Управление объектами нефтяного месторождения с использованием комбинированных каналов связи

Василий Дудников, Марсель Газизов, Дамир Набиев, Тимур Нугманов

Статья посвящена рассмотрению проблем, существующих в области распределенных систем телемеханики нефтепромыслового оборудования, на примере измерительно-вычислительного комплекса «Мега».

Введение

Распределенных систем контроля и управления технологическими процессами (SCADA-систем) в мире существует великое множество. Чем же была вызвана необходимость разработки еще одной?

Во-первых, изменением требований нефтяников к системам автоматики. В частности, в службе автоматизации нефтяной компании «Башнефть» была разработана и оформлена концепция развития средств контроля и управления процессом нефтедобычи. В рамках этой концепции объектом автоматизации должен стать самый главный элемент нефтепромыслового оборудования — скважина, что обусловило ряд специфических требований к контроллерам объектов, из которых основными являются цена (естественно, низкая, так как велико количество объектов) и наличие радиоканала на короткие расстояния, который бы позволил решить проблему «последней мили» и обойтись без прокладки кабеля между каждой скважиной и существующим помещением групповой замерной установки (ГЗУ).

Во-вторых, отсутствием на рынке открытого протокола сетевой передачи телеметрической информации, поддержку которого можно было бы «зашить» как в маломощные однокристальные контроллеры, так и в солидные контроллеры на основе MicroPC. При этом протокол должен позволять осуществлять ретрансляцию и маршрутизацию пакетов по различным физическим каналам передачи данных и с разными скоростями передачи. Эти требования приобретают особое значение при использовании УКВ-радиосвязи на большие расстояния в 30...100 километров, когда отсутствует прямая радиовидимость между диспетчерским пунктом (ДП) и объектом контроля. Возможность использования набора контроллеров в качестве ретрансляторов позволяет построить маршрут в обход природных препятствий.

В-третьих, горячим желанием конечного пользователя иметь гибкую, понятную систему графического представления технологического процесса на экране монитора, которую можно было бы легко, на ходу перестраивать, дополнять, развивать и наконец-то не зависеть от разработчиков.

На основе изложенного были определены принципы построения системы.

- Решение вопроса «последней мили» с помощью дешевого унифицированного контроллера.
- Активное использование радиосвязи и промышленных сетей передачи данных для связи контроллеров системы.
- Открытое программное и аппаратное обеспечение. Система должна обеспечивать простоту обслуживания и дальнейшего развития.



Нефтяная скважина, оборудованная средствами контроля и связи

© 2000 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

- Прозрачность данных в системе. Все потоки данных организованы в соответствии с современными требованиями к системам промышленной автоматизации, что делает их доступными как из офисных программ, так и из специализированных SCADA (HMI) — систем и пакетов управления предприятием.

Назначение системы

Система автоматизированного управления процессом нефтедобычи «Мега» (в дальнейшем — просто система) предназначена для дистанционного (из диспетчерского пункта) контроля состояния аварийной сигнализации и управления распределенным технологическим оборудованием, таким как станки-качалки нефтедобывающих скважин, насосные установки, пункты учета тепловой энергии, пункты учета электрической энергии, нефтегазоперекачивающие станции.

Система предназначена для обустройства новых месторождений, для замены физически и морально устаревших систем промысловой телемеханики, а также для автоматизации объектов нефтедобычи, к которым затруднена прокладка кабельных линий связи.

Комплексы измерительно-вычислительные «Мега» зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений под №19124-99 и допущены к применению в Российской Федерации.

Функции системы

- Автоматизация объектов нефтепромысла.
- Управление технологическими процессами в автоматическом режиме и в режиме дистанционного контроля и управления.
- Визуализация технологического процесса в цифровом и графическом виде.
- Визуализация параметров оборудования (сигналы контроля, управления, аварии).
- Контроль выхода значений параметров за технологические и аварийные пределы, обеспечение аварийной сигнализации.
- Опрос, регистрация и архивирование технологических параметров реального времени в базе данных комплекса.
- Регистрация и архивирование в базе данных технологических объектов.

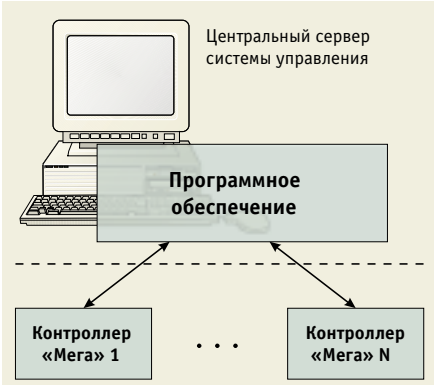


Рис. 1. *Структура системы*

Построение системы

Система представляет собой распределенный информационно-измерительный комплекс, состоящий из центрального сервера и унифицированных узлов (контроллеров), связанных между собой с помощью пакетного протокола РТМ-64 (рис. 1).

