

## ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ: ЦЕЛИ И СРЕДСТВА

К.В. Кругляк (Компания Прософт)

*Рассматриваются вопросы построения распределенных АСУТП на базе современных аппаратно-программных и сетевых решений. Обсуждаются основные тенденции развития РСУ и средств их создания. Приведены примеры применения некоторых новых изделий фирм Advantech, WAGO, Pepperl+Fuchs, Hilscher и др.*

Процесс автоматизации промышленных производств развивается все более ускоряющимися темпами: увеличивается число "интеллектуальных" оконечных устройств, вычислительных систем на базе микроконтроллеров, вовлеченных в процессы контроля и управления ТП. В этих условиях существенно возрастает роль данных, собираемых на всех уровнях АСУТП. Требования, предъявляемые потребителями этой информации, все более ужесточаются в части объема, скорости и надежности получения данных, поэтому вопросы обеспечения коммуникаций становятся высокоприоритетными.

В течение многих лет системы обмена данными строились по традиционной централизованной схеме, в которой имелось одно мощное вычислительное устройство и огромное число кабелей, посредством которых осуществлялось подключение оконечных устройств (датчиков и исполнительных механизмов). Такая структура диктовалась высокой ценой электронно-вычислительной техники и относительно низким уровнем автоматизации производства. На сегодняшний день у этого подхода практически не осталось приверженцев. Такие недостатки централизованных АСУТП, как большие затраты на кабельную сеть и вспомогательное оборудование, сложный монтаж, низкая надежность и сложная реконфигурация сделали их во многих случаях абсолютно неприемлемыми как экономически, так и технологически.

В условиях бурно растущего производства микропроцессорных устройств альтернативным решением стали цифровые промышленные сети (ЦПС), состоящие из множества узлов, обмен между которыми производится цифровым способом. На сегодняшний день на рынке представлено около сотни различных типов ЦПС, применяемых в системах автоматизации. Технические и стоимостные различия этих систем настолько велики, что выбор решения, оптимально подходящего для нужд конкретного производства, является непростой задачей. Цель настоящей статьи — помочь конечным пользователям и проектировщикам распределенных АСУТП принять мотивированное решение, способное повысить эффективность производства и обеспечить надежную работу технологического оборудования.

### Основные характеристики ЦПС

Подчеркнем две особенности современных ЦПС — распределенный характер "интеллекта" и цифровой способ обмена данными между узлами сети. Узлы ЦПС располагаются максимально приближен-

но к оконечным устройствам, благодаря чему длина аналоговых линий сокращается до минимума. Каждый узел ЦПС является "интеллектуальным" устройством и выполняет несколько функций: прием команд и данных от других узлов ЦПС; съем данных с подключенных датчиков; оцифровку полученных данных; обработку технологического алгоритма; выдачу управляющих воздействий на подключенные исполнительные механизмы по команде другого узла или согласно технологическому алгоритму; передачу накопленной информации на другие узлы ЦПС.

Преимущества ЦПС по сравнению с централизованными системами можно подразделить на две категории. Переход на цифровую передачу данных дает возможность заменить километр дорогих кабелей на несколько сот метров дешевой витой пары. Экономический эффект от сокращения расходов на тонны меди и вспомогательное оборудование (кабельные каналы, клеммы, шкафы) хорошо просчитывается и очевиден.

ЦПС обеспечивают дополнительные преимущества по таким показателям, как надежность, гибкость и эффективность, что является прямым следствием их децентрализованной структуры.

Прежде всего, следует отметить информационные возможности цифрового канала передачи данных. Если ранее по одной паре проводов можно было получить только одно-единственное текущее значение измеряемой величины или, напротив, передать исполнителю команду, то теперь количество передаваемых данных зависит только от "интеллектуальных" возможностей оконечных устройств. Что особенно важно, информационный канал становится двунаправленным. Наиболее важным практическим следствием этого обстоятельства является возможность осуществления удаленной параметризации и калибровки оконечных устройств. Наличие единой базы параметров, обслуживание всех подключенных к ЦПС оконечных устройств с одного АРМ свидетельствует о наступлении новой эры в работе службы КИП предприятия, выводя эту службу на совершенно иной уровень оперативности и эффективности. Быстрая установка предельных уровней и режимов работы дает возможность гибко управлять производственным процессом, перенастраивать его согласно меняющимся условиям и задачам. Только применение цифровых методов передачи данных позволяет использовать на полную мощность возможности современных датчиков и исполнительных механизмов.

