

КОММУНИКАЦИОННАЯ СРЕДА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СЕТИ ETHERNET НА ПОЛЕВОМ УРОВНЕ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

О.В. Крюков (ОАО «Гипрогазцентр»)

Рассмотрены преимущества современных сетей Ethernet и особенности их аппаратной реализации в различных АСУТП. Приведены примеры реализованных проектов с использованием промышленных Ethernet-систем с вариантами сетевых структур.

Ключевые слова: система управления, передача данных, коммуникационные системы, сеть Ethernet.

Для объединения ПЛК, устройств сопряжения с объектами, устройств управления электроприводами, интеллектуальных датчиков и измерительных приборов (то есть технических средств автоматизации ТП) в информационно-управляющие сети в рамках АСУТП традиционно использовались «полевые» шины (field bus). 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 BOSN для автомобильных бортовых АСУ автоматикой). Многие устройства промышленной автоматизации используют протокол Modbus-ASCII/RTU в качестве стандартного механизма обмена данными.

Коммуникационная среда Modbus была разработана компанией MODICON в 1979 г. На сегодняшний день она является одним из широко используемых протоколов связи в сфере промышленной автоматизации. Основным недостатком традиционных полевых шин является ограничение на максимальную длину соединительных линий. Для «физического» интерфейса RS-485 максимальная длина составляет 1200 м. Для увеличения длины линий необходимы специализированные устройства – повторители 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 на предприятиях [1]. 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 100 Mbps и более 10 Gbps. 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. Таким образом 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 и ПК 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 и АРМ оператора в случае перехода к сетям Ethernet полностью исчезает, так как становится возможным использование для передачи данных волоконно-оптических каналов связи на многомодовых или одномодовых оптических кабелях, радиоканалов (Wi-Fi), 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 – вариант протокола Modbus, созданный еще 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 15 КВ;
- последовательный интерфейс RS-232/422/485 (выбирается программно);
- высокая скорость по последовательному интерфейсу – до 230,4 Кбит/с.

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; порт: 10/100Base-T, соединитель RJ-45;
- последовательный порт: RS-232/422/485 со скоростью обмена 300...115200 бит/с;
- протокол ModBus/RTU, ModBus/ASCII.

Далее рассмотрим несколько характерных примеров успешной реализации проектов и технических решений в области АСУТП с использованием сетей Ethernet.

Сеть передачи данных для КАС-ДУ метрополитена

Локальная вычислительная сеть КАС-ДУ метрополитена г. Нижнего Новгорода имеет сложную

структуру с топологией в виде двойного кольца или «восьмерки». Она фактически состоит из двух сетей со 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 метрополитена, к которым подключаются все АРМы и контроллеры в стойках КАС-ДУ.

Стандарт передачи – Ethernet 100 Мб (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, и восстанавливается передача пакетов в сети. После устранения неисправности резервная линия автоматически отключится.

Система управления освещением подземной автостоянки ТРЦ

В качестве технических средств автоматизации и управления освещением двухуровневой автостоянки торгово-развлекательного центра могут быть выбраны модульные контроллеры серии TWIDO фирмы Schneider Electric. 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. Контактные группы, управляющие группами светильников, подключаются к модулям дискретных выходов. АСУ в пределах одного этажа работает 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) [1].

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

АСУ работой канализационных насосных станций

Современное состояние инженерных сетей и электрооборудования канализационных насосных станций (КНС) многих российских городов является критическим из-за большой изношенности и отсутствия автоматизации [2]. Наиболее важными техническими задачами модернизации КНС, приводящими к быстрой окупаемости, надежной работе и минимальным ущербам от аварий, являются:

- замена центробежных насосов на погружные с новой запорной арматурой и обратных клапанов с целью исключения аварийных режимов “завоздушивания” гидросистем нагнетания и неустойчивого срабатывания аппаратуры;
- управление работой насосов в кратковременных режимах путем включения/отключения асинхронных двигателей, чем обеспечиваются наилучшие характеристики;
- исключение гидроударов в трубопроводах и бросков тока в обмотках двигателей благодаря использованию устройств мягкого пуска с программируемыми диаграммами процессов, что снижает эксплуатационные расходы и увеличивает долговечность системы;
- применение надежного вспомогательного электрооборудования (аппаратов бесперебойного питания, датчиков охраны, систем вентиляции, дренажа и отопления) с управлением от контроллера;
- использование системы датчиков (тока, напряжения, температуры, уровня, давления, времени работы, расхода электроэнергии и стоков в характерных точках) с интерфейсом для оперативной индикации и передачи информации через антенно-фидерное устройство;
- внедрение системы телемеханики и диспетчеризации с двумя каналами радио-Ethernet с визуализацией и протоколированием текущей и статистической информацией.

Две последние технические задачи являются системными, наиболее сложными и адаптированными под конкретные реализации КНС. Разработаны варианты структурных схем [2] автоматизации, локальных систем измерения данных КНС различной мощности и конфигурации оборудования. В штатном режиме они функционирует следующим образом: измеряются показания датчиков, архивируются в резидентной памяти и ожидается вызов от радиомодема диспетчерского поста (ПТД); после вызова и установления связи считывается архив и текущие данные и разрывается связь. Полный цикл обмена определяется объемом информации, форматом и скоростью обме-

на, определяемыми конкретным типом радиомодема и интерфейса.

Для передачи в диспетчерский пункт информации о расходе электроэнергии, напряжении и токе по вводам счетчики подключаются к локальной сети через модуль шлюза RS-232/485/Ethernet типа ADAM-4570 (Advantech). Для измерения уровня жидкости в резервуаре используются два устройства контроля уровня САУ-М7 Е («Овен») с кондуктометрическими или поплавковыми датчиками уровня. Для управления насосами и обмена информацией с диспетчерским пунктом используется программируемый контроллер ПЛК100 («Овен») под управлением системы программирования CoDeSys. Программа ПЛК составляется на языке релейно-контактных схем. Для передачи в сеть информации от электрических счетчиков, теплового счетчика и расходомеров используются шлюзы RS-232/485/Ethernet ADAM-4570. Для передачи информации от КНС на диспетчерский пункт в качестве основного канала используется оборудование антенно-фидерного устройства беспроводной сети стандарта 802.11b/g (Wi-Fi для частотного диапазона 2,4 ГГц) фирмы D-Link.

Государственная комиссия по радиочастотам в документе № 38 от 16.07.98 г. разрешила юридическим и физическим лицам применение устройств, использующих технологию расширения спектра, в полосе частот 2400...2483,5 МГц (то есть устройств стандарта 802.11b/g) для создания радиосетей передачи данных без частотного планирования и на безлицензионной основе, при максимальной эквивалентной изотропно-излучаемой мощности ≤ 100 мВт. Фактически программируемые контроллеры всех КНС и АРМ диспетчерского пункта объединяются в сеть, протокол обмена информации TCP/IP. Контроллеры подключаются к точкам доступа DWL-2100AP по интерфейсу Ethernet.

Антенно-фидерное устройство состоит из многофункциональной беспроводной точки доступа для сетей предприятий (DWL-2100AP) и параболической антенны с высоким коэффициентом усиления (ANT24-2100, 21 dBi) с подключением к беспроводным устройствам D-Link стандартов 802.11b и 802.11g (2,4 ГГц). В качестве запасного канала используется проводной канал (выделенные физические пары и маршрутизаторы D-Link DSL-1501G) или GSM/GPRS канал.

Данная система обеспечивает автономную работу насосов КНС по управлению, сбору и передаче информации с ПТД или со встроенной клавиатуры. При этом оптимизируется моторесурс механизмов, программируются конфигурации датчиков с настройкой параметров измерений, отображаются настройки, режимы и параметры на жидкокристаллических индикаторах. ПТД на базе стандартного ПК обеспечивает графический интерфейс пользователя, управление опросом через радиомодем, полную визуализацию принятых данных, аудио- и видеосигнализацию нештатных си-

туаций, хранение в формате реляционных баз данных в режиме круглосуточной непрерывной работы.

АСУ водооборотными системами с вентиляторными градирнями

При охлаждении оборотной воды с помощью вентиляторных градирен на температуру охлажденной воды большое влияние оказывают технологические и метеорологические факторы (температура и влажность воздуха, атмосферное давление, интенсивность ветра, осадков и др.), которые носят случайный характер [3]. В связи с этим величина температуры охлажденной воды значительно меняется, ухудшая оптимальную работу оборудования и эффективность технологических процессов. АСУ температуры охлажденной воды содержит теплообменный аппарат – вентиляторную градирню, электропривод вентилятора, датчики температуры охлажденной воды и внешних воздействий (температуры и влажности воздуха, подачи и температуры горячей воды), блок расчета скорости вращения вентилятора по регрессионным алгоритмам ПЧ с ПИ-регулятором скорости и законом управления $U/f^2 = \text{const}$.

Техническим результатом АСУ водооборота является строгое соблюдение параметров основного ТП, в частности, температуры охлажденной воды, что позволяет повысить производительность и качество выпускаемой продукции. АСУ электропривода вентиляторной градирни содержит следующие блоки [3]:

- термопреобразователи сопротивления для измерения температуры с точностью Pt100;
- преобразователи аналоговых сигналов от термопреобразователей сопротивления в цифровые данные, передаваемые в ПК по локальной сети Ethernet (ADAM 6015);
- преобразователи токовых сигналов (4–20 мА) по сети Ethernet (ADAM 6017);
- шлюзы передачи данных по RS-485 с протоколом Modbus от ПЧ Altivar61 и МК насосных станций холодной и горячей воды по сети Ethernet (ADAM 4572);
- коммутатор локальной сети Ethernet;
- пост диспетчера с ПК (2 ед.) с мониторами, принтером и источниками питания.

Аппаратура автоматизации комплектуется в стандартный 19-дюймовый сетевой шкаф, расположенный непосредственно у оператора. Для подключения датчиков предусмотрены кабели МКЭШ, локальная сеть Ethernet выполняется кабелем «витая пара 5-й категории».

Таким образом, в настоящее время все оборудование сетей Ethernet (коммутаторы, маршрутизаторы, концентраторы, шлюзы, разъемы и т.п.) переводится на промышленное исполнение и способно воспринимать производственные нагрузки, характерные для различных отраслей и ТП. При этом современные промышленные сети Ethernet обеспечивают возможность сокращения длины кабельных сетей без установки защитных оболочек за счет использо-

вания более простой распределенной схемы подключения (вместо централизованной) и обладают повышенной надежностью по сравнению с аналогами коммерческого (офисного) Ethernet. Промышленные требования по степени защиты (например, NEMA 4x или IP67 и выше), предъявляемые к аппаратуре Ethernet, предусматривают способность оборудования выдерживать экстремальные значения температур (в пределах $-40...85$ °C) и даже воздействие жидкости и пыли, сохраняя надежную работоспособность в течение нескольких лет.

Чтобы исключить наибольшую долю дополнительных затрат на защитные оболочки кабелей Ethernet, предохраняющие от повреждений и обеспечивающие монтаж их в 19-дюймовые стойки, используются ударопрочные пластмассы и резиновые материалы Tyco Electronics. Кроме воздействия экстремальных температур аппаратура промышленных сетей Ethernet выдерживает скачки напряжений питания (IEEE-472), сильной вибрации (IEC 68–2–6), а также в опасных зонах (UL 1604, CSA C22.2/213 (Class 1, Div.2)). Отнесение промышленных коммутаторов Ethernet к классу Class 1, Div.2 позволяет эксплуатировать их в опасных зонах при наличии легковоспламеняющихся газов или частиц, в частности, в нефтегазовой, полу-

проводниковой, целлюлозно-бумажной, горнодобывающей отраслях.

В 2006 г. доля продукции для сетей Ethernet составила 76% общего рынка товаров для промышленной автоматизации, а к 2012 г. доля сетевых и шинных технологий Ethernet возросла до 81% рынка объемом более 1 млрд. долл. США. Это обусловлено еще и тем, что системы промышленного Ethernet доступны обслуживающему персоналу и рассчитаны на минимальную поддержку с применением простых инструментальных средств и использованием интерфейса для просмотра данных либо конфигурации, аналогично Web-браузеру. В этом случае заводской персонал сможет обслуживать и контролировать систему самостоятельно, не обращаясь к помощи ИТ-специалистов.

Список литературы

1. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций. Монография/ Под ред. О.В. Крюкова – Н. Новгород, Вектор ТиС. Т.1. 2010.
2. Крюков О.В. Электрооборудование и автоматизация комплекса КНС // Автоматизация в промышленности. 2011. №12.
3. Крюков О.В. АСУ водооборотными системами с градирнями // Автоматизация в промышленности. 2012. №8.

Крюков Олег Викторович – канд. техн. наук, доцент, гл. специалист ОАО «Газпрогазцентр».

Контактный телефон (831) 428-25-84.

[http:// www.gunprogazcentr.pф](http://www.gunprogazcentr.pф) E-mail: o.kryukov@ggc.nnov.ru

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕТРИИ НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

С.С. Баскаков (Компания МешПоджик)

Описана беспроводная система мониторинга ML-SM, показаны ее ключевые особенности и преимущества, приведены некоторые варианты использования для решения различных прикладных задач. На примере системы ML-SM продемонстрированы возможности построения современных беспроводных систем телеметрии на базе беспроводных сенсорных сетей, а также указаны основные их ограничения, которые необходимо учитывать при проектировании беспроводных систем сбора данных подобного типа.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, беспроводные датчики, системы телеметрии, мониторинга и распределенного сбора данных.

Введение

Технологии беспроводной связи постоянно развиваются в самых различных направлениях, улучшаются их технические характеристики (скорость передачи данных, помехоустойчивость, энергопотребление элементной базы и т.д.) и расширяется диапазон их применения. За последние 10...20 лет одним из наиболее ярких проявлений этого прогресса является появление относительно нового класса беспроводных сетей передачи информации – беспроводных сенсорных сетей (БСС).

Сенсорными сетями называют беспроводные многоячейковые (mesh) сети с низкой скоростью передачи данных и сверхнизким энергопотреблением, основное назначение которых заключается в сборе показаний от распределенных в пространстве датчиков. Области применения БСС: автоматизация зда-

ний, промышленная автоматика, безопасность и оборона, здравоохранение, сельское хозяйство и т.д.

Главными особенностями БСС являются самоорганизация и адаптивность к условиям эксплуатации, поэтому требуются минимальные затраты при развертывании такой сети на объекте и при последующем ее сопровождении в процессе функционирования.

Поддержка многоячейковой топологии и способность узлов в случае необходимости ретранслировать сообщения других устройств обеспечивает значительную площадь покрытия системы при малой мощности передатчиков и устойчивость сети к отказу отдельных узлов или беспроводных соединений по различным причинам (появление помех или препятствий, физическое повреждение или перемещение узла и т.д.), что позволяет эксплуатировать сеть в зданиях и на промышленных объектах с неблаго-