



Решения по организации связи и передаче данных на линейной части магистральных газопроводов

Игорь Фурманчук

В статье рассмотрены проблемы организации связи и передачи данных о состоянии технологических объектов линейной части магистральных газопроводов. Дан краткий анализ существующих систем. Описан опыт внедрения системы связи и передачи данных TeRaNet. Рассмотренные проблемы актуальны не только для газовой промышленности, но и для других отраслей, объекты которых рассредоточены на территории в сотни километров.

ВВЕДЕНИЕ

Газотранспортная система (ГТС) в упрощённом представлении состоит из линейной части (трубопроводов) и газокompрессорных станций (насосов). Под линейной частью подразумеваются магистральные газопроводы и газопроводы-отводы, а также некоторые другие технологические объекты, которые будут описаны далее. Газокompрессорные станции (ГКС), названные для простоты насосами, представляют собой чрезвычайно сложные технологические объекты. В данной статье не рассматриваются проблемы организации коммуникаций на ГКС. При этом необходимо отметить, что центром управления и компрессорной станцией, и линейной частью (в определённой зоне ответственности) является именно ГКС, на которой есть соответствующий диспетчерский пункт. Упомянутая зона ответственности, кстати, может занимать площадь 300 на 300 км.

К наиболее распространённым технологическим объектам линейной части газотранспортной системы можно отнести (рис. 1): крановые площадки (КП), газораспределительные станции (ГРС), станции катодной защиты (СКЗ).

КП служат для перераспределения газовых потоков между газопровода-

ми, локализации некоторых участков газопроводов при аварийных ситуациях или ремонтных работах и т.п. СКЗ устанавливаются для защиты труб магистрального газопровода от коррозии. На ГРС производится подготовка газа для конечного потребителя: снижение и регулировка давления, одоризация и др. Все перечисленные объекты, за исключением ГРС, работают без участия человека, в автономном режиме и в той или иной степени автоматизированы.



Контролируемый пункт магистрального газопровода

ЗАДАЧИ И РЕШЕНИЯ ПО ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ

Управление объектами осуществляется с диспетчерского пункта компрессорной станции. Учитывая то, что они могут быть удалены от ГКС на 150-200 км, задача организации канала передачи данных является нетривиальной. Кроме того, между диспетчером, который находится на ГКС, и оператором, который находится на ГРС, необходимо дополнительно организовать и голосовую связь.

Для обеспечения диспетчерской голосовой связи вплоть до последних нескольких лет использовались в основном медные четырёхпроводные кабели. Когда возникла необходимость передачи данных к технологическим объектам, на них начали устанавливать специализированные адаптеры, которые позволяют передавать данные со скоростью до 2,4 кбит/с. Скорость относительно небольшая, но достаточная для решения основных задач. Проблема на самом деле заключается в другом: как разделить один кабель между голосовой связью и передачей данных, которая производится в режиме on-line, то есть не эпизодически, а постоянно? Существует несколько вариантов решения данной проблемы:

- установить на кабель аппаратуру уплотнения;

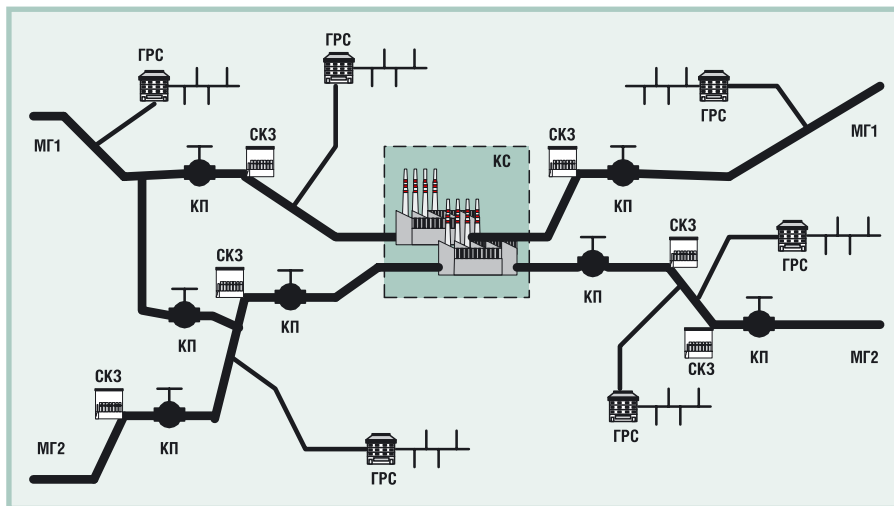
- проложить ещё один кабель;
- использовать дополнительно радиоканал.

В последнее время всё большее распространение получает радиоканал как для организации голосовой связи, так и для передачи данных.

Типовым вариантом решения задачи управления территориально распределёнными объектами является установка мастер-контроллера (компьютера со SCADA-системой) на ГКС и эмуляция («удлинение») шины RS-422/485 с помощью «дальнобойных» радиомодемов или кабельных модемов. При этом на технологических объектах устанавливаются соответствующие модемы и контроллеры (рис. 2).

Для увеличения дальности связи могут быть применены ретрансляторы или регенераторы (рис. 3). Обмен с удалёнными контроллерами осуществляется по схеме «запрос-ответ». Частота запросов определяет время доступа удалённого контроллера к среде передачи и задержку получения данных от определённого контроллера.

