. Поэтому возникает задача выбора тестового сигнала с требуемым спектром при ограничении, накладываемом на его мощность, длительность или энергию.

Наилучшую спектральную характеристику можно получить, усложняя форму сигнала и увеличивая общее время идентификации. Для идентификации быстрых процессов (например, в электромеханических системах) получил широкое распространение псевдослучайный двоичный сигнал, имеющий равномерный спектр в ограниченной полосе частот. Однако при управлении тепловыми процессами для ПИД-регуляторов наиболее критическим параметром является быстрота идентификации. Поэтому здесь чаще используют простые сигналы, которые, кроме быстроты идентификации, позволяют использовать простые расчёты по формулам вместо численных методов минимизации функционала ошибки. Конечно, достоверность результата при этом падает.

Даже тщательно выполненная идентификация может не дать положительного результата, если окажется, что объект существенно нелинеен. Для тестирования на линейность объект возбуждают серией тестовых воздействий разной амплитуды. Полученные реакции объекта нормируют на амплитуду тестового сигнала и сравнивают между собой. Для линейных объектов полученные кривые должны совпадать. Если различие между кривыми существенно превышает оценку погрешности идентификации, то объект следует рассматривать как нелинейный и использовать для него методы теории автоматического управления нелинейными системами.

Частотная идентификация в режиме релейного регулирования

Идентификация с помощью широкополосных сигналов, к которым относятся единичный скачок и прямоугольный импульс, не позволяет получить достаточно достоверные результаты в условиях сильных шумов и жёстких ограничений, накладываемых на энергию сигнала. Гораздо более высокую точность при малой амплитуде позволяет получить воздействие узкополосным сигналом, в качестве которого используют отрезок синусоидального сигнала. С ростом числа периодов сужается ширина спектра и растёт спектральная плотность такого сигнала на частоте колебаний. Благодаря этому появляется возможность использо-

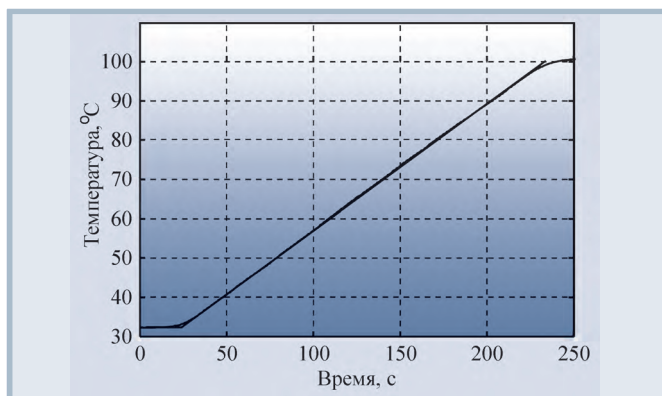


Рис. 25. Переходная характеристика чайника Philips с мощностью нагревателя 2 кВт (пример интегрирующего процесса первого порядка)

вать узкополосный фильтр для выделения сигнала на фоне помех, что резко повышает достоверность идентификации. Однако при использовании фильтра перед измерением необходимо дожидаться окончания переходного процесса, который тем длиннее, чем выше добротность фильтра. Это существенно увеличивает время идентификации. Идентификацию выполняют для нескольких разных частот. Для ускорения процесса можно использовать тестовое воздействие в виде суммы гармонических колебаний с разными частотами, которые затем выделяют несколькими узкополосными фильтрами.

Существенным недостатком этого метода является большое время идентификации. Поэтому его чаще используют только для измерения коэффициента передачи и фазового сдвига на частоте ω_{180} , а для идентификации других параметров объекта используют широкополосные тестовые сигналы.

Метод частотной (релейной) идентификации в замкнутом контуре с релейным регулятором является самым распространённым в коммерческих ПИД-регуляторах с автонастройкой [2, 13]. Этот метод очень давно известен в микроэлектронике как метод кольцевого генератора. Он использует свойство замкнутой динамической системы с отрицательной обратной связью генерировать незатухающие колебания на частоте фазового сдвига -180° при петлевом усилии $K_{180} \geq 1$.

Основная идея метода. Рассмотрим систему с отрицательной обратной связью, состоящую из релейного регулятора R и объекта управления P (рис. 28). Здесь регулятор R имеет два значения выходной величины u :

$$u = \begin{cases} u_{\max} & \text{при } e \geq 0 \\ u_{\min} & \text{при } e < 0. \end{cases} \quad (41)$$

Гармонический сигнал, проходя через объект управления, изменяет свою амплитуду и фазу (рис. 26 и 27). Поскольку на входе объекта присутствует шум, в его спектре всегда найдутся такие гармонические составляющие с частотой ω_{180} , которые, пройдя через объект управления, появятся на его выходе с той же частотой ω_{180} , но с отставанием по фазе на 180° от соответствующей входной составляющей. Если этот сигнал с выхода объекта опять подать на его вход с помощью отрицательной обратной связи, то общий фазовый сдвиг в петле с обратной связью составит уже 360° , то есть на частоте ω_{180} обратная связь в системе из отрицательной превращается в положительную. Это приводит к нарастанию циркулирующего по петле сигнала при петлевом усилении $K_n > 1$ или к его затуханию при $K_n < 1$. Нараста-

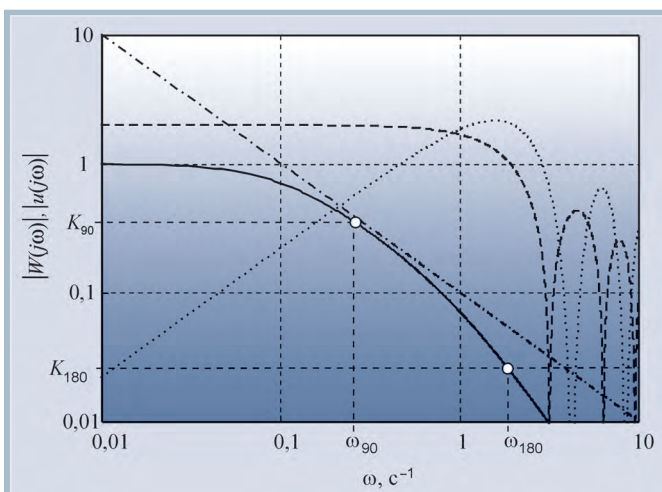


Рис. 26. АЧХ объекта 2-го порядка $|W(j\omega)|$ (сплошная линия) и модуль спектральной плотности различных тестовых воздействий $|u(j\omega)|$: прямоугольного импульса (штриховая линия), двойного импульса (пунктирная линия), скачка (штрихпунктирная линия)

ние сигнала в некоторый момент начинает ограничиваться, например, нелинейностью типа «насыщение», и тогда в системе устанавливаются стационарные колебания. При этом эффективный коэффициент усиления, найденный по первой гармонике колебаний на частоте ω_{180} , становится равным единице $K_n = 1$ (так как после установления стационарных колебаний сигнал больше не усиливается).

Таким образом, в рассмотренной системе возникают незатухающие колебания, когда усиление по контуру с обратной связью (петлевое усиление) равно единице на частоте фазового сдвига в объекте 180° . В нелинейной системе петлевое усиление на малом сигнале может быть больше единицы до момента, когда колебания установятся. В контуре регулирования с идеальным релейным регулятором (рис. 28) усиление до начала колебаний равно бесконечности. Поэтому, если фазочастотная характеристика включает в себя точку со сдвигом фазы 180° , возникают колебания. С увеличением порядка объекта (рис. 29) сдвиг по фазе становится более 180° и условия для возникновения колебаний выполняются всегда.

Обычно АЧХ строят в логарифмическом масштабе по обоим координатным осям и называют диаграммами Боде. При этом наклон линейных участков АЧХ измеряют в децибелах на декаду (дБ/дек.). Например, объект первого порядка (1) имеет наклон АЧХ -20 дБ/дек. (рис. 30), и при $L = 0$ этому наклону взаимно однозначно соответствует максимальный фазовый сдвиг -90° при $\omega \rightarrow \infty$ (рис. 31, пунктирная линия). Объект второго порядка (2) имеет наклон АЧХ -40 дБ/дек., и ему соответствует максимальный фазовый сдвиг -180° при $\omega \rightarrow \infty$ (рис. 26). Для объекта третьего порядка наклон АЧХ равен -60 дБ/дек., и фазовый сдвиг составляет -270° .

Из изложенного следует, что система регулирования с объектом первого порядка без транспортной задержки всегда устойчива, даже в контуре с релейным регулятором. Система с объектом второго порядка может быть неустойчивой при $\omega \rightarrow \infty$. Система с объектом третьего порядка и система любого порядка с транспортной задержкой в контуре с релейным регулятором всегда находится в режиме автоколебаний.

Поэтому качество системы управления в первую очередь нужно обеспечивать путём проектирования объекта управления с минимальным порядком (если это возможно), и только после этого проектировать регулятор для него. Например, некоторые системы термостатирования используют нагревательный элемент в виде тонкой проволоки, через которую продувается воз-

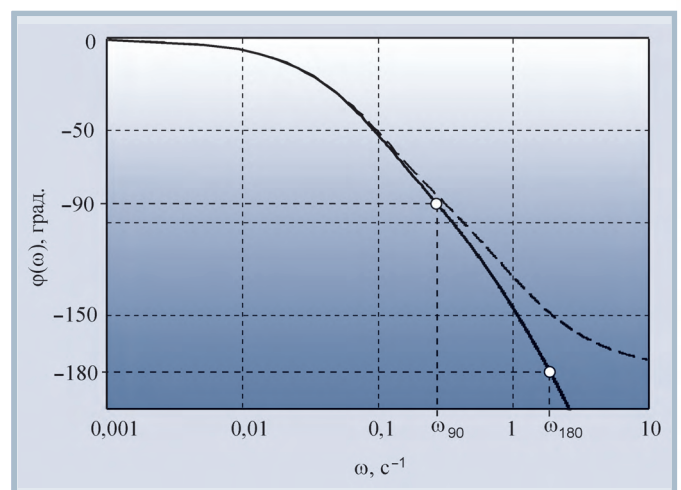


Рис. 27. Фазочастотная характеристика объекта управления 2-го порядка: штриховая линия — без транспортной задержки, сплошная линия — с задержкой

дух. Такая система имеет первый порядок передаточной функции, и даже релейный регулятор для неё даёт хорошее качество регулирования.

Система с объектом первого порядка перестаёт быть устойчивой, если в передаточную функцию добавляется транспортная задержка. При этом объект перестаёт быть минимально-фазовым и, несмотря на то что наклон АЧХ остаётся равным -20 дБ/дек. (рис. 30), в системе возникают колебания, поскольку фазовый сдвиг транспортной задержки $\varphi = L\omega$ растёт неограниченно с ростом частоты ω и на частоте ω_{180} достигает -180° (рис. 31, сплошная линия).

Поскольку в реальном объекте вследствие его пространственной протяжённости всегда появляется небольшая транспортная задержка, в любой системе с релейным регулятором возникают колебания, однако их амплитуда на выходе объекта может быть пренебрежимо малой вследствие резкого снижения коэффициента передачи объекта с ростом частоты (рис. 30).

Таким образом, замкнутый контур с объектом управления и релейным регулятором позволяет найти частоту ω_{180} . Найдём теперь коэффициент передачи объекта на этой частоте. К сожалению, его можно найти только приближённо, поскольку на

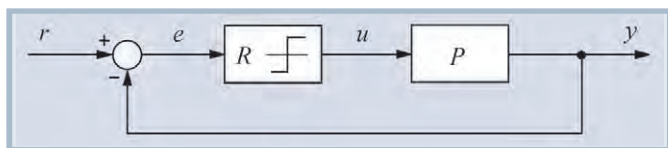


Рис. 28. Система с релейным регулятором в контуре регулирования для оценки параметров ω_{180} и K_{180}

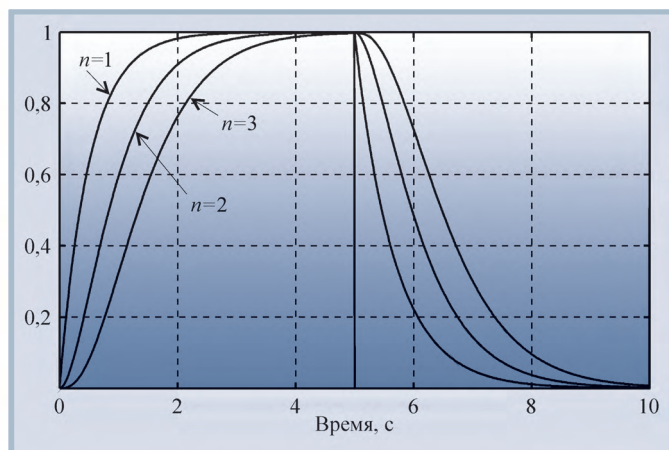


Рис. 29. Переходная характеристика объектов первого ($n = 1$), второго ($n = 2$) и третьего ($n = 3$) порядка с передаточной функцией вида $1/(1 + sT)^n$

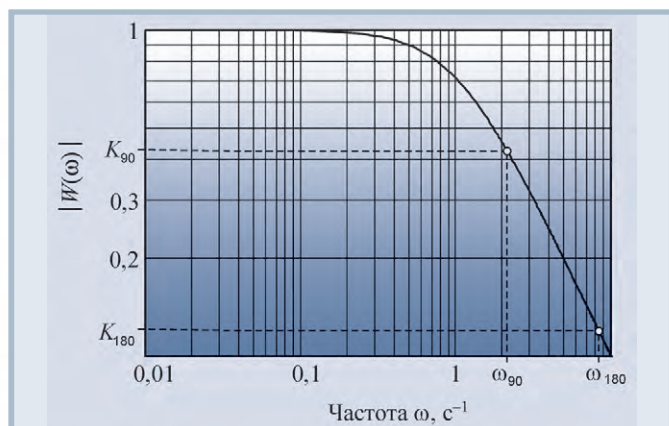


Рис. 30. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика объекта первого порядка ($T = 1$, $L = 0,2$)

вход объекта в системе с релейным регулятором воздействует последовательность прямоугольных импульсов, которая получается после прохождения сигнала обратной связи $y(t)$ через релейный регулятор. Приближённый метод расчёта основан на разложении входной последовательности прямоугольных импульсов в ряд Фурье с отбрасыванием всех гармоник, кроме первой. Возможность замены последовательности прямоугольных импульсов их первой гармоникой основана на том, что объекты с передаточными функциями вида (2) являются фильтрами, ослабляющими высшие гармоники. Серия прямоугольных импульсов, пройдя через такой объект, становится очень близкой к синусоидальному сигналу (рис. 32). Поэтому после разложения входного сигнала в ряд Фурье можно считать, что через объект проходит только первая гармоника, а остальные подавляются.

