

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Г.Б. Минигалиев, А.В. Долганов

ВЫБОР КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**Нижекамск
2015**

УДК 66.0

М 62

Печатается по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Рецензенты:

Елизаров В.И., доктор технических наук;
Гусев С.Н., эксперт по усовершенствованному управлению
фирмы «Emerson»

Минигалиев, Г.Б.

М 62 Выбор контроллера управления и интеллектуальные датчики: учебное пособие / сост.: Г.Б. Минигалиев, А.В. Долганов - Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2015. - 136 с.

Представлены основные сведения по классификации контроллерных систем управления. Приведены основные характеристики, принципы построения сложных распределенных систем управления. Показан алгоритм выбора контроллерных систем управления. Рассмотрены функции и преимущества применения интеллектуальных датчиков и их связь с контроллерными системами управления.

Предназначено для студентов специальностей «Автоматизированные системы обработки информации и управления» и «Автоматизация технологических процессов и производств» всех форм обучения, а также для студентов технологических и механических специальностей при выполнении курсового и дипломного проектирования, раздела «Автоматизация технологических процессов».

Подготовлено на кафедре «Автоматизация технологических процессов и производств» Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

УДК 66.0

© Минигалиев Г.Б., Долганов А.В., 2015
© Нижнекамский химико-технологический
институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Постановка задачи	6
2. Интеллектуальные датчики	8
3. Микропроцессорные системы управления	24
4. Выбор контроллеров	51
5. Пример выполнения поставленной задачи	56
Задания для самостоятельной работы	72
Заключение	134
Список литературы	134

ВВЕДЕНИЕ

Современные производственные процессы, как правило, характеризуются значительной сложностью и большой интенсивностью. В последнее время к ним стали предъявлять требования обеспечения гибкого и быстрого изменения номенклатуры производимых изделий. Обеспечение управления сложными, интенсивными и легко перестраиваемыми производственными процессами невозможно без комплексной автоматизации производства на базе средств цифровой вычислительной техники — управляющих вычислительных машин (УВМ), так как вычислительные машины позволяют реализовать сложные способы управления, требующие выполнения в сжатые сроки большого объема вычислений или быстрого анализа текущей ситуации в объекте или процессе.

Наличие в УВМ программного управления позволяет относительно легко и быстро производить изменения программы ее работы. В результате, например, переход на выпуск других изделий или улучшение качества производимого продукта может выполняться путем смены программы управления основным технологическим оборудованием без замены технических средств управления. Такая организация производства позволяет существенно ускорить этапы внедрения и освоения выпуска новых изделий или новой технологии, т.е. придать производственным процессам свойство гибкости.

За прошедшее время накоплен большой опыт как в области создания соответствующей управляющей техники, так и в области наиболее рационального ее использования в различных системах управления. В результате определился класс средств управляющей вычислительной техники, включающий в себя мини-ЭВМ, микро-ЭВМ и микропроцессоры, а также два характерных направления ее развития и применения.

Первое направление предполагает создание и использование узкоспециализированных УВМ, ориентированных на решение одной или достаточно узкого класса задач управления в определенной области применения. Использование этих УВМ для решения других задач, не предусмотренных при разработке системы, как правило, невозможно либо сопряжено со значительными конструктивными переделками управляющего устройства.

Второе направление предусматривает создание и использование УВМ широкого или общепромышленного назначения. При этом класс решаемых задач и области возможного применения УВМ жестко не фиксируются. Указываются лишь области наиболее целесообразного их применения. УВМ этого типа выступают в роли серийно выпускаемых промышленностью технических средств управления различного назначения.

Хотя вопрос использования в системах управления УВМ широкого или узкоспециализированного назначения должен решаться индивидуально в

каждом конкретном случае, все же можно указать на следующие факторы, определяющие их выбор. Узкоспециализированные УВМ целесообразно использовать в системах управления, если:

- алгоритм управления относительно несложен и невелик по объему;
- управляющее устройство характеризуется повышенной надежностью;
- алгоритм управления не изменяется существенно в процессе разработки и эксплуатации системы;
- на потребляемую мощность, габариты и массу управляющего устройства наложены жесткие ограничения;
- потребность в управляющих устройствах данного типа достаточно велика.

УВМ широкого назначения целесообразно использовать в системах управления, если:

- перечисленные для предпочтительного использования узкоспециализированных машин факторы не выдвигаются в качестве определяющих;
- в процессе разработки и эксплуатации системы алгоритм управления может существенно изменяться в сторону усложнения;
- потребность в управляющих устройствах данного типа относительно невелика;
- разработка системы должна быть выполнена в сжатые сроки.

Применение управляющих устройств в форме «готовых», т.е. выпускаемых промышленностью УВМ, принципиально меняет подход к проектированию систем управления в целом. Центр тяжести работ в этом случае переносится из области схемно-технического проектирования управляющего устройства в область алгоритмизации задач управления, их программирования, а также выбора из номенклатуры выпускаемых УВМ такой машины и с таким набором внешних устройств, которые в смысле принятого критерия выбора наиболее эффективны в проектируемой системе управления. При этом существенно сужается круг специалистов, способных разрабатывать и внедрять системы управления с УВМ. В частности, за счет исключения логического и схемно-технического этапов проектирования управляющего устройства разработка системы управления с УВМ широкого назначения может быть выполнена в основном только специалистами в области автоматики и систем управления. Им, как показывает опыт таких разработок, необходимо лишь более детально ознакомиться с общими принципами построения и работы УВМ, алгоритмизацией и особенностями программирования задач управления, критериями и методикой выбора УВМ широкого назначения. Поэтому основное внимание будет уделено рассмотрению различных вариантов существующих интеллектуальных датчиков, контроллерных систем управления и распределенных систем управления, а также методике рационального выбора соответствующей системы управления.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью данной работы является выбор контроллерной системы управления.

Исходными данными для работы являются перечень измеряемых параметров, перечень устройств воздействия на процесс, требуемая точность измерения, динамические характеристики объекта измерения, информационная насыщенность каналов связи.

Например:

требования к системе управления.

Параметры контроля, регулирования, сигнализации, и блокировки.

Расходы (диапазоны изменения 0-100 кг/час).

– используемые унифицированные сигналы – 0-5 В, 0-10 В, 4-20мА, 0-20 мА, «сухой контакт», импульсный ввод, транзисторный ввод, HART, Profibus, Fieldbus Foundation;

- количество каналов связи 10;
- класс точности не более 1,5;
- период опроса не более 1 секунды.

Уровни (диапазоны изменения 0-2000 мм):

– используемые унифицированные сигналы – 0-5 В, 0-10 В, 4-20мА, 0-20 мА, «сухой контакт», импульсный ввод, транзисторный ввод, HART, Profibus, Fieldbus Foundation;

- количество каналов связи 10;
- класс точности не более 2,5;
- период опроса не более 8 секунд.

Температуры (диапазоны изменения 0-650 °С):

– используемые неунифицированные сигналы - ТХА, ТСП, ТСМ, ТХК;

– используемые унифицированные сигналы – 0-5 В, 0-10 В, 4-20мА, 0-20 мА, «сухой контакт», импульсный ввод, транзисторный ввод, HART, Profibus, Fieldbus Foundation;

- количество каналов связи 10;
- класс точности не более 2,5;
- период опроса не более 190 секунд.

Давление (диапазоны изменения 0-50 кгс/см²):

– используемые унифицированные сигналы – 0-5 В, 0-10 В, 4-20мА, 0-20 мА, «сухой контакт», импульсный ввод, транзисторный ввод, HART, Profibus, Fieldbus Foundation;

- количество каналов связи 10;
- класс точности не более 0,5;
- период опроса не более 1 секунды.

Приборы измерения состава и физико-химических свойств:

- используемые унифицированные сигналы – 0-5 В, 0-10 В, 4-20мА, 0-20 мА, «сухой контакт», импульсный ввод, транзисторный ввод, HART, Profibus, Fieldbus Foundation;
- количество каналов связи 10;
- класс точности не более 3,5;
- период опроса не более 10 минут.

Устройства воздействия на процесс:

- используемые унифицированные сигналы – 0-5 В, 0-10 В, 4-20мА, 0-20 мА, «сухой контакт», импульсный ввод, транзисторный ввод, HART, Profibus, Fieldbus Foundation;
- количество каналов связи 10;
- класс точности не более 2,5;
- период корректировки регулирующего воздействия не более 1 секунды для каналов расходов и давлений, не более 2 секунд каналов по уровню, не более 4 секунд для каналов температуры, не более 5 минут для каналов состава и физико-химических свойств.

Обычно при проектировании накладываются более жесткие ограничения на систему управления, каждый канал измерения и регулирования, а также контуры ПАЗ, приходится рассматривать индивидуально и формировать требования, исходя из этих данных.

В данной работе жестких ограничений нет, поэтому возможность выбора вариантов контроллерной системы управления несколько шире, и возможен более гибкий подход к решению задачи, также не оговаривается масштабируемость системы управления.

Общая рекомендация: многовариантное решение задачи и анализ целесообразности применения того или иного решения.

2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ

2.1. Преимущества использования интеллектуальных датчиков

Современные датчики, являющиеся важнейшими частями микропроцессорных систем управления технологическими объектами и производством в целом, из однофункциональных средств определения текущих значений измеряемых величин постепенно превращаются в многофункциональные средства автоматизации, которые решают еще целый ряд задач по диагностике, преобразованию измерительной информации, выполнению простых алгоритмов управления и т.д. Такая многофункциональность стала возможна после оснащения датчиков встроенным микропроцессором. Быстрое развитие микропроцессорной техники, рост мощности микропроцессоров при одновременном их резком удешевлении делают экономически выгодным включение их в датчики любых типов.

В последние годы за датчиками, в которые встроен микропроцессор, закрепилось название «интеллектуальные датчики». Как в обиходной речи, так и в литературе под этим термином понимают разные по возможностям классы приборов. Интеллектуальным датчиком обозначается как датчик, в котором микропроцессор используется только для простейших, фиксированных в нем вычислительных преобразований значений измеряемой величины; так и прибор, являющийся многофункциональным программируемым измерительным средством, имеющим интерфейсы к типовым полевым сетям.

Рассматриваются только современные интеллектуальные датчики, которые выполняют, кроме процесса измерения, преобразования измеряемых сигналов в типовые аналоговые и цифровые значения, самодиагностику своей работы, дистанционную настройку диапазона измерения, первичную обработку измерительной информации, иногда еще ряд достаточно простых, типовых алгоритмов контроля и управления. Они имеют интерфейсы к стандартным/типовым полевым цифровым сетям, что делает их совместимыми с практически любыми современными средствами автоматизации, и позволяет информационно общаться с этими средствами и получать питание от блоков питания этих средств. По сути, указанный здесь класс измерительных средств, именуемый как «современные интеллектуальные датчики», объединяет в себе функции датчика и ряд функций контроллера и изменяет всю структуру нижнего уровня систем автоматизации производства.