На технологических объектах устанавливаются контроллеры «Мега» (рис. 2).



Рис. 2. *Контроллер «Мега»*

Контроллеры выполняют основную работу по предварительной обработке информации:

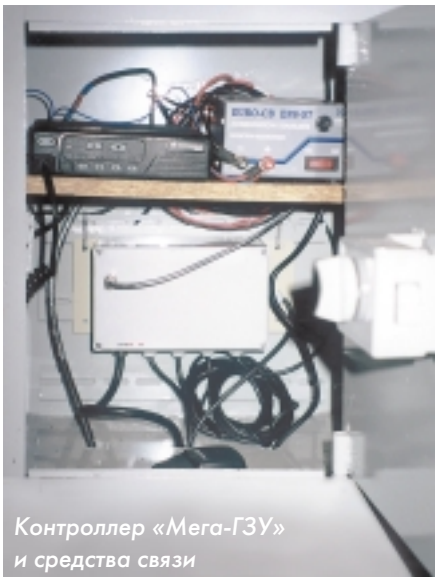
- преобразуют входные сигналы от датчиков;
- контролируют работоспособность исполнительных механизмов;
- определяют аварийные ситуации;
- включают/выключают оборудование;
- осуществляют накопление данных и формируют архив изменений параметров (на случай пропадания связи);
- ведут расчет дебитов, расходов, нагрузок;
- осуществляют замеры ваттметрограмм, динамограмм;
- отсчитывают временные интервалы;
- поддерживают пакетный протокол обмена данными по различным каналам связи, выполняют функции ретрансляторов при обмене данными между сетью контроллеров и центральным компьютером в диспетчерской.

В диспетчерском пункте (ДП) или в операторной промысла устанавливается

© 2000 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

центральный сервер системы управления процессом нефтедобычи (ЦСУ), который выполняет все функции управления сетью контроллеров (рис. 3).

Центральный сервер состоит из индустриального компьютера с блоком бесперебойного питания, с программным обеспечением конфигурирования и настройки контроллеров и программой визуализации, контроля и управления технологическими процессами. Компьютер, как правило, работает с сетью полевых контроллеров через контроллер связи, поддерживающий пакетный протокол обмена данными по радиоканалу и/или по проводному каналу связи. ЦСУ осуществляет фоновый циклический опрос всех контроллеров системы, архивирует все изменения параметров и сигналов, визуализирует состояние технологического процесса.



Контроллер «Мега-ГЗУ» и средства связи



Рис. 3. *Оборудование диспетчерского пункта*



Установка контроллера «Мега-СКВ» и антенны на площадке монтажа электрооборудования скважины

Компьютер предназначен для работы в условиях промышленного предприятия с повышенным уровнем электромагнитных помех, с расширенным диапазоном температур эксплуатации, в условиях вибрации и пыли в помещениях. Может быть смонтирован в 19" аппаратную стойку или установлен на столе.

Такое построение системы обеспечивает следующие преимущества:

- легкое наращивание системы новыми контроллерами или переконфигурирование существующих (контроллеры однотипны, а настройка осуществляется программно из центрального сервера);
- удобство в обслуживании и эксплуатации, так как четко обозначена граница между специалистами, обслуживающими контроллеры, и специалистами, работающими с технологическим оборудованием;
- обеспечение полного цикла преобразований и передачи данных от датчика на объекте до АРМ специалиста, причем специалист может менять методы обработки и формы вывода данных с использованием различных программных пакетов;
- работа по обслуживанию и переконфигурированию системы может выполняться без остановки опроса контроллеров;

© 2000 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru



Рис. 4. *Просмотр маршрутов передачи данных между объектами системы*

- прикладной уровень обработки данных вынесен в компьютеры специалистов (геологов и технологов).

