

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

О.В. Шишов

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Электронно-
Библиотечная
Система
znanium.com



ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Рекомендовано
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений
обучающихся по техническим направлениям*



Москва
«ИНФРА-М»
2015

УДК 65.011.56 (075.8)

ББК 32.965.7я73

Ш55

Технические средства автоматизации и управления: Учебное
Ш55 пособие / Шишов О. В. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 279 с. - (Высшее образование)

ISBN 978-5-6-005130-8

Освещаются современные технологии промышленной автоматизации — вопросы применения в системах АСУТП промышленных компьютеров и контроллеров, особенности разработки их программного обеспечения. Рассматриваются подходы к созданию распределенных систем управления, а также компоненты таких систем — программируемые логические контроллеры, промышленные цифровые сети, средства организации человеко-машинного интерфейса, устройства связи с объектом и т. д. Определяются задачи различных уровней АСУ и средства для интеграции этих уровней — SCADA и OPC-системы.

Предназначено для студентов технических направлений высшего профессионального образования и специалистов в области автоматизации производства.

ББК 32.965.7я73

ISBN 978-5-6-005130-8

© Шишов О.В., 2015

СОДЕРЖАНИЕ

I. БАЗОВЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ	5
1. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА БАЗОВЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ	5
2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ	9
3. ВСТРАИВАЕМЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ	13
4. ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЬЮТЕРОВ	26
5. ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ	29
6. СТРУКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КОНТРОЛЛЕРОВ	32
7. КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТРОЛЛЕРОВ	37
8. ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ.....	44
9. СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПРОГРАММ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ	50
10. ВЫБОР КОНТРОЛЛЕРОВ	55
11. СОВРЕМЕННЫЙ РЫНОК КОНТРОЛЛЕРНЫХ СРЕДСТВ.....	59
11.1 РЫНОК ЗАРУБЕЖНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ.....	59
11.1.1 Одноплатные встраиваемые IBM PC совместимые контроллеры	60
11.1.2 Релейные универсальные контроллеры	60
11.1.3 Контроллеры фирмы Siemens серии SIMATIC S7-200	70
11.1.4 Программируемые контроллеры SIMATIC S7-300 и SIMATIC S7-400	80
11.1.5 Контроллеры фирмы ADVANTACH серии ADAM-5000	81
11.1.6 Контроллеры фирмы WAGO серии WAGO-I/O-SYSTEM.....	84
11.1.7 Программируемые логические контроллеры фирмы OMRON.....	85
11.1.8 PC - совместимые контроллеры фирмы ICP DAS	91
11.1.9 Контроллеры фирмы Шнайдер-электрик	94
11.2 ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ РЫНОК ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ.....	110
11.2.1 Промышленные контроллеры ОАО «ЗЭиМ»	110
11.2.2 Контроллеры группы «ТЕКОН»	125
II. КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ АСУ ТП	139
1. ЭВОЛЮЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ СТРУКТУР АСУ ТП ..	
2. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРОВ.....	139
3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПТК	150
4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПТК	150
5. ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПТК ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ОБЪЕКТА	159
6. ПТК ВЕДУЩИХ КОМПАНИЙ	161
6.1 Система управления процессами Process Control System 7 фирмы SIEMENS	161
6.2 Программно-технический комплекс фирмы OMRON	164
6.3 Программно-технический комплекс ТЕКРОН®	166
7. ЦИФРОВЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ	169
8. УСТРОЙСТВА СВЯЗИ С ОБЪЕКТАМИ	189
8.1 Нормирующие преобразователи	189
8.2. Дискретные модули УСО	191
8.3 Аналого-цифровые УСО	194
8.4 Устройства удаленного сбора данных и управления	207

9. ТИПОВЫЕ СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА.....	226
10. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ	235
 III. ПРЕДПРИЯТИЕ КАК ЦЕЛОСТНЫЙ ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ	
1. УРОВНИ И ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ.....	252
2. ПУТИ И СРЕДСТВА ИНТЕГРАЦИИ ЗАДАЧ И УРОВНЕЙ АСУ	257
3. СТАНДАРТ ОРС.....	261
4. SCADA-СИСТЕМЫ	265
ЛИТЕРАТУРА.....	278

I. БАЗОВЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

1. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА БАЗОВЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Появление в середине 70-х годов микропроцессоров позволило полностью использовать при построении систем управления технологическим оборудованием все достоинства цифровой техники. Кроме привычных достоинств «цифры» к ним прибавились те преимущества, которые вытекают из программной организации управления (гибкость, адаптация) и возможности программной реализации некоторых функций (фильтрация, ДПФ, алгоритмов подбора кодов в АЦП и т.п.), которые до этого выполнялись только аппаратно.

С этого времени обозначилось два направления внедрения микропроцессорной техники в АСУ ТП. В соответствии с одним направлением в системы управления промышленными объектами все шире внедряются элементы вычислительной техники, которые изначально не предназначались для этих целей, например, персональные компьютеры (Personal Computer – PC). Первоначальное их назначение – осуществление вычислительных операций, работа в офисе. Важнейшую роль в организации работы такой техники играет развитая система человеко-машинного интерфейса. Адаптация этой техники к условиям производства привела к появлению класса промышленных компьютеров.

Второе направление – это применение разработок, которые изначально создавались для управления именно промышленными объектами. В состав таких устройств, прежде всего, включались средства управления конкретным технологическим оборудованием – сначала обеспечивалось с заданным качеством и минимальными издержками выполнение заданного перечня задач управления – и лишь потом на втором этапе с минимальной достаточностью решались вопросы включения средств решения сервисных задач, например, средств для «общения» с оператором. Такие устройства управления получили название контроллеров.

Перед проектировщиком АСУ ТП сегодня постоянно ставится задача найти в этих двух направлениях оптимально решение для каждого конкретного случая.

Беспримерное проникновение персональных компьютеров во все сферы современной жизни (будь то Ваш дом или офис) повлекло за собой постепенное стирание различий между бытовым и промышленным программным обеспечением. Сегодня PC решают не только все задачи управления верхнего уровня иерархии, но и заняли прочное место в реализации некоторых подсистем управления производством (например, подсистемы визуализации и обслужи-

ния). В настоящее время РС стремительно врываются в сферу управления технологическими процессами.

Подобные тенденции объясняются возросшей необходимостью снижения затратности производства, реализация же систем автоматизированного управления на базе привычных персональных компьютеров (которые у Вас и так уже есть!) позволяет сэкономить немалые денежные средства. Хотя выбор между классическим гибко программируемым контроллером и РС зачастую зависит не только от технических характеристик оборудования или граничных условий решаемой задачи. Решающую роль здесь могут играть также личные предпочтения и опыт пользователей.

При всей серьезности проблемы невозможно дать однозначные рекомендации, в каких случаях нужно применять гибко программируемые контроллеры, а в каких, возможно выбрать решение на базе РС. Конечно, существуют такие критерии, как стоимость системы, возможность ее работы в реальном режиме времени, надежность, вычислительная мощность или сложность проведения инсталляционных работ и сервисного обслуживания, однако применение этих критериев также зависит от конкретной постановки задачи, особенностей приложения и требований пользователей.

Тем не менее, в управлении технологическими процессами наиболее важную роль всегда играли работоспособность системы в реальном масштабе времени и ее надежность – качества, которыми до не давних пор не обладали решения на базе РС, но без которых система управления технологическим процессом просто немыслима.

Персональный компьютер с привычными для нас аппаратными и программными средствами абсолютно не рассчитан на то, чтобы реагировать на какие-либо события в управляемом процессе в течение детерминированных (предопределенных) промежутков времени. При работе РС возможно, что операционная система или части пользовательских приложений блокируют центральный процессор на достаточно продолжительные промежутки времени (так, например, обработка одного прерывания может исключить на некоторое время обработку других последующих прерываний). Такое поведение системы «смертельно» для технологических процессов, требующих строго определенного времени реакции.

Гибко программируемые контроллеры, напротив, работают именно таким образом, что следующие друг за другом алгоритмические шаги и процедуры исполняются за строго определенное время. Такая концепция позволяет легко оценить максимальное время реакции системы управления.

Конечно же, РС также можно сделать способным работать в реальном режиме времени. Выбор подходящей операционной системы и грамотное написание программного обеспечения позволят и при использовании персональных компьютеров достичь гарантированного времени исполнения программного цикла и обработки прерываний. Однако чем больше функций работы в реальном режиме времени будет встроено в персональный компьютер, тем дальше это конкретное решение будет отстоять от общепринятых стандартов и таких

связанных с ними качеств, как открытость и совместимость с другими системами.

Примером операционной системы реального времени для РС является QNX. Можно использовать и более распространенные операционные системы. Так, например, Windows NT не является полноценной операционной системой реального режима времени, но в определенных случаях можно добиться вполне приемлемого времени реакции для некоторых задач технологического управления. Для обеспечения абсолютной предсказуемости времени реакции эта операционная система должна быть соответствующим образом расширена. Подобные расширения всегда специфичны для определенных производителей, т. к. в настоящий момент на международном рынке не существует общепризнанных стандартов операционных систем (или расширений операционных систем) реального времени. Эта необходимость создания нестандартных расширений влечет за собой, как уже говорилось, потерю самого главного преимущества решений на базе РС – их открытости, решение становится зависимым от конкретного производителя, осложняется последующий переход на новую версию операционной системы. Однако в тех случаях, когда нарушение строгих временных рамок допустимо («мягкий» режим реального времени), применение открытых систем на базе персональных компьютеров не представляет никакой сложности.

Возможность работы системы в реальном режиме времени является не единственным фактором при выборе между гибко программируемыми контроллерами и РС. Такие критерии, как возможность подключения системы к информационной сети, функции обработки данных и визуализации, а также качество графического интерфейса играют почти такую же важную роль. Вообще говоря, в тех случаях, когда дополнительные функции начинают существенно превалировать над чистыми функциями управления и требуется использование всего спектра возможностей РС, предпочтительно применение программных решений на базе персональных компьютеров.

Другим известным недостатком РС-компьютеров, при использовании их в системах управления, является медленный старт, поскольку при включении питания в них производится тестирование периферии процессорного модуля, инициализация и перекачка ядра операционной системы, пользовательской программы из ПЗУ в ОЗУ, и только затем система передает управление пользовательской программе. Типовое время старта системы – от десятков секунд до нескольких минут в зависимости от типа процессорного модуля и типа операционной системы. То же время необходимо в случае автоматического перезапуска компьютера с помощью сторожевого таймера (Watchdog timer) в случае сбоя программы, т.е. система зависает в ожидании рестарта.

Выделим из проведенного анализа выводы по преимуществам и недостаткам создания систем автоматизированного управления на базе РС. Включим в них также те очевидные плюсы и минусы, о которых не говорилось выше.

Преимущества:

- экономия средств в тех случаях, когда РС является частью технологического оборудования;

- открытость: программное и аппаратное обеспечение не зависят от конкретного производителя, обладают высокой производительностью и низкой ценой;

- практически неограниченный объем ОЗУ;

- возможность решения задач визуализации без необходимости затрат на дополнительное проектирование;

- возможность использования функций, написанных на распространенных языках высокого уровня (например, С).

Недостатки:

- реализация режима реального масштаба времени возможна только путем расширения распространенных операционных систем или при применении специальных систем;

- в семействах программируемых контроллеров имеется значительно большее разнообразие периферийных устройств различных классов (устройств связи с объектом);

- аппаратное обеспечение стандартных РС (не РС промышленного исполнения) намного уступает программируемым контроллерам, с точки зрения надежности. то же самое касается и системного программного обеспечения, т. к. оно значительно проще в программируемых контроллерах, чем в РС;

- нет устройств памяти, буферизуемых батарей, таким образом, невозможна организация «перманентных» переменных;

- невозможно распознавание ситуации перебоя электропитания.

Необходимо отметить, что перечисленные недостатки становятся все более размытыми и менее выраженными.

2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

Первые энтузиасты применения персональных компьютеров в промышленности брали за основу материнские платы обычных офисных компьютеров и помещали их в специальные корпуса. С течением времени, однако, выработались вполне определенные характерные черты, которыми отличаются современные компьютеры для промышленного использования. За ними закрепилось название промышленных компьютеров.

Такие компьютеры имеют повышенную надежность, предназначены для круглосуточной работы в условиях сильных помех, запыленности, больших перепадов температуры, вибрации и других неблагоприятных факторов. К таким факторам также относят низкий уровень подготовки персонала, ведь человек, работающий, например, на поточной линии, не готовился как специалист по вычислительной технике.

Как правило, вместо стандартной материнской платы в промышленном компьютере применяется пассивная объединительная панель, в один из слотов которой вставляется процессорная плата. Для обеспечения связи с различными датчиками, исполнительными устройствами и каналами коммуникации может потребоваться большое количество плат расширения, поэтому допустимое чис-

ло таких плат в промышленных персональных компьютерах достигает 12 - 14 и больше, в отличие от максимального 6 - 8 в офисных моделях.

Иногда применяют секционированные панели, которые позволяют компоновать несколько независимых компьютеров в одном корпусе. Применение пассивной панели существенно сокращает время ремонта, а соответственно и время простоя технологического оборудования. Замена любой платы, в том числе процессорной, не превышает 5 - 10 минут. Кто хотя бы один раз менял материнскую плату в стандартном персональном компьютере, согласится, что это хорошее время.

Промышленные компьютеры имеют упрочненные металлические корпуса, как правило, предназначенные для монтажа в стандартные стойки. Во многих системах применяются специальные средства для обеспечения повышенной виброустойчивости. Часто доступ к накопителям (НГМД, CD ROM) закрыт специальной дверцей с замком для предохранения от загрязнений и несанкционированного доступа.

Обычно промышленные компьютеры снабжены источником питания большой мощности и имеют развитую систему воздушного охлаждения со сменными пылеулавливающими фильтрами и положительным внутренним давлением очищенного воздуха. Некоторые фирмы для особо ответственных приложений выпускают отказоустойчивые компьютеры с дублированием важнейших узлов и способностью их замены во время работы.

Как известно, существует несколько направлений (платформ) развития современных персональных компьютеров, однако в области создания промышленных компьютеров ведущим направлением является применение архитектуры IBM PC. Это определяется несколькими причинами.

Во-первых, IBM-совместимые компьютеры в настоящее время количественно лидируют на рынке персональных компьютеров и сейчас есть практически в любой фирме на каждом столе. Наличие большого количества независимых поставщиков соответствующих аппаратных средств и специализированных микросхем, ожесточенная конкуренция между ними ведут к постоянному снижению цен и повышению технико-экономических показателей. Как следствие, для разработки вы имеете дешевую и хорошо знакомую платформу.

Во вторых, существует огромный задел программного обеспечения, в том числе в области систем реального времени.

И в третьих, существует большое количество высококвалифицированных специалистов по архитектуре и программированию IBM PC.

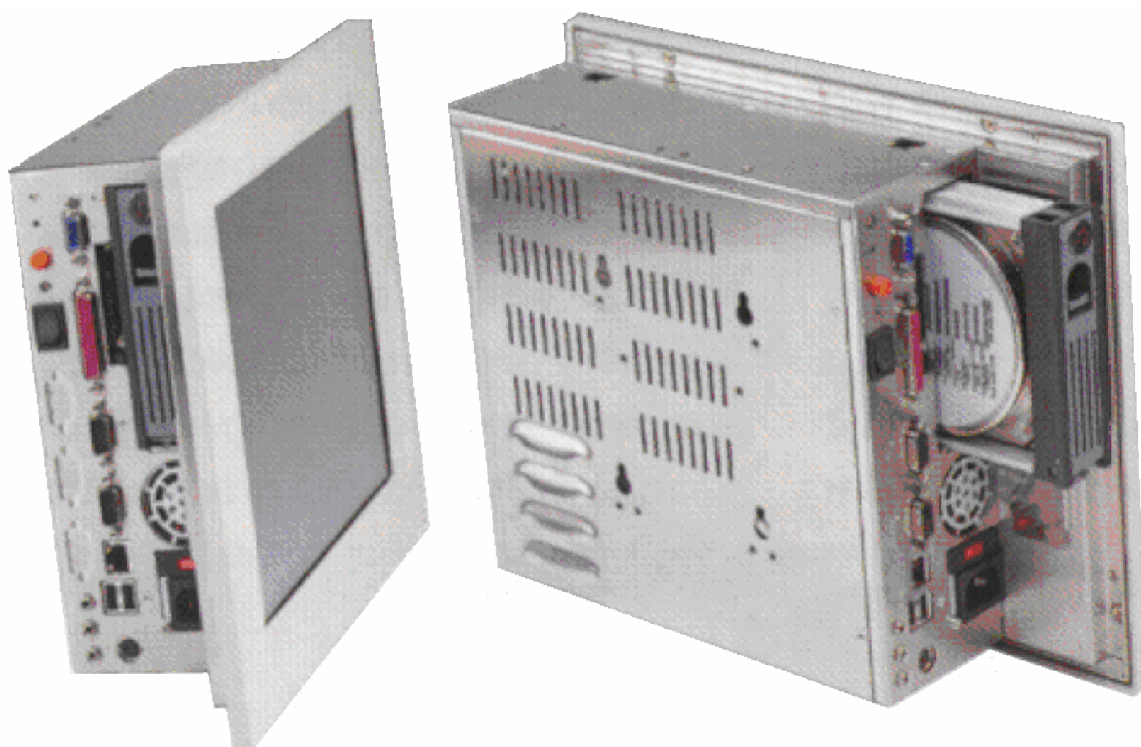
На нашем рынке производители промышленных компьютеров представлены достаточно большим числом фирм. Среди самых известных можно назвать такие, как Advantech, ICP, Intecolor, Texas Micro и другие.

В зависимости от сферы применения промышленные компьютеры выпускаются в самом различном исполнении. Некоторые из них по внешнему виду отдаленно напоминают офисные компьютеры. Примером таковых могут являться промышленные компьютеры фирмы ICOS из серии ROBO. Однако, от офисных компьютеров их отличает прочный стальной корпус, виброустойчивое крепление процессорной платы, плат расширения и накопителей, эффективная

система вентиляции, защита от пыли, большое число слотов расширения, наличие сторожевого таймера, возможность эксплуатации от 0 до 60 °С. Конструктивно они могут встраиваться в стойку шкафов с электрооборудованием (рис. 1.1) или иметь щитовое исполнение (рис. 1.2).



Р и с. 1.1. Промышленный компьютер фирмы ICOS из серии ROBO для встраивания в шкаф



Р и с. 1.2. Промышленный компьютер фирмы ICOS из серии ROBO в щитовом исполнении

На рис. 1.3 показан пример другого конструктивного исполнения компьютера для встраивания его в шкаф с другим оборудованием – промышленный компьютер LKM 9268 фирмы ICP Electronic. Он устанавливается на выдвижную панель. Жидкокристаллический дисплей может складываться. Компьютер выдвигается из шкафа только на время работы с ним.



Р и с. 1.3. Промышленный компьютер LKM 9268 фирмы ICP Electronic

Получили распространение так называемые индустриальные рабочие станции (Industrial Workstation), которые характеризуются тем, что для повышения конструктивной надежности все узлы компьютера (центральный процессорный модуль, дисплей, клавиатура, накопители и т. д.) монтируются в одном корпусе. Их выпускают различные фирмы. На рис. 1.4 в качестве примера показана рабочая станция WS-843 фирмы ICP Electronic, выполненная в виде плоской панели.

Известным производителем промышленных компьютеров, в том числе и рабочих станций, является фирма Advantach. Ее промышленные станции характеризуются широким спектром вариантов по производительности, выпускаются с диагоналями дисплеев 10, 12 и 15 дюймов, имеют от 4 до 14 слотов расширения PCI/ISA, многофункциональную мембранную клавиатуру, прочную лицевую панель (IP65), выпускаются варианты и с сенсорным экраном.



Р и с. 1.4. Рабочая станция в панельном исполнении WS-843 фирмы ICP Electronic

Отдельного разговора заслуживают специальные защищенные и упрочненные компьютеры для мобильных применений – промышленные ноутбуки. В промышленности они используются в основном как переносные системы отладки и проверки работоспособности оборудования, программаторы и т. д.



Р и с. 1.5. Специальный ноутбук для работы в полевых условиях

На рис. 1.5. показан пример такого компьютера фирмы Getac, который может работать как в условиях пыльной бури, так и в условиях морского шторма. Несмотря на внешнее сходство с обычным ноутбуком, он имеет ряд уникальных характеристик, таких как пыле- и водонепроницаемый металлический корпус, вибро- и ударопрочность в соответствии с военными стандартами, рабочий диапазон температур от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$ и т. п.

3. ВСТРАИВАЕМЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

Сегодня архитектура РС широко вторгается на рынок недорогих систем управления низового звена автоматики. Характерной особенностью систем автоматизации нижнего уровня является то, что такие системы устанавливаются непосредственно в промышленное или бортовое оборудование. При этом РС являются неотъемлемой частью какого либо прибора, станка или агрегата, поэтому их называют встраиваемыми (embedded). Т.к. они располагаются на самом объекте управления, то часто должны работать в необорудованных и не отапливаемых помещениях, а то и просто на улице.