Кратко сопоставим современные интеллектуальные датчики с обычными, традиционными датчиками.

Технические особенности использования современных интеллектуальных датчиков.

1. Резкое уменьшение искажений измерительной информации на пути от датчика к контроллеру, т.к. вместо низковольтного аналогового сигнала по кабелю, соединяющему датчики с контроллером, идут цифровые сигналы, на которые электрические и магнитные промышленные помехи оказывают несравнимо меньшее влияние.

2. Увеличение надежности измерения за счет самодиагностики датчиков, т.к. каждый датчик сам оперативно сообщает оператору факт и тип возникающего нарушения, тем самым исключая использование для управления некачественных и/или недостоверных измерений.

3. Возможность использования принципов измерения, требующих достаточно сложной вычислительной обработки выходных сигналов сенсора, но имеющий ряд преимуществ перед традиционно используемыми принципами измерения по точности, стабильности показаний, простоте установки и обслуживания датчика в процессе его эксплуатации.

4. Возможность построения мультисенсорных датчиков, в которых преобразователь получает и перерабатывает сигналы ряда однотипных или разнотипных чувствительных элементов.

5. Возможность проведения всей необходимой первичной переработки измерительной информации в датчике и выдачи им искомого текущего значения измеряемой величины в заданных единицах измерения.

6. Возможность передачи в систему автоматизации не только текущего значения измеряемой величины, но и добавочных сигналов о выходе его за пределы заданных норм, а также возможность передачи по сети не каждого текущего измеряемого значения, а только изменившегося по сравнению с предыдущим значения, или вышедшего за пределы заданных норм значения, или значения, требующего управляющего воздействия.

7. Наличие в датчике базы данных для хранения значений измеряемой величины за заданный длительный интервал времени.

8. Возможность дистанционно с пульта оператора в оперативном режиме выбирать диапазон измерения датчика.

9. Возможность, путем программирования работы датчика на достаточно простом технологическом языке, реализовывать в нем простые алгоритмы регулирования, программного управления, блокировок механизмов.

10. Возможность строить достаточно простые цепи регулирования, программного управления, блокировок на самом нижнем уровне управления из трех компонентов: интеллектуальных датчиков, полевой сети и интеллектуальных исполнительных механизмов, не загружая этими вычислительными операциями контроллеры, что позволяет использовать мощность контролле-

ров для реализации в них достаточно сложных и совершенных алгоритмов управления.

Экономические аспекты использования современных интеллектуальных датчиков.

1. Следует отметить, что стоимость современных интеллектуальных датчиков превышает стоимость обычных датчиков, поэтому первоначальные затраты заказчиков возрастают.

2. Уменьшается стоимость их установки и обслуживания за время эксплуатации, а увеличение стабильности их работы приводит к экономии за счет более редких поверочных испытаний.

3. Снижаются потери на производстве, вызванные использованием для управления неточных и неверных показаний датчиков.

4. Экономия возникает в стоимости кабельных линий, соединяющих измерительные средства с контроллерами, т.к. к одной шине можно подсоединить от 8-ми до порядка 100 датчиков.

5. Есть экономия в стоимости контроллеров, т.к. не требуется включать в них блоки аналогового ввода.

6. При применении на взрывоопасных производствах полевых сетей Profibus PA или Foundation Fieldbus H1 возникает экономия из-за уменьшения (или исключения) барьеров искробезопасности.

2.2. Структура интеллектуальных датчиков

Современные интеллектуальные датчики имеют многовариантную блочную структуру. Основными блоками являются чувствительный элемент (сенсор) и преобразователь. В одном датчике может иметься ряд сенсоров, взаимодействующих с одним преобразователем. Добавочным блоком может являться местный показывающий прибор.

Сенсор имеет обычно множество вариантов исполнения, рассчитанных на разные свойства измеряемой и окружающей сред и разную конструкцию объекта измерения:

- варианты арматуры (корпуса сенсора) под разные давления, температуры, воздействия и помехи;
- варианты материалов арматуры, контактирующих с измеряемой средой, под обычную, химически агрессивную, абразивную и другие среды;
- варианты исполнения сенсора под обычную, гигиеническую, взрывоопасную среды;
- варианты соединения сенсора с конструкцией объекта измерения типа фланцевой, вафельной, резьбовой и т.д..

Преобразователь может быть компактно объединен с сенсором в одном конструктиве, а может исполняться в отдельном конструктиве и размещаться рядом или на небольшой дистанции от сенсора.

Сам преобразователь, как минимум, состоит из программируемого микропроцессора с оперативным и постоянным модулями памяти, аналого-цифрового преобразователя, сетевого контроллера связи с типовыми полевыми сетями. Обычно он также имеет ряд вариантов исполнения:

- варианты корпуса преобразователя под разные свойства окружающей среды и разные имеющиеся внешние помехи;
- варианты питания прибора по наличию блока питания в нем или питанию его от постороннего источника через полевою сеть;
- варианты выходных сигналов преобразователя по числу, по параметрам, по коммуникационным возможностям связи с различными полевыми сетями.

Очень важно, что большинство производителей комплектуют датчики из сочетания разных вариантов сенсоров одного метода измерения с разными вариантами преобразователей, рассчитанных на работу с данной серией сенсоров. Благодаря этому удается наиболее точно и полно удовлетворять отдельным конкретным требованиям к приборам. Следует иметь в виду, что подобная, весьма технически рациональная гибкость построения датчиков, в то же время, не позволяет в ряде случаев дать оценку стоимости прибора без детального анализа выбранных вариантов составляющих его блоков.

Сам преобразователь в последнее время также начинает свободно комплектоваться из отдельных модулей благодаря применению в нем стандартной открытой магистрально-модульной архитектуры. Одним из таких стандартов для средств измерительной техники является стандарт IEEE 1155 на VXIbus (VMEbus eXtention for Instruments), который есть расширение стандарта VMEbus, применяемого в промышленной автоматике.

VXIbus имеет:

- менеджера ресурсов;
- локальную 32-х битную шину, объединяющую модули, размещенные в одном каркасе;
- дополнительную аналоговую шину и шину идентификации;
- конструктивную опору на механический стандарт "Евромеханика".

Модули, поддерживающие стандарт, процессорно и технологически независимы, а в одном каркасе может размещаться до 21 модуля VXIbus.

Почти все модули VXIbus могут использоваться в VMEbus структурах и все модули VMEbus могут использоваться в VXIbus структурах, но должны поддерживаться стандартными для VXIbus программными драйверами.

В номенклатуру модулей VXIbus входят центральные процессоры, сетевые контроллеры, разные виды памяти, генераторы импульсов и функциональные генераторы, счетчики, таймеры, измерители электрических параметров, аналоговые и цифровые входы/выходы сигналов разных уровней, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.

Программным обеспечением преобразователя, построенного из модулей VXIbus, могут являться любые операционные открытые системы реального времени.

В настоящее время большое число фирм производят разнообразные по назначению модули VXIbus, так что комплектация из них всевозможных преобразователей принципиально не представляет трудностей.

2. 3. Реализуемые интеллектуальными датчиками функции

Рассматриваемые интеллектуальные датчики являются многофункциональными приборами, для которых только традиционно сохраняется наименование «датчик», а по выполняемым функциям они все более приближаются к симбиозу датчика и контроллера. Тенденция их развития, связанная со все расширяющимися возможностями встроенных в них микропроцессоров, заключается в передаче им от контроллеров все большего числа простейших типовых функций контроля и управления. Кроме того, современные интеллектуальные датчики все более широко используют возможности своего микропроцессорного преобразователя для совершенствования процесса измерения: повышения точности, увеличения надежности, выбора диапазона измерения, исключения ошибочных выходных данных, расширения функций дистанционного управления работой сенсора.

Ниже рассматривается комплекс функций, который реализуется в наиболее продвинутых интеллектуальных датчиках, выпускаемых ведущими зарубежными производителями.

Информационные функции

Датчики хранят в своей памяти и по дистанционному запросу пользователя выдают все данные, определяющие свойства, характеристики, параметры данного конкретного прибора: его тип, заводской номер, технические показатели, возможные диапазоны измерения, установленную шкалу, заданные параметры настройки сенсора, работающую версию программного обеспечения, архив проведенных метрологических проверок, срок проведения следующей проверки датчика и т.п.. Кроме того, датчики могут иметь архив текущих измеряемых и вычисляемых ими значений величин за заданный интервал времени.

Функции конфигурирования

Дистанционное формирование или модификация пользователем основных настроечных параметров датчика: установка нуля прибора, выбор заданного диапазона измерения, фильтрация текущих значений, выбор наименования единиц измерения, в которых датчик должен выдавать информацию, и т.п. действия.

Функции форматирования

Автоматический анализ изменений измеряемой величины и текущего состояния среды измерения: определение выходов значений измеряемой величины за заданные нормы, выдача различных сообщений об изменениях значений измеряемой величины, проверка нахождения в допустимых диапазонах параметров измеряемой среды. Все эти функции дистанционно настраиваются пользователем.

Функции самодиагностики

В процессе работы датчики выполняют анализ своей работы: при возникновении различных сбоев, нарушений и неисправностей фиксируют их место возникновения и причину, определяют выход погрешности прибора за паспортную норму, анализируют работу базы данных датчика, рассматривают правильность учета факторов, которые корректируют выходные показания датчика. Датчик может выдавать оператору до 30-ти различных сообщений, конкретизирующих текущие особенности его работы и резко облегчающих и ускоряющих его обслуживание (при необходимости вмешательства сотрудников КИП в его работу).

Обычно, информация, выдаваемая датчиком об отдельных его неисправностях, подразделяется на два типа:

- некритическая информация, когда датчик требует определенного обслуживания, но измеряемые им значения могут использоваться для управления;
- критическая информация, когда выходные данные датчика неверны и либо требуется немедленное вмешательство оператора по приостановке использования его показаний, либо сам датчик переводит свой выход в постоянное безопасное для управления значение и сообщает о необходимости срочного обслуживания прибора.

Функции преобразования

Датчик преобразует электрический сигнал на выходе сенсора (обычно, низковольтный аналоговый, или частотный, или импульсный сигнал) в значение заданного наименования единицы измерения; при этом он выполняет коррекцию выходного значения по сопутствующим текущим показателям состояния измеряемой среды (например, по ее температуре и/или давлению), в случае, если показания датчика зависят и от них. В приборе проводятся необходимые преобразования измерительной информации: усиление сигналов сенсора, стандартизация диапазонов выходных аналоговых сигналов, линеаризация и фильтрация измеренных значений, расчет выходных значений по заданным алгоритмам, аналого-цифровое преобразование значений измеряемой величины.