Пакетный протокол связи РТМ-64

Данный протокол разработан специально для распределенной системы контроля и управления на основе контроллеров «Мега» и вобрал в себя многое от таких протоколов, как AX-25, FRAME RELAY и CAN. Его специализированность обусловлена следующими факторами:

- дешевизной, то есть протокол должен работать без применения специализированных микросхем или модулей поддержки трафика;
- низкой скоростью передачи данных, что вызвано спецификой радиосвязи;
- высокой помехозащищенностью;
- необходимостью ретрансляции пакетов, как минимум, через 3 промежуточных ретранслятора;
- разнородностью физических каналов связи — радиосвязь с различными видами модуляции, проводные каналы связи с различными типами интерфейсов физического уровня;
- разной скоростью передачи данных в разных каналах;
- необходимостью передачи контроллером экстренного аварийного сообщения в центральный сервер системы, не дожидаясь, пока до него дойдет очередь опроса;
- поддержкой международных стандартов, регламентирующих работу средств телемеханики с использованием общедоступных ресурсов (радио).

Данный протокол связи присутствует во всех контроллерах «Мега». После включения контроллер принимает все пакеты по всем возможным каналам связи, подключенным к контроллеру. Каждый пакет анализируется, и если он адресован именно данному контроллеру и прошел по всему заданному маршруту, то контроллер анализирует команду, принимает данные и отправляет ответ по тому же маршруту, по которому пришел пакет. Если же контроллер находит свой идентификатор в ретрансляторах данного пакета, то он передает пакет дальше, причем пакет может быть передан по другому каналу связи. Такая гибкость в адресации и маршрутизации пакетов позволяет строить разнородные сети передачи данных, а именно такие сети и необходимы для системы управления объектами нефтедобычи (рис. 4).

Программное обеспечение системы

Программное обеспечение предназначено для работы в среде операционной системы Windows NT и состоит из отдельных программ, составляющих три уровня обработки данных (рис. 5).

На нижнем уровне менеджер опроса сети контроллеров «РОТОР» отвечает за опрос и настройку контроллеров. Средний уровень, представляющий из себя сервер данных, формирует поток