Особенности такого применения накладывают ряд специфических требований. Наряду с ужесточением требований по вибростойкости, ударопрочности, рабочему диапазону температур добавляются такие, как малые габариты и низкий уровень потребляемой мощности. Кроме того, могут предъявляться достаточно экзотические требования по взрывобезопасности, радиационной стойкости, стойкости к химически агрессивным средам или сильным электромагнитным полям. С функциональной точки зрения в них мы можем увидеть вещи, не характерные для компьютеров, например "сторожевой таймер" или хранение параметров SETUP в энергонезависимой памяти. Часто операционная система загружается из ПЗУ, а в качестве накопителей используются электронные диски, в том числе на базе флэш-памяти.

Разработчики встраиваемых систем, желающие использовать архитектуру РС, стоят перед выбором: либо разрабатывать систему "с нуля", используя тот или иной набор микросхем, либо применять в качестве основы готовые изделия специализированных компаний. Можно констатировать, что второй подход все чаще берет верх, и тому есть много причин.

Во-первых, разработка вычислительной системы, например класса 386, 486 или выше, является дорогим удовольствием. Необходим штат высококвалифицированных схемотехников и программистов. Высокие тактовые частоты используемых микропроцессоров требуют особо тщательного проектирования печатных плат, а современная элементная база даже для изготовления прототипа требует высококлассного технологического оборудования, обеспечивающего монтаж на поверхность. Например, современный корпус микросхемы на 100 выводов имеет ширину вывода 0,3 мм и расстояние 0,5 мм между выводами. Распаять качественно вручную подобные изделия без применения специального оборудования практически невозможно.

Хотя кажется, что устройство, разработанное с учетом конкретных нужд и не включающее в себя ничего лишнего, обойдется вам дешевле, чем

универсальные, а значит, избыточные изделия специализированных компаний, это впечатление может оказаться обманчивым, так как существует множество скрытых затрат, таких как организация и поддержка разработки и производства, входной и выходной контроль, испытания и тестирование, отладка программного обеспечения, гарантийные обязательства и т. п. Кроме того, изготовители стандартных модулей закупают комплектующие большими партиями по более дешевым ценам. Вот почему самостоятельная разработка может быть экономически выгодна только при достаточно большой тиражности изделия.

Во вторых, в условиях жесткой конкуренции очень важно минимизировать время от идеи до готового изделия. Поэтому многие, даже крупные компании предпочитают сосредоточить свои ресурсы на том, что они умеют делать лучше других – производить технологическое оборудование, а не изобретать колесо, особенно, если стоимость системы управления составляет лишь малую долю от стоимости всего изделия (станка, линии и т. п.)

В третьих, время жизни наборов микросхем, используемых в РС, часто не превышает и одного года. Не исключена ситуация, когда, закончив разработку, вы неожиданно обнаружите, что микросхемы, использованные в проекте, уже сняты с производства. Время же жизненного цикла систем автоматизации достигает 10 лет. В этой ситуации фирмы, специализирующиеся на изготовлении стандартных модулей, как правило, заключают специальные соглашения с ведущими изготовителями компонентов, по условиям которых они заблаговременно получают информацию как о планах снятия каких либо компонентов с производства, так и о планах выпуска новых. Это позволяет таким фирмам закупить необходимое количество "критических" компонентов для обеспечения необходимого жизненного цикла своей продукции. Кроме того, они способны обеспечить полную совместимость снизу вверх последующих поколений своих изделий.

И, наконец, в четвертых, при приемлемом тираже вашей продукции специализированные фирмы могут внести необходимые изменения в свои стандартные изделия, чтобы те удовлетворяли вашим требованиям.

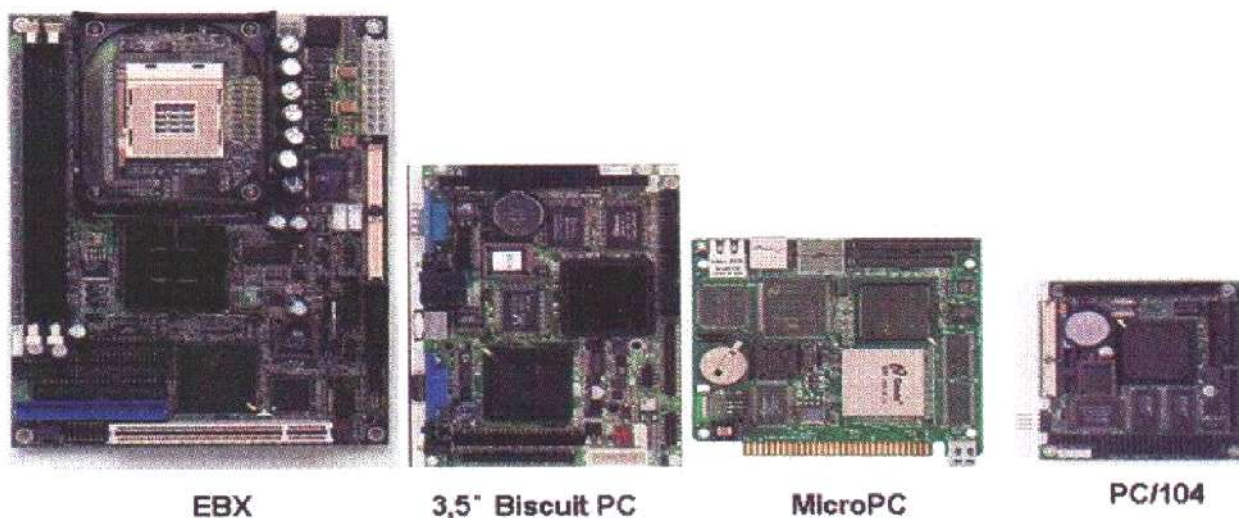
Процесс разработки и отладки системы при использовании готовых модулей ввода/вывода и языков высокого уровня по времени сводится к минимуму. Одним из достоинств использования встраиваемых компьютеров является использование хорошо известного программного обеспечения. Фактически во время разработки пользователь может использовать типовую операционную систему обычного РС-компьютера, а также широко известные языки высокого уровня (СИ, Форт, Паскаль, Бейсик и т. д.). После завершения процесса разработки и отладки готовая программа записывается в ПЗУ, которое установлено на плате компьютера. После включения питания, стартовый загрузчик процессора перекачивает ядро операционной системы и разработанную программу из ПЗУ в ОЗУ и устройство управления готово к работе.

В России широко известны такие производители встраиваемых РС, как Advantach, Octagon Systems, Fastwel, Ampro, PEP, Radisys и другие.

Условно встраиваемые компьютеры можно разделить на две группы. К первой относятся компьютеры, собираемые из нескольких плат, объединяемых

системной шиной, а ко второй – одноплатные компьютеры, где все необходимые функции интегрированы на одной плате небольшого размера. Использование подхода с системной шиной позволяет создавать функционально более мощные системы управления, обладающие гибкостью в плане переконфигурации и настройки на конкретное приложение. Компьютеры на одной плате (Single Board Computer – SBC), не имея средств поддержки общей системной шины, могут оказаться более дешевым решением в тех случаях, когда особая гибкость не нужна. Тем не менее, одноплатные компьютеры, как правило, снабжаются шиной расширения, или, как ее иногда называют, мезонинной шиной (mezzanine bus), для подключения при необходимости дополнительных плат, выполняющих какие либо специфические функции, требуемые в конкретных приложениях.

Неадекватный выбор вычислительного ядра для встраиваемой системы может привести к увеличению времени создания конечной системы, дополнительным финансовым затратам или даже поставить под угрозу проект в целом. При этом приходится выбирать из нескольких конструктивных решений, не говоря об учете большого числа технических факторов, от стоимости до устойчивости к внешним воздействиям. Это требует хорошей ориентации в современных тенденциях развития рынка SBC и определения основных критериев выбора изделий для конкретного приложения.

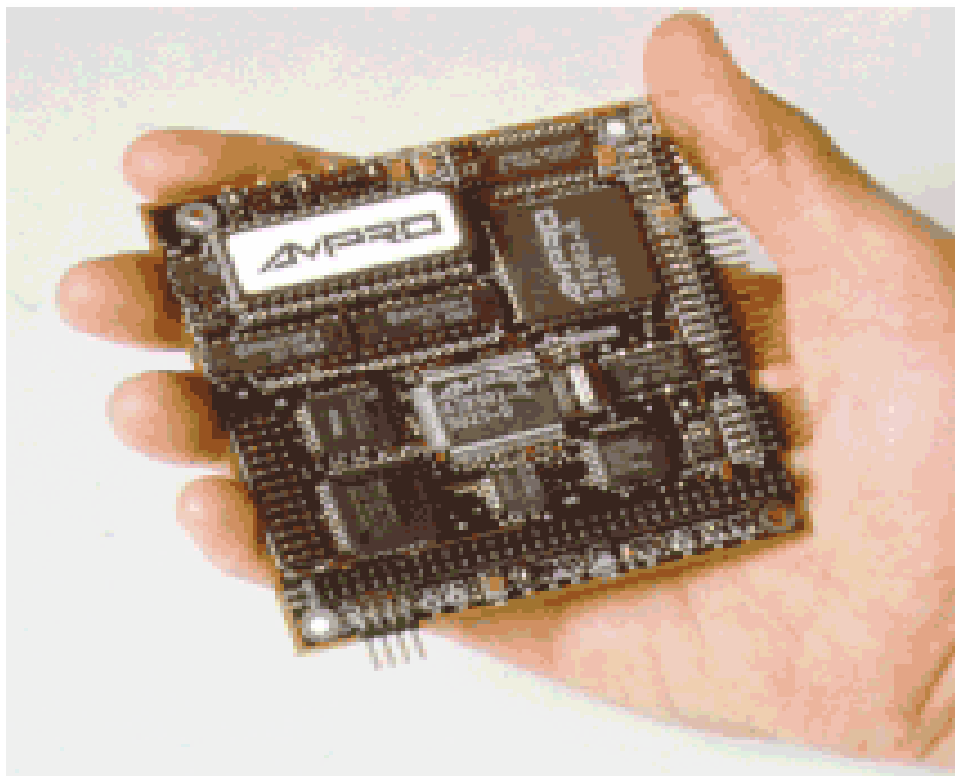


Р и с. 1.6. Распространенные конструктивные стандарты (форм-факторы) для одноплатных встраиваемых компьютеров.

Термин «встраиваемые системы» подразумевает, прежде всего, компактность конечного изделия. С этой точки зрения одной из важных характеристик SBC становится соответствующий конструктивный стандарт. Конкретный конструктивный стандарт рождался изначально в «недрах» той или иной фирмы-производителя, поэтому нужно иметь в виду, что во многом форм-фактор оказался неизбежно связанным с той общей концепцией, которой придерживался производитель при разработке своей серии устройств. К наиболее

распространенным конструктивным стандартам (форм-факторам) для одно-платных встраиваемых компьютеров в настоящее время можно отнести такие как PC/104, MicroPC, EBX, 3,5" и 5,25" (рис. 1.6).

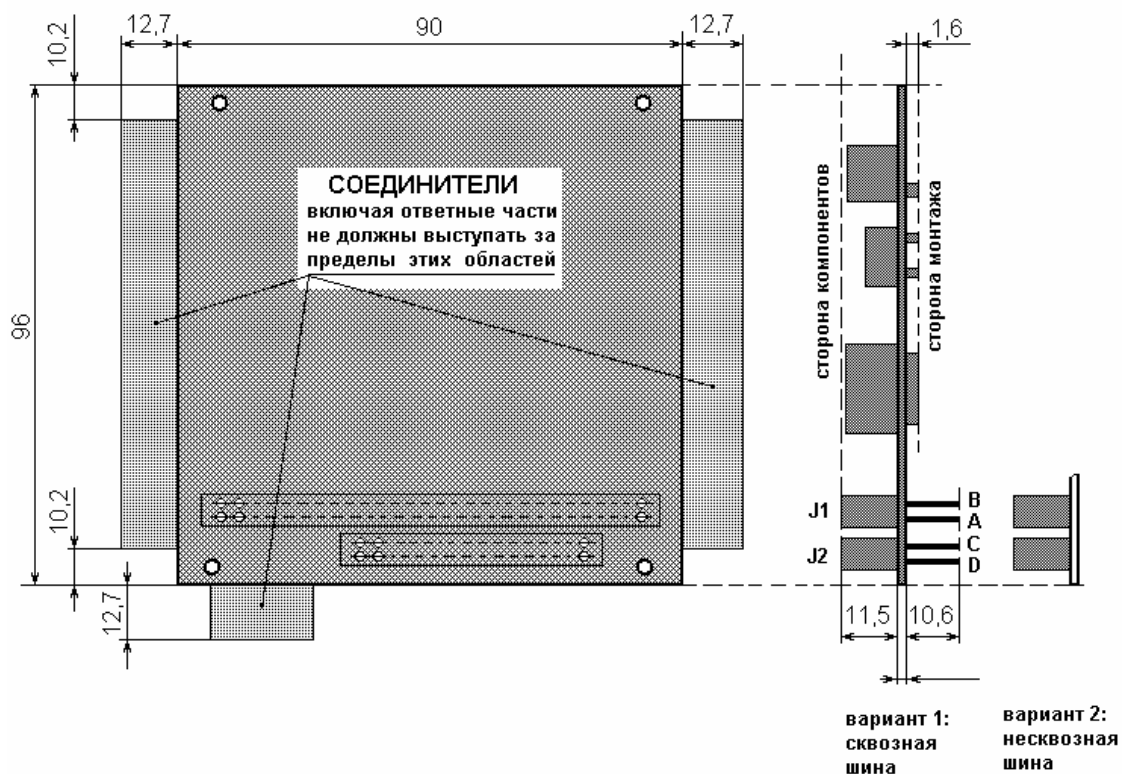
PC/104 – один из наиболее компактных форм-факторов. Линейные размеры стандартной платы всего 90 x 96 мм (рис. 1.7).



Р и с. 1.7. Внешний вид процессорной платы стандарта PC/104

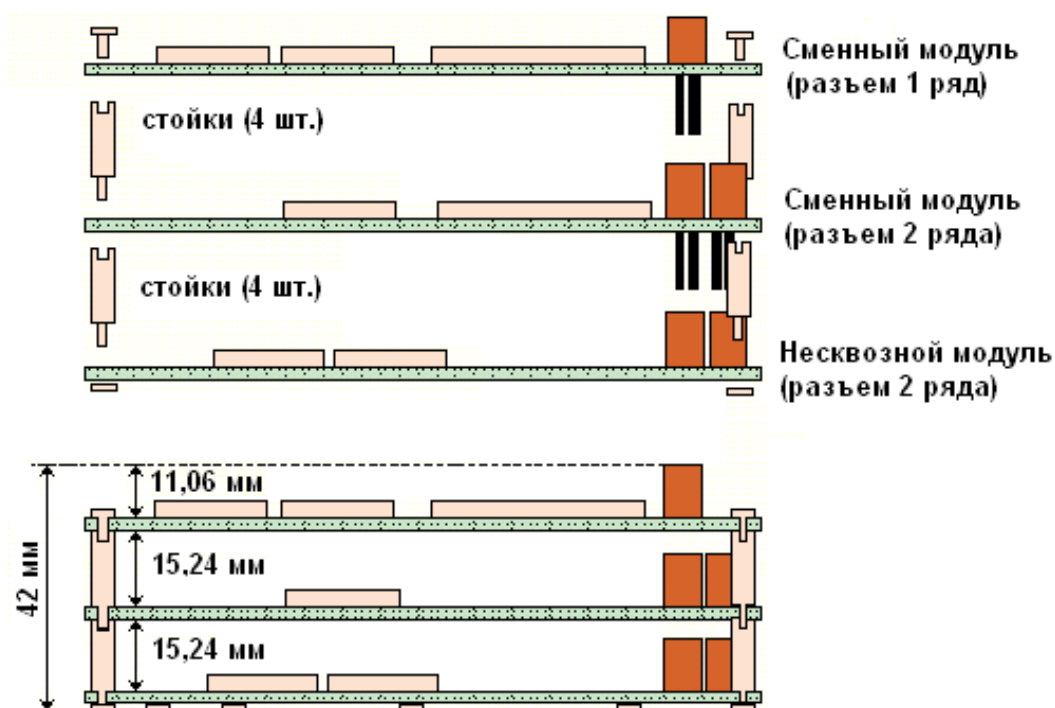
На рис. 1.8 представлены конструктивные унифицированные элементы рассматриваемого стандарта.

Название стандарта расшифровывается очень просто: первая его часть подчеркивает IBM PC совместимость, а вторая соответствует количеству контактов шины. Системы этого стандарта отличаются простой конструкцией и достаточно высокой степенью устойчивости к внешним воздействиям. Поэтому особенно популярны устройства PC/104 в авиации, военных приложениях и на транспорте. Второй принципиальный фактор, обеспечивший PC/104 широкое распространение, – это совместимость с технологией обычных офисных компьютеров (IBM PC) как на аппаратном, так и на программном уровне; шины, используемые устройствами стандарта PC/104, электрически и логически в основном аналогичны стандартам ISA и PCI.



Р и с. 1.8. Стандартизированные элементы форм-фактора PC/104.

В данном стандарте выпускаются, конечно, не только платы процессорных модулей, но и дополнительные функциональные модули расширения. Платы объединяются по принципу этажерки с шагом 15 мм. Крепление элементов этажерки осуществляется четырьмя угловыми монтажными стойками (рис. 1.9).



Р и с. 1.9. Соединение нескольких плат стандарта PC/104.

Для того чтобы показать, что не смотря на малые габариты это серьезные средства автоматизации, в качестве примера остановимся на нескольких изделиях этого стандарта:

- :Prometheus фирмы Diamond Systems – рабочий диапазон температур – $-40... +85^{\circ}\text{C}$, процессор производительностью DX4 100 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с. Отличается высокой степенью функциональной интеграции и программной поддержкой ОС Linux;

- :Серия Cool RoadRunner III фирмы Lippert – процессор Intel ULV Celeron 400/650 МГц или Pentium-M 800/933 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с, видеосистема SXGA, поддержка LVDS, ТВ-выход, PC/104+. Рекомендуется для задач, где требуется высокая производительность и развитый интерфейс оператора;

- :Серия Cool SpaceRunner фирмы Lippert – рабочий диапазон температур – $-40... +85^{\circ}\text{C}$, процессор Geode 300 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с, все компоненты напаяны на плату. Плата для эксплуатации в условиях повышенных механических нагрузок;

- :PCM-3350 фирмы Advantech – экономичная модель на процессоре Geode 300 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с, видеоинтерфейс с ЭЛТ- и ЖК-дисплеями. Решение для большинства встраиваемых систем с небольшим бюджетом, стандартным набором функций и нормальными условиями эксплуатации;

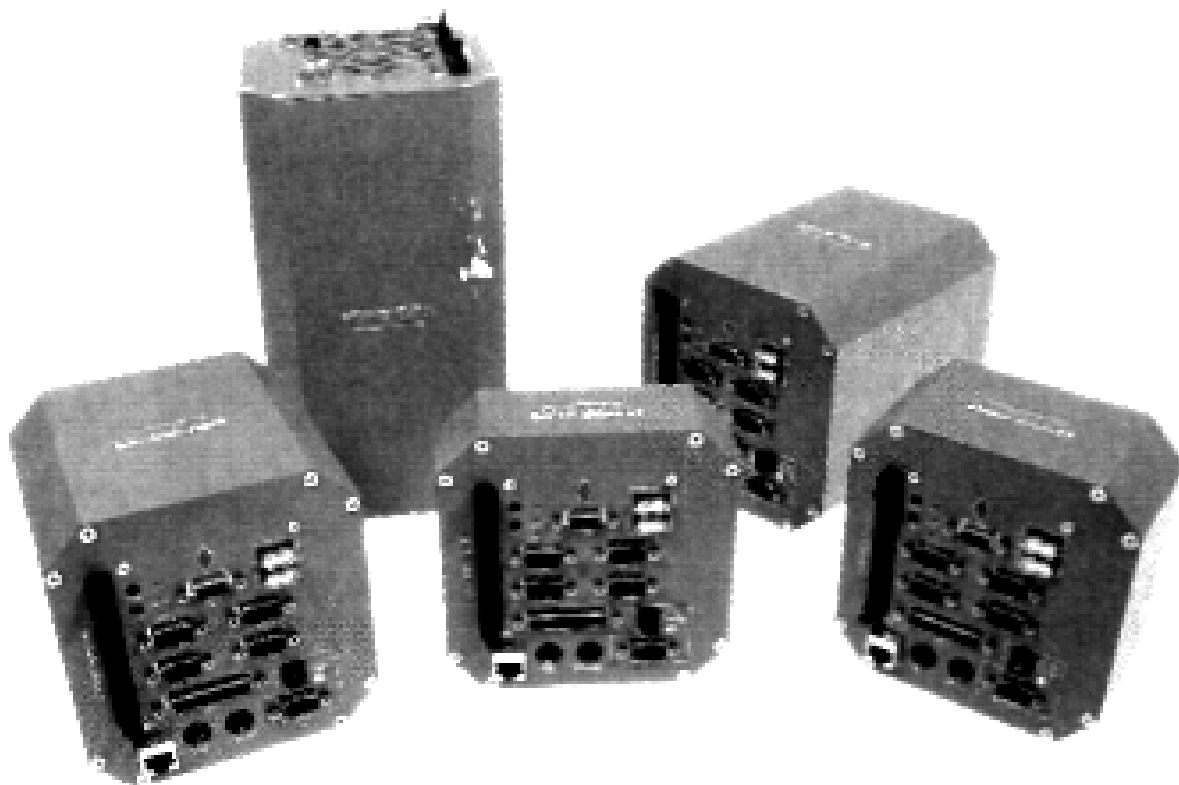
- :CPU686EC-104 фирмы Fastwel – рабочий диапазон температур – $-40... +85^{\circ}\text{C}$, процессор Geode 300 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с, два канала промышленной сети стандарта CAN, видеоинтерфейс с ЭЛТ- и ЖК-дисплеями.