Управляющие функции

В последнее время все большее число добавочных функций, непосредственно связанных с управлением технологическим процессом, стали возлагать на интеллектуальные датчики (особенно при их использовании с полевой сетью Foundation Fieldbus). Для реализации этих функций в память микропроцессора датчика прошивается соответствующий набор типовых программных модулей, а их инициация и параметризация проводится дистанционно оператором с помощью простейшего графического конфигуратора. В качестве типовых программных модулей используются простейшие арифметические и логические операции, таймер, элемент чистого запаздывания, интегратор, варианты регуляторов: P, I, PI, PD, PID и т.п. функции, из которых легко набираются конкретные алгоритмы регулирования разных видов, блокировочные зависимости, алгоритмы смешивания и другие алгоритмы управления технологическими процессами.

2.4. Интеллектуальные датчики как часть системы контроля и управления

Обычный датчик предыдущего поколения, не имеющий в своем составе микропроцессор, соединяется отдельной линией (обычно, контрольным кабелем) с блоком ввода/вывода контроллера. По этой линии низковольтный аналоговый или частотно-импульсный выходной сигнал датчика поступает в систему автоматизации, где он преобразуется в цифровую форму и подвергается необходимой вычислительной и/или логической обработке. Никакие другие сигналы по данной линии ни от датчика к контроллеру, ни от контроллера к датчику не проходят.

Современные интеллектуальные датчики связываются с различными средствами автоматики (не обязательно только с контроллерами) иногда через аналоговые, но большей частью через цифровые полевые сети. При этом использование цифровой полевой сети позволяет по одной линии передавать выходные сигналы ряда датчиков, в необходимых случаях переносить различные сообщения от датчиков и к ним, производить дистанционное питание датчиков.

Для того, чтобы средства автоматизации (в том числе, датчики) разных производителей могли контактировать друг с другом через полевые сети, последние должны быть стандартизированы (де-факто или де-юре), и эти стандарты должны признаваться и использоваться большинством производителей средств. Использование стандартов заключается в том, что производители в выпускаемых ими средствах предусматривают программные и технические интерфейсы к тем или иным (или всем) стандартным полевым сетям.

По международной классификации полевые сети не выделяются в отдельный класс, а входят в общий класс промышленных сетей. В 1999 году был принят международный стандарт на промышленные сети IEC 61158. Однако, в этом стандарте не удалось добиться согласования мнения разных стран и ведущих в области средств автоматизации фирм, и поэтому в нем признаны стандартными восемь независимых и несовместных коммуникационных технологий. Фактически (независимо от принятого международного стандарта), подавляющее число производителей средств автоматики поддерживают три стандарта полевых сетей: сеть с HART-протоколом, Profibus, Foundation Fieldbus. Первая сеть зафиксирована в американском стандарте, а две остальных входят в указанный международный стандарт.

Стандартная сеть с HART-протоколом

Наиболее широко распространенный, достаточно простой, давно устоявшийся и поддерживаемый подавляющим большинством фирм, выпускающих как контроллеры, так и интеллектуальные приборы, протокол HART (Highway Addressable Remote Transducer) был разработан фирмой Rosemount в середине 80-х годов и стандартизирован в Америке. Технология использования протокола, координация и поддержка его применения обеспечиваются независимым Фондом HART-коммуникаций. Подавляющее большинство ведущих производителей контроллеров и интеллектуальных приборов в разных странах поддерживают этот протокол.

Протокол основан на аналоговой 4-20мА-технологии. Он нацелен на связь контроллера с интеллектуальными приборами и имеет два варианта их связи.

При первом варианте реализуется связь каждого прибора с контроллером по отдельной паре проводов, по которой могут проходить как аналоговый (например, 4-20 мА), так и цифровые сигналы. Последние содержат дополнительную информацию о работе прибора: диапазон и единицы измерения, дату калибровки, самодиагностику и т.д. Питание прибора осуществляется от блока питания в контроллере по этой же паре проводов.

При втором варианте связи реализуется соединение ряда приборов с контроллером по одной паре проводов, в этом случае по паре проводов могут проходить только цифровые сигналы. Следовательно, в каждом приборе аналоговые выходы должны быть преобразованы в цифровой код.

Основные характеристики сети.

1. Метод доступа - ведущий/ведомый. В сети может быть до двух ведущих узлов; ими бывают контроллеры и ручные коммуникаторы. Один ведущий узел реализует циклы передачи и запросы к ведомым узлам; другой (если он есть) - используется для связи сети с другой системой.

2. Физическая среда передачи: последовательный порт RS-232C и витая пара.

3. Топология сети: звезда, при соединении к контроллеру датчиков с аналоговыми выходными сигналами; шина, при цифровых выходных сигналах датчиков.

4. Режимы работы: асинхронный, когда ведущий узел посылает запрос, а ведомый - ответ (цикл укладывается в 500 мс); синхронный, когда ведомые узлы непрерывно передают свои данные ведущему узлу (время обновления данных в контроллере - 250-300 мс).

5. При шинной архитектуре HART протокол работает в режиме моноканала (т.е. более двух устройств соединяются через один канал передачи) и к сети может быть подключено до 15 ведомых узлов (обычно подключают до 8 приборов).

6. Длина линии связи до 1500 м.

7. Скорость передачи данных - 1200 бит/с.

8. Протокол HART реализует по модели OSI следующие уровни: первый (физический), второй (канальный), седьмой (прикладной).

9. Команды от ведущих узлов могут быть трех видов: универсальные на все ведомые узлы, типовые на многие ведомые узлы и специфические на конкретные ведомые узлы.

10. Каждое сообщение от прибора содержит информацию двух типов: текущие данные и статус прибора. Последняя информация определяет оперативное состояние прибора: нормальный последовательный статус, когда данные от него могут быть использованы для вычислений и управления; нормальный непоследовательный статус, когда данные от него корректны, но с прибором связана какая-то тревога: неопределенный статус, когда данные не полностью корректны, но все же могут быть использованы; плохой статус, когда данные не могут быть использованы.

11. За каждую посылку информации любое устройство может передать другому устройству 4 технологических переменных, а само устройство может иметь до 256 переменных, описывающих его состояние.

Стандартные сети PROFIBUS

Данные сети с начала 90-х годов получают все более широкое распространение среди европейских производителей средств автоматизации. Специальная организация пользователей сетей PROFIBUS PUO (Profibus User Organization) проводит сертификацию устройств на соответствие утвержденному стандарту PROFIBUS. Более 600 заводов, исследовательских институтов, заказчиков средств автоматизации входят в эту организацию.

Использование сети на разных уровнях и в разных условиях обеспечивается тем, что сеть поддерживает три разных вида протоколов:

- протокол Profibus DP для децентрализованного соединения и быстрой коммуникации контроллеров с удаленными блоками ввода/вывода и интеллектуальными приборами;
- протокол Profibus FMS для решения сложных коммуникационных задач на контроллерном уровне управления (ниже он не рассматривается, поскольку почти никогда не используется на полевом уровне);
- протокол Profibus PA для повышенных требований к безопасности.

Все три вида протокола используют общий канальный уровень (второй уровень по модели OSI), а протоколы Profibus DP и Profibus FMS имеют одинаковые первый (физический) и второй (канальный) уровни протокола.

Характеристики сети PROFIBUS-DP.

Сеть предназначена для связи выносных блоков ввода/вывода и интеллектуальных приборов с контроллерами.

Ниже перечислены основные характеристики сети.

Физически передача данных в сети осуществляется через порт RS-485 и экранированную витую пару, либо через оптоволоконный кабель.

Сеть обеспечивает любые виды соединений: шина, дерево, звезда, кольцо.

Метод доступа к сети: ведущий/ведомый. В сети возможно наличие нескольких ведущих устройств; при этом либо каждое ведущее устройство обслуживает свои ведомые, либо одно из них организует работу ведомых, а другие диагностируют, конфигурируют и производят другие фоновые операции. Записывать данные в ведомое устройство может только одно ведущее устройство. Сами ведущие узлы общаются между собой с помощью маркера.

Общее число устройств на сети до 126, из которых 32 узла могут быть ведущими.

Скорость передачи данных на витой паре варьируется от 9,6 кбит/с до 1,5 Мбита/с. При длине витой пары 200 м скорость максимальна 1,5 Мбита/с.

Длина сети на витой паре до 1,2 км или до 4,8 км с повторителями. Длина сети на оптоволокне до 23 км.

Основа работы протокола - циклический опрос ведомых устройств; кроме того, существуют ациклические функции диагностики, конфигурирования диапазонов измерения и т. п.

Передаваемые устройствами диагностические сообщения имеют три уровня иерархии: диагностика всего устройства (например, упало напряжение питания), диагностика модуля устройства (например, отказал 8-ми канальный цифровой модуль выходных сигналов), диагностика канала (например, в канале А модуля Б не проходит сигнал).

В сети реализована коррекция ошибок: в любой посылке данных 3 ошибочных бита будут обнаружены, а 1 ошибочный бит может быть восстановлен.

В каждом сеансе связи ведомое устройство может передать до 246 байт информации, обычно передается 32 байта.

При скорости 1,5 Мбит/с передача 512 бит данных, распределенных между 32 устройствами, занимает 6 мс; та же передача при скорости 0,5 Мбит/с занимает 18 мс.

Характеристики сети PROFIBUS-PA.

Специализированный протокол для передачи данных от выносных блоков ввода/вывода и интеллектуальных приборов к контроллерам во взрывоопасных средах. По протоколу канального уровня Profibus PA полностью идентичен Profibus DP, но он имеет иную физическую реализацию: безопасное низковольтное исполнение. Коммутация устройств реализуется на одной витой паре, которая одновременно используется для информационного обмена и для питания устройств. Основные области применения этого протокола – предприятия химии, нефтехимии, нефтепереработки.

Скорость передачи данных на витой паре до 31 Кбит/с.

Стандартные сетевые Foundation Fieldbus

Сети образованы двумя ведущими американскими ассоциациями ISP и WorldFIP, которые объединились с другими фирмами в 1994 году в ассоциацию Fieldbus Foundation. Эта ассоциация опубликовала и поддерживает стандарт на сети и производит сертификацию устройств на соответствие стандарту. Сейчас в ассоциацию Fieldbus Foundation входят более 100 крупнейших компаний, которые представляют порядка 90% производителей средств и услуг в области автоматизации.

Нацеленность сетей – нижний уровень распределенной системы автоматизации (связь контроллеров с выносными блоками ввода/вывода и с интеллектуальными приборами) при учете специфики работы приборов во взрывоопасной среде.

Для более полного и рационального использования все возрастающей мощности микропроцессоров, встраиваемых в интеллектуальные приборы, разработана идеология Fieldbus Foundation, которая ставит своей целью перенос типовых алгоритмов переработки измерительной информации (фильтрации, масштабирования, линеаризации и т.п.), регулирования (стабилизации, слежения, каскадного управления и т.п.), логического управления (пуска, останова, блокировки группы механизмов и т.п.) на самый нижний уровень управления: уровень интеллектуальных датчиков и исполнительных механизмов. Для реализации этой идеологии разработан новый по возможностям и параметрам стандарт на полевую сеть.