© 2000 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

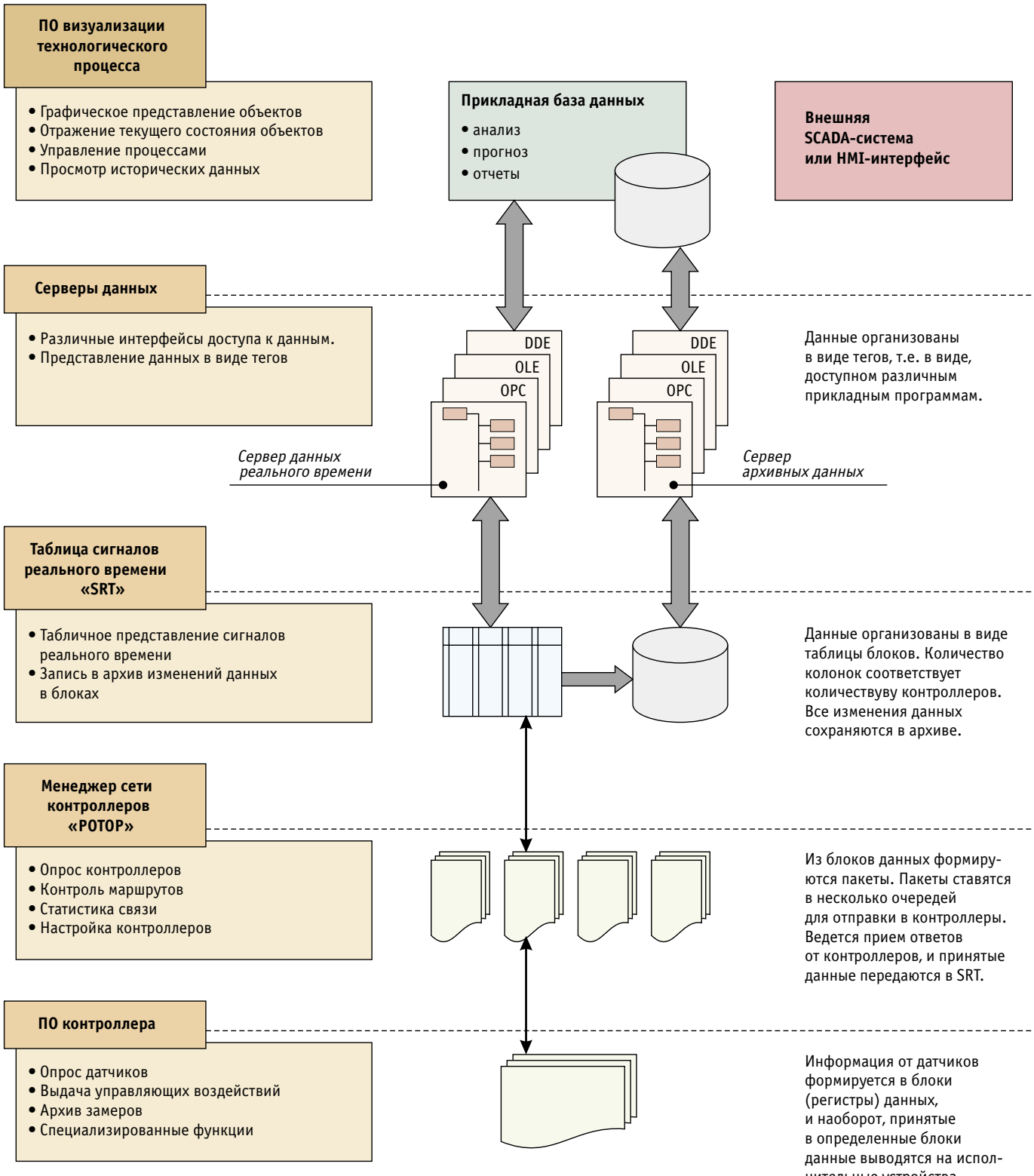


Рис. 5. *Структура программного обеспечения системы «Мега»*

информации в стандартном виде с использованием интерфейсов COM/DCOM, OPC, что позволяет «видеть» все данные системы из наиболее распространенных систем автоматизации производства. На верхнем уровне в общем случае может быть любое программное обеспечение визуализации и диспетчерского управления, например, GENESIS32 (Iconics) или FIX Dynamics (Intellution).

В центральном сервере формируются две базы данных:

- база данных о контроллерах, с которой работают специалисты цеха автоматизации производства, настраивая сеть контроллеров, маршруты, связь, датчики, уставки и интервалы опроса;
- база данных объектов, в которой данные систематизированы по технологическим объектам; с этой базой работают уже геологи или технологи.

Для каждой из баз есть программа-визуализатор, обеспечивающая пользователям удобный и понятный интерфейс для работы с данными.

В сети могут одновременно работать и осуществлять опрос несколько серверов. Каждый контроллер может передать экстренное аварийное сообщение в центральный сервер. Опрос контрол-

© 2000 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

леров осуществляется с помощью нескольких асинхронных очередей, каждая очередь со своей периодичностью. Это позволяет оптимизировать объем передаваемой информации, так как, например, данные о суточных расходах из контроллера блока гребенок нет необходимости опрашивать каждую минуту. Кроме фонового опроса, оператор может в любой момент послать в любой контроллер экстренную команду или просто переконфигурировать контроллер, изменить уставку и т.п. Таким образом, работа по обслуживанию системы может выполняться без остановки опроса контроллеров.

Типовые конфигурации сетей

Использование различных каналов передачи данных и пакетного протокола РТМ-64 позволяет построить сети самых разных конфигураций. Далее приведены некоторые типовые конфигурации.

1. Обустройство цеха (рис. 6а). Контроллеры монтируются рядом с датчиками. Все контроллеры соединены одним двухпроводным кабелем типа «витая пара». Передача данных в линии осуществляется асинхронно, в соответствии со стандартом EIA RS-485.

2. Система проводной телемеханики на большие расстояния (рис. 6б). Для связи используется двухпроводная линия и синхронный пакетный протокол связи. Напряжения в линии более высокие, чем допускается стандартом EIA RS-485.

3. Система проводной телемеханики на большие расстояния, древовидная архитектура (рис. 6в). То же самое, что и в п. 2, но используются возможности ретрансляции контроллеров.

4. Обустройство цеха с применением радиосвязи ближнего действия (рис. 6г).

5. Обустройство цеха с применением радиосвязи ближнего и дальнего действия (рис. 6д).

Типовое решение для системы радиотелемеханики скважин и ГЗУ. До ГЗУ исполняется радиосвязь дальнего действия, причем при непрохождении прямого сигнала передачу можно осуществлять через другие установки, способные выполнять роль ретрансляторов. От ГЗУ до скважин используется радиосвязь ближнего действия.

6. Обустройство цеха с применением радиосвязи ближнего и дальнего действия, а также проводной связи в пределах куста скважин (рис. 6е).