Р и с. 1.10. Промышленный компьютер на платах форм-фактора PC/104.

Для создания законченного решения, кроме вычислительного ядра, необходим конструктив, соответствующий выбранному форм-фактору. Благодаря компактным платам можно получить изделие с малыми габаритами и весом. Так, например, промышленный PC-компьютер на базе процессора класса PENTIUM-II при использовании плат рассматриваемого стандарта имеет габариты всего 132x126x55 мм (рис. 1.10).

В качестве примера решения конструктивных вопросов для PC/104 можно отметить серию защитных корпусов Can-Tainer/Pandora фирмы Diamond Systems (рис. 1.11).



Р и с. 1.11. Серия защитных корпусов Can-Tainer/Pandora фирмы Diamond Systems

Корпуса этой серии и торцевые крышки к ним изготовлены из алюминия толщиной 3 мм и снабжены двойной защитой от ударов и вибрации, что позволяет их использовать в самых неблагоприятных условиях эксплуатации. Платы PC/104 располагаются по вертикальной оси корпуса, опираясь на продольно расположенные с внутренней стороны корпуса четыре угловых резиновых рельса, гасящих высокочастотные вибрации. Сам корпус располагается на специальной базе с толстым резиновым демпфером, гасящим удары и низкочастотные вибрационные воздействия. Каждый корпус снабжается комплектом торцевых крышек с прокладками, обеспечивающими полную пылевлагонепроницаемость.

Выпускаются с применением плат данного форм-фактора промышленные компьютеры и для специальных тяжелых условий эксплуатации. В качестве примера можно привести компьютер PC7 Rugged. Он разработан и производится компанией «SBS Technologies». Представляет собой конструктивно-

законченное изделие, предназначенное для использования в системах различного назначения на тяжелых машинах, кораблях, буровых установках, открытых производственных площадках и других объектах, где высок уровень запыленности, влажности, наведенных электромагнитных полей, а также тяжелые температурные условия.

Данное изделие является примером того, как адаптация к тяжелым условиям эксплуатации превращает компьютер во что-то совершенно не похожее на своих офисных собратьев (рис. 1.12).



Р и с. 1.12. Внешний вид PC7 Rugged

Благодаря специальному корпусу его конструкция соответствует современным требованиям пыле- и влагозащиты в соответствии с IP65 и NEMA. Для подключения питания и необходимых интерфейсов на корпусе установлены герметичные разъемы с резьбовой фиксацией. Специальные заглушки наворачиваются на незадействованные разъемы и предохраняют открытые контакты от загрязнения и влаги. Все разъемные соединения имеют защиту в соответствии с IP67, которая допускает временное погружение PC7 Rugged в воду.

Вместе с тем по своим характеристикам это самый настоящий и серьезный компьютер. PC7 Rugged комплектуется процессором Intel® Celeron® 566 МГц или Pentium® III 700 МГц. На этих тактовых частотах процессор выделяет значительное количество тепла. При условии полной герметичности корпуса решением проблемы теплоотвода является кондуктивное охлаждение процессора, реализованное с использованием специальных теплостокowych пластин, передающих тепло от процессора на корпус.

PC7 Rugged устойчиво работает при температурах окружающей среды от -40°C до +50°C. Для питания PC7 Rugged необходимо внешнее нестабилизированное питание от 10В до 30В постоянного тока.

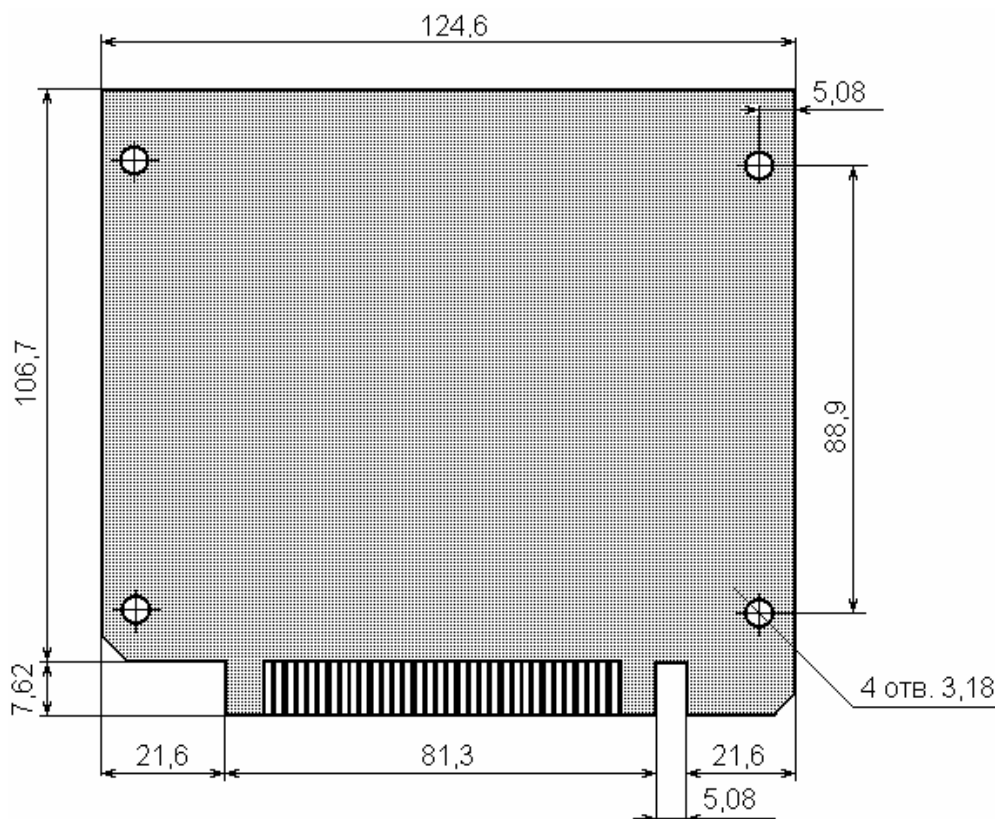
В его состав включены следующие интерфейсы:

- :COM1/2 (RS-232/422) и COM3/4 (RS-232/422/485, оптоизолированные);
- Fast Ethernet;
- два порта USB;
- «полевая» шина CAN2.0;
- LCD/VGA;
- клавиатура/мышь;
- Watchdog;
- два двунаправленных параллельных LPT-порта;
- 5 оптоизолированных линий дискретного ввода/вывода;
- локальная шина расширения PC/104+ (для внутренней установки плат формата PC104+).

PC7 Rugged - это компьютер, который полностью совместим с широко применяемыми стандартными компьютерами. PC7 Rugged работает со всеми PC-совместимыми операционными системами: QNX, Linux, MS-DOS, Windows 2000/XP, Embedded NT, VxWorks. Программисты могут разрабатывать и отлаживать программы для PC7 Rugged на обычных офисных компьютерах.

MicroPC – форм-фактор, предложенный в 1990 году фирмой Octagon Systems. Платы имеют размер 114x124 мм и ножевой разъём, идентичный 8-разрядной шине ISA.

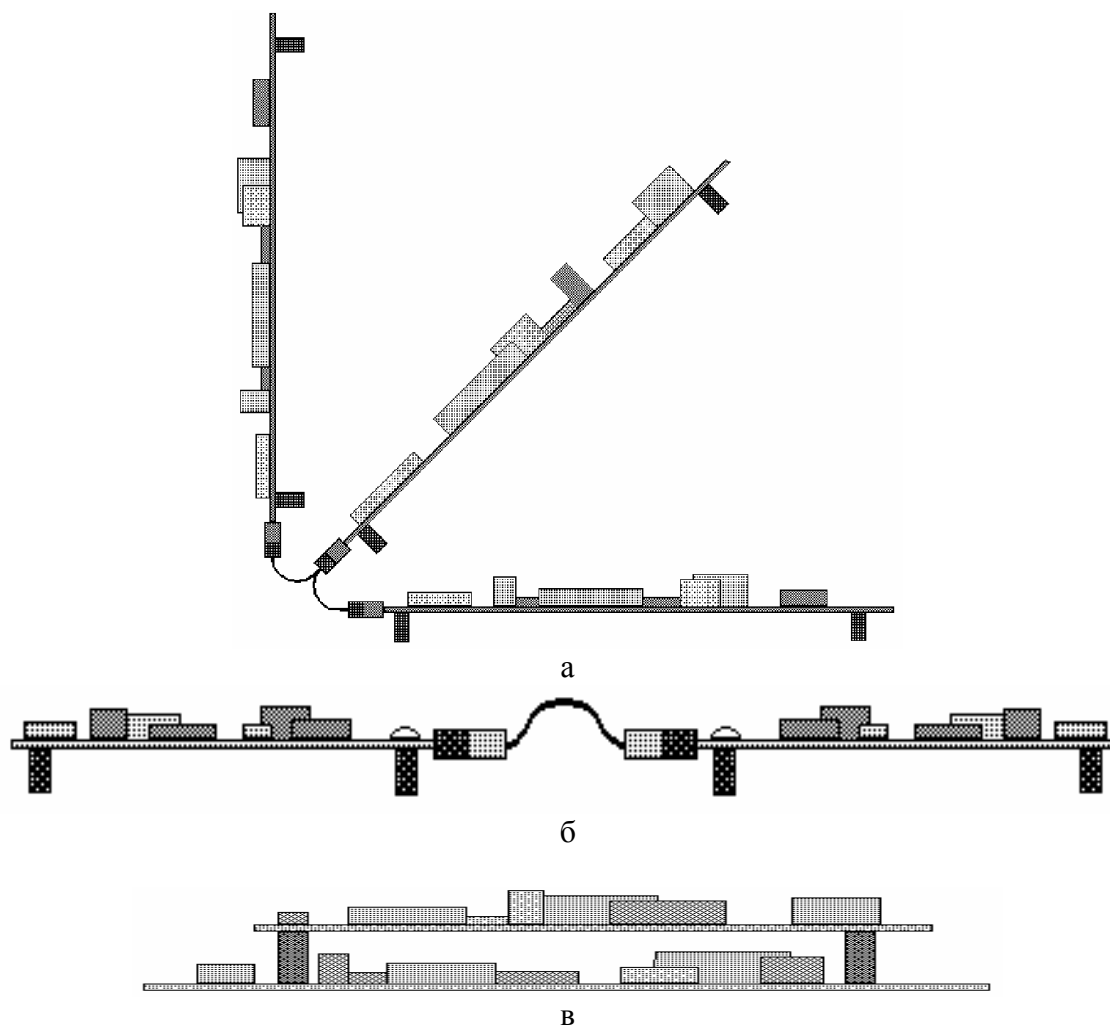
На рис. 1.13 представлены конструктивные унифицированные элементы рассматриваемого стандарта. Он, безусловно, един и для плат CPU и для плат расширения.



Р и с. 1.13. Конструктивные стандартизированные элементы форм-фактора MicroPC

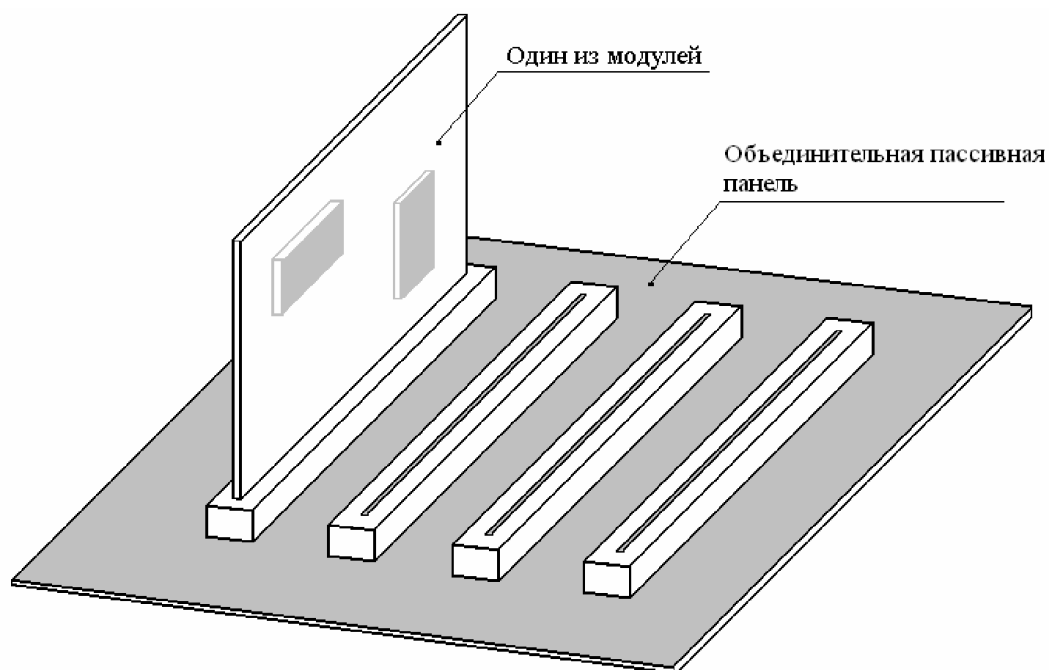
Форм-фактор MicroPC изначально создавался для систем, работающих в жёстких условиях эксплуатации – в промышленном температурном диапазоне $-40...+85^{\circ}\text{C}$ и при высоком уровне механических воздействий (ускорение $5g$ при вибрации и $20g$ при ударе). Отсюда целый ряд особенностей, позволивших изделиям этой серии занять существенную долю рынка в промышленной автоматизации, на транспорте, в авиации и во многих других областях.

Для автономного использования процессорных плат MicroPC в них предусмотрены монтажные отверстия в углах печатной платы и клемма для подвода внешнего питания. В системах, содержащих до 3 плат MicroPC, можно обойтись без монтажного каркаса. Роль системной шины в этом случае выполняет гибкий плоский кабель с наколотыми разъёмами. Помимо компактности, такая конструкция имеет важное преимущество при отладке и испытаниях – при включённом питании можно получить свободный доступ к находящимся на платах компонентам. Виды таких конструктивов показаны на рис. На рис. 1.14а показан вариант монтажа с объединением модулей при помощи плоского шлейфа в этажерку, на рис. 1.14 б монтаж при помощи плоского кабеля с расположением модулей на общей горизонтальной поверхности, на рис. 1.14 в – мезонинное расположение дополнительных блоков.



Р и с. 1.14. Варианты конструктивного объединения модулей стандарта MicroPC

Объединяться в единое целое несколько плат могут и с помощью пассивной объединительной панели (рис. 1.15).



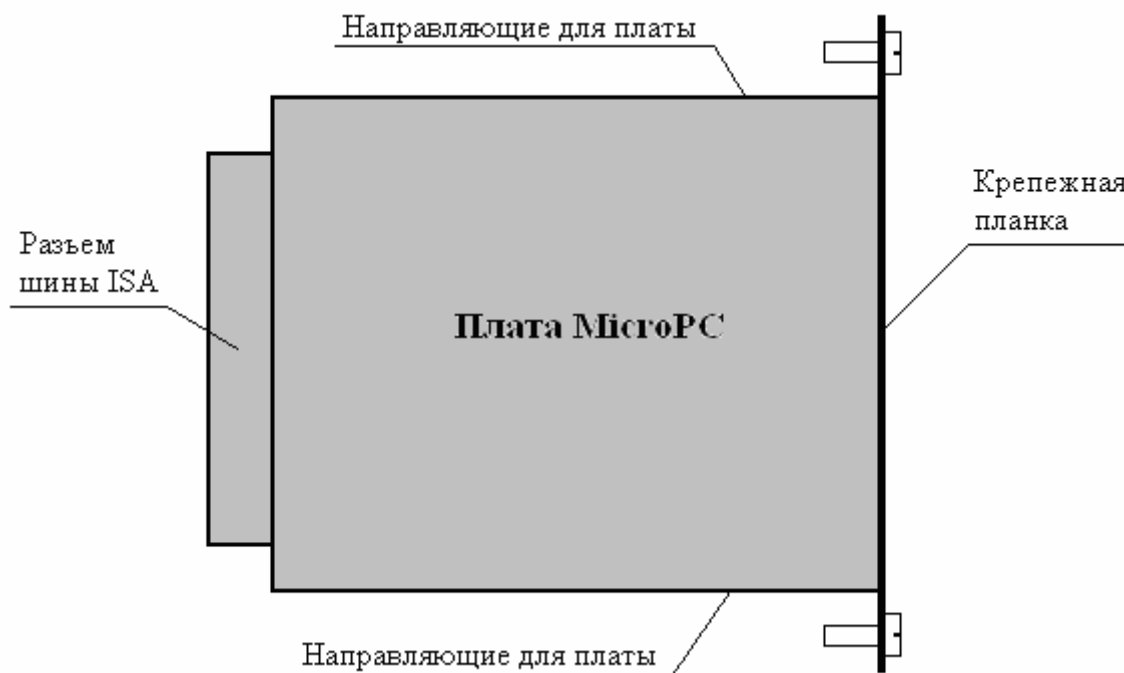
Р и с. 1.15. Монтаж плат с помощью пассивной объединительной панели.

При количестве плат более трех при этом используются монтажные каркасы. Стандартные монтажные каркасы серии MicroPC поддерживают до 8 плат. Ограничение количества гнезд расширения связано со значительным изменением волнового сопротивления пассивной объединительной панели при низких температурах. При эксплуатации системы в нормальных климатических условиях количество гнезд расширения может достигать 12. Пример такого каркаса показан на рис. 1.16.



Р и с. 1.16. Монтажный каркас для нескольких плат.

Платы вставляются в монтажный каркас с пассивной объединительной панелью и закрепляются специальными планками. Такая 4-х точечная схема крепления (рис. 1.17) хорошо зарекомендовала себя в системах на базе шин Multibus и VME.



Р и с. 1.17. 4-х точечная схема крепления плат в монтажном каркасе.

Платы MicroPC полностью совместимы по физическим и электрическим параметрам с шиной ISA. Это позволяет разработчикам отлаживать программное обеспечение на обычном настольном ПК. Сегодня уже не так просто найти обычный компьютер с материнской платой, поддерживающей шину ISA, однако в случае необходимости можно использовать промышленный ПК.

3,5" – форм-фактор, соответствующий размеру стандартного 3,5-дюймового дискового накопителя (148 x 95 мм). Как правило, платы этого стандарта могут наращиваться модулями PC/104.

5,25" – форм-фактор, соответствующий размеру стандартного 5-дюймового дискового накопителя (203 x 146 мм). Платы этого стандарта также могут наращиваться модулями PC/104.

EBX практически идентичен предыдущему форм-фактору (размеры модулей 203 x 146 мм), но имеет иное расположение крепёжных отверстий.

Примеры изделий, выполненных в стандарте EBX, 5,25" и 3,5" рассмотрим на основе серии Biscuit фирмы Advantech.

В отличие от процессорных модулей PC/104, выбор которых в большинстве случаев подразумевает применение модулей расширения и образование многослойной этажерки, серия SBC Biscuit фирмы Advantech являет собой классическое воплощение подхода «все в одном». Если необходимо действительно одноплатное решение, в прайс-листе фирмы Advantech всегда найдет модель, максимально точно и экономно укладывающуюся в спецификацию его

приложения. По номенклатуре изделий стандартов 3,5", 5,25" и EВХ в сериях РСМ-95хх, РСМ-93хх, РСМ-58хх и РСМ-48хх насчитывается более 50 моделей. Большинство плат имеет несколько штатно выпускаемых модификаций. Применение современных наборов микросхем позволило производителю объединить на одной плате, помимо процессора и оперативной памяти, все стандартные интерфейсы, использующиеся в персональном компьютере:

- контроллеры НГМД и НЖМД (IDE),
- видеоинтерфейс,
- сетевой интерфейс Ethernet,
- аудиоинтерфейс,
- интерфейс клавиатуры и мыши PS/2,
- последовательные/параллельный/ инфракрасный порты,
- порты USB,
- розетки для установки твердотельного диска DiskOnChip или Compact-Flash.

Кроме того, на тех же самых платах Biscuit разработчики встраиваемой системы найдут и такие более специфические атрибуты, как

- поддержка плоских панелей TFT,
- ТВ-вход и ТВ-выход,
- LVDS,
- порт цифрового ввода/вывода.