Основная особенность стандарта, отличающая построенные по нему сети от всех других распространенных полевых сетей, – разработка условий работы и обмена информацией между приборами в сети при учете, что каждый

прибор в сети, кроме обычных функций аналого-цифрового или цифро-аналогового преобразований может производить типовые функции контроля и управления.

Основной вариант сети - Foundation Fieldbus H1 (FF H1); он реализует безопасную работу приборов во взрывоопасной среде. Кроме него существует вариант Foundation Fieldbus H2 (FF H2), в котором специфика работы приборов во взрывоопасной среде не учитывается.

Характеристики сети FF H1.

Ниже описываются основные свойства и характеристики сети, обозначаемой как FF H1.

Топология сети - шина или дерево.

Физическая среда - витая пара.

Длина линии передачи - 1,9 км.

Скорость передачи данных - 31,25 кбита/с.

Число подключаемых к сети устройств - до 32.

Сеть используется также для передачи питания от контроллера к приборам, подключенным к сети.

Протокол сети использует три уровня по модели OSI: первый (физический уровень), второй (канальный уровень) и седьмой (прикладной уровень). Кроме того, стандарт Foundation Fieldbus особое внимание обращает на пользовательский уровень (он как бы над прикладным уровнем), на котором фиксируется ряд важных функций и правил.

Метод доступа к сети – маркер. Активный планировщик связей (LAS - Link Active Scheduler), работающий как арбитр на сети, поддерживает плотный временной график периодических сообщений. Он же обеспечивает быстрый доступ к сети для высокоприоритетных асинхронных событий (сеть работает с приоритетными сообщениями). Управление сетью может быть распределено между несколькими активными планировщиками связей; они могут резервировать друг друга.

Периодический цикл передачи информации с учетом отработки в устройствах контуров управления составляет 50 мс.

Введенный в стандарт FF H1 пользовательский уровень (отсутствующий в других стандартах и в модели OSI) имеет несколько важнейших черт.

Он определяет связи, с помощью которых пользователь может взаимодействовать с приборами через серию так называемых блоков, причем удобнее и скорее, чем с запросами по отдельным точкам.

Пользовательский уровень может использовать три типа блоков:

- блоки приборов – описывают такие характеристики приборов как имя, производитель, номер серии и т.п.;
- блоки функций – определяют работу приборов по вводу сигналов, контролю и управлению, выводу сигналов; всего стандарт определяет 10 ба-

зовых функциональных блоков: аналоговый вход, аналоговый выход, смещение, переключатель управления, дискретный вход, дискретный выход, ручной загрузчик, регулятор ПД, регулятор ПИД, регулятор отношения; любые другие функциональные блоки могут быть определены конкретными производителями приборов и согласованы с ассоциацией Fieldbus Foundation;

– блоки преобразователей – расщепляют отдельные блоки функций на чтение/запись локальных входных/выходных данных.

Важно подчеркнуть, что функциональные блоки могут при их соответствующем соединении друг с другом реализовывать простейшие цепи управления как в отдельном приборе, так и распределенно через сеть в нескольких приборах.

Вторая важная черта пользовательского уровня стандарта FF H1 - описатели приборов (DD – Device Descriptions). DD определяет стандартное описание функций, которые можно реализовывать в приборе. Используя DD, оператор может взаимодействовать с прибором: конфигурировать калибровку, менять параметры, диагностировать работу и т.п. Механизм DD дает оператору возможность полностью определять, конкретизировать и модифицировать свойства прибора.

Для работы с функциональными блоками в приборе используется специальный язык описания устройств (DDL – Device Description Language), который специфицирован в ассоциации Fieldbus Foundation. Он описывает функциональные блоки, используется для доступа к информации в приборе и для определения дополнительных характеристик, которые можно добавить к функциональному блоку. Используя описатели приборов DD, язык DDL позволяет оператору составлять алгоритм работы прибора и полностью контролировать его работу.

Аналогично HART-протоколу в полевой сети FF H1 используется понятие "статус", которое каждый цикл передается каждым прибором по сети вместе с его данными. Статус определяет оперативное состояние прибора: нормальный последовательный статус, когда данные от него могут быть использованы для вычислений и управления; нормальный непоследовательный статус, когда данные от него корректны, но с прибором связана какая-то тревога: неопределенный статус, когда данные не полностью корректны, но все же могут быть использованы; плохой статус, когда данные не могут быть использованы. Каждое значение статуса имеет 16 различных подстатусов, которые конкретизируют и диагностируют имеющийся статус, т.е. определяют уровень самодиагностики приборов FF H2. С помощью DD можно добавить дополнительные диагностические функции.

Характеристики сети FF H2.

Вариант сети FF H2 отличается от рассмотренного варианта FF H1 следующими характеристиками:

- топология сети - шина;
- физическая среда - витая пара или кабель;
- длина линии передачи - 0,75 км;
- скорость передачи данных - 1,0 или 2,5 Мбита/с;
- питание приборов через шину не производится;
- сеть не предназначена для работы во взрывоопасной среде.

Остальные характеристики аналогичны сети FF H1.

2.5. Перспективы развития интеллектуальных датчиков

Наблюдаемые в настоящее время тенденции развития интеллектуальных датчиков можно подразделить на ряд направлений, по каждому из которых в ведущих приборостроительных фирмах ведутся работы и появляются промышленные разработки, имеющие успешные внедрения.

Новые методы измерения

В последние годы намечается определенная перспективная тенденция разработки таких методов измерения, которые требуют существенной вычислительной обработки, реализуемой в микропроцессорном преобразователе датчика. Основанные на этих методах сенсоры имеют следующие важные для заказчиков свойства:

- расположение сенсора вне измеряемой среды, что существенно сказывается на расширении сферы его применения, на увеличении стабильности показаний, на облегчении установки и обслуживания, ведет к отсутствию экономических потерь при его эксплуатации;
- исключение в сенсоре любых движущихся частей (в том числе, электромеханических блоков), что повышает надежность его работы и упрощает его обслуживание;
- отсутствие особых требований сенсора к конструкции объекта измерения и к характеру измеряемого потока в районе измерения, что расширяет возможности использования датчиков в разных местах объектов и удешевляет их установку.

Беспроводные датчики

Экономическая и техническая перспективность использования для широкого круга промышленных объектов беспроводных датчиков бесспорна. Это касается и движущихся объектов автоматизации, и объектов, имеющих значительную распределенность в пространстве. Практически, в беспроводных интеллектуальных датчиках ко всем имеющимся у них функциям добавляют функцию телемеханической радиосвязи с другими средствами автоматизации (обычно, с контроллерами, также оснащенными блоками радиосвязи).

Принципиально, широкое развитие беспроводных датчиков сегодня еще сдерживается достаточно высокой стоимостью существующих систем радиосвязи. Предпосылками развития указанных типов датчиков служат, с одной стороны, наблюдающееся снижение стоимости радиотехнических устройств и повышение их качества, а с другой стороны, возникающая экономия затрат на проводную связь.

При использовании беспроводной связи разработчиками просматриваются следующие стратегии разделения радиоканалов:

- множественный доступ во временной области (TDMA); каждый датчик получает свой временной интервал, в течение которого он может передавать информацию;
- множественный доступ в частотной области (FDMA); каждый датчик передает информацию на отведенной ему частоте;
- множественный доступ с кодовым разделением (CDMA); каждый датчик имеет свой код, причем коды не коррелированы, что позволяет подавлять любые сигналы-возмущения, которые при этом воспринимаются приемником, как белый шум.

Рядом фирм намечается выпуск беспроводных датчиков и других устройств автоматизации, которые будут поддерживать беспроводную технологию Bluetooth (высокопроизводительную коротковолновую радиосвязь).

Встраиваемые в оборудование миниатюрные датчики

Очень перспективным направлением является разработка миниатюрных датчиков. Широкое распространение таких датчиков в будущем коренным образом изменит структуру нижнего уровня систем автоматизации. Оно позволит выпускать промышленное оборудование с встроенными в него датчиками, благодаря чему сами средства автоматизации станут не внешними дополнениями технологического процесса, а его неотъемлемыми частями.

Фирмами делаются пилотные разработки датчиков объемом в несколько мм³ для измерения температуры, давления, влажности, других параметров среды. В этот объем входит как сам сенсор, так и необходимый вычислительный ресурс для преобразования измеряемого сигнала в цифровую форму, его обработки и передачи в полевую сеть. Создание миниатюрных датчиков возможно на базе ряда современных и частично новых методов измерения и параллельно ведет к увеличению точности и качества работы приборов.

Многосенсорные датчики

Нет принципиальных трудностей в подключению к одному преобразователю нескольких сенсоров, измеряющих разные величины (в ряде датчиков это уже реализуется). В тоже время некоторые методы измерения позволяют одному сенсору определять несколько измеряемых величин (так кориолисо-

вые расходомеры одним сенсором определяют массовый расход и плотность потока). Датчик, выдающий информацию о текущих значениях ряда измеряемых величин, во многих промышленных применениях будет и экономически и технически существенно более эффективен, чем использующаяся для этих же целей группа датчиков отдельных измеряемых величин. Существующая ниша применения таких мультиизмерителей достаточно обширна, и работы по их созданию, ведущиеся в ряде приборостроительных фирм, имеют хорошие практические перспективы.

Высокоинтеллектуальные датчики

Уровень «интеллектуальности» датчиков со временем все более повышается, датчики становятся все более многофункциональными средствами автоматизации, для которых сам термин «датчик» становится все более неполным и условным. Перспективные разработки включают в себя:

- адаптивные датчики;
- датчики, прогнозирующие значения измеряемых величин;
- датчики, имеющие собственные хранилища измеряемой информации и производящие достаточно сложную и объемную обработку данных измерения;
- датчики с полной самодиагностикой, в частности, сообщающие не только о уже возникших сбоях и неисправностях, но и выдающие прогноз по их возможной некорректной работе и дающие рекомендации по их техобслуживанию;
- датчики, выполняющие все больший объем задач по расчету необходимых показателей контролируемого процесса, по обнаружению в нем заданных событий, по выполнению различных законов регулирования и логического управления.

3. МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

3.1. Классификация микропроцессорных комплексов управления и особенности класса распределенных систем управления

Все выпускаемые универсальные микропроцессорные программно-технические комплексы (ПТК) подразделяются на классы, каждый из которых рассчитан на определенный набор выполняемых функций и на соответствующий объем получаемой и обрабатываемой информации от автоматизируемого объекта (см. рис. 1). Рассмотрим последовательно все классы ПТК, начиная с простейшего класса, минимального по функциям и объему автоматизируемого объекта, и кончая наиболее мощным классом полномасштабных распределенных систем управления. Приведенная ниже классификация позволяет обосновать выделение и отдельное сопоставительное рассмотрение описанных в обзоре микропроцессорных комплексов.

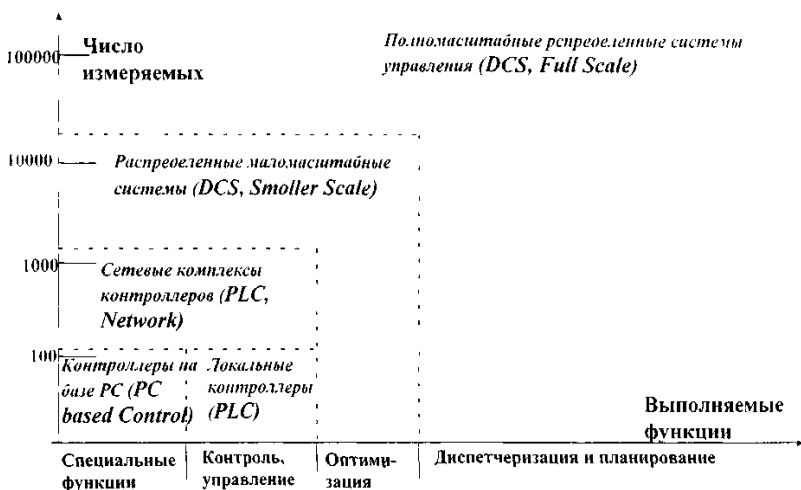


Рис. 1. Классы микропроцессорных комплексов

3.1.1. Контроллер на базе персонального компьютера (PC based control)

Это направление существенно развилось в последнее время, ввиду повышения надежности работы персональных компьютеров, наличия их модификаций в обычном и промышленном исполнении, их открытой архитектуры,

легкости включения в них любых блоков ввода/вывода, выпускаемых рядом фирм, возможности использования уже наработанной широкой номенклатуры программного обеспечения (операционных систем реального времени, баз данных, пакетов прикладных программ контроля и управления). Основные сферы использования контроллеров на базе РС – специализированные системы автоматизации в медицине, в научных лабораториях, в средствах коммуникации, в промышленности для небольших достаточно замкнутых объектов. Общее число входов/выходов такого контроллера обычно не превосходит десятков, а выполняемыми функциями являются либо достаточно сложная обработка измерительной информации с расчетом нескольких управляющих команд, либо расчеты по специализированным формулам, аргументами которых являются измеряемые величины.

В общих терминах можно указать условия рациональной области применения контроллеров на базе РС в промышленности:

- при нескольких входах и выходах объекта надо производить большой объем вычислений за достаточно малый интервал времени (необходима большая вычислительная мощность);

- средства автоматизации работают в окружающей среде, не слишком отличающейся от условий работы обычных персональных компьютеров;

- нет необходимости в использовании жесткого малого времени цикла контроллера;

- реализуемые контроллером функции целесообразнее в силу их нестандартности программировать не на одном из специальных технологических языков, а на обычном языке программирования высокого уровня типа C++, Pascal;

- мощная поддержка работы операторов, реализуемая в обычных контроллерах – диагностика работы, устранение неисправности без остановки работы контроллера, модификация программного обеспечения во время работы системы автоматизации – не имеет большого значения для заданной конкретной задачи.

На рынке PC Based Control работает в России весьма успешно ряд зарубежных компаний: Octagon, Advantech, Analog Devices и др. Многие российские фирмы закупают их разные компьютерные платы и платы ввода/вывода и строят из них свои контроллеры. Следует отметить, что в России этот класс контроллеров непомерно раздут и частично занимает нишу следующих классов контроллерных комплексов в силу нескольких причин:

- агрессивная рекламная компания основных фирм, работающих в этом секторе рынка;

- легкость создания из компьютерных плат новых типов контроллеров, привлекающая многие небольшие российские компании, создающие свои ПТК;

- простота и привычность создания программного обеспечения для персональных компьютеров;
- недоучет заказчиками важности тех свойств контроллеров, которые есть у специально разработанных контроллеров и отсутствуют у контроллеров на базе РС.

3.1.2 Локальный контроллер (PLC)

В настоящее время распространяются несколько типов локальных контроллеров:

- контроллер, встраиваемый в оборудование (агрегат, машину, прибор) и являющийся его неотъемлемой частью; примеры такого "интеллектуального" оборудования: станки с программным управлением, автомашинисты, современные аналитические приборы;
- автономный контроллер, реализующий функции контроля и управления небольшим, достаточно изолированным технологическим узлом (объектом).

Если встраиваемые контроллеры выпускаются на раме без специального кожуха, поскольку они монтируются в общий корпус оборудования; то автономные контроллеры помещаются в защитные корпуса, рассчитанные на разные условия окружающей среды. Почти всегда эти контроллеры имеют порты, соединяющие их в режиме "точка-точка" с другой аппаратурой, и интерфейсы, которые могут их через сеть связывать с другими средствами автоматизации: распределенными системами управления, диспетчерскими системами, пультами операторов и т.п.

Часто в такой контроллер встраивается или подключается к нему специальная панель интерфейса с оператором, состоящая из дисплея и функциональной клавиатуры.

Следует выделить *специальные типы контроллеров*, выпускаемых для целей противоаварийной защиты процессов и оборудования. Они отличаются особенно высокой надежностью, живучестью, быстродействием. В этих контроллерах предусмотрены различные варианты полной диагностики и резервирования как отдельных компонентов, так и всего контроллера в целом. В частности, можно отметить следующие распространенные варианты резервирования:

- горячий резерв всех компонентов и/или контроллера в целом (при прохождении теста в рабочем контроллере управление безударно переходит ко второму контроллеру);
- троирование основных компонентов и/или контроллера в целом с голосованием результатов обработки сигналов всех контроллеров (выходной сигнал принимается тем, который дали большинство контроллеров, а контроллер, давший другой результат объявляется неисправным);

– работа по принципу "пара и резерв", параллельно работает пара контроллеров с голосованием результатов, а аналогичная пара находится в горячем резерве; при выявлении разности результатов работы первой пары управление переходит ко второй паре; первая пара тестируется и, либо выявляется наличие случайного сбоя, тогда управление возвращается к первой паре, либо выявляется неисправность и управление остается у второй пары.

Контроллеры, обычно, могут иметь десятки входов/выходов от датчиков и исполнительных механизмов: их вычислительная мощность может быть разной (малые, средние и большие контроллеры): они реализуют типовые функции обработки измерительной информации, логического управления, регулирования. Многие из них имеют один или несколько физических портов для передачи информации в другие средства/системы автоматизации.

Примеры продукции зарубежных фирм, относящихся к этому классу ПТК приведены ниже:

- General Electric Fanuc Automation выпускает контроллеры серии 90 Micro;
- Rockwell Automation выпускает контроллеры серии Micrologix 1000;
- Schneider Automation выпускает контроллеры серии TSX Nano;
- Siemens выпускает контроллеры серии C7-620.

3.1.3. Сетевой комплекс контроллеров (PLC Network)

Этот класс ПТК является наиболее широко распространенным и внедряемым средством управления технологическими процессами во всех отраслях промышленности. Минимальный состав такого средства:

- ряд контроллеров;
- несколько дисплейных рабочих станций операторов;
- системная (промышленная) сеть, соединяющая контроллеры и рабочие станции между собой.

Контроллеры определенного сетевого комплекса имеют обычно ряд модификаций, отличающихся друг от друга мощностью, быстродействием, объемом памяти, возможностями резервирования, приспособлением к разным условиям окружающей среды, максимально возможным числом каналов входов и выходов. Это облегчает использование определенного сетевого комплекса для разных технологических объектов, поскольку позволяет наиболее точно подобрать контроллеры требуемых характеристик под разные отдельные узлы автоматизируемого агрегата и под разные функции контроля и управления.

В качестве дисплейных рабочих станций почти всегда используются те или иные персональные компьютеры в обычном или промышленном исполнении: большей частью с двумя типами клавиатур: обычной алфавитно-

цифровой и специальной функциональной, с одним или несколькими мониторами с большими экранами.

Системная сеть может иметь различную структуру: шину, кольцо, звезду; она часто подразделяется на отдельные сегменты, связанные между собою повторителями и маршрутизаторами. Информация, передаваемая по сети, достаточно специфична. Это ряд как периодических, так и случайных во времени коротких сообщений, к передаче которых предъявляются следующие требования: они ни в коем случае не могут быть утеряны (должна быть гарантирована их доставка адресату), в ряде случаев для сообщений высшего приоритета (например, сообщений об авариях) должен быть также гарантирован интервал времени передачи сообщений. Эти требования, вообще говоря, указывают на то, что предпочтительно методы доступа сообщений в системной сети могут основываться на передаче маркера или на взаимодействии узлов сети типа ведущий/ведомый (Master/Slave). В меньшей степени этим требованиям удовлетворяет метод случайного доступа к сети, при котором, в случае возникновения аварийной ситуации и, как ее следствия, одновременного резкого увеличения числа экстренных сообщений, которые должны пройти через сеть, может возникнуть затор в сети, что приведет к потере отдельных сообщений, а не только к задержке их доставки адресату.

Рассматриваемые сетевые комплексы контроллеров имеют верхние ограничения как по сложности выполняемых функций (обычно, типовые функции измерения, контроля, учета, регулирования, блокировки), так и по объему самого автоматизируемого объекта, в пределах десятков тысяч измеряемых и контролируемых величин (обычно, отдельный технологический агрегат, производственный участок).

Большинство работающих в СНГ зарубежных фирм поставляет сетевые комплексы контроллеров. Отметим, к примеру, сетевые комплексы малых контроллеров (порядка сотен входов/выходов на контроллер):

- комплексы серий контроллеров DL 205, DL 305 фирмы Kooyo Electronics;
- комплексы серий контроллеров TSX Micro фирмы Schneider Automation;
- комплексы серии контроллеров SLC-500 фирмы Rockwell Automation;
- комплексы серии контроллеров CQM1 фирмы Omron.

Примеры сетевых комплексов больших контроллеров (порядка тысяч входов/выходов на контроллер) возьмем из продукции этих же фирм:

- комплексы серии контроллеров DL 405 фирмы Kooyo Electronics;
- комплексы серий контроллеров TSX Premium фирмы Schneider Automation,
- комплексы серии контроллеров PLC-5 фирмы Rockwell Automation;
- комплексы серии контроллеров C200 фирмы Omron.

3.1.4. Распределенные маломасштабные системы управления (DCS Smaller Scale)

Этот класс микропроцессорных средств частично пересекается с классом сетевых комплексов контроллеров, но в среднем превосходит большинство сетевых комплексов контроллеров по мощности и/или гибкости структуры, а, следовательно, и по объему и сложности выполняемых функций. В целом он еще имеет ряд ограничений по объему автоматизируемого производства и по реализуемым функциям.