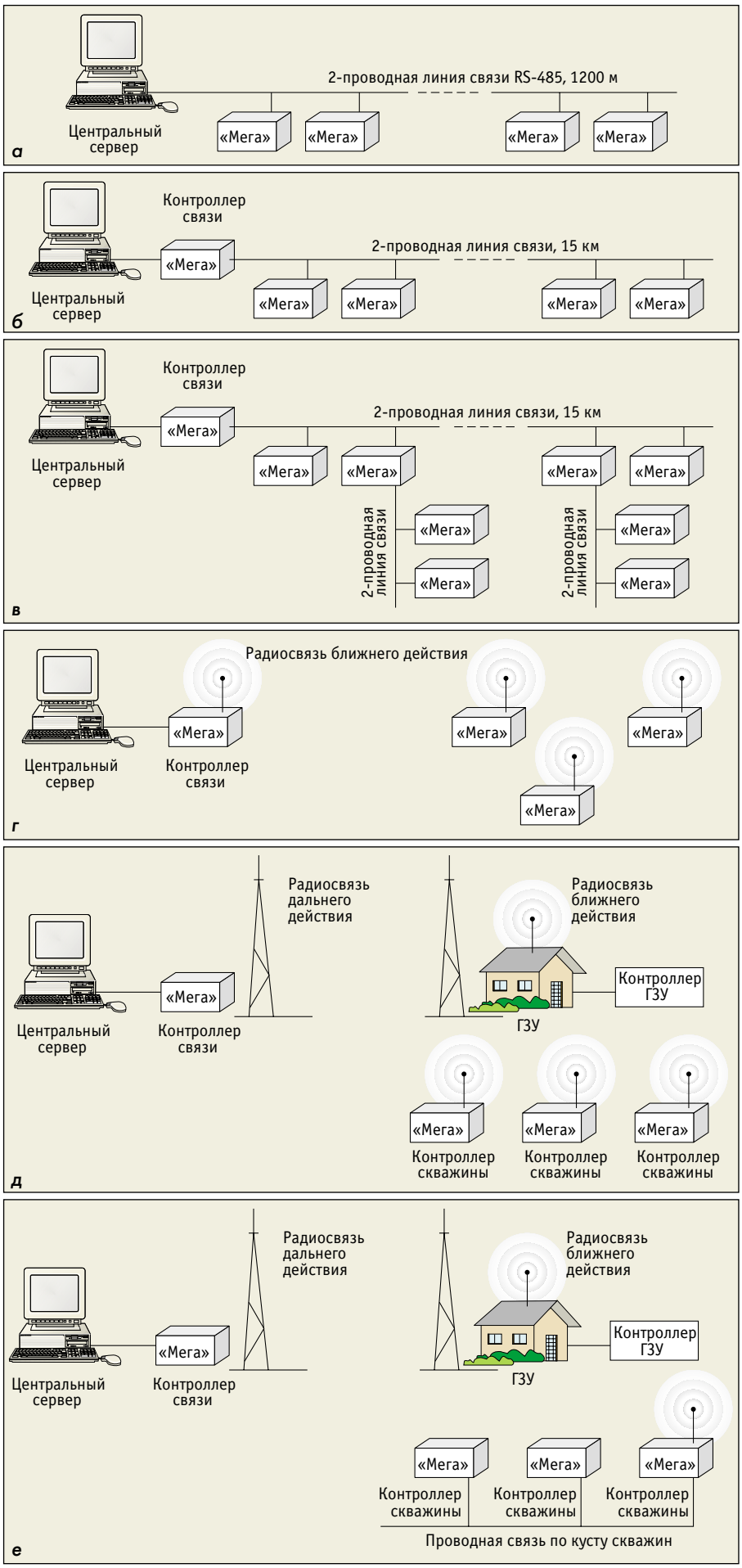


Рис. 6. *Конфигурации сетей на базе протокола РТМ-64 при использовании различных каналов связи*

www.cta.ru

© 2000 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

Таблица 1. *Технические данные контроллера «Мега»*

Процессор	8-разрядный с RISC-архитектурой
Память программ	128 кбайт
Статическая память данных	4 кбайт
Энергонезависимая память данных	4 кбайт
Количество аналоговых входов AI	8
Количество счетно-импульсных входов DI	16
Дискретных выходов DO	8
Скорость передачи данных для радиосвязи ближнего действия	14,4 кбод
Скорость передачи данных для радиосвязи дальнего действия	1,2 кбод
Скорость передачи данных по RS-232	от 2,4 до 115 кбод
Скорость передачи данных по RS-485	от 0,3 до 38,8 кбод
Напряжение питания: **основное** **от аккумулятора**	- от 94 до 264 В переменного тока с частотой 50 ±1 Гц - 12 В постоянного тока
Рабочая температура	–40…+50°C
Относительная влажность воздуха при температуре 25°C	95% без конденсации влаги
Атмосферное давление	84-107 кПа
Габариты контроллера	не более 200·120·80 мм
Масса	не более 1,5 кг
Встроенные средства диагностики состояния контроллеров	да

Контроллеры системы

Базовый контроллер

В качестве базового контроллера системы принят контроллер «Мега». Это дешевый унифицированный контроллер, который может устанавливаться непосредственно на технологическом объекте, поскольку он соответствует жестким условиям промышленной эксплуатации (табл. 1). Его измерительные каналы метрологически аттестованы, что позволяет использовать данный контроллер в качестве средства измерения.