Можно выделить несколько основных групп SBC фирмы Advantech, выполненных в форм-факторе 3,5". Прежде всего, это наиболее экономичные (стоимостью до \$300) платы РСМ-4823/4825 с предустановленным процессором 486 DX4 100 МГц или DX5 133 МГц. Несмотря на то что процессоры 486 уже давно стали архаикой для офисных систем, их мощности вполне достаточно для широкого спектра задач, характерных для встраиваемых систем.

В линейке Biscuit 5,25" следует отметить несколько моделей. Например, это плата РСМ-9550, созданная на базе встроенного процессора с низким энергопотреблением Intel Pentium MMX 166/266 МГц, с чипсетом Intel 430 TX. Помимо стандартных функций РСМ-9550 имеет интерфейсы видеовхода/видеовыхода (NTSC, PAL, S-video и композитный) и поддерживает технологию Dual Display под управлением ОС Windows 98/Me/2000. Благодаря этой технологии одна процессорная плата может поддерживать одновременно два TFT-дисплея и один дисплей на ЭЛТ (дублирует первый TFT-дисплей). На TFT-панели может выводиться разная информация с различным разрешением экрана. Сферой применения таких сложных конфигураций могут быть электронные киоски, торговые терминалы и иные приложения, требующие расширенного отображения данных. В качестве сетевого интерфейса можно использовать Ethernet 10/100 Мбит/с и связь через 4 СОМ-порта, один из которых может работать в режиме RS-422/485. Дополнительные функции могут быть добавлены посредством применения плат расширения РС/104 или РС/104+.

Кроме рассмотренных, одним из наиболее широко распространяемых в Европе и, в частности, в России стал стандарт VMEbus (VersaBus Module Eurocard).

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

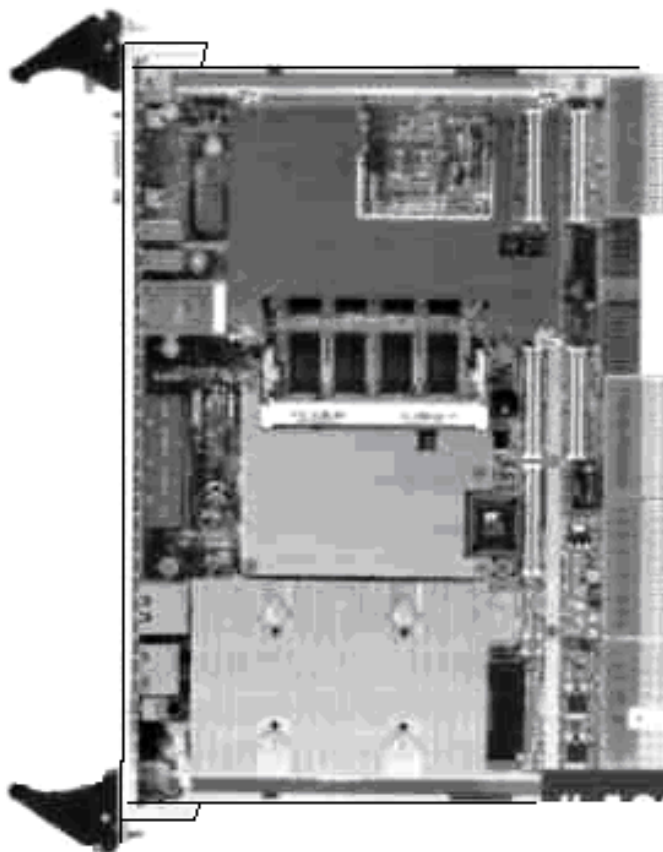
Средства VMEbus поддерживают практически все распространенные программные продукты: операционные системы, языки программирования, базы данных, сетевые интерфейсы и т. д.

При построении крупных бортовых систем часто используется конструкция в Евростандарте. Наиболее популярным конструктивом в Евростандарте в настоящее время является формат 3U (размер платы 100 x 160 мм). Используются платы двойной высоты 233 x 160 мм, для особо сложных систем используются платы – 367,7 x 400 мм.

Достоинством конструктивов в Евростандарте является наличие большого количества готовых стандартных корпусов, возможность использования разного типа шинных интерфейсов. Конструкция обеспечивает возможность быстрой замены модулей и плат. Недостатком является низкая плотность упаковки электроники. Современные электронные компоненты позволяют разместить на плате 100 x 160 мм целые системы, но при этом для установки выходных разъёмов в Евростандарте в формате 3U используется только одна сторона платы. Использование внутренних разъёмов и переходных кабелей позволяет располагать выходные разъёмы на лицевой панели конструктива, но при этом неэффективно используется внутренний объём, а также возникают трудности с обеспечением жёстких требований к механическим воздействиям.

Примером использования конструктива в Евростандарте при построении процессорных плат промышленных компьютеров является модель MIC-3392, выпущенная компанией Advantech в формате CompactPCI 6U (рис.). Плата построена на базе чипсета для мобильных приложений Intel 945GM и поддерживает двухъядерные процессоры Core 2 Duo, отличающиеся высокой производительностью при низком энергопотреблении (максимальная частота 2,0 ГГц, системная шина – 667 МГц). На плате может быть установлено до 2 Гбайт оперативной памяти, объём которой можно удвоить с помощью разъёма SODIMM.

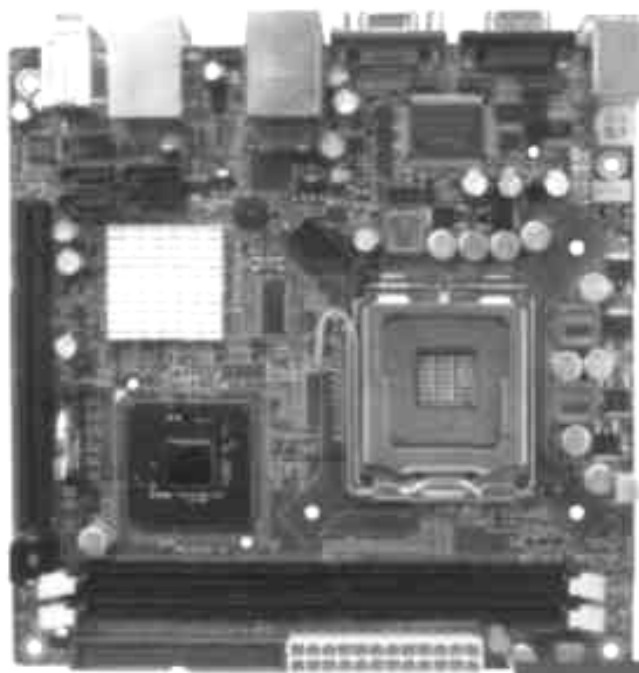
Модель MIC-3392 работает на шине PCI 64 бит/66 МГц и соответствует стандартам PICMG 2.1 («горячая» замена), PICMG 2.9 (удалённое управление по протоколу IPMI) и PICMG 2.16 (поддержка кросс-панелей с коммутацией пакетов). К плате можно подключить 2 SATA-диска и CompactFlash-карту. MIC-3392 поддерживает модули тыльного ввода/вывода и имеет PМС-слот на передней панели. Там же расположены 2 интерфейса Gigabit Ethernet, 2 USB-порта, порт RS-232 и VGA-разъём.



Р и с. модель MIC-3392 компании Advantech в формате CompactPCI 6U.

Еще одним распространенным конструктивным стандартом промышленных компьютеров является форм-фактор Mini-ITX, который отлично подходит для того, чтобы создать системы, отвечающие самым современным требованиям по производительности и функциональности. Размер Mini-ITX-платы 17 x 17 см.

Примером таких устройств служит материнская плата фирмы iBASE MI900 (ее внешний вид представлен на рис.). Плата MI910 построена на чипсете Intel GM965 и поддерживает мобильные процессоры Core 2 Duo с частотой до 2,4 ГГц (Socket 478, системная шина 800 МГц). В 2 отсека для модулей памяти можно установить до 4 Гбайт ОЗУ. Среди встроенных контроллеров - видео (поддержка CRT и LVDS), аудио (8 каналов) и до двух сетевых стандарта Gigabit Ethernet. На плате расположены 2 порта SATA 300, порт двухканального контроллера IDE и коннектор для подключения дисководов. Кроме того, нашлось место для трёх слотов расширения (PCI, MiniPCI и PCI Express x1) и разъёма CompactFlash. Богат выбор интерфейсов для подключения периферии: до 6 USB 2.0, 2 RS-232, 2 PS/2, IEEE 1394, IrDA и 4 канала Digital I/O.



Р и с. Материнская плата iBASE MI900 в формате Mini-ITX

4. ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Естественно, специфика промышленных применений наложила свой отпечаток и на используемое программное обеспечение промышленных компьютеров.

Первым требованием является надежность программного обеспечения. Действительно, одно дело, когда "зависает" редактор текста в офисе, а другое дело, когда неправильно работает программа, управляющая ядерным реактором или космическим кораблем. В конечном счете, многие новации последнего времени, типа структурного программирования, объектно-ориентированных языков появились в результате стремления писать все более сложные программы с меньшим количеством ошибок.

Вторым требованием является быстрое реагирование на какие либо внешние события или изменения в параметрах управляемых процессов. Системы, работающие в соответствии со вторым требованием называют системами реального времени. Разумеется, понятие "быстрый" является относительным. Типовое время реагирования на внешние воздействия, необходимое современным индустриальным системам, составляет десятки микросекунд. В то же время существует много задач, где инерционность протекающих процессов позволяет реагировать с задержкой в сотни миллисекунд. Строго говоря, отождествление понятий "реальное время" и "быстрый" не является верным. Например, если ваша система регистрирует уровень грунтовых вод, то и одно измерение в час соответствует требованиям реального времени для этого процесса.

Классическое и строгое определение понятия работы системы в реальном масштабе времени вытекает из требований теоремы Котельникова, которая определяет максимально допустимый период считывания информации о процессе и реагирования на изменения в этом процессе, исходя из наивысшей скорости изменения процесса (частотных свойств измеряемого сигнала – ширины его спектра).

И третьим требованием, часто предъявляемым к программному обеспечению систем управления, является многозадачность. Это требование проистекает из подчас чрезвычайно сложной и многоуровневой природы управляемых процессов, когда необходимо одновременно реализовать сложные алгоритмы управления различными аспектами или частями реального объекта. Каждая задача выполняет свою долю работы по управлению объектом, и все они делят между собой ресурсы вычислительной системы в зависимости от своего приоритета, от внешних и внутренних событий, связанных с конкретной задачей. Другим тесно связанным с многозадачностью понятием является многопоточность. Хотя терминология здесь не совсем устоялась, под многопоточностью, как правило, понимают возможность выполнения в рамках одной задачи нескольких независимых процессов (потоков команд), которые, в отличие от задач, пользуются общими участками кода и данных.

Названным требованиям должны удовлетворять все уровни программного обеспечения системы:

- 1.: Базовая система ввода/вывода (BIOS);
- 2.: Операционная система и драйверы (ОС);
- 3.: Собственно прикладные программы.

BIOS осуществляет непосредственный интерфейс между аппаратурой и программным обеспечением верхних уровней. Основная опасность при обращении к BIOS – это возможность запрета прерываний на достаточно долгое время, в результате чего может быть пропущена важная информация от быстродействующих датчиков или телекоммуникационных устройств. Вот почему, с одной стороны, есть фирмы, предлагающие BIOS, ориентированные на приложения "жесткого" реального времени, а с другой стороны, многие операционные системы минимизируют взаимодействие с BIOS или не обращаются к ней вообще.

Операционная система выполняет базовые функции по интерфейсу с оператором, запуску программ, распределению памяти, поддержке файловой системы и т. п. Сегодня существует широкий выбор операционных систем, разработанных специально для применения в системах "жесткого" реального времени. Эти ОС часто так и называют операционными системами реального времени. Среди них наиболее известны такие ОС, как QNX, OS 9000, OnTime, VxWorks, iRMX, VRTX, Nucleus и другие.

Важной проблемой использования программного обеспечения является его переносимость. Существует два подхода к переносимости программного обеспечения: первый – это поддержка одной ОС одновременно нескольких аппаратных платформ, второй – это обеспечение стандартного интерфейса между прикладными программами и ОС.

При проектировании ОС реального времени все чаще используется идеология микроядра, которая увеличивает надежность программного обеспечения и позволяет использовать только те компоненты операционной системы, которые необходимы в каждом конкретном случае. Например, микроядро одной из самых распространенных операционных систем QNX имеет размер менее 10 Кбайт. Модуль, ответственный за файловую систему, запускается как одна из задач и может быть легко удален. Все драйверы также функционируют как независимые задачи. То есть, если в вашей встроенной системе не используются файловые операции или отсутствуют интерфейсы с какими либо внешними устройствами, вы можете просто не включать в состав операционной системы, функционирующей в вашем изделии, соответствующие модули, высвобождая тем самым память для более эффективного выполнения приложений.

Разработчики программного системного обеспечения поставляют не просто ядро операционной системы, а функционально законченный комплекс средств разработки и выполнения приложений реального времени.

В качестве примера приведем состав комплекса OnTime RTOS-32 для x86 совместимых систем. Он состоит из пяти компонентов:

- :RTTarget-32 – компактная операционная система, включающая все средства для запуска и выполнения приложений Win32, созданных стандартными системами разработки для Windows;
- :RTKernel-32 – быстрый и компактный планировщик задач реального времени;
- :RTFiles-32 – файловая система для 32-разрядных x86 совместимых систем обеспечивает файловый ввод/вывод в реальном масштабе времени;
- :RTIP-32 – определяет сетевые возможности RTOS. Компонент содержит TCP/IP протоколы, необходимые для Ethernet и последовательных коммуникаций;
- :RTPEG-32 – графическая объектно-ориентированная библиотека C++ содержит полный набор элементов для создания интерфейсов в стиле Windows-приложений.

Применение OnTime RTOS-32 обеспечивает время переключения между задачами в 1 мкс.

Немного особняком стоит программное обеспечение, предназначенное для эксплуатации на верхнем уровне систем автоматизации, например, в диспетчерских пультах управления сложными агрегатами. Главными функциями таких программ (они получили общее наименование SCADA-систем – Supervisor Control And Data Acquisition) являются отображение технологического процесса в виде мнемосхем, сигнализация об аварийных ситуациях, ведение системного журнала, обеспечение общего управления процессом со стороны оператора и т. п. Многие подразделения АСУ крупных предприятий, как правило, имеют свои наработки в этой области. В то же время есть фирмы, специализирующиеся на разработке универсальных SCADA программ, таких как Genesis (Iconics), FixDmacs (Intellution), InTouch (Wonderware), Trace Mode

(Adastra Research Group). Подробнее SCADA-продукты будут рассмотрены далее.

В последнее время получает распространение программное обеспечение класса MES (Manufacturing Execution Systems), основной задачей которого является оптимизация управления производством в целом, включая планирование запасов комплектующих, расписание технологических процессов и т.д. Системы MES, с одной стороны, взаимодействуют с системами SCADA, образуя единую систему управления производством, с другой стороны, они часто интегрируются в систему планирования и управления предприятием в целом. О таком программном обеспечении АСУ также будет рассказано подробнее в дальнейшем материале.

5. ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ

Многие системы управления строятся на основе простых не имеющих развитых интерактивных средств микропроцессорных блоках – контроллерах. Контроллер это мозг любой автоматической машины, обеспечивающий логику ее работы.

Термином "промышленный контроллер" обозначают микропроцессорное устройство со встроенным аппаратным и программным обеспечением, которое используется для выполнения функций управления технологическим оборудованием.

Их развитие идет по двум направлениям – создание специализированных и универсальных контроллеров.

Специализированным контроллером считается устройство, которое разрабатывалось для конкретного применения и не может применяться в иных местах. Разработка специализированного контроллера базируется на идеи минимизации аппаратных и программных средств для того, чтобы в конечном итоге добиться оптимизации таких качественных показателей системы как быстродействие, точность, стоимость, массо-габаритных показателей. Такой контроллер может быть встроен только в конкретную машину и обладает жесткой логикой работы, заложенной при изготовлении. Проектирование таких контроллеров окупается только для изделий выпускаемых значительным тиражом.

При создании машин занятых в сфере промышленного производства, как правило, приходится иметь дело не более чем с единицами однотипных устройств. Кроме того, очень существенной здесь является возможность быстрой перенастройки оборудования на выпуск другой продукции. Для уникальных проектов, мелкосерийных изделий и опытных образцов желательно иметь универсальный свободно программируемый контроллер.

Универсальный контроллер строится исходя из концепции размещения в рамках выбранного конструктива максимально возможного набора аппаратных средств избыточного для отдельного конкретного применения.

Может показаться, что большой объем аппаратных ресурсов сделают такое устройство обязательно дорогим, что ограничит его использование. Однако это не так.

Каждый пользователь найдет в составе аппаратных ресурсов универсального контроллера средства нужные именно ему. Кроме избыточности аппаратных средств мощным фактором универсализации выступает возможность управлять микропроцессорными устройствами с помощью самостоятельно создаваемых пользователем программ. Таким образом, потребителей такого контроллера будет очень много. Большой объем их выпуска существенно снизит их стоимость, и пользователь просто не будет обращать внимания на неиспользуемые им (для него избыточные) аппаратные средства контроллера. Но самое главное – каждый потребитель будет освобожден от необходимости изготовления устройства управления (разработки схем, печатных плат, конструктива, отладки), что в конечном итоге сократит средства и время, затрачиваемые им на реализацию и внедрение конкретного проекта.

Долгое время применение универсальных контроллеров ограничивалось тем, что достичь достаточно высоких требований по производительности и точности в рамках унифицированных устройств (все-таки при их создании всегда ориентируются на типовые значения параметров и максимально широкий круг пользователей) было весьма трудно. Однако, развитие микропроцессорной техники, достижения технологии изготовления интегральных средств в последнее время все больше стирают эти ограничения. И при разработке систем управления технологическими процессами сегодня применение универсальных контроллеров уже занимает доминирующее положение. За универсальными контроллерами закрепился и чаще всего используется термин программируемые логические контроллеры (ПЛК).

На контроллеры в современных системах управления возлагаются самые разнообразные задачи и для их решения требуются самые различные технические средства. В этом смысле концепция универсализации контроллеров (широты их применения) наталкивается на необходимость введения в состав каждого из них большого и избыточного для каждой конкретной задачи набора средств и в конечном итоге эта концепция может потерять смысл.

Выходом из этой проблемы явился модульный подход к реализации контроллеров. При этом подходе каждый из них состоит как бы из двух частей – базовой части, которая включает в себя обязательный и минимальный набор средств, и части, которая может модифицироваться, набираться из нескольких отдельных модулей. Каждый из модулей включает в себя определенный набор средств. Проектировщик как из кубиков набирает тот состав средств, который нужен ему для решения конкретной задачи.

Базовая часть контроллера включает в себя центральный процессорный блок (Central Processors Units – CPU), основными задачами которого является управление периферийными модулями, хранение программы работы и данных, организация обмена данными и командами с центральным управляющим компьютером, обмен данными с прочими контроллерами того же иерархического уровня, проведение диагностики работоспособности узлов.

Модульный принцип набора функций контроллеров как нельзя лучше соответствует общей концепции создания и использования универсальных кон-

троллеров, что способствует расширению сферы их применения и, в конечном счете, увеличению объемов их выпуска.

Кроме рассмотренных очевидных факторов, определяющих широту применения универсальных контроллеров, большую роль играют усилия производителей таких устройств направленные на обеспечение максимального удобства их программирования, отладки систем и возможности включения контроллеров в состав сетей распределенных (децентрализованных) систем управления.

Важнейшую роль при создании систем на основе универсальных контроллеров играет программное обеспечение, которое четко подразделяется на две группы – программы управления процессом и сервисное программное обеспечение. Диапазон используемых сервисных программных продуктов простирается от средств отладки программ, созданных с использованием конкретного языка программирования того или иного контроллера, использования драйверов аппаратуры до программных комплексов, интегрирующих средства разработки элементов различных уровней системы – от нижнего уровня систем автоматизации до планирования ресурсов предприятия, организации обмена данными между приложениями различного уровня.

При выборе программного обеспечения необходимо принимать во внимание не только опыт и предпочтения пользователя, но и современные тенденции и методы построения систем. Имеется ли необходимость, чтобы программные средства были построены на принципах открытой архитектуры? Требуется ли от разработчиков системы определенная квалификация и опыт в области программирования? Насколько программное обеспечение легко в использовании и сопровождении? Ответы на эти и подобные вопросы в конечном итоге определяют, какое именно программное обеспечение следует выбрать.

Расширение сферы применения универсальных контроллеров заставляет проектировщика систем управления четко ориентироваться в многообразии контроллеров, которые сейчас предлагают ему различные производители.

ПЛК ориентированы на длительную работу в условиях промышленной среды. Это обуславливает определенную специфику схемотехнических решений и конструктивного исполнения.