Основные отличия данных средств от сетевых комплексов контроллеров заключаются в несколько большем разнообразии модификаций контроллеров, развитой многоуровневой сетевой структуре, в большей мощности центральных процессоров контроллеров, в широком использовании отдельных конструктивов удаленных блоков ввода/вывода, рассчитанных на работу в различных условиях окружающей среды; в более развитой и гибкой связи с полевыми приборами и с корпоративной сетью предприятия. Зачастую, они имеют несколько уровней системных сетей, соединяющих контроллеры между собою и с рабочими станциями операторов (например, нижний уровень, используемый для связи контроллеров и рабочей станции отдельного компактно расположенного технологического узла и верхний уровень, реализующий связь средств управления отдельных узлов друг с другом и с рабочей станцией диспетчера всего автоматизируемого участка производства). В ряде случаев развитие сетевой структуры идет в направлении создания ряда полевых сетей, соединяющих отдельные контроллеры с удаленными от них блоками ввода/вывода и интеллектуальными приборами (датчиками и исполнительными устройствами). Такие достаточно простые и дешевые сети позволяют передавать информацию между контроллерами и полевыми интеллектуальными приборами в цифровом виде по одной витой паре, что резко сокращает длину кабельных сетей на предприятии и уменьшает влияние возможных помех, поскольку исключается передача низковольтной аналоговой информации на значительные расстояния.

В целом маломасштабные распределенные системы управления охватывают отдельные цеха и участки производства и, в дополнении к обычным функциям контроля и управления, часто могут реализовывать более сложные и объемные алгоритмы управления (например, задачи статической и динамической оптимизации работы автоматизируемого объекта). При этом сами сложные алгоритмы в зависимости от их объема и требуемой динамики выполнения реализуются либо в самих контроллерах, либо в вычислительных мощностях пультов операторов.

Ряд распространяемых в СНГ зарубежными фирмами ПТК можно отнести к данному классу средств. Примеры маломасштабных распределенных систем:

- ControlLogix разработки фирмы Rockwell Automation;
- Simatic S7-400 разработки фирмы Siemens;
- TSX Quantum разработки фирмы Schneider Automation.

3.1.5. Полномасштабные распределенные системы управления (DCS Full Scale)

Это наиболее мощный по возможностям и по охвату производства класс микропроцессорных ПТК, практически не имеющий границ ни по выполняемым на производстве функциям, ни по объему автоматизируемого производственного объекта. Нередки примеры использования одной такой системы для автоматизации производственной деятельности целого крупномасштабного предприятия.

Данный класс ПТК имеет все особенности вышеперечисленных классов микропроцессорных средств управления и дополнительно имеет ряд из перечисленных ниже свойств, влияющих на возможности полномасштабного использования этих средств на предприятиях.

А. Развитая сетевая структура

1. Наличие всех трех уровней сетей (информационная, системная, полевая) с имеющимися вариантами сетей отдельных уровней.
2. Использование мощных системных сетей, позволяющих подсоединять к одной шине сотни узлов (контроллеров и пультов) и распределять эти узлы на значительные (многокилометровые) расстояния.
3. Высокие скорости основных сетей и поддержка ими приоритетной передачи важнейших сообщений/команд.
4. Широкое и проработанное в масштабах данной системы использование информационных сетей (обычно, сети Ethernet) для связи рабочих станций операторов друг с другом, для их связи с серверами баз данных, для взаимодействия данного ПТК с корпоративной сетью предприятия, для возможности построения необходимой иерархии управляющих центров (планирование, диспетчеризация, оперативное управление).

Б. Широкий диапазон мощностей входящих в систему контроллеров

1. Вариантность по числу обслуживаемых входов/выходов (от сотен до десятков тысяч опрашиваемых датчиков).

2. Наличие модификаций, различающихся мощностью основного микропроцессора, быстродействием, объемами памяти разного типа, возможностями резервирования, степенью защиты от неблагоприятных условий окружающей среды.

3. Возможность в некоторых мощных модификациях контроллеров реализовать многие современные высокоэффективные, но сложные и объемные алгоритмы контроля, диагностики, моделирования, управления.

В. Разнообразие вариантов блоков ввода/вывода

1. Наличие встроенных в контроллер и удаленных блоков ввода/вывода, рассчитанных на практически любые типы датчиков и исполнительных механизмов.

2. Модификации удаленных блоков ввода/вывода для разнообразных условий промышленной окружающей среды.

3. Варианты "интеллектуальных" блоков ввода/вывода, реализующих, в том числе, простейшие алгоритмы контроля и управления.

Г. Широта модификаций рабочих станций

1. Возможный выбор вариантов рабочих станций по мощности и назначению: стационарные и переносные пульты операторов технологических процессов, диспетчерские рабочие станции, контролирующие рабочие станции руководящего персонала, инженерные станции.

2. Работа взаимодействующих рабочих станций управления в клиент/серверном режиме.

3. Конструктивное оформление пультов операторов с учетом эргономических требований.

Д. Современность программного обеспечения системы

1. Развитые сетевые SCADA-программы, имеющие модификации для различных уровней управления.

2. Набор технологических языков, обеспечивающих задачи контроля, логического управления, регулирования и имеющих мощные библиотеки типовых программных модулей, включающих в себя ряд эффективных современных модулей типа "Advance Control".

3. Наличие в составе программного обеспечения системы ряда прикладных пакетов программ, реализующих функции эффективного управления отдельными агрегатами (многосвязное регулирование, нейрорегуляторы и регуляторы на нечеткой логике оптимизация и т.д.), функции диспетчерского управления участками производства (компьютерная поддержка принятия управленческих решений), функции технического учета и планирования производства в целом.

4. Пакет программ автоматизации проектирования и документирования системы автоматизации.

Е. Развитость верхнего уровня управления производством

1. Проработка средств хранения и обмена информацией с другими системами автоматизации разных уровней управления и разного назначения.

2. Наличие программных и технических средств построения ряда уровней управления производством: планирования, диспетчеризации, оперативного управления участками, динамического управления отдельными агрегатами.

3. Включение в комплекс ряда функций по обслуживанию производства (типа управления складами, обслуживания оборудования, контроля за движением материальных потоков).

Вышеприведенная классификация помогает охватить всю гамму современных микропроцессорных ПТК и выделить основные черты и отличия отдельных классов этих средств.

3.2. Тенденции развития микропроцессорных средств управления

При выборе конкретного ПТК заказчику важно знать общие тенденции их развития, чтобы не приобрести морально устаревший комплекс. Действительно, если даже выбранный ПТК удовлетворяет всем сегодняшним требованиям по автоматизации конкретного объекта, но он недостаточно современен, то это может в дальнейшем при его эксплуатации (а срок службы приобретаемого комплекса не менее 10 лет) привести к нежелательным последствиям:

- затруднениям при его модернизациях, расширении, связях с другими приборами и системами, которые могут приобретаться в будущем;
- недостаткам возможностей при необходимости внедрения в дальнейшем более совершенных алгоритмов;
- повышенным затратам на обслуживание при будущей эксплуатации комплекса.

Ввиду этого необходимо при оценке разных комплексов на этапе их выбора для заказа иметь четкие представления о современности предлагаемых вариантов, а, значит, учитывать существующие мировые тенденции их развития.

Сегодня рынок средств автоматизации производства характеризуется следующими чертами:

- чрезвычайно высокая конкуренция сотен фирм, выпускающих различные средства автоматизации и распространяющих их в разных странах, пол-

ное отсутствие каких-либо «национальных» особенностей у средств, выпускаемых фирмами разных стран;

– наличие на рынке как очень крупных международных концернов, так и достаточно мелких системных интеграторов, выпускающих продукцию одного класса и близкого качества;

– чрезвычайно быстрый прогресс развития микропроцессорных средств, позволяющий производителям ПТК проводить модернизацию выпускаемых технических средств каждые несколько лет;

– существование многих влиятельных международных организаций и объединений крупнейших фирм, работающих в области унификации средств автоматизации.

Все эти черты определяют основные свойства лучших выпускаемых различных программных и технических средств: они не требуют обязательной полной замены старых систем, сравнительно легко взаимодействуют с разными средствами других фирм, все более просты в разработке, внедрении и эксплуатации. Дальнейшее совершенствование этих свойств будет наблюдаться и в ближайшие годы, чему способствуют основные направления развития программных и технических средств.

1. **Международная типизация и стандартизация** отдельных программных и технических средств, повышающая их качественный уровень и облегчающая взаимодействие средств разных фирм. Здесь под типизацией понимается практическая (а не формальная) стандартизация, приводящая к тем же общим для подавляющего большинства фирм решениям, хотя и не зафиксированным в каких-либо международных документах. Данная тенденция является основой развития и совершенствования всех видов средств, она постепенно охватывает все большее число разных характеристик, имеющих важное значение для пользователей.

2. **Открытость** программных и технических средств разных фирм друг к другу, унифицирующая их интерфейсы. Практически данная тенденция позволяет потенциальному заказчику не быть заложником фирм, продукция которых уже используется на предприятии. Каждая новая модификация систем автоматизации или их расширение, благодаря этому свойству, позволяет заказчику выбирать новые средства из всего спектра продукции, представленного на рынке, при условии наличия у новых средств и/или у уже эксплуатирующихся средств открытых интерфейсов.

3. **Модульность** построения отдельных средств, позволяющая производить сборку конкретных средств с индивидуальными свойствами из набора типовых (зачастую стандартизированных) модулей. Развитие этой тенденции, наряду с открытостью и стандартизацией, позволяет системным интеграторам собирать из готовых модулей разных производителей нужные системы управления или их значительные части.

4. **Интеграция** отдельных приборов, средств и комплексов автоматизации отдельных производственных объектов в единую систему управления производством. Все отмеченные выше тенденции приводят к возможностям все более простой и качественной интеграции разнородных систем автоматизации, что позволяет по-новому строить управление всем производством.

Ниже подробно рассмотрено, как эти направления развития конкретно реализуются в отдельных программных и технических средствах, входящих в ПТК, и как они изменяют ПТК в целом.

Верхний уровень управления производством.

На верхнем уровне управления (управление производством в целом) основной компьютерной задачей управления являются отдельные информационные сети, связывающие рабочие станции управляющего персонала на разных участках (мастеров, технологов, начальников цехов) с планирующими подразделениями. Эти сети взаимодействуют (или совпадают) с корпоративной сетью всего предприятия. На сегодня абсолютно доминирующим типом таких сетей является сеть Ethernet (сеть шинной топологии, случайного метода доступа, длиной от нескольких км до десятка км в зависимости от физической среды передачи информации, со скоростью передачи данных 10 Мбод). Она используется и как сеть, связывающая отдельные рабочие станции операторов технологических процессов между собой, и как сеть, объединяющая плановые, диспетчерские, оперативные органы управления производством, и как корпоративная сеть предприятия. Развитие информационных сетей идет в направлении создания все более высокоскоростных магистралей передачи информации. Сейчас разработаны и все шире внедряются (особенно при построении корпоративных сетей крупных предприятий) три типа магистралей:

- Fast Ethernet-шинная топология, случайный метод доступа, скорость передачи данных 100 Мбод:

- FDDI-топология – двойное кольцо, метод доступа передачи данных – временной маркер, скорость передачи данных 100 Мбод;

- АТМ-шинная топология, метод доступа передачи данных – "точка к точке", скорость передачи данных 155 Мбод.

