

Рис. 4. Пример смешанной редундантной топологии (кольцо, параллельная линия) на базе коммутаторов sCon

3. низкое время восстановления;
4. возможность использовать метод резервирования типа "параллельная линия" с рекордным временем восстановления, причем для совместного использования с кольцом (рис. 4).
5. число коммутаторов в кольце не ограничено;
6. Скорость передачи 10/100/1000 МБит/с по витой паре или оптической линии связи.
7. простота конфигурирования, то есть с задачей справится специалист с минимальной квалификацией, в то время как для изменения настроек управляемого коммутатора требуется хорошее понимание процесса.

Итак, выбрав RSTP или фирменную редундантную топологию, мы построили надежную сеть и... Представим на секунду, что один из коммутаторов отказывает (как бы он ни был надежен, его всегда можно задеть са-



Рис. 5. Управляемый коммутатор mCon 7100 со съемным модулем памяти (Степень защиты IP65/67, температура эксплуатации -40...70°C)

погом). Неуправляемый коммутатор мы заменили бы легко – plug and play. А вот для замены управляемого нам нужен специалист. А если он заболел или просто не предусмотрен штатом? А сеть, тем временем, работает, но уже без резервирования. А если новый отказ? Чем это может закончиться? С устройством класса sCon все просто – его настройки можно сохранить на ПК, и, как отмечалось выше, с заменой справится специалист с минимальной квалификацией. А вот если сеть построена на управляемых коммутаторах, следует разместить съемную память на коммутаторе. Тогда при замене его на новый, достаточно переставить модуль памяти со старого.

Компания HARTING пошла дальше – съемный модуль памяти предусмотрен даже на коммутаторах для жестких условий эксплуатации (IP65/67, -40...70°C) (рис. 5). Модуль представляет собой карту microSD, размещенную в герметичном корпусе разъема Nap 3A.

Подводя итоги, следует заметить, что, отказываясь от стандартного RSTP и выбирая фирменное кольцо, потенциальный потребитель должен быть уверен в производителе. Ведь обрекая себя на фирменное решение, перейти на другого производителя в случае коммерческой "смерти" первого будет очень сложно. Здесь уместно обратить внимание, что компания HARTING основана в 1945 г. в западной Германии и уже более 60 лет занимается разработкой и производством надежного промышленного оборудования для жестких условий эксплуатации.

*Смирнов Андрей Владимирович — директор по развитию продаж и маркетингу в отрасли промышленной автоматизации компании HARTING.*

*Контактный телефон (495) 995-99-93. E-mail: andrey.smirnov@HARTING.com Http://www.HARTING.ru*

## Опыт проектирования и реализации АСУ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ СЕТЕЙ ETHERNET ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Н.В. Киянов, О.В. Крюков, Д.Н. Прибытков (ООО "Интермодуль")**

*Рассмотрены преимущества современных сетей Ethernet и особенности их аппаратной реализации в различных АСУТП. Приведены примеры промышленных Ethernet-систем с некоторыми вариантами сетевых конфигураций.*

Научно-производственное предприятие ООО "Интермодуль" (г. Нижний Новгород) является одной из ведущих инжиниринговых электромонтажных компаний на электротехническом рынке Нижегородского региона и Центральной России. За свою историю фирма закрепила за собой статус профессиональной проектной и электромонтажной организации, владеющей отечественными и европейскими технологиями в разработке и реализации АСУ оборудованием и электроприводами. Одним из приоритетных направлений деятельности предприятия является разработка и модернизация АСУ с использованием новейшего аппаратного и программного обеспечения.

В области АСУТП для объединения ПЛК, устройств сопряжения с объектами (УСО), устройств уп-

равления электроприводами, интеллектуальных датчиков и измерительных приборов (т.е. технических средств автоматизации ТП) в информационно-управляющие сети традиционно использовались "полевые" шины (fieldbus). Наиболее известными из них являются сети на основе "физического" интерфейса RS-485 с протоколами Modbus (Schneider Electric), Profibus (Siemens) и сети на основе физического интерфейса и протоколов CAN (первоначально разработаны фирмой BOSCH для использования в автомобильных бортовых системах управления и автоматики). Многие устройства промышленной автоматизации используют протокол Modbus-ASCII/RTU в качестве стандартного механизма обмена информацией.

Коммуникационный протокол Modbus был разработан компанией MODICON в 1979 г. На сегодняшний день он является одним из широко используемых протоколов связи в сфере промышленной автоматизации. Одним из основных недостатков традиционных полевых шин является ограничение на максимальную длину соединительных линий. Для "физического" интерфейса RS-485 максимальная длина составляет 1200 м. Для увеличения длины линий необходимо использование специализированных устройств – повторителей интерфейсов.