Хороший ПЛК обладает мощной и интуитивно понятной системой программирования, удобен в монтаже и обслуживании, обладает высокой ремонтопригодностью, имеет развитые средства самодиагностики и контроля правильности выполнения прикладных задач, средства интеграции в единую систему, надежен и неприхотлив. Мощное вычислительное ядро современных ПЛК делает их очень похожими на компьютеры.

Понятие «ПЛК» не ограничивается понятием «железо», это целостная современная технология. Она включает специфическую аппаратную архитектуру, принцип циклической работы, специализированные языки программирования, подходы объединения в различные сети и т. д.

В целом, в силу дешевизны, надежности и простоты применения, ПЛК доминируют на нижнем уровне систем промышленной автоматизации. Они обес-

печивают непосредственное управление оборудованием на переднем крае производства.

Программируемые контроллеры находят применение в различных отраслях промышленности.

Черная и цветная металлургия. Программируемые контроллеры в этих отраслях применяются для управления транспортными операциями на коксовых батареях, загрузке доменных печей, для автоматизации литейных цехов. Их используют также для решения задач, связанных с анализом газов и с контролем качества.

Металлообработка и автомобильная промышленность. Это те отрасли, где ПЛК нашли очень широкое применение. Их можно встретить на автоматических линиях и сборочных конвейерах, на стендах для испытания двигателей, а также на прессах, токарных автоматах, шлифовальных и агрегатных станках, сварочных установках, автоматических станках для разрезки.

Химическая промышленность. В настоящее время ПЛК используются для управления технологическими установками, устройствами дозирования и смешивания продуктов, очистки отходов химического производства, а также на установках по переработке пластмасс и агрегатах в производстве резины.

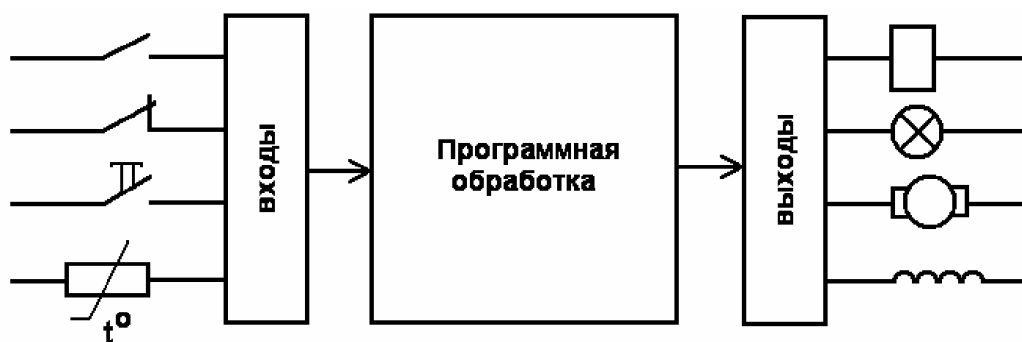
Нефтедобыча. Кроме областей применения, аналогичных предыдущей отрасли, ПЛК используется на перекачивающих и распределительных станциях, для управления работой и наблюдения за магистральными трубопроводами.

Транспортные и погрузочно-разгрузочные операции. Программируемые контроллеры используются при сортировке посылок, почтовых отправок, механизированном управлении складскими операциями, упаковке, конвейерной пересылке, комплектовании изделий на поддонах, в лифтовом хозяйстве, грузоподъемных механизмах и др.

Другие области применения. Все случаи использования ПЛК перечислить невозможно. В текстильной промышленности они могут применяться для управления операциями автоматического раскроя тканей и контроля нитей, на транспортных конвейерах. В стекольной промышленности, в производстве хрусталя ПЛК управляют операциями отрезки и упаковки. Устройства логического управления используются при решении задач, связанных с охраной (зданий, заводов) и обеспечении безопасности (ядерная энергетика).

6. СТРУКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ КОНТРОЛЛЕРОВ

ПЛК представляют собой микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления. Каждый из них представляет собой вычислительную машину, имеющую некоторое множество входов и выходов (рис. 1.18).



Р и с. 1.18. Обобщенная структура контроллера.

Контроллер отслеживает изменение входов и вырабатывает программно определенное воздействие на выходах. Обладая памятью, ПЛК в зависимости от предыстории событий, способен реагировать по-разному на текущие события. Такая модель соответствует широко известным конечным автоматам. Однако возможности перепрограммирования, управления по времени, развитые вычислительные способности, включая цифровую обработку сигналов, поднимают ПЛК на более высокий уровень.

Первоначально они предназначались для замены релейно-контактных схем, собранных на дискретных компонентах – реле, счетчиках, таймерах, элементах жесткой логики. Принципиальное отличие ПЛК от релейных схем заключается в том, что все его функции реализованы программно. На одном контроллере можно реализовать схему, эквивалентную тысячам элементов жесткой логики. При этом надежность работы схемы не зависит от ее сложности.

Дискретные входы. Один дискретный вход ПЛК способен принимать один бинарный электрический сигнал, описываемый двумя состояниями – включен или выключен. На уровне программы это один бит информации. Кнопки, выключатели, контакты реле, датчики обнаружения предметов и множество приборов с выходом типа «сухой контакт» или «открытый коллектор» непосредственно могут быть подключены к дискретным входам ПЛК.

Состояние некоторых первичных приборов систем промышленной автоматизации определяется целым цифровым словом. Для их подключения используют несколько дискретных входов.

Системное программное обеспечение ПЛК включает драйвер, автоматически считывающий физические значения входов в оперативную память. Благодаря этому, прикладному программисту нет необходимости разбираться с внутренним устройством контроллера. С точки зрения прикладного программиста дискретные входы это наборы бит, доступные для чтения в ОЗУ.

Все дискретные входы (общего исполнения) контроллеров обычно рассчитаны на прием стандартных сигналов с уровнем 24 В постоянного тока. Типовое значение тока одного дискретного входа (при входном напряжении 24 В) составляет около 10 мА. В простейшем случае, для подключения нормально разомкнутого контакта, дискретный вход и сам контакт необходимо подключить последовательно к источнику питания в 24 В. Для питания таких внешних датчиков нужен отдельный источник питания. Иногда источник питания внешнего

маломощного оборудования включают в состав ПЛК. Дискретные входы некоторых контроллеров рассчитаны на прием уровней сигналов с напряжениями высокого уровня, в том числе переменного тока (например, в 220... 240 В).

Все современные датчики, базирующиеся на самых разнообразных физических явлениях (емкостные, индуктивные, ультразвуковые, оптические и т.д.), как правило, имеют встроенные первичные преобразователи и не требуют дополнительного согласования при подключении к дискретным входам ПЛК.

Аналоговые входы. Аналоговый электрический сигнал отражает уровень напряжения или тока, соответствующий некоторой физической величине, в каждый момент времени. Это может быть температура, давление, вес, положение, скорость, частота и т. д.

Поскольку ПЛК является цифровой вычислительной машиной, аналоговые входные сигналы обязательно подвергаются аналого-цифровому преобразованию (АЦП). В результате, образуется дискретная переменная определенной разрядности. Как правило, в ПЛК применяются 8 - 12 разрядные преобразователи, что в большинстве случаев, исходя из современных требований по точности управления технологическими процессами, является достаточным. Кроме этого АЦП более высокой разрядности не оправдывают себя, в первую очередь из-за высокого уровня промышленных помех, характерных для условий работы контроллеров.

Для аналоговых входов наиболее распространены стандартные диапазоны постоянного напряжения -10...+10 В и 0...+10 В. Для токовых входов – 0...20 мА и 4...20 мА. Особые классы аналоговых входов представляют входы, предназначенные для подключения термометров сопротивления и термопар. Здесь требуется применение специальных технических решений (трехточечное включение, источники образцового тока, схемы компенсации холодного спада, схемы линеаризации и т. д.). Для достижения хороших результатов измерений должно обеспечиваться высокое качество выполнения монтажа внешних аналоговых цепей.

Практически все модули аналогового ввода являются многоканальными. Входной коммутатор подключает вход АЦП к необходимому входу модуля. Управление коммутатором и АЦП выполняет драйвер системного программного обеспечения ПЛК. Прикладной программист работает с готовыми значениями аналоговых величин в ОЗУ.

Несоответствие физических значений напряжений и токов датчиков уровням входов/выходов контроллера решается применением нормирующих преобразователей или заменой нестандартных датчиков.

Специальные входы. Стандартные дискретные и аналоговые входы ПЛК способны удовлетворить большинство потребностей систем промышленной автоматики. Необходимость применения специализированных входов возникает в случаях, когда непосредственная обработка некоторого сигнала программно затруднена, например, требует много времени.

Наиболее часто ПЛК оснащаются специализированными счетными входами для измерения длительности, фиксации фронтов и подсчета импульсов.

Например, при измерении положения и скорости вращения вала очень распространены устройства, формирующие определенное количество импульсов за один оборот – поворотные шифраторы. Частота следования импульсов может достигать нескольких мегагерц. Даже если процессор ПЛК обладает достаточным быстродействием, непосредственный подсчет импульсов в пользовательской программе будет весьма расточительным по времени. Здесь желательно иметь специализированный аппаратный входной блок, способный провести первичную обработку и сформировать, необходимые для прикладной задачи величины.

Вторым распространенным типом специализированных входов являются входы способные очень быстро запускать заданные пользовательские задачи с прерыванием выполнения основной программы – входы прерываний.

Дискретные выходы. Один дискретный выход ПЛК способен коммутировать один электрический сигнал. Также как и дискретный вход, с точки зрения программы это один бит информации.

Нагрузкой дискретных выходов могут быть лампы, реле, соленоиды, силовые пускатели, пневматические клапаны, индикаторы и т. д.

Простейший дискретный выход ПЛК выполняется в виде контактов реле. Такой выход достаточно удобен в применении и прост. Однако он обладает характерными недостатками всех реле – ограниченный ресурс, низкое быстродействие, разрушение контактов при работе на индуктивную нагрузку. Альтернативным решением дискретного выхода является электронный элемент – например, схема с открытым коллектором. Наиболее широким спросом пользуются дискретные выходы средней мощности (до 1А, 24В).

Практика эксплуатации доказала нецелесообразность сосредоточения в корпусе ПЛК большого числа силовых коммутирующих элементов. При необходимости управления сильноточными нагрузками применяются выносные устройства коммутации. Таким образом, установка силовых коммутирующих приборов осуществляется максимально близко к нагрузке. В результате, сокращается длина силовых монтажных соединений, снижается стоимость монтажа, упрощается обслуживание, уменьшается уровень электромагнитных помех.

Системное и прикладное программное обеспечение. Рабочий цикл ПЛК. Программное обеспечение универсальных контроллеров состоит из двух частей. Первая часть это системное программное обеспечение. Проводя аналогию с программным обеспечением ЭВМ можно сказать, что оно выполняет функции операционной системы, т.е. управляет работой узлов контроллера, занимается организацией их взаимосвязи, внутренней диагностикой. Системное программное обеспечение ПЛК расположено в постоянной памяти в адресном пространстве центрального процессора и всегда готово к работе. По включению питания, ПЛК готов взять на себя управление системой уже через несколько миллисекунд.

Другая часть программного обеспечения универсальных контроллеров это прикладные программы управления конкретным процессом. Эти программы создаются разработчиком системы управления.

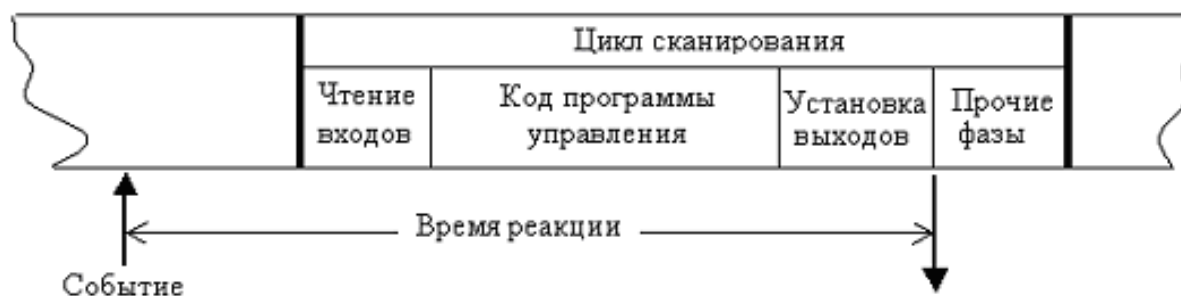
ПЛК работают циклически по методу периодического опроса входных

данных. Рабочий цикл ПЛК включает 4 фазы:

- 1.: опрос входов,
- 2.: выполнение пользовательской программы,
- 3.: установку значений выходов,
- 4.: некоторые вспомогательные операции (диагностика, подготовка данных для отладчика, визуализации и т. д.).

Выполнение 1 фазы обеспечивается системным программным обеспечением. После чего управление передается прикладной программе, а по ее завершению управление опять передается системному уровню. За счет этого обеспечивается максимальная простота построения прикладной программы – ее создатель не должен знать, как производится непосредственное управление аппаратными ресурсами. Прикладная программа имеет дело с одномоментной копией значений входов в памяти. Внутри одного цикла выполнения программы, значения входов можно считать константами. Такая модель упрощает анализ и программирование сложных алгоритмов.

Очевидно, что время реакции на событие будет зависеть от времени выполнения одного цикла прикладной программы. Определение времени реакции – времени от момента события до момента выдачи соответствующего управляющего сигнала – поясняется на рис 1.19.



Р и с. 1.19. Рабочий цикл ПЛК.

В технических характеристиках ПЛК приводится типовое время рабочего цикла. При его измерении пользовательская программа должна содержать 1К логических команд (на языке IL (STL) МЭК 61131-3). Сегодня ПЛК имеют типовое значение времени рабочего цикла, измеряемое единицами миллисекунд и менее. События, требующие быстрой реакции, выделяются в отдельные задачи – задачи обработки прерываний, приоритетность и период выполнения которых можно изменять.

Специализированные языки. На сегодняшний день ПЛК на 90% являются программным продуктом. Для их программирования в настоящее время используются специализированные языки. Специализация языков ПЛК заключена в упрощении их применения и приближении к предметной области. Контроллеры обеспечиваются средствами визуального прикладного проектирования.

7. КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТРОЛЛЕРОВ

Любой потенциальный заказчик микропроцессорных контроллеров стоит перед нелегким выбором: на нашем рынке контроллеры предлагают десятки отечественных и зарубежных производителей.

Контроллеры можно подразделить по ряду признаков на разные классы по определенным существенным для потребителей свойствам. Определение для каждого контроллера его классификационных особенностей фактически указывает его место среди прочих контроллеров, обозначает его отличия от них и выделяет группы контроллеров разных производителей, близких по большинству классифицируемых признаков.

Мощность. Термин «мощность» специалистами, работающими с контроллерами, введен как сленговый – он не отражает общепринятого понятия этого термина, принятого в целом в технике и физике. В данном случае под определением "мощность" понимается некоторая совокупность характеристик: разрядность и быстродействие центрального процессора, объем разных видов памяти, число портов и сетевых интерфейсов, т.е. это обобщающий термин, показывающий «превосходство» одного контроллера над другим. Обычно основным показателем, косвенно характеризующим мощность контроллера, является число входов и выходов (как аналоговых, так и дискретных), которые могут быть подсоединены к контроллеру. По этому показателю контроллеры подразделяются на следующие классы:

- наноконтроллеры, имеющие до 15 входов/выходов;
- микроконтроллеры, рассчитанные на 15-128 входов/выходов;
- малые контроллеры, рассчитанные примерно от 100 до 300 входов/выходов;
- средние контроллеры, рассчитанные примерно на 300-2000 входов/выходов;
- большие контроллеры, имеющие примерно от 2000 и более входов/выходов.

Следует иметь в виду, что если контроллер модульный, то речь идет не о количестве встроенных в корпус контроллера входов/выходов, а о потенциальной возможности обслуживания определенного их числа, которое будет набрано путем подключения к центральному модулю необходимого количества периферийных блоков.

Требования автоматизируемого объекта всегда четко фиксируют необходимое число входных и выходных каналов контроллеров, что позволяет точно указать классы контроллеров по мощности, среди которых следует производить их отбор, чтобы не допустить излишних затрат и удовлетворить заданным требованиям.

Производители контроллеров, как правило, разрабатывают и выпускают их сериями. Контроллеры, входящие в одну серию, незначительно отличаются друг от друга отдельными параметрами и характеристиками – количеством входов/выходов, набором встроенных функций, они имеют общие программное обеспечение и интерфейсы к другим средствам, единую взаимосвя-

зывающую их сетевую структуру. Контроллеры, относящиеся к различным сериям, отличаются друг от друга мощностью существенно.

Эти сведения представляют немалый интерес для разработчиков, если системы автоматизации должны состоять из ряда контроллеров, отличающихся по параметрам, характеристикам, числу подключаемых входов/выходов. Естественно, что для их построения целесообразно и технически, и экономически отбирать контроллеры из одной серии, а каждый отдельный контроллер должен выбираться из условия минимизации избыточных встроенных средств.

Функциональное назначение. Классификация по функциональному назначению позволяет потенциальному заказчику связать требуемые функции контроля и управления с определенным классом контроллеров.

Специализированный контроллер с жестко встроенными функциями. Обычно им является минимальный по мощности контроллер, программа действия которого заранее прошита в его памяти, а изменению при эксплуатации подлежат только параметры программы. Число и набор блоков ввода/вывода определяется реализуемыми в нем функциями. Часто такие контроллеры реализуют различные варианты функций регулирования и их называют регуляторами. Основные области применения: управление каким-либо малым самостоятельным механизмом либо элемент общей системы управления, выделенный из-за специфических требований к отдельной функции. Так, например, из-за высокоскоростного изменения свойств какого-то узла объекта, требуется управлять им с очень малым циклом опроса, что легче и надежнее реализовать отдельным контроллером.

Контроллер, рассчитанный на реализацию логических зависимостей (в основном: на блокировку, программное управление, пуск, останов машин и механизмов). Набор блоков ввода/вывода у такого контроллера рассчитан, в основном, на разнообразные дискретные каналы. Он характеризуется прошитой в его памяти развитой библиотекой логических функций и функций блокировки типовых исполнительных механизмов. Главная сфера применения такого контроллера – замена релейно-контактных шкафов во всех отраслях промышленности. Часто такие контроллеры называют программируемыми реле. Для его программирования используются специализированные языки типа релейно-контактных схем.

Контроллер, рассчитанный на реализацию любых вычислительных и логических функций. Наиболее распространенный универсальный контроллер, не имеющий ограничений по области применения. Центральный процессор контроллера имеет достаточную вычислительную мощность, разрядность, память, чтобы выполнять как логические, так и математические функции. Иногда для усиления его вычислительной мощности он снабжается еще и математическим сопроцессором. В программные инструментальные средства входят специализированные технологические графические языки и конфигураторы с библиотеками математических и регулирующих функций. В состав блоков ввода/вывода входят блоки на всевозможные виды и характеристики каналов (аналоговых, дискретных, импульсных и т. д.).

Контроллер, реализующий функции противоаварийной защиты. Он должен отличаться от контроллеров других классов:

- :особенно высокой надежностью, достигаемой различными вариантами диагностики и резервирования (например, диагностикой работы отдельных компонентов контроллера в режиме on-line, наличием основного и резервного контроллеров с одинаковым аппаратурным и программным обеспечениями и с модулем синхронизации работы контроллеров, резервированием блоков питания и коммуникационных шин);

- :высокой готовностью, т. е. высокой вероятностью того, что объект находится в рабочем режиме (например, не только идентификацией, но и компенсацией неисправных элементов; не просто резервированием, но и восстановлением ошибок программы без прерывания работы контроллеров);

- :отказоустойчивостью, когда при любом отказе автоматизируемый процесс переводится в безопасный режим функционирования.

В этих контроллерах предусмотрены различные варианты полной диагностики и резервирования как отдельных компонентов, так и всего контроллера в целом. Можно отметить следующие распространенные варианты резервирования:

- :горячий резерв всех компонентов и/или контроллера в целом (при непрохождении 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 тот, который дало большинство, 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; первая пара тестируется и либо выявляется наличие случайного сбоя, тогда управление возвращается к ней, либо выявляется неисправность и управление остается у второй.

Контроллер, предназначенный для телемеханических систем автоматизации. Данный класс универсальных контроллеров удобен для создания систем диспетчерского контроля и управления распределенными на местности объектами. Он отличается от прочих классов контроллеров особой проработкой программных и технических компонентов передачи информации на большие расстояния беспроводными линиями связи. В качестве таких линий часто используются УКВ радиоканалы. При этом возможна передача информации от каждого контроллера в диспетчерский центр, а также эстафетная передача информации по цепи от одного контроллера к другому до достижения диспетчерского центра.

Монолитная или модульная архитектура. Этот классификационный признак делит контроллеры по возможностям пространственного расположения его отдельных компонентов. Существуют:

- контроллеры монолитной структуры, у которых состав всех компонентов, включая элементы ввода/вывода, конструктивно зафиксирован в одном корпусе;

- контроллеры модульной структуры, у которых часть или все блоки ввода/вывода могут быть конструктивно отделены от центральной части контроллера

Номенклатуру периферийных модулей составляют:

- модули аналогового ввода/вывода на разные типовые сигналы датчиков и исполнительных механизмов;

- модули дискретного ввода/вывода на разные токи и напряжения;

- аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи;

- модули сетевых интерфейсов, обслуживающие разные сети;

- специализированные модули (счетчики, таймеры, модули для управления двигателями и т. д.).

