



Константин Кругляк

## Локальные сети Ethernet в АСУ ТП: быстрее, дальше, надёжнее

Статья продолжает серию публикаций, посвященных сетевым решениям в АСУ ТП. На этот раз рассматриваются вопросы применения технологии Ethernet в данной области. В качестве примеров каналообразующего оборудования и типовых аппаратных решений по увеличению производительности и надежности систем управления рассматриваются изделия фирмы Hirschmann.

### Немного истории

Одной из основных современных тенденций развития автоматизированных производств, систем контроля и управления является применение более открытых и «прозрачных» системных решений. Реальности рынка аппаратных и программных средств на сегодняшний день таковы, что наиболее эффективным путем достижения этой цели является применение IBM PC совместимых вычислительных средств, взаимодействующих между собой по сетям Internet/Intranet посредством протокола TCP/IP и Ethernet-технологии. Ethernet становится неотъемлемым атрибутом современных высокоинтегрированных микросхем. Все большее количество производителей встраиваемых вычислительных систем оснащают свои контроллеры сетевым интерфейсом, совместимым со стандартом Ethernet. Для существующих промышленных сетей (fieldbus) разрабатываются шлюзы, позволяющие комплексировать отдельные производственные участки в единую систему автоматизации с применением Ethernet. Сама технология Ethernet постоянно развивается и совершенствуется, приобретая функциональность, максимально отвечающую требованиям современного этапа развития систем автоматизации, контроля и управления.

Ethernet — наиболее широко распространенная технология построения локальных сетей, ставшая стандартом де-факто в области офисных приложений (около 80% этого сегмента рынка) и все более активно завоевывающая промышленную сферу. Эта технология прошла длинный и непростой путь, основные этапы которого полезно напомнить.

Первый экспериментальный прототип Ethernet был создан инженерами фирмы Xerox в начале 70-х годов. Работала эта сеть со скоростью всего-навсего около 3 Мбит/с и объединяла не-

сколько компьютеров и один лазерный принтер. Подобные опыты проводились и другими крупными компаниями, и в конце 70-х годов сразу три из них: DEC, Intel и Xerox — объединили усилия для стандартизации разработок в области сетевых протоколов. В конце 1980 года это дало результат в виде первой (версия 1.0) спецификации Ethernet 10Base-5 под названием «Голубая книга, или Стандарт DIX» (по начальным буквам компаний-производителей). Основными решениями, заложенными в спецификацию 10Base-5, были шинная топология с



Промышленные сети — часть современного автоматизированного производства

ответвлениями на базе коаксиального кабеля, скорость передачи данных 10 Мбит/с и протокол доступа к разделяемой среде CSMA/CD (множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий). Системы, отвечающие этой спецификации, специалисты сразу окрестили «толстым» Ethernet, из-за диаметра применяемого кабеля. Менее чем через два года появились соответствующие сетевые карты, и в том же 1982 году вышла вторая (и последняя) версия спецификации Ethernet 10Base-5.

Несмотря на многочисленные недостатки, популярность новорожденной системы оказалась столь высока, что в 1983 году инициатива стандартизации была перехвачена Институтом инженеров по электротехнике и электронике (IEEE). В рамках этой организации была создана специальная рабочая группа 802.3, давшая название и самому международному стандарту. Новый стандарт включил в себя описание физического уровня и уровня управления доступом согласно семиуровневой архитектуре ISO/OSI. С этого времени термины Ethernet и IEEE 802.3 обычно употребляются как тождественные, хотя это и не совсем верно, так как специалисты IEEE переработали первоначальную спецификацию DIX, особенно в части формата передаваемого кадра данных. Изменения, однако, не являются принципиальными и позволяют совместно использовать аппаратные средства, отвечающие обоим стандартам, в рамках одной системы.

В 1985 году на свет появилась вторая официальная версия стандарта — специализированная IEEE 802.3a, сразу получившая название «тонкий» Ethernet (10Base-2), поскольку в качестве физического уровня использовался более тонкий, дешевый и простой в прокладке коаксиальный кабель. Кроме того, в 1985 году IEEE выпустил спецификацию 802.3b (10Broad36) для применения Ethernet в режиме широкополосной передачи данных со скоростью 10 Мбит/с.

Все указанные усовершенствования не затрагивали одного из основополагающих свойств изначальной спецификации — шинной топологии, затрудняющей модификацию состава сети и вызывающей серьезные нарекания с точки зрения надежности. Революционный прорыв в этой области произошел только в 1990 году, когда IEEE обнаружил спецификацию

802.3i (10Base-T). Новая спецификация позволяла строить кабельную систему для 10 Мбит/с Ethernet на широко распространенном, дешевом и простом в монтаже кабеле типа неэкранированной витой пары (UTP) 3 категории. Достоинства кабельных решений данного типа привели к тому, что новый стандарт 10Base-T очень быстро стал популярным и практически вытеснил системы на коаксиальном кабеле. Помимо чисто аппаратных преимуществ, спецификация 10Base-T значительно облегчила жизнь сетевым специалистам и администраторам из-за появившейся возможности реализовывать более гибкие топологические структуры типа «звезда» и «дерево». Благодаря этому упростилось планирование сети и модификация её структуры, а также возникли реальные условия для обеспечения лучших характеристик надежности и отказоустойчивости.