Если размах прямоугольных импульсов на входе объекта равен $2U_{\max}$, то амплитуда первой гармоники этих импульсов, как известно из курса радиотехники, равна $4U_{\max}/\pi$. Если обозначить амплитуду первой гармоники сигнала на выходе объекта через $Y_{\max}$, то искомый коэффициент передачи системы на частоте ω_{180} будет равен отношению амплитуды на выходе к амплитуде на входе:

$$K_{180} = \frac{\pi Y_{\max}}{4 U_{\max}}. \quad (42)$$

Пример. Рассмотрим АЧХ (рис. 26) и ФЧХ (рис. 27) объекта второго порядка вида (40). Из графика на рис. 27 можно найти частоту $\omega_{180} = 1,84$, а по рис. 26 — коэффициент передачи объекта на этой частоте $K_{180} = 0,026$. То есть при включении такого объекта в контур с релейным регулятором получим колебания с частотой $\omega_{180} = 1,84$ при усилении $K_{180} = 0,026$.

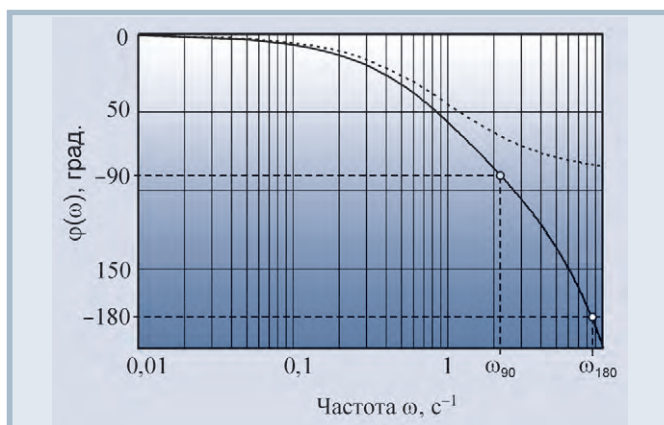


Рис. 31. Фазочастотная характеристика объекта первого порядка без транспортной задержки (штриховая линия) и с ней (сплошная линия)

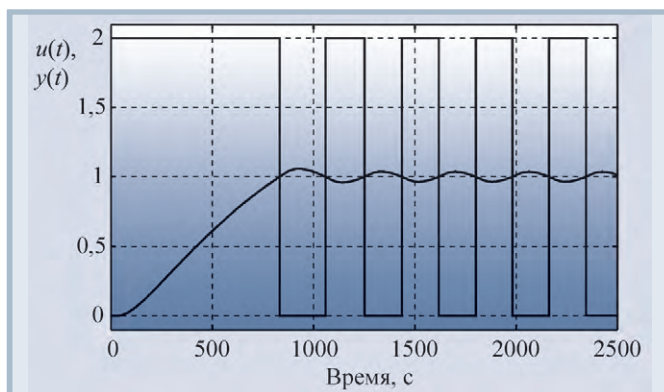


Рис. 32. Сигнал на входе (прямоугольные импульсы) объекта с передаточной функцией, показанной на рис. 26, 27, и на его выходе (сплошная линия, близкая по форме к синусоидальной)

Примерно эти же значения можно получить из эксперимента с релейным регулятором по формуле (42), если из графиков на рис. 32 найти значения амплитуды на выходе $Y_{\max} = 0,035$ и входе $U_{\max} = 1$, а затем по формуле (42) рассчитать значение $K_{180} = 0,027$. Значение частоты $\omega_{180} = 1,8$ можно найти непосредственно по графику на рис. 32. Таким образом, приближённая формула в данном случае даёт достаточно низкую погрешность (около 4%).

Для объекта первого порядка с транспортной задержкой $L = 0,2$ и постоянной времени $T = 1$ ($\omega = 2\pi/T$) из рис. 31 можно найти $\omega_{180} = 8,44$, а из рис. 30 определить $K_{180} = 0,118$. Форма колебаний в системе с релейным регулятором показана на рис. 33 (штриховая линия). Особенностью объекта первого порядка является существенное отличие формы колебаний от синусоидальной, что делает слишком грубым её аппроксимацию первой гармоникой ряда Фурье, которая была использована при получении формулы (42). Для устранения этой проблемы вместо релейного регулятора можно использовать линейный усилитель, чтобы не исказить форму сигнала в системе. Тогда форма колебаний становится близкой к синусоидальной (сплошная линия на рис. 33). Такая колебательная система даёт довольно точные значения $\omega_{180} = 8,49$ и $K_{180} = 0,096$. Однако для обеспечения режима, близкого к линейному, петлевое усиление должно быть равно 1, то есть усилитель должен обеспечить усиление в $1/K_{180}$ раз, где параметр K_{180} априори неизвестен. Это является основным недостатком метода колебаний в линейном режиме.

Важным условием, которое нужно соблюдать при использовании идентификации в режиме релейного регулирования, является симметричность уровней $u_{\max}$ и $u_{\min}$ относительно уровня сигнала u_r , при котором $y = r$, то есть должно выполняться условие:

$$u_{\max} - u_r = u_r - u_{\min}. \quad (43)$$

В противном случае скорости нарастания сигнала выше уставки и спада ниже неё будут сильно различаться, а форма колебаний в системе будет существенно отличаться от синусоидальной (рис. 34), что приведёт к высокой погрешности данного метода.

Аналогичный эффект возникает и в системах более высокого порядка, если транспортная задержка превышает наибольшую постоянную времени. С ростом задержки колебания становятся сначала треугольными, затем приближаются к трапецеидальным и прямоугольным. Это объясняется тем, что с ростом транспортной задержки реакция объекта на каждый из фронтов сигнала на выходе реле приближается к форме реакции на функцию единичного скачка (рис. 29). В частотной области указанный эффект объясняется тем, что с ростом задержки точка ω_{180} (рис. 30 и 31) смещается влево, то есть фильтрующие свой-

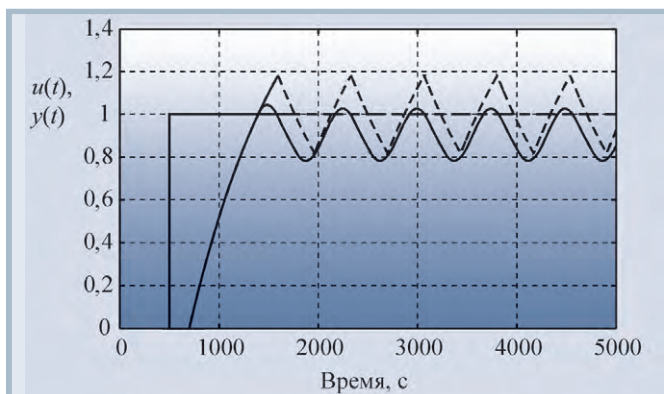


Рис. 33. Задающее воздействие (скачок) и форма сигнала на выходе замкнутой системы первого порядка в линейном режиме (сплошная линия) и с релейным регулятором (штриховая линия)

ства объекта ухудшаются, и он транслирует прямоугольный входной сигнал на свой выход с меньшими искажениями.

Для иллюстрации высокой разрешающей способности описанного метода на рис. 35 приведены процессы в двух моделях, у которых переходные характеристики различаются слабо, однако частоты колебаний в контуре с релейным регулятором отличаются в 4 раза. Благодаря узкой полосе сигнала он может быть эффективно выделен на фоне шумов, например, методом наименьших квадратов.

Описанный метод позволяет получить только одну точку передаточной функции объекта, то есть два параметра, которых недостаточно для нахождения трёх параметров ПИД-регулятора. Поэтому используют дополнительное соотношение $T_i = \frac{4}{K^2} T_d$, которое позволяет найти третий параметр.

Чтобы получить и другие точки АЧХ, можно использовать реле с гистерезисом или фильтры, сдвигающие точку ω_{180} в сторону более низких частот.

Описанный метод релейной идентификации является в настоящее время самым распространённым в ПИД-регуляторах с автоматической настройкой. Это объясняется следующими достоинствами метода:

- всегда даёт результат;
- имеет высокую разрешающую способность;
- не требует сложных вычислений;
- даёт результат в рабочей точке.

Метод обладает следующими недостатками:

- не справедлив для большой задержки, когда метод расчёта коэффициента передачи даёт большую ошибку;
- самостоятельно может использоваться только для очень грубой настройки, в общем случае должен комбинироваться с другими методами идентификации.

Табличное управление

Наиболее простым методом адаптации ПИД-регулятора к изменяющимся свойствам объекта управления является табличное управление коэффициентами регулятора. Он может быть использован не только для адаптивного управления, но и для управления нелинейными объектами, нестационарными процессами, при необходимости изменять параметры в зависимости от некоторых условий.

Принцип табличного управления очень прост (рис. 36). Зная заранее возможные изменения режима работы системы (например, возможные варианты загрузки инкубатора яйцами), выполняют идентификацию объекта для нескольких разных режимов и для каждого из них находят параметры регулятора. Значения этих параметров записывают в таблицу. В процессе функционирования системы измеряют величину, которая характеризует режим работы системы (например, вес яиц с помощью датчика веса или уровень жидкости в автоклаве с помощью датчика уровня), и в зависимости от её значений выбирают из таблицы значения коэффициентов ПИД-регулятора.

Описанную систему можно рассматривать как систему с двумя контурами регулирования. Однако контур, служащий для адаптации (в нашем примере с весом яиц в инкубаторе или уровнем жидкости в автоклаве), является разомкнутым. По этой причине табличное управление характеризуется высоким быстродействием, отсутствием ложного срабатывания или расхождения алгоритмов адаптации.

В общем случае таблица может быть многомерной; для снижения необходимой размерности таблицы можно использовать интерполяцию данных с помощью сплайна.

Недостатком этого метода являются большие затраты на предварительную идентификацию, необходимую для составления таблицы. Однако эту проблему частично можно решить посредством применения специальных программ для автоматической идентификации и адаптации регулятора, после выполнения которых полученные параметры заносятся в таблицу.

Табличное управление коэффициентами регулятора целесообразно использовать в тех случаях, когда заранее известны виды и величины дестабилизирующих факторов, которые к тому же можно измерить.

Программные средства для настройки ПИД-регуляторов

Типовая система для настройки ПИД-регуляторов состоит из компьютера с программным обеспечением под Windows, комплекта модулей ввода-вывода и соединительных кабелей. Объект включается в контур регулирования, система настраивается желаемым способом, затем полученные коэффициенты регуля-

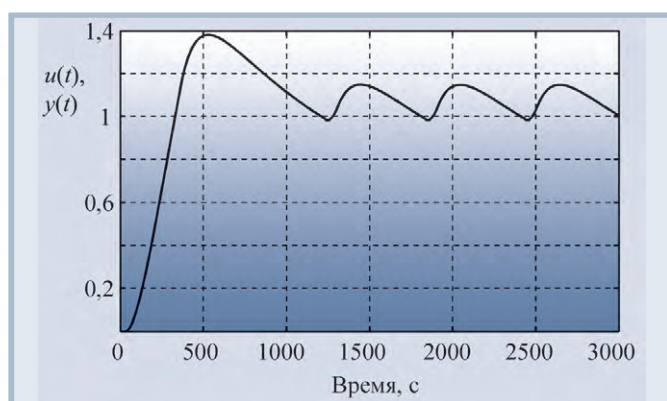


Рис. 34. Форма колебаний при асимметричной релейной функции ($u_{\max} = 5,5$, $u_{\min} = 0,5$, $r = 1$)

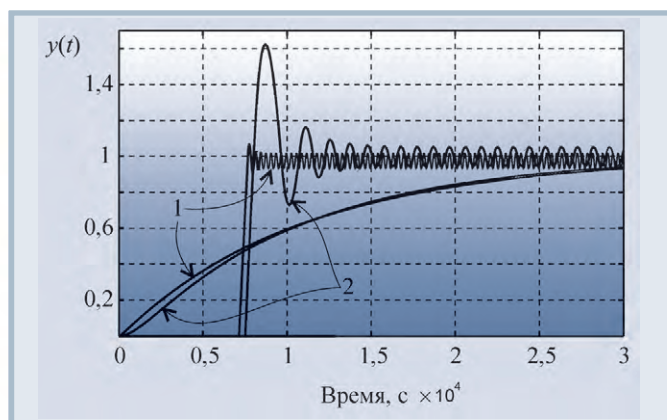


Рис. 35. Сравнение различий между переходными характеристиками и колебаниями в двух системах второго порядка с параметрами $T_1 = 10,9$, $T_2 = 0,1$, $L = 0,02$ (кривые 1) и $T_1 = 10$, $T_2 = 1$, $L = 0,02$ (кривые 2)

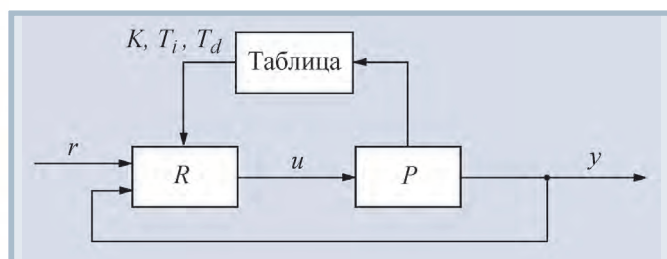


Рис. 36. Адаптивное управление с помощью параметров, заранее записанных в таблицу

тора записываются в ПИД-контроллер. Благодаря удобному пользовательскому интерфейсу, большой производительности компьютера и отсутствию ограничений на алгоритмы идентификации системы удаётся получить параметры регулятора, близкие к оптимальным.

В настоящее время имеется около полусотни коммерческих продуктов [12] для настройки ПИД-регуляторов.

Среди аналитических методов настройки в этих программах наиболее распространены Lambda-тьюнинг [2] или метод регулятора с внутренней моделью [1]. Подавляющее большинство программ использует модель первого порядка с задержкой для описания объекта регулирования.