Подключая к центральному процессорному модулю необходимые периферийные модули, каждый проектировщик системы управления получит контроллер с заданными и минимально избыточными аппаратными средствами.

Форма конструктивного объединения центрального процессорного модуля и периферийных модулей может быть различной. В ряде случаев процессорный модуль конструктивно объединяется в одном корпусе с блоком питания и объединительной панелью, к которой и подключаются периферийные модули. Такой объединительный модуль всегда рассчитан на подключение определенного числа периферийных модулей (обычно от 3 - 4 до 8). В других случаях взаимное подключение модулей друг к другу осуществляется с помощью внешних шлейфов или специальных разъемов.

Архитектура некоторых контроллеров позволяет относить периферийные модули от процессорного модуля на значительные расстояния. Соединяются они между собой последовательной шиной или полевой сетью. Такой класс контроллеров может иметь ряд преимуществ перед другими при построении распределенных по производству систем управления. Он позволяет устанавливать блоки ввода/вывода непосредственно возле соответствующих датчиков и исполнительных механизмов, что технически целесообразно, а экономически эффективно.

Есть еще одно важное классификационное разделение блоков ввода/вывода и периферийных компонентов. Они подразделяются на:

- разработанные конкретно для данного контроллера (или данной серии контроллеров);

- стандартизированные, которые могут быть использованы в разных контроллерах.

Стандартизируются габариты периферийного модуля, его присоединительные разъемы, дисциплины обмена с процессорным блоком.

Закрытая или открытая архитектура. По архитектуре контроллеры подразделяются на два класса: контроллеры, имеющие фирменную закрытую

архитектуру, и контроллеры открытой архитектуры, основанной на одном из магистрально-модульных стандартов.

При фирменной архитектуре изменения (модификации) контроллера возможны только компонентами конкретного производителя. Сами изменения достаточно ограничены и заранее оговорены производителем.

При открытой магистрально-модульной структуре, имеющей стандартный интерфейс для связи центрального процессора с другими модулями контроллера, ситуация кардинально меняется:

- открытость и широкая доступность стандарта на шину, соединяющую модули разного назначения, дает возможность выпускать в данном стандарте любые модули разным производителям, а разработчикам контроллеров дает возможность компоновать свои средства из модулей разных фирм;
- возможность любой модификации и перекомпоновки средств путем замены в них отдельных модулей, а не замены самих средств, удешевляет эксплуатацию средств;
- сборка контроллеров из готовых модулей позволяет точнее учитывать конкретные технические требования и не иметь в них лишних блоков и элементов, не нужных для данного конкретного применения;
- широкая кооперация разных фирм, поддерживающих данный стандарт на шину и работающих в этом стандарте, позволяет пользователям модулей не быть привязанным к конкретному поставщику и иметь широкий выбор необходимой ему продукции.

РС-подобие. Контроллеры подразделяются на РС-совместимые (PC-based) контроллеры и РС-несовместимые контроллеры. Основные отличия данных классов контроллеров состоят в следующем.

РС-совместимые контроллеры максимально открытые средства. Они имеют архитектуру IBM PC; базируются на той же, что и РС, компонентной базе; работают под одной из операционных систем персонального компьютера; взаимодействуют со всем наработанным для персональных компьютеров программным обеспечением; программируются на любых языках, используемых для программирования РС; в основном ориентированы на информационный обмен с другими средствами, как и РС, через сеть Ethernet.

РС-несовместимые контроллеры существенно более закрыты. Их архитектура большей частью является оригинальной разработкой производителя; их компонентная база отличается от РС и она разная у разных производителей; их специфические операционные системы реального времени точно отслеживают требования динамичных промышленных объектов; они почти не пользуются стандартами Windows в части программного обеспечения и не могут применять наработанные для РС программы; их программирование ведется на специальных технологических языках; в сетевых взаимосвязях они, в основном, ориентированы на стандартные или специальные промышленные и полевые сети.

Характер приведенных свойств рассматриваемых классов контроллеров определяет сравнительные достоинства и недостатки каждого класса.

РС-совместимые контроллеры по сравнению с РС-несовместимыми контроллерами в целом обладают большей вычислительной мощностью, легче сты-

куются с различными SCADA-программами и СУБД, открыты для большинства стандартов в областях коммуникаций и программирования, они в среднем дешевле, проще обслуживаются и ремонтируются.

В то же время PC-совместимые контроллеры по сравнению с PC-несовместимыми контроллерами гораздо хуже учитывают требования промышленной автоматики, их операционные системы не полностью соответствуют ряду требований режима реального масштаба времени; они не имеют всех наработанных в промышленности способов диагностики и горячего резервирования, обеспечивающих повышенную надежность работы контроллеров; в них недостаточно используются возможности связи с промышленными и полевыми сетями.

Приведенное выше краткое перечисление особенностей этих двух классов контроллеров обобщенно определяет рациональные ниши применения каждого из них.

PC-несовместимые контроллеры целесообразнее применять на нижних иерархических уровнях автоматизации отдельных агрегатов и механизмов. На этих уровнях наблюдаются особенно строгие специфически промышленные требования к средствам автоматизации, а необходимость открытости к стандартам программирования и к СУБД, требования больших вычислительных ресурсов почти или совсем отсутствуют;

PC-совместимые контроллеры целесообразнее применять на верхних иерархических уровнях автоматизации участков, цехов и производства в целом. Здесь слабеет строгость промышленной специфики вычислительных средств автоматизации и усиливаются требования к информационной совместимости контроллеров с корпоративными сетями и к использованию наработанного для PC программного обеспечения.

Сегодня мы можем смело утверждать, что архитектура PC распространяется все ниже и ниже в иерархии автоматизированных систем управления. Автомобильная промышленность США, которая контролирует 35% рынка контроллеров, уже приняла решение о переходе на IBM PC совместимые компьютеры и контроллеры. Более того, разработка и начало производства такими компаниями как Intel, AMD, C&T однокристальных PC привели к тому, что сейчас архитектура PC вторгается на рынок недорогих контроллеров, где раньше безраздельно господствовали микроконтроллеры типа 8051.

Встраиваемые и автономные контроллеры. По конструктивному исполнению контроллеры подразделяются на два класса: встраиваемые и автономные.

Встраиваемые контроллеры выпускаются на раме без специального кожуха, поскольку они монтируются в общий корпус оборудования (агрегат, машину, прибор) и являются его неотъемлемой частью.

Если встраиваемые контроллеры выпускаются без специального кожуха, то автономные контроллеры помещаются в защитные корпуса, рассчитанные на разные условия окружающей среды.

Каркасы и корпуса контроллеров могут быть как собственной разработки производителя (что наблюдается все реже), так и стандартные (обычно стан-

дарта "Евромеханика"). Конструктивное исполнение каркасов – любое (стойка, рама, башня, настольное исполнение, шкаф). Стандартные конструктивы имеют широкий диапазон вариантов исполнения на разные условия окружающей среды: температуру, пыль, влагу, вибрацию, электромагнитные помехи и пр.

Если автономные контроллеры выпускаются как локальные приборы, то в них встраивается или предусматривается возможность подключения к ним панели интерфейса с оператором, состоящей из дисплея и функциональной клавиатуры управления. Если они рассчитаны на работу в сетевом комплексе, состоящем из ряда контроллеров, то они не имеют встроенного пульта или панели, но есть физические порты, соединяющие их с другой аппаратурой, и сетевые интерфейсы, которые через сеть связывают их с другими средствами автоматизации, в частности, с рабочими станциями операторов.

Контроллеры, учитывающие и не учитывающие российскую специфику эксплуатации. Лишь несколько лет назад стало исчезать разделение контроллеров на отечественные и зарубежные. Считалось, что отечественные контроллеры существенно уступают по техническим характеристикам и по надежности, но зато они значительно дешевле зарубежных контроллеров того же класса. На данный момент у конкурентных контроллеров отечественных производителей эти отличия становятся все менее заметными. Этому способствует то, что все они собираются из зарубежных электронных компонентов, используют близкое по свойствам системное и прикладное программное обеспечение, соответствуют одинаковым международным стандартам. Продукция отечественного производства оказывается вполне конкурентоспособной по сравнению с импортными аналогами. К сожалению, при этом ее стоимость также становится сопоставимой с зарубежными изделиями.

В настоящее время когда говорят о контроллерах, учитывающих российскую специфику эксплуатации, обычно понимают:

- значительно более высокий, чем на зарубежных предприятиях, уровень промышленных помех;
- более широкий диапазон изменения параметров атмосферной и промышленной сред;
- возможность информационной связи с рядом морально устаревших, но еще находящихся в эксплуатации средств автоматизации, выпуска российских предприятий 80-х годов;
- недостаточную квалификацию обслуживающего персонала;
- низкую культуру оперативного персонала в части общения с вычислительными системами и дисплейными рабочими станциями.

Представляется, что эта специфика тоже имеет тенденцию к исчезновению. В частности, следует отметить, что зарубежные производители предлагают модификации контроллеров под разные виды и диапазоны помех и климатических характеристик (в том числе охватывающие все возможные условия работы контроллеров на российских предприятиях), а с точки зрения вандалоустойчивости российские и зарубежные контроллеры практически не отличаются.

При недостаточной квалификации персонала любой специальности и при нарушениях технологической дисциплины на производстве следует уделять внимание исключению этих недостатков, а не приспособлению к ним средств управления.

8. ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Массовое применение программируемых промышленных контроллеров потребовало услуг высококвалифицированных профессионалов, способных решать вопросы программирования и внедрения этих контроллеров. В работах по внедрению этой техники в реальное производство участвуют программист, электронщик и технолог, досконально знающий автоматизируемый процесс. Однако, затраты времени и средств на эту работу, как правило, находятся в прямой зависимости от способностей программиста.

При создании АСУ ТП любой сложности всегда существовала тяжело решаемая проблема по взаимопониманию программистов и технологов. К сожалению, практика показывает как трудно добиться от «главного специалиста по...» формализованного описания алгоритма. Пока успешнее всего работы по созданию АСУ ТП идут там, где программисты вникают во все тонкости конкретного технологического процесса. Зачастую при таком подходе программист остается единственным человеком, способным разобраться в своем творении, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Абсурдность такой ситуации породила стремление создать некие технологические языки программирования, доступные инженерам и технологам и максимально упрощающими процесс программирования.

За последнее десятилетие появилось несколько технологических языков. Более того, Международной Электротехнической Комиссией разработан стандарт IEC-1131, концентрирующий все передовое в области языков программирования для систем автоматизации технологических процессов. Этот стандарт требует от различных изготовителей ПЛК предлагать команды, являющиеся одинаковыми и по внешнему виду, и по действию.

Стандарт специфицирует 5 языков программирования:

- :Sequential Function Chart (SFC) – язык последовательных функциональных блоков;
- :Function Block Diagram (FBD) – язык функциональных блоковых диаграмм;
- :Ladder Diagrams (LAD) – язык релейных диаграмм;
- :Statement List (STL) – язык структурированного текста;
- :Instruction List (IL) – язык инструкций.

STL и IL являются неким программистским «эсперанто» – они вобрали в себя наиболее общие операторы языков типа Pascal и ассемблер. Они обеспечивают совместимость стандарта с ранними версиями программного обеспечения производителей контроллеров. Язык SFC позволяет осуществлять программирование на алгоритмическом уровне, но предполагает конечную реали-

зацию программы на других языках. Язык LAD отдает дань поклонникам стиля, когда программы похожи на электрические схемы релейной логики. Язык FBD напоминает создание схем на логических элементах.

Наибольшее распространение в настоящее время получили языки LAD, STL и FBD. Охарактеризуем их более детально.

Язык релейных диаграмм (язык контактного плана) является графическим языком программирования. При создании программы в форме контактного плана используются графические компоненты, с помощью которых строятся логические сети, сходные с электрическими релейными схемами.

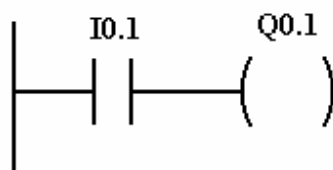
В LAD можно использовать следующие элементы и основные правила:

- **контакты:** каждый контакт представляет собой переключатель, через который при замкнутом состоянии может протекать ток.
- **катушки:** каждая катушка представляет собой реле, которое включается при протекании тока.
- **блоки:** каждый блок представляет собой функцию, которая выполняется, когда к блоку течет ток.
- **сети:** сеть образует полную цепь тока, который течет от левой шины тока через замкнутые контакты к катушкам или блокам – за счет этого они активизируются.

Графическое представление элементов программы воспринимается более легко, чем текстовое, поэтому этот язык и ему подобные максимально наглядны (особенно для тех, кто привык работать с электрическими схемами), позволяет исключить многие ошибки программирования свойственные «обычным» языкам. Этот язык можно рекомендовать для использования начинающими программистами.

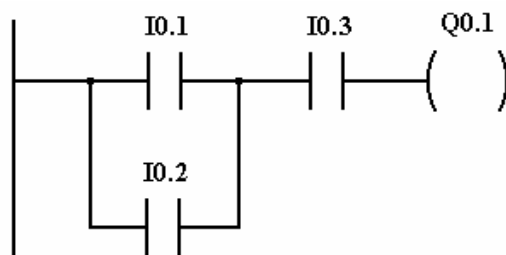
Рассмотрим составление программы с помощью релейных диаграмм на нескольких небольших примерах.

Всем возможным типам переменным в контроллерах присвоены системные имена. Обозначения «I» и «Q» присвоены соответственно дискретным входам и выходам. Для элементов логической схемы, алгоритма предусматриваются специальные обозначения, напоминающие обозначения элементов электрических схем. На рис. 1.20 показаны, последовательно включенные, ключ (вход) I0.1 и катушка реле (выход) Q0.1. Вертикальная линия условно определяет собой цепь подачи питания. Выход Q0.1 активизируется тут же, как только появится сигнал на входе I0.1.



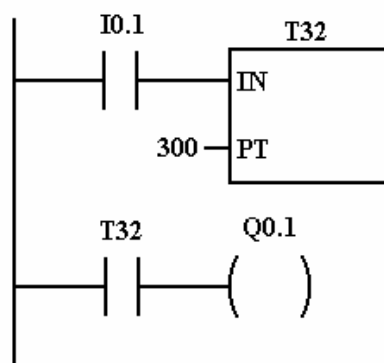
Р и с. 1.20. Пример представления одной логической цепи в языке LAD.

Выход Q0.1 в программе на рис.1.21 активизируется тогда, когда появится сигнал на входе I0.3 и сигналы хотя бы на одном из входов I0.1 или I0.2.



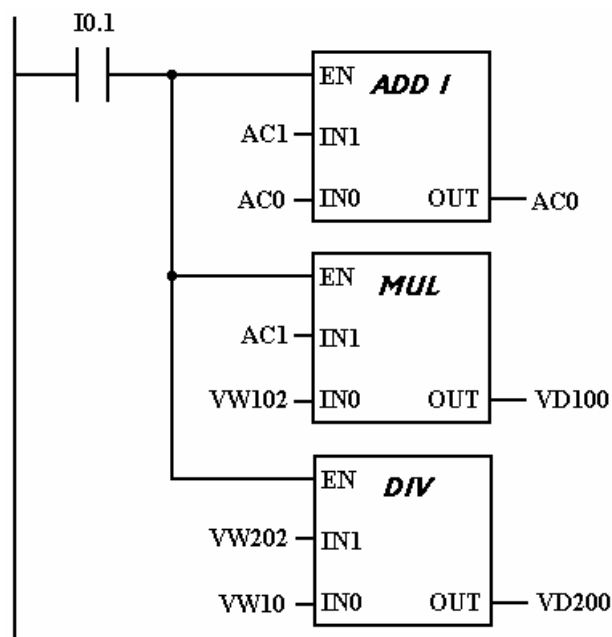
Р и с. 1.21. Пример представления в языке LAD цепи реализующей . логическую функции 2ИЛИ-И.

На рис. 1.22 представлена программа, включающая в себе блок таймера. Указанный в программе таймер, имеет дискретность отсчета 10 мс. Уставка таймера равна 300 и он сработает через 3000 мс после поступления сигнала на вход I0.1. При этом замкнутся управляющий контакт таймера T32 и выход Q0.1 будет активизирован. Все действия программы выполняются по очереди – шаг за шагом, поэтому программа состоит из двух цепей.



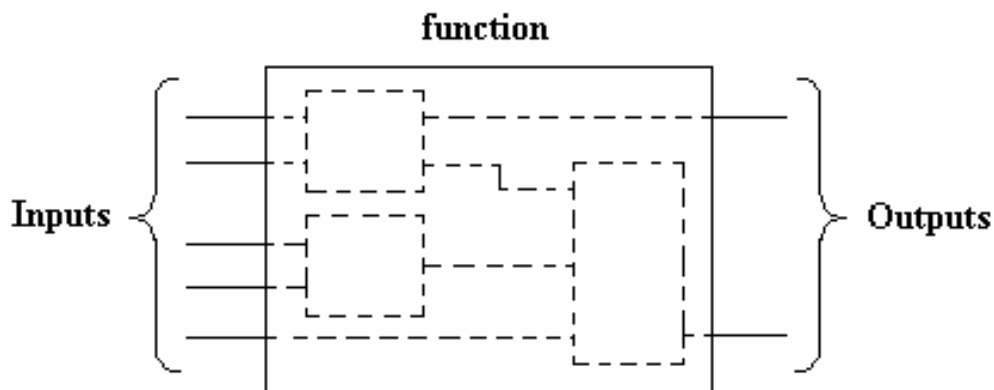
Р и с. 1.22. Пример представления в языке LAD программы с таймером.

Программа, представленная на рис. 1.23, будет по очереди выполнять сложение, умножение и деление соответствующих переменных после поступления сигнала на вход I0.1 (используемые в примере типы переменных и их адресация будет рассмотрена далее).



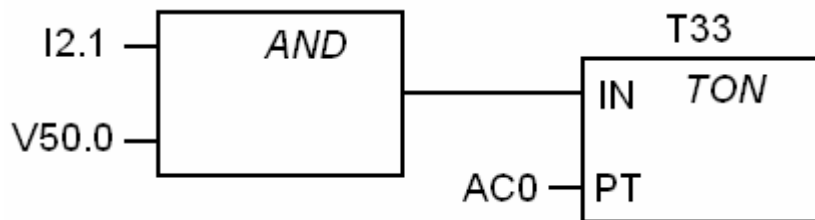
Р и с. 1.23. Пример представления в языке LAD программы для выполнения арифметических операций

Язык функциональных блокковых диаграмм FBD (язык функционального плана) описывает функции между входными переменными и выходными переменными функциональных блоков (рис. 1.24). Эти функции описываются в виде сочетания элементарных функциональных блоков. Каждый функциональный блок представляется прямоугольником, внутри которого имеется обозначение функции, выполняемой блоком.



Р и с. 1.24. Функциональный блок языка FBD.

Выход функционального блока может быть соединен с другими блоками. Логика программы выводится из соединений между этими блоками. Иными словами, выход одной команды (например, блока AND) может использоваться для того, чтобы разрешить другой команде (например, таймеру) создать необходимую логику управления. На рис. 1.25 показан элемент программы, созданной при помощи языка функционального плана.



Р и с. 1.25. Вид программы на языке FBD

В качестве библиотечных блоков используются не только элементарные функции, но и алгоритмы П-, ПИ-, ПИД-регулирования, фильтрация сигналов, стабилизация заданных параметров. Набор из математических и статистических функциональных блоков позволяет просто организовать необходимые вычисления и обработку сигналов.

Приведем основные формальные правила языка FBD:

- функциональные блоки могут располагаться в поле программы произвольно;
- не может быть свободных (несоединенных) входов и выходов функционального блока;
- любая связь (NET) может иметь имя переменной;
- входы и выходы функциональных блоков, присоединенные к связям, имеющим одинаковые имена, считаются соединенными;
- очередность выполнения блоков в программе: слева направо, сверху вниз.

Переменные FBD-программ присоединяются к входным/выходным точкам функциональных блоков.

На входе FBD-блока может быть

- константное выражение;
- любая внутренняя или входная переменная;
- выходная переменная.

На выходе FBD-блока может быть любая внутренняя или выходная переменная.

В табл. 1.1 приведены примеры базовых функций языка FBD.

Программы на языке FBD напоминают электрические принципиальные схемы логических устройств и формально соблюдают алгоритмы их работы. Однако, несмотря на всю схожесть с электрическими схемами, язык FBD содержит метки, операторы условного и безусловного переходов, которые свойственны традиционным процедурным языкам программирования. Графический стиль представления программы в форме логических элементов удобно использовать для последующего составления ее блок-схемы.