Увеличение числа инсталляций сетей Ethernet вызвало нарастание встречных требований со стороны эксплуатирующих компаний. Пользователи нуждались в большей пропускной способности и возможности покрытия больших расстояний. Движение в этом направлении началось в 1993 году с появлением первых спецификаций (IEEE 802.3j, или 10Base-F), позволяющих использовать оптические линии связи. Это давало возможность покрывать одним сегментом сети расстояние до 2000 метров.

В 1995 году произошёл настоящий прорыв в направлении повышения производительности сетей Ethernet: IEEE обнаружил спецификацию 802.3u (10Base-T) «быстрого» Ethernet (Fast Ethernet), согласно которой скорость передачи данных увеличивалась в десять раз до 100 Мбит/с. В эту спецификацию была заложена поддержка сразу трех физических сред передачи данных:

- кабель, содержащий две витые пары пятой категории (10Base-TX);
- кабель, содержащий четыре витые пары третьей категории (10Base-T4);
- две оптические линии на базе многомодового оптоволокна (10Base-FX).

В 1997 году настало время преодоления самого главного недостатка технологии Ethernet, связанного с протоколом доступа CSMA/CD. Как известно, заложенный в его основе метод разрешения коллизий основан на процедуре случайных задержек повторной пере-

дачи информационного кадра. При увеличении нагрузки на сеть растёт вероятность взаимной блокировки станций друг другом, а в случае худшего развития этой ситуации реальная пропускная способность сети может упасть до нуля. Данный недостаток был главным препятствием на пути использования Ethernet в ответственных приложениях. Кардинальным способом решения проблемы стало введение полнодуплексного режима обмена данными, при котором вследствие физического разделения каналов приема и передачи становятся невозможными сами коллизии. Помимо этого, применение полнодуплексного режима обмена позволяет теоретически удвоить пропускную способность канала.

Стремительное внедрение средств автоматизации и компьютерных технологий привело в 1998 году к очередному поднятию планки пропускной способности сети Ethernet: IEEE выпустил спецификацию 802.3z (1000Base-X), которая устанавливает скорость передачи 1 Гбит/с. Новая спецификация поддерживает следующие среды передачи данных:

- многомодовое оптоволокно с длиной волны 850 нм (1000Base-SX);
- одно- и многомодовое оптоволокно с длиной волны 1300 нм (1000Base-LX);
- экранированная витая пара (1000Base-CX).

## СЕТЕВЫЕ РЕШЕНИЯ ФИРМЫ HIRSCHMANN

Западногерманская фирма Hirschmann всегда стремилась к применению новейших технологий в сетевом оборудовании. Так, в 1984 году, почти за 10 лет до появления соответствующего стандарта, в университете Штутгарта она впервые создала локальную сеть Ethernet на базе оптоволокна. В 1990 году фирма представила Ethernet с кольцевой топологией, защищенной от отказа узла или обрыва линии. На сегодняшний день Hirschmann выпускает полную гамму оборудования для создания локальных и глобальных сетей сколь угодно сложной структуры, прежде всего для эксплуатации в тяжелых промышленных условиях.

Несмотря на то что стандарт Ethernet одинаков как для офисных, так и для промышленных сетей, требования к каналобразующей аппаратуре в обоих случаях существенно разнятся. Про-





Рис. 1. Монтаж модуля серии Rail на DIN-рельс

мышленные условия предъявляют значительно более жесткие требования к надежности, диапазону рабочих температур, устойчивости к электромагнитным помехам, вибрационным и иным видам нагрузок. Серия оборудования Rail изначально разрабатывалась фирмой Hirschmann для применения в сфере промышленной автоматизации, и соответствующие требования были учтены еще на этапе проектирования отдельных устройств.

Основными чертами, выделяющими изделия серии Rail, являются:

- работоспособность в диапазоне температур от 0 до 60°C;
- отсутствие вентиляторов, которые являются наиболее уязвимым узлом любого оборудования;
- соответствие требованиям международных стандартов по электромагнитной совместимости EN 50081 (Class B) и EN 50082;
- устойчивость к вибрационным воздействиям;
- компактность;
- возможность быстрого монтажа на стандартный DIN-рельс (рис. 1);
- удобное подключение соединительных проводов, информативная диагностическая сигнализация;
- электропитание от источника со стандартным номиналом 19-30 В постоянного тока с возможностью дублирования питающих линий, гальваническая развязка цепей питания от корпуса устройства.