В настоящее время существует огромный выбор однокристальных микропроцессоров с широким набором характеристик, поэтому с технической точки зрения построение контроллера на современном этапе развития микропроцессорной техники — вполне тривиальная задача. Контроллер — это, по сути дела, несколько микросхем: микропроцессор, интерфейсные кристаллы, выбранные в зависимости от требуемого набора каналов связи, устройства нормализации аналоговых сигналов и опторазвязка дискретных входных и выходных сигналов, плюс блок питания, плюс некая индикация. Вот фактически и весь контроллер (рис. 7, 8).

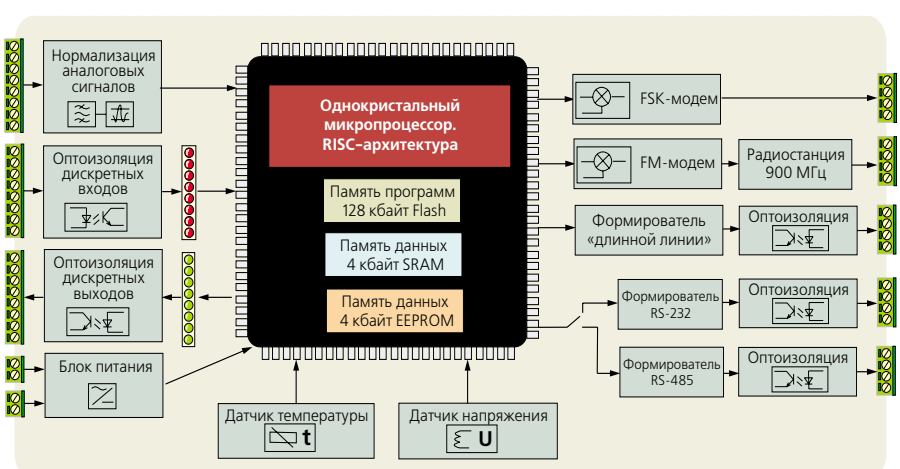


Рис. 7. *Структура контроллера «Мега»*

Контроллеры на основе MicroPC

На объектах, которые характеризуются большим количеством сигналов или управление которыми требует дополнительной математической обработки информации, в системе «Мега» применяются контроллеры, построенные на основе изделий MicroPC фирмы Octagon Systems (например, КНС — кустовая насосная станция или ДНС — дожимная насосная станция). В качестве процессорного модуля используется плата микроконтроллера серии 6000. Набор периферийных плат формируется с учетом конкретных требований по типам и количеству входов-выходов. Все функции сетевого взаимодействия контроллер осуществляет через контроллер связи «Мега», с которым он соединяется через стандартный COM-порт.



Рис. 8. *Внутренняя конструкция контроллера «Мега»*

Основные достоинства такого решения:

- до 200 сигналов (количество ограничивается только удобством монтажа и подключения кабелей) обрабатывается в выносном контроллере, устанавливаемом непосредственно на технологическом объекте;
- наличие встроенной DOS, файловой системы во флэш-памяти и часов реального времени позволяет осуществлять значительный объем математической обработки на месте, не загружая каналы связи передачей черновой информации;