Таблица 1.1.
Примеры базовых функций языка FBD

Функции двоичного типа	NOT, AND, OR, XOR, SET, RESET
Функции управления программой	RETURN, GOTO, CALL, TSTART, TSTOP, GSTART, GSTOP
Арифметические функции	ADD, SUB, DIV, MUL
Функции сравнения	=, <>, >, <, >=, <=
Математические функции	ABS, EXPT, LOG, SQRT
Тригонометрические функции	ACOS, ASIN, ATAN, COS, SIN, TAN

Язык структурированного текста STL представляет собой язык программирования, в котором каждая команда программы содержит операцию, мнемоника которой определяет ту или иную функцию контроллера. Эти операции связываются в одну программу так, чтобы создать систему управления приложением.

По способу представления программа созданная в списке команд очень похожа на обычный ассемблер. Например, программа представленная на рис.1.21 в этой форме будет выглядеть следующим образом:

```
LD I0.1
I I0.2
O I0.3
= Q0.1
```

Программа представленная на рис.1.23 в этой форме будет выглядеть так:

```
LD I0.1
+ AC1, AC2
= AC0
MUL AC1, VD102
= VD100
DEL VW202, VW10
= VD200
```

Пакеты по созданию программ для ПЛК, как правило, предоставляют возможность выбора языка представления. Например, Вы можете предпочесть создавать программы в среде, более ориентированной на графическое представление, тогда как кто-то другой может предпочесть стиль языка ассемблера, основанный на текстовом представлении. Более того, обычно предоставляется возможность переходить от одной к другой форме представления уже созданной программы, т.е. работать с ней в той форме представления, которая является более привычной именно для Вас.

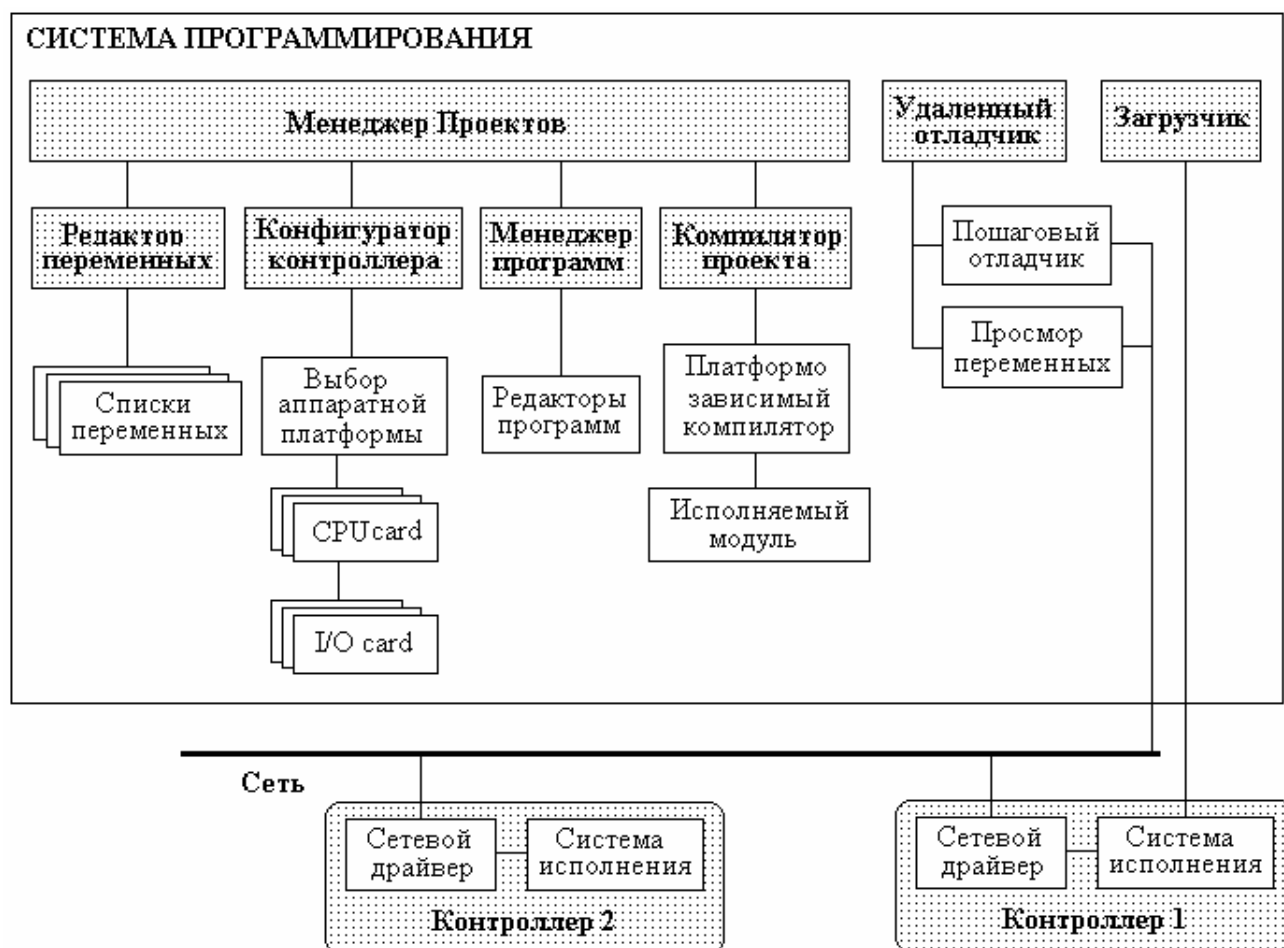
9. СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ПРОГРАММ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Одновременно с развитием специальных языков появлялись и интегрированные программные пакеты, ориентированные на комплексную подготовку проектов от выбора элементной базы и конфигурации системы до создания и отладки программ. Существует много «фирменных» пакетов, ориентированных на работу с контроллерами конкретной фирмы и учитывающими их специфические особенности. С другой стороны, существование стандартов по языкам, по аппаратным и программным интерфейсам позволило создать системы подготовки программ, ориентированные для работы с различными контроллерами. И «фирменные» и универсальные пакеты имеют сходную архитектуру – близкий по составу и функциям набор составных компонентов. Охарактеризуем детально назначение и принципы построения таких систем в целом и их составных частей.

Прежде всего, эти системы предназначены для разработки программ промышленных контроллеров с помощью простых инструментальных средств. «Простота» в данном случае достигается применением методов объектного визуального программирования, вылившихся в использование специальных технологических языков. Используя такие языки, пользователь может собирать программу из стандартных модулей, представленных графическими элементами. При этом программы выглядят наглядно, исключаются ошибки распространенные в лингвистических языках программирования. В целом системы ориентированы на то, чтобы инженер-специалист в области автоматизации работал с понятным ему технологическим контроллером (блоком управления), а не с мудреной системой команд, памятью и прерываниями компьютера.

Системы подготовки программ представляют собой интегрированные комплексы программ в операционной среде Windows (все реже в DOS) и включают в себя графические средства создания программ (редакторы), компиляторы, средства интерактивного диалога, настройки и отладки проектов. Они функционируют на персональном компьютере, с помощью которого может производиться и отладка программы непосредственно на объекте. Назначение кнопок и порядок работы с объектами совпадают с общепринятыми в Windows соглашениями. Все действия производятся в режиме интерактивного диалога путем выбора соответствующих опций из последовательно возникающих окон. Все манипуляции с объектами осуществляются с помощью мыши.

Системы подготовки программ состоят из двух частей: системы программирования и системы исполнения (рис. 1.26). Система программирования содержит средства подготовки проектов, менеджер проектов и средства их отладки.



Р и с. 1.26. Архитектура системы подготовки программ

Работа в системе подготовки программ начинается в менеджере проекта. В целом менеджер проектов в себе объединяет:

- конфигуратор контроллера;
- редактор переменных;
- менеджер программ;
- компиляторы.

В конфигураторе контроллера последовательно осуществляются следующие действия:

- выбирается аппаратная платформа контроллера (семейство контроллеров);
- выбирается тип вычислительного (процессорного) модуля внутри платформы;
- указываются системные установки, такие как наличие сети, сторожевого таймера, настройки компилятора;
- выбираются типы используемых модулей ввода/вывода контроллера;
- осуществляется привязка переменных к входам и выходам соответствующих модулей.

После определения состава периферийных блоков система автоматически устанавливает адреса аналоговых и дискретных входов/выходов этих бло-

ков и в дальнейшем при создании собственно программы Вы сможете использовать лишь допустимые диапазоны адресов. Кроме этого указание процессорного модуля позволит при компиляции программы создавать загружаемый код с учетом конкретного распределения памяти, допустимых диапазонов переменных и других ресурсов.

Описание переменных и способов доступа к ним осуществляется в редакторе переменных. Программа может содержать следующие базовые типы объектов:

- :переменные;
- :константы;
- :комментарии;
- :функциональные блоки.

Как правило, поддерживаются такие типы переменных как двоичные, целые, вещественные и с плавающей запятой. Типы констант соответствуют основным типам переменных.

Любой переменной могут быть присвоены следующие атрибуты:

- :Public – глобальная переменная, может использоваться всеми программами проекта;
- :Network – переменная доступна другим участникам сетевого обмена.

По отношению к входам и выходам контроллера переменные могут иметь признак:

- :Input – входная переменная, логически соединенная с входом контроллера;
- :Output – выходная переменная, логически соединенная с выходом (выходами) контроллера.
- :типы переменных, связанные с работой конкретных функциональных узлов, например, таймерные.

По умолчанию менеджер проекта предлагает переменным системные имена, которые указывают на конкретный тип переменной и ее адрес подключения в контроллере, но пользователь может называть переменные собственными символьными именами. Редактор переменных позволяет создавать символьную таблицу, с помощью которой устанавливается соответствие между физическими адресами переменных и присваиваемыми им символьными именами.

Менеджер программ содержит листы программ, выполняет обычные операции над файлами этих программ. Программа (основной блок) может состоять из множества функциональных блоков, находящихся друг с другом в определенных отношениях, образующих иерархическое дерево. Функциональные блоки могут активизироваться при запуске системы, выполняться в каждом цикле работы контроллера или активизироваться лишь при выполнении тех или иных условий.

Собственно программирование осуществляется с помощью специального графического редактора. При этом пользователь с помощью мыши устанавливает элементы программы в поле программы, соединяет их связями, присваивает связям имена переменных. Имена могут непосредственно назначаться

в поле программы или вызываться из списков символьной таблицы. Все шаги по составлению программы записываются в файл-сценарий, благодаря чему можно производить откат к предыдущему состоянию (Undo) и возврат к правкам (Redo). Редактор может включать разметку поля, масштабировать изображение, автоматически изменяет изображение указателя мыши в зависимости от типа операции.

Обычно редакторы построены так, чтобы «подталкивать» программиста использовать принцип иерархического проектирования – создавать программы в виде отдельных функциональных блоков. Этот механизм является инструментом для облегчения разработки и улучшения «читабельности» программы, когда конкретный функциональный блок (для других языков – подпрограмма) полностью описывают управление выделенной частью технологического процесса.

В редакторах может быть предусмотрен механизм вызова внешних процедур, написанных на других языках, таких как ассемблер, C, Pascal.

Менеджер программ содержит листы программ, выполняет обычные операции над файлами этих программ. Программа (основной блок) может состоять из множества функциональных блоков, находящихся друг с другом в определенных отношениях, образующих иерархическое дерево. Функциональные блоки могут активизироваться при запуске системы, выполняться в каждом цикле работы контроллера или активизироваться лишь при выполнении тех или иных условий.

После создания программы ее необходимо отладить. Для этого блок отладки системы подготовки программного обеспечения содержит:

- :загрузчик программ;
- :сетевой драйвер;
- :средства осциллографирования;
- :средства удаленной отладки.

В процессе отладки можно осуществлять оперативный мониторинг процесса, осциллографирование (наблюдение на экране монитора) любых переменных в реальном времени, подбор параметров регулирования, исправление и мгновенную перекомпиляцию проекта, доступ к любой справочной информации об объекте.

Готовый проект компилируется, после чего полученный код системы исполнения загружается в контроллер. Многие системы программирования являются независимыми по отношению к аппаратной платформе целевого контроллера, поэтому в своем составе они содержат специальный инвариантный компилятор, который использует информацию об аппаратной платформе контроллера и его конфигурации.

В одних случаях программа в контроллер может загружаться, по каналу последовательной связи, в других с помощью внешне программируемой микросхемы (специального блока) памяти. В загружаемый код автоматически встраивается драйвер сетевого обмена, который обеспечивает мониторинг и отладку.

Приведем несколько примеров пакетов для создания программного обеспечения контроллеров.

Система ULTRALOGIC предназначена для разработки программ промышленных контроллеров с помощью простых инструментальных средств, используя в качестве языка программирования язык функциональных блочных диаграмм. ULTRALOGIC представляет собой интегрированный комплекс программ в операционной среде DOS или Windows и включает в себя графические средства, компиляторы, средства интерактивного диалога, настройки и отладки проектов. ULTRALOGIC функционирует на IBM PC совместимом компьютере, с помощью которого может производиться и отладка программы на объекте. Пакет позволяет осуществлять оперативный мониторинг процесса, осциллографирование любых переменных в реальном времени, простой подбор параметров регулирования, быстрое исправление и мгновенную перекомпиляцию проекта, удаленную отладку, доступ к любой справочной информации об объекте

Программирование контроллеров серии S-200 SIMATIC фирмы Siemens осуществляется с помощью программного пакета STEP7-Micro/WIN. Построенный на базе «оконной» технологии он существенно облегчает процесс программирования в формах представления STL («список команд») или LAD («контактный план»). STEP7 Micro/Win позволяет выполнять все операции по конфигурированию и параметрированию контроллеров, а также решать вопросы конфигурирования и программирования сетей, устройств человеко-машинного интерфейса. Применяется стандартизированная система команд.

Фирма Omron представляет пакет автоматизации CX, который содержит программные средства настройки, программирования, запуска, наблюдения и обслуживания для всех своих контроллеров.

Для работы с контроллерами Quantum фирмой Шнайдер Электрик создан программный пакет Concept. Это современный инструмент для ОС Windows, предоставляющий единую многоязыковую среду для программирования систем управления. Используя знакомые стандартные редакторы в одном приложении, пользователи могут создавать и интегрировать подпрограммы управления, коммуникаций и диагностики.

Concept дает программисту возможность создавать библиотеки производных функциональных блоков, или DFB, которые можно многократно использовать в прикладной программе. Эти блоки могут создаваться при помощи языков функциональных блок-схем (FBD), релейной логики (LAD), структурированного текста (STL) или списка инструкций (IL). В случае, если какой-то алгоритм или участок логики, например, логики запуска двигателя, нужно изменить, то программисту нужно будет сделать изменение только один раз.

К основным характеристикам пакета Concept можно отнести следующее:

- легко доступные интерфейсы, возможность повторного использования программ, мощные функции поиска, продвинутые графические редакторы и контекстная помощь, упрощающие программирование, документирование и поддержку системы;

- наличие обширнейших библиотек функциональных блоков, сгруппированных по типам. Помимо групп блоков, соответствующих стандарту МЭК, таких, как элементы логики, таймеры, счетчики и т. д., существуют группы элементов для регулирования, нечеткого управления, системной конфигурации и диагностики, коммуникаций и т. д.;

- мощные функции поиска, позволяющие искать переменные, обнаруживать ошибки и определять неиспользованные переменные;

- возможность создания элементарных функциональных блоков или EFB, при помощи языка C для наиболее сложных алгоритмов и приложений;

- программный эмулятор работы контроллера, позволяющий производить отладку программ без подключения к реальному контроллеру;

- поддержка языка релейной логики 984 и наличие конвертера для импорта программ, написанных на языке Modsoft – основного средства разработки программ для контроллеров предыдущего поколения;

- возможность локального и удаленного программирования с использованием интерфейсов Modbus, Modbus Plus и TCP/IP Ethernet.

Необходимо выделить возможности программного обеспечения Concept в режиме горячего резервирования:

- Программирование в режиме "он-лайн" без останова контроллера.

- Внесение изменений в программу основного контроллера без остановки.

- Возможность обновления операционной системы в основном и резервном контроллерах без прерывания процесса.

Для контроллеров серии WAGO-I/O-SYSTEM фирма WAGO предоставляет созданный ею инструмент для программирования WAGO-I/O-PRO. С помощью него осуществляется и отладка системы – он позволяет визуализировать состояния входов и выходов. Программное обеспечение просто в установке и не требует для своей работы подключения к промышленной сети. Пакет работает в OPC-стандарте.

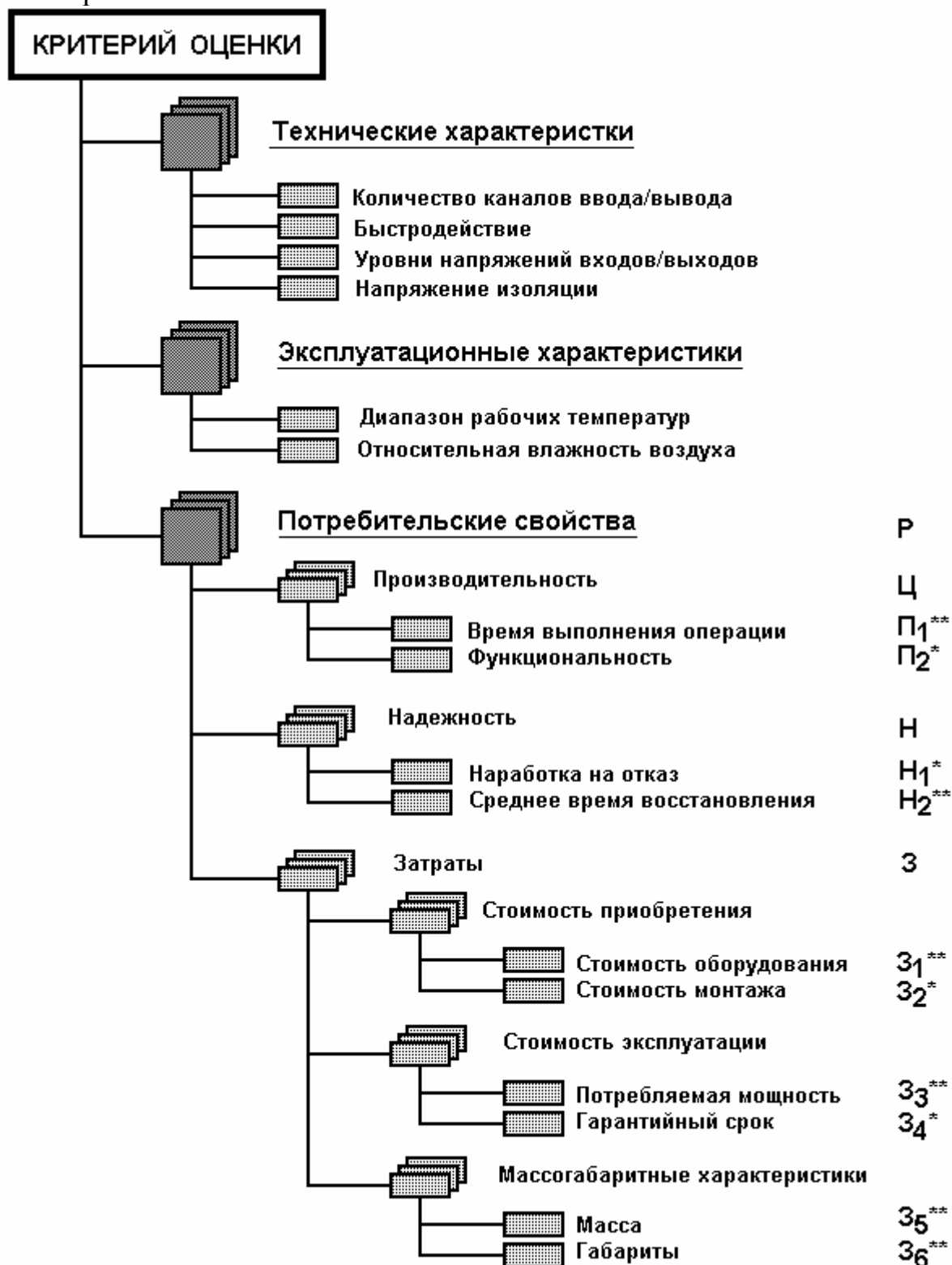
10. ВЫБОР КОНТРОЛЛЕРОВ

Выбор рационального для каждой конкретной задачи ПЛК является важным для любого заказчика. В то же время определение наилучшего ПЛК из всей их совокупности, имеющейся на рынке, является далеко не однозначной и не простой задачей, поскольку оно должно учитывать все свойства автоматизируемого объекта, удовлетворять поставленным требованиям к системе контроля и управления, находить некий рациональный компромисс между различными противоречивыми критериями (мощность, надежность, открытость, стоимость и т.д.).

Большинству потребителей требуется не превосходство одной какой-то характеристики, а некая интегральная оценка, позволяющая сравнить ПЛК по совокупности характеристик и свойств. Рассмотрим методику формирования такой оценки.

Учитывая специфику устройств, критерии оценки можно разделить на три группы (рис. 1.27):

- технические характеристики;
- эксплуатационные характеристики;
- потребительские свойства.