Обеспечение отказоустойчивости сетевых комплексов достигается целой гаммой патентованных решений. Уникальная концепция построения отказоустойчивого кольца (HIPER-Ring) позволяет не только противостоять отдельным отказам оборудования и линий связи, но и проводить регламентные работы или работы по реконфигурации сети, не останавливая обмена данными в системе. Одним из наибо-

лее примечательных свойств этого решения является чрезвычайно малое время восстановления после отказа: в отличие от стандартного алгоритма «покрывающего дерева» (спецификация IEEE 802.1d), оно составляет менее секунды.

В зависимости от степени важности задачи, решаемой на базе сетевого оборудования серии Rail, разработчик может задействовать различные заложенные механизмы обеспечения надежности и безотказности. Например, при наличии у контроллера дублированного сетевого интерфейса любой из соответствующих портов может быть подключен к оптическому кольцу, или же для достижения более высокого уровня дублирования может быть добавлено второе оптическое кольцо. Применение коммутаторов позволяет создавать полностью детерминированные сети Ethernet, восстанавливающиеся при единичном отказе за считанные доли секунды. Функция контроля дублирования может быть активизирована на любом включенном в сеть коммутаторе с помощью DIP-переключателей.

Применение изделий серии Rail позволяет одновременно достичь и унификации оборудования, и гибкости сетевой среды, легко адаптируя её к ограничениям, накладываемым конкретной производственной ситуацией. При изменении требований производственного процесса и расширении количества подключенного оборудования сеть на базе модулей Rail может быть трансформирована для решения новых задач в течение нескольких минут. Широкая гамма поддерживаемых устройствами данной серии кабельных решений позволяет оптимизировать выбор оборудования для технологических участков с сетевыми коммуникациями любой протяженности и конфигурации.

Изделия серии Rail поддерживают стандарт языка управления SNMP и, кроме того, могут настраиваться посредством web-интерфейса. Это позволяет системному администратору удаленно настраивать сетевую среду при первичном развертывании или текущей эксплуатации, а возможность получения максимально полной информации о каждом сетевом узле обеспечивает целостность распределенной системы и максимальную надежность ее функционирования.

В номенклатуру каналообразующей аппаратуры фирмы Hirschmann входят повторители, концентраторы и комму-

таторы серии Rail. Кроме того, поставляются блоки питания двух типов мощностью 60 и 120 Вт, выполненные в едином со всем оборудованием данной серии конструктивном стиле.

### Повторители

Повторитель предназначен для соединения разнородных сегментов сети Ethernet и преодоления проблем, связанных с ограничениями длины сегмента кабеля. Повторители представляют собой устройства с двумя портами. Модель RT1-TX/FL является преобразователем интерфейсов, обеспечивающим прозрачный переход с кабельной системы 10Base-T (витая пара) на 10Base-FL (оптоволоконно). Модель RT2-TX/FX (рис. 2) выполняет аналогичную функцию, но для «быстрого» (100 Мбит/с) Ethernet. Повторители RT2 выпускаются как для многомодового (RT2-TX/FX), так и для одномодового оптоволоконна (RT2-TX/FX-SM).



Рис. 2. Внешний вид повторителя RT2

Подключение соответствующих кабелей осуществляется через гнезда RJ-45 и BFOC (RT1) или SC (RT2). Внешний вид кабельной части соединителей BFOC и SC показан на рис. 3. Полудуплексный или полнодуплексный режим обмена распознается автоматически и не требует отдельной настройки. В соответствии со стандартом IEEE 802.3 повторители осуществляют постоянный контроль состояния подключенных сегментов путем передачи в линию специальных служебных сигналов (при отсутствии информационных пакетов); если повторитель не по-



Рис. 3. Кабельная часть соединителей BFOC и SC

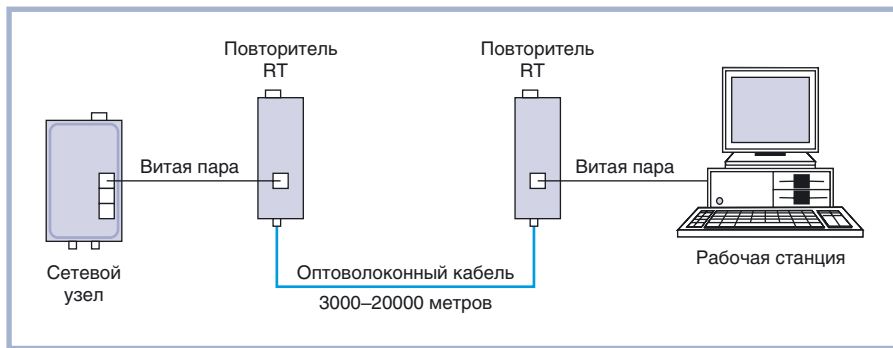


Рис. 4. Пример топологии сети Ethernet, построенной с использованием повторителей

лучает по какому-либо порту таких сигналов, то фиксируется обрыв линии.

