

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА ХРАНЕНИЯ ГАЗА

В.М. Карюк, В.Г. Диденко, В.А. Шалимов (ЗАО "Объединение БИНАР")

Изложены основы применения беспроводных сенсорных сетей в системе сбора данных на подземном хранилище газа. Описан комплекс технических средств системы и приведены схемы построения двухуровневой беспроводной сенсорной сети. Проиллюстрированы результаты измерений, проведенных с помощью описанной системы.

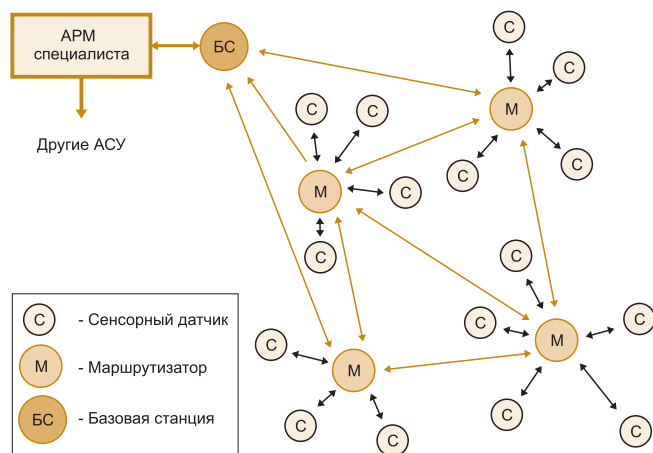
Введение

Автоматизация промышленных объектов предполагает решение задач различного класса и применение систем различного назначения. Среди этого множества существует класс подсистем, в которых необходимо осуществлять мониторинг территориально-распределенных объектов, при этом сами объекты распределены на большой территории, но при незначительном расстоянии между собой. Как правило, проводная связь с объектами наблюдения отсутствует, и тогда логично применять беспроводные системы.

Развитие беспроводных систем передачи информации в последнее время происходит высокими темпами и широким фронтом. Многие варианты решений уже оформлены в международных стандартах. В частности, стандарт IEEE 802.15.4 регламентирует протокол физического, канального и сетевых уровней для беспроводных каналов передачи информации. В последнее время активно развиваются многоточечные беспроводные схемы. На рис. 1. приведена структурная схема двухуровневой беспроводной сенсорной сети (БСС) как один из вариантов построения такой системы. Основными элементами БСС являются сенсорные датчики физических величин, маршрутизаторы, базовая станция и АРМ специалиста. В двухуровневой схеме сенсорные датчики не имеют выхода непосредственно на базовую станцию, а передают получаемые данные на маршрутизатор, который и формирует каналы сбора данных в беспроводной сенсорной сети.

Внедрение пилотного проекта системы

Ярким представителем территориально-распределенной системы являются скважинные поля подзем-

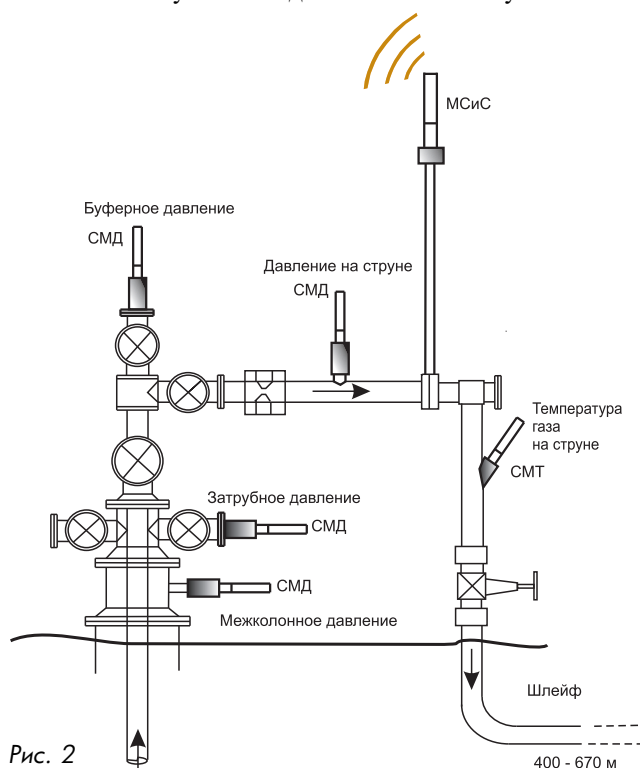


ного хранилища газа (ПХГ). Газовые скважины на ПХГ, как правило, располагаются на территории до десятка квадратных километров, при расстояниях между скважинами 100...500 метров, и в подавляющем числе ПХГ отсутствуют кабельные связи и линии электропитания между скважинами и диспетчерским пунктом. До разработки БСС создание системы автоматизированного наблюдения за параметрами скважин в условиях отсутствия кабельных коммуникаций представляло собой весьма сложную задачу. Прорывом в этом направлении являются работы по созданию системы мониторинга газовых скважин, начатые в 2006 г. на Краснодарском подземном хранилище газа (КрПХГ) ОАО "Газпром".