Эти магистрали взаимодействуют с сетью Ethernet и постепенно заменяют ее при необходимости увеличивать объемы информации, передаваемой по информационным сетям. Последнее становится особенно актуальным для корпоративных сетей, которые в последнее время начинают включать в себя ряд новых функций. Кроме информационной связи между различными производственными и хозяйственными подразделениями предприятия они начинают информационно обеспечивать работу местной АТС, охранно-пожарной сигнализации, видеосистем, инженерных обслуживающих систем.

Узлы этих сетей – рабочие станции управленческого персонала, серверы баз данных, серверы приложений, склады данных – типовые персональные компьютеры разной мощности и комплектации.

Наряду с типизацией информационных сетей происходит типизация сетевых операционных систем, которыми оснащены персональные компьютеры-узлы информационных сетей. Последние годы лидерами таких операционных систем являлись:

- Windows NT, которая требует минимальный объем памяти: ОЗУ - 16 Мбайт, диск - 90 Мбайт, имеет сетевые протоколы: tcp/ip, ipx/spx, netbios, dhcp;

- Netware 4.1, которая требует минимальный объем памяти: ОЗУ - 8 Мбайт, диск - 75 Мбайт, имеет сетевые протоколы: tcp/ip, ipx/spx, netbios;

- OS/2 LAN Server 4.0, которая требует минимальный объем памяти: ОЗУ - 16 Мбайт, диск - 52 Мбайт, имеет сетевые протоколы: tcp/ip, netbios;

- Vines 5.54, которая требует минимальный объем памяти: ОЗУ - 8 Мбайт, диск - 80 Мбайт, имеет сетевые протоколы: tcp/ip, ipx/spx, netbios.

Но сейчас подавляющее большинство пользователей ориентируется на операционную систему Windows, которая стала фактически типовой операционной системой информационных систем предприятий.

Нечто аналогичное происходит и с большими сетевыми СУБД, которыми оснащаются корпоративные системы предприятий. Если еще несколько лет назад можно было говорить о лидирующем положении ряда конкурирующих СУБД: Oracle, Sybase, Informix, MS SQL-Server, Netware SQL, то в последнее время на роль типового лидера все более явно претендует СУБД Oracle, которая, несмотря на высокую стоимость, имеет преимущества в виде массы важных для предприятий приложений, работающих на данной СУБД.

Средний уровень управления.

На среднем уровне управления (управление отдельным цехом, участком, крупным производственным агрегатом) связующим контроллеры и рабочие станции операторов звеном является промышленная сеть, от которой требуется не только обычные, предъявляемые к информационным сетям требования, но и специфическое требование гарантии доставки всех 100% сообщений в нужное место и в заданное время. Если ранее каждая фирма, выпускающая ПТК, разрабатывала свою закрытую для других контроллеров промышленную сеть, то в последние годы, под нажимом заказчиков фирмы изменили свою политику: они стали ориентироваться на открытие своих промышленных сетей для аппаратуры других фирм. Постепенно выделилось несколько наиболее распространенных промышленных сетей, зарекомендовавших себя на практике (сети Modbus, Bitbus, Interbus S, CAN и некоторые

другие), которые приобрели характер типовых и которыми стали оснащать свои ПТК разные производители.

Последнее время появился международный стандарт на промышленную управляющую сеть – стандарт IEC 61158. По этому стандарту следующие сети признаны стандартными промышленными управляющими сетями:

- ControlNet;
- PROFIBUS;
- P-Net;
- Foundation Fieldbus;
- SwiftNet;
- WorldFip;
- Interbus.

Следует подчеркнуть, что из всех этих сетей подавляющее распространение в мире получили сети PROFIBUS и Foundation Fieldbus.

Используемая аппаратура управления также достаточно типизирована. Это касается и рабочих станций операторов, и контроллеров.

В качестве рабочих станций операторов используются разные по мощности ЭВМ совместимые с типовыми персональными компьютерами IBM. Функциональные клавиатуры операторов, обычно включаемые в комплект рабочих станций, есть в стандартном исполнении и все большее число фирм вместо разработки оригинальной функциональной клавиатуры включают в поставку ПТК стандартизированный вариант. Операционными системами рабочих станций являются, в зависимости от принятой архитектуры системы управления, в подавляющем большинстве случаев либо варианты типовой операционной системы Windows, либо широко распространенная система QNX.

Контроллеры, наиболее оригинальная аппаратура разработчиков ПТК, и то претерпевают изменения в сторону все большей типизации.

Имеющиеся стандарты шинной архитектуры компьютерных средств (стандарты VMEbus, STDbus, Futurebus) позволяют не разрабатывать разные блоки контроллера, а собирать контроллеры из готовых плат разных фирм, которые выпускают продукцию по этим стандартам.

Так, например, по наиболее распространенному в Европе стандарту VMEbus (VME32 - 32 разряда, VME64 - 64 разряда), у которого скорость передачи данных по шине составляет 20-40 Мбод, выпускают разные виды плат около 150 разных фирм. Номенклатура плат составляет более 3000 наименований: центральные процессоры, сетевые контроллеры, блоки памяти, различные виды модулей вводов/выводов и т.д. Платы вставляются в покупаемые стандартные конструктивы разных типов: рамы, панели, шкафы (выполненные, например, по евростандарту), которые имеют широкий диапазон

вариантов исполнения на разные условия окружающей среды: температуру, пыль, влагу, вибрацию, электромагнитные помехи и прочее.

В дополнение к этому, ряд фирм стали выпускать типовые мезонинные платы ввода/вывода. На каждой плате обычного размера может устанавливаться определенное число (обычно, четыре) мезонинных (съемных) плат (каналов ввода/вывода). Каждый такой канал может быть любого типа: аналоговый, дискретный, импульсный и т.п., и на любые нужные параметры.

Благодаря этим возможностям можно проводить сборку контроллеров из готовых элементов, подгоняя их структуру и характеристики точно под требования автоматизации конкретного объекта, а также простой заменой определенных плат или еще более мелкой заменой мезонинных плат ввода/вывода реализовывать требуемое в процессе эксплуатации переконфигурирование контроллеров под изменяющиеся свойства объекта.

В качестве операционных систем контроллеров подавляющее большинство фирм использует типовые системы: OS-9, OS-9000, VRTX, QNX, VxWorks, версии Windows, что позволяет не разрабатывать, а закупать основное прикладное обеспечение для контроллеров, имеющееся на рынке.

Технологические языки программирования контроллеров, рассчитанные на специалистов по автоматизации, недавно были стандартизированы – стандарт IEC 61131.3. Этот стандарт определяет структуру пяти технологических языков:

- язык лестничных диаграмм (релейные блокировки);
- язык функциональных блочных диаграмм (конфигуратор с набором типовых программных модулей);
- язык последовательных функциональных схем (процедуры и транзакции);
- язык структурированного пакета (типа Pascal);
- язык инструкций (создание процедур).

Ряд программистских фирм выпускают сейчас технологические языки по этому стандарту, ориентированные на работу под определенными типовыми операционными системами (например: PARADYM-31 фирмы Intellution, ISaGRAF фирмы CJ International), что позволяет разработчикам ПТК использовать их в своих комплексах. Практически все ПТК, выпущенные в последние годы, оснащены тем или иным числом технологических языков, соответствующих этому стандарту, которые либо разработаны самими фирмами разработчиками ПТК, либо закуплены ими у фирм, специализирующихся на программных продуктах.

Нижний уровень управления.

На нижнем уровне управления – уровне, объединяющем отдельные контроллеры с выносными блоками ввода/вывода и с интеллектуальными при-

борами (датчиками и исполнительными механизмами) – в последние годы начали происходить крупные изменения. Эти изменения, с одной стороны, обусловлены общими тенденциями стандартизации различных классов средств автоматизации, а с другой стороны – с увеличением мощности и параллельным удешевлением микропроцессоров, встраиваемых в отдельные приборы (после чего они и приобретают определение "интеллектуальные").

Очень перспективным технически и выгодным экономически является связь интеллектуальных датчиков и исполнительных механизмов с контроллерами через цифровую полевую шину. Это исключает искажения низковольтных аналоговых сигналов в цепях связи контроллеров с приборами, возникающие от различных промышленных электромагнитных помех; существенно экономит средства на кабельную продукцию, позволяя к одной шине подключать ряд приборов; имеет еще ряд преимуществ, которые перечисляются ниже при рассмотрении конкретных типовых полевых шин.

Естественно, что для возможности соединения контроллеров ПТК с приборами разных фирм нужна стандартизация полевой шины.

Такой **типовой протокол** – HART-протокол – был создан более 20-ти лет назад, и значительное число фирм, выпускающих ПТК и приборы, его поддерживают.

HART-протокол позволяет:

- проводить удаленную настройку датчиков на нужный диапазон измерения через полевую шину;
- не подводить к датчикам отдельные линии электропитания и не иметь в них блоков питания, а электропитание датчиков реализовывать через полевую шину от блоков питания в контроллере;
- увеличить информационный поток между контроллером и приборами, в частности, при наличии самодиагностики в приборах передавать сообщения о возникновении их неисправностей и виде этих неисправностей по полевой сети, а далее от контроллера оператору.

Последнее время наблюдается также тенденция более полно и рационально использовать возрастающую мощность микропроцессоров, встроенных в интеллектуальные приборы и в интеллектуальные блоки ввода/вывода. Эта тенденция привела к появлению идеологии Fieldbus Foundation, которая ставит своей целью перенос типовых алгоритмов переработки измерительной информации (фильтрации, масштабирования, линеаризации и т.п.), регулирования (стабилизации, слежения, каскадного управления и т.п.), логического управления (пуска, останова, блокировки группы механизмов и т.п.), на самый нижний уровень управления: уровень интеллектуальных блоков ввода/вывода, интеллектуальных приборов (датчиков и исполнительных механизмов). Для реализации этой идеологии разработана новая по возможностям и параметрам стандартная полевая сеть Foundation Fieldbus, которая посте-

ленно завоевывает все большее место в продукции разных фирм. Данная сеть позволяет реализовывать все функции, свойственные HART-протоколу, и, кроме того, по специальным технологическим языкам общения с приборами позволяет через эту сеть программировать конкретные алгоритмы контроля и управления, закладываемые в приборы. Ее параметры мало отличаются от параметров современных типовых промышленных сетей:

- длина одного сегмента шины до 1.5 км;
- скорость передачи информации по сети - 31.25 Кбит/сек;
- число приборов, подключаемых к сети до 32;
- метод доступа к сети «ведущий/ведомый».

Следует отметить, что существующая уже сейчас типизация и стандартизация отдельных программных и технических средств и их открытость к средствам других фирм позволяет небольшим коллективам, системным интеграторам, не разрабатывать, а собирать из отдельных программных и технических модулей и средств разных фирм достаточно большие ПТК и системы управления, ориентированные на автоматизацию конкретных промышленных объектов.