© 2000 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

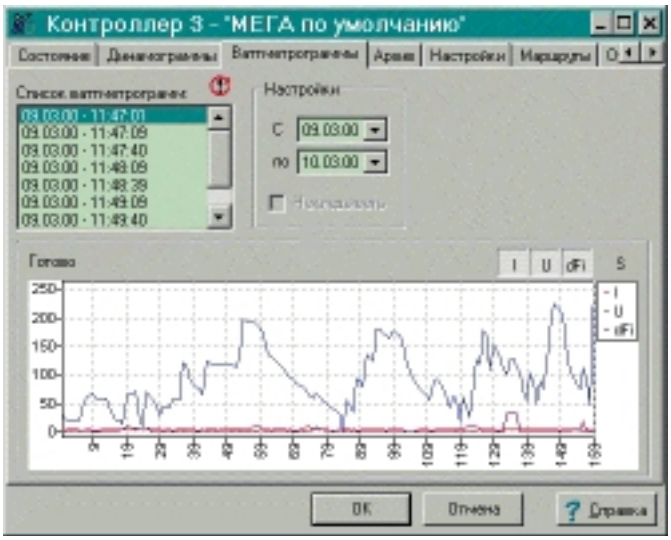


Рис. 9. *Просмотр текущей ваттметрограммы станка-качалки*



Рис. 11. *Управление работой скважины из диспетчерского пункта*

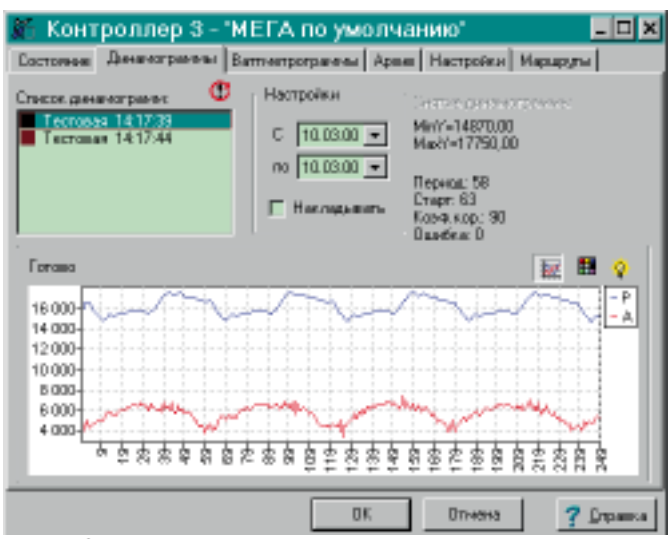


Рис. 10. *Диагностика неисправностей насосного оборудования скважины по динамограмме*

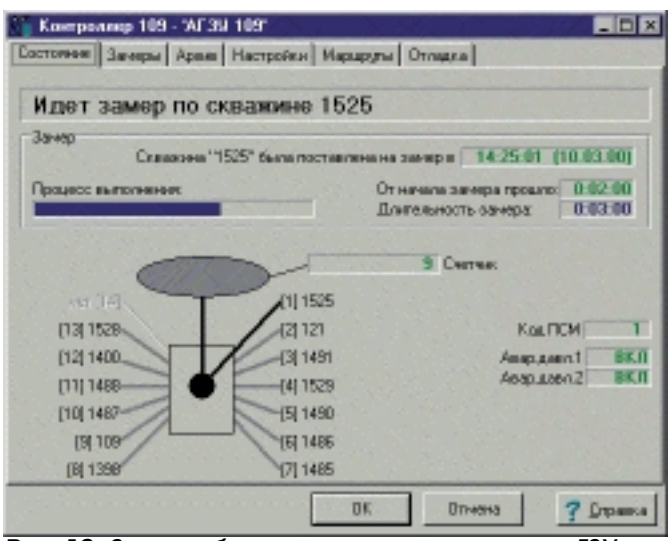


Рис. 12. *Замер дебитов по отводам контроллером ГЗУ*

- поддержка контроллером пакетного протокола связи по COM-порту делает его адресуемым и доступным из любой точки системы «Мега»; в сервере достаточно лишь настроить теги, связанные с данным контроллером, и все данные становятся «видны» в HMI-системе типа GENESIS32.

Конструктивные особенности

В качестве корпусов различных модификаций контроллеров системы «Мега» используются электротехнические корпуса для настенного монтажа фирмы Schroff. Эти изделия допускают размещение малогабаритного оборудования (платы контроллера, клемм-ников фирмы WAGO, модема), обеспечивая степенью защиты от воздействий окружающей среды не ниже IP55 (пылевлагозащищенное исполнение).

Шкафы и корпуса фирмы Schroff также используются для размещения оборудования системы, включая контроллеры, средства связи, коммутационное оборудование, устройства электропитания, как внутри помещений (например ГЗУ — групповой замерной установки), так и на открытых площадках монтажа электрооборудования скважин.

Примеры специализированных контроллеров системы

Контроллер скважины «Мега-СКВ»

- С заданной периодичностью осуществляет замер параметров для построения ваттметрограмм (в течение трех периодов качания строятся графики тока, напряжения и сдвига фаз между векторами тока и напряжения — рис. 9). Все массивы параметров периодически переписываются в сервер. Измерение сдвига фаз между векторами тока и напряжения позволяет вычислить действующие значения мощности, а также определить направление тока, то есть выделить рекуперативный режим работы при несбалансированности станка-качалки.
- С заданной периодичностью осуществляет замер параметров для построения динамограммы (в течение трех периодов качания строятся графики ускорения и нагрузки на «полированный» шток). Автоматическая интерпретация динамограмм в сервере позволяет диагностировать все основные виды неисправностей насосного оборудования скважины (рис. 10).
- Передает состояние станка-качалки (работает/стоит) в диспетчерский пункт (ДП).