Связь с оборудованием выполняется с применением OPC-сервера, DDE-, COM- или DCOM- технологий, среди которых только OPC-сервер является средством, основанным на международном стандарте.

Развитие описываемых средств идёт в направлении расширения диапазона поддерживаемых ПИД-регуляторов, применения методов искусственного интеллекта и методов диагностики, развития пользовательского интерфейса. Современные средства настройки позволяют анализировать износ клапанов, делать оценку робастности, автоматически генерировать отчёт с параметрами контура регулирования, строить графики спектральной плотности мощности и функций авто- и взаимной корреляции, делать оптимизацию инверсной модели объекта управления и т.п.

В качестве примера рассмотрим один из коммерческих продуктов — систему для настройки ПИД-регуляторов Protuner (см. Application manual на сайте www.protuner.com) фирмы Techmation Inc. Система отображает графики переходного процесса, выполняет преобразование экспериментальных характеристик из временной области в частотную и вычисляет параметры регулятора, используя несколько различных методов настройки.

Перед началом работы системы пользователю предлагается меню для ввода априорной информации об объекте регулирования:

- диапазон изменения входного и выходного сигналов объекта;
- тип процесса в объекте управления (интегрирующий или нет);
- желаемые единицы измерения;
- структура контроллера (идеальная, последовательная или параллельная);
- частота дискретизации;
- постоянная времени фильтра в измерительном канале.

Идентификация выполняется с помощью анализа реакции на входной скачок в замкнутом или разомкнутом контуре (по выбору пользователя). Рекомендуется вариант в разомкнутом контуре. После того как пользователь нажимает кнопку «Старт», входной и выходной сигнал отображаются на экране компьютера.

Имеются некоторые возможности предварительной обработки собранных данных. К ним относятся удаление грубых ошибок измерений и выбросов, связанных с импульсными помехами, а также цифровая фильтрация. Это позволяет выполнять эксперименты в реальных условиях промышленного окружения.

После предварительной обработки данных Protuner выполняет расчёт частотной характеристики объекта, которая может быть отображена в виде диаграммы Боде, Найквиста или Никольса. Отображаются также статический коэффициент передачи, постоянные времени и транспортная задержка, частота ω_{180} и период T_{180} .

Параметры ПИД-регулятора вычисляются по частотным характеристикам. Сначала вычисляются постоянная интегрирования и постоянная дифференцирования, затем на основе заданного запаса по фазе и усилению вычисляется пропорциональный коэффициент регулятора.

Silver Plus

HMI5000

Сенсорные панели оператора



- Дисплей TFT 5,6"; 8,0"; 10,4" и 12,1", 65 536 цветов
- Сенсорный экран резистивного типа
- Встроенные порты Ethernet, USB, RS-232 и RS-485
- Одновременная работа до 4 коммуникационных протоколов
- Драйверы для большинства популярных типов ПЛК
- Использование шрифтов TrueType
- Всплывающие и анимированные окна
- Управление тревогами и рецептами
- Архивирование данных
- Отладка проекта в режиме эмулятора
- 2 года гарантии

Больше чем просто устройство отображения

Новое поколение сенсорных панелей оператора имеет яркие TFT-дисплеи с широкими углами обзора по вертикали и горизонтали. Изображение может иметь как ландшафтную, так и портретную ориентацию.

Наличие встроенного порта Ethernet обеспечивает подключение к панелям большого числа контроллеров, поддерживающих протоколы Modbus TCP/IP и Ethernet/IP. Используя сеть Ethernet, панели могут обмениваться данными не только с контроллерами, но и между собой, а также с удаленным компьютером.

Последовательные порты RS-232 и RS-485 также могут быть использованы для подключения нескольких контроллеров к одной панели. При этом панель может выступать в качестве шлюза данных, обеспечивая обмен информацией между контроллерами, использующими различные интерфейсы и протоколы.

Every Machine
Needs the
Human Touch



www.maplesystems.com

PROSOFT®

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 • E mail: info@prosoftsystems.ru • Web: www.prosoftsystems.ru
 САМАРА Телефон: (846) 277 9166 • Факс: (846) 277 9165 • 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
 КИЕВ Телефон: (+380 44) 206 2343; 206 2478; 206 2496 • Факс: (+380 44) 206 2343 • E mail: info@prosoft.ua.com • Web: www.prosoft.ru
 УФА Телефон: (347) 2925-216; 2925-217 • Факс: (347) 2925-218 • E mail: info@ufa.prosoft.ru • Web: www.prosoft.ru

Качество регулирования задаётся в виде понятий «сильно демпфированная» переходная характеристика, «слабо демпфированная» и «быстрая» (с коэффициентом затухания $1/0,38$).

Protuner даёт разные коэффициенты регулятора для реакции на изменение уставки и нагрузки.

Имеются средства для моделирования системы до записи параметров в ПИД-контроллер. Могут быть также построены частотные характеристики замкнутой системы, которые позволяют оценить полученный запас по фазе и усилению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дифференциальный член в ПИД-регуляторах всегда реализуется совместно с фильтром, иначе вместо производной на выходе дифференциатора получаются только шумы. Интегральное насыщение является одной из причин ухудшения качества переходного процесса, сильно отличающегося от расчёта по линейной модели регулятора. Запас устойчивости и робастность являются параметрами, о которых часто забывают, однако построение регулятора для ответственных применений невозможно без детального анализа этих параметров, что можно выполнить с помощью коммерческих программных пакетов для настройки ПИД-регуляторов.

При формулировании критериев настройки ПИД-регулятора необходимо принимать во внимание реакцию не только на изменение уставки, но и на внешние возмущения. Выбор критериев качества регулирования должен исходить из смысла решаемой задачи. Несмотря на давность разработки, множество недостатков и наличие большого количества новых методов настройки, по-прежнему наиболее популярным является метод Зиглера-Никольса. Однако часто он используется только для генерации начальных приближений параметров, которые затем уточняются методами оптимизации и с помощью нечётких правил.

Автоматическая настройка и адаптация являются самыми актуальными задачами при построении ПИД-регуляторов. Несмотря на большое количество коммерческих продуктов, остаётся много нерешённых проблем, связанных с качеством настройки, влиянием нелинейностей объекта управления и внешних возмущений в процессе идентификации. При автоматической настройке и адаптации используются те же методы идентификации и расчёта параметров регулятора, что и при ручной настройке, однако они выполняются в автоматическом режиме. Наиболее эффективны методы автоматической настройки с применением компьютера, временно включённого в контур регулирования. Благодаря большой мощности процессора и отсутствию ограничений на объём программы появляется возможность создания программного средства с широкими сервисными свойствами и качественной математической обработкой.

Обзор публикаций

Методы оценки запаса устойчивости и робастности для нескольких наиболее популярных методик настройки ПИД-регуляторов с объектом первого порядка с задержкой описаны в работе [14]; в [15, 16] предложен метод расчёта параметров для объекта произвольного порядка при заданной робастности системы; в [17] использованы генетические алгоритмы для расчёта параметров ПИД-регулятора при заданных робастности и запасе устойчивости. В [18] дан обзор методов, а в [19] — новый метод предотвращения интегрального насыщения; в работе [20] исследована причина плохой робастности предиктора Смита к разбросу транспортной задержки и предложены методы её улучшения.

Методика настройки ПИД-регулятора для системы второго порядка с помощью методов оптимизации и с учётом ограничений в виде заданной робастности и полосы пропускания системы предложена в работе [21]. В [22] предложен метод расчёта параметров ПИД-регулятора как для устойчивых, так и для неустойчивых объектов после идентификации в разомкнутом контуре, а в [23] — для регулятора с внутренней моделью. В [18] также дана классификация методов настройки и получен новый метод для систем с транспортной задержкой. В [24] изложен новый метод настройки ПИД-регулятора, в котором вместо модели объекта управления используется интеграл Боде, при настройке учитывается запас по фазе и усилению.

Большинство методов настройки ПИД-регуляторов описаны в работах по адаптивным и самонастраивающимся регуляторам.

Программные средства настройки ПИД-регуляторов с помощью компьютера описаны в следующих работах: в [25] — программа для идентификации линейных систем, которая включает в себя обработку сигналов, построение графиков и идентификацию; в [26, 27] — системы для идентификации моделей и настройки параметров ПИД-регулятора, включающие устройства ввода-вывода и компьютер; в [13] дан обзор коммерческих программных продуктов. На упомянутом в статье сайте www.protuner.com в Application manual описана система для автоматической настройки ПИД-регуляторов.

Большое число публикаций посвящено методам автоматической настройки ПИД-регуляторов. В работе [28] предложен процесс автоматической настройки, нацеленный на получение эффективного ослабления внешних возмущений; в [29] — метод автонастройки для нелинейных систем, основанный на запоминании истории процесса и построении локальных моделей на основе накопленных данных о сигналах на входе и выходе системы.

Некоторые методы используют автоматическую настройку с идентификацией в замкнутом контуре регулирования в процессе нормального функционирования системы [30, 31]. В [32] предложен итерационный метод для автоматической настройки ПИД-регулятора, не требующий идентификации модели. В работах [33, 34] для автоматической настройки используются методы оптимизации.

Адаптивная настройка предиктора Смита описана в работе [35]; с применением базы нечётких правил — в [36], а для систем с неизвестной транспортной задержкой — в [37]. Большое количество методов автоматической настройки использует нечёткую логику, нейронные сети и генетические алгоритмы, они представлены в [38, 35, 39]. ●

ЛИТЕРАТУРА

- Ziegler J.G., Nichols N.B. Optimum settings for automatic controllers // Trans. ASME. 1942. Vol. 64. P. 759-768.
- Chien K.L., Hrones J.A., Reswick J.B. On automatic control of generalized passive systems // Trans. ASME. 1952. Vol. 74. P. 175-185.
- Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. — М.: Наука, 1987. — 712 с.
- O'Dwyer A. PID compensation of time delayed processes 1998-2002: a survey // Proceedings of the American Control Conference, 4-6 June 2003. Vol. 2. P. 1494-1499.
- Li Y., Ang K.H., Chong G.C.Y. Patents, Software, and Hardware for PID control: an overview and analysis of the current art // IEEE Control Systems Magazine. Feb. 2006. P. 42-54.
- Ang K.H., Chong G., Li Y. PID control system analysis, design, and technology // IEEE Trans. on Control Systems Technology. July 2005. Vol. 13. No. 4. P. 559-576.

14. Silva G.J., Datta A., Bhattacharyya S.P. On the stability and controller robustness of some popular PID tuning rules // IEEE Trans. on Automatic Control. Sept. 2003. Vol. 48. No. 9. P. 1638-1641.
15. Ho M.-T., Lin C.-Y. PID controller design for robust performance // IEEE Trans. on Automatic Control. Aug. 2003. Vol. 48. No. 8. P. 1404-1409.
16. Keel L.H., Rego J.I., Bhattacharyya S.P. A new approach to digital PID controller design // IEEE Trans. on Automatic Control. April 2003. Vol. 48. No. 4. P. 687-692.
17. Obika M., Yamamoto T. An evolutionary design of robust PID controllers // Mechatronics and Automation, 2005 IEEE International Conference, 29 July - 1 Aug. 2005. Vol. 1. P. 101-106.
18. Moradi M.H. New techniques for PID controller design // Proceedings of 2003 IEEE Conference on Control Applications (CCA 2003), 23-25 June 2003. Vol. 2. P. 903-908.
19. Hodel A.S., Hall C.E. Variable-structure PID control to prevent integrator windup // IEEE Trans. on Industrial Electronics. 2001. Vol. 48. No. 2. P. 442-451.
20. Shouli W., Watanabe K., Muramatsu E., Ariga Y., Endo S. Robust stability of approximate Smith predictor control systems // SICE 2004 Annual Conference, 4-6 Aug. 2004. Vol. 2. P. 1522-1527.
21. Jing-Chung Shen, Huann-Keng Chiang. PID tuning rules for second order systems // Control Conference, 2004 (5th Asian), 20-23 July 2004. Vol. 1. P. 472-477.
22. Silva G.J., Datta A., Bhattacharyya S.P. New results on the synthesis of PID controllers // IEEE Trans. on Automatic Control. Feb. 2002. Vol. 47. No. 2. P. 241-252.
23. Skoczowski S., Domek S., Pietrusewicz K., Broel-Plater B. A method for improving the robustness of PID control // IEEE Trans. on Industrial Electronics. Dec. 2005. Vol. 52. No. 6. P. 1669-1676.
24. Karimi A., Garcia D., Longchamp R. PID controller tuning using Bode's integrals // IEEE Trans. on Control Systems Technology. Nov. 2003. Vol. 11. No. 6. P. 812-821.
25. Sanchez-Gasca J.J., Clark K., Miller N.W., Okamoto H., Kurita A., Chow J.H. Identifying linear models from time domain simulations // IEEE Computer Applications in Power. Apr. 1997. Vol. 10. No. 2. P. 26-30.
26. Hemerly E.E. PC-based packages for identification, optimization, and adaptive control // IEEE Control Systems Magazine. Feb. 1991. Vol. 11. Issue 2. P. 37-43.
27. Oviedo J.J.E., Boelen T., van Overschee P. Robust advanced PID control (RaPID): PID tuning based on engineering specifications // IEEE Control Systems Magazine. Feb. 2006. Vol. 26. Issue 1. P. 15-19.
28. Leva A. Autotuning process controller with enhanced load disturbance rejection // American Control Conference, 30 June - 2 July 2004. Proceedings. Vol. 2. P. 1400-1405.
29. Takao K., Yamamoto T., Hinamoto T. Design of a memory-based self-tuning PID controller // 43rd IEEE Conference on Decision and Control (CDC 2004), 14-17 Dec. 2004. Vol. 2. P. 1598-1603.
30. Qiwen Yang, Yuncan Xue, Jiao Huang. Simultaneous PID self-tuning and control // Proceedings of the 2004 IEEE International Symposium on Intelligent Control, 2-4 Sept. 2004. P. 363-367.
31. Ho H.F., Wong Y.K., Rad A.B. Adaptive PID controller for nonlinear system with H^∞ Physics and Control, 2003 International Conference, 20-22 Aug. 2003. Proceedings. Vol. 4. P. 1315-1319.
32. Calcev G., Gorez R. Iterative technique for PID controller tuning // Proceedings of the 34th IEEE Conference on Decision and Control, 13-15 Dec. 1995. Vol. 3. P. 3209-3210.
33. Glickman S., Kulesky R., Nudelman G. Identification-based PID control tuning for power station processes // IEEE Trans. on Control System Technology. 2004. Vol. 12. No. 1. P. 123-132.
34. Rad A.B., Lo W.L., Tsang K.M. Self-tuning PID controller using Newton-Raphson search method // IEEE Trans. on Industrial Electronics. Oct. 1997. Vol. 44. No. 5. P. 717-725.
35. Jih-Jenn Huang, DeBra D.B. Automatic Smith-predictor tuning using optimal parameter mismatch // IEEE Trans. on Control Systems Technology. May 2002. Vol. 10. No. 3. P. 447-459.
36. Ivanova E., Hadjiski M. Rules based adaptation of Smith predictor // Intelligent Systems, First International IEEE Symposium, 2002. Proceedings. Vol. 3. P. 26-30.
37. Ren X.M., Rad A.B., Lo W.L., Chan P.T. Adaptive H_2 /optimal control based on Smith predictor for continuous-time systems with unknown time delay // International Conference on Control and Automation (ICCA '05), 26-29 June 2005. Vol. 1. P. 159-164.
38. Hsuan-Ming Feng. A self-tuning fuzzy control system design // IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference, 25-28 July 2001. Vol. 1. P. 209-214.
39. Pin-Yan Tsai, Huang-Chu Huang, Shang-Jen Chuang, Yu-Ju Chen, Rey-Chue Hwang. The model reference control by adaptive PID-like fuzzy-neural controller // IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 10-12 Oct. 2005. Vol. 1. P. 239-244.

НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

Новости ISA

Команда студентов Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения вернулась с Всемирных студенческих приборостроительных игр ISA, состоявшихся в городе Хьюстоне (США) в октябре 2007 года. Как и в прошлом году, студенты заняли пятое место.

На ежегодном собрании совета делегатов ISA 1 октября 2007 года в Хьюстоне название общества не было изменено (при голосовании не хватило нескольких процентов до квалификационного большинства в 2/3 голосов). На том же собрании профессор Университета штата Индиана Gerald Cockrell избран на пост президента-секретаря ISA. Ожидается приезд G. Cockrell в

Санкт-Петербург и посещение им выставки «ПТА Санкт-Петербург 2008».

Началась подготовка Европейского совета ISA в Мадриде (Испания), который



Команда студентов ГУАП-участников Всемирных студенческих приборостроительных игр ISA в Хьюстоне в октябре 2007 года с президентом ISA Stephen R. Huffman

пройдёт 18-19 апреля 2008 года. Делегация Российской секции примет в работе Европейского совета ISA активное участие.

25-26 июня 2008 года в городе Ницце (Франция) состоится форум Wireless Nice-2008. Российские специалисты планируют принять участие в этом международном форуме.

11 января 2008 года в штаб-квартире ISA в Российской Федерации будет проведено заседание президиума исполкома ISA в РФ. С отчётом выступит президент 2007 года профессор Евгений Крук, с планом работы секции на 2008 год ознакомит профессор Игорь Павлов. Руководить работой президиума будет Глава представительства ISA в Российской Федерации, профессор, ректор ГУАП Анатолий Оводенко. ●

Татьяна Руппель

КУРС НА ПЕТЕРБУРГ

Что выставочный год готовит?

Конец года и начало нового для любой компании – время переломное. Подводятся итоги работы, анализируются результаты, сводятся дебет и кредиты, разрабатываются стратегия и тактика на будущий год.

Одним из самых распространённых методов продвижения продукции компании и организации справедливо считают участие в специализированных выставках. Именно на них часто завязываются новые деловые контакты, ведущие к заключению выгодных контрактов и получению прибыли, а это и есть цель любого бизнеса. Для того чтобы данная схема работала, важно принять участие в «правильной» выставке. Какие выставочные проекты готовит грядущий год? Этот вопрос мы задали Оксане Афанасьевой, генеральному директору «ЭКСПОТРОНИКИ».

«Компания проводит специализированные выставки „Передовые технологии автоматизации“ (ПТА). Это единственная выставочная компания в России, работающая в сфере промышленной автоматизации, которая получила международное признание. Выставка ПТА в Москве с 2005 года является членом World-Fi.M.A.

Прошедший год для «ЭКСПОТРОНИКИ» был весьма успешным. На высоком уровне прошли выставки ПТА в Москве, Санкт-Петербурге и на Урале. Тематика мероприятия традиционна: автоматизация промышленных предприятий, встраиваемые системы, автоматизация зданий. Значительно увеличилось количество участников. Радует тенденция, что на ПТА охотно приезжают представители иностранных компаний. Растёт площадь экспозиций.

Помимо этого в нашем «ассортименте» появились профильные конференции «ПТА. Интеллектуальное здание». Мероприятия состоялись в Петербурге и Екатеринбурге и получили широкий резонанс. Учитывая вос-

требованность мероприятия, мы приняли решение перевести конференции по автоматизации зданий в ранг регулярных мероприятий.

В 2008 году мы планируем расширить свое присутствие в Северо-Западном регионе страны, ибо именно он, по нашему мнению, является на сегодняшний день одним из самых стратегически важных и привлекательных для бизнеса. Уже сейчас на культурную и морскую столицу России – Санкт-Петербург приходится большая часть наших проектов.»

Город белых ночей на финском болоте

Непросто складывалась история Санкт-Петербурга. Великий классик Ф.М. Достоевский так сказал о Петербурге: «Самый умышленный город в мире». Заложив город в мае 1703 года в географически, казалось бы, непригодном ни для строительства, ни для жизни месте, Пётр I испуленно возводил здание за зданием, улицу за улицей. Так в дельте реки Невы в нескольких километрах от Финского залива родился Санкт-Петербург.

Ни один город мира, кажется, не имеет столько негласных регалий и статусов, как Петербург. Это и морская столица, ибо отсюда с лёгкой руки Петра Великого берёт начало российский флот, и культурная, так как в Санкт-Петербург царь приглашал известных служителей искусства. Сюда приезжали иностранцы-ремесленники, мануфактурщики, дабы развивать, как сказали бы современники, бизнес. Таким образом, Питер можно считать и колыбелью российского бизнеса.

Город белых ночей на финском болоте пережил революции, восстания, ужасную блокаду Великой Отечественной, но выстоял. Наперекор стихиям и завистникам выжил, продолжает развиваться, крепнуть и сохранять свое величие по сей день.

«Вторая столица России — это уже не метафора. Это даже не вопрос имиджа. Это констатация места Петербурга на карте

России и Европы как одного из ведущих политических, деловых, финансовых, культурных центров» – подчеркнула Валентина Матвиенко, губернатор г. Санкт-Петербурга, в своём ежегодном послании. И подтверждений этим словам множество. Год от года увеличивается валовой региональный продукт, объём иностранных инвестиций. На Питер приходится почти шестая часть всех иностранных инвестиций в российскую экономику за 2006 год.



На специализированной конференции «ПТА. Интеллектуальное здание 2007» в Санкт-Петербурге наблюдался аншлаг

Динамично развивается строительный комплекс Петербурга. Построено 6 путепроводов и крупных транспортных развязок. Завершено подключение городских магистралей к кольцевой автодороге по периметру восточного полукольца, введено в строй восточное полукольцо. Капитально отремонтировано почти 2 миллиона квадратных метров дорог. Комплексно отреставрирован Московский проспект.

В рамках совместного проекта Санкт-Петербурга и Газпрома построено 36 современных модульных котельных, реконструировано 79 километров тепловых сетей.

Активно поддерживают в этом городе начинания малого и среднего предпринимательства. Действует программа господдержки кредитования субъектов малого предпринимательства. Утверждена Программа развития инновационно-технологической сферы в промышленности. Завершается разработка комплексной инновационной системы всей экономики Санкт-Петербурга.

Создан бизнес-инкубатор для малых инвестиционных компаний, работающих в сфере программирования, приборостроения, биотехнологий.

Всё это красноречиво доказывает крепость духа и могучий потенциал Северной столицы, а также отвечает на вопрос, почему же Северо-Запад является стратегически важным регионом нашего необъятного государства.

Развивать, развиваясь

Возникает закономерный вопрос: какие плюсы получит город от присутствия на рынке выставочной компании «ЭКСПОТРОНИКА»?

— «ЭКСПОТРОНИКА» — сильный опытный игрок на выставочном рынке России в сфере мероприятий по автоматизации и встраиваемым системам, — говорит Оксана Афанасьева, — мы являемся полными членами Торгово-промышлен-



На «ПТА Санкт-Петербург 2007»

ных палат Москвы и Санкт-Петербурга, Гильдии выставок и ярмарок России. Мы искренне надеемся, что наши мероприятия под общим брендом ПТА нужны промышленникам, и стремимся создать для них наиболее комфортные условия для развития бизнеса, обмена опытом. Мы не стремимся к стабильности, ибо стабильность — это застой. Мы находимся в постоянном развитии, поиске новых идей, тематик и форм их «обрамления». Доказательством тому служат новые проекты. А их необходимость подтверждается отзывами участников мероприятий. Эти положительные отклики, в свою очередь, для нас — стимул профессионального роста. Компания «ЭКСПОТРОНИКА» готова внести свой вклад в развитие города.

Подробная информация на сайте <http://www.pta-expo.ru/spb/> ●

«ЭКСПОТРОНИКА» ПРИНЯЛА УЧАСТИЕ В ГЕНЕРАЛЬНОЙ АССАМБЛЕЕ World-F.I.M.A. 2007 В ГЁТЕБОРГЕ

В Гётеборге 9 октября 2007 года состоялась Генеральная Ассамблея Всемирной ассоциации выставок по приборостроению, измерениям и автоматизации (World-F.I.M.A.). Присутствовали представители выставок Automaatio (Финляндия), Automaticon (Польша), BIAS (Италия), HET Instrumentation (Нидерланды), Scanautomatic (Швеция), ПТА (Россия).

Собрание традиционно прошло в рамках одной из выставок-членов World-F.I.M.A. В этот раз заседание Ассамблеи состоялось на базе выставки Scanautomatic. Это крупнейшая скандинавская выставка, проводимая в Стокгольме и Гётеборге. Тематика выставки включает разделы: «Промышленная автоматизация», «КИПиА», «Робототехника», «Электроника», «Оптоэлектроника», «Пневматика и гидравлика», «Датчики», «Исследования и разработки» и другие.

Коллеги обменялись опытом по организации мероприятий, поделились методика-



Коллеги обменялись опытом, поделились методиками и новыми подходами к организации выставок

ми и новыми подходами к организации выставок, рассказали о результатах работы за год.

— Это третья по счёту Ассамблея для «ЭКСПОТРОНИКИ». Степень открытости в общении и важность принятых решений по развитию Ассоциации, плана работ на будущий год позволяют сделать вывод, что эта Ассамблея и самая продуктивная, — подчеркнула Оксана Афанасьева, генеральный директор выставочной компании «ЭКСПОТРОНИКА». ●

УСПЕШНО ЗАВЕРШИЛСЯ ПЕРВЫЙ СЕМИНАР ПРОСОФТ ПО ВСТРАИВАЕМЫМ СИСТЕМАМ

Успешно прошёл первый технический семинар ПРОСОФТ «Встраиваемые системы: перспективные решения для ответственных задач и жёстких условий эксплуатации».

Семинар был призван помочь специалистам сориентироваться в широкой номенклатуре компонентов для создания систем автоматизации различного уровня и подобрать оптимальные варианты для решения прикладных задач, иначе говоря, заложить в проекты сбалансированные решения по надёжности, стоимости и времени жизни.

Широкую гамму решений в сфере встраиваемых систем и презентации последних технологий слушателям представили первые лица и специалисты компаний Octagon Systems, FASTWEL и ПРОСОФТ. С приветственным словом к участникам семинара обратился генеральный директор компании ПРОСОФТ Сергей Сорокин.

Аудитория проявила наибольшее внимание к докладам, посвящённым модульным встраиваемым системам на базе процессоров Pentium M, а также в форматах MicroPC, PC/104, решениям на базе COM-модулей и накопителям на флэш-памяти для ответственных систем. Внимание посетителей привлекла и мини-выставка образцов продукции ведущих производителей в области встраиваемых систем.

Несмотря на то что мероприятие проводилось впервые, оно вызвало значитель-



Участники семинара по встраиваемым системам

ный интерес: в семинаре приняли участие более 150 человек, большинство из них — разработчики серийных изделий. Этот факт свидетельствует об актуальности тематики решений в области встраиваемых систем, поэтому компания ПРОСОФТ предполагает регулярно проводить подобные семинары. ●

ВЕСЬ СПЕКТР ПРОДУКЦИИ LAMBDA

Компания Nemic Lambda при поддержке ПРОСОФТ провела семинар в рамках выставки «Силовая электроника» (Москва), посвящённый источникам питания Lambda.

В программе семинара были представлены программируемые источники питания с выходными мощностями 10 и 15 кВт с интерфейсом LXI класса C (LAN eXtensions for Instruments), решения для монтажа на DIN-рейку, изделия для монтажа в 19" конструктивы по спецификациям заказчиков, дан обзор продукции компании и новых источников питания.

Открыл семинар г-н Сатору Ямаками (Satoru Yamakami), главный менеджер по международным продажам Lambda, который обозначил основные тенденции роста рынка ИВЭП в мире и, в частности, в России.

Вторую часть семинара провёл инженер технической поддержки Nemic Lambda Евгений Рабинович, он познакомил посетителей семинара со всем спектром ИВЭП, производимых Lambda, сделал акцент на мощных программируемых источниках серии Genesys с выходными мощностями 10 и 15 кВт, отличительной чертой которых является применение новейшей опции — интерфейса локальной сети, отвечающей требованиям стандарта LXI Class C. Также к достоинствам изделий серии Genesys можно отнести высокий коэффициент мощности (0,88), встроенный интерфейс RS-232/485, программирование выходных параметров посредством аналоговых сигналов, USB-интерфейс для подключения к ПК, драйверы LabView™ и LabWindows™ и пятилетнюю гарантию. ●



На выставке «Силовая электроника»

**Флагман передовой
автоматизации**



ПТА в Санкт-Петербурге

2008 год

Светопредставление

Светотехнический салон

19 марта

ПТА Санкт-Петербург

Выставка

Промышленная автоматизация, автоматизация зданий,
встраиваемые системы

14-16 мая

Интеллектуальное здание

Специализированная конференция

12 ноября



Организатор:

Выставочная компания
«ЭКСПОТРОНИКА»

<http://www.pta-expo.ru/spb>

В Москве:

(495) 234-2210, info@pta-expo.ru

В Санкт-Петербурге:

(812) 448-0338, 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

Компактные панели оператора с интерфейсом CAN

Компания Advantech анонсировала новые панели оператора TPC-662G (X86) и TPC-68T (RISC) с шиной CAN.