Встроенные светодиоды отображают состояние питания, наличие обмена в подключенных сегментах, отказ оборудования и состояние линии связи. На клеммной колодке повторителя размещены контакты для подключения питания. На эту же колодку выведен сигнал обнаружения аварийного состояния («сухой» контакт), позволяющий организовывать дистанционный контроль работоспособности устройства. Сигнал аварии (размыкание контакта) формируется повторителем при фиксации одного из следующих событий:

- пропадание хотя бы одного питающего напряжения,
- пропадание внутреннего напряжения с номиналом 5 В,
- обрыв линии в любом из подключенных сегментов сети.

Применение повторителей RT1 позволяет удлинять сегмент Ethernet до 3000 метров, а RT2 — до 20 км! Пример топологии сети Ethernet, построенной с использованием повторителей серии RT, показан на рис. 4.

## Концентраторы

Концентратор — это многопортовый повторитель сетевого интерфейса с равноправными портами. Получив сигнал от одной из подключенных к нему станций, концентратор транслирует его на все свои активные порты. Концентраторы можно использовать как автономные устройства или соединять друг с другом, увеличивая тем самым размер сети и создавая более сложные топологии. Их основное назначение — объединение отдельных рабочих мест в рабочую группу в составе локальной сети. Концентраторы работают на физическом уров-

не (Уровень 1 базовой эталонной модели OSI) и не чувствительны к протоколам верхних уровней.

В номенклатуре фирмы Hirschmann представлено несколько вариантов концентраторов. Простейшим и наиболее экономичным решением для создания небольших сетей Ethernet и расширения уже существующих является использование устройств RH1-TP и RH2-TX. Отличаются они разной производительностью, поддерживая скорости 10 и 100 Мбит/с соответственно. К каждому из них можно подключить через витые пары до четырех оконечных устройств или сегментов Ethernet. Пример топологии сети Ethernet, построенной с использованием концентратора RH1-TP, показан на рис. 5.

Основные функции RH1-TP и RH2-TX:

- восстановление формы, фазовая и временная синхронизация получаемых пакетов данных (согласно принятой терминологии концентраторы Hirschmann являются активными);
- удаление пакетов некорректной длины, которые могут появляться в результате коллизий;

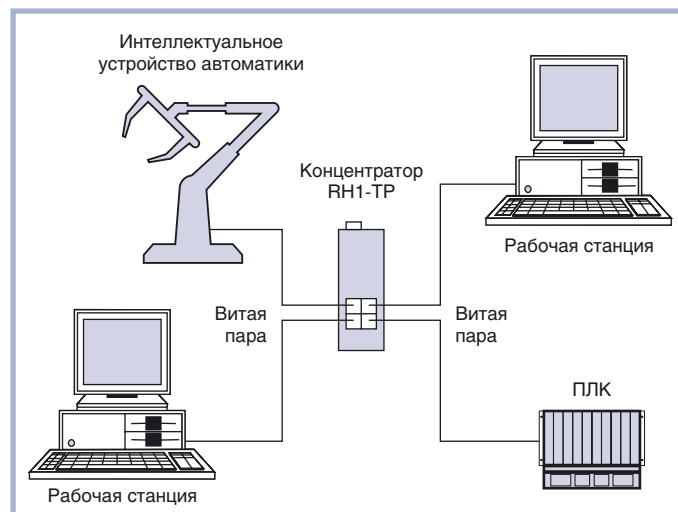


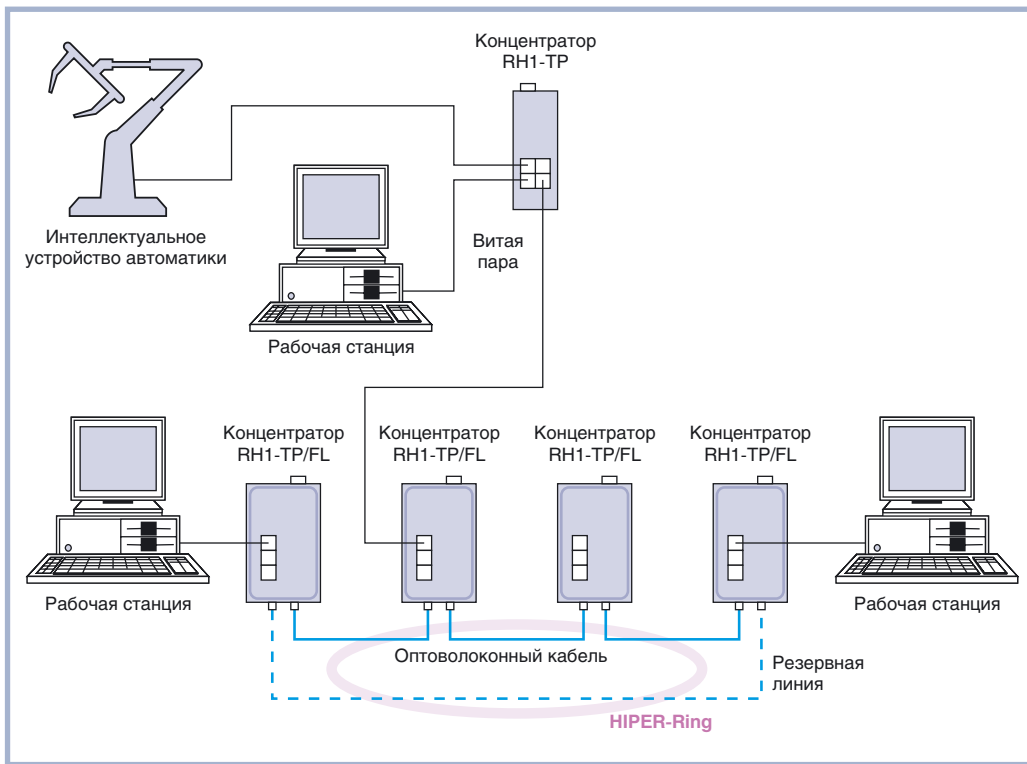
Рис. 5. Пример топологии сети Ethernet, построенной с использованием концентратора

- обработка коллизий в соответствии со стандартом IEEE 802.3.

Кроме того, в данных концентраторах реализована функция автосегментирования по всем портам, выполняющая блокировку сетевого сегмента, в котором обнаружен обрыв линии, отсутствие согласующего сопротивления или некорректное функционирование подключенного узла. Для сетей на основе витой пары блокировка сегмента из-за некорректного функционирования производится в двух случаях: коллизия длится более 105 мкс или наблюдается более 64 последовательных коллизий. В случае получения корректного пакета сегмент считается восстановленным и включается в общую структуру обмена данными.

Не менее важным средством обеспечения надежности функционирования сети является так называемая процедура Jabber control, часто именуемая сетевыми администраторами «контролем болтливости». При возникновении неисправностей в сетевой интерфейсной карте может возникнуть ситуация, когда в сеть будет непрерывно выдаваться последовательность случайных сигналов. Такого рода неисправность может значительно снизить пропускную способность сети или даже заблокировать нормальную работу значительного ее участка, что неприемлемо для ответственных приложений. Для предотвращения подобных ситуаций в устройствах серии Rail реализована схема, которая проверяет количество битов, переданных в пакете. Если максимальная длина пакета регулярно превышает, то узел автоматически отключается от сети.

Более широкие возможности обеспечивает применение концентратора RH1-TP/FL этой же серии, который позволяет гибко и эффективно строить разветвленные сетевые структуры, используя кабельные системы как на базе витой пары, так и оптоволоконна. Каждый такой концентратор имеет три входа для кабеля типа витая пара и два входа для дуплексного оптического кабеля с разъёмом VFOC. Порты для витой пары используются, как правило, для подключения терминального оборудования, а оптические интерфейсы применяются в ос-



**Рис. 6. Пример реализации отказоустойчивой кольцевой топологии HIPER-Ring с использованием концентраторов RH1-TP/FL**

новном для построения магистрали, охватывающей большую территорию. Впрочем, возможна и иная топология. Например, в том случае, когда терминальное оборудование находится в технологических зонах с высоким уровнем электромагнитных помех, магистраль может строиться на основе витой пары, а терминальное оборудование подключаться посредством оптоволоконной линии, нечувствительного к внешним воздействиям такого рода. В обоих случаях в магистраль может быть включено не более 11 концентраторов.

Важнейшей особенностью данных устройств является возможность формирования отказоустойчивой кольцевой топологии HIPER-Ring. Построение такой топологии возможно на базе оптоволоконных линий с использованием концентраторов RH1-TP/FL. Для этого, во-первых, необходимо физически замкнуть существующую линейную топологию (рис. 6), соединив свободные оптические порты крайних устройств, а во-вторых, нужно установить один из включенных в кольцо концентраторов в состояние «следающего» за основной линией связи, для



**Внешний вид концентратора RH1-TP/FL**

чего соответствующий DIP-переключатель устанавливается в положение «redundant» («запасной»). Отказ любого узла построенной кольцевой топологии HIPER-Ring или обрыв линии связи будет обнаружен «следающим» концентратором в течение 20 миллисекунд, после чего подключается запасной сегмент и происходит полное восстановление функциональности сети по запасному пути.

Семейство Rail-концентраторов также включает устройство RH1-CX+, ориентированное на сетевые структуры с более широким набором применяемых кабельных систем. Эта модель имеет два порта для подключения витой пары (соединитель RJ-45), один порт — оптоволоконный (соединитель VFOC) и ещё один порт, соответствующий спецификации 10Base-2 для «тонкого» коаксиального кабеля (соединитель BNC).

**Коммутаторы**

Коммутаторы являются более интеллектуальными, чем концентраторы, устройствами. Коммутатор Ethernet поддерживает внутреннюю таблицу соот-

ветствия портов адресам подключенных к ним сетевых узлов. Эту таблицу администратор сети может создать самостоятельно или задать режим её автоматического формирования встроенными средствами устройства. Используя таблицу адресов и содержащийся в передаваемом пакете адрес получателя, коммутатор направляет полученный пакет только в тот порт, где находится адресат. Исключение делается только в случае широковещательных рассылок или при передаче пакетов с неизвестным адресом получателя, которые рассылаются по всем подключенным соединениям. На основе описанной процедуры коммутатор фактически выполняет

важнейшую функцию сегментирования сети Ethernet, что в конечном счёте значительно расширяет её суммарную пропускную способность. В современных коммутаторах передача данных между любыми парами портов происходит независимо и, следовательно, для каждого виртуального соединения выделяется вся полоса канала. Скорость соединения определяется автоматически и не требует вмешательства обслуживающего персонала.

Коммутаторы RS1 и RS2 фирмы Hirschmann (рис. 7) поддерживают Ethernet со скоростью передачи данных 10 и 100 Мбит/с.

Модель RS2-TX имеет 8 портов для подключения витой пары через соединитель RJ-45. К каждому порту может быть подсоединено оконечное устройство или другой сегмент Ethernet. Все порты поддерживают функции автооп-



**Рис. 7. Внешний вид коммутатора RS2-FX/FX**

ределения скорости, режима обмена и полярности подключения приемной линии, а также контролируют соответствующие сегменты на наличие обрыва или короткого замыкания. Благодаря этим функциям подключение оконечных устройств или сегментов Ethernet осуществляется в режиме plug-and-play, что значительно упрощает процесс первичного монтажа сети и запуска её в эксплуатацию. По основному направлению применения — создание малых и средних сетей Ethernet или расширение существующих — устройства RS2-TX аналогичны концентраторам RH1, но коммутаторы применяются в тех случаях, когда требуется обеспечить большую пропускную способность, надежность и охватить большее количество оконечных узлов.

Также следует отметить, что коммутаторы фирмы Hirschmann поддерживают стандарт виртуальных локальных сетей и функции приоритетной передачи пакетов. В процессе работы коммутатора поступающие пакеты группируются в две очереди в зависимости от своего приоритета. Более приоритетная очередь обслуживается раньше, а при перегрузке коммутатора менее приоритетная информация может быть удалена, чтобы обеспечить беспрепятственное продвижение более важных данных. Наличие встроенного сторожевого таймера позволяет гарантировать работоспособность устройства при случайных зависаниях.

Все пакеты, принимаемые коммутатором, сохраняются в памяти устройства, анализируются на корректность и

только затем поступают в порт (порты) назначения. Некорректные пакеты (слишком короткие, слишком длинные или с неправильным циклическим кодом) уничтожаются. Внутренняя таблица адресов коммутаторов RS2 может содержать до 2000 адресов, что позволяет эффективно объединять несколько независимых сетевых сегментов. Дополнительную гибкость этому механизму придает реализация принципов «устаревания» адресов: если с оконечной станцией не было обмена данными в течение 30 секунд, то её адрес удаляется из таблицы.

Если условия применения не требуют коммутатора с таким большим количеством портов, как у RS2-TX, то может быть использовано устройство RS2-5TX с пятью портами для подключения кабеля типа «витая пара» или коммутатор для смешанной кабельной системы RS2-5TX/FX, в котором один из пяти портов является оптоволоконным.

Линейка коммутаторов RS2 серии Rail включает также устройства, имеющие две группы портов: по два порта (полнодуплексный режим) для создания магистральной структуры и по пять портов для подключения оконечных узлов или других сегментов Ethernet. Восьмой порт, имеющийся в таких коммутаторах, может использоваться как служебный в режиме standby и задействоваться для создания отказоустойчивых сетевых структур. Порты для подключения оконечных узлов поддерживают спецификации 10Base-T и 100Base-TX, а магистральные порты различаются в зависимости от модели:

RS2-FX/FX — 100Base-FX, многомодовое оптоволокно, соединители SC;

RS2-TX/TX — 100Base-TX, соединители RJ-45;

RS2-FX-SM/FX-SM — 100Base-FX, одномодовое оптоволокно, соединители SC.

Кроме указанных портов, данные коммутаторы снабжены последовательным интерфейсом стандарта V.24 для внешнего управления. Управляющее устройство подключается через стандартный соединитель RG11, в качестве устройства управления может выступать терминал VT100 или любой IBM PC совместимый компьютер с эмуляцией соответствующего протокола. В числе других возможностей управления коммутаторами следует отметить функцию зеркального отражения порта (port mirroring): информационный поток, идущий на интересующий администратора сегмент сети, можно продублировать на другом сегменте, на котором, как правило, находится рабочее место со специальным программным обеспечением для фильтрации и анализа поступающих пакетов. Использование этой функции позволяет быстро локализовать проблемы сетевого обмена и оптимизировать трафик в системе.