Р и с. 1.27. Классификация критериев выбора ПЛК.

При этом критериями выбора считать потребительские свойства, т.е. соотношение показателей затраты/производительность/надежность, а техниче-

ские и эксплуатационные характеристики ограничениями для процедуры выбора.

Кроме того, необходимо разделить характеристики на прямые – для которых положительным результатом является её увеличение (на рисунке обозначены – "*") и обратные – для которых положительным результатом является её уменьшение (на рисунке обозначены – "**").

Так как характеристики между собой конфликтны, т.е. улучшение одной характеристики почти всегда приводит к ухудшению другой, необходимо для каждой характеристики K_i определить весовой коэффициент a_i , учитывающий степень влияния данной характеристики на полезность устройства.

Терминология и состав критериев оценки ПЛК приведены в соответствии с основными положениями квалиметрии и стандартами качества (ГОСТ 15467-79). Выбор аппаратуры производится в четыре этапа:

- :определение соответствия технических характеристик предъявленным требованиям;
- :определение соответствия эксплуатационных характеристик предъявленным требованиям;
- :оценка потребительских свойств выбираемой аппаратуры;
- :ранжирование изделий.

На первом этапе каждая техническая характеристика анализируемого изделия сравнивается с предъявленными к проектируемой системе требованиями, и если данная характеристика не удовлетворяет этим требованиям, изделие снимается с рассмотрения.

Такой же анализ проводится на втором этапе с эксплуатационными характеристиками, и только если технические и эксплуатационные характеристики соответствуют поставленной задаче и предъявленным требованиям, проводится оценка потребительских свойств ПЛК.

Для этого используется аддитивный метод оценки, когда суммарная оценка каждого свойства вычисляется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{K_i^{\wedge}} \alpha_i + \sum_{j=1}^m \frac{1}{\frac{K_j}{K_j^{\wedge}}} \alpha_j$$

где K_i, K_j – прямая и обратная характеристики выбираемого изделия;

$K_i^{\wedge}, K_j^{\wedge}$ – соответствующие характеристики аналога; a_i, a_j – весовые коэффициенты характеристик;

n, m – количество прямых и обратных характеристик.

Даже если не пользоваться рассмотренной методикой для формирования количественных оценок критериев выбора она полезна предложенной

структуризацией и классификацией параметров ПЛК участвующих в их выборе.

11. СОВРЕМЕННЫЙ РЫНОК КОНТРОЛЛЕРНЫХ СРЕДСТВ

Основные производители данной продукции: ABB (распространяющая также контроллерные средства фирм Baily Controls и Gartner & Braun), Beckhoff, Foxboro, Groupe Schneider, Emerson, General Electric Fanuc Automation, Foxboro, Honeywell, Koyo Electronics, Tornado, Triconex, PEP, Trey, Control Microsystems, GF Power Controls Metso Automation, Moore Products, Omron, Rockwell Automation, Siemens, Yokogawa, Schneider Automation, VIPA, ICP DAS, Schneider Electric, Mitsubishi и др.

С зарубежными производителями в разных классах контроллерных средств конкурирует большое число российских предприятий: "Автоматика", ДЭП, "ВЕГА", "Волмаг", "ДЭП", "Завод электроники и механики", "ЗЭИМ Инжиниринг", "Интеравтоматика", "НВТ Автоматика", "ПИК ЗЕБРА", "РИУС", "Реалтайм", "Системотехника", "Трей", "Эмикон", "Импульс", "Инсист Автоматика", "Интеравтоматика", "Квантор", НИИтеплоприбор, "НВТ-Автоматика", ПИК "Прогресс", "Саргон", "Системотехника", ТЕКОН, "Электромеханика", ЭМИКОН и др.).

Контроллеры, выпускаемые различными фирмами, в подавляющем большинстве случаев весьма похожи друг на друга. Отчасти это, конечно, может быть связано и с тем, что каждый производитель старается перенять любое удачное решение фирмы-конкурента. Но главной и основной причиной такой схожести является понимание производителей, что работать они должны в рамках общепринятых стандартов и соглашений. Только при соблюдении этого условия их продукция будет максимально широко использоваться и будет конкурентоспособной. Стандарты и соглашения касаются самых разнообразных сторон этой области – речь идет и о языках программирования контроллеров, драйверов их сетевого обмена, электрической и конструктивной совместимости и т. д.

Для того чтобы сложилось достаточно полное представление обо всем классе этих устройств, достаточно детально познакомимся с отдельными его представителями.

11.1 РЫНОК ЗАРУБЕЖНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

11.1.1 Одноплатные встраиваемые IBM PC совместимые контроллеры

Данный класс контроллеров представлен достаточно широко. Рассмотрим лишь один пример, достаточно полно иллюстрирующий подходы к их созданию.

Рассмотрим параметры и характеристики IBM PC совместимого бескорпусного одноплатного контроллера CPU 188-5, выпускаемого фирмой Fastwel. На рис. 1.28 показан его внешний вид, на рис. 1.29 условно демонстрируется состав его компонентов.

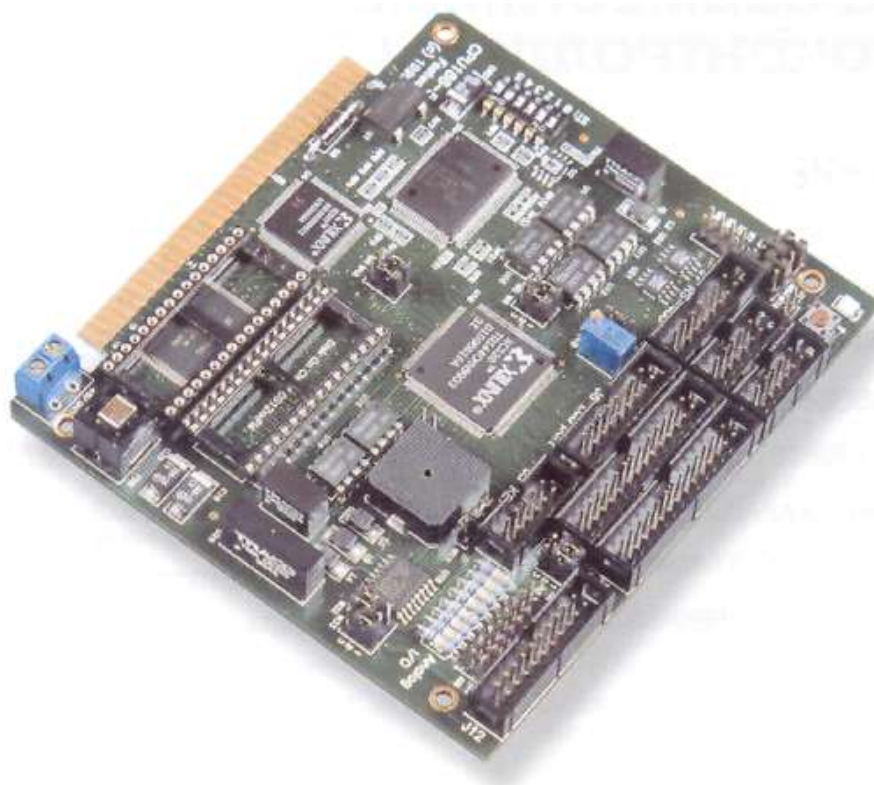


Рис. 1.28. Внешний вид контроллера CPU 188-5



Рис. 1.29. Состав компонентов контроллера CPU 188-5

Перечислим основные характеристики и параметры контроллера:

- тип процессора AT188/40МГц;
- магистраль 8-разрядная LSA;
- BIOS Fastwel, AT совместимая, с расширениями;
- DOS совместима с MS-DOS 6.22;
- объем встроенной оперативной памяти до 1 Мбайт; возможно подключение дополнительного энергонезависимого ОЗУ объемом 128 Кбайт;
- для подключения НГМД возможно использование внешнего контроллера (5815 Octagon Systems);
- порты последовательной связи COM1:RS-232/485, COM2:RS-232/422/485
Скорость обмена: в режиме RS-232 до 200 Кбит/с, в режимах RS-422/485 до 2,5 Мбит/с;
- параллельный ввод-вывод – поддержка режима обмена SPP;
- универсальный порт дискретного ввода/вывода – 48 программируемых каналов ввода/вывода;
- аналоговый ввод 8 однопроводных каналов, 12-разрядный АЦП с программируемым диапазоном напряжения по каждому входу (0...5 В; ±5 В; 0...10 В; ±10 В), шунтирующие резисторы для измерения тока (подключение перемычками); защита входов от перенапряжения; входное сопротивление 16 кОм, скорость измерения до 80000 выборок/с;
- аналоговый вывод – два 12-разрядных ЦАП с диапазонами 0...5 В; +5 В; 0...10 В (устанавливаются перемычками); скорость преобразования до 100000 выборок/с;

- возможность подключения матричной (4 х 4, 5 х 4) и АТ совместимой клавиатуры;
- до 48 линий запроса прерываний через универсальный порт ввода/вывода;
- напряжение питания $+5\text{ В} \pm 5\%$; максимальный потребляемый ток: 750 мА;
- один оптоизолированный вход удаленного сброса;
- диапазон рабочих температур от -40 до $+85^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 5 до 95% при 25°C без конденсации влаги;
- габаритные размер 124,5 х 114,3 мм.

11.1.2 Релейные универсальные контроллеры

Понятие «автоматизация производства» часто, и причём небезосновательно, ассоциируется с масштабными компьютеризированными системами. Разработка и внедрение таких систем требует огромных материальных, финансовых и интеллектуальных затрат. Вместе с тем существует большое число задач автоматизации гораздо меньшего масштаба, которые, тем не менее, от этого не теряют своей актуальности.

Как уже отмечалось выше, существует класс универсальных контроллеров, который по вычислительной мощности и набору встроенных функциональных возможностей оптимально соответствует таким несложным задачам. При решении большинства простейших задач автоматизации необходимы устройства управления с дискретными управляющими сигналами, которые формировались бы также по дискретным входным воздействиям. До недавнего времени такие устройства управления реализовывались на основе релейных логических схем. Контроллеры, предназначенные для замены таких схем, исходя из всего этого часто называют релейными.

Рассмотрим конкретный пример – сравнительно простую и вместе с тем достаточно типичную схему смесительной установки (рис. 1.30). Алгоритм работы установки очень прост. После её запуска в работу открывается клапан Y1, и ёмкость начинает заполняться компонентом № 1. При достижении уровня 2 срабатывает датчик SL2, закрывается клапан Y1 и открывается клапан Y2. В ёмкость начинает поступать компонент № 2. После заполнения ёмкости до уровня 1 по сигналу от датчика SL1 закрывается клапан Y2 и включается привод мешалки М. Через 15 минут он выключается, смесь готова. Для её выгрузки открывается клапан Y3. Окончание процесса фиксируется датчиком SL3 (уровень 3). После закрытия клапана Y3 установка готова к новому циклу приготовления смеси.



Р и с. 1.31. Электрическая схема системы управления на реле.

64

чает, что в ёмкость должно загружаться иное число компонентов с индивидуальными для каждого из них дозой и порядком загрузки, а также изменено время работы мешалки. Нет необходимости говорить о том, что такое условие уже не может быть реализовано с помощью релейной схемы. Но такая задача по плечу контроллеру, в котором алгоритм управления реализуется программно, а аппаратных средств имеется ровно столько, сколько необходимо для решения подобных по сложности задач.

К классу контроллеров, предназначенных для решения таких задач, относится логический модуль LOGO! фирмы Siemens. Рассмотрим решение поставленной задачи на его примере.



Р и с. 1.32. Внешний вид LOGO!

Логический модуль LOGO! (рис. 1.32) изначально задумывался как промежуточное звено между традиционными релейными элементами автоматики (контакторы, реле времени и т.п.) и программируемыми контроллерами. В нём вместо соединения проводов должно использоваться логическое соединение функций, обычно реализуемых аппаратно с помощью отдельных устройств. Сложность устройств позволяет работать с ними персоналу без специальных знаний в области программирования.

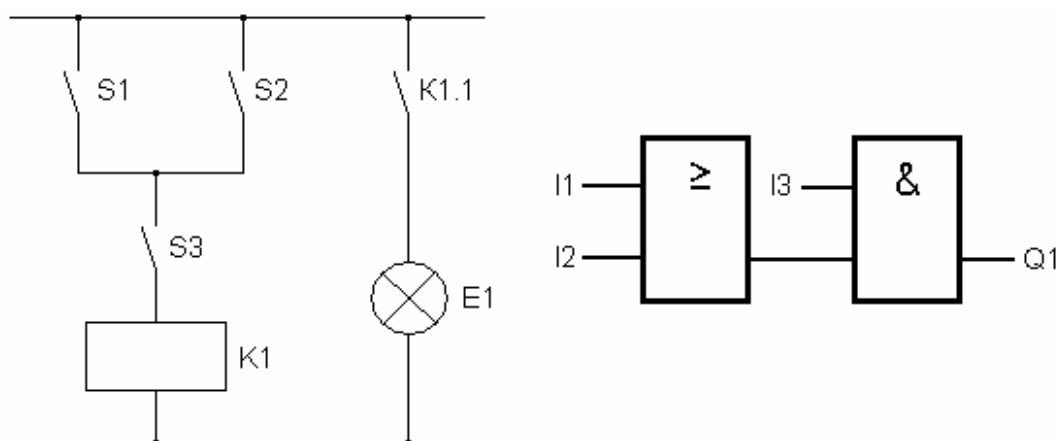
Для подключения к источникам сигналов и исполнительным устройствам модули LOGO! первых поколений имели 6 или 12 дискретных входов и 4 или 8 дискретных выходов (варианты Basic и Long соответственно). Затем к дискретным входам добавилось два аналоговых. В 2001 году фирма Siemens выпустила модульный LOGO!, в котором увеличение числа обслуживаемых входов и выходов обеспечивается с помощью дополнительных модулей расширения.

В модульном варианте контроллер LOGO! можно реализовать с 24 дискретными и 8 аналоговыми входами, а также 16 дискретными выходами. Напряжение питания входных цепей в LOGO! соответствует напряжению питания модуля, которое может быть 12/24 В постоянного тока, 24 и 230 В переменного

тока. Выходы могут быть транзисторными или релейными. Нагрузочная способность последних (до 10 А) обеспечивает непосредственное подключение достаточно мощных исполнительных устройств. Кроме того, к такому микроконтроллеру можно подключить коммуникационные модули для работы в сетях. Существуют логические модули с дисплеем и клавиатурой и без них.

Главной особенностью микроконтроллеров LOGO! является то, что схема релейной автоматики собирается из программно реализованных функциональных блоков. В распоряжении пользователя имеется восемь логических функций типа И, ИЛИ и т.п., большое число типов реле, в том числе реле с задержкой включения и выключения, импульсное реле, реле с самоблокировкой, а также такие функции, как выключатель с часовым механизмом, тактовый генератор, календарь, часы реального времени и др.

Рассмотрим на примере, как в LOGO! представляется обычная коммутационная схема, приведенная на рис. 1.33. На ней потребитель E1 включается и выключается с помощью выключателей S1, S2 и S3. Реле K1 срабатывает, когда замкнут хотя бы один из выключателей S1 или S2 и обязательно S3. В LOGO! указанная схема реализуется двумя последовательно соединёнными логическими блоками OR (ИЛИ) и AND (И). Выключатель S1 подключается ко входу I1 модуля, выключатель S2 – ко входу I2, S3 – к I3, а потребитель E1 подключается к релейному выходу Q1.



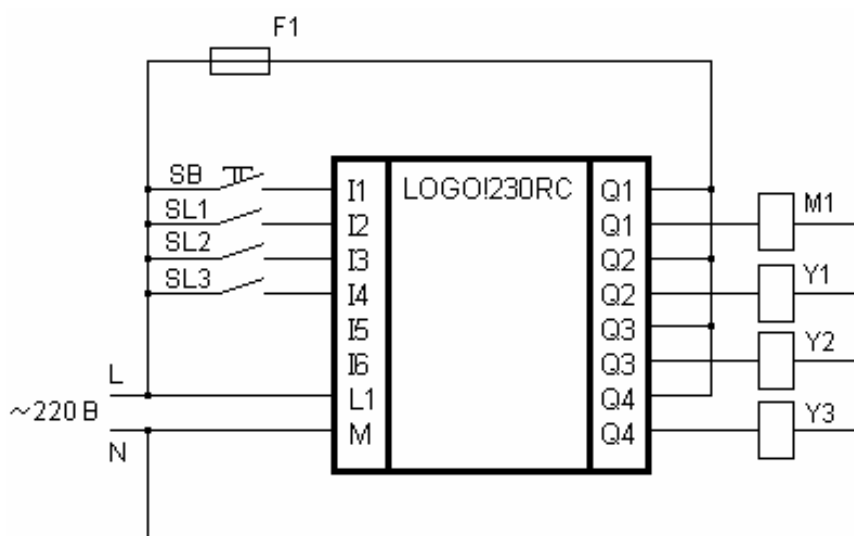
Р и с. 1.33. Типовая коммутационная схема и ее реализация с помощью LOGO!

Программирование модулей LOGO!, а точнее – ввод схемы, может выполняться с помощью встроенных клавиатуры и дисплея. Оно сводится к выбору необходимых функциональных блоков, соединению их между собой и заданию параметров настройки блоков (задержек включения/выключения, значений счётчиков и т.д.). Для хранения управляющей программы в модуле имеется встроенное энергонезависимое запоминающее устройство. Создание резервной копии программы, а также перенос ее в другие LOGO! может быть осуществлён с помощью специальных модулей памяти, устанавливаемых в интерфейсное гнездо.

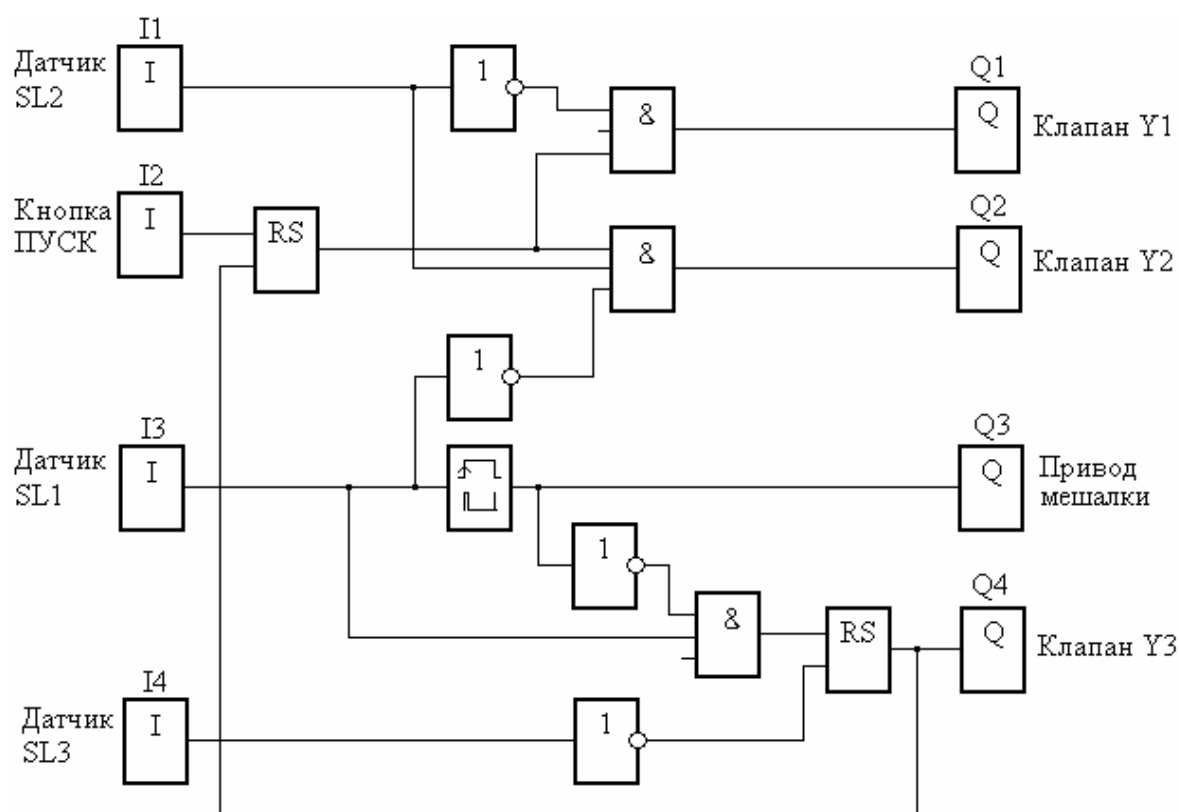
Однако ввод программы с панели управления является делом неблагодарным и может быть оправдан только для небольших по объёму программ или в случае острой необходимости внесения корректив в уже работающую программу непосредственно на объекте. А учитывая то, что программу всё равно предварительно приходится прорисовывать на бумаге, становится очевидным необходимость использования специализированного программного продукта – в данном случае пакета LOGO!Soft Comfort. Этот пакет позволяет