Панель TPC-662G обладает насыщенной функциональностью благодаря ЖК-экрану 6,4" и напаянному процессору AMD LX800, имеет тонкую и компактную конструкцию и пассивную систему охлаждения. Более того, TPC-662G предоставляет интерфейсы CAN, RS-232 и дополнительный разъём расширения PC/104.

Используемая в TPC-662G архитектура X86 обеспечивает мощное и долговечное решение с высокой производительностью и низким энергопотреблением.

Основные достоинства TPC-68T – это ЖК-экран 5,6", тонкая и компактная конструкция, пассивная система охлаждения и напаянный процессор PXA270. Дополнительные возможности для пользователя обеспечиваются богатыми возможностями ввода-вывода, включающими шину CAN, а также порты RS-485 и RS-232. Панель TPC-68T поставляется с предустановленной системой Windows CE Net 5.0. ●



120

Многоядерность приходит в промышленные серверы

Компания FASTWEL приступила к производству серверов на базе многоядерных процессоров Intel Xeon 5310. Основное отличие новых процессоров – четыре вычислительных ядра в одном ЦП, что положительно сказывается на производительности системы при работе в многозадачных средах и при обработке в реальном времени данных от большого количества источников в составе АСУ ТП. Помимо этого, новые процессоры выделяют меньшее количество тепла по сравнению с предшественниками, так как производятся по самой современной технологии. Это благоприятно сказывается на терморегиме внутри корпуса изделий. Изменения касаются трёх моделей: высокопроизводительного промышленного 1U-сервера IS-1U-SYS10, промышленного 2U-сервера с расширенной функциональностью IS-2U-SYS7 и универсального промышленного сервера IS-4U-SYS5. Несмотря на качественный рост вычислительной мощности двухпроцессорных решений, цена их не претерпевает значительных изменений. ●



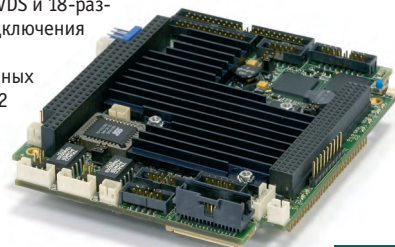
234

FASTWEL CPC304: встраиваемый одноплатный компьютер стандарта PC/104-Plus

Компания FASTWEL разработала новый встраиваемый одноплатный компьютер стандарта PC/104-Plus – FASTWEL CPC304, предназначенный для использования в ответственных бортовых системах, требующих низких значений потребляемой мощности и возможности работы в широком температурном диапазоне. Архитектура CPC304 базируется на центральном процессоре AMD Geode LX800 с частотой 500 МГц. FASTWEL CPC304 полностью поддерживает модули расширения PC/104 с обменом данными как по 32-разрядной шине PCI, так и по 16-разрядной шине ISA.

Разработчики систем могут использовать стандартный интерфейс VGA с разрешением до 1920x1440 пикселей, 24-разрядный интерфейс LVDS и 18-разрядный интерфейс для подключения TFT или DSTN ЖК-панелей.

Для ввода и вывода данных FASTWEL CPC304 имеет 2 независимых порта Fast Ethernet, 4 COM-порта, 2 порта USB2.0 и 8 линий программируемого дискретного ввода-вывода. ●



232

Сервер RMB – следующий этап в развитии CORE SYSTEMS

Компания Octagon Systems представляет высокопроизводительный мобильный сервер, базирующийся на процессоре с частотой 1,5 ГГц. Применение инновационной кондуктивной системы охлаждения, где массивный радиатор, отводящий тепло от процессора, соединяется с корпусом, позволяет получить высокопроизводительный компьютер, работающий в широком температурном диапазоне –40...+85°C. Сервер поставляется с 1 Гбайт ОЗУ и 1 Гбайт CompactFlash. Имеются стандартные интерфейсы: 2 порта Fast Ethernet, 6 портов USB 2.0, 2 последовательных порта, видео с поддержкой плоских панелей LVDS, аудио, 2 канала IDE, 2 канала SATA и 24 канала цифрового ввода-вывода. Набор функций расширяется с помощью шин PC/104, PC/104-Plus и слота miniPCI. Питание осуществляется современной системой с защитой от помех и перегрузок. ●



11

Промышленный управляемый коммутатор EKI-7659C

Компания Advantech выпустила промышленный управляемый коммутатор EKI-7659C с 8 портами 10/100Base-T и 2 комбинированными портами Gigabit Ethernet. Благодаря поддержке технологии X-Ring он может быть использован для создания различных отказоустойчивых сетевых конфигураций с восстановлением функции обмена менее чем за 10 мс.

Комбинированные порты Gigabit Ethernet обеспечивают подключение как к проводным, так и к оптическим линиям связи. В последнем случае используются передающие модули SFP, конкретный тип которых выбирается в зависимости от типа ВОЛС и необходимой дальности связи.

EKI-7659C поддерживает такие функции управления сетью, как защита по IP- и MAC-адресам, VLAN, QoS, Port Mirroring, IGMP Snooping, Port Trunking, CoS/TOS и др.

Коммутатор имеет металлический корпус IP30, резервированный вход питания и защиту портов Ethernet до 4 кВ. Рабочая температура для базовой модели находится в диапазоне от –10 до +60°C, а для EKI-7659CI — от –40 до +75°C. ●



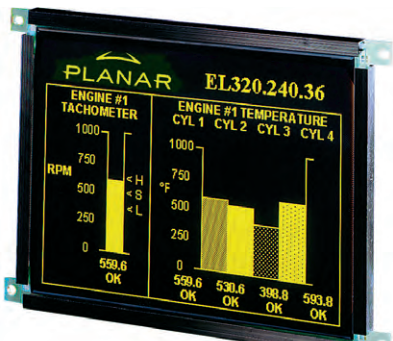
119

Электролюминесцентный QVGA-дисплей Planar с защитным покрытием

Компания Planar Systems начала поставки популярной модели монохромного QVGA-дисплея EL320.240.36-HB с защитным покрытием печатных плат.

В качестве защитного покрытия в новой модели EL320.240.36-HB CCB применяется аэрозоль Humiseal 1B73. Покрытие (чистый акрил) наносится на печатные платы до сборки дисплея и обеспечивает защиту электронных компонентов от воздействий факторов окружающей среды (в частности, от влажности), а также от проводящих частиц пыли и других переносимых по воздуху посторонних веществ, которые могут нарушить работоспособность дисплея, воздействуя на электронные схемы.

Основные технические параметры EL320.240.36-HB CCB аналогичны характеристикам модели EL320.240.36-HB. ●



157

Датчики машинного зрения: обработка изображения становится проще

Распознавание объектов становится проще и точнее благодаря конфигурируемым датчикам машинного зрения VOS310 и VOS301 компании Pepperl+Fuchs. Серия VOS300 обеспечивает максимальную гибкость установок и не требует навыков программирования для обслуживания в процессе работы. Изделия серии VOS300 решают комплексные задачи, превышающие возможности стандартных фотодатчиков, когда позиция, форма или размер определяемого объекта подвержены изменениям. Это задачи определения наличия объектов/изображений, положения или угла поворота объекта, определения формы объекта и выполнения контрольной проверки. В частности, VOS310 контролирует до 5 параметров: оттенки серого, отклонение, контраст, изображение, контур. Для контроля изображений по одному параметру оптимальным выбором является VOS301. Сконфигурированные датчики могут работать в автоматическом режиме без ПК. ●



125

Панельный компьютер APC-9172 с процессором Core 2 Duo

Компания AAEON анонсировала новый промышленный панельный компьютер с высокопроизводительным процессором. Компьютер APC-9172 оборудован встраиваемой процессорной платой с разъёмом PGA-478, поддерживающей процессоры Core 2 Duo с частотой системной шины 400/533/667 МГц.

Мощная вычислительная система и большой ЖК-дисплей делают APC-9172 уникальным. Компьютер APC-9172 объединяет 17" ЖК-дисплей, систему ввода-вывода и два гигабитных сетевых адаптера. В дополнение он имеет слоты расширения miniPCI, PCI и PCI Express.

Ключевым достоинством APC-9172 является влагостойкая передняя панель, которая имеет сертификат степени защиты IP65. Также компьютер оборудован легкозаменяемой системой охлаждения с длительным сроком службы. Компьютер APC-9172 незаменим для промышленных и других ответственных применений. ●



369

Маломощный низкопрофильный источник питания AC/DC для применений внутри и вне помещений

Компания Lambda представила серию SWS600L – новые 600-ваттные одноканальные источники питания AC/DC. Эта серия отвечает всем требованиям, предъявляемым к приборам, которые применяются внутри и вне помещений (в дисплейных системах, световой наружной и внутренней рекламе).

Источники питания серии SWS600L обеспечивают напряжения от 3,3 до 60 В, пиковая мощность в нагрузке составляет 774 Вт. Важными свойствами являются дополнительный выход 12 В/0,1 А, сигнал аварийного состояния вентилятора и сигнал состояния выходного напряжения.

Способные работать в диапазоне температур –20...+74°C SWS600L являются надёжным выбором для систем, подвергающихся воздействиям больших отклонений температуры.

Типовое значение шума вентилятора равно 43,5 дБ, что позволяет применять модули в торговых автоматах и лабораторном оборудовании. ●



219

Радиационно-стойкие DC/DC-преобразователи с низкими выходными напряжениями

Компания Interpoint расширила серию радиационно-стойких преобразователей SMTR моделями с уровнями напряжений 1,5 и 2,5 В, а также улучшила параметры модели с выходным напряжением 3,3 В.

Ток нагрузки моделей SMTR281R5S и SMTR282R5S равен 8 А. Кроме того, модель SMTR283R3S способна выдать в нагрузку 6,06 А.

Серия DC/DC-преобразователей SMTR включает в свой состав одно-, двух- и трёхканальные модели с выходными мощностями до 30 Вт. Преобразователи способны работать в диапазоне температур от –55 до +125°C с КПД до 84%.

Доступны модели в исполнениях со стойкостью к внешним воздействующим факторам по классам Н и К (стандарт MIL-STD-883F). Значение суммарной дозы низкоинтенсивного ионизирующего излучения до 100 крад (Si, суффикс /R) в соответствии с требованиями стандарта MIL-PRF-38534F.

Диапазон входных напряжений одноканальных моделей от 16 до 40 В. ●



132

Современная промышленная материнская плата ATX с поддержкой ISA

Компания iBASE выпустила материнскую плату формата ATX с набором системной логики Intel Q35 + ICH9. Модель MB930 имеет серьёзный вычислительный потенциал благодаря поддержке процессоров Intel Core 2 Quad, Core 2 Duo или Celeron с шиной 1333/1066/800 МГц и наличию оперативной памяти DDR 2 до 8 Гбайт. Одна из ярких особенностей платы от iBASE – наличие ISA-слота для поддержки периферийных плат старого типа.

Присутствуют 4 слота PCI, PCI Express x1 и PCI Express x16 для мощной дискретной графики, что делает плату совместимой с широкой гаммой коммуникационных адаптеров, плат ввода/вывода и контроллеров.

MB930 имеет до 6 коннекторов SATA 300 с возможностью объединения дисков в RAID-массив, 3 порта RS-232, один RS-232/422/485 и 8 каналов USB 2.0. Сетевые интерфейсы представлены сразу двумя каналами Gigabit Ethernet.

Наличие сторожевого таймера, интегрированных видео- и аудио-контроллеров избавит пользователя от проблем совместимости и выделения отдельных слотов для этих опций. ●



67

Компактные источники питания AC/DC 320 Вт

Источники питания AC/DC серии SDC320 компании XP Power предлагаются в четырёх конструктивных исполнениях: два варианта с конвекционным охлаждением или с охлаждением воздушным потоком системы и два варианта со встроенными охлаждающими вентиляторами. Модели серии SDC320 идеальны для промышленных, телекоммуникационных, IT-применений и связанного оборудования. В применениях, требующих высокой импульсной мощности в нагрузке (электромоторы), блок способен обеспечить пиковую мощность 700 Вт, что избавляет разработчиков от необходимости закладывать в спецификацию более мощный и более дорогой источник питания.

Серия SDC320 включает в свой состав 11 одноканальных моделей и 4 двухканальные. Все модели работают в диапазоне 0...+70°C с понижением выходной мощности при температурах выше +50°C. При использовании только конвекционного отвода тепла обеспечивается выходная мощность до 170 Вт.

Не требуется применение дополнительных фильтрующих компонентов, что экономит объём и средства. ●

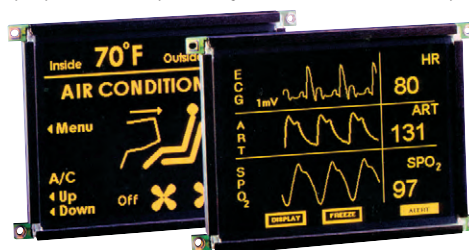


224

Электролюминесцентные QVGA-дисплей Planar с антибликовым покрытием

Компания Planar Systems усовершенствовала дисплеи формата QVGA серии EL320.240.36, начав поставки моделей со встроенным антибликовым покрытием (EL320.240.36 AG, EL320.240.36 IN AG) и модель с антибликовым покрытием и фиксирующимся соединителем (EL320.240.36 AGL).

Антибликовое покрытие из поликарбонатной плёнки с микроскопическими неровностями гарантирует поглощение бликов и при этом обеспечивает передачу 90% яркости изображения. Покрытие рассеивает зеркальные отражения света, что значительно уменьшает блики и улучшает качество считываемого изображения. В качестве материала для антибликового покрытия применяется плёнка Lexan HP40S, отличающаяся высокой долговечностью, великолепной стойкостью к истиранию и воздействию многих химических веществ, что в сочетании со стойкой адгезией делает её прекрасным выбором для уменьшения бликов изображения. ●



157

VisuNet — решение для ЧМИ во взрывоопасных зонах на основе сетевых технологий

Компания Pepperl+Fuchs представила новую платформу VisuNet для создания человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) во взрывоопасных зонах: применяются исключительно решения на базе сетевых структур Ethernet с передачей данных по протоколу TCP/IP.