*Необходимость породила многообразие промышленных сетей, а сети порождают развитие ком.ммуникационных решений и устройств.*

Журнал "Автоматизация в промышленности"

чительно на отработку технологических алгоритмов в остальных узлах. Важно также отметить, что разумное распределение управляющих

Кроме "количественной" составляющей новой концепции информационного обмена, следует отметить качественно новые возможности, предоставляемые узлам ЦПС. Существуют три основных режима обмена данными, эффективность использования которых зависит от конкретной задачи.

Режим "Ведущий-ведомый". В этом простейшем режиме один из узлов ЦПС является ведущим устройством, которое последовательно опрашивает подчиненные узлы. В зависимости от содержания запроса ведомый узел либо выполняет полученную команду, либо передает ведущему текущие данные с подключенных оконечных устройств. Типичным примером ЦПС, построенной на таком принципе, являются сети Profibus. Как правило, роли ведущего и ведомого закрепляются жестко и не меняются в процессе функционирования сети.

Режим "Клиент-сервер". Данный режим имеет много общего с предыдущим и используется в системах с гибким распределением функций. Узел-клиент запрашивает данные, а узел-сервер их предоставляет. При этом клиент может запрашивать несколько узлов, а сервер — иметь несколько клиентов. Также функции клиента и сервера могут совмещаться на одном узле. Примером может послужить ЦПС FOUNDATION Fieldbus.

Режим "Подписка". В этом режиме узел, нуждающийся в регулярном поступлении какой-либо информации, подписывается на ее получение от другого узла, после чего получает регулярные рассылки данных без дополнительных запросов. Режим имеет два варианта: в первом случае данные передаются циклически с определенным интервалом вне зависимости от динамики информации; во втором случае данные передаются только в случае их изменения. Данный режим также используется в сетях FOUNDATION Fieldbus.

Одним из основных критериев оценки систем АСУТП является надежность. Понятие это в распределенных системах весьма многогранно и требует внимательного рассмотрения. Для АСУТП, создаваемых на базе ЦПС, следует отметить несколько моментов.

- По надежности цифровой метод передачи данных намного превосходит аналоговый. Передача в цифровом виде малочувствительна к помехам и гарантирует доставку информации благодаря встроенным в протоколы ЦПС механизмам контрольных сумм, квитирования и повтора искаженных пакетов данных.

- Надежность функционирования систем АСУТП на базе ЦПС с интеллектуальными узлами значительно выше, чем в традиционных структурах, так как выход из строя одного узла не влияет либо влияет незна-

чительно снижает нагрузку на центральную управляющую ЭВМ, что также способствует повышению надежности системы в целом.

- Защита ЦПС от повреждения кабельной сети является важной проблемой, особенно в том случае, если его топология имеет вид шины. Для критически важных технологических участков эта задача должна решаться дублированием линий связи или наличием нескольких альтернативных путей передачи информации.

Системы АСУТП редко делаются раз и навсегда; как правило, их состав и структура подвержены коррекции в силу изменяющихся требований производства. Поэтому важными критериями оценки закладываемых в проект решений являются гибкость и модифицируемость комплекса. По этим показателям ЦПС, несомненно, намного превосходит традиционную централизованную схему: добавление или удаление отдельных точек ввода/вывода и даже целых узлов требует минимальных монтажных работ и может производиться без остановки системы автоматизации. Переконфигурация системы осуществляется на уровне ПО и также занимает минимальное время. Другая проблема, связанная с развитием системы АСУТП, заключается в необходимости применять оборудование различных производителей. На ранних этапах развития ЦПС вопрос совместимости протоколов, заложенных в интеллектуальные оконечные устройства, стоял очень остро. Сейчас практически все широко распространенные решения в этой сфере стандартизованы, что позволяет разработчикам АСУТП выбирать оборудование из широкого спектра поставщиков, оптимизируя стоимость проекта и его технологическую структуру.

В рамках перечисленных характеристик, общих для сетей различных типов, за последние 20 лет было разработано и внедрено множество законченных аппаратно-программных решений, значительно отличающихся по своим параметрам и сферам применения. Это, например, AS-интерфейс, CAN-протокол, Interbus, Profibus, FOUNDATION Fieldbus. В данной статье мы опустим описание этих ЦПС, так как они рассмотрены в других материалах, участвующих в обсуждении темы "Полевые шины: какие, где, когда?".

### Тенденции развития ЦПС

Наличие на рынке разнообразных наборов программно-аппаратных решений позволяет решить технологические проблемы практически любого производства. Отсюда следуют два вывода. Во-первых, для предприятий практически полностью потеряли смысл собственные разработки в этой области. Попытка сэкономить средства за счет внутренних ресурсов в большинстве случаев оборачивается созданием громоздких, ненадежных, ни с чем не совместимых и дорогих

в обслуживании систем. Во-вторых, можно считать законченной дискуссию о "войне филдбасов" и о некоем "наилучшем" решении в этой области. Сейчас уже очевидно, что ни одна из существующих ныне ЦПС не станет единственной, похоронив все остальные. Многообразие требований автоматизируемых ТП не может быть удовлетворено универсальным и экономически оптимальным решением. Вопрос должен ставиться несколько иначе: только грамотное структурирование комплекса АСУТП и выбор оптимальных решений для конкретных технологических участков может обеспечить прорыв предприятия на новый уровень качества и эффективности производства.

Когда обсуждается вопрос о выборе типа промышленной сети, необходимо уточнять, для какого именно уровня автоматизации этот выбор осуществляется. В зависимости от места ЦПС в иерархии промышленного предприятия требования к ее функциональным характеристикам будут различны.

Еще не так давно иерархия АСУТП выглядела в виде "трехэтажной" пирамиды (сверху/вниз), включающей уровни управления предприятием, ТП, устройствами.

На уровне управления предприятием располагаются обычные IBM PC совместимые компьютеры и файловые серверы, объединенные ЛВС. Задача вычислительных систем на этом уровне – обеспечение визуального контроля основных параметров производства, построение отчетов, архивирование данных. Объемы передаваемых между узлами данных измеряются мегабайтами, а временные показатели обмена информацией не являются критичными.

На уровне управления ТП осуществляется текущий контроль и управление либо в ручном режиме с операторских пультов, либо в автоматическом по заложенному алгоритму. На этом уровне выполняется согласование параметров отдельных участков производства, обработка аварийных и предаварийных ситуаций, параметризация контроллеров нижнего уровня, загрузка технологических программ, "ручная" выдача команд на исполнительные механизмы. Информационный кадр на этом уровне содержит, как правило, несколько десятков байтов, а допустимые временные задержки могут составлять 100...1000 мс в зависимости от режима работы. С нижнего уровня собираются текущие показатели контролируемых устройств и механизмов.

На уровне управления устройствами располагаются контроллеры, осуществляющие непосредственный сбор данных и управление оконечными устройствами – датчиками и исполнительными механизмами. Данные, которыми контроллер обменивается с оконечным устройством, обычно имеют дискрет 1-2 байта, а требования к скорости опроса устройств на более жесткие –  $\leq 10$  мс.

Тенденции последних лет сделали эту стройную структуру значительно более сложной, а местами и размытой (рис. 1).

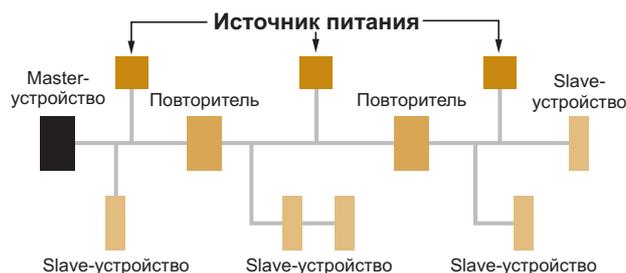


Рис. 1

Во-первых, АСУТП все более интегрируется с АСУП, а через нее неизбежно выходит в сферу Интернет/Интранет-технологий. Сегодня уже никого не удивляет желание руководителей предприятия иметь текущую производственную информацию не только в своем кабинете, но и в филиалах или в любой точке мира. Web-технологии делают выполнение этой задачи реальностью. Во-вторых, значительные успехи демонстрирует так называемый промышленный Ethernet, который доказал свою состоятельность и перспективность для задач интеграции отдельных участков АСУТП в единую структуру и построение ЦПС и который поддерживается все возрастающей номенклатурой аппаратно-программных средств, соответствующих не только стандарту Ethernet, но и жестким требованиям производственной сферы. В-третьих, появление сетей AS-интерфейса фактически означало появление четвертого, самого нижнего уровня распределенных АСУТП – уровня сети оконечных устройств. В-пятых, все более расширяется сектор ЦПС, применяемых во взрывоопасных зонах на предприятиях химической, нефтегазовой и других отраслей с опасными условиями производства.

### Ethernet в промышленности

Основным фактором, обеспечившим Ethernet победное шествие в сфере АСУ, явилось наличие огромного выбора совместимых между собой аппаратных и программных средств построения сетей этого стандарта. Большое число производителей и конкуренция между ними дали естественный экономический результат: решения на базе Ethernet практически вытеснили все остальные из офисных распределенных приложений. Поэтому следует считаться с желанием пользователей распространить сферу применения Ethernet в промышленные цеха на уровень низовой автоматизации. Но очевидно, что использование стандартного набора аппаратных и программных решений в АСУТП невозможно, так как офисное оборудование не выдержит эксплуатации в запыленных помещениях, а протокол 802.3 не гарантирует сеть от "зависания" при повышении интенсивности трафика.

Тем не менее, промышленный Ethernet существует и активно расширяет сферу своего применения. Прежде всего следует сказать о том, что еще на уровне офисных приложений была решена проблема недетерминированности Ethernet. Переход от концент-

раторов (hub) к коммутаторам (switch) и от полудуплексных каналов связи к дуплексным позволил снять вопрос о возможности блокировки обмена по сетевому каналу из-за многочисленных коллизий информационных кадров. Благодаря своим "интеллектуальным" возможностям коммутатор направляет полученный информационный кадр только на то подключение, где реально находится абонент, а не широко вещательно во всю сеть. В результате общий объем трафика в сети многократно сокращается. Фактически топология "общая шина" на логическом уровне трансформируется в топологию "каждый с каждым", обеспечивая гарантированную доставку данных.

Кроме того, одним из основных препятствий к применению Ethernet в АСУТП всегда было несоответствие между исполнением аппаратных средств и условиями их применения в промышленности. Сейчас ситуация изменилась: появился целый ряд концентраторов и коммутаторов, выполненных в соответствии с требованиями промышленных условий эксплуатации. Такие устройства, в частности, выпускаются фирмами Advantech (ADAM-6510), Hirschmann (Rail-серия) и WAGO (758-500).

Исполнение коммутатора 758-500 фирмы WAGO традиционно для компонента АСУТП: монтаж на DIN-рейку; питание от источника нестабилизированного напряжения = 10...30 В; диапазон рабочих температур -40...85°C; влажность в пределах 5...95% (без конденсации влаги); соответствие международным стандартам по вибро- и пожароустойчивости, электробезопасности и электромагнитному излучению; защита от выбросов напряжения; малые габаритные размеры и низкое энергопотребление; возможность установки во взрывоопасных зонах (зона II).

Помимо этого устройство обладает всеми необходимыми характеристиками современного коммутатора: пять портов RJ-45 для подключения витой пары; поддержка всех стандартных протоколов Ethernet; высокая пропускная способность (1,4 Гбит/с); защита от "широковещательной атаки"; автоопределение параметров линии обмена (дуплекс/полудуплекс, 10/100 Мбит/с).

Наличие гнезд под разъемы RJ-45 не позволяет говорить о какой-либо пылевлагозащите, но этот недостаток легко преодолевается путем установки коммутатора в электротехнический шкаф со степенью защиты IP55, например, PROLINE или INLINE фирмы Schroff.

Отдельно следует остановиться на продукции Rail-серии фирмы Hirschmann. Концентраторы и коммутаторы сер. RH1, RS1 и RS2 позволяют реализовать фирменное системное решение производителя – гиперкольцо (HIPER-Ring), позволяющее с помощью минимальных затрат многократно повысить надежность системы коммуникаций. Замкнув кольцо, т. е. проложив всего-навсего один дополнительный кабель, разработчик распределенной АСУТП получает гарантию самовосстановления системы при

возникновении самой тяжелой для любой сети аварийной ситуации такой, как обрыв кабеля или выход из строя какого-либо узла. Восстановление нормального информационного обмена осуществляется без участия человека за минимальное время ( $\leq 500$  мс). В зависимости от условий эксплуатации и степени удаленности оборудования разработчик комплекса АСУТП может применять экранированную витую пару, многомодовое или одномодовое оптоволокно.

Таким образом, имеется достаточный набор современных аппаратных средств, с помощью которых можно протянуть линию Ethernet с верхнего "этажа" АСУТП предприятия (офисного) на нижний – в цех. Возникает вопрос: как оптимально использовать полученный информационный канал?

Следует сразу отметить, что возможности непосредственного подключения отдельных оконечных устройств к Ethernet пока нет. Это объясняется несколькими обстоятельствами. Во-первых, накладные расходы на передачу малого объема информации (1-2 байта) в Ethernet неоправданно высоки (минимальный размер блока данных 512 бит). Во-вторых, при всей своей экономичности Ethernet-решения пока еще слишком дороги, если применять их к каждому оконечному устройству.

Тем не менее, существует несколько системных решений, гарантирующих промышленному Ethernet долгую и счастливую жизнь. Прежде всего, это объединение в единую сеть промышленных компьютеров, рабочих станций и терминалов, используемых в качестве рабочих мест технологов и операторов. Это направление применения Ethernet в АСУТП практически ничем (за исключением аппаратных средств) не отличается от комплексирования IBM PC совместимых компьютеров в офисной среде. Следует упомянуть о применении промышленных контроллеров, имеющих встроенный сетевой интерфейс. Примеров множество: Octagon Systems 6225, Fastwel CPU686E, Diamond Prometheus и т.д. Каждый из них может служить вычислительным ядром системы ввода/вывода, контролирующей тот или иной технологический участок производства. С верхнего уровня посредством файлового обмена и стандартных протоколов IPX и TCP/IP могут осуществляться такие важные функции, как загрузка программ, настройка, параметризация, получение текущих значений, выдача команд оператором. Выбор тех или иных протоколов обмена находится целиком в ведении разработчика ПО верхнего уровня. Наиболее популярным решением в настоящее время является применение ModBus/TCP.

Следующее направление развития АСУТП на базе Ethernet – распределенные УСО с Ethernet-интерфейсом. В качестве примера рассмотрим новую серию модулей – ADAM-6000 фирмы Advantech. Эта серия УСО является развитием широко используемой сер. ADAM-4000, поддерживающей интерфейс RS-485. Номенклатура модулей (аналоговый и дискретный ввод/вывод, ввод сигналов термодатчиков/RTD, счет-

чики и т.д.) повторяет и расширяет серию 4000, а также поддерживает старую систему команд в ASCII-формате, что позволяет конечным пользователям осуществлять модернизацию системы удаленного сбора данных в минимальные сроки и с минимальными затратами. Кроме того, сер. ADAM-6000 поддерживает протоколы TCP/IP, UDP/IP, а также стандартный промышленный протокол ModBus/TCP для прямого сопряжения со SCADA-системами посредством OPC-сервера. Новые УСО идеально подходят для построения АСУТП на базе Интернет-технологий, поскольку имеют встроенную поддержку Web-страниц и удаленной загрузки ПО.

Наиболее эффективным средством развития АСУТП с помощью промышленного Ethernet является интеграция существующих систем сбора и обработки данных, основанных на последовательных интерфейсах RS-232/422/485, посредством шлюзов. Это направление особенно интересно в условиях, когда у предприятия недостаточно финансовых средств для комплексной модернизации, а задача объединения ресурсов АСУТП в единый комплекс насущна и жизненно необходима. Применение устройств ADAM-4570/4571 делает подобную интеграцию реальностью, причем с минимумом затрат. Поставляемое ПО делает соединение через локальную сеть абсолютно прозрачным, благодаря чему информация с удаленной подсистемы моментально становится доступной на верхнем уровне в РМВ. Для экономичного подключения большого числа подсетей последовательного интерфейса можно применять концентраторы EDG-4504/4508/4516 фирмы Advantech с 4/8/16 последовательными каналами соответственно.

#### Приведение к единому знаменателю

Практика применения ЦПС на производстве неизбежно приводит к тому, что на разных участках предприятия функционируют сети разных стандартов, использующих неодинаковые среды передачи данных и протоколы. Что делать в такой ситуации, какими средствами объединить эти суверенные островки в единую мощную информационную систему? Одним из возможных вариантов является применение конверторов протоколов PKV фирмы Hilscher.

Наиболее интересными (особенно в свете информации предыдущего раздела) устройствами данного типа являются конверторы протоколов ЦПС в среду Ethernet сер. PKV 40.

Устройства PKV 40, с одной стороны, поддерживают такие основные протоколы ЦПС, как CANopen, DeviceNet, Profibus-DP, ModBus-Plus, AS-интерфейс, а также стандартные последовательные шины RS-232/422/485. С другой стороны, доступ к данным осуществляется по протоколу TCP/IP, обеспечивая прозрачную интеграцию в любую систему верхнего уровня автоматизации. Кроме доступа посредством TCP/IP, PKV 40 обеспечивает пользователя целым рядом "продвинутых" функций. Приверженцы Ин-

тернет-технологий в автоматизации могут воспользоваться встроенным Web-сервером. Создание страниц в стандартном формате html осуществляется любым редактором, после чего они передаются по сети в память устройства. Дальнейший просмотр накопленных устройством PKV 40 данных осуществляется обычным Интернет-браузером, то есть практически с любого компьютера из любой точки земного шара. Поддержка языка Java позволяет реализовать произвольную предварительную обработку данных, а также требуемый для технологов и специалистов интерфейс.

Кроме того, PKV 40 может использоваться как самостоятельный ПЛК благодаря наличию процессора и предустановленной ОС Windows CE. Большинство разработчиков уже в той или иной степени знакомы с этой ОС, которая за последние годы стала одним из стандартов де-факто в области встраиваемых систем. Возможность написания технологических программ обработки данных, поступающих от узлов ЦПС, делает PKV 40 очень гибким инструментом, готовым в любой момент перестроиться с учетом изменившихся требований производственного процесса.

Для конфигурирования PKV 40 необходимо только стандартное для изделий Hilscher ПО SyCon, что облегчает инженерам АСУТП ввод оборудования в эксплуатацию. Настройка, в том числе загрузка пользовательских программ, может осуществляться как удаленно через TCP/IP, так и на месте установки оборудования через последовательный интерфейс, которым снабжен каждый PKV 40.

Кроме PKV 40, фирма Hilscher предлагает конвертор протоколов PKV 30, который предназначен для интеграции в единую сеть существующих систем автоматизации, построенных на базе последовательного интерфейса.

Каждое устройство PKV 30 выступает в роли узла той или иной ЦПС и одновременно – в роли ведущего устройства для узлов, подключенных по физической линии RS-232/422/485. Со стороны ЦПС устройства PKV 30 поддерживают протоколы Profibus-DP, Profibus-MS, Interbus, DeviceNet, CANopen. Со стороны последовательного канала поддерживаются стандарты 3964R, ModBus и Modnet. Пользователь может настроить устройство на поддержку нестандартного протокола с помощью прилагаемого инструментария. Все конфигурационные данные хранятся во флэш-памяти, что обеспечивает максимально надежную работу устройства при сбоях питания или иных аварийных ситуациях.

#### Применение ЦПС во взрывоопасных зонах

В различных отраслях промышленности, в том числе нефтегазовой и химической, автоматизируемые оконечные устройства располагаются во взрывоопасных зонах. Для решения вопросов их безопасного подключения к АСУТП используются различные средства взрывозащиты, среди которых наиболее эф-

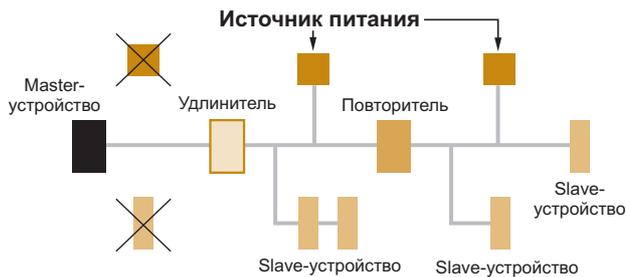


Рис. 2

эффективным и экономичным (15...50% экономии по сравнению с другими методами) является метод "искробезопасная электрическая цепь". Искробезопасное подключение отдельно взятого датчика или исполнительного механизма обеспечивают устройства, называемые барьерами искробезопасности (рис. 2).

Применение барьеров является широко распространенным решением и обладает рядом достоинств. Однако для АСУТП с большим числом подключений оно становится слишком дорогим и громоздким. Для экономии кабельной продукции можно применить схему удаленного ввода/вывода, когда барьеры устанавливаются на объединительные платы по возможности ближе к оборудованию, а комплексирование объединительных плат с ПЛК осуществляется по последовательному интерфейсу RS-485 или с использованием какой-либо ЦПС. Следующим шагом в этом направлении являются схемы искробезопасного удаленного ввода/вывода, например система IS-RPI фирмы Pepperl+Fuchs<sup>1</sup>. При выборе этого решения разработчик может использовать многие ЦПС, например Modbus, ControlNet, Profibus и т.д.

Но наиболее экономичными и гибкими, очевидно, являются схемы непосредственного внедрения ЦПС во взрывоопасные зоны 0 и 1. Правда в этом случае выбор сетевых решений ограничивается теми ЦПС, которые реализуют стандарт физического уровня IEC 61158-2, то есть Profibus-PA и FOUNDATION Fieldbus.

До недавнего времени расчет искробезопасности сетевых решений строился на основе модели, представляющей кабель ЦПС в виде распределенных индуктивности, емкости и активных сопротивлений, которые подлежали учету наряду с аналогичными предельными характеристиками подключенных оконечных устройств. Далее, исходя из заявленных характеристик блока питания, определялся максимальный ток, а также максимальное число устройств, которое могло быть подключено к искробезопасному сегменту. Результаты применения этой модели приводили к очень жестким ограничениям и, как следствие, к высоким затратам.

Результатом новейших исследований в области искробезопасных цепей явилась расчетная модель FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept), базирующаяся на следующих предположениях:

<sup>1</sup> Жданкин В.К. Взрывозащищенная выносная система сопряжения с оборудованием нижнего уровня АСУТП // Современные средства автоматизации. 2002. №2.

- один блок питания на сегмент с напряжением 14...24 В;
- блок питания соответствует требованиям взрывозащиты ia или ib группы ПС и имеет трапециевидную или прямоугольную характеристику;
- все остальные узлы сегмента являются пассивными с током потребления  $\geq 10$  мА;
- все узлы имеют малые значения внутренней индуктивности ( $< 10$  мкГн) и емкость ( $< 5$  нФ), которыми можно пренебречь;
- характеристики кабеля не выходят за установленные границы ( $R=15... 150$  Ом/км,  $L=0,4...1$  мГн/км,  $C=80... 200$  нФ/км, включая экран);
- кабель терминирован на обоих концах ( $R=90...100$  Ом,  $C=2,2$  нФ);
- длина магистрали  $\leq 1000$  м;
- длина каждого кабельного отвода  $\leq 30$  м.

Проведенное Национальным физико-техническим институтом ФРГ тестирование показало, что при соблюдении указанных условий роль распределенных индуктивности и емкости кабеля может не учитываться. Таким образом, любой сегмент ЦПС, собранный из сертифицированных в соответствии с концепцией FISCO изделий, может рассматриваться как чисто резистивная схема и рассчитываться по соответствующим оценочным кривым. Результат – 10 устройств на сегмент вместо 4 по используемой ранее модели – означает прорыв в экономической эффективности применения ЦПС на взрывоопасных производствах. Модель FISCO одобрена как ассоциацией пользователей Profibus, так и консорциумом FOUNDATION Fieldbus, и рассматривается МЭК в качестве проекта Международного стандарта.

Искробезопасные сегменты ЦПС подключаются к основной сети через сегментные соединители (Segment Coupler), обеспечивающие конверсию протоколов физического уровня, гальваническую развязку между обоими сегментами и ограничение мощности, получаемой сегментом ЦПС взрывоопасной зоны. Сегментные соединители устанавливаются в безопасной зоне (как правило, в электротехнических шкафах) и требуют внешнего питания 24 В. Для master-узла, также находящегося в безопасной зоне, информационный обмен с устройствами, подключенными через сегментный соединитель, абсолютно прозрачен, что обеспечивает единство всей системы автоматизации.

Нетрудно видеть, что даже применение модели FISCO еще не обеспечивает минимизацию накладных расходов на развертывание ЦПС во взрывоопасных зонах. Разница между 10 узлами на сегмент, разрешенными по FISCO, и 32 узлами, допускаемыми стандартами Profibus и FOUNDATION Fieldbus, достаточно ощутима, чтобы не останавливаться на достигнутом. Фирма Pepperl+Fuchs в рамках новой серии FieldLink выпустила изделие F2D0-FB-Ex4.IEC, представляющее собой нечто вроде "интеллектуальной" распределительной коробки для искробезопасных сегментов сетей Profibus и FOUNDATION Fieldbus и позволяющее полностью пре-

одолеть указанные ограничения. Устройство имеет степень защиты IP66 и сертификат EEx me, может устанавливаться в опасных зонах класса 2 и 1. Структура сегмента в этом случае будет иметь следующие особенности:

- сегментный соединитель (искробезопасное исполнение не обязательно), располагающийся в безопасной зоне;

- магистральный кабель, объединяющий сегментный соединитель и (каскадно) несколько устройств F2D0 (соединение должно отвечать требованиям EEx e);

- кабельные отводы (до 4-х на каждое устройство F2D0) имеют длину до 120 м, характеристики выходов соответствуют FISCO, потребляемый ток по каждому отводу до 40 мА;

- до 3 оконечных устройств на каждый отвод.

Нетрудно видеть, что применение F2D0 дает огромную экономию. Прежде всего, можно применять более дешевые сегментные соединители и источники питания (без контуров искрозащиты). Более чем в три раза увеличивается число оконечных устройств, подключае-

мых к одному сегменту. F2D0 заменяют монтажно-распределительные коробки, что также уменьшает накладные расходы. Гальваническая изоляция кабельных отводов снимает необходимость уравнивания потенциалов земли между взрывоопасной и безопасной зонами, обеспечивая значительную экономию средств.

#### Заключение

Охватить в одной статье все основные аспекты развития промышленных сетей, конечно, невозможно. Обсуждение отдельных тенденций и аппаратно-программных решений на базе ЦПС будет обязательно продолжено, поскольку реальной альтернативы их применению в распределенных АСУТП нет. Только комплексная интеграция систем автоматизированного управления на предприятии в совокупности с модернизацией АСУТП отдельных технологических участков может вывести производство на новый уровень надежности и эффективности. Все эти задачи могут быть успешно реализованы на базе упомянутых в статье решений.

*Кругляк Константин Валерьевич — инженер фирмы Прософт  
Контактный телефон (095) 234-06-36, факс 234-06-40.  
E-mail: info@prosoft.ru*

## ETHERNET В ПОЛЕ... ПОЧЕМУ БЫ И НЕТ?

**С.И. Попов (компания "Шнейдер Электрик")**

*Обосновывается правомерность использования сети Ethernet на полевом уровне. Рассматривается технология "Издатель-подписчик" и концепция Transparent Factory Realtime, предложенные компанией "Шнейдер Электрик".*

Целью этой статьи не является проведение сравнительного анализа полевых шин, применяющихся в промышленной автоматизации, и это даже не пропаганда использования сети Ethernet в качестве полевой шины. Дело это неблагодарное и наверняка могущее вызвать раздражение у приверженцев тех или иных технологий. Хотелось бы всего лишь обратить внимание на то, что стандарты и прикладные протоколы, доказавшие свою жизнеспособность в условиях отчаянной конкуренции 90-х годов, в настоящее время все чаще и чаще начинают "присматриваться" к новым для себя, однако давно уже стандартным для мира информационных технологий, средствам транспорта. Это и всем известный протокол Modbus, разработанный фирмой Modicon и сравнительно недавно зарегистрированный как Интернет-протокол с номером порта 502. Это и Profibus, реализованный в качестве profinet, и, наконец, популярный в КИП протокол Fieldbus FOUNDATION, получающий новую реализацию как HSE (High Speed Ethernet). В качестве этого "транспортного" стандарта я имею в виду как раз сеть Ethernet, рассматривая ее как некий стандартный кабель для передачи информации, или, если применить аналогию с транспортом в обычном понимании этого слова — как скоростное информационное шоссе, а также наиболее распространенный

транспортный протокол TCP/IP, как некое средство транспорта, если хотите, автомобиль, который, пользуясь дорогами и правилами передвижения по ним, включая указатели, дорожные знаки, светофоры и т.д., доставит информацию от источника к адресату.

Возникает вопрос, а зачем и почему именно Ethernet? Во-первых, безусловно, задача обеспечения взаимной информационной совместимости оборудования для промышленной автоматизации, а также совместимости с миром информационных технологий становится все более и более актуальной. Кроме того, если воспользоваться той же самой аналогией со средствами транспорта, то ведь все, скажем, автомобилисты хотели бы, чтобы сервисных центров и магазинов запчастей для автомобилей именно их марки было как можно больше, чтобы специалисты по сервису выпускались в каждом учебном заведении и имелись бы в любом городе. Чтобы благодаря всему этому время и стоимость устранения любой неисправности были минимальными. Какое средство транспорта выбрал бы разумный руководитель? Очевидно наиболее распространенное из тех, что в состоянии выполнить задачу с точки зрения скорости и надежности.

Да, опыт показывает, что ни один из стандартов на сегодняшний день не в состоянии удовлетворить разных потребностей всех приложений, связанных с ис-