В настоящее время в АСУТП наблюдается тенденция перехода от традиционных полевых шин ПЛК к локальным сетям Ethernet 10/100 Mbps, основанным на технических решениях, аналогичных используемым в традиционных офисных локальных сетях.

Все преимущества сетей Ethernet основаны на их открытости и стандартизации, поэтому подобные сети получили широкое распространение в офисах и на предприятиях. Тот факт, что стандарт Ethernet является открытым, гарантирует его будущее развитие и наращивание функциональных возможностей. Например, за последнее время скорости Ethernet сетей неуклонно росли и достигли уже 100 Mbps и 1 Gbps, а стандарт на 10 Gbps уже практически утвержден. Таким образом, при проектировании новых систем обеспечена достаточность пропускной способности установленной информационно-управляющей сети.

Так как промышленные сети построены на той же технологии, что и офисные, это еще одно преимущество по интеграции технических решений; предоставляется возможность оперативного анализа производственной информации, что ранее было недоступно. Индустриальные Ethernet сети принесут большие выгоды промышленным предприятиям.

Все более распространенными становятся устройства, поддерживающие Ethernet и использующие для связи протокол Modbus/TCP, оборудованные портами Ethernet 10/100 Mb (RJ-45) для непосредственного подключения их к сети Ethernet. Оборудование нижнего уровня (ПЛК, УСО, приборы) и ПЭВМ верхнего уровня (АРМ оператора) объединяются в единую открытую информационно-управляющую сеть на основе протокола TCP/IP, который в данном случае является "транспортным" для протоколов ПЛК, например Modbus. Все ПЛК и приборы, подключаемые к сети, являются узлами сети и имеют собственный IP-адрес. При такой организации информационно-управляющей сети отпадает необходимость в использовании специализированных устройств для подключения полевых шин к ПК. Оборудование для таких сетей хорошо стандартизовано, выпускается многими производителями и стоит относительно недорого. Таким образом, потребителю предоставляется возможность подбора оборудования, оптимального по критерию цена/качество и снимается зависимость от монопольных поставщиков оборудования.

Проблема ограничения максимальной длины соединительных линий между нижним уровнем (ПЛК,

приборы) и верхним (АРМ оператора) в случае перехода к сетям Ethernet полностью исчезает, т.к. становится возможным использование для передачи данных волоконно-оптических каналов связи на многомодовых или одномодовых оптических кабелях, радиоканалов (WiFi), сотовых сетей (GSM/GPRS, CDMA), каналов ADSL или иных каналов, пригодных для передачи данных по протоколу TCP/IP. Таким образом, под "сетью Ethernet TCP/IP" понимается не только собственно локальная сеть Ethernet на основе кабеля "витая пара" (UTP), но и все вышеупомянутые варианты сетей TCP/IP. Принципиальным моментом здесь является то, что для подключения технических средств автоматизации к сети передачи данных используются порты Ethernet 10/100 Mb (RJ-45).

В настоящее время рядом фирм поставляются устройства, являющиеся шлюзами между сетями Ethernet и "полевыми" шинами. Интересным представителем данного класса устройств является шлюз Modbus ASCII/RTU – Modbus/TCP MOXA Nport 6110. Преобразователь NPort 6110 – это удобное решение для объединения в единую сеть TCP/IP-устройств и последовательных устройств, использующих Modbus. NPort 6110 может быть ведущим устройством (master) как в сети Modbus/TCP, так и в сети Modbus-ASCII/RTU.

Протокол Modbus/TCP – это вариант протокола Modbus, созданный в 1999 г. Этот протокол был разработан для обеспечения возможности доступа к Ethernet-устройствам через Internet. Оба протокола являются открытыми (для их использования не требуется приобретать лицензию), поддерживают SCADA-системы, легки в использовании. Кроме того, использование этих протоколов значительно снижает время и стоимость разработки промышленных коммуникационных систем.

С аппаратной точки зрения NPort-6110 представляет собой преобразователь асинхронных последовательных интерфейсов RS-232/422/485 в Ethernet. Специально разработанное для NPort-6110 микропрограммное обеспечение позволяет транслировать данные Modbus-ASCII или Modbus-RTU, передаваемые по последовательному интерфейсу, в формате Modbus/TCP по сетям Ethernet.

Выбор протокола и скорости обмена данными, задание настроек Master- и Slave-устройств, а также проверка состояния соединений осуществляется при помощи Web-интерфейса. Основные особенности протокола:

- автоматический поиск устройств в сети, поддержка DHCP;
- в режиме Modbus/TCP Master опрашивает до 31 устройства Modbus/ASCII/RTU Slave;
- в режиме Modbus/ASCII/RTU Master опрашивает до четырех устройств Modbus/TCP Slave;
- сеть Fast Ethernet 10/100 Мбит/с;
- встроенная защита от импульсных помех 15КВ;
- последовательный интерфейс RS-232/422/485 (выбирается программно);
- высокая скорость по последовательному интерфейсу, до 230.4 Кбит/с.

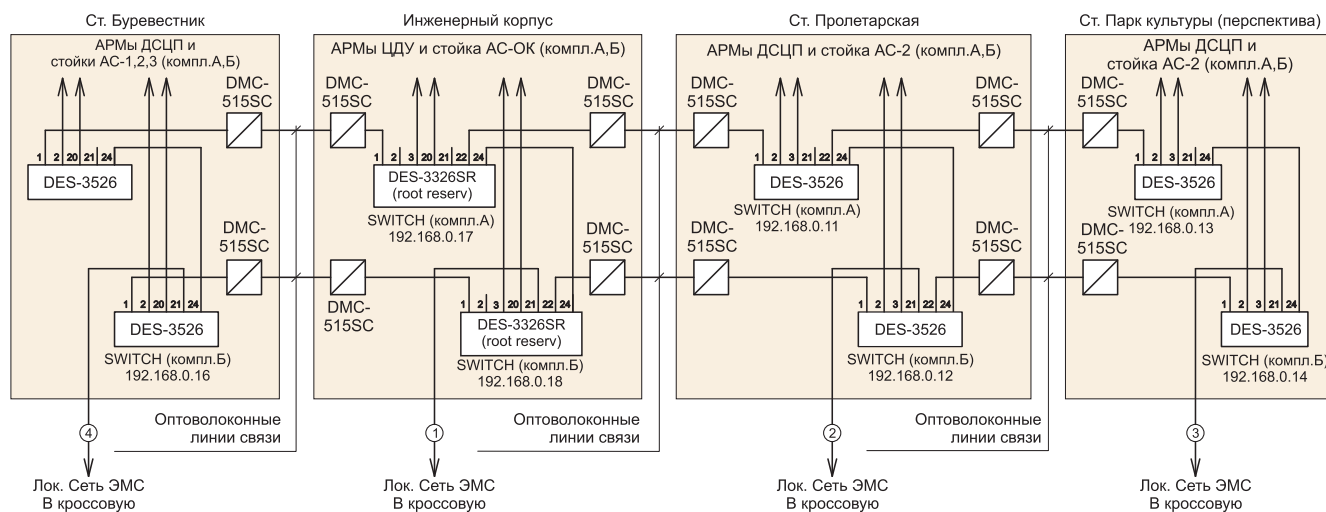


Рис. 1. Схема локальной технологической сети КАС-ДУ Нижегородского метрополитена

Аналогичное устройство ADAM-4572 выпущено также фирмой Advantech. ADAM-4572 представляет собой шлюз передачи данных от порта RS-232/422/485 с протоколом ModBus в сеть Ethernet. Основные особенности данного устройства:

- шлюз передачи данных от порта RS-232/422/485 с протоколом ModBus в сеть Ethernet,
- сетевой протокол: ModBus/TCP,
- сетевой порт: 10/100Base-T, соединитель RJ-45,
- последовательный порт: интерфейс RS-232/422/485, скорость обмена 300...115200 бит/с,
- протокол ModBus/RTU, ModBus/ASCII.

Рассмотрим несколько характерных примеров успешной реализации фирмой "Интермодуль" проектов и технических решений в области АСУТП с использованием сетей Ethernet.

#### Сеть передачи данных для КАС-ДУ метрополитена

Локальная вычислительная сеть КАС-ДУ метрополитена имеет сложную структуру (рис.1). Топология сети представляет собой двойное кольцо или "восьмерку". Она фактически состоит из двух сетей с взаимно резервируемыми комплектами "А" и "Б", которые связаны между собой тремя перемычками – резервными линиями. Опорными узлами сети являются сетевые коммутаторы (Switch), установленные на ЦДУ в Инженерном корпусе и на станциях, к которым подключаются все АРМы и контроллеры в стойках КАС-ДУ на станциях и в Инженерном корпусе (узлы сети, абоненты).

Стандарт передачи – Ethernet 100 Mb (100Base-TX); физической средой передачи данных являются медные кабели типа UTP ("витая пара"), между станциями – пары одномодовых волокон в оптическом кабеле. Для сопряжения медного и оптоволоконного кабеля используются медиаконвертеры D-Link DMC-515SC.

Все контроллеры и АРМы комплектов "А" и "Б" могут обмениваться между собой информацией по принципу "каждый с каждым". Закольцованная структура сети позволяет значительно повысить надежность передачи информации между абонентами, так как при обрыве

любой ветви передача пакетов в сети может выполняться по обходному пути – исправным ветвям. Для работы в отказоустойчивой сети используются управляемые сетевые коммутаторы 2-го и 3-го уровня D-Link DES-3326 и DES-3526, поддерживающие протокол 802.1D Spanning tree. Этот протокол определяет набор правил взаимодействия между собой всех узловых коммутаторов в сети для построения маршрутов передачи сетевых пакетов между абонентами в обход поврежденного участка, и при этом исключается бесконечная "закольцовка" пакетов в сети при отсутствии повреждений.

Пакет, переданный узлом-отправителем, проходит через один или несколько узловых коммутаторов и достигает узла-адресата. При возникновении "закольцовки" произойдет блокировка сети. Таким образом, коммутаторы могут логически разрывать резервные линии при отсутствии повреждений. Следовательно, при нормальной работе сеть будет логически представлять собой "полукольцо", а резервные линии отключены. При возникновении обрыва автоматически включается резервная линия, передача пакетов в сети восстанавливается. После устранения неисправности резервная линия автоматически отключается.

#### Система управления освещением подземной автостоянки ТРЦ

В качестве технических средств автоматизации для управления освещением двухуровневой автостоянки торгово-развлекательного комплекса выбраны модульные контроллеры серии TWIDO фирмы Schneider Electric (рис. 2).

Принцип построения системы управления – распределенный. Электрические аппараты для управления освещением каждого этажа располагаются в трех силовых щитах и рассматриваются как единая система (щиты №4-6 на 1 этаже и №1-3 на 2 этаже). На 1 этаже в щите №6 располагается модульный контроллер TWIDO типа TWDLMDA20DRT, дополненный набором модулей дискретных входов типа TWDDDI16DT и TWDDDI8DT и дискретных выходов типа TWDDRA16RT и

TWDDRA8RT. В щитах №4 и №5 располагаются базовые модули распределенного ввода/вывода OTB1S0DM9LP, дополненные набором модулей дискретных входов типа TWDDDI16DT и TWDDDI8DT и дискретных выходов типа TWDDRA16RT и TWDDRA8RT. На 2 этаже в щите №2 располагается модульный контроллер TWIDO типа TWDLMDA20DRT, дополненный набором модулей дискретных входов типа TWDDDI16DT и TWDDDI8DT и дискретных выходов типа TWDDRA16RT и TWDDRA8RT.

Для питания модулей предусмотрены блоки питания 24В/3А. В щитах №1 и №3 располагаются базовые модули распределенного ввода/вывода OTB1S0DM9LP, дополненные набором модулей дискретных входов типа TWDDDI16DT и TWDDDI8DT и дискретных выходов типа TWDDRA16RT и TWDDRA8RT. Базовые модули распределенного ввода/вывода OTB1S0DM9LP подключаются к модульному контроллеру TWDLMDA20DRT по интерфейсу RS-485 (протокол ModBus/RTU) при помощи интерфейсного модуля RS-485 типа TWDNOZ485T. Датчики движения подключаются к модулям дискретным входом. Контактры, управляющие группами светильников, подключаются к модулям дискретным выходом. Система управления в пределах одного этажа функционирует как единый контроллер под управлением программы, записанной в модуле TWDLMDA20DRT.

Для обмена информацией между контроллерами обоих этажей и АРМ диспетчера используется локальная вычислительная сеть здания. Для подключения модулей TWDLMDA20DRT к локальной сети используются устройства MOXA Nport 6110, представляющие собой преобразователь (шлюз) протоколов Modbus/ASCII/RTU (RS-485/232) в протокол Modbus/TCP (локальная сеть Ethernet). Для повышения надежности работы системы предусмотрен двойной комплект АРМов диспетчера.

### Система диспетчеризации и управления трансформаторной подстанцией и распределительным пунктом

В качестве аппаратов защиты и устройств телемеханики в ячейках высоковольтных выключателей используются устройства микропроцессорной защиты (МПЗ) типа SEPAM 1000+ серии 20 и 40 (Schneider Electric). В пределах подстанции обмен информацией с устройствами SEPAM 1000+ выполняется по сети RS-485 с протоколом Modbus/RTU при помощи модулей связи ACE949-2. Для подключения модулей связи ACE-942 к локальной сети используются устройства MOXA Nport 6110, представляющие собой преобразователь (шлюз) протоколов Modbus/ASCII/RTU (RS-485/232) в протокол Modbus/TCP (локальная сеть Ethernet).

Для передачи информации от подстанции на диспетчерский пункт используются каналы ADSL (ос-

*Киянов Николай Викторович* – ген. директор, *Крюков Олег Викторович* – канд. техн. наук, технический директор, *Прибытков Дмитрий Николаевич* – начальник отдела АСУ ООО "Интермодуль".

Контактные телефоны: (831) 2-184-183; 2-189-203; 2-784-781; 2-784-808.

[Http://www.intermodul.ru](http://www.intermodul.ru) E-mail: [o.kryukov@intermodul.nnov.ru](mailto:o.kryukov@intermodul.nnov.ru), [info@intermodul.nnov.ru](mailto:info@intermodul.nnov.ru)

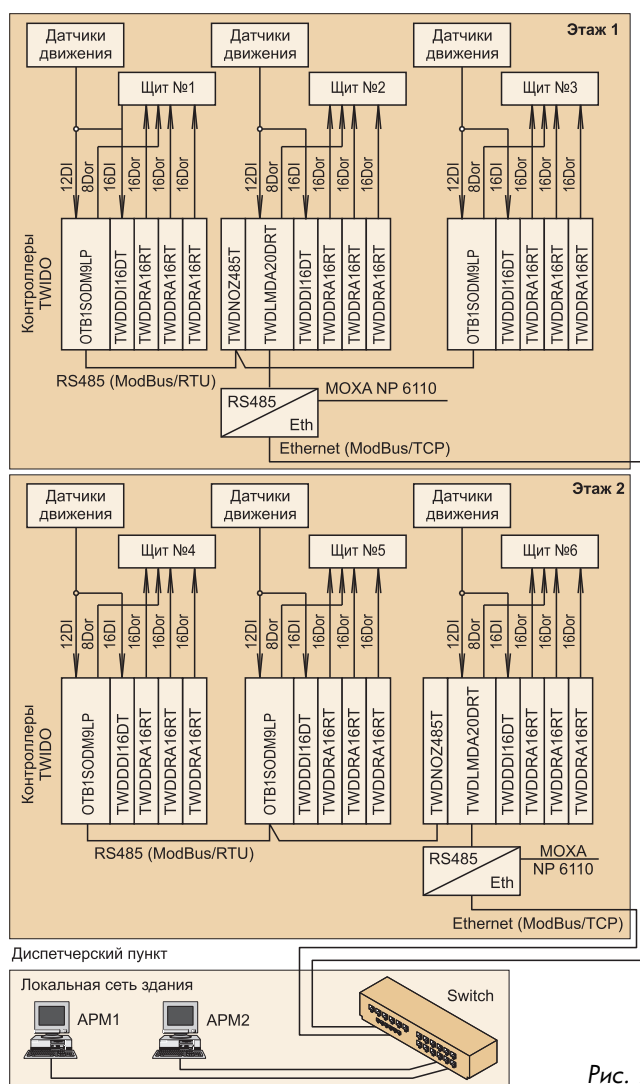


Рис. 2

новной) и GSM/GPRS (резервный). Повышение надежности работы системы гарантируется двойным комплектом АРМов диспетчера.

Другие решения на базе Ethernet-сетей для АСУ водооборотными системами предприятий и канализационными насосными станциями представлены в [1-3].

### Список литературы

1. Патент РФ №65633 на ПМ. Автоматизированная система регулирования температуры охлажденной воды электроприводом вентиляторной градирни // Киянов Н.В., Крюков О.В., Горбатушков А.В., Прибытков Д.Н. / Приоритет 03.11.2006г. МПК F28D1/047. Оpubл. в БИ №22 от 10.08.07г.
2. Патент РФ №66755 на ПМ. АСУ работой канализационной насосной станции // Киянов Н.В., Крюков О.В., Блинов М.В., Прибытков Д.Н. Приоритет 03.11.2006г. МПК E03F5/00. Оpubл. БИ №27 от 27.09.07 г.
3. Крюков О.В., Киянов Н.В. Электрооборудование и автоматизация водооборотных систем предприятий с вентиляторными градирнями: монография / Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2007.