Сети связи на основе Ethernet хорошо известны в мире автоматизации и теперь могут эффективно применяться для визуализации технологических процессов на основе IBM PC совместимых компьютеров в жёстких условиях промышленных взрывоопасных газовых сред.

VisuNet объединяет все преимущества современной сетевой инфраструктуры, основанной на стандартных Ethernet-компонентах, в простые решения для дистанционного контроля, где дисплей, клавиатура и мышь



удалены на расстояние до 2 км от ПК, установленного во взрывобезопасной зоне, или полноценного панельного ПК, находящегося около технологической установки.

Так как Fast Ethernet с протоколом TCP/IP стремительно приобретает популярность в автоматизации технологических процессов, существующие сетевые инфраструктуры могут использоваться без каких-либо проблем.

Платформа VisuNet включает:

- VisuNet PC – панельные ПК;
- VisuNet RM – станции на основе ПК для дистанционного контроля;
- VisuNet Obox – кожухи с источниками питания и устройствами сетевого интерфейса.

Все устройства VisuNet разработаны для установки и работы во взрывоопасных зонах:

- ATEX, категории II 2G, 2D;
- IEC Ex, зоны классов 1, 2, 21 и 22;
- US, Class 1 Div. 2.

Устройства будут сертифицированы в РФ во втором квартале 2008 года. ●

178

Источники питания AC/DC серии NN с непрерывным регулированием

Компания Lambda предлагает источники питания AC/DC серии NN с непрерывным регулированием, которые отличаются малыми пульсациями выходного напряжения (среднеквадратическое значение 1 мВ).

Серия NN включает одноканальные и двухканальные модели с небольшими уровнями тока утечки на землю (менее 50 мкА), что позволяет применять их в медицинском оборудовании. Источники питания серии NN оснащены защитой от перегрузки и от перенапряжений; имеется функция дистанционного программирования уровнями напряжения, внешняя обратная связь и дистанционное включение/выключение (50/75/100 Вт модели). Блоки питания могут соединяться параллельно и последовательно. Для уменьшения возможности появления отказов может применяться (N+1) резервирование. Диапазон рабочих температур -20...+71°C, стойкость к воздействию вибрации 2g (диапазон частот 10-50 Гц). ●



219

CPC108 — высокопроизводительная процессорная плата в формате MicroPC со встроенным CAN-интерфейсом

Компания FASTWEL представляет процессорный модуль CPC108 на базе процессора AMD Geode LX800, который позволяет получить высокую производительность при низком энергопотреблении. Плата может выдерживать ударные нагрузки и жёсткие вибрации, диапазон рабочих температур составляет от -40 до +85°C. Видеосистема поддерживает мониторы с интерфейсом VGA с разрешением до 1920×1440 пикселей, TFT- или DSTN-панели с разрешением до 1600×1200 пикселей. Кроме стандартных функций Fast Ethernet, изолированных последовательных портов (RS-232 и RS-422/485), аудио, 2×EIDE, розетки CompactFlash, портов USB 2.0 и сторожевого таймера, плата оснащена двумя каналами CAN-интерфейса с гальванической развязкой. Среднее время безотказной работы 180 000 часов. Плата совместима с современными операционными системами, что значительно ускоряет продвижение проекта и позволяет использовать программное обеспечение других компаний. ●



232

EKI-7758F: высочайшая производительность при максимальной надёжности

Компания Advantech выпустила промышленный управляемый коммутатор EKI-7758F с 8 портами Gigabit Ethernet: 4 для проводных линий и 4 для оптических (SFP). Благодаря поддержке Jumbo Frames (гигакад-ров до 9 кбайт) он обеспечивает передачу видео- и аудиопотоков, а также мультимедийных данных в режиме реального времени. Поддержка технологии X-Ring позволяет создавать на его основе резервированные кольцевые структуры с восстановлением функции обмена менее чем за 10 мс. Пропускная способность внутренней шины 15 Гбайт/с делает возможным одновременную работу всех портов на максимальной скорости.

EKI-7758F поддерживает такие типовые функции управления сетью, как защита по IP- и MAC-адресам, VLAN, QoS, Port Mirroring, IGMP Snooping, Port Trunking, CoS/TOS и др.

Коммутатор имеет металлический корпус IP30, резервированный вход питания и защиту портов Ethernet от статического разряда до 4 кВ. Напряжение питания 12-48 В постоянного тока. Диапазон рабочих температур -10...+60°C. ●



119

SHARP представляет 15-дюймовые TFT ЖК-дисплеи

Компания SHARP объявила о начале поставок новых моделей 15-дюймовых (38 см) TFT ЖК-дисплеев LQ150X1LG71 и LQ150X1LG81, которые являются заменой популярных моделей LQ150X1LGN2A/C и LQ150X1LGN2E соответственно. Новые модели имеют дополнительный механизм для замены ламп системы задней подсветки, который улучшает эксплуатационные возможности. Для обеспечения питанием и для начального пуска ламп рекомендуется использовать новый инвертор PS-DA0276-01-B (S) компании Power Systems, поскольку изменилась форма применяемой люминесцентной лампы с Г-образной на цилиндрическую.

Основные параметры: рабочая площадь экрана 304,1×228,1 мм, формат 1024×768 пикселей, контрастность 550:1, яркость 350 кд/м² (250 кд/м² для LQ150X1LG71), угол обзора по вертикали 110°, по горизонтали 120°, интерфейс LVDS, напряжение питания 3,3 В, диапазон рабочих температур 0...+60°C (температура поверхности панели), габариты 326×252×11,2 мм. ●



267

KFU8-USC-1.D: преобразование практически любых сигналов

Фирма Pepperl+Fuchs представила универсальный нормализатор сигналов KFU8-USC-1.D. Каждый поддиапазон определяемых пользователем шкал входных сигналов 0...20 мА, 0...10 В и 0...60 мВ может быть преобразован в масштабы стандартных измерительных сигналов 0/4...20 мА или 0/2...10 В. Настройка осуществляется очень удобно – путём применения дисплея, отображающего набор возможных действий пользователя. Начальные и конечные значения поддиапазонов могут быть заданы посредством ввода цифровых сигналов или установлены путём нажатия кнопок. Дополнительно доступен выход отключающего реле, который может быть настроен с помощью дисплейного меню. Измеренную величину можно представить в различных физических единицах без дополнительных преобразований. Таким образом, сложные регулировки посредством потенциометра и DIP-переключателей остались в прошлом. ●



124

Программируемые источники питания серии Genesys™ с выходной мощностью 5 кВт в конструктиве 2U

Новые программируемые источники питания 5 кВт серии Genesys™ компании Lambda обеспечивают наивысшее значение удельной мощности в компактном конструктиве 2U.

Серия включает 12 моделей. Доступны модули для работы от трёхфазных сетей переменного тока (208 или 400 В), оснащённые активным корректором коэффициента мощности. Внешние функции программирования аналоговых сигналами и контроля выбираются пользователем из ряда 0-5 В и 0-10 В. Пользователи испытательных систем, применяющие интерфейс IEEE-488.2, могут сократить затраты с помощью интерфейсной платы многооточечного интерфейса для ведущего устройства (ретрансляция команд к 30 ведомым устройствам через стандартные цепи RS-485). Доступны изолированные аналоговые интерфейсы и опция сетевого интерфейса LAN, соответствующего требованиям стандарта LXI. Более мощные системы питания могут быть сконфигурированы включением до четырёх блоков параллельно. ●



219

450-ваттные DC/DC-преобразователи для радиочастотных усилителей в базовых станциях и системах связи

Компания Lambda начала выпуск новой серии 450-ваттных DC/DC-преобразователей для монтажа на печатную плату, разработанных в основном для применений в новом поколении радиочастотных усилителей мощности, которые используются в широкой номенклатуре радиочастотных базовых станций, ретрансляторах сотовой связи и системах связи с подвижными объектами.

Новая серия преобразователей PAH450S, выполненная в стандартном корпусе half-brick (61×12,7×57,9 мм), обеспечивает в нагрузке 450 Вт при значениях КПД до 92% и способна работать в широком диапазоне входного напряжения (от 36 до 72 В).

Среди сервисных функций – защита от перегрузки по току (с самовосстановлением) и от перенапряжения, внешняя обратная связь и дистанционное включение/выключение.

Преобразователи серии PAH450 соответствуют требованиям стандартов электробезопасности UL/CSA/EN60950-1, ГОСТ Р МЭК60950-2002 и имеют маркировку CE. ●



220

Высокопроизводительный встраиваемый компьютер AEC-6920 с процессором Core 2 Duo

Компания AAEON анонсировала встраиваемый компьютер нового поколения AEC-6920. Его высокая производительность хорошо подходит для задач управления транспортом и производством.

Компьютер AEC-6920 поддерживает процессоры Intel Core 2 Duo до 2 ГГц и оборудован высокоэффективной патентованной системой пассивного охлаждения. Одним модулем SODIMM поддерживается до 2 Гбайт ОЗУ DDRII. Кроме того, компьютер AEC-6920 оборудован одним PCI Express, одним PCI и двумя PCMCIA-слотами расширения, что увеличивает гибкость системы. Более того, три RS-232, один RS-232/422/485, два 10/100/1000Base-TX и четыре порта USB 2.0 позволяют осуществлять высокоскоростные соединения с различными устройствами.

Великолепная конструкция AEC-6920, позволяющая работать при температуре до 55°C и вибрациях до 5g, подходит для применения в жёстких условиях и ответственных задачах. ●



369

Источник питания AC/DC повышенной мощности серии DPP120 для монтажа на DIN-рейку

Компания Lambda расширила серию источников питания DPP однонаправленной моделью с выходной мощностью 120 Вт.

Достоинствами источников питания серии DPP120 являются встроенный активный корректор коэффициента мощности и прямоугольная характеристика токового ограничения, что позволяет включать параллельно до трёх блоков. Среди сервисных функций – защита от перегрузки по току и от перенапряжения. При конвекционном отводе тепла источники питания способны работать в диапазоне температур от –25 до +71°C.

Компактные модели DPP120 с габаритными размерами 125×63,5×123,6 мм являются надёжным выбором для широкого ряда применений, включая системы управления технологическими процессами, а также испытательное оборудование. Металлический корпус и прочная конструкция отвечают требованиям стандарта безопасности UL508 для промышленного управляющего оборудования. ●



219

Новый сервопривод Digitax ST от Контрол Текникс: гибкий, компактный, умный

Сервопривод **Digitax ST** специально спроектирован для работы с серводвигателями мощностью от 0,72 до 19,2 Нм. **Digitax ST** сочетает в себе интеллект ПЛК, малые габариты сервопривода и традиционную универсальность электроприводов Control Techniques. Он рассчитан как для использования в системах с ПЛК верхнего уровня, так и в распределённых системах управления. Применение модуля программ и приложений пользователя **SM-Application** позволяет легко и быстро решать многие задачи современного машиностроения (синхронизация, резка, намотка и т.д.) за счёт использования стандартных библиотек.

Все это даёт пользователю возможность подобрать наиболее удобный и экономичный вариант для решения каждой конкретной задачи. ●

Более подробную информацию Вы можете узнать на нашем сайте www.controltechniques.com или непосредственно у сотрудников представительства по телефону: +7 (495) 981-981-1.



135

Прозрачный электролюминесцентный дисплей фирмы Planar

Компания Planar Systems объявила о добавлении в семейство высокоэффективных ЭЛ-дисплеев прозрачных и сегментных электролюминесцентных дисплеев TASEL (transparent and segment electroluminescent displays), созданных с применением новой технологии.

Технология изготовления дисплеев обеспечивает (помимо визуальных технических параметров, характерных для традиционных ЭЛ-дисплеев Planar) дополнительные преимущества, связанные с прозрачностью. Кроме того, технология позволяет резать дисплеи и придавать им требуемую форму. Прозрачные дисплеи являются хорошим выбором для заказчиков, уделяющих большое внимание дизайну как показателю новаторства и качества продукции. Промышленные дизайнеры, дизайнеры транспортных систем, изделий первоклассной потребительской электроники и архи-



тектурных проектов оценили уникальные свойства TASEL, которые позволяют устранить ограничения, накладываемые применением плоских, прямоугольных и непрозрачных дисплеев. Дисплеи TASEL компании Planar могут быть интегрированы в разнообразные приложения и использованы в изделиях, где важен оригинальный внешний вид: благодаря им продукция выделяется среди традиционных светодиодных индикаторов и ЖК-дисплеев на пассивных матрицах.

Среди дополнительных функций и преимуществ дисплеев TASEL можно отметить прозрачность (пропускание 84%), угол обзора 179°, соответствие RoHS. Кроме того, формы и размеры подбираются по индивидуальному желанию заказчика: доступны изогнутые и фасонные формы в прозрачном или зеркальном исполнении. Время отклика в режиме работы Instant On (моментальное включение) – до 1 мс (действительно для всего диапазона температур), диапазон рабочих температур стекла находится в пределах от –100 до +100°C. ●

157

Источники питания AC/DC большой мощности серии TH/TX

Компания Lambda представила две новые серии источников электропитания TH/TX для монтажа в кардасы – источники AC/DC для формирования напряжения промежуточной шины в распределённых системах электропитания и автоматизированных системах управления. Устройства серии TH доступны с выходными напряжениями 12, 24 и 48 В и выходными мощностями 750, 1200 и 2000 Вт. Модули питания серии TX выпускаются с выходными напряжениями 24 и 48 В; выходные мощности 2500, 3600, 4800 и 7500 Вт. При параллельном включении трёх модулей в 19" конструктиве (высота 2U) в нагрузку обеспечивается максимальная мощность до 22,5 кВт.

Модули TH и TX предназначены для работы от однофазной сети переменного напряжения с отклонениями напряжения от 85 до 265 В. Диапазон рабочих температур модулей –40...+70°C, типовое значение КПД равно 90% при полной нагрузке. ●



225

Компактные DC/DC-преобразователи 15 Вт XP Power

Компания XP Power предлагает новые 15 Вт DC/DC-преобразователи серии JTH15. Конструктивно преобразователи выполнены в металлических плоских корпусах с размерами основания корпуса 50,8×25,4 мм, что позволяет использовать их в маломощных устройствах, выполненных на печатных платах.

Преобразователи характеризуются высоким КПД – до 86%. Для подавления высокочастотных помех во входных шинах установлен П-образный помехоподавляющий фильтр. Серия JTH15 может применяться в жёстких условиях окружающей среды без использования дополнительных теплоотводов или воздушного потока. Способность работать в широком диапазоне входных напряжений позволяет применять преобразователи в связанном и телекоммуникационном оборудовании, системах управления технологическими процессами. Преобразователи могут заменять более ранние 10-ваттные модели с такими же размерами основания корпуса. ●



225

ИБП семейства Smart-UPS® с выходной мощностью 5000 В·А

Компания APC расширила популярное семейство источников бесперебойного питания (ИБП) Smart-UPS® моделью SUA5000RMI5U, которую можно использовать либо как башенно-напольное, либо как монтируемое в стойку решение. Созданная по линейно-интерактивной топологии модель SUA5000RMI5U имеет следующие параметры:

- максимальная выходная мощность 4000 Вт/5000 В·А;
- номинальное выходное напряжение 230 В;
- выходная частота (синхронизированная с электросетью) 47-53 Гц;
- искажения формы выходного напряжения менее 5% при полной нагрузке;
- тип формы напряжения – синусоидальная;
- пик-фактор 3:1;
- эффективность под полной нагрузкой 96%;
- входное напряжение 230 В.

Комплект поставки включает компакт-диск с программным обеспечением, крепежи для инсталляции и для установки в стойку, направляющие для возможного монтажа в аппаратные стойки, сигнальный кабель RS-232 для Smart UPS, плату администрирования Web/SNMP Management Card AP9617.



216

Источники питания AC/DC с выходными мощностями 15-40 Вт для медицинского оборудования

Компания Lambda начала поставки герметизированных источников питания AC/DC серии КМ с выходными мощностями от 15 до 40 Вт в одно-, двух- и трёхканальном исполнении, сертифицированных для применений в медицинском электрооборудовании и предназначенных для монтажа на печатную плату. Эти компактные, лёгкие источники питания идеальны для применений в медицинском портативном оборудовании: электронных мониторах кровяного давления и оборудовании для внутривенного вливания.

Модули серии КМ выпускаются в корпусах с габаритными размерами 64×45,5×23,4 мм (модели 15 Вт) и 88,9×63,5×26,9 мм (модели 40 Вт). Одноканальные устройства доступны с выходными напряжениями от 3,3 до 24 В с типовым значением КПД до 83%. Двухканальные источники доступны с выходными напряжениями ±5, ±12 и ±15 В, а также имеются модели с 5/12 В. Типичное значение КПД для этих устройств – до 83%. Трёхканальные источники поставляются с различными напряжениями, включая 5/±12 В со значением КПД 80%.



219

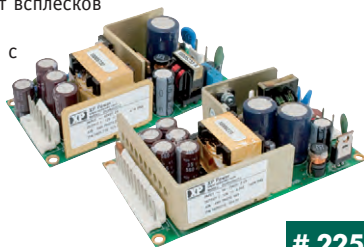
60- и 100-ваттные преобразователи DC/DC в открытом исполнении для телекоммуникационных применений

Компания XP Power начала поставки преобразователей DC/DC серии DCM, которые дополняют популярную серию ЕСМ источников питания AC/DC. Серия широко применяется в сетевых системах, выполненных в конструктивах 1U, включая переключатели, маршрутизаторы, системы мониторинга и видеопроизводящие системы в стойечном исполнении.

Благодаря новым DC/DC-преобразователям разработчики могут совмещать решения для обеспечения электропитанием при работе от сети переменного напряжения или постоянного напряжения с номинальным напряжением –48 В в телекоммуникационных системах.

Среди технических особенностей новых модулей – возможность работы при аварийных режимах входного напряжения, изменения полярности входного напряжения, защита от всплесков напряжения и перенапряжений.

Преобразователи серии DCM с выходными мощностями 60 и 100 Вт предназначены для работы от сетей постоянного напряжения с входными напряжениями от 36 до 75 В. Поставляются модели с выходным напряжением 12 В.



225

DC/DC-преобразователи 5 Вт с широким диапазоном входного напряжения

Широкий диапазон входных напряжений новых DC/DC-преобразователей серии PXC05 компании Lambda позволяет разработчикам использовать их универсально и таким образом экономить средства, сократив номенклатуру складских запасов. Эти модели применяются и для обеспечения устойчивой работы оборудования в системах с использованием аккумуляторных батарей, где входное напряжение подвержено значительным колебаниям.

Одно- и двухканальные преобразователи с выходной мощностью 5 Вт могут работать от сетей постоянного напряжения с отклонениями от 9 до 36 В и от 18 до 75 В. Благодаря корпусу с пятисторонним экранированием преобразователи могут использоваться в телекоммуникационном и связанном оборудовании, системах промышленной автоматизации. Они выполнены в стандартных корпусах DIP с 24 контактами и имеют габаритные размеры 32×20×10 мм. Поставляются модели для установки в отверстия печатной платы и для монтажа на поверхность.



220

Источник бесперебойного питания со стабилизированным выходным напряжением UPS50W

Инженерная компания ООО «ПРОСОФТ-Системы» представляет новую разработку – компактный источник бесперебойного питания со стабилизированным выходным напряжением – UPS50W. Источник питания предназначен для защиты систем питания электронного оборудования мощностью до 50 Вт от провалов постоянного напряжения питания 24 В. UPS50W обеспечивает выходной ток 2 А и работу с одной аккумуляторной батареей напряжением 12 В и ёмкостью от 4,5 до 15 А·ч.

Источник питания обеспечивает мгновенное подключение аккумуляторной батареи при отключении либо уменьшении входного напряжения ниже заданного уровня без провала выходного напряжения. Отличительной особенностью UPS50W является поддержание стабилизированного выходного напряжения 24 В с предельным отклонением до –4% вне зависимости от напряжения аккумуляторной батареи. Источник питания контролирует наличие аккумуляторной батареи, проводит её диагностику и подзарядку. UPS50W имеет защиту от перегрузки по току и КЗ.



24

Модуль активного ограничения импульсов напряжения обеспечивает защиту DC/DC-преобразователей от перенапряжений

Компания XP Power объявила о начале выпуска 500 Вт активного ограничителя перенапряжений для применения в условиях сильных электромагнитных помех в сети питания. Модуль DSF500 разработан для защиты DC/DC-преобразователей в соответствии с требованиями MIL-STD-1275A от импульсов перенапряжения, всплесков и пульсаций напряжения, которые обычно имеются в системе питания любой военной платформы, например летательного аппарата или транспортного средства. В системах могут использоваться стандартные DC/DC-преобразователи для промышленных применений без риска быть повреждёнными импульсами перенапряжений и помехами. Диапазон входных напряжений модуля составляет от 10 до 34 В постоянного напряжения. Выходное напряжение отслеживается и ограничивается на уровне ниже 36 В.

Габаритные размеры модуля 57,9×57,9×16,45 мм. Диапазон рабочих температур находится в пределах от –40 до +100°C (по основанию корпуса). Модуль устойчив к воздействию морского тумана, вибраций и ударов.



225

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 участившимися 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, обмениваясь 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.

Автоматизированная система управления установкой подачи порошкообразных материалов

Челябинской компанией ООО «ИСК» совместно с ООО «АСУ-Проект» была разработана и внедрена автоматизированная система управления установкой подачи порошкообразных материалов на ижевском металлургическом комбинате ОАО «Ижсталь».

Система предназначена для автоматического управления операциями загрузки и порционной подачи материалов в процессе выплавки стали.

В качестве ядра системы выступают процессорный модуль, а также модули аналогового и дискретного ввода/вывода VIPA серии System 300V.

Компоненты размещены в настенном защитном шкафу фирмы Schrock, на лицевой стороне которого располагается панель оператора фирмы Siemens. Управление работой установки осуществляется как с пульта рабочей площадки, так и от внешней АСУ через сеть PROFIBUS.

Конструктивная и функциональная совместимость модулей VIPA с широко используемыми на предприятии контроллерами SIMATIC S7-300 фирмы Siemens позволила не только успешно модернизировать систему, но и снизить затраты на эксплуатацию и её стоимость в целом.

Внедрение системы автоматизации на базе продукции VIPA обеспечило улучшение условий труда эксплуатационного персонала, удовлетворяя при этом самым высоким требованиям к производительности, безопасности и надёжности. ●

ООО «ИСК», г. Челябинск
E-mail: info@isk.su
ООО «АСУ-Проект», г. Челябинск
E-mail: acs-project@isk.su
Телефон: (351) 791-5440, 791-6469
Факс: (351) 790-8608
Web: www.isk.su



370

Техническое перевооружение завода крупнопанельного домостроения

Группа компаний «Элтикон» завершила первый этап технического перевооружения завода крупнопанельного домостроения ОАО «Гродножилстрой». Выполнена реконструкция трёх бетоносмесительных узлов и склада цемента с полной заменой технологического оборудования и систем управления технологическими процессами.

Системы управления укомплектованы следующими техническими средствами производства компаний «Элтикон»:

- операторскими станциями на базе одноплатных компьютеров PCM-9580 (Advantech);
- контроллерами KE 133 непосредственного цифрового управления технологическими процессами;
- распределёнными устройствами ввода-вывода сигналов СА «Композит», а также датчиками веса (силы), положений исполнительных механизмов, уровней материалов и т.д. производства российских и западноевропейских компаний.

Системы управления технологическими процессами интегрированы в общезаводскую автоматизированную систему управления предприятием.

В результате технического перевооружения решены следующие задачи:

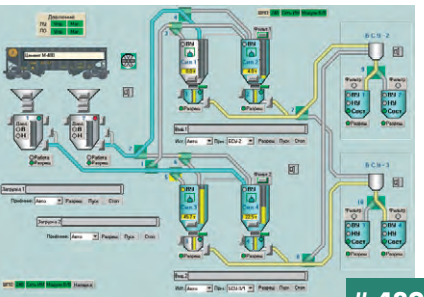
- бетоносмесительные узлы и склад цемента имеют новое современное технологическое оборудование и новые современные систе-

мы управления с перспективой их эксплуатации не менее 15 лет;

- технологические процессы полностью автоматизированы;
- достигнуты необходимая производительность и качество приготовления всего спектра технологических бетонных смесей, от жёстких до пластичных.

На фото приведён вид мнемосхемы отображения технологического процесса на складе цемента. ●

Группа компаний «Элтикон»
г. Москва, телефон: (+7-495) 786-7670
г. Минск, телефон: (+375-17) 289-6333
E-mail: com@elticon.ru
Web: www.elticon.ru



489

Автоматизированная система управления дозированием бетонной смеси

Стремительный рост строительной индустрии заставил заводы железобетонных изделий модернизировать производство. Одним из самых узких мест является бетоносмесительный узел.

В ОАО «БЕТОН» проведён комплекс мер, который позволил не только увеличить выход товарной смеси, но и при улучшении качества смеси снизить расход цемента на 15%.

В процессе модернизации были выполнены следующие работы:

- замена смесителя на более производительный,
- замена механической весоизмерительной системы на тензометрическое оборудование фирмы SCAIME,
- замена запорной арматуры, приводной техники и пневмооборудования.

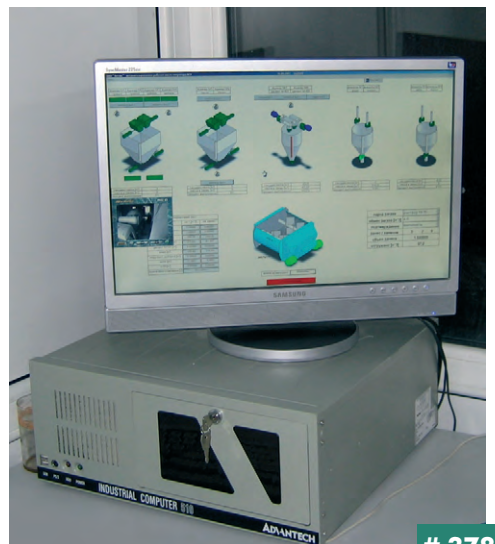
Одним из ключевых моментов явилась полная автоматизация дозирочного отделения на базе контроллера S7-315 фирмы Siemens.

Автоматизированное рабочее место оператора отображает ход техпроцесса приготовления бетонной смеси, текущее положение и состояние механизмов управления, ведётся запись аварийных сообщений и журнал отпуска продукции. Оператор может осуществлять конфигурирование оборудования, изменять и вводить новые рецепты смесей.

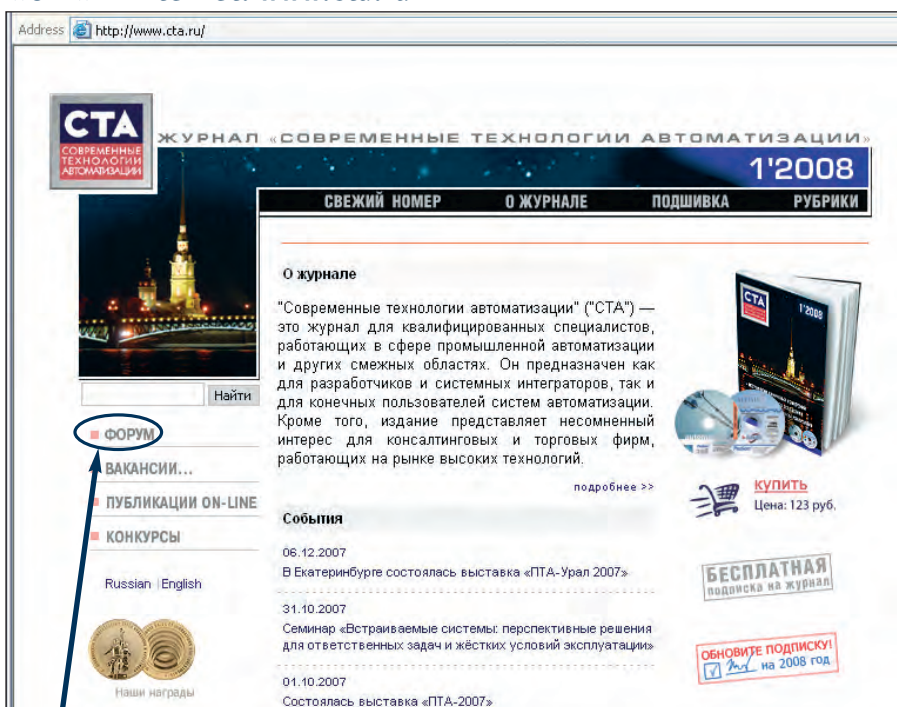
Программное обеспечение позволяет определять скорость набора всех компо-

нентов, а также время срабатывания исполнительных механизмов, что способствует поддержанию точности набора материалов при более высоких скоростях. ●

ЗАО «Системы и комплексы», г. Рязань
Телефон/факс: (4912) 273-181
E-mail: info@syscom.ryazan.ru
Web: www.sys-com.ru



378



Приглашаем читателей принять участие в работе форума на сайте журнала «СТА»: www.cta.ru

Редакция журнала «СТА» 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.