Из ДП можно управлять работой станка-качалки, то есть включить или остановить станок-качалку в ручном, дистанционном или автоматическом режиме управления (рис. 11).

© 2000 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

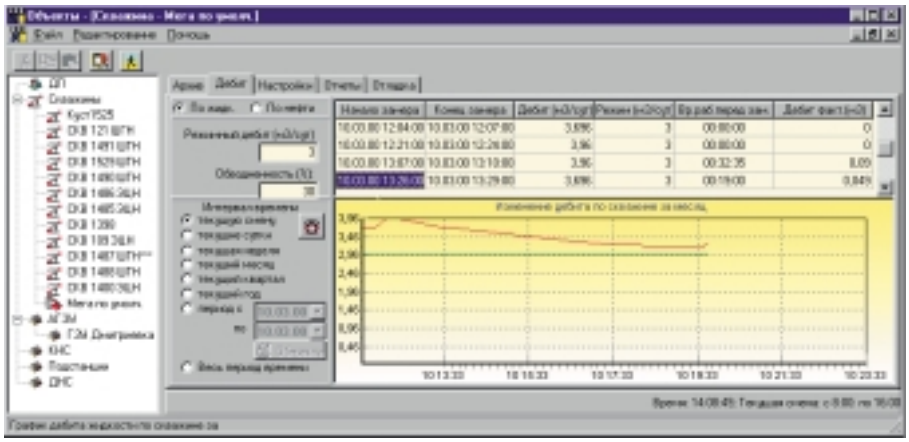


Рис. 13. *Просмотр текущей и архивной информации по дебитам скважин*

Контроллер групповой замерной установки «Мега-ГЗУ»

- В заданной последовательности осуществляет замер дебитов по отводам (рис. 12). Результаты замеров (время начала замера, дебит, время окончания замера, номер отвода) записываются в энергонезависимую память. Номера отводов, по которым производятся замеры, задаются программно из сервера, как и остальные настройки. Данные архива считываются сервером.
- В типовой конфигурации контроллер ГЗУ оснащается радиостанциями связи дальнего и ближнего действия. Контроллер, кроме функций ГЗУ, выполняет роль ретранслятора при опросе куста скважин по радиосвязи.

Возможно автономное применение контроллера ГЗУ. Контроллер в автоматическом режиме производит замер дебитов, записывая в архив, а оператор может периодически подъезжать к ГЗУ и на расстоянии по радиоканалу считывать содержимое архива в notebook. Объема памяти хватает на 250 записей, что соответствует полутора месяцам работы ГЗУ. Архивы по дебитам скважин могут быть просмотрены на центральном сервере системы управления (рис. 13).

Контроллер насосного агрегата «Мега-КН»

- Выполняет функции контроля и аварийной сигнализации состояния насосного агрегата.
- Обеспечивает дистанционное управление исполнительными механизмами.
- Оснащен интерфейсом RS-485 для связи с общестанционным контроллером КНС.
- Нужное количество контроллеров (по количеству агрегатов) монтируется в одном герметичном шкафу системы контроля КНС.

Контроллер кустовой насосной станции «Мега-КНС»

- Выполняет функции контроля и аварийной сигнализации состояния общестанционного оборудования КНС.
- Обеспечивает дистанционное управление исполнительными механизмами.
- Осуществляет подсчет импульсов, поступающих от турбинных расходомеров (допускается прямое подключение герконов или датчиков счетчика вихревого ультразвукового — СВУ).
- Проводит измерение ежеминутных расходов по всем отводам.
- Измеряет суточные расходы по всем отводам с сохранением результатов в энергонезависимом архиве.
- Оснащен интерфейсом RS-485 для связи с контроллерами насосных агрегатов и радиосвязью дальнего действия с центральным сервером в диспетчерской.
- Монтируется в герметичном шкафу системы контроля КНС.

Заключение

Такие преимущества системы «Мега», как универсальность контроллеров, открытый протокол связи по пяти разным каналам, современное программное обеспечение, позволяющее использовать всю мощь стандартных SCADA-систем и HMI-пакетов, при привлекательной цене позволяют использовать ее не только в нефтедобыче, но и в других областях промышленности, энергетики и коммунального хозяйства. ●

Авторы — сотрудники НПФ «Интек»
450098, г.Уфа, а/я 23
Телефон/факс (3472) 37-2120
E-mail: vid@ufanet.ru

© 2000 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru