



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Факультет	<u>Энергетика и нефтегазопромышленность</u>
Кафедра	<u>АММ НГК</u>
Направление	<u>15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (бакалавриат)</u>

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Автоматизация производств нефтегазового комплекса»

Ростов-на-Дону

2017

После замера нефть попадает в промысловый коллектор. Чтобы ее «протолкнуть» до центрального пункта сбора (ЦПС) или установки подготовки нефти (УПН), используют дожимные насосные станции (ДНС). Здесь из нефти частично отделяют газ и воду (в сепараторах и отстойниках), а затем с помощью насосов транспортируют до ЦПС или УПН.

Установки предварительного сброса пластовых вод (УПСВ) могут включать в свой состав отстойники и технологические резервуары, где нефть отстаивается, и из нее частично выделяются вода и газ.

Частично обезвоженная нефть попадает на УПН, в состав которых включены сепарационные установки (СУ), предназначенные для дегазации нефти, установки обезвоживания и обессоливания (УОО), установки стабилизации (УС) для выделения из нефти легких углеводородных фракций. Метан/этан/пропан/бутановые фракции имеют достаточно низкую температуру кипения и могут быть потеряны в процессе транспорта нефти по магистральным нефтепроводам.

Подготовленная (товарная) нефть направляется в товарный парк (резервуары), откуда ее насосами через узлы коммерческого учета готовой продукции (УУ) подают в магистральный нефтепровод.

Пластовая вода, выделенная из нефтяной эмульсии на установках предварительного сброса вод, установках подготовки нефти, поступает на установку очистки пластовых вод (УОПВ), после чего ее снова закачивают в пласт через водораспределительные блоки (ВРБ) и нагнетательные скважины с помощью кустовой насосной станции (КНС) для улучшения притока нефти к забоям эксплуатационных скважин.

Газ, выделенный на технологических аппаратах УПСВ и УПН, направляется на газобензиновый завод (ГБЗ). Часть этого газа подается компрессорной станцией (КС) на газораспределительную установку (ГРУ), а затем - в затрубное пространство нефтяных скважин, эксплуатируемых газлифтным методом.

1.2 Состав объектов добычи и подготовки газа и объемы автоматизации

Упрощенная схема добычи и подготовки газа представлена на рис. 2.

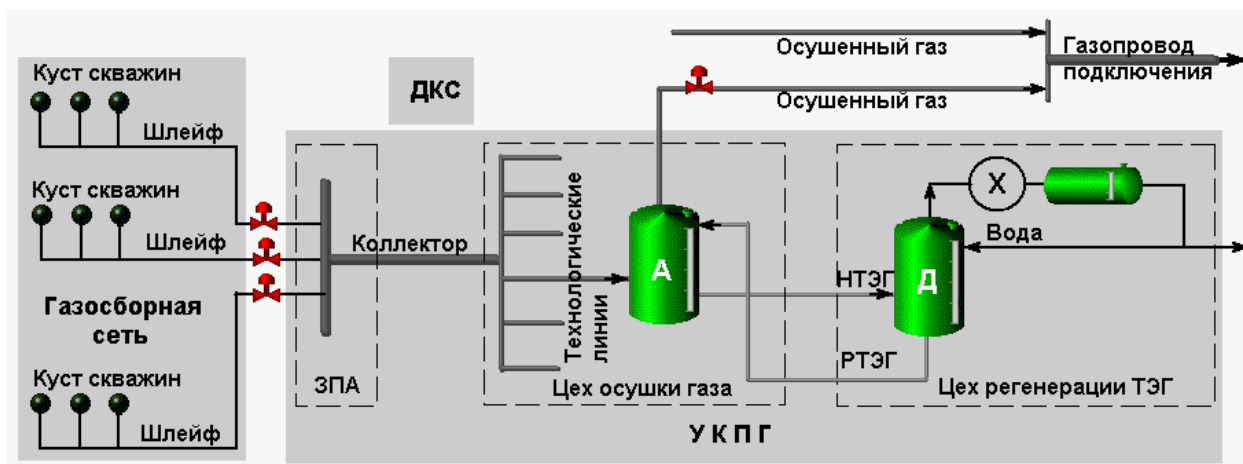


Рис. 2. Упрощенная схема добычи и подготовки газа.

Месторождения природного газа в зависимости от его состава могут быть газовыми или газоконденсатными. Такое деление месторождений природного газа определяется составом углеводородной продукции.

Газовыми называют месторождения, в состав продукции которых входят в основном углеводороды C_1 , C_2 , C_3 и практически отсутствуют углеводороды C_5 и выше. К газовым месторождениям можно отнести такие, как Медвежье (начало разработки – 1971г.), Уренгойское (1978г.) и Ямбургское (1986г.). Основные запасы газа в этих месторождениях сосредоточены в сеноманском горизонте.

Газоконденсатными называют месторождения, в состав продукции которых входит значительное количество углеводородов C_5 и выше. Например, продукция валанжинской залежи Уренгойского месторождения содержит до 350 г/м^3 тяжелых углеводородов.

Деление месторождений на газовые и газоконденсатные обусловлено различием технологических процессов подготовки их продукции к транспорту. В соответствии с требованиями отраслевого стандарта (ОСТ 51.40-93) точка росы транспортируемого газа по влаге и углеводородам ограничена

следующими значениями:

- в зимний период:
 - для холодной климатической зоны – от минус 25 до минус 20⁰С;
 - для умеренной и жаркой климатических зон - от минус 10 до минус 5⁰С.
- в летний период:
 - для холодной климатической зоны – от минус 15 до минус 5⁰С;
 - для умеренной и жаркой климатических зон - минус 3⁰С.

Выполнение этих требований и диктует выбор метода подготовки газа к транспорту.

Подготовка продукции скважин газовых месторождений сводится к осушке газа. При этом обеспечивается требуемая точка росы по влагосодержанию. Для осушки газа в настоящее время на промыслах применяют два процесса:

- поглощение влаги из газа с помощью жидкого абсорбента (абсорбционная осушка). При этом влажный газ и жидкий абсорбент движутся противотоком, а насыщенный влагой абсорбент непрерывно выводится из абсорбера на регенерацию (часто применяется на северных месторождениях);
- поглощение влаги твердым адсорбентом (адсорбционная осушка). Влажный газ прокачивается через неподвижный слой адсорбента, который требует периодической регенерации. Для обеспечения непрерывности процесса адсорбции требуется батарея адсорберов (применяется редко).

Установки подготовки продукции скважин газоконденсатных месторождений должны обеспечить точку росы подготовленного к транспорту газа по влаге и углеводородам. Основным технологический процесс подготовки газа газоконденсатных месторождений – низкотемпературная сепарация (НТС). Процесс протекает при пониженной температуре (-10 ÷ -20⁰С) и позволяет очистить газ от влаги и конденсата (C₅ и выше).

Добыча пластового газа обеспечивается эксплуатационными скважинами, объединенными в кусты (3 – 7 скважин). Подключение кустов скважин к УКПГ (установка комплексной подготовки газа) осуществляется, как правило, по индивидуальным газопроводам-шлейфам. Иногда к одному шлейфу подключается 2 куста. В зависимости от многих факторов прокладка шлейфов может осуществляться надземным и подземным способами. В условиях Крайнего севера (вечная мерзлота) распространение получил надземный способ.

На устье скважин пластовый газ имеет плюсовую температуру (10-30⁰С). Но так как в состав газового потока кроме углеводородов входит и пластовая вода, то в зимнее время, когда температура окружающей среды опускается до -20 ÷ -40⁰С и даже ниже, в шлейфах возможно замерзание капельной влаги (гидратообразование). Гидратообразование препятствует процессу доставки газа от скважин до УКПГ. Поэтому в выкидные линии скважин предусматривается подача метанола.

Объем автоматизации кустов газовых скважин:

- измерение давления газа на скважине;
- измерение перепада давления газа на сужающем устройстве;
- измерение температуры газа на скважине;
- измерение напряжения, тока СКЗ (система катодной защиты) и уровня защитного потенциала куста;
- измерение потребляемой электроэнергии СКЗ;
- сигнализация температуры в блок-боксе ТМ (телемеханики);
- сигнализация открытия двери блок-бокса;
- сигнализация отсутствия напряжения питания 220 вольт;
- сигнализация разряда аккумуляторных батарей устройства бесперебойного питания.

В состав УКПГ входят следующие основные технологические объекты:

- здание переключающей аппаратуры (ЗПА);
- цех осушки газа;

- цех регенерации абсорбента;
- узел хозрасчётного учета газа.

Общими для всего УКПГ являются: служебно-эксплуатационный блок с операторной и узлом связи, цех регенерации метанола, газосборная сеть (кусты газовых скважин), узел подключения к магистральному газопроводу (газопровод подключения) и технологические объекты вспомогательного назначения.

По мере выработки газового месторождения и понижения пластового давления в газовых скважинах на входе УКПГ потребуется строительство дожимной компрессорной станции (ДКС). Иногда их называют ДКС второй очереди в отличие от ДКС, устанавливаемых на выходе газа из УКПГ (ДКС первой очереди).

Отбор пластового газа для его подготовки к транспорту на УКПГ обеспечивается *N* скважинами, сгруппированными в *M* кустов. Средний дебит скважины – 100 - 600 тыс. м³/сут. (цифры очень средние – все зависит от пластового давления).

Газ с давлением *P* МПа (для новых месторождений – 10-15 МПа, но давление падает в ходе разработки месторождения в среднем на 0,4 – 0,6 МПа в год) и температурой плюс 5 - 15°С поступает по коллекторам с кустов скважин в здание переключающей арматуры (см. рис. 2).

Газ последовательно проходит запорную арматуру с дистанционным управлением, регулирующей штуцер, снижающий давление газа, и подается в цех осушки газа. Цех абсорбционной осушки газа состоит из нескольких технологических линий. Их количество на различных УКПГ не одинаково и определяется объемом газа, поступающего от скважин, и производительностью абсорберов. Количество линий может быть 8-10-12 и больше, но две из них - резервные.

Газ по технологической линии последовательно проходит кран с дистанционным управлением, промывочную колонну (в старых технологиях ее нет), абсорбер, расходомер газа, регулирующий клапан и кран с

дистанционным управлением.

С помощью расходомеров и регулирующих клапанов осуществляется распределение нагрузок по технологическим линиям цеха осушки газа.

В промывочной колонне газ очищается от мехпримесей, солей и частично от метанола путем промывки рефлюксной водой.

В абсорбере газ осушается абсорбентом - диэтиленгликолем (ДЭГ) (триэтиленгликолем – ТЭГ). Регенерация абсорбента осуществляется в цехе регенерации ДЭГ (ТЭГ). Осушенный газ со всех технологических линий объединяется в общий коллектор и подается в пункты хозрасчетного замера газа.

Для предотвращения растепления грунта газ перед подачей в газопровод подключения проходит через воздушные холодильники (площадка АВО).

Объемы автоматизации технологических объектов подготовки газа представлены в табл. 7 (без учета телемеханики и системы пожаротушения).

Таблица 7

Объект	Аналоговые входы	Аналоговые выходы	Дискретные входы	Дискретные выходы
ЗПА	80	10	160	170
Цех осушки газа	150	30	150	160
Цех регенерации метанола	180	15	380	260
Цех регенерации ТЭГа	100	15	170	170
СЭБ с операторной	15	0	90	70
ИТОГО: 2395	545	70	950	830

ПРИМЕЧАНИЕ: Цифры, приведенные в табл. 7, даны приближенно.

Выводы, сделанные выше по объектам добычи и подготовки нефти, можно в полной мере отнести и к объектам добычи и подготовки газа. Большое количество дискретных входов/выходов по УКПГ говорит о широко развитой функции сигнализации состояний кранов и оборудования и функции противоаварийной защиты. Количество аналоговых выходов определяет

количество контуров регулирования в системе. С учетом большого количества ниток цеха осушки на одну нитку приходится 3-5 контуров регулирования (уровни, расходы).

1.3. Объекты транспорта газа

К основным объектам автоматизации процесса транспорта газа относятся (рис. 3):

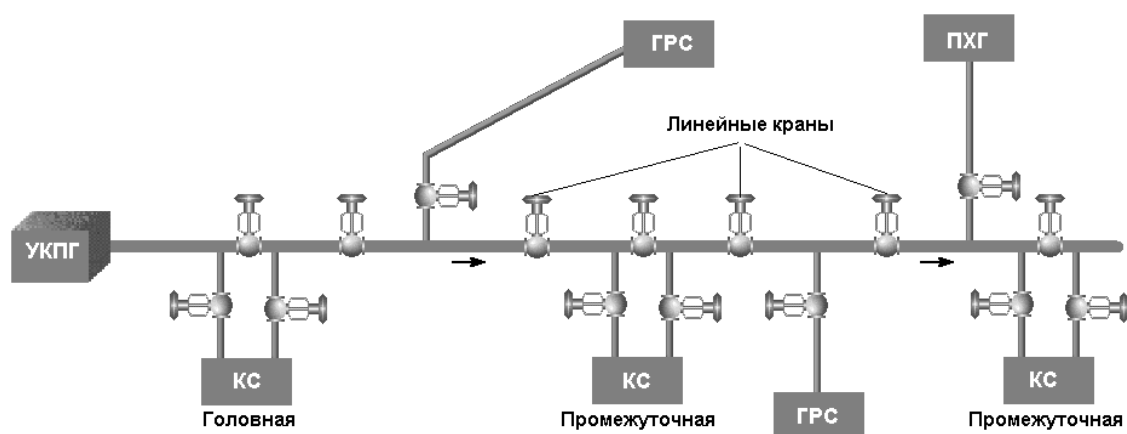


Рис.3. Объекты магистрального газопровода.

- компрессорная станция/цех;
- газоперекачивающие агрегаты;
- удаленные технологические объекты КС;
- газораспределительные станции;
- подземные хранилища газа;
- узлы учета газа;
- линейные крановые площадки.

Компрессорные станции (КС) магистральных газопроводов предназначены для компримирования транспортируемого газа до давления, обеспечивающего его подачу от источников газа до потребителей. Основными параметрами КС являются количество транспортируемого газа, давление и температура газа на входе и выходе станции.

По технологическому принципу КС делятся на головные (ГКС), размещаемые обычно в непосредственной близости от месторождений газа, и промежуточные, располагаемые по трассе газопровода, в соответствии с его гидравлическим расчетом.

На ГКС газ не только компримируется, но и подготавливается к транспорту. Для обеспечения требований, предъявляемых к транспортируемому газу, на головных станциях газопровода производится сепарация, осушка, очистка, удаление сероводорода и углекислоты, охлаждение и замер количества газа.

На промежуточных КС обязательно производится очистка газа от механических примесей и, при необходимости, его охлаждение.

Бесперебойная работа КС обеспечивается согласованным функционированием всего комплекса сооружений, который по степени значимости может быть разделен на объекты основного и вспомогательного назначения.

К основным объектам КС относятся площадки приема и пуска очистных устройств, установки очистки газа от механических примесей, газоперекачивающие агрегаты, коллекторы газа высокого давления, узел охлаждения газа.

К объектам вспомогательного назначения относятся: узел редуцирования давления пускового, топливного газа и газа на собственные нужды; электростанция или трансформаторная подстанция при внешнем источнике энергоснабжения; котельная или установка утилизации тепла уходящих газов; склад горюче-смазочных материалов; ремонтно-эксплуатационный блок; служебно-эксплуатационный блок; служба связи; объекты водоснабжения, канализации и очистные сооружения.

Одним из основных объектов процесса транспорта газа является газоперекачивающий агрегат, повышающий давление газа в газопроводе путем его сжатия. ГПА состоит из центробежного компрессора, двигателя и вспомогательного технологического оборудования. Агрегаты различаются по

многим признакам: по единичной мощности (от 4 до 25 МВт), по типу двигателя (газотурбинные или электроприводные) и т.д.

Как правило, единичной мощности ГПА недостаточно для обеспечения нужной степени сжатия и объемной производительности. Поэтому несколько ГПА обычно объединяют в компрессорные цеха (КЦ).

Таким образом, компрессорный цех представляет собой совокупность работающих на общую нагрузку ГПА и общецехового оборудования (установка подготовки газа, узел подключения, режимные краны, агрегаты воздушного охлаждения газа, система пожаротушения и т.д.).

Для более эффективного управления процессом транспорта природного газа целесообразно комплексно автоматизировать технологические объекты, поэтому производят не только системы автоматического управления (САУ) ГПА, но и компрессорных цехов (САУ КЦ).

Для выдачи газа в сеть потребителя сооружают газораспределительные станции (ГРС), обычно расположенные вблизи от потребителя (город, населенный пункт, промышленные предприятия), т. е. в конце газопровода или отвода от него. Основным назначением ГРС является редуцирование высокого давления газа магистрального газопровода до давления, необходимого потребителю в каждом отдельном случае. Кроме этого, на ГРС производят очистку газа от механических примесей и влаги, учет передаваемого потребителю газа, регулирование давления газа в заданных пределах. При необходимости, предусматривают одоризационные установки необходимой мощности.

Газоизмерительные станции (ГИС) предназначены для учета природного газа, добываемого на месторождении перед подачей его в нитку газопровода. ГИС также сооружаются вблизи границ при транспортировке газа на экспорт. Эти объекты обеспечивают коммерческий учет газа.

Подземные хранилища газа (ПХГ) предназначены для обеспечения бесперебойного газоснабжения потребителей при возможных резких колебаниях в потреблении газа (лето, зима). Подземное хранилище газа –

сложный технологический объект, включающий в себя пласт-коллектор, скважины, шлейфы, компрессорную станцию, цех подготовки и осушки газа, а также другие объекты промышленного и вспомогательного назначения.

В местах отводов от основной магистрали, перемычек, водных преград на газопроводе устанавливают запорную арматуру (крановые площадки), которая также является объектом автоматизации и диспетчерского управления.

2 Средства автоматизации в нефтегазовой отрасли

2.1 Обобщенная архитектура системы управления объектами добычи, подготовки и транспорта нефти и газа (SCADA)

На рис.4 представлена архитектура многоуровневой системы управления, обобщающая многочисленные применения таких систем для управления технологическими процессами нефтяной и газовой промышленности.

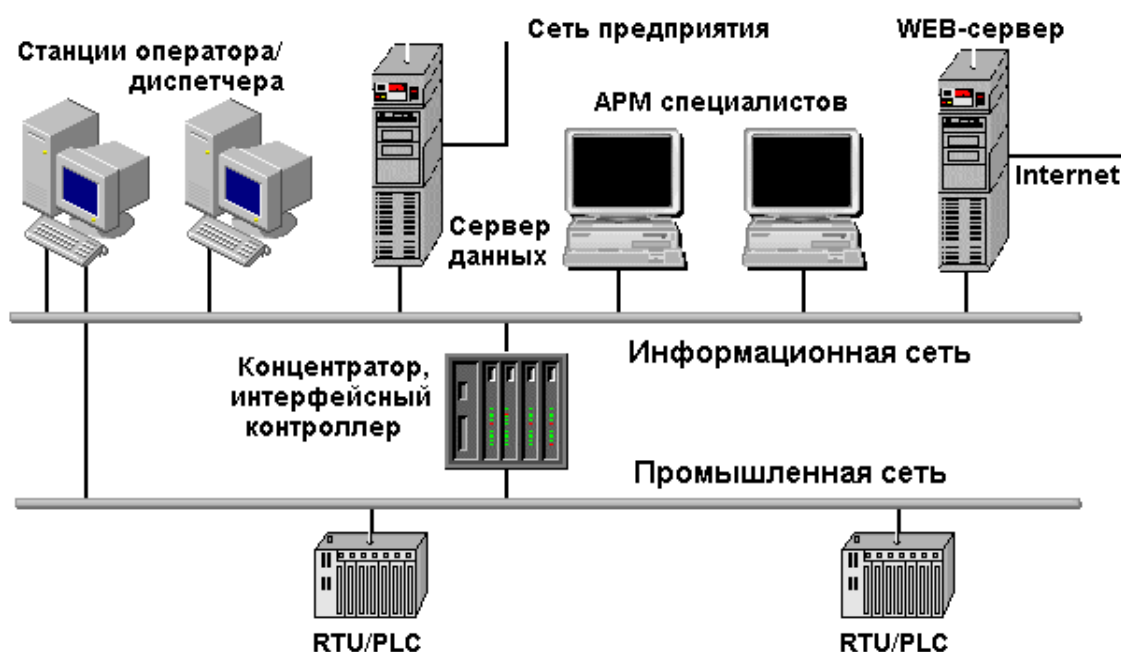


Рис.4. Обобщенная структурная схема системы управления.

Как правило, это двухуровневые системы, и именно на этих уровнях реализуется непосредственное управление технологическими процессами. Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно - аппаратной платформой.

Нижний уровень - уровень объекта (контроллерный) - включает различные датчики (измерительные преобразователи) для сбора информации о ходе технологического процесса, электроприводы и исполнительные устройства для реализации регулирующих и управляющих воздействий.

Датчики поставляют информацию локальным контроллерам (PLC), которые могут обеспечить реализацию следующих функций:

- сбор, первичная обработка и хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- автоматическое логическое управление и регулирование;
- исполнение команд с пункта управления;
- самодиагностика работы программного обеспечения и состояния самого контроллера;
- обмен информацией с пунктами управления.

Так как информация в контроллерах предварительно обрабатывается и частично используется на месте, существенно снижаются требования к пропускной способности каналов связи.

Информация с локальных контроллеров может направляться в сеть диспетчерского пункта непосредственно, а также через контроллеры верхнего уровня (см. рис.4). В зависимости от поставленной задачи контроллеры верхнего уровня (концентраторы, коммуникационные контроллеры) реализуют различные функции. Некоторые из них перечислены ниже:

- сбор данных с локальных контроллеров;
- обработка данных, включая масштабирование;
- поддержание единого времени в системе;
- синхронизация работы подсистем;
- организация архивов по выбранным параметрам;
- обмен информацией между локальными контроллерами и верхним уровнем;
- работа в автономном режиме при нарушениях связи с верхним уровнем;
- резервирование каналов передачи данных и др.

Верхний уровень - диспетчерский пункт (ДП) - включает одну или несколько станций управления, представляющих собой автоматизированное рабочее место (АРМ) диспетчера/оператора. Здесь же может быть размещен

сервер базы данных. На верхнем уровне могут быть организованы рабочие места (компьютеры) для специалистов, в том числе и для инженера по автоматизации (инжиниринговые станции). Часто в качестве рабочих станций используются ПЭВМ типа IBM PC различных конфигураций.

Станции управления предназначены для отображения хода технологического процесса и оперативного управления. Эти задачи и призвано решать программное обеспечение SCADA, ориентированное на разработку и поддержание интерфейса между диспетчером/оператором и системой управления, а также на обеспечение взаимодействия с внешним миром.

Все аппаратные средства системы управления объединены между собой каналами связи. На нижнем уровне контроллеры взаимодействуют с датчиками и исполнительными устройствами посредством физических линий, а с блоками удаленного и распределенного ввода/вывода - с помощью специализированных сетей.

Связь удаленных контроллеров с контроллерами верхнего уровня (концентраторами) часто реализуется по радио и телефонным каналам. В случае небольших расстояний локальные контроллеры объединяются между собой и с верхним уровнем управляющими сетями на базе витой пары, оптоволокна.

Связь различных АРМ оперативного персонала и специалистов между собой, с контроллерами верхнего уровня, а также с вышестоящим уровнем осуществляется посредством информационных сетей (витая пара, оптоволокно).

Спектр реализаций RTU в таких системах управления достаточно широк. Конкретная реализация RTU зависит от области применения. Это могут быть промышленные компьютеры (PC-совместимые контроллеры) или программируемые логические контроллеры (PLC/ПЛК). На российском рынке представлена широкая гамма контроллеров самых различных конфигураций и назначений.

Что касается программного продукта типа SCADA, то сейчас на российском рынке присутствует несколько десятков открытых SCADA-пакетов, обладающих практически одинаковыми функциональными возможностями. Тем не менее, каждый SCADA-пакет является по-своему уникальным, и его выбор для конкретной системы автоматизации по-прежнему остается актуальным.

Выбор коммуникационного программного обеспечения (протоколов обмена информацией) для конкретной системы управления определяется многими факторами, в том числе и типом применяемых контроллеров, и выбранным SCADA-пакетом.

2.2 Программно-аппаратные средства автоматизации процессов переработки нефти и газа

Для управления непрерывными технологическими процессами (заводскими) существуют специализированные программно-аппаратные средства, которые получили название Distributed Control Systems – DCS (распределенные системы управления - РСУ).

Если контроллеры в свое время пришли в автоматизацию для обработки дискретных сигналов, то DCS-системы изначально предназначались для работы с аналоговыми сигналами. Именно аналоговые сигналы датчиков температуры, давления, уровня, расхода определяют состояние технологических процессов переработки нефти и газа. Одна из основных задач управления такими процессами – стабилизация большого количества технологических параметров, которые часто являются взаимозависимыми. Но это не означает, что современные DCS-системы не адаптированы для работы с дискретными сигналами.

Любая DCS-система – это система, включающая в себя все компоненты системы управления: контроллеры (управляющие процессоры), сети и интерфейсы связи, программное обеспечение станций операторов,

инжиниринговых станций. Все эти программно-аппаратные средства называются системой, более того, интегрированной системой, так как взаимодействие всех компонентов такой системы (и программных, и аппаратных) обеспечено фирмой - производителем. Понятно, что в этом случае можно говорить о высокой степени готовности этих средств и высокой надежности, так как это взаимодействие “оттачивается” многими годами в “лабораторных” условиях специалистами самой фирмы.

Этого не скажешь о SCADA-системах, когда созданием системы управления занимаются фирмы - системные интеграторы. Приходится “стыковать” программно-аппаратные средства разных производителей в рамках реального времени, отпущенного на разработку проекта. Для приобретения опыта (который, как известно, приходит не сразу) требуется время.

В рамках этой лекции трудно описать все тонкости и нюансы выбора того или иного подхода к созданию системы управления. Этот выбор определяется очень многими факторами и в каких-то случаях очевиден и однозначен. В других случаях возможны варианты выбора и того, и другого подхода. При этом должны быть выдвинуты дополнительные критерии, способные склонить чашу весов в ту или иную сторону.

Утверждать можно лишь следующее. Сегодня выбор DCS-системы обойдется потребителю дороже (в среднем) по сравнению с выбором PLC и SCADA. Но желание сэкономить, в свою очередь, может привести к отрицательному результату.

3 Основные технические характеристики контроллеров и программно-технических комплексов

Современный рынок контроллеров и программно-технических комплексов весьма разнообразен. Выбор наиболее приемлемого варианта автоматизации представляет собой многокритериальную задачу, решением которой является компромисс между стоимостью, техническим уровнем, надежностью, комфортностью, затратами на сервисное обслуживание, полнотой программного обеспечения и многим другим.

Предприятия выбирают средства и системы автоматизации исходя из двух вариантов поставленной цели:

- решение чисто тактических задач автоматизации (замена морально и технически устаревших средств, обеспечение нормального функционирования процесса, реализация простейших функций – контроля, блокировки, регулирования);
- преследование стратегических целей автоматизации (повышение экономической эффективности, обеспечение интеграции данной системы автоматизации с другими системами на предприятии, обмен информацией с бизнес-процессами, т.е. с АСУП, упрощение обслуживания и возможных будущих модернизаций).

К особенностям приобретения средств и систем автоматизации большинством заказчиков можно отнести:

1. Отсутствие требований к современности приобретаемых средств и систем и свойствам, определяющим перспективность их эксплуатации.
2. Недостаточное знание рынка предлагаемых средств автоматизации и отсутствие их независимого объективного анализа.
3. Неоправданно узкое число производителей, рассматриваемых в качестве потенциальных поставщиков средств и систем автоматизации. А фактически в России имеется огромный выбор средств и систем широкого круга производителей.
4. Незаинтересованность заказчика в сложных, но гораздо более эффективных алгоритмах управления. Обычно это объясняется достаточно низким уровнем обслуживающего персонала. Достаточно ПИД-регулятора и

блокировок – это то, что нужно сейчас. А когда повысится квалификация персонала, тогда будем думать.

Трудно “влезть в шкуру” заказчика и понять, почему он так себя ведет на очень широком рынке средств и систем автоматизации. Но одну из особенностей его поведения можно обсуждать – незнание рынка средств и систем. Прошло уже 8-10 лет с тех пор, как на российский рынок вышли мировые производители контроллеров. Кажется, это достаточное время для того, чтобы разобраться в проблеме.

Настоящая лекция не преследует цель дать глубокий и объективный анализ средств автоматизации (контроллеров). Это дело специалистов-эксплуатационников. Тем не менее, попытаемся сделать первую попытку систематизации знаний о контроллерах.

Формирование современного мирового, в том числе и российского, рынка средств и систем управления в последнее десятилетие было обусловлено следующими факторами:

- появлением недорогих и высокопроизводительных промышленных компьютеров на базе микропроцессоров фирмы Intel;
- появлением недорогих модулей ввода/вывода, конструктивно совмещенных с клеммными колодками;
- появлением в номенклатуре PLC модулей ПИД-регулирования;
- появлением коммуникационных модулей, позволяющих создавать сети PLC и легко подключать их к компьютеру;
- использованием витой пары для подключения измерительных преобразователей и модулей ввода/вывода.
- появлением недорогих и совершенных сетей, подобных Ethernet, Arcnet;
- появлением недорогих промышленных сетей FIP, CAN, Profibus и других;
- появлением универсального программного обеспечения SCADA для персональных компьютеров, выполняющего функции

человеко-машинного интерфейса;

- появлением комбинированного ПО для визуализации и программирования PLC;
- появлением надежной, широко распространенной операционной системы Windows NT;
- появлением типовых решений при производстве аппаратных средств, в частности, магистрально - модульной архитектуры плат контроллеров по стандартам ISA, PCI, VME.

Классифицировать контроллеры можно по различным признакам. Вот одна из классификаций (по назначению):

- общепромышленные контроллеры;
- встраиваемые контроллеры;
- противоаварийные контроллеры (резервированные, высоконадежные);
- телемеханические контроллеры, передающие сигналы на большие расстояния (десятки и сотни км).

Обзор различных семейств контроллеров многих производителей показал, что в первом приближении в качестве характеристик контроллеров можно выделить пять обобщенных показателей:

- характеристика процессора;
- характеристика каналов ввода/вывода, поддерживаемых контроллерами;
- коммуникационные возможности;
- эксплуатационные характеристики;
- программное обеспечение.

Рассмотрим эти показатели.

3.1 Характеристика процессора

Здесь имеется ввиду:

- наличие и объем различных видов памяти: ОЗУ, ПЗУ, ППЗУ, EPROM, EEPROM, Flash;
- тип и разрядность основной процессорной платы;
- рабочая частота;
- поддержка математики с плавающей запятой, позволяющая выполнять эффективную обработку данных;
- наличие функции ПИД-регулирования.

Память.

ОЗУ (оперативное запоминающее устройство) или RAM (random access memory - память с произвольным доступом) представляет собой тип памяти, которая позволяет чтение и запись в любую ячейку без предварительного поиска. В контроллерах этот тип памяти используется для хранения программ и значений технологических параметров (данных).

ПЗУ (постоянное запоминающее устройство) или ROM (Read Only Memory - память только для чтения) устроена в виде адресуемого массива ячеек (матрицы), каждая ячейка которого может кодировать единицу информации. Данные на ROM записывались при ее изготовлении путём нанесения на матрице алюминиевых соединительных дорожек литографическим способом. Наличие или отсутствие в соответствующем месте такой дорожки кодировало "0" или "1".

В контроллерах память типа ПЗУ используется для хранения программ пользователя. Данный тип памяти не получил широкого распространения в связи с тем, что современное программное обеспечение зачастую имеет много недоработок и часто требует обновления, в то время как производственный цикл изготовления памяти достаточно длителен (4-8 недель).

EPROM (СППЗУ), EEPROM (ЭСППЗУ) и Flash (флэш) относятся к классу энергонезависимой перезаписываемой памяти (английский эквивалент - nonvolatile read-write memory или NVRWM).

В EPROM перед записью необходимо произвести стирание (для получения возможности перезаписывать содержимое памяти). Стирание ячеек EPROM выполняется сразу для всей микросхемы посредством облучения чипа ультрафиолетовыми или рентгеновскими лучами в течение нескольких минут.

В EPROM стирание приводит все биты стираемой области в одно состояние (обычно во все единицы, реже - во все нули). Запись на EPROM осуществляется на программаторах.

Большим достоинством такой памяти является возможность перезаписывать содержимое микросхемы.

Недостатки: небольшое количество циклов перезаписи; высокая вероятность "недотереть", что в конечном итоге приведет к сбоям, или передержать микросхему под ультрафиолетовым светом, что может уменьшить срок службы микросхемы и даже привести к её полной негодности.

Главной отличительной особенностью EEPROM (в т. ч. и Flash) от ранее рассмотренных типов энергонезависимой памяти является возможность перепрограммирования при подключении к стандартной системной шине микропроцессорного устройства. В EEPROM появилась возможность производить стирание отдельной ячейки при помощи электрического тока. Для EEPROM стирание каждой ячейки выполняется автоматически при записи в нее новой информации, т.е. можно изменить данные в любой ячейке, не затрагивая остальные. Процедура стирания обычно существенно длительнее процедуры записи.

Преимущества EEPROM по сравнению с EPROM: увеличенный ресурс работы, проще в обращении; недостаток - высокая стоимость. В контроллерах этот тип памяти используется как для хранения программ, так и для хранения данных.

Flash (полное название - Flash Erase EEPROM) впервые была разработана компанией Toshiba в 1984 году, и уже на следующий год было начато производство 256 Кбит микросхем flash-памяти в промышленных

масштабах. В 1988 году компания Intel разработала собственный вариант флэш-памяти.

Технологически флэш-память родственна как EPROM, так и EEPROM. Основное отличие флэш-памяти от EEPROM заключается в том, что стирание содержимого ячеек выполняется либо для всей микросхемы, либо для определённого блока (кластера, кадра или страницы).

Следует заметить, что существуют микросхемы, позволяющие работать с блоками разных размеров (для оптимизации быстродействия). Стирать можно как блок, так и содержимое всей микросхемы сразу. Таким образом, в общем случае, для того, чтобы изменить один байт, сначала в буфер считывается весь блок, где содержится подлежащий изменению байт, стирается содержимое блока, изменяется значение байта в буфере, после чего производится запись измененного в буфере блока. Такая схема существенно снижает скорость записи небольших объёмов данных в произвольные области памяти, однако, значительно увеличивает быстродействие при последовательной записи данных большими порциями.

Преимущества флэш-памяти по сравнению с EEPROM:

более высокая скорость записи при последовательном доступе за счёт того, что стирание информации во флэш производится блоками;

- себестоимость производства флэш-памяти ниже за счёт более простой организации.

Недостаток - медленная запись в произвольные участки памяти.

Ниже приведены три таблицы с характеристиками процессоров различных контроллеров. Очевидно, области их применения совершенно различны.

Характеристика процессора DL05 (Direct Logic)

Процессор	DL05
Общий объем памяти (слов)	6K
Объем памяти программ (слов)	2048
Объем памяти переменных (слов)	4096 (128 - э/н*)

ПИД-регулирование	нет
Время выполнения логической операции	2.0 мкс
Время сканирования (программы в 1К)	2.7-3.2 мс

э/н* - энергонезависимая

Характеристика процессоров Simatic S7-400 (Siemens)

CPU	412-1 / 2	414-2 / 3 / 4H	416-2 / 3	417-4 / 4H
1	48+48/ 72+72 Кб	128/384/+384 Кб	0.8+0.8/1.6+1.6 Мб	2+2 / 2+2 Мб
2.1	256 / 256 Кб	256 / 256 Кб	256 / 256 Кб	256 / 256 Кб
2.2	64 / 64 Мб	64 / 64 Мб	64 / 64 Мб	64 / 64 Мб
2.3	64 / 64 Мб	64 / 64 Мб	64 / 64 Мб	64 / 64 Мб
3	0.2 мкс	0.1 мкс	0.08 мкс	0.1 мкс
4	0.6 мкс	0.6 мкс	0.48 мкс	0.6 мкс
5	32768	65536	131072/131072	131072 / 131072
6	2048 / 2048	4096 / 4096	8192 / 8192	8192 / 8192

1. Объем встроенного ОЗУ (для программ + для данных).
- 2.1. Объем загружаемой встроенной памяти.
- 2.2. Карта Flash EEPROM.
- 2.3. Карта ОЗУ.
3. Время выполнения логической операции (мкс).
4. Время выполнения операции с плавающей запятой (мкс).
5. Адресное пространство дискретных в/в.
6. Адресное пространство аналоговых в/в.

Процессорные модули Power PC (Motorola) формата VME 6U

Процессорные модули	MVME2300	MVME2400	MVME2100
Микро-процессор	MPC603/604	MPC750	MPC8240
Частота, МГц	200/300	233/500	200/250
SDRAM, Мб	16/32/64/128	32/64/128/256	32/64
Flash, Мб	5	9	5/9

Сравнительная характеристика процессоров

Контроллер	Процессор	Частота, МГц
RTU 3310	Intel 186 XL	24
RTU 3330/3335	Intel 386 EX	20
Fanuc 90 - 70	Intel 386	16
	Intel 386 DX	32
MOSCAD-L	68LC302	16,6
SMART	MC68302	20
IUC	MPC860T	80
VME	Pentium,	450
	Celeron	500
Quantum	Intel 486 DX	80
	Intel 586 DX	133
TREI	Intel 486 DX4	75
	Pentium	100

3.2. Характеристика каналов ввода/вывода контроллеров

Параметры контроллера с точки зрения поддерживаемых им каналов ввода/вывода часто могут быть определяющими при выборе. Важно не только количество каналов ввода/вывода, поддерживаемое контроллером, но и разнообразие модулей ввода/вывода по количеству и уровням коммутируемых сигналов (ток/напряжение), способы подключения внешних цепей к модулям ввода/вывода, количество каналов локального, удаленного и распределенного ввода/вывода.

Рассмотрим поподробнее эти характеристики.

Количество поддерживаемых контроллером (процессором) каналов ввода/вывода (аналоговых, дискретных, скоростных).

Большинство фирм-производителей поставляют на рынок средств и систем автоматизации семейства контроллеров, каждое из которых рассчитано на определенный набор выполняемых функций и объем обрабатываемой

информации. Среди них имеются семейства самых малых контроллеров (микро) небольшой вычислительной мощности, способных поддерживать максимум несколько десятков вводов/выводов, в основном, дискретных. Область применения таких контроллеров - сбор данных и системы противоаварийной защиты. В качестве примеров можно привести контроллеры семейства MicroLogix (Allen-Bradley), Direct Logic DL05 (Koyo), Nano (Schneider Electric).

Семейства малых контроллеров уже способны поддерживать сотни вводов/выводов, выполнять более сложные функции. Эти контроллеры имеют достаточно развитый аналоговый ввод/вывод, выполняют операции с плавающей точкой и функции ПИД-регулирования. К этой группе контроллеров можно отнести SLC 500 (Allen-Bradley), Direct Logic DL205 (Koyo), Smart – (PEP Modular Computer), Simatic S7-200 (Siemens).

Контроллеры средней мощности, обладая достаточной памятью и быстродействием, могут обрабатывать уже тысячи переменных дискретного, аналогового и скоростного типа. Применяются для автоматизации небольших объектов процессов добычи, подготовки и транспорта нефти и газа. Это контроллеры Fanuc 90-30 (GE Fanuc), PLC-5 (Allen-Bradley), Premium (Schneider Electric), Direct Logic DL405 (Koyo) и другие.

Наконец, некоторые крупные фирмы производят класс контроллеров очень высокой вычислительной мощности, обладающих памятью, измеряемой мегабайтами и десятками мегабайт. Их способность обрабатывать десятки тысяч переменных и предопределила их область применения - в качестве концентраторов информации, получаемой от локальных контроллеров. Вычислительные возможности этого класса контроллеров позволяют реализовывать сложные алгоритмы (адаптивное, оптимальное управление), применяемые при автоматизации непрерывных технологических процессов (переработка нефти и газа, нефтехимия). Наиболее яркими представителями этой группы контроллеров являются ControlLogix (Allen-Bradley), Simatic S7-400 (Siemens), Fanuc 90-70 (GE Fanuc), VME (PEP Modular Computers).

Сравнительная характеристика контроллеров по вводу/выводу

Контроллер	Общее	Дискретные	Аналоговые
MicroLogix1000	32	32	5 (1)
MOSCAD-M	24	19 (14/5)	5 (1)
TeleSAFE Micro16	512	256/256	128/64
Direct Logic DL-405	3584	3584	512
Quantum	31744	31744	1736/868
ControlLogix	128000	128000	4000
Simatic S7-400	131072	131072	8192

Разнообразие коммутируемых сигналов.

Как зарубежные, так и отечественные производители контроллеров комплектуют свои изделия широкой гаммой модулей дискретного и аналогового ввода/вывода. По количеству подключаемых сигналов различают модули на 4, 8, 16, 32 и 64 канала. Такое разнообразие модулей облегчает подбор требуемой конфигурации контроллера, позволяя минимизировать стоимость технических средств.

Коммутируемые модулями дискретного ввода/вывода сигналы могут иметь различный уровень напряжения переменного и постоянного тока. Это и 12, 24, 48 В постоянного тока, 120 и 240 В переменного тока с различными нагрузками по току.

Уровни коммутируемых сигналов модулями аналогового ввода/вывода могут быть самыми разнообразными. Это 0-5В, 0-10В, ± 5 В, ± 10 В по напряжению и 0-20мА, 4-20мА по току. Есть и специальные модули для ввода в контроллеры сигналов от термопар и термометров сопротивления различных градуировок. Приведенные здесь данные по уровням сигналов, безусловно, не исчерпывают всего разнообразия, представленного на рынке.

Ниже в качестве примера приведена номенклатура модулей ввода/вывода контроллеров семейства DL-405 фирмы Kooyo.

VDC/VAC - напряжение постоянного/переменного тока.

Модули ввода/вывода контроллера DL-405 (Kooyo)

Код по каталогу	Описание модулей
Дискретный ввод	
D4-08ND3S	8DI изолированных уровня 24-48 VDC
D4-16ND2	16DI (2 группы по 8) уровня 12-24 VDC
D4-32ND3	32DI (4 группы по 8) уровня 24 VDC
D4-64ND2	64DI (8 групп по 8) уровня 24 VDC
D4-08NA	8DI уровня 110-220 VAC
D4-16NA	16DI (2 группы по 8) уровня 110 VAC
D4-08NE3S	8DI изолированных уровня 90/150 VAC
D4-16NE3	16DI (2 группы по 8) уровня 12/24 VDC
Дискретный вывод	
D4-08TD1	8DO уровня 12-24 VDC
D4-08TD1S	8DO уровня 24-150 VDC
D4-16TD1	16DO (2 группы по 8) уровня 5-24 VDC
D4-16TD2	16DO (2 группы по 8) уровня 12-24 VDC
D4-32TD1	32DO (4 группы по 8) уровня 5-24 VDC
D4-32TD2	32DO (4 группы по 8) уровня 12-24 VDC
D4-64TD1	64DO (8 групп по 8) уровня 5-24 VDC
D4-08TA	8DO уровня 18-220 VAC
D4-16TA	16DO (2 группы по 8) уровня 18-220 VAC
D4-08TRS-1	8 релейных выходов 10А
D4-08TRS-2	8 релейных выходов 5А
D4-08TRS	8 релейных выходов 2А
D4-16TR	16 релейных выходов 1А
Аналоговый ввод	
F4-04AD	4AI уровня 0-5В, 1-5В, 0-10В, $\pm 5В$, $\pm 10В$, 0-20мА, 4-20мА
F4-04ADS	4AI изолированных, уровня 0-5В, 1-5В, 0-10В, $\pm 5В$, $\pm 10В$, 0-20мА, 4-20мА
F4-08AD	8AI уровня 0-5В, 1-5В, 0-10В, $\pm 5В$, $\pm 10В$, 0-20мА, 4-20мА
F4-08THM	8AI для сигналов термопар
F4-08RTD	8AI для сигналов термометров сопротивления
Аналоговый вывод	
F4-02DA	2АО уровня 0-5В, 0-10В, 4-20мА
F4-04DA	4АО уровня 0-5В, 0-10В, $\pm 5В$, $\pm 10В$, 4-20мА
F4-08DA-1	8АО уровня 4-20мА
F4-16DA-1	16АО уровня 4-20мА
F4-04DAS	4АО уровня 4-20мА

Различаются модули ввода/вывода и по способу подключения внешних цепей. К одним модулям внешние цепи подключаются с помощью клемм с винтовыми зажимами. Возможно также подключение внешних цепей через съемные терминальные блоки или фронтальные соединители, что позволяет

производить замену модулей без демонтажа внешних цепей. Некоторые производители ПТК предлагают системы ввода/вывода, в которых внешние низковольтные цепи подключаются посредством пружинных зажимов.

На лицевой панели модулей ввода/вывода могут быть расположены светодиоды индикации состояния внешних цепей.

Одной из важнейших характеристик контроллеров является их способность поддерживать локальный, расширенный, удаленный и распределенный ввод/вывод.

Под локальным следует понимать такой ввод/вывод, когда модули ввода/вывода размещаются непосредственно на том же шасси, на котором размещен и модуль центрального процессора. Так как количество слотов в шасси ограничено (максимум 16 - 18 для некоторых контроллеров), то и количество локальных вводов/выводов может быть также ограничено. Преимущество локальных вводов/выводов заключается в том, что они имеют высокую скорость обновления данных. При всех прочих равных условиях, скорость обработки этих вводов/выводов очень высока. Эта характеристика особенно важна, когда речь идет о регулировании технологических параметров.

Для поддержки большего числа переменных фирмы-производители аппаратных средств снабдили свои системы возможностью расширения локального ввода/вывода. Эти шасси расширения с размещенными в них модулями ввода/вывода соединяются между собой специализированным коротким кабелем и могут быть отнесены максимум на несколько десятков метров от центрального процессора. Некоторые комплексы контроллеров способны поддерживать одно/два шасси расширения, другие - десятки шасси с очень большим количеством модулей ввода/вывода.

Например, многие контроллеры компании Schneider Electric (семейство Premium) имеют большие возможности по расширенному вводу/выводу. Они допускают использование до 8 расширительных панелей на 12 слотов каждая (до 96 слотов), из которых 87 слотов – для модулей ввода/вывода, или до 16

расширительных панелей на 4, 6, 8 слотов (до 128 слотов). В такой конфигурации под модули ввода/вывода используется 111 слотов.

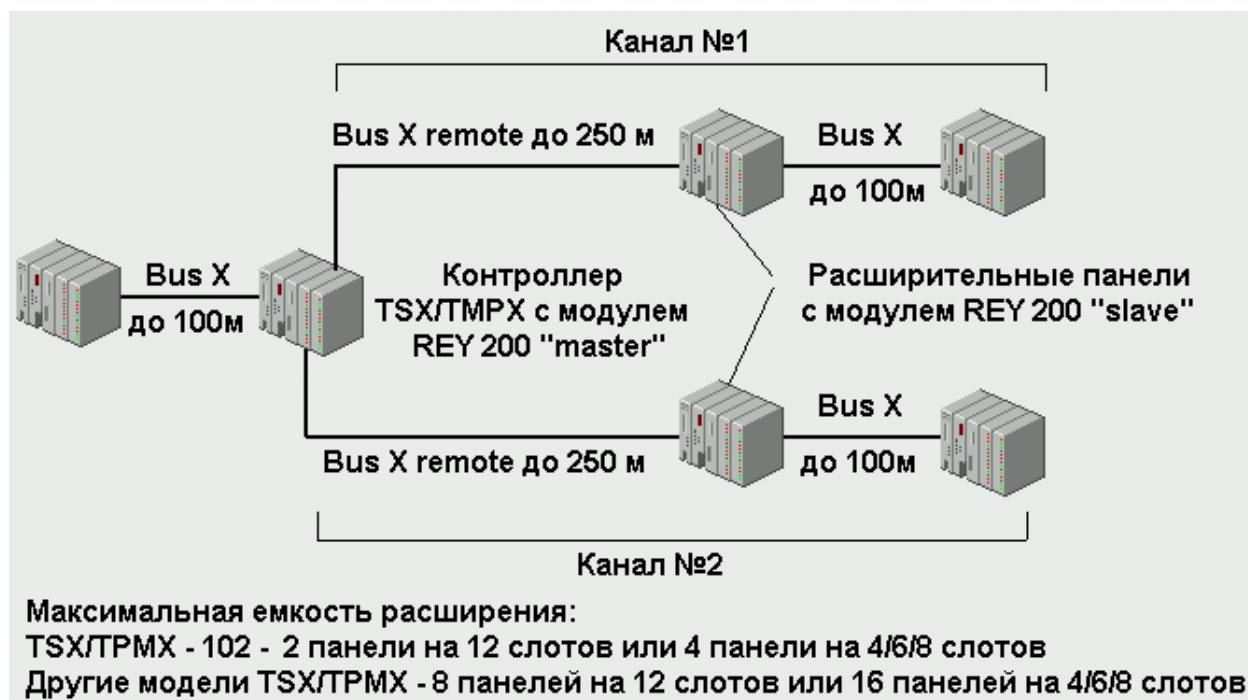


Рис. 5. Организация расширенного ввода/вывода в контроллерах Premium.

В семействе Premium (рис. 1) расширительные панели могут быть размещены на расстоянии не более 100м от базовой панели. При использовании модуля Bus X remote (TSX REY 200 "Master", устанавливаемый в базовой панели) это расстояние может достигать 250м (модуль поддерживает два канала расширения - имеет два порта). В этом случае в первую расширительную панель каждого канала должен быть установлен модуль TSX REY 200 "Slave".

Сравнительная характеристика контроллеров по возможностям расширения ввода/вывода:

Simatic S7 - 400 - до 21 стойки расширения

Premium - до 16 стоек (до 128 слотов)

DL - 405 - до 3 стоек расширения

SLC 500 - 1+2 (3 стойки - 30 модулей)

Quantum - 1 стойка на 16 слотов (локальный ввод/вывод), без расширения ($14 \times 32 = 448$ DI/DO).

Удаленный ввод/вывод применяется для систем, в которых имеется большое количество датчиков и других полевых устройств, находящихся на достаточно большом расстоянии (1000 и более метров) от центрального процессора. Это относится и к объектам нефтегазовой отрасли, часто находящихся на больших расстояниях от пунктов управления. Такой подход позволяет уменьшить стоимость линий связи за счет того, что модули ввода/вывода размещаются вблизи полевых устройств.

Каналы удаленного ввода/вывода обновляются асинхронно по отношению к сканированию процессора. Поэтому из числа задач, использующих удаленный ввод/вывод, решены могут быть только те, которые не требуют обновления ввода/вывода на каждом шаге.

Фирмы-производители аппаратных средств автоматизации решают проблему удаленного ввода/вывода по-разному.

Часто поддержка удаленных вводов/выводов осуществляется посредством модулей, называемых "удаленный ведущий" и "удаленный ведомый". Ведущий модуль располагается в локальном каркасе контроллера и соединяется кабелем с "удаленным ведомым", который находится в удаленном каркасе (контроллеры DL205, DL405 фирмы Koyo, контроллер Quantum компании Schneider Electric).

Один ведущий модуль может поддерживать 32, 64, 125 ведомых. В свою очередь, различные процессоры, могут поддерживать несколько ведущих модулей. Таким образом, системы управления, построенные по технологии удаленного ввода/вывода, способны обрабатывать многие тысячи параметров.

Для конфигурирования удаленного ввода/вывода контроллера Quantum предусмотрены соответствующие модули:

- модуль головного канала RIO;
- модуль подканала RIO.

Модуль головного канала RIO устанавливаются в ту же монтажную панель, что и модуль центрального процессора, управляющий системой ввода/вывода. Он используется для двунаправленной передачи данных между центральным процессором и модулями подканалов RIO, установленных на удаленных панелях. Для подключения в сеть модуля головного RIO и одного или более модулей подканалов RIO (до 31) используется коаксиальный кабель. Скорость передачи данных по сети RIO - 1.5 Мбит/с, протяженность сети - до 5250 м (рис. 6).

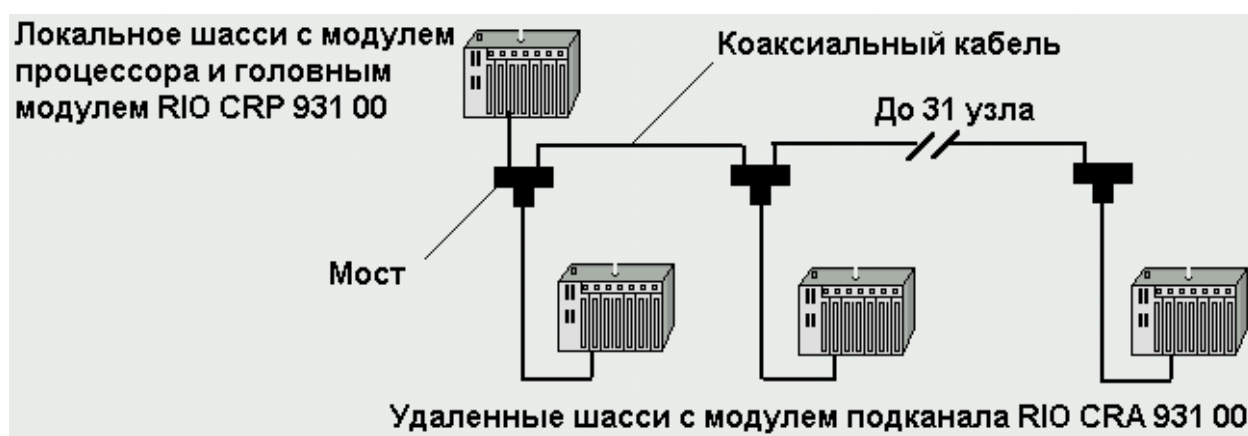


Рис. 6. Организация удаленного ввода/вывода в контроллерах Quantum.

В системе имеются модули удаленного ввода/вывода (RIO) с одинарным и двойным каналом:

- модули головного канала: одинарный 140 CRP 931 00, двойной 140 CRP 932 00;
- модули подканала RIO: одинарный 140 CRA 931 00, двойной 140 CRA 932 00.

Соединение удаленных каркасов (с модулями “D4-RS-ведомый”) с локальным каркасом процессора D4-450 фирмы Коуо осуществляется через порт процессора или посредством модуля “D4-RM-ведущий”.

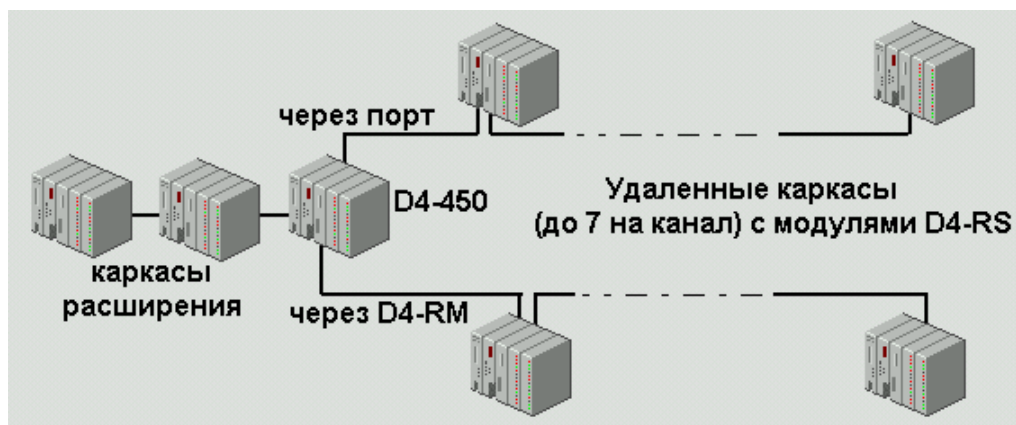


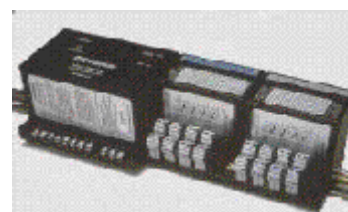
Рис. 3. Организация удаленного ввода/вывода в контроллерах DL405.

Каждый модуль D2-RM поддерживает один канал удаленных вводов/выводов (до 7 каркасов). Все контроллеры DL405 поддерживают два модуля D2-RM (процессор D4-450 плюс к этому имеет порт, поддерживающий удаленный ввод/вывод). Расстояние удаленных каркасов от контроллера достигает 1000м (экранированный кабель “витая пара”) при скорости обмена 38,4 Кбод.

Таким образом, организация удаленного ввода/вывода обеспечивается либо встроенным в процессор портом, играющим роль "мастера", либо специальными модулями, поддерживающими каркасы удаленного ввода/вывода.

Распределенный ввод/вывод является разновидностью удаленного, с той лишь разницей, что количество параметров, которое требуется "достать", мало (от нескольких параметров до десятков). Поэтому решение с применением каркасов удаленного ввода/вывода, рассчитанных на достаточно большое количество параметров, может оказаться дорогим. В связи с этим некоторые фирмы предлагают специализированные решения (система Field Control фирмы GE Fanuc, система ввода/вывода FLEX I/O фирмы Allen-Bradley). Одно из решений распределенного ввода/вывода - применение интеллектуальных устройств, объединенных полевой шиной.

Field Control (GE Fanuc) имеет модульную конструкцию и состоит из блока интерфейса шины (Bus Interface Unit – BIU),



блока полевых контактных устройств (шасси ввода/вывода) и полевых модулей ввода/вывода. В состав BIU входит интерфейс для соединения с такими полевыми хост-шинами, как шина Genius и FIP. Универсальные блоки полевых контактных устройств, которые могут устанавливаться на DIN-рейке или на панели, имеются в различных конфигурациях (по применению). Один блок интерфейса шины может поддерживать до 8 модулей ввода/вывода, обеспечивая в сумме 128 точек.

3.3 Коммуникационные возможности контроллеров

К параметрам контроллеров, характеризующим их способность взаимодействовать с другими устройствами системы управления, относятся:

- количество и разнообразие портов в процессорных модулях;
- широта набора интерфейсных модулей и интерфейсных процессоров;
- поддерживаемые протоколы;
- скорость обмена данными и протяженность каналов связи.

Сетевая архитектура системы управления.

Как показано на рис. 7, система управления технологическим процессом представляет собой многоуровневую структуру.

Устройства верхнего уровня (компьютеры, концентраторы) на своем уровне обмениваются большими объемами информации. Эта информация защищена механизмами подтверждений и повторов на уровне протоколов взаимодействия. Пересылаемый массив данных может быть доступен не только центральному устройству, но и другим узлам сети этого уровня. Это означает, что сеть является равноправной (одноранговой), т. е. определяется моделью взаимодействия peer-to-peer (равный с равным). Время доставки информации не является доминирующим требованием к этой сети (речь идет о жестком реальном времени).

Сети, обеспечивающие информационный обмен на этом уровне, называют информационными сетями. Наиболее ярким представителем сетей этого уровня является Ethernet с протоколом TCP/IP.

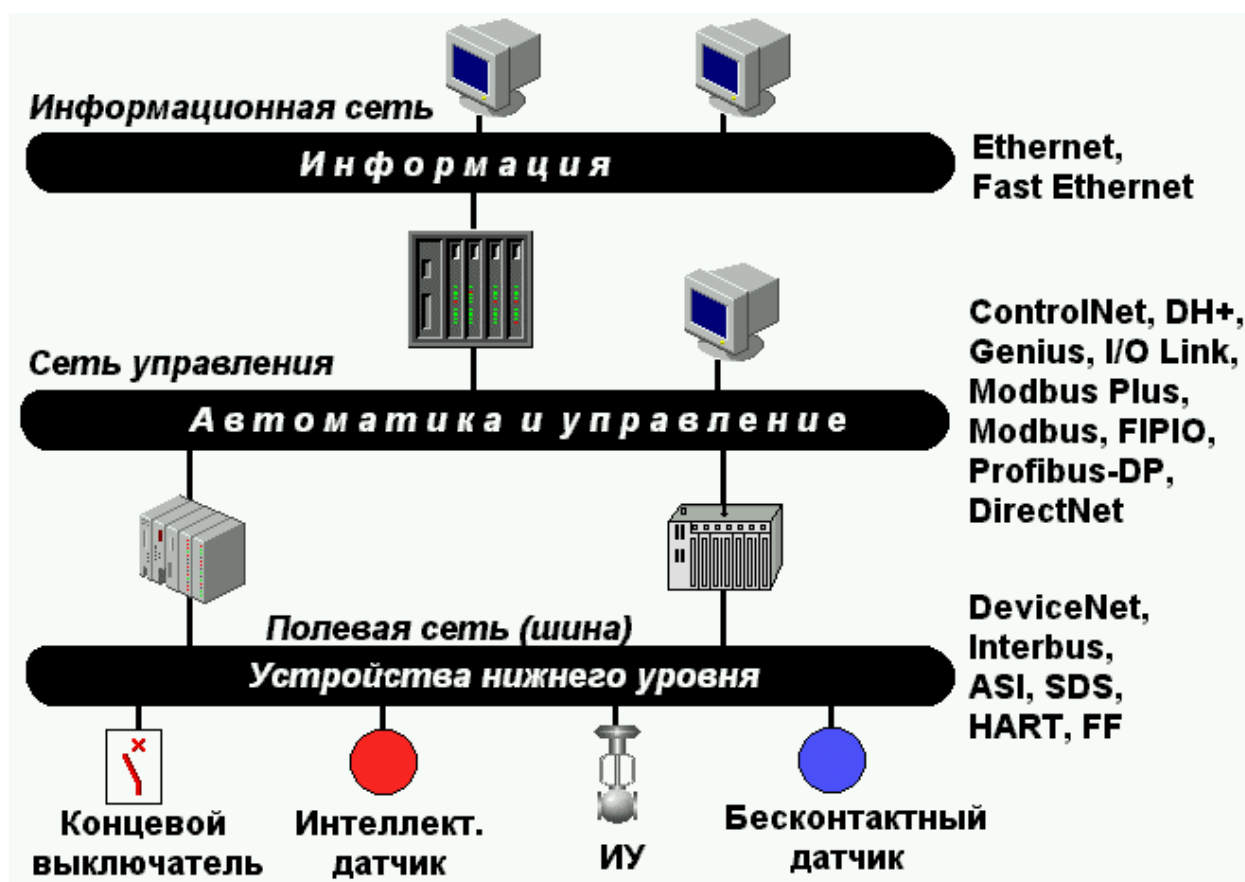


Рис. 7. Сетевая архитектура системы управления.

Сети, обеспечивающие информационный обмен между контроллерами, датчиками и исполнительными устройствами, часто объединяются под общим названием "промышленные сети" (Fieldbus дословно переводится как "полевая сеть").

Их можно разделить на два уровня:

- управляющие промышленные сети, решающие задачи сбора и обработки данных на уровне промышленных контроллеров, управления технологическим процессом;
- полевые сети или шины, задачи которых сводятся к опросу датчиков и управлению работой разнообразных исполнительных устройств.

На сегодняшний день спектр протоколов для обоих этих классов промышленных сетей (управляющие и полевые) довольно широк. CAN, FIP, Profibus, ControlNet, DH+, Modbus, Modbus plus, Genius, DirectNet, DeviceNet, Interbus, SDS, ASI, HART, FF и еще несколько десятков протоколов присутствуют сегодня на рынке промышленных сетей. Каждая из сетей имеет свои особенности и области применения.

Полевые шины

В последние годы проявилась тенденция применения в системах управления технологий сквозного сетевого доступа: от мощных супервизорных компьютеров и многофункциональных контроллеров до интеллектуальных полевых устройств (датчики, исполнительные устройства и т. п.). При этом такая связь должна удовлетворять всем современным требованиям по функциональности, надежности и открытости. Рассмотренные ниже полевые шины предназначены для непосредственного взаимодействия с устройствами полевого уровня.

Полевые шины (шины уровня датчиков и исполнительных устройств) должны удовлетворять двум требованиям. Во-первых, необходимо передавать данные в соответствии с жестким временным регламентом. Во-вторых, объем данных должен быть минимальным, чтобы обеспечить работоспособность сети в критические по нагрузкам моменты. Сеть уровня датчиков обеспечивает непосредственный интерфейс между реальным технологическим процессом и промышленными контроллерами.

Передаваемую в такой сети информацию можно разделить на два основных типа: данные о процессе и параметрические данные. Оба типа данных принципиально различны и предъявляют к коммуникационной системе разные требования.

Данные о процессе (изменение состояния кранов, переключателей, управляющих сигналов и т. п.) не являются сложными и, как правило, определяются несколькими информационными битами. Объем такой информации имеет четкую тенденцию к сокращению. Совсем недавно эти

данные для одного простого устройства занимали 8-16 бит. Но уже сейчас развитие технологии привело к тому, что с простейших датчиков (дискретного типа) приходит всего 1-2 бита информации.

Данные о процессе имеют явно выраженный циклический характер. Более того, для реализации задач автоматического управления необходимо, чтобы опрос каналов и выдача команд на управление проводились через регламентируемые интервалы времени. Это так называемое требование детерминированности коммуникационной системы. Благодаря небольшому объему передаваемых данных системы промышленной связи способны действительно удовлетворять временным требованиям со стороны реальных процессов.

Параметрические данные необходимы как для отображения текущего состояния сетевых устройств (интеллектуальных), так и их перепрограммирования. В противоположность данным о процессе параметрическая информация не имеет циклического характера. Доступ к ней реализуется по запросу, в ациклическом режиме. Передача параметрических данных требует и реализует методы специальной защиты, а также механизмов подтверждений. Комплексный параметрический блок для интеллектуальных устройств занимает от нескольких десятков байт до нескольких сотен килобайт. В сравнении с быстро меняющимися данными временные требования для передачи параметров можно считать не критичными. В зависимости от типа устройств и протяженности сети требования по времени простираются от нескольких сотен миллисекунд до нескольких минут.

Протоколы полевых шин

SDS (Smart Distributed System) - система ввода/вывода с распределенной логикой, предложенная компанией Honeywell для построения сетей, объединяющих периферийные устройства различных производителей (рис.8).

Эта сеть позволяет работать с такими устройствами ввода/вывода, как концевые выключатели, фотоэлектрические и бесконтактные датчики, позиционеры, и осуществлять обмен информацией на высоких скоростях.

Преимущества сети:

- одна и та же сеть для контроллеров и источников информации;
- питание осуществляется по проводам сетевого кабеля;
- диагностика на уровне физических устройств;
- время прохождения данных по сети может достигать 0.1 мс.

Характеристика сети.

Длина шины	Скорость	Длина ответвления	Число устройств
30.5 м	1 Мбит/с	0.9 м	32
121.9 м	500 Кбит/с	1.8 м	64
243.8 м	250 Кбит/с	3.7 м	64
487.7 м	125 Кбит/с	7.3 м	64



Рис.8.

Периферийные устройства подключаются к мастер-модулю SDS обычным 4-х проводным кабелем (рис. 8). Таким образом, модуль SDS заменяет стандартные модули ввода/вывода, обеспечивая подключение 64 дискретных входов или выходов (распределенный ввод/вывод). В каркас процессора DL405 (Коуо) можно устанавливать до 8 ведущих модулей SDS (до 512 адресатов на процессор).

Первые продукты, работающие по технологии ASI, вышли на рынок 1993 году. Сегодня эта технология поддерживается рядом известных фирм: Allen-Bradley, Siemens, Schneider Electric и др.

Основная задача этой сети – связать в единую информационную структуру устройства нижнего уровня автоматизируемого процесса (фотоэлектрические датчики, исполнительные устройства, реле, контакторы,

емкостные переключатели, приводы, стартеры и т.п.) с системой контроллеров. Это подтверждается и названием сети - ASI (Actuator Sensor Interface).

ASI-интерфейс позволяет через свои коммуникационные линии не только передавать данные, но и подводить питание (24 VDC) к датчикам и исполнительным устройствам. Здесь используется принцип последовательной передачи на базовой частоте. Информационный сигнал модулируется на питающую частоту.

К одному контроллеру можно подключить до 31 устройства. Протяженность сегмента ASI-шины может достигать 100м. За счет репитеров длину сети и число узлов можно увеличивать. Топологией ASI-сети может быть шина, звезда, кольцо или дерево с циклом опроса 31 узла 5 мс.

Основной кабель представляет собой плоский (не экранированный и не витая пара) двужильный кабель, использующийся одновременно для основного питания (24 VDC) датчиков и исполнительных механизмов и для последовательной передачи двоичной информации сбора данных с устройств, подключенных к шине.

Некоторые контроллеры поддерживают модули мастера шины ASI, которые управляют передачей данных между различными компонентами шины ASI и действует как точка подключения шины к управляющему (host) контроллеру.

Контроллер в такой сети играет роль мастера, а периферийные устройства - подчиненных.

Максимальный объем данных с одного ASI-узла – 4 бита.

На рис. 9 контроллеры Micro (Schneider Electric) взаимодействуют с полевыми устройствами по шине ASI. Функции ведущего обеспечиваются интерфейсным модулем SAZ 10.

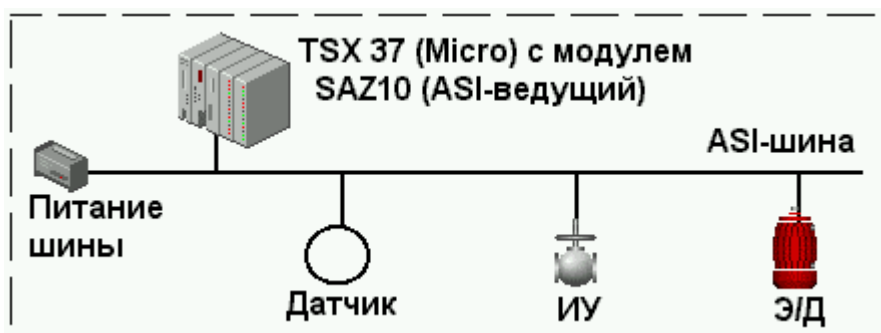


Рис. 9.

HART- протокол

Очень перспективным технически и выгодным экономически является взаимодействие интеллектуальных приборов с контроллерами через цифровую полевую шину. Это исключает искажение низковольтных аналоговых сигналов в цепях связи контроллеров с датчиками, существенно уменьшает расходы на кабельную продукцию, позволяя к одной шине подключать несколько приборов. Такую возможность предоставляет HART-протокол.

Протокол HART (Highway Addressable Remote Transducer), разработанный фирмой Rosemount Inc. в середине 80-х годов, реализует известный стандарт BELL 202 FSK, основанный на технологии 4 – 20 мА.

Стандарт BELL 202 FSK - это кодировка сигнала методом частотного сдвига для обмена данными на скорости 1200 Бод. Сигнал накладывается на аналоговый измерительный сигнал 4—20 мА.

Схема взаимоотношений между узлами сети основана на принципе Master/Slave. В HART-сети может присутствовать до 2 Master-узлов (обычно один). Второй Master, как правило, освобожден от поддержания циклов передачи и используется для организации связи с какой-либо системой контроля/отображения данных. Стандартная топология – «звезда», но возможна и шинная организация. Для передачи данных по сети используются два режима:

- асинхронный: по схеме «Master-запрос/ Slave-ответ» (один цикл укладывается в 500 мс);
- синхронный: пассивные узлы непрерывно передают свои данные мастер-узлу (время обновления данных в мастер-узле - 250 - 300 мс).

Основные параметры HART-протокола:

- длина полевой шины - 1.5 км;
- скорость передачи данных - 1.2 Кб/с;
- число приборов на одной шине - до 16.

HART-протокол позволяет:

- проводить удаленную настройку датчиков на требуемый диапазон измерения через полевую шину;
 - не подводить к датчикам отдельные линии электропитания и не иметь в них блоков питания (электропитание реализуется от блоков питания контроллеров через полевую шину);
 - увеличить информационный поток между контроллером и приборами,
- при наличии самодиагностики в приборах передавать сообщения о неисправностях по полевой шине, а далее - оператору.

Fieldbus Foundation.

Fieldbus Foundation - некоммерческая организация (создана в 1994 году), которая объединяет более 120 ведущих мировых поставщиков и конечных пользователей систем управления технологическими процессами и автоматизации производства.

В 1996 году была разработана полевая шина, которая использует модификацию стандарта IEC1158-2 для физического уровня и концепцию PROFIBUS для прикладного уровня. Протокол Foundation Fieldbus (FF) представляет собой открытую, внедренную в промышленности технологию, которая дает пользователям возможность применять лучшие в настоящий момент полевые устройства различных поставщиков и не привязывает их к какому-то определенному производителю.

Fieldbus представляет собой локальную сеть (ЛВС), обладающую возможностью распределять управление по всей сети. Управление процессом включает в себя различные функции: конфигурирование, калибровку,

мониторинг, диагностику, а также регистрацию событий, происходящих в различных узлах производственной системы.

В соответствии с многоуровневой моделью открытых систем (OSI) протокол полевой шины использует уровни 1, 2 и 7 (уровень физических устройств, уровень канала связи и спецификация формата сообщений).

Foundation Fieldbus имеет 2 физических уровня:

- физический уровень H1 FF (медленный), обеспечивающий рабочую скорость 31,25 Кбит/с;
- физический уровень H2 FF (быстрый), обеспечивающий рабочую скорость до 1 Мбит/с.
- Наиболее распространенная топология полевой шины FF - шинная (рис.10) и древовидная.

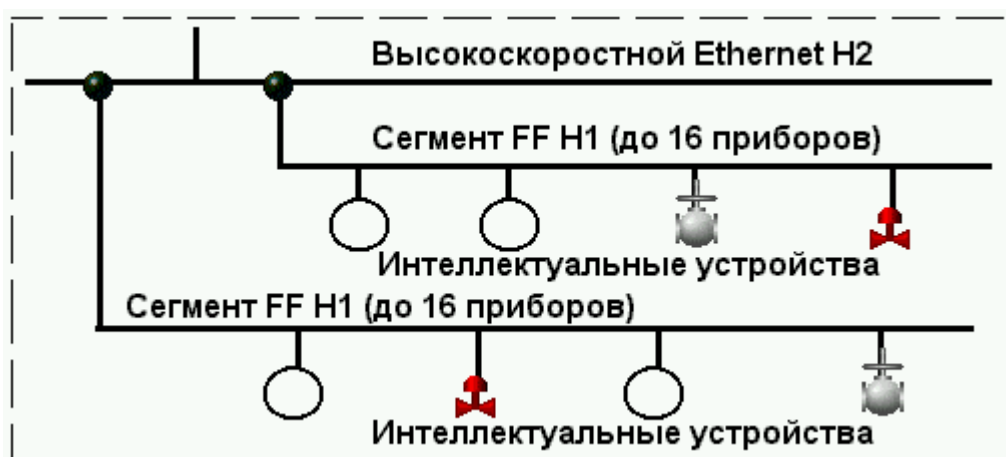


Рис. 10.

Основные преимущества:

Снижение капитальных и проектных расходов:

- уменьшение количества оборудования;
- уменьшение количества кабелей;
- ускорение пуско-наладки (автоматизированное)
- конфигурирование датчиков с помощью ПО);
- упрощение чертежей и уменьшение времени на их разработку;
- ускорение разработки конфигурации;

- упрощение монтажа.

Повышение стабильности процесса.

Увеличение времени непрерывной работы процесса.

Снижение расходов на обслуживание и эксплуатацию.

Управляющие сети.

Класс задач, решаемых этими сетями, сводится к автоматизации конкретных технологических процессов. Отсюда вытекают и соответствующие требования:

- скорость передачи, удовлетворяющая задачам реального времени;
- объем передаваемых данных;
- протяженность сети;
- допустимое количество узлов;
- помехозащищенность и т. п.

Протоколы управляющих сетей

Сегодняшняя ситуация на рынке промышленных управляющих сетей - это ControlNet, PROFIBUS, Modbus, Modbus Plus, DH+, DirectNet, FIPIO, Remote I/O и многие другие сети. Это сети уровня контроллеров и традиционного ввода/вывода (модульного). Каждая из них имеет свои особенности и области применения.

Протокол MODBUS можно назвать наиболее распространенным в мире. Для работы со своими устройствами его используют десятки фирм. Протокол привлекает простотой логики и независимостью от типа интерфейса (RS-232C, RS-422, RS-485 или же токовая петля 20 мА).

Протокол работает по принципу Master/Slave (ведущий-ведомый). Конфигурация на основе этого протокола предполагает наличие одного Master-узла и до 247 Slave-узлов. Только Master инициирует циклы обмена данными. Существует два типа запросов:

- запрос/ответ (адресуется только один из Slave-узлов);
- широковещательная передача (Master через выставление адреса 0 обращается ко всем остальным узлам сети одновременно).

химическое производство). Для всех этих случаев PROFIBUS имеет решение. Под общим названием понимается совокупность трех отдельных протоколов: PROFIBUS-FMS, PROFIBUS-DP и PROFIBUS-PA.

Протокол PROFIBUS-FMS появился первым и был предназначен для работы на так называемом цеховом уровне. Здесь требуется высокая степень функциональности, и этот критерий важнее критерия скорости. Основное его назначение - передача больших объемов данных.

В задачах управления, требующих реального времени, на первое место выдвигается такой параметр, как продолжительность цикла шины. Реализация протокола PROFIBUS-DP дает увеличение производительности шины (например, для передачи 512 бит данных, распределенных по 32 станциям, требуется всего 6 мс).

Протокол PROFIBUS-PA - это расширение DP-протокола в части технологии передачи, основанной не на RS-485, а на реализации стандарта IEC1158-2 для организации передачи во взрывоопасных средах. Он может использоваться в качестве замены старой аналоговой технологии 4-20мА. Для коммутации устройств нужна всего одна витая пара, которая может одновременно использоваться и для информационного обмена, и для подвода питания к устройствам полевого уровня.

Протокол PROFIBUS-DP поддерживается устройствами разных производителей. Для контроллеров компании Siemens этот протокол является основным (рис. 12). Некоторые контроллеры семейств S7-300 и S7-400 имеют встроенный порт PROFIBUS-DP, другие взаимодействуют с сетью посредством коммуникационных процессоров.

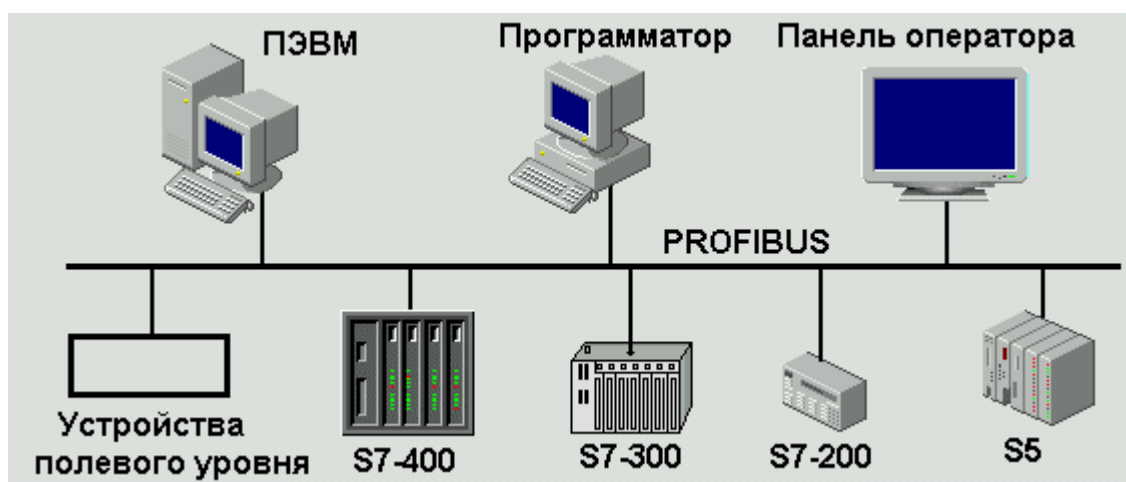


Рис. 12.

Информационная сеть Ethernet.

Ethernet - это локальная сеть для быстрого равноправного (одноранговая сеть) обмена информацией между компьютерами и другими устройствами (контроллерами нижнего уровня, большими контроллерами – концентраторами). В качестве физических средств связи используются толстый коаксиальный кабель 10Base5, тонкий коаксиальный кабель 10Base2, витая пара 10Base-T, оптоволокно 10(100)Base-F. Скорость обмена по сети - 10 Мбод (100Мбод).

Протяженность сети на витой паре - до 100 м, на специализированном оптоволокне - до 2800 м. Количество узлов сети (рабочих станций, серверов и т. п.) определяется многими факторами и может достигать нескольких десятков.

Эта локальная сеть используется в том случае, когда в системе имеют место большие потоки информации, а также при необходимости создания многих пользовательских узлов (рабочих, инжиниринговых станций, серверов и т. д.) в сети.

Большинство контроллеров средней и большой мощности имеют возможность взаимодействия с Ethernet через встроенные порты процессоров или посредством интерфейсных модулей.

Даже микроконтроллеры MicroLogix 1200, MicroLogix 1500 фирмы Allen-Bradley могут быть подключены к сети Ethernet через интерфейс 1761-

NET-ENI. Этот интерфейс поддерживает мониторинг программ и их загрузку, сбор данных и равноправный обмен информацией.

А процессоры контроллеров средней мощности PLC 5/20E, PLC 5/40E и PLC 5/60E снабжены встроенным портом Ethernet. Кроме того, в системе имеется модуль интерфейса Ethernet (1785-ENET) для контроллеров PLC 5.

Платформа контроллеров ControlLogix той же компании располагает интерфейсными модулями 1756-ENET/ENBT - 1 порт, 10 Мбит/сек (ENET), 10/100 Мбит/сек (ENBT).

Контроллеры семейства Quantum (Schneider Electric) поддерживают сеть Ethernet TCP/IP посредством интерфейсных модулей:

- 140 NOE 211 00 - 2 порта (передатчик и приемник) с протоколом 10BASE-T, витая пара, скорость передачи данных 10 Мбит/сек);
- 140 NOE 251 00 - 2 порта (передатчик и приемник) с протоколом 10BASE-FL, оптоволокно, скорость передачи данных 10 Мбит/сек).

Контроллеры семейств S7-300 и S7-400 (компания Siemens) поддерживают сеть Ethernet через коммуникационные процессоры CP 343-1 TCP и CP 443-1 TCP.

Контроллеры семейства 90-70 компании GE Fanuc имеют разъем для подключения приемопередатчика локальной сети Ethernet, обеспечивающего высококачественную связь между контроллерами.

Коммуникационный процессор MCP-T (Motorola Communication Processor) предназначен для взаимодействия с локальной сетью Ethernet по протоколу TCP/IP. Может служить мостом между сетью Modbus и сетью Ethernet при больших объемах передаваемой в сети информации.

4 Основные SCADA-продукты на российском рынке.

В настоящее время на российском рынке представлено несколько десятков зарубежных и отечественных SCADA-продуктов. Некоторые зарубежные SCADA-системы, известные в мире, на российском рынке пока не представлены (например, Cube, Panorama, Cimview и др.). Но эта ситуация может в любой момент измениться, как это произошло, например, с австралийской SCADA-системой Citect: система завоевала рынок Юго-Восточной Азии и Америки, в Европе рост ее продаж составил 30% в год, а в России она была неизвестна, пока российская фирма-дистрибьютор RTSoft не начала распространение системы на российском рынке.

В России сегодня наиболее популярны следующие зарубежные SCADA-пакеты:

- In Touch (Wonderware, США)
- iFIX (Intellution, США)
- SIMATIC WinCC (Siemens, Германия)
- Citect (Ci technologies, Австралия)
- RTAP/plus (HP, Канада)
- Wizcon (PC Soft International, Израиль-США)
- Sitex и Phocus (Jade SoftWare, Великобритания)
- Real Flex (BJ Software Systems, США)
- Factory Link (US Data Corp., США)
- View Star 750 (AEG, Германия)
- PlantScape (SCAN 3000) (Honeywell, США)

Отечественные SCADA-программы для персональных компьютеров появились в нашей стране в начале 90-х годов с уже привычным 10-летним запаздыванием в этой области, особенно усиленным долго преодолевавшимся недоверием к надежности и «серьезности» этих систем. Вначале на ПК создавались программы под конкретный объект и лишь затем появились

универсальные решения. В настоящее время имеется около десятка отечественных SCADA-пакетов. Вот наиболее известные из них:

- TRACE MODE (AdAstra, Москва))
- СКАТ (Центрпрограммсистем, Тверь)
- САРГОН (НБТ-Автоматика)
- VNS, GARDEN, Vis-a-Vis (ИнСАТ)
- VIORD («Фиорд»)
- RTWin (SWD - Системы Реального Времени)
- ЗОНД (АСУТП Программа).

4.1 Интегрированный пакет комплексной автоматизации InTouch

SCADA-система InTouch считается самой продаваемой в мире. Она имеет более 200 000 инсталляций.

Недавно появилась уже восьмая версия пакета – InTouch 8.0.

InTouch является первым продуктом, получившим сертификат соответствия на совместимость с Windows XP ("Designed for Windows XP") от Microsoft.

Программный пакет InTouch, как любой SCADA-пакет, состоит из двух основных компонентов - среды разработки и среды исполнения. В среде разработки создаются мнемосхемы, определяются и привязываются к аппаратным средствам входные и выходные сигналы и параметры, разрабатываются алгоритмы управления и назначаются права операторов. Созданное таким образом приложение функционирует в среде исполнения.

Для того чтобы приложение могло обмениваться данными с аппаратурой, необходимо использование третьего компонента - отдельной программы, называемой сервером ввода-вывода. Как правило, сервер ввода-вывода ориентирован на использование с конкретным видом оборудования, таким как промышленные контроллеры. InTouch имеет большое число готовых серверов ввода-вывода - более 600. При необходимости можно также

разработать новый сервер ввода-вывода с помощью инструментального средства FactorySuite Toolkit. Вместе с тем, используются также серверы ввода-вывода, рассчитанные на обмен данными согласно определенным промышленным стандартам, и которые могут работать со всеми контроллерами, удовлетворяющими этому стандарту (например, Modbus, ProfiBus, DeviceNet и др.).

Архитектура системы и базы данных реального времени.

InTouch можно использовать как на отдельных машинах, так и в распределенной клиент-серверной архитектуре.

База данных реального времени также имеет клиент-серверную архитектуру, Она ведется только на сервере и не копируется на клиентские станции.

Исполнительная система InTouch поддерживает базу данных текущих значений процесса. Эти значение могут отражать заданные точки контроля устройств, представляющие параметры физического объекта, или точки, представляющие расчетные значения. Значения параметров собираются и обрабатываются на одном или большем количестве компьютеров, использующих распределенную структуру программного обеспечения. Поддерживаются следующие типы данных: переменные ввода-вывода, вещественные числа, целые числа, дискретные числа, строковые переменные (представляет собой строку символов длиной до 131 символа), суперпеременные (некоторая структура, определяющая составную переменную; суперпеременная может содержать до 64 переменных и иметь до 2 уровней вложенности).

Особенности среды разработки.

1. Динамическая разработка сетевых приложений.

Динамическая разработка обеспечивает централизованное сопровождение основной копии приложения InTouch с помощью сетевого сервера. Каждый клиентский узел делает локальную копию разрабатываемого приложения. Это обеспечивает полное резервирование. Если сервер

недоступен, клиентский узел продолжает работать, используя свою локальную копию приложения. Когда сервер становится доступным, осуществление связи с ним происходит незаметно для пользователя или программы.

Другой возможностью сетевой распределенной разработки является то, что пользователи могут получать изменения на клиентских узлах без остановки запущенного приложения InTouch. Система сигнализирует оператору о доступности изменений в приложении, и оператор может принять их, когда это будет удобно. При приеме, только изменившиеся компоненты приложения будут загружены и обновлены на клиентских узлах.

1. Мощный редактор QuickScript

С помощью редактора QuickScript приложения InTouch можно расширить и настроить в соответствии со спецификацией системы. Скрипты могут быть сконфигурированы для исполнения с многочисленными параметрами, такими как специальные состояния процесса, изменения данных, события приложения, события окна, нажатие на клавиатуре, события ActiveX и другие. Среда QuickScript также поддерживает QuickFunctions, которые позволяют пользователям разработать библиотеку скриптов для дальнейшего использования.

Редактор QuickScript прост в использовании, и при этом позволяет пользователям полностью настраивать поведение приложения. При создании скриптов пользователь может использовать кнопки с наиболее часто используемыми выражениями и структурами, такими как “больше чем”, “меньше чем”, цикл, условные конструкции (“если-то-иначе”). Дополнительные функции, такие как, математические, строковые преобразования и другие, доступны посредством Мастера, который запрашивает необходимые аргументы и проверяет корректность синтаксиса функций. Встроенный механизм проверки корректности позволяет пользователям проверять правильность скриптов перед их развертыванием, тем самым, предотвращая появление ошибок исполнения.

Графический интерфейс пользователя.

InTouch предоставляет набор инструментов для графического отображения состояния процесса.

Во-первых, объектно-ориентированная графика. Мощные средства объектно-ориентированного проектирования облегчают рисование, расположение, выравнивание, разделение на слои, размещение в пространстве, вращение, инвертирование, дублирование, вырезание, копирование, вставку, стирание и многие другие операции. InTouch допускает неограниченное количество динамических изображений в каждом окне.

Во-вторых, анимационные связи. Эти связи обеспечивают возможность «оживления» любых объектов и их комбинаций для создания практически неограниченного набора мультипликационных характеристик, включая изменения размеров, цвета, перемещений, мигания, изменения уровня и т.д.

В-третьих, мастер-объекты. InTouch включает в себя обширную библиотеку мастер-объектов (Wizards), то есть предварительно сконфигурированных вспомогательных средств (таких как переключатели, ползунковые регуляторы и счетчики), позволяющих быстро создавать прикладные программы для конкретных условий производственного предприятия. При помощи дополнительного набора инструментальных средств (Extensibility Toolkit) возможно также создать свои собственные мастер-объекты, приспособленные к нуждам отрасли.

В-четвертых, ActiveX. InTouch является ActiveX контейнером, что позволяет пользователям InTouch устанавливать элементы управления ActiveX сторонних фирм и использовать их в любом окне приложения без всякого программирования с помощью простой технологии конфигурирования “укажи и кликни”.

InTouch позволяет организовать взаимодействие с другими приложениями, используя следующие средства:

- стандартный DDE-обмен (Dynamic Data Exchange - динамический обмен данными. Большинство разработанных серверов ввода/вывода поддерживают именно DDE-обмен для передачи данных в InTouch-

приложение. Обычные приложения, самое популярное из которых Excel, также используют DDE-механизм.

- OLE-технологию (Object Linking and Embedding - включение и встраивание объектов). Используется для взаимодействия с некоторыми компонентами FactorySuite и другими пользовательскими приложениями.
- OPC-программы (OLE for Process Control - OLE для управления процессами). OPC применяется для обмена информацией с технологическими устройствами типа ПЛК. InTouch 8.0, и все другие FactorySuite компоненты могут быть OPC клиентом для работы с любым из OPC серверов.

SCADA-система InTouch имеет встроенные механизмы интеграции с другими компонентами FactorySuite. Эти механизмы используют как указанные стандартные протоколы, так и собственный, разработанный фирмой Wonderware, протокол SuiteLink. В этом протоколе введена концепция меток времени и качества информации, выставляемых серверами ввода-вывода.

В целом InTouch удовлетворяет практически всем требованиям, предъявляемым в настоящее время к SCADA-системам. В России InTouch применяется очень широко, особенно в нефтяной промышленности и, в частности, в компании Лукойл.

4.2 SCADA-система SIMATIC WinCC

SCADA-система WinCC разработана компанией Siemens.

В настоящее время этот программный продукт занимает первое место в Европе среди SCADA-систем и третье место в мире. В 1999 году появилась пятая версия этой системы. Она базируется на операционных системах Windows 95/98/NT, является открытой и масштабируемой.

Открытость WinCC поддерживается на всех уровнях работы системы за счет использования открытых интерфейсов и доступности внутренних структур.

Обмен данными с другими приложениями осуществляется при помощи механизмов DDE, OLE, ODBC/SQL, с контроллерами – при помощи OPC. При отсутствии в WinCC нужного драйвера для выбранного ПЛК разработчик может создать свой драйвер, используя Channel Development Kit (CDK).

WinCC предлагает максимум возможностей разработчику для написания своих дополнений. Разработчик получает доступ к внутренним структурам, процедурам и функциям компонентов системы. Описание этих функций поставляется специально отдельной опцией Open Development Kit (ODK).

В WinCC реализована возможность просмотра состояния объекта через Internet с помощью WinCC Web Navigator Server.

Система WinCC может использоваться как в однопользовательском варианте, так и в клиент-серверном. К WinCC-серверу, принимающему данные с ПЛК, может быть подключено до 16 WinCC-клиентов. В WinCC 5.0 поддерживается до 6 серверов.

Набор опций системы WinCC определяется заказчиком. Установка отдельных опций требует дополнительных лицензий.

В основной комплект поставки WinCC входят следующие опции:

- Alarm Logging - для подготовки, отображения, квитирования и архивирования сообщений;
- User Administrator - для управления доступом к ресурсам WinCC;
- Text Library - позволяет создавать библиотеку соответствий между словами для переключения языков;
- Report Designer - встроенный генератор отчетов;
- Global Scripts - редактор, с помощью которого можно писать С-функции для обработки событий;

- Tag Logging - система архивирования данных. Совместно с редактором предоставляются средства для табличного и графического отображения значений в базе данных;

- Graphics Designer - редактор для рисования мнемосхем.

Все редакторы запускаются из центрального приложения WinCC – Control Center. Control Center выполняет роль менеджера всех опций WinCC и является для них связующим звеном. Каждая опция состоит из системы разработки и системы исполнения.

Alarm Logging – служба сообщений

Данная служба предназначена для вывода сообщений о ходе контролируемого технологического процесса, подтверждения сообщений оператором и ведения архивов этих сообщений. Например, это могут быть сообщения о выходе параметров за уставочные значения, сообщения о входе пользователей в систему и т.д.

Опция состоит из двух частей – системы разработки и системы исполнения. Система разработки служит для задания таких параметров сообщения, как условия их возникновения, тексты, цвета и т.д., а также для задания параметров архива сообщений. Система исполнения предназначена для вывода сообщений на экран и их архивирования во время работы WinCC – приложения в хронологическом порядке.

Каждое сообщение имеет блочную структуру. В сообщение могут входить системные блоки, блоки данных и блоки информации, определяемой пользователем. Системные блоки содержат такую информацию, как время, дата и номер сообщения; блоки данных – значения контролируемых параметров; блоки информации, определяемой пользователем – общую характеристику сообщения: текст сообщения, место возникновения неисправности и т.д.

Для каждого окна, предназначенного для отображения сообщений, может быть задан определенный фильтр, который позволяет отображать в окне только часть сообщений, например, относящихся к определенному участку технологического процесса.

Архивирование сообщений может происходить в режиме кольцевого буфера, когда указывается максимальное количество сообщений в архиве (до 10 000), и в случае переполнения буфера перезаписывается самое старое сообщение. Также для архивирования может быть использовано все доступное дисковое пространство.

User Administrator – администратор пользователей

Служба User Administrator предназначена для контроля прав доступа пользователей WinCC-приложения. Каждому пользователю могут быть присвоены определенные «уровни доступа». Максимально возможное количество уровней доступа 999. При входе в любой WinCC-редактор, как в режиме конфигурирования, так и во время выполнения WinCC-приложения, проверяется зарегистрирован ли пользователь в системе и какие уровни доступа он имеет. Если пользователь не зарегистрирован, то он не имеет никаких прав. Если пользователь зарегистрирован, то проверяется соответствие его уровня доступа уровню доступа запрашиваемой функции. При различии в уровнях доступа функция не может быть вызвана.

Text Library – поддержка различных языков

Этот редактор предназначен для создания библиотеки соответствий слов или символов. Это необходимо когда текст может отображаться на двух или более языках. Если нужно, чтобы WinCC-приложение в процессе работы могло поддерживать, например, два языка – английский и русский, то этот редактор поможет в создании и использовании соответствий. Кроме того, Text Library хранит тексты сообщений, которые подготавливаются в Alarm Logging, то есть текст сообщений также может быть на разных языках.

Report Designer – встроенный генератор отчетов.

Report Designer состоит из редактора схемы отчетов и системы генерации отчетов. Графический редактор схемы отчетов позволяет

спроектировать вид отчета. В подготовке схемы отчета помогают готовые схемы.

Отчеты могут содержать как системную информацию (т.е. атрибуты конфигурации, данные о проекте), так и информацию из архивов (т.е. протоколы сообщений и измеряемые значения) в виде таблиц или графиков.

Для создания отчета используются динамические объекты, которые наполняются данными во время исполнения. Для вывода отчета необходимо задать, по какому событию начинать генерацию отчета и куда будет выводиться отчет. Генератор отчетов позволяет выбор следующих событий:

- по требованию пользователя;
- в заранее выбранное время;
- циклический вывод.

Для организации вывода предлагаются следующие варианты:

- вывод на экран;
- вывод на выбранный принтер;
- вывод в файл.

Global Scripts – подсистема обработки событий.

Global Scripts – это общее название для C-функций и обработчиков событий во всем WinCC-проекте. Различают следующие типы функций:

- Функции проекта – эти функции пишутся пользователем для конкретного проекта;
- Стандартные функции – содержат функции WinCC API, которые отсортированы по опциям;
- Внутренние функции – это наиболее часто используемые функции, которые позволяют динамически изменять и позиционировать изображение, принимать и изменять значения параметров. Внутренние функции также содержат стандартные функции языка C;
- Обработчики событий – это функции, которые могут использовать все вышеперечисленные функции в теле своей программы. Обработчики событий срабатывают либо по изменению некоторого параметра либо через

определенный промежуток времени. Кроме того, обработчики событий можно создавать внутри Graphics Designer для любого графического объекта (например, по нажатию клавиши клавиатуры или мыши на область объекта будет срабатывать определенный скрипт).

Tag Logging – подсистема архивации параметров.

Эта подсистема предназначена для создания оперативных и долговременных архивов. В WinCC существует три типа архивов:

- Process Value Archive – основной архив для регистрируемых параметров (тегов), позволяет в оперативный или долговременный архив с заданными методами архивирования;
- Compressed Value Archive – сжатый архив, базирующийся на Process Value Archive, содержит статистические данные за заданный промежуток времени и с заданным методом обработки;
- User Archive – позволяет создавать свои таблицы со своими полями и выполнять действия над ними из скриптов Global Scripts. Основное назначение User Archive – это подготовка рецептов. User Archive поставляется отдельной опцией WinCC.

Graphics Designer – графический редактор.

Этот редактор предназначен для создания мнемосхем. Он содержит богатую библиотеку стандартных графических объектов, библиотеку Windows-компонентов – кнопок, списков и т.д., а также библиотеку сложных WinCC-объектов – полей вывода параметров, рисунков, создаваемых пользователем и т.д.

Для каждого объекта определен набор свойств, которые могут меняться во время выполнения приложения. В качестве примера можно привести следующие свойства: положение на экране, длина, ширина, шрифт, цвет шрифта, процент заполнения, цвет заполнения, мигание, частота мигания и т.д. Также для объекта определен набор событий, на которые этот объект может реагировать во время выполнения приложения.

Graphics Designer поддерживает технологию OLE 2.0, что позволяет встраивать в мнемосхемы компоненты ActiveX, разработанные пользователем.

Дополнительные опции WinCC.

Для облегчения задач выполнения WinCC-проектов WinCC постоянно пополняется новыми опциями. Для версии WinCC 4.02 этот список состоит из следующих основных опций:

- Split Screen Manager – позволяет быстро создать шаблон WinCC-приложения для просмотра экранов WinCC-клиентов, подключенных к системе;
- Alarm Logging Wizard – программа для проектирования структуры строки сообщений, а также звуковых сигналов при выводе того или иного типа сообщений;
- Picture hierarchy – эта программа предлагает удобный просмотр картинок (созданных в Graphics Designer) в виде структуры «дерево»;
- Life beat Monitoring – позволяет следить за состоянием соединений всех ПЛК, подключенных к системе;
- Tag Editor – программа используется для связи тегов с программой создания трендов в режиме исполнения;
- Time synchronization – программа синхронизации времени, обеспечивает формирование сообщений в одинаковом хронологическом порядке для всей системы;
- Chip Card – программа для поддержки авторизованного доступа к ресурсам WinCC с помощью пластиковых карт;
- Storage – программа, позволяющая перемещать данные, накопленные в долговременных архивах на другие накопители, а также удалять устаревшие данные с указанием времени или в зависимости от процента заполнения диска.

4.3 SCADA-система TRACE MODE

TRACE MODE 5.04 для Windows NT – это российский SCADA-продукт, разработанный фирмой AdAstra Ltd. С его помощью можно не только разрабатывать распределенные АРМ операторов технологического процесса, но и запрограммировать контроллеры, а также связать АСУТП с корпоративной информационной системой предприятия и глобальной сетью Internet.

TRACE MODE основана на DCOM - базовой 32-разрядной технологии корпорации Microsoft, положенной в основу всех ее современных продуктов, начиная от Windows NT и кончая Office2000. Взаимодействие между компонентами TRACE MODE в Internet также осуществляется через DCOM с использованием основных стандартов Internet/Intranet (например, TCP/IP, HTML и т.д.).

Система разработки TRACE MODE содержит ряд новых технологий проектирования АСУТП, отличающих ее от других SCADA-систем. Среди них следующие:

- Обеспечение единых инструментальных средств (единой линии программирования) как для разработки операторских станций, так и для программирования контроллеров;
- Разработка распределенной АСУТП как единого проекта;
- Технология автопостроения проекта.

Рассмотрим эти технологии подробнее.

Единая линия программирования.

Традиционно SCADA-системы понимались как инструмент разработки программного обеспечения для рабочих мест диспетчеров, т.е. для верхнего уровня АСУТП.

Программирование промышленных контроллеров или интеллектуальных датчиков производилось иными программными средствами или специальными программаторами, поставляемыми с оборудованием. После появления и массового распространения IBM PC-совместимых контроллеров появилась возможность унифицировать программное обеспечение для операторских станций и промышленных контроллеров.

Эта возможность реализована в системе TRACE MODE 4.20, в которую введены функции программирования контроллеров и выпущена специальная исполнительная система для контроллеров – Микро MPB.

В новой версии TRACE MODE 5.04 технология сквозного программирования была усовершенствована. Наибольшие изменения коснулись средств разработки. Были разработаны язык схем на функциональных блоках (Техно FBD) и язык инструкций (Техно IL), которые являются языками визуального программирования и включают более 150 элементарных и библиотечных функций. Среди встроенных алгоритмов – ПИД, ПДД, нечеткое, позиционное регулирование, динамическая балансировка, алгоритмы массового обслуживания, блоки моделирования объектов, арифметические, алгебраические, тригонометрические, статистические функции, функции расчета технико-экономических показателей и т.д. Добавлен ряд функциональных блоков, ориентированных на контроль и управление типовыми технологическими объектами (клапан, задвижка, привод и т.д.). Также разработаны алгоритмы адаптивных и модальных регуляторов.

Разработка сетевого комплекса как единого проекта.

В распределенных SCADA-системах разработка проекта привязана к одной операторской станции. Поэтому при разработке сетевых комплексов сначала создаются базы данных реального времени для отдельных ПК, и лишь потом они объединяются в сеть.

Однако современные промышленные АСУ «живут» и развиваются десятки лет, имеют тенденцию к интеграции как между собой, так и с АСУ финансово-хозяйственных служб. За это время меняется технология, добавляются и заменяются датчики, АРМ, модифицируется программное обеспечение АСУ. Поддерживать и развивать системы, состоящие из многих обособленных ПК и контроллеров, каждый из которых ничего не «знает» о других, и трудно, и дорого. Чтобы этого избежать, можно использовать архитектуру клиент-сервер, но сосредоточение базы данных реального времени на сервере снижает надежность системы (что будет, если сервер откажет?).

В TRACE MODE 5 распределенная АСУ, включающая и ПК и контроллеры, рассматривается как один проект. Поэтому каждый узел (ПК или контроллер) имеет информацию об остальных узлах системы и в случае его модификации автоматически обновляет соответствующие базы на других узлах. При этом АСУ можно создавать как в архитектуре клиент-сервер, так и распределенную – технология разработки АСУТП как единого проекта будет одинаково эффективна.

Автопостроение.

«Автопостроение» – это группа оригинальных технологий, реализованных в ТРЕЙС МОУД 5. Суть автопостроения заключается в автоматическом генерировании баз каналов операторских станций и контроллеров, входящих в проект АСУТП на основе информации о числе точек ввода /вывода, номенклатуре используемых контроллеров и УСО, наличии и характере связей между ПК и контроллерами. В соответствии с этим в ТРЕЙС МОУД 5 реализованы следующие возможности:

- Автопостроение баз каналов для связи с УСО в РС-контроллерах. Пользователю достаточно указать марку и количество РС-контроллеров, используемых в проекте и запустить автопостроение – ТРЕЙС МОУД сформирует базу каналов для каждого контроллера и произведет настройку на УСО автоматически.

- Автопостроение баз каналов для связи с обычными контроллерами. Эта процедура автоматически генерирует базы каналов операторских станций и производит настройку на наиболее распространенные в России контроллеры.

- Автопостроение связей между узлами «ПК-ПК», «ПК-контроллеры», «контроллеры-контроллеры» осуществляет создание, автоматическое поддержание и обновление коммуникаций между узлами распределенной АСУТП.

- Автопостроение при импорте баз технологических параметров. В наиболее технологически «культурных» организациях разработке проекта предшествует его детальная проработка и составление баз технологических

параметров. Часто для этих целей используются распространенные базы данных и электронные таблицы, например, Excel, Access и др. ТРЕЙС МОУД 5 допускает импорт этих баз с последующим автопостроением.

Технология автопостроения является революционным шагом в разработке систем реального времени, так как снимает огромную часть рутинной работы по «набивке» и конфигурированию баз параметров. Благодаря автопостроению разработка АСУТП сводится к следующим несложным процедурам:

- Размещение в рабочем поле редактора базы каналов иконок контроллеров и операторских станций.
- Указание наличия информационного обмена между узлами.
- Запуск автопостроения проекта.
- Задание математической обработки данных и алгоритмов управления.

Разработка графического интерфейса.

Разработка графического интерфейса операторских станций осуществляется в объектно-ориентированном редакторе представления данных. Графические изображения создаются в векторном формате. Редактор дает возможность создания объемных изображений мнемосхем технологических объектов. Формы динамизации содержат все необходимые элементы, в том числе гистограммы, графические, цветовые и звуковые сигнализаторы, тренды, бегущие дорожки, мультипликацию. Предусмотрен также обширный набор библиотек технологических объектов.

Если имеющихся динамических форм отображения недостаточно, пользователь может написать собственные формы как компоненты ActiveX, используя Visual Basic, Visual C++ и др. и встроить их в ТРЕЙС МОУД. Кроме того, в мире созданы десятки тысяч готовых бесплатных и коммерческих ActiveX-программ, доступных, в частности, через Internet. Среди них – электронные таблицы, программы доступа к базам данных, географические карты, графики и т.д.

Формы отображения могут объединяться в графические объекты. Графические объекты включают в себя неограниченное количество статичных элементов рисования и динамических форм отображения. Они вставляются в экраны в виде одного элемента, могут использоваться в будущих проектах или на других экранах текущего проекта.

Распределенная многоуровневая АСУТП на базе ТРЕЙС МОУД.

ТРЕЙС МОУД позволяет создавать многоуровневые, иерархически организованные, резервированные АСУТП. Рассмотрим трехуровневую систему, включающую уровень контроллеров, диспетчерский уровень и административный уровень.

АСУТП уровня контроллеров создается на основе Микро-монитора реального времени (Микро-МРВ). Эта программа размещается в РС-контроллере и осуществляет сбор данных с объекта, программно-логическое управление технологическими процессами и регулирование параметров по различным законам, а также ведение локальных архивов. Программа ведет постоянный контроль работоспособности УСО, сетевых линий, и в случае их выхода из строя автоматически переходит на резервные средства. При помощи Микро-МРВ можно создавать дублированные или троированные системы с горячим резервом.

Основу диспетчерского уровня управления составляют Мониторы реального времени (МРВ). МРВ ТРЕЙС МОУД – это сервер реального времени, осуществляющий прием данных с контроллеров, управление технологическим процессом, перераспределение данных по локальной сети, визуализацию информации, расчет ТЭП и статистических функций, ведение архивов.

На административном уровне АСУТП используются модули Supervisor. Supervisor предоставляет руководителю информацию о ходе и ретроспективе технологического процесса, статистических и технико-экономических параметрах предприятия. Эта информация может обновляться в режиме, близком к реальному времени (задержка 10 – 30 с). Кроме того, Supervisor дает

возможность просматривать ретроспективу (осуществлять «плейбек») процесса как фильм на видеоманитоне. Графический «плейбек» архива дает в руки руководителя инструмент контроля работы диспетчерского комплекса и всего предприятия в целом.

Единое сетевое время.

ТРЕЙС МОУД – одна из немногих на российском рынке SCADA-систем для операционных систем общего назначения, обладающих системой единого сетевого времени (кроме нее еще Citect). Все процессы в сетевых комплексах ТРЕЙС МОУД автоматически синхронизируются, что позволяет однозначно привязывать технологические события к временной шкале, каким бы из 256 сетевых ПК они не были зафиксированы.