Так, например, ПТК может быть собран из следующих типовых и открытых элементов:

- сборка контроллеров под заданные конкретные свойства и параметры из стандартных плат VMEbus;
- помещение их в конструктивы евростандарта, выполненные под заданные условия окружающей среды;
- подбор в контроллеры мезонинных блоков ввода/вывода, соответствующих имеющимся на объекте датчикам и исполнительным механизмам;
- использование промышленной сети Profibus DP;
- закупка рабочих станций операторов – персональных компьютеров, требуемой мощности и необходимого промышленного исполнения под заданные условия окружающей среды;
- связь рабочих станций операторов между собою и с корпоративной сетью предприятия с помощью информационной сети Ethernet;
- применение типовых операционных систем: для рабочих станций операторов – Windows, для контроллеров – OS-9;
- использование типового прикладного программного обеспечения: для рабочих станций операторов – открытой SCADA программы (например, iFIX фирмы Intellution), для контроллеров – стандартизованных технологических языков (например, ISaGRAF фирмы CJ International).

Дальнейшее углубление и расширение описанных тенденций развития ПТК должно привести:

– к возрастанию числа специализированных фирм, выпускающих не сами ПТК, а их стандартизированные программные и технические модули и отдельные элементы;

– к увеличению числа и усилению роли системных интеграторов на рынке средств и систем автоматизации;

– к повышению качества, удешевлению и упрощению обслуживания отдельных программных и технических средств ПТК;

– к упрощению всех работ по модернизации и расширению существующих систем контроля и управления на производстве;

– к облегчению стыковки любых вновь закупаемых программных и технических средств автоматизации с имеющимися системами автоматизации на предприятии.

Выбор средств и систем автоматизации должен проводиться на основе объективно проведенных конкурсов.

Сложная задача выбора рационального как по техническим, так и по экономическим характеристикам средства (системы) автоматизации для конкретного объекта может быть решена только в результате объективно проведенных по рациональной методике конкурсов (тендеров). В этом случае будет гарантирован отбор наилучшего продукта по заданным к нему требованиям.

Ниже кратко перечисляются основные этапы рациональной методики конкурсов и их основные особенности.

1. Разработка технического задания на необходимое средство (систему). Основные свойства задания: полнота, конкретность, однозначность его понимания разными участвующими в конкурсе фирмами, отсутствие не влияющих на выбор лишних деталей.

2. Анализ имеющихся на рынке средств (систем) с целью выделения определенного их класса, отвечающего требованиям технического задания. Выделенный класс должен учитывать технические требования, экономические ограничения, свойства современности и перспективности разных средств (систем).

3. Отбор фирм для участия в закрытом конкурсе, рассылка им технического задания и консультирование по вопросам составления ими технико-коммерческих предложений. Главный фактор работы с фирмами – абсолютная одинаковость требований ко всем участникам конкурса.

4. Выбор важных для заказчика критериев сопоставления предложений и ранжировка заказчиком этих критериев. Учет при выборе критериев всех технических свойств самих средств, их экономических характеристик, репутации и методов работы производителей средств на отечественном рынке.

5. Анализ и, при необходимости, доработка поступивших от участников конкурса технико-коммерческих предложений с точки зрения их сопостави-

мости между собою и четкого выделения свойств, отвечающих на степень удовлетворения выше выбранным критериям.

6. Формирование группы экспертов, планирование условий проведения экспертизы поступивших предложений. Основные качества экспертов: компетентность в особенностях автоматизируемого объекта и в свойствах предлагаемых средств (систем), не ангажированность отдельными участниками конкурса.

7. Разработка сводных материалов по различным аспектам технико-коммерческих предложений, важных с точки зрения выбранных критериев оценки, для облегчения и ускорения работы экспертов.

8. Проведение заседания экспертной комиссии:

- сравнение представленных предложений и анализ степени их удовлетворения выбранным критериям;
- ранжировка представленных предложений каждым экспертом по каждому выбранному критерию:
- решение многокритериальной задачи и получение общей совокупной ранжировки всех предложений с учетом рангов выбранных критериев:
- расчет статистических характеристик согласованности работы экспертов;
- обсуждение и утверждение полученного решения.

9. Принятие заказчиком обоснованного решения на основе рекомендации экспертной комиссии.

Организация по этой методике конкурсов (тендерных торгов) для разных классов средств (систем), объектов разных отраслей и разного масштаба показывает ее высокую эффективность. Она позволяет выбрать средство (систему), полностью удовлетворяющее техническому заданию, достаточно современное и перспективное, при этом она дает заказчику экономию в размере от 15 до 35% затрат по сравнению со средней ценой всех поступивших на конкурс предложений.

Следует подчеркнуть, что во многих случаях конкурсы проводятся без учета всех или части вышеуказанных особенностей отдельных этапов, что полностью исключает возможность выбора наилучшего варианта и делает такие конкурсы нерациональными.

3.3. Программные средства систем управления

За последнее десятилетие операторские станции на основе персональных компьютеров заняли прочное положение в составе современных автоматизированных систем управления производством. Они, как многофункциональные программно-технические устройства, обеспечивают графический человеко-машинный интерфейс, обработку, протоколирование и архивирование технологической информации, вычислительную обработку данных, поддер-

живают сетевые связи и коммуникации между узлами систем. Операторские станции применяются практически на всех уровнях управления производством – от отдельного агрегата и установки до цеха и производства в целом. На разных уровнях управления перераспределяются и видоизменяются основные функции систем, однако их функциональный профиль в целом сохраняется.

На ранних порах развития микропроцессорной техники автоматизации производства в состав каждого комплекса технических средств включалось специально разрабатываемое программное обеспечение, которое не могло быть применено в микропроцессорных системах других фирм. Программные и технические средства разных изготовителей были взаимно несовместимы, закрыты.

С середины 80-х годов ряд фирм-разработчиков программных систем приступили к разработке и выпуску универсальных и открытых пакетов прикладных программ для компьютерных операторских станций, предназначенных не для конкретной микропроцессорной системы, но приспособленных для применения в разных программно-технических и сетевых средах. Свойство открытости состоит в том, что пакет прикладных программ:

- поддерживает совокупность интерфейсов и драйверов, позволяющих использовать пакет для широкого класса микропроцессорных контроллеров, систем и сетей передачи данных;
- содержит средства разработки новых (не предусмотренных разработчиком) интерфейсов и драйверов для микропроцессорных приборов и сетей;
- позволяет расширять функциональные возможности систем в соответствии с заданиями на конкретные проекты – путем подключения программ пользователя.

Специализация фирм позволяет им обеспечить высокий уровень разработок, последовательное использование принципов открытости делает пакеты функционально гибкими и расширяет возможности их применения. По этим причинам открытые универсальные пакеты программ во многих отношениях превосходят по своим характеристикам аналогичные разработки, включенные в конкретные системы автоматизации. В совокупности эти факторы приводят к росту популярности разработок и к увеличению тиража, что способствует снижению их стоимости.

Программные системы и пакеты прикладных программ, обеспечивающие работу компьютерных операторских станций, в литературе получили наименование «SCADA-программы» (аббревиатура «SCADA» означает Supervisory Control and Data Acquisition – сбор данных, наблюдение и управление).

SCADA-программы применяют в своей деятельности пользователи-сотрудники организаций следующих групп:

- промышленных предприятий, разрабатывающих и реконструирующих

микропроцессорные системы управления производственными процессами;

- проектных и найденных фирм, создающих и модернизирующих системы контроля и управления;

- системных интеграторов, разрабатывающих эффективные программно-технические комплексы управления, использующие технические и программные средства разных и изготовителей;

- фирм-разработчиков микропроцессорных средств автоматизации управления.

Потребность в анализе рынка SCADA-программ диктуется многими причинами:

- заинтересованностью в объективной сопоставительной информации о распространяемых SCADA-программах со стороны как фирм-разработчиков систем автоматизации производства, так и предприятий, эксплуатирующих и реконструирующих автоматизированные системы управления технологическими процессами;

- большим числом и разнообразием конкурирующих SCADA-программ;

- проблемами выбора SCADA-программы для качественной и экономической разработки проектов операторских станций, а также для их надежной эксплуатации.

SCADA-программы обеспечивают реализацию основных функций операторских станций в реальном времени:

- сбор текущей технологической информации от контроллеров или других приборов и устройств, связанных непосредственно или через сеть с операторской станцией;

- необходимую первичную обработку измерительной информации, а также вычислительную и логическую обработку технологических данных в операторских станциях;

- архивизацию и хранение текущей информации и ее дальнейшую обработку;

- представление текущей и исторической информации на дисплее (в формах динамизированных мнемосхем, гистограмм, анимационных изображений, таблиц, трендов, аварийных сообщений и т.д.);

- печать отчетов и протоколов в задаваемых формах – по времени или по запросу оператора;

- регистрацию аварийных ситуаций в моменты их возникновения и вывод аварийных сообщений на экран или на внешние устройства;

- ввод команд и сообщений оператора, их отработку или передачу в контроллеры и другие устройства;

- подключение и организацию взаимодействия прикладных программ пользователя с переменными базы данных реального времени и командами оператора;

– информационные сетевые взаимодействия между узлами системы управления.

Каждая SCADA-программа содержит в своем составе две базовые подсистемы:

– инструментальная система (система разработки), среда разработки программного обеспечения, действующая в составе операторских станций;

– исполнительная система, поддерживающая работу программного обеспечения операторских станций в реальном времени.

Инструментальная система применяется при разработке программ операторских станций проектантами и системными интеграторами. Каждый экземпляр инструментальной системы многократно используется для разработки операторских станций в разных проектах; применяется также эксплуатационниками на предприятиях для коррекций и модернизаций программного обеспечения станций.

Исполнительная система поддерживает, как правило, работу программного обеспечения отдельной станции. Инструментальная система технически может поддерживать также работу операторской станции в реальном времени и может быть применена в качестве исполнительной. В некоторых специализированных SCADA-программах инструментальная и исполнительная системы не разделены и представляют собой единое целое.

Преимущества использования SCADA-программ по сравнению с непосредственным программированием операторских станций состоят в следующем:

– практически исключается необходимость в привлечении высококвалифицированных программистов для разработки операторских станций, для этого достаточно квалификации специалиста по автоматизации производства и программиста средней квалификации;

– значительно сокращаются затраты труда и времени на разработку операторских станций;

– поддерживается на высоком уровне качество созданных программ;

– существенно повышается удобство работы оператора производства.

3.4. Выбор SCADA-программы для конкретной системы автоматизации производства

При выборе SCADA-программы для конкретного проекта необходимо вначале четко определить набор требований к характеристикам операторских станций. На их основе определяются требования к SCADA-программе и подвергаются анализу имеющиеся на рынке SCADA-программы на соответствие поставленным требованиям. Из удовлетворяющих требованиям проекта выбирается программа, наилучшая по совокупности технико-экономических показателей.