Указанная автоматизированная система сбора и обработки информации (АСОИ) разработана ЗАО "Объединение БИНАР" (г. Саров) и построена по принципу БСС. Сокращенное наименование системы АСОИ "Скважина", конструкторский индекс ВН 1225.000. В декабре 2007 г. комиссией ООО "Газпром ПХГ" система принята в промышленную эксплуатацию.

Расстановка датчиков физических величин

На первом этапе внедрения АСОИ "Скважина" к системе были подключены восемь эксплуатационных скважин. На устье каждой из них было установлено



2...6 датчиков измеряемых величин и маршрутизатор сети (заводское наименование маршрутизатора – модуль сбора и связи МСИС). Схема установки датчиков на скважинах приведена на рис. 2 (датчики – сенсорные модули давления СМД и температуры СМТ).

На скважинах регистрировались буферное, затрубное, межколонное и струнное давления газа, а также температура газа в струне. Дополнительно велась регистрация температуры наружного воздуха и давления газа в сборном коллекторе. На рис. 3 приведено фото установки датчиков и МСИС на одной из скважин.

Схема построения АСОИ "Скважина"

АСОИ "Скважина" состоит из центрального диспетчерского узла и "полевой" части. В целом, "полевая" часть системы построена по схеме двухуровневой БСС (рис. 1) и предназначена для сбора данных с установленных на скважинах датчиков физических величин. Нижний уровень "полевой" части, собственно сенсорной сети, состоит из множества узлов контроля скважины (УКС), в каждый из которых входят сенсорные модули и маршрутизатор. Функцией маршрутизатора на этом уровне является сбор данных с сенсорных модулей.

Верхний уровень "полевой" части формируют центральная базовая станция, расположенная на газосборном пункте ПХГ, и маршрутизаторы, входящие в состав УКС, установленных на контролируемых скважинах. Таким образом, все маршрутизаторы в режиме связи с базовой станцией, являются периферийными элементами верхнего уровня сенсорной сети ("полевой" части системы), и те же маршрутизаторы, но в режиме опроса сенсорных датчиков, являются центральными элементами узлов нижнего уровня сети.

К центральному диспетчерскому узлу относятся АРМ специалиста и базовая радиостанция (БС). АРМ специалиста предназначено для выполнения оперативных функций телеизмерений, сбора и обработки информации. В состав ПО АРМ включены СУБД и SCADA-система. Сбор информации со скважин (маршрутизаторов соответствующих УКС) и передача ее на АРМ осуществляется базовой станцией. Базовая станция при передаче принятых данных на АРМ функционально относится к диспетчерскому уровню, та же базовая станция при организации сбора данных с оборудования скважин функционально относится к "полевому" уровню.

Функции, выполняемые системой, подразделяются на информационные и вспомогательные. К числу информационных относятся: измерение технологических параметров, сбор получаемых данных, первичная обработка данных, визуализация получаемой информации, обеспечение взаимодействия "человек – машина" и накопление полученной информации. Вспомогательными функциями системы являются: калибровка сенсорных датчиков по радиокана-



Рис. 3

лу, параметрирование измерительных каналов сенсорных датчиков, конфигурирование радиосети и управление режимами ее работы, управление режимами работы отдельного радиоэлектронного средства, регистрация внутренней температуры сенсорных модулей, диагностика состояния программно-технических средств системы.

Система предназначена для применения в качестве законченного изделия, способного функционировать как автономно, так и в качестве подсистемы, входящей в состав других АСУ.

Параметры радиоканалов связи

Связь между сенсорными модулями и маршрутизаторами осуществляется в узком диапазоне на разрешенной частоте 868 МГц. Мощность передатчиков на всех модулях сенсорной сети не превышает 5 мВт, что на расстояниях ≤ 50 метров обеспечивает устойчивую связь без какой-либо потери информации. В пределах одного узла алгоритм связи построен с разделением во времени, то есть таким образом, чтобы исключалась возможность наложения сигналов одного модуля на сигнал другого. Кроме того, невозможность взаимного влияния сигналов от датчиков (нижнего уровня) одной скважины на работу датчиков другой скважины обеспечивается тем, что выбранный частотный диапазон содержит 16 дискретных поддиапазонов, и информационный обмен сенсорного модуля и маршрутизатора на соседних скважинах происходит в разных частотных поддиапазонах. Распределение частотных поддиапазонов между скважинами (узлами), исключаящее их взаимное влияние, производится с учетом того обстоятельства, что при расстояниях между скважинами > 200 метров, работа передатчиков уже возможна на одних и тех же частотах, без опасения взаимного влияния.

На каждой скважине данные, принятые маршрутизатором от первичных сенсорных датчиков и соседних маршрутизаторов, группируются в один пакет и передаются на базовую станцию по выбираемой в автоматическом режиме траектории и принятому ал-

горитму опроса. Связь маршрутизатор – базовая станция обеспечивается на частоте 433 МГц. Время выхода каждого маршрутизатора в эфир определяется его порядковым номером и отсчитывается от синхроимпульса, генерируемого базовой станцией.

Принятая от маршрутизатора информация на базовой станции преобразовывается и по последовательному каналу передается на АРМ специалиста.

Регистрация измеряемых параметров на скважинах и шлейфах производится с интервалом в 15 с, результаты каждого акта регистрации записываются в буфер памяти сенсорного модуля. Текущее значение регистрируемой величины (на выходе аналого цифрового преобразователя) сравнивается с предыдущим (хранящимся в буфере памяти) и, если отличие превышает два младших разряда (0,1% от динамического диапазона), производится автоматическая передача регистрируемой величины от сенсорного датчика на маршрутизатор, в противном случае сенсорный датчик в эфир не выходит. Но, независимо от текущих значений регистрируемых величин, каждые 2 минуты осуществляется принудительная передача данных. Таким образом, в течение суток проводится 5760 замеров каждого из регистрируемых параметров. Дополнительно, синхронно с измерениями основных параметров в каждом сенсорном датчике регистрируется напряжение источника питания и его внутренняя температура, что, в первую очередь, необходимо для заключения о работоспособности модуля и достоверности регистрируемой и передаваемой информации.

Конструкция сенсорных модулей

Сенсорный модуль включает три части: измерительную, вычислительную и коммуникационную. В датчиках давления измерительная часть состоит из первичного преобразователя давления в электрический сигнал и аналогового усилителя. Вычислителем в модуле служит микроконтроллер MSP430 фирмы



Рис. 4

Texas Instrument, при помощи которого происходит управление преобразованием аналоговых сигналов в цифровую форму, первичная обработка данных (линеаризация, нормализация, и другие преобразования данных), а также обеспечение алгоритмов

сбора, накопления и передачи данных.

Наличие микроконтроллера в сенсорных модулях позволило реализовать режим импульсного измерения регистрируемых параметров, обработку данных, запись результатов обработки в буферную память и импульсную передачу данных на маршрутизатор. Необходимо отметить, что сокращение объемов передаваемой информации за счет максимально полной ее обработки встроенным вычислителем позволяет экономить энергопотребление в модуле и повышать надежность радиообмена. Коммуникационную функцию, то есть связь по радиоканалу, обеспечивает приемопередатчик, выполненный на микросхеме nRF905.

В электронных узлах сенсорных датчиков и МСiС реализованы импульсные режимы работы и спящий режим в интервалах между измерениями. Это позволило снизить электропотребление, приведенное к среднему постоянному уровню, до 15 мкА, а применение в качестве источников питания литий тионил хлоридных элементов серии SL761 и SL770 (емкость 1,45 ампер/час) обеспечивает автономную работу модулей в течение года с десятикратным запасом. Паспортный температурный диапазон этих батарей декларируется интервалом -55...85°C. Проведенные лабораторные испытания показали, что датчики сохраняют свою работоспособность вплоть до -65°C. Фото датчиков приведены на рис. 4.

Количество и набор установленных измерительных датчиков может быть индивидуален для каждого узла контроля скважины.

Некоторые результаты, полученные во время испытаний

Результаты, полученные во время проведения испытаний, показали правильность принятых решений и перспективность выбранного технического направления. Результаты были представлены в докладе на Международной конференции "ПХГ: Надежность и эффективность", которая проходила в октябре 2006 г. во ВНИИГАЗ. На конференции со стороны исследователей ПХГ был проявлен большой интерес к представленным результатам, и было рекомендовано продолжить работы в данном направлении.

Система эксплуатируется в режиме опытной эксплуатации с 2006 г. Во время опытной эксплуатации получены заслуживающие внимания данные о режимах работы скважин. В качестве иллюстрации на рис. 5 приведены кривые изменения давления (●) и температуры (▲) газа в шлейфе скважины №57, полученные в период отбора газа в 2008 г.

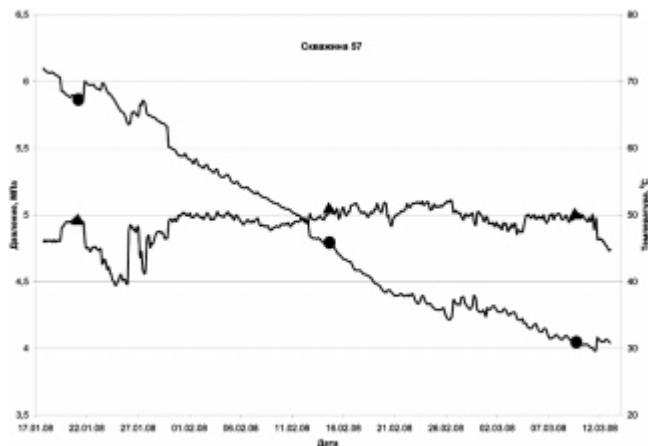


Рис. 5

Перспективы развития системы на основе БСС

Совершенствование системы предполагается проводить в следующих направлениях:

- расширение номенклатуры сенсорных модулей;
- развитие технических решений передачи данных;
- создание программных методик для оптимизации режимов эксплуатации ПХГ;
- расширение сфер применения сенсорных сетей.

Отметим, что применение созданной системы актуально не только на ПХГ, но и на других типах производств, где объекты контроля территориально распределены и затруднительна прокладка кабельных линий.

Заключение

Проведены испытания автоматизированной системы сбора данных с территориально-распределенных объектов контроля. Система построена по схеме двухуровневой БСС с применением энергонезависимых датчиков давления и температуры, а также маршрутизаторов сети, что позволяет собирать данные с большого числа датчиков (до 1000 ед.), расположенных на территории до 10 км². Система успешно испытана на Краснодарском подземном хранилище газа. В процессе эксплуатации системы показано, что исследования режимов работы скважин возможно проводить непосредственно в периоды отбора газа без их останова.

*Карюк Владимир Михайлович — ген. директор,
Диденко Виктор Гаврилович — канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,
Шалимов Валерий Александрович — начальник конструкторского
отдела серийной продукции ЗАО "Объединение БИНАР".*

Контактные телефоны: (831 30) 708-68, 708-25, 707-60. E-mail director@binar.ru <http://www.binar.ru>

О ПРИМЕНИМОСТИ GPRS-ТЕХНОЛОГИЙ**ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ****В.Л. Полосин (ООО "ЭФО")**

Рассматриваются проблемы технического и организационного характера, возникающие при использовании в системах автоматического управления беспроводных технологий на базе GPRS. Приводится обзор нетипичных для "классической" автоматики аппаратных и программных средств, необходимость в использовании которых вытекает из выбора технологии GPRS на примере решений, предлагаемых фирмой Rapasonic и ее партнерами в Германии. Обсуждение причин, побуждающих разработчиков к использованию беспроводных технологий, и критерии выбора той или иной технологии остаются за рамками статьи.

О применимости технологии GPRS в автоматике

Под системой автоматического диспетчерского управления с использованием беспроводных технологий на базе GPRS будем понимать совокупность локальных систем автоматического управления, каждая из которых, как правило, построена с применением ПЛК. В случае значительной территориальной удаленности локальных объектов системы друг от друга при наличии в районе расположения объекта уверенно действующих публичных GPRS-сетей имеет смысл попытаться применить эту технологию для объединения и/или согласования работы локальных систем автоматического управления.

Типичными объектами управления, имеющими указанную распределенную архитектуру, являются, например, трансформаторные подстанции и станции распределения электроэнергии, насосные станции, водозаборы и установки водоподготовки на водопроводе (рис. 1), системы дорожной инфраструктуры и управления движением, то есть объекты, в принципе способные вы-



Рис. 1

полнять свои функции в полном объеме независимо и автономно, однако подразумевающие периодический обмен технологической и учетной информацией с диспетчерским центром. Использование беспроводных технологий (как и любых проводных каналов передачи данных) в данном случае не является непременным условием работоспособности основного технологического оборудования, а служит для согласованной оптимизации режимов работы установок, обеспечения сигнализации и диспетчеризации, то есть для повышения эксплуатационных характеристик установленной технологической сети в целом. Следует обратить внимание, что согласованная работа объектов вовсе не означает, что в системе необходимо наличие SCADA-системы, так как технологические данные при автоматическом согласовании режимов работы локальных станций передаются в основном "по горизонтали", а не "по вертикали".

Честность требует отметить, что ввиду особенностей беспроводных технологий на базе GPRS использование их для передачи