Достоинства такого технического решения — простота и относительная дешевизна, но оно не решает всех задач и работоспособно при определённых условиях. Что имеется в виду? Обязательным условием нормальной работы такой схемы является поддержка каждым удалённым контроллером единого



Условные обозначения:

МГ1, МГ2 — магистральные газопроводы; ГРС — газораспределительные станции; КП — крановые площадки; СКЗ — станции катодной защиты; КС — компрессорная станция.

Рис. 1. Пример фрагмента газотранспортной системы

протокола обмена с мастер-контроллером. Это условие трудно выполнимо даже при строительстве нового газопровода и вместе с ним новой системы связи, когда и для контроллера КП, и для контроллера СКЗ, и для контроллера автоматики ГРС можно, казалось бы, предусмотреть единый протокол обмена. Но даже при этих условиях вычислитель коммерческого учёта газа, устанавливаемый на ГРС, будет иметь иной, «засекреченный», то есть никому не известный протокол. На практике же контроллеры для этих технологи-

ческих объектов оказываются разных типов, устанавливаются в разное время и реально поддерживают разные протоколы обмена.

К чему это приводит? Например, контроллер КП поддерживает протокол ModBus, автоматика ГРС — DNP3 а контроллер СКЗ — какой-то отечественный «нестандартный» протокол. Бывают также ситуации, когда одна часть контроллеров КП использует один протокол, а другая часть — другой. Возникает проблема: SCADA-система на мастер-контроллере не позво-

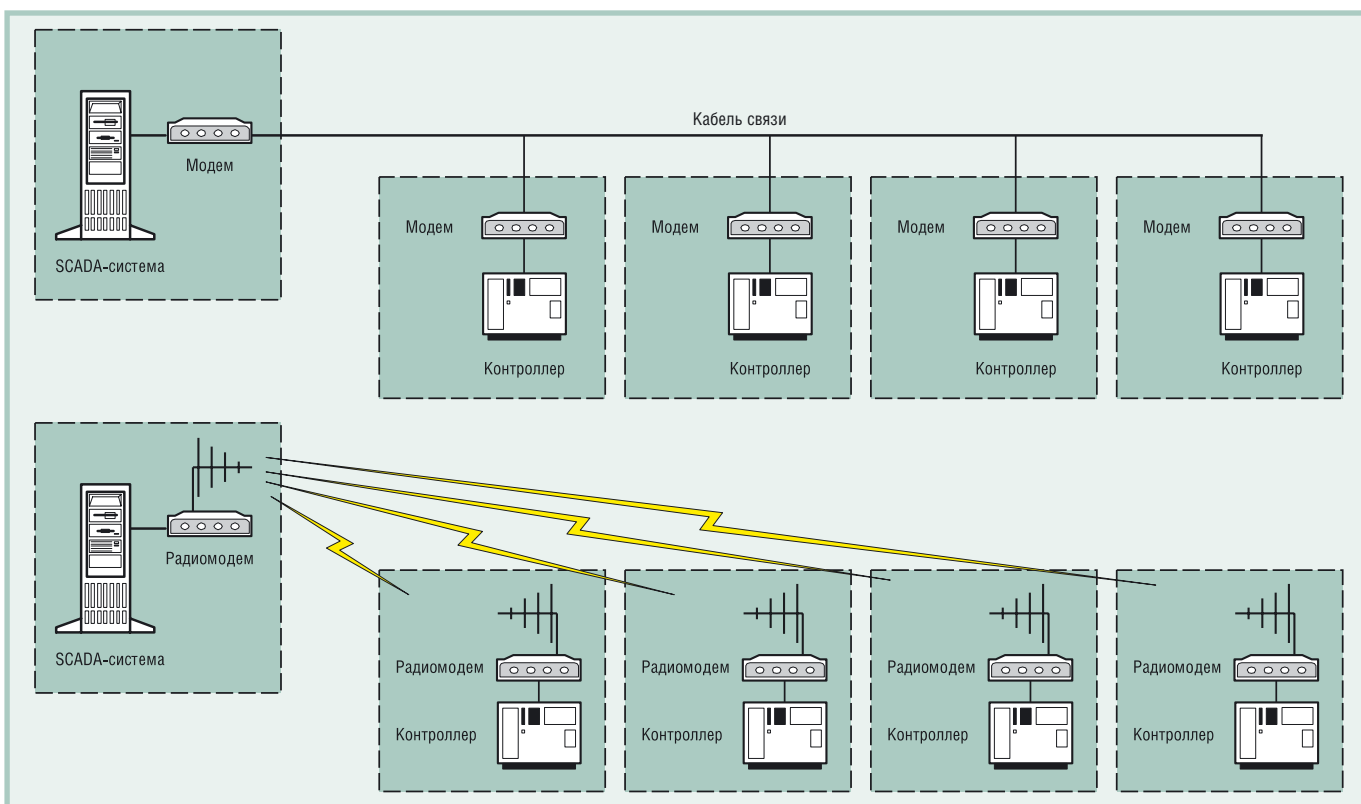


Рис. 2. Типовые схемы подключения удалённых контроллеров

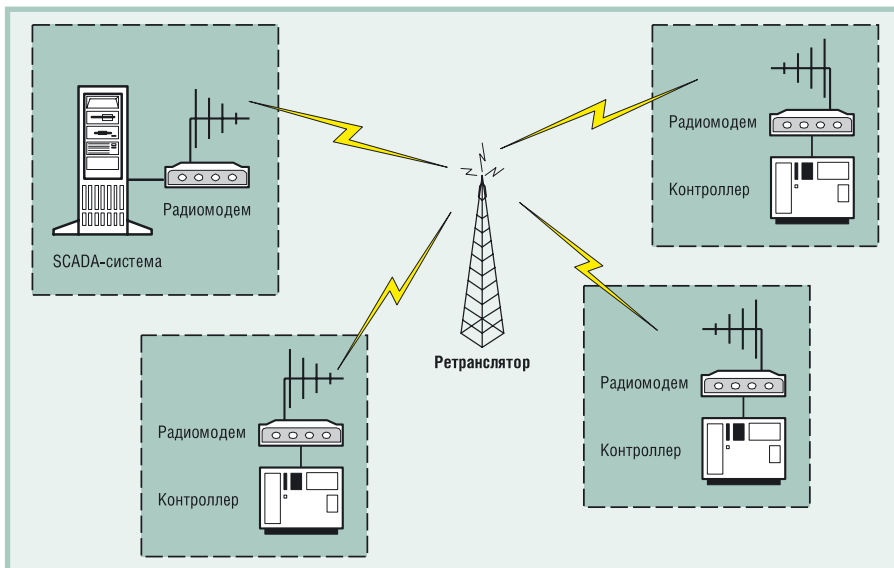


Рис. 3. Использование ретранслятора

ляет «связать» несколько протоколов с одним COM-портом, к которому подключён радиомодем. Решить такую проблему чрезвычайно сложно. Но если даже удалось её решить, то возникает другая проблема: одна физическая среда (кабель или радиоканал) передаёт пакеты разных протоколов. Как при этом будут реагировать удалённые контроллеры на пакеты «не своего» протокола, предсказать очень сложно. Есть, конечно, контрольные суммы, CRC и т.п. Но, без сомнений, вероятность совпадения контрольных сумм значительно возрастает. На практике эту задачу решают посредством уплотнения канала (кабельного или радиоканала), что в конечном итоге приводит к значительному удорожанию проекта.

При рассмотрении вопросов передачи данных не учитывалось, что, в отличие от КП и СКЗ, газораспределительные станции являются технологическими объектами, которые обслуживаются людьми (операторами). Это связано не только с их технологической сложностью, но и с их низким, как правило, уровнем автоматизации. В основном все управление на ГРС реализуется в ручном режиме оператором по командам диспетчера, который находится на ГКС. В связи с этим возникает задача обеспечения дополнительной голосовой связи оператора ГРС с диспетчером.

На практике оператор ГРС может дежурить не только в здании ГРС, но и в своём доме, который, как правило, находится поблизости. Это значит, что голосовая связь с диспетчером нужна не только на ГРС, но и в доме оператором.

ра. Кроме того, нужно обеспечить передачу в дом оператора от ГРС различных данных аварийной, пожарной и охранной сигнализаций.

Голосовая связь также нужна для сервисных и аварийных бригад, причём в любой точке газопровода. Требования к пропускной способности системы голосовой связи – минимальные, но она нужна.

Рассмотрев все перечисленные задачи, можно сформулировать общие требования к некоторой абстрактной системе связи и передачи данных, которая могла бы их эффективно решать.

1. Большая зона покрытия (300 на 300 км).
2. Передача данных между мастер-контроллером и удалёнными контроллерами по схеме «точка – многоточка» в режиме on-line.
3. Возможность организации нескольких виртуальных шин (каналов), описанных в предыдущем пункте (каждая – для своего протокола обмена).
4. Голосовая связь диспетчер – ГРС (диспетчер – дом оператора ГРС).
5. Голосовая связь с мобильными абонентами.

Какая известная система связи или передачи данных удовлетворяет всем перечисленным требованиям? Рассмотрим некоторые из них, нашедшие наибольшее распространение в газовой промышленности Украины.

Система передачи данных MOSCAD

Наверное, MOSCAD – наиболее популярная система для решения задач телеметрии. Удовлетворяет всем пере-

численным требованиям, за исключением требований по голосовой связи (MOSCAD не решает этих задач). Максимальная скорость передачи данных – 4,8 кбит/с. Кроме задач по передаче данных, средствами системы MOSCAD можно решать задачи по автоматизации управления технологическими объектами, что повышает эффективность применения этой системы. К недостаткам можно также отнести задержки, связанные с переприёмом пакетов, и снижение надёжности из-за этих переприёмов.

Аналоговая система связи MPT1327

Данная система ориентирована, главным образом, на обеспечение голосовой связью. На первый взгляд, все требования выполняются, но есть проблемы с передачей данных: передачу данных можно организовать только по схеме «точка – точка» с использованием дополнительных модемов и коммутируемым доступом. Максимальная скорость передачи данных – 2,4 кбит/с. Можно, конечно, использовать соединение «точка – точка» и организовать циклический опрос контроллеров. Но учитывая то, что время установления канала передачи данных – несколько секунд, на опрос 20 контроллеров уйдёт несколько минут. Для передачи данных от сигнализаций это неприемлемо – контроллеру придётся эти несколько минут ждать, пока его опросят. Поэтому можно считать, что система MPT1327 для решения задач передачи данных реального времени непригодна.

Цифровая система связи TETRA

Система TETRA позволяет выполнить все требования. Доступ также коммутируемый, но очень быстрый. Для передачи данных можно организовать схему «точка – многоточка» (с определёнными ограничениями). Максимальная скорость передачи данных – 28 кбит/с. Основным недостатком – очень большая стоимость системы.

Сотовые системы связи GSM

Вообще-то все требования в этих системах выполняются. Здесь мы не будем рассматривать голосовую связь и её стоимость, рассмотрим только «продвинутый» режим передачи данных – GPRS. Сразу необходимо оговориться, что предоставляемый операторами сервис изначально не ориенти-

рован на решение задач реального времени. Передача данных «точка – многоточка» не поддерживается. Обеспечивается только коммутируемый доступ в режиме «точка – точка». Скорость обмена данными может достигать 20-30 кбит/с, но может быть значительно ниже, при определённых обстоятельствах может вообще не работать. Для GPRS показатель QoS (Quality Of Service) неприменим. Никто ничего не гарантирует – как получится. Подход оператора GSM такой: скачали через GPRS 10 кбайт – заплатили за 10 кбайт; что-то случилось с GPRS, не успели, скачали только 2 кбайт – так и заплатили только за 2 кбайт. Необходимо иметь в виду, что главный приоритет у оператора мобильной связи – обеспечить голосовую связь для своих абонентов, а передача данных – это для того, чтобы загрузить простаивающие голосовые каналы (тайм-слоты). Отсюда и выгодная стоимость GPRS-сервиса. С точки зрения QoS, режим CSD (обычный GSM-канал) предпочтителен, потому что всегда обеспечивает гарантированную скорость 9,6 кбит/с. Однако при этом и стоимость передачи данных будет другой.

Общие проблемы

Коммутируемый доступ, реализуемый средствами MPT1327, TETRA, GSM или через обычный модем, накладывает определённые ограничения на программное обеспечение как SCADA-системы, так и удалённого контроллера – они должны уметь устанавливать соединение, то есть послать некоторую строку с номером абонента, например «atd1234». Однако поддержка этой функции у них может отсутствовать.

Есть ещё один важный момент, который касается всех перечисленных систем связи, за исключением системы MOSCAD: для реализации третьего требования (многопротокольности) необходимо обеспечить для каждого протокола отдельную радиостанцию, подключаемую к мастер-контроллеру, и отдельную радиостанцию возле каждого удалённого контроллера. При этом на базовой станции (при работе в режиме реального времени) для каждого протокола выделяется отдельный канал. Вдумайтесь в это!

На наш взгляд, для наиболее эффективного использования коммуникационных средств, предоставляемых системой TETRA и операторами GSM, необходимо использовать комбиниро-

ванное решение с применением коммутируемого доступа и системы коротких сообщений.

СИСТЕМА СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ TeRaNet

В 2004 году в одном из линейных производственных управлений ДК «Укртрансгаз» был реализован пилотный проект по развёртыванию системы связи и передачи данных TeRaNet. Система TeRaNet позволяет решать разные задачи в едином комплексе. Это касается как задач по передаче данных, так и по организации голосовой связи, а также задач автоматизации технологических объектов.

В первую очередь, TeRaNet – это пакетная сеть передачи данных со своим транспортным протоколом RNP, который предусматривает определение приоритетов различных пакетов данных, организацию виртуальных каналов и др. Можно сказать, что RNP – это упрощённый вариант протокола ATM, рассчитанный на работу в небольших сетях.

Архитектурно система состоит из нескольких базовых радиостанций (БС), подключённых к центральному коммутатору системы (ЦКС), и абонентских

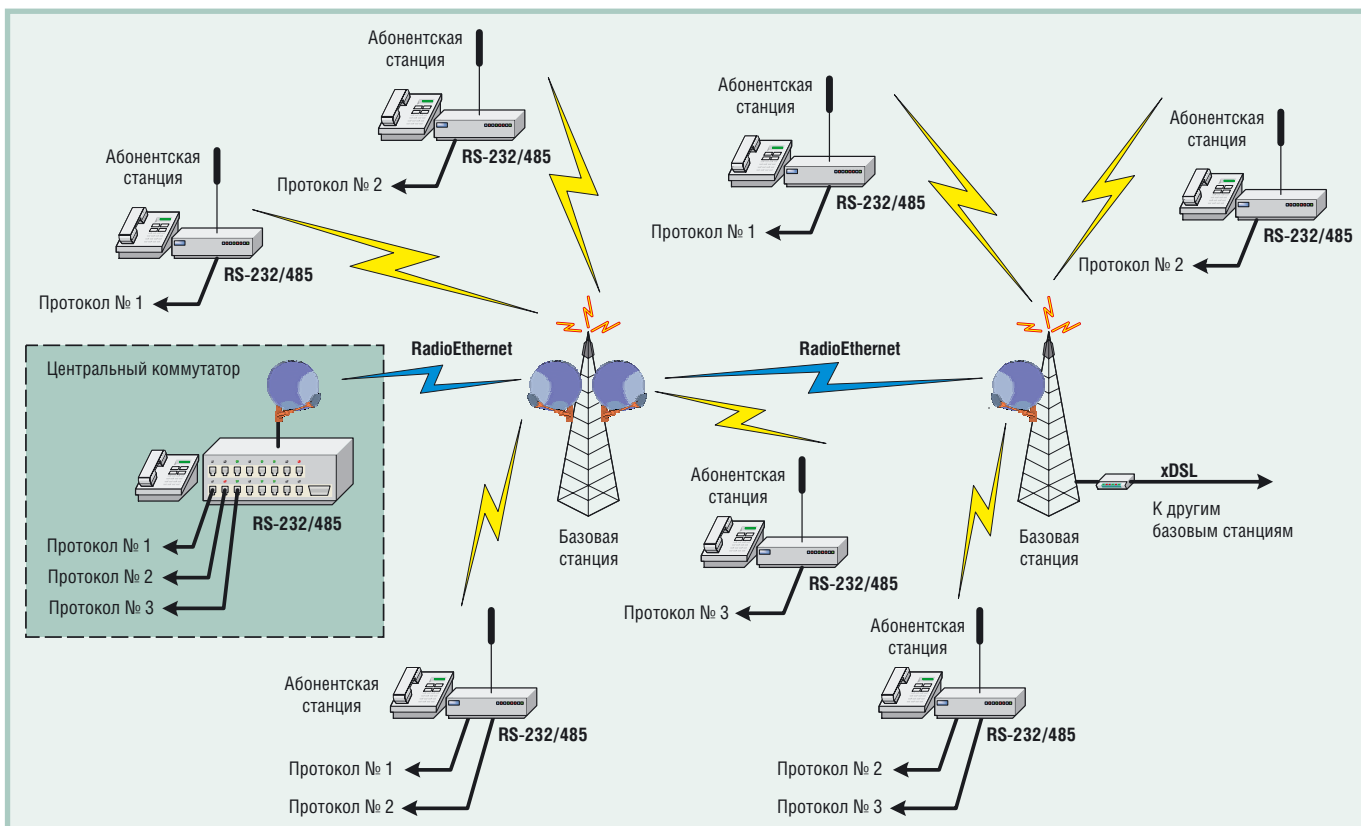


Рис. 4. Архитектура системы TeRaNet

станций (АС), которые имеют доступ к сети через радиоканал между АС и БС. ЦКС устанавливается на диспетчерском пункте компрессорной станции. Абонентские станции устанавливаются на технологических объектах. Для организации обмена данными между мастер-контроллером и удалёнными контроллерами центральный коммутатор системы имеет несколько COM-портов, которые логически могут быть связаны с COM-портами АС (рис. 4).

В результате получается что-то вроде удлинителя COM-портов с возможностью организации схемы «точка — многоточка». Какие протоколы будут «ходить» по этим виртуальным каналам, практически значения не имеет. Кроме организации каналов передачи данных, система позволяет организовывать голосовую связь не только между абонентской станцией и диспетчером, но и между двумя любыми абонентскими станциями. К ЦКС, установленному на компрессорной станции, можно подключить аналоговые телефонные линии для доступа к абонентам УАТС. Аппаратное и программное обеспечение АС позволяет также решать задачи управления и автоматизации.

Базовая станция

БС состоит из контроллера базовой станции, полнодуплексного трансивера

ра, системы гарантированного электропитания, специального телефонного терминала и каналаобразующего оборудования, необходимого для подключения БС к ЦКС (рис. 5). Если между БС и ЦКС есть кабель или канал тональной частоты, то в качестве каналаобразующего оборудования могут использоваться модемы для выделенных каналов или DSL-модемы. Если кабеля нет, то можно использовать радиомодемы или оборудование RadioEthernet. Важно, чтобы они имели интерфейс RS-232/422 или Ethernet и обеспечивали скорость передачи данных между БС и ЦКС хотя бы на уровне 19,2 кбит/с. При этом возможно подключение базовых станций между собой, то есть базовая станция выполняет функции коммутатора, что удобно в случае линейно-протяжённых объектов.

Контроллер базовой станции реализован на основе платформы MicroPC с использованием процессорного модуля CPU686E производства фирмы Fastwel. Некоторые модули, в частности, плата расширения COM-портов (модуль 5554) — производства фирмы Octagon Systems. Для обеспечения голосовой связи (базовая станция не имеет постоянного обслуживающего персонала, но на ней могут проводиться разные виды работ) в состав контроллера включена плата вокодера.

В качестве трансивера используется полнодуплексный радиомодем MDS-



Оборудование базовой станции (внизу слева — шкаф с аппаратурой БС)

4790С фирмы Microwave Data Systems, который обеспечивает скорость передачи данных в радиоканале до 19,2 кбит/с и имеет следующие технические характеристики:

- диапазон рабочих частот 330-512, 800-960 МГц;
- ширина полосы частот 25 кГц;
- разнос частот дуплекса 10 МГц;
- скорость передачи данных в радиоканале 19,2 кбит/с;
- мощность передатчика 37 дБм (5 Вт);
- чувствительность приёмника -105 дБм (BER 10E-6);

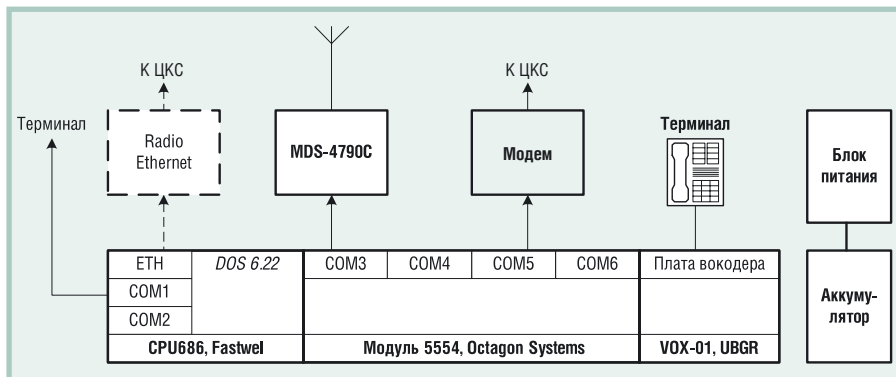


Рис. 5. Структура аппаратных средств базовой станции

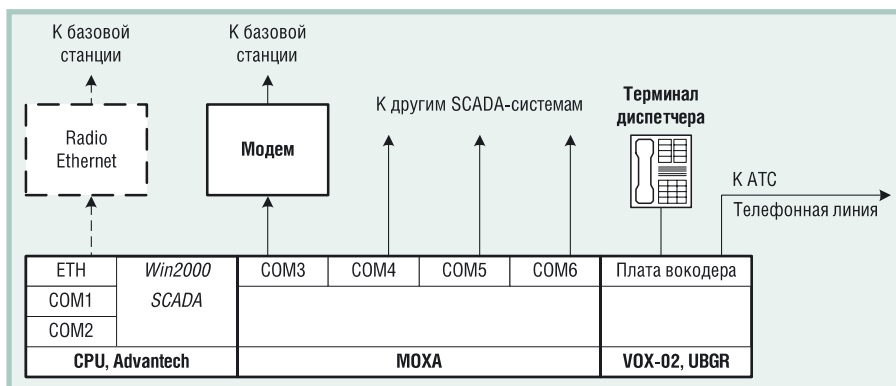


Рис. 6. Структура аппаратных средств центрального коммутатора

- ориентировочный радиус покрытия 50 км;
- диапазон рабочих температур $-30...+60^{\circ}\text{C}$.

Для наиболее ответственных приложений MDS-4790C может комплектоваться дополнительным приёмопередатчиком, который находится в «горячем» резерве и автоматически подключается в случае повреждения основного.

Диапазон рабочих температур радиомодема более узкий (от -30 до $+60^{\circ}\text{C}$), чем у остального оборудования, но, тем не менее, является вполне достаточным для работы в климатических условиях Украины.

Основные задачи БС – это управление прямым и обратным радиоканалом (то есть трафиком БС→АС и АС→БС соответственно), маршрутизация пакетов с учётом их приоритетов по межбазовым соединениям, диагностика радиоканала и удалённых АС. БС обеспечивает одновременно в одном радиоканале до 2 голосовых каналов

(точнее, тайм-слотов), и 1 канал всегда остаётся для передачи данных. Если голосовых каналов меньше, то канал передачи данных, разумеется, шире. Для сравнения, базовая станция системы TETRA обеспечивает 4 канала (тайм-слота), один из которых всегда отдаётся на канал управления, то есть голосовых остаётся 3.

Центральный коммутатор

Центральный коммутатор системы TeRaNet реализован на базе промышленного компьютера (ПК) производства фирмы Advantech (рис. 6), работающего под управлением ОС Windows 2000.

Для организации обмена с базовыми станциями в ПК установлена плата расширения COM-портов. Для голосовой связи диспетчера компрессорной станции с другими абонентами сети TeRaNet устанавливается специальная голосовая плата с вокодером. Для выхода абонентов сети TeRaNet в ведомственную телефонную сеть (и наоборот) плата имеет интерфейс с телефонной линией. Для увеличения числа подключаемых телефонных линий может устанавливаться несколько таких плат. Для решения задач контроля и управления на ЦКС установлена SCADA-система Termosont, хотя могут использоваться и другие.

Абонентская станция

АС состоит из процессорного модуля, плат расширения COM-портов, платы вокодера, необходимого количества плат ввода-вывода (аналоговых, дискретных). Все платы установлены в корзину формата MicroPC. Кроме того, есть радиомодем, источник гарантированного электропитания и специальный телефонный терминал для голосовой связи. Дополнительно к плате вокодера через разъём гарнитуры hands-free можно подключить обычную симплексную радиостанцию, назначение которой описывается далее (рис. 7).

Процессорный модуль АС, так же как и БС, производства фирмы Fastwel, но немного проще. Это модуль микроконтроллера CPU188-5MX, который имеет 48 дискретных входов-выходов (уровни TTL), 8 аналоговых входов и 2 аналоговых выхода. Часть входов используется самой АС (контроль и управление источником питания и сигнализация), а часть может быть задействована для управления технологиче-

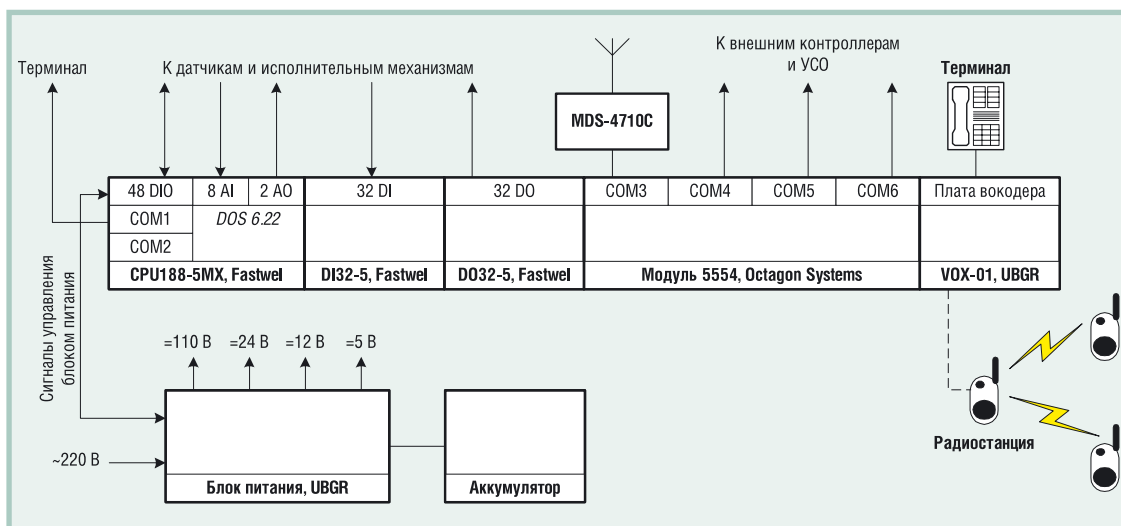


Рис. 7. Структура аппаратных средств абонентской станции

скими объектами. Если этого недостаточно, можно докупить нужные платы, разнообразный ассортимент которых выпускают фирмы Fastwel и Octagon Systems.

Плата расширения COM-портов (модуль 5554 производства фирмы Octagon Systems) служит для подключения интеллектуальных УСО (устройств связи с объектом), имеющих стык RS-232 или RS-422/485. Опрос этих УСО можно организовать двумя способами. Первый – организовать виртуальный канал между COM-портом абонентской станции, к которому подключено УСО, и COM-портом на ЦКС, на который имеет выход SCADA-система. Второй способ – опрашивать УСО, используя средства программного обеспечения микроконтроллера MicroPC, которое, в свою очередь, будет взаимодействовать со SCADA-системой, установленной на ЦКС. При использовании штатного программного обеспечения системы TeRaNet возможен и комбинированный вариант, когда опрос УСО производится и SCADA-системой через виртуальный канал, и контроллером MicroPC (когда этот канал простаивает).



Абонентская станция

Вокодер нужен для оцифровывания голоса, его компрессии и взаимодействия с соответствующими драйверами процессорного модуля. Качество оцифрованного голоса, «сжатого» во-

кодером, можно субъективно оценить как хорошее. Во всяком случае, оно не хуже, чем в CDMA- или IP-телефонах.

Радиомодем MDS-4710С несколько отличается от радиомодема базовой станции – он работает в режиме полудуплекса. Несмотря на это, голосовая связь полнодуплексная, как у обычного телефона. Остальные характеристики радиомодема такие же, как у MDS-4790С.

Источник питания с аккумулятором обеспечивает все необходимые для автоматизации значения напряжения питания: 5, 12, 24, 110 В. Через управляющие входы можно получить информацию о наличии 220 В и напряжении аккумулятора. При его критическом разряде можно программно выключить питание АС до появления 220 В.

Рассмотрим основные функции и возможности, реализованные в АС, сгруппировав их по видам.

Возможности по организации голосовой связи

- С абонентской станции можно позвонить диспетчеру на ГКС, набрав его номер, или просто, подняв трубку, подождать (идёт автоматический

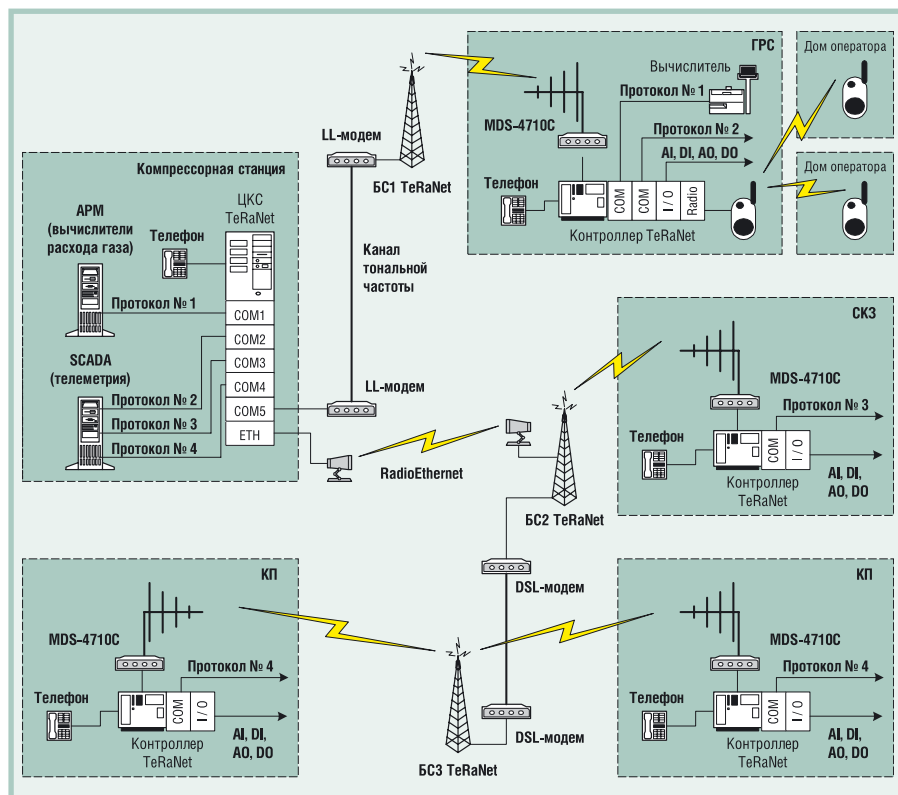


Рис. 8. Вариант общей структуры системы TeRaNet

вызов диспетчера). Никаких тангент. Голосовая связь — полнодуплексная, как на обычном телефоне.

- Допускается вызов другого абонента системы через набор номера, например 1234#. Абоненты могут находиться в зоне разных базовых станций.
- Можно выйти в ведомственную телефонную сеть, набрав, например, 2345#. Считается, что если номер не начинается на «1», значит, это номер телефонной сети (схему можно поменять).
- Существует возможность принять вызов диспетчера, другого абонента или абонента ведомственной телефонной сети (донабор в DTMF через шлюз на ЦКС).
- Если абонентская станция установлена на ГРС, для связи с домом оператора ГРС к голосовой плате можно подключить обычную симплексную радиостанцию. Оператору выдаётся вторая радиостанция. Правда, в этом случае связь полудуплексная, то есть при передаче нужно нажимать тангенту и, кроме того, оператор может вызвать только диспетчера. Дальность связи определяется характеристиками используемых радиостанций. Через эту же радиостанцию оператор может получать от контроллера АС голосовые сообщения, если есть проблемы с ГРС.

Возможности по передаче данных

- Максимальная скорость в радиоканале — 19,2 кбит/с. Реальная скорость в прямом канале (БС→АС) с учётом накладных расходов составляет около 16 кбит/с, а в обратном канале — около 12 кбит/с. Разумеется, этот трафик динамически перераспределяется между абонентскими станциями.
- Программное обеспечение АСУ ТП, которое установлено на АС, работая непосредственно через драйвер протокола RNP, может менять приоритеты пакетов и передавать данные с разной скоростью.
- Для подключения других контроллеров, установленных на технологическом объекте, существует механизм организации виртуальных каналов, описанный ранее. Можно установить приоритет для виртуального канала.

Возможности подсистемы автоматизации

- Используемые в системе платы ввода-вывода платформой MicroPC не ограничиваются. Возможно подключение через RS-232/485 различных интеллектуальных модулей.
- Система TeRaNet имеет собственное программное обеспечение (ПО) для изделий платформы MicroPC. Оно предназначено для

решения вопросов автоматизации, достаточно просто конфигурируется и поддерживает несколько протоколов обмена со SCADA-системой уровня компрессорной станции. Но можно установить и ПО других фирм, разработанное для платформы MicroPC.

- Система способна реализовать дополнительные специальные функции. Например, существуют средства для голосового оповещения через подключённую к голосовой плате радиостанцию оператора ГРС о срабатывании сигнализации или выходе параметров за определённые границы. Для этого в базе данных устанавливаются условия оповещения, а с ними связываются голосовые сообщения, хранящиеся в виде файлов в контроллере. Ввиду того что голос в файлах «сжатый», файлы сообщений небольшие. Записываются файлы там же, на ГРС, с помощью той же телефонной трубки.

Вариант общей структуры системы TeRaNet, предназначенной для решения задач по организации связи и по передаче данных, а также задач автоматизации технологических процессов, показан на рис. 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для проверки возможностей системы TeRaNet по голосовой связи и передаче данных с вычислителей расхода газа, а также возможностей по решению задач телеметрии на линейной части газопроводов в конце 2003 года в одном из подразделений ДК «Укртрансгаз» был развёрнут пилотный проект системы в составе двух базовых станций.

После тестирования системы в июле 2004 года были проведены межведомственные испытания, которые подтвердили её соответствие техническому заданию, стандартам предприятия и Госстандарту. Система показала себя как достаточно надёжное и гибкое средство для решения поставленных перед ней задач.

В настоящее время ведутся работы по расширению пилотного проекта в том же подразделении ещё двумя базовыми станциями и развёртыванию многосайтовых систем в двух других подразделениях. ●

**Автор — сотрудник
ДК «Укртрансгаз»
Телефон: (+380-44) 461-2291
Факс: (+380-44) 461-2268**