Основные варианты топологических структур, создаваемых с помощью коммутаторов RS2-xx/xx, таковы:

- магистраль,
- отказоустойчивое кольцо,
- отказоустойчивое объединение отдельных сегментов.

Магистральная топология сети с коммутаторами принципиально не от-



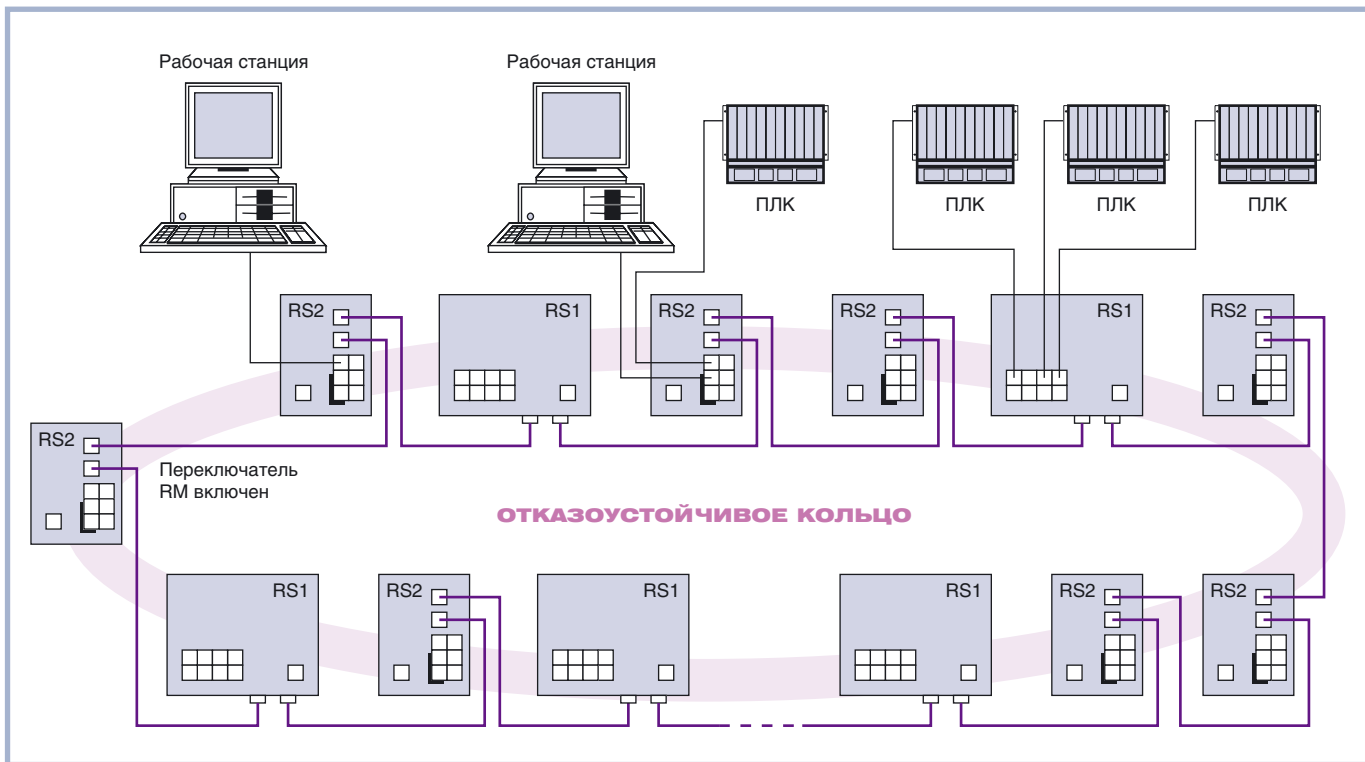


Рис. 8. Кольцевая топология с использованием коммутаторов

личается от рассмотренных ранее структур. В зависимости от модели магистраль может строиться либо на основе витой пары (100 Мбит/с), либо

оптоволокну. Так как применение коммутаторов снимает проблему коллизий, то снимаются и ограничения на количество объединяемых устройств.

Следует однако иметь в виду, что с ростом числа промежуточных узлов, через которые проходит информационный пакет, растет и время его доставки до конечного адреса. Разработчики систем реального времени должны учитывать это обстоятельство.

Другое ограничение на размер сети связано с требованиями, накладываемыми дополнительно применяемыми функциями, например алгоритмом обеспечения отказоустойчивости. Так, соответствующая кольцевая структура на базе устройств RS2 (рис. 8) может состоять не более чем из 50 узлов, что обеспечивает автоматическое восстановление обмена при единичном отказе за время 500 миллисекунд. В одном из образующих кольцо коммутаторов должна быть активизирована (DIP-переключатель RM включён) функция контроля дублирующего соединения.