Конкурс на лучшую статью

Продолжается конкурс на лучшую статью, опубликованную в журнале с 1-го номера 2008 г. по 4-й номер 2008 г. Авторы-победители получают премии. Подведение итогов конкурса — во втором номере журнала за 2009 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

Подписка на журнал «СТА»

Мы предлагаем вам следующие варианты получения нашего журнала:

Для гарантированного и регулярного получения журнала «СТА» необходимо оформить платную подписку

■ через подписное агентство «Роспечать» по каталогу «Роспечать».
Подписные индексы: на полугодие — 72419, на год — 81872

■ через агентство МАП («Межрегиональное агентство подписки») по каталогу «Почта России».
Подписной индекс на полугодие (2 номера) — С6820.
Телефон: (495) 648-9394,
доб. 11-36/ 11-16,
факс: (495) 648-9394, доб. 11-14.

Подписка за рубежом

Читатели из дальнего зарубежья могут оформить подписку через агентство «МК-Периодика».
Телефоны: +7 (495) 681-9137/8747,
факс: +7 (495) 681-3798

Даже если вы были ранее подписаны,

**ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ
БЕСПЛАТНОЙ ПОДПИСКИ
НА ЖУРНАЛ «СТА»**

вам необходимо заполнить форму на стр. 111 или на сайте www.cta.ru

ИНДЕКСЫ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ КАРТОЧКИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Страница	Компания	Индекс
104, 106	AAEON	#369
85	Advantech	#112
13		#115
1		#130
103		#120
103, 106		#119
108	APC	#216
55	Fastwel	#116
69		#449
103		#232
105		#232
103		#234
70	GE DE	#270
104	iBASE	#67
2-я обл.	Iconics	#252
73	Innodisk	#360
104	Interpoint	#132
104	Lambda	#219
105, 106		#219
106		#220
107		#219
108		#219
108		#220
97	Maple Systems	#136
35	Mitac	#171
2	Octagon Systems	#11
103		#11
104	Pepperl+Fuchs	#125
105		#178
106		#124
71	Planar	#151
104		#157
105, 107		#157
50	RDC	#483
73	SanDisk	#360
61	Scaime	#411
43	Schroff	#71
31		#77
106	Sharp	#267
3-я обл.	Siemens	#226
73	STEC	#360
4-я обл.	VIPA	#287
19	XLIGHT	#368
54	XP Power	#225
105		#224
107		#225
108		#225
109	АСУ-Проект	#370
109	ИСК	#370
107	Контроль Текникс	#135
47	ПРОСОФТ	#27
33	Прософт-Системы	#24
108		#24
109	Системы и комплексы	#378
84	Системы реального времени-Украина	#209
109	Элтикон	#489

Уважаемые читатели! Редакция журнала «СТА» проводит актуализацию информации о подписчиках журнала.

Для получения бесплатной подписки на журнал «СТА» заполните данную анкету

и отправьте её по факсу (495) 232-1653 или по адресу: 119313 Москва, а/я 26.

Анкету можно также заполнить на web-странице журнала «СТА» <http://www.STA.ru/>.

Обращаем Ваше внимание, что редакция оформляет бесплатную подписку только для квалифицированных специалистов, аккуратно и полностью заполнивших анкету.

Для гарантированного получения журнала «СТА» Вы можете оформить платную подписку

(информация на сайте <http://www.CTA.ru/>)

Поля, отмеченные *, обязательны для заполнения. Можно отмечать несколько пунктов в одном разделе анкеты.

1/1

Укажите в этом поле Ваш идентификационный номер из двух чисел, напечатанный на адресной наклейке конверта, в котором Вы получаете журнал. — это ускорит обработку анкеты.

Фамилия, имя, отчество*

Организация*

Должность* _____ Отдел _____

Должность _____
Телефон* _____

Телефон _____ Факс _____
E-mail* _____ Сайт* _____

Адрес предприятия*: _____ Почтовый адрес для доставки журнала «СТА», _____

Почтовый индекс, город*:

Район, область*: _____

Адрес*: _____ Район, область: _____

Адрес: _____

Тип Вашей должности:

- ☐ Руководитель/менеджер высшего звена
- ☐ Руководитель отдела, группы, участка, ...
- ☐ Менеджер по закупкам/снабжению
- ☐ Технический руководитель проекта
- ☐ Инженер-разработчик
- ☐ Инженер по технической поддержке/обслуживанию
- ☐ Научный сотрудник
- ☐ Другой

Область деятельности Вашей организации*:

- ☐ Авиация, космонавтика, ВПК
- ☐ Добыча/транспортировка нефти/газа
- ☐ Энергетика
- ☐ Химическая и нефтехимическая пром-ть
- ☐ Телекоммуникации
- ☐ Транспорт
- ☐ Metallургия
- ☐ Горнодобывающая промышленность
- ☐ Машиностроение
- ☐ Приборостроение
- ☐ Строительная индустрия
- ☐ Легкая и пищевая промышленность
- ☐ Медицина
- ☐ Автоматизация зданий
- ☐ Сельское хозяйство
- ☐ Другая

Вы рекомендуете, принимаете решение о применении или закупаете следующее оборудование:

- ☐ Промышленные компьютеры
- ☐ Встраиваемые системы
- ☐ Программируемые контроллеры и распределенные системы ввода-вывода
- ☐ Программное обеспечение
- ☐ Средства операторского интерфейса
- ☐ Монтажные шкафы, корпуса и конструктивы
- ☐ Устройства сбора данных и управления, КИП
- ☐ Магистрально-модульные системы
- ☐ Электромоторы и приводы
- ☐ Оборудование для телекоммуникаций, сетей Ethernet и Fieldbus
- ☐ Оборудование для беспроводной передачи данных
- ☐ Оборудование для применения во взрывоопасных зонах
- ☐ Датчики, индикаторы и исполнительные устройства
- ☐ Источники питания
- ☐ Клеммы, кабели, электроустановочные изделия, монтажный инструмент
- ☐ Другое

Вид деятельности Вашей организации*:

- ☐ Системная интеграция
- ☐ Производство мелкосерийное
- ☐ Производство крупносерийное
- ☐ Торговля оптовая
- ☐ Торговля розничная
- ☐ Научные исследования
- ☐ Опытнo-конструкторские разработки
- ☐ Образование

**Количество сотрудников
в Вашей организации:**

- ☐ До 10 чел.
☐ 10 - 50 чел.
☐ 50 - 100 чел.
☐ Более 100 чел.
☐ Более 1000 чел.

Оборудование каких фирм Вы применяете?

- ☐ Сделайте пометку в этом квадрате, если Вы уже оформили подписку на 2008 г. через подписные агентства.

Конкурс на лучшую статью

Укажите фамилию автора и название лучшей,
по Вашему мнению, статьи
из опубликованных в 2008 г.



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

REVIEW/Industrial Networks

6 System-based development of the Ethernet high-speed switching networks

By Vyacheslav Vinogradov

This review shows the Ethernet-technology development trends in the industrial automation applications. The article presents the specific solutions based on this technology for the industrial networks, measuring instrument systems and real-time systems. The 10-Gigabit Ethernet interfaces and specifications are included, and the promising 100-Gigabit Ethernet technology is described.

SYSTEM INTEGRATION/Public Utilities

14 Concept of use of the LED luminaires along with the traditional light sources

By Sergey Guzhov, Aleksandr Polishchuk and Andrey Turkin

The article describes the basic aspects of the use of the LED luminaires in the lighting systems of the residential buildings, public places and industrial facilities. Also, the article gives assessment of the economic efficiency of their use as compared to the traditional light sources.

20 Automated control system for the outdoor lighting: current issues of design and operation and prospects for development

By Oleg Zotin

The article discusses the specific features of the automated control systems for the outdoor lighting and the system requirements. The comparative assessment of various design options for these systems is made. The article shows the prospects for the development of the systems as to the enhancement of reliability, maximum centralization of monitoring, remote fault localization, improvement of power consumption accounting and implementation of the energy-saving technologies.

SYSTEM INTEGRATION/Agriculture

24 Automated temperature monitoring systems for the elevator silos

By Victor Gusev, Yurii Mazalov, Sergey Miroshin and Roman Ognev

The article provides information on the automated temperature monitoring systems for the elevator silos. The authors demonstrate the benefits of the system based on the digital transmitters. The article details the state-of-the-art ASKT-01 system employing the digital thermal suspensions (TUR-01) and the temperature monitoring devices (UKT-12).

DEVELOPMENT/Control & Measuring Systems

28 Automated system for determining the static characteristics of the pneumatic tires

By Yurii Prokopenko, Viictor Rozhentsev, Vladimir Marakhovsky and Aleksandr Shamanin

The article describes the industrial computer-based automatic system for determining the static characteristics of the pneumatic tires by means of hardware of the console which is controlled by the system.

DEVELOPMENT/Marine Equipment

36 Ship voyage data recording

By Vladimir Shcherbak

A simplified voyage data recorder (S-VDR) is described in the article. Also discussed in detail is the hardware structure. The article provides the basic technical characteristics of the recorder and the incorporated devices.

HARDWARE/Industrial Controllers

44 Fastwel I/O inside. Part 5

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.

HARDWARE/Processor Boards

52 New multipurpose embedded computers with the VME high-speed bus

By Aleksandr Buravlev

The article is dedicated to the special features of the architecture of a line of the modern processor boards with the VME bus and the new developments allowing for unifying the processor modules, reducing the cost of the systems and increasing the VME parallel bus capacity.

STANDARDS AND CERTIFICATION

56 Fundamentals of the basic GOST R IEC standards for the telemetering devices and systems. Part 2

By Aleksandr Vulis and Victor Sumitelnov

The article presents the fundamentals of a number of the basic standards for the telemetering devices and systems developed by the International Electrotechnical Commission and introduced in our country so that the Russian developments in this field meet the international standards and show promise for the unification of the technical solutions.

66 Digital measurement metrology. Part 1

By Arkadiy Gurtovtsev

The article analyses the basic concepts of the metrology of the measuring systems and its modification – the automatic power consumption accounting and monitoring system. The article shows the drawbacks of the historical methods of the metrological certification of the digital measuring systems and the automatic power consumption accounting and monitoring system. It is suggested that in the said modern systems, only their input part – the primary digital measuring devices or the measuring channels with the digital output – should be metrologically certified as the measuring devices, and the other system devices should be considered as the secondary non-measuring devices which require the digital certification, but not the metrological one. Such approach allows the considerable reduction of costs for the metrological support of the measuring systems and the automatic power consumption accounting and monitoring system.

ENGINEER'S NOTEBOOK

76 A good engineer should be able to tell two cables apart

By Igor Lapko

The article may help an engineer of the automated process control system to better understand an enormous variety of cables and wires and make the right choice of the products that he often has to deal with. For this purpose, the article provides a detailed description of the materials and design of the instrument cables and data transmission cables and covers the issues of their impact on the operating and economic characteristics of the design solutions.

86 PID controllers: issues of implementation. Part 2

By Victor Denisenko

The previous articles of the author devoted to the PID controllers described their design philosophy and modifications. This paper continues the discussion and gives an overview of the methods for the manual calculation of the parameters, automatic adjustment and adaptation of the PID controllers.

EXHIBITIONS, CONFERENCES, SEMINARS

100 Head for St. Petersburg

By Tatyana Ruppel

101 EXPOTRONIKA participated in the 2007 World-F.I.M.A General Assembly in Gothenburg

101 The first PROSOFT workshop on the embedded systems has been successfully completed

101 The entire range of the Lambda products

SHOWROOM

103

SYSTEM INTEGRATION PROJECTS IN BRIEF

109

NEWS

12, 42, 99

CD-ROMs in this issue

Iconics, Siemens



Ваш надёжный партнёр в России!



automation & DRIVES

www.siemens.ru/ad

ProSOFT®

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

Департамент «Техника автоматизации и приводы (A&D)» предлагает Вам полный спектр продуктов для автоматизации во всех отраслях промышленности: техника автоматизации, контрольно-измерительная аппаратура, приводы, коммутационная и электроустановочная техника.

Обратившись к нам, Вы всегда найдете компетентного партнера, способного предложить оптимальное решение, независимо от того, о чем идет речь — об отдельных продуктах или о комплексных решениях для целых отраслей.

SIEMENS

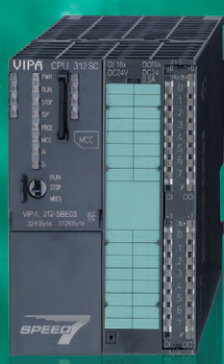
Департамент «Техника автоматизации и приводы»
115114 Москва
ул. Летниковская, 11/10, стр. 2
Тел.: (495) 737-2441
Факс: (495) 737-1728



CPU 312SC/313SC/314SC:

Высокопроизводительные и доступные компактные контроллеры на базе технологии SPEED7

313SC



312SC



314SC



- Программирование с помощью STEP[®] 7 фирмы Siemens
- Высокое быстродействие (до 30 раз быстрее аналогов)
- Возможность расширения объёма рабочей памяти до 1 Мбайт
- Встроенный порт Ethernet для PG/OP
- Встроенные интерфейсы MPI, PROFIBUS DP, RS 485 (PtP), SSI



Прямой адрес для получения дополнительной информации — vipa@prosoft.ru

Эксклюзивный дистрибьютор компании VIPA в России, Белоруссии и Казахстане — компания ПРОСОФТ

287

ProSoft[®]

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

ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИИ:

ЧЕЛЯБИНСК, Компания ИСК Телефон: (351) 790 64 69 • E mail: anat@isk.su • Web: www.isk.su