Наряду с применением коммутаторов для построения сетей с магистральной или кольцевой структурой существует третий типовой вариант их использования, который предполагает создание резервированных путей обмена информационными пакетами между отдельными сегментами Ethernet (рис. 9). При этом одно устройство RS2 объявляется ведущим, и первоначально все пакеты идут по его линии. Соединение, относящееся к ведомому устройству, находится в состоянии ожидания. Обмен данными между коммутаторами о состоянии линий связи осуществляется

по контрольной линии, соединяющей порты stand-by. Максимальная длина контрольной линии определяется суммарным сопротивлением кабеля, которое не должно превышать 10 Ом. В случае отказа основной линии автоматически (не более чем за 0,5 с) включается запасной канал. При восстановлении работоспособности основной линии информационный поток немедленно пойдет по ней. С помощью этого механизма можно организовать сетевую структуру «двойное кольцо».

Нетрудно видеть, что описанные топологии могут комбинироваться в зависимости от требований к сетевой структуре. Гибкость и универсальность устройств серии Rail позволяют сетевым администраторам создавать экономичные, надежные и высокопроизводительные системы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной статьи было показать принципиальные возможности, которые открываются в настоящее время перед разработчиками сетевых комплексов АСУ ТП в части применения технологии Ethernet. Сочетание привычных и хорошо проработанных на офисном уровне аппаратно-программных решений и топологий со средствами, адаптирующими сеть к тяжелым условиям эксплуатации в промышленной сфере, делает этот путь очень перспективным. Ограничения и недостатки, столь характерные для сетей Ethernet еще 5-10 лет назад, сегодня уже преодолены, производительность постоянно растет, расстояния в десятки километров перестают быть непреодолимым препятствием. Вопросы надежности и отказоустойчивости, как было показано на многочисленных примерах, также решаются успешно.

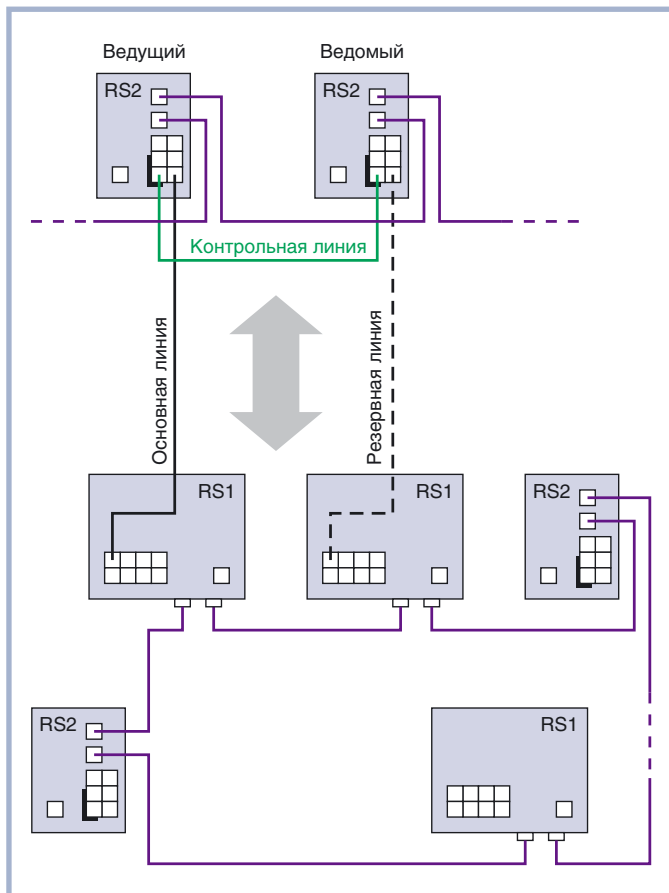


Рис. 9. Дублированное соединение сегментов сети с использованием коммутаторов

Следует отметить, что в качестве примера каналобразующего оборудования были рассмотрены только изделия серии Rail. Фирма Hirschmann имеет в своей номенклатуре и другое оборудование практически для любых приложений, связанных с промышленным Ethernet, например:

- серия коммутаторов MICE, позволяющих создавать гибкие модульные сетевые структуры;
- серия модульных концентраторов ASGE для монтажа в стандартные 19-дюймовые конструктивы;
- магистральные коммутаторы MACH-3000, поддерживающие скорости передачи до 1000 Мбит/с;
- система VIP для передачи видеосигнала по стандартной сети Ethernet.

Перед разработчиками и системными администраторами открывается широкий выбор оборудования для построения сетей Ethernet любой сложности. ●

**К.В. Кругляк — сотрудник  
фирмы ПРОСОФТ  
Телефон: (095) 234-0636  
E-mail: info@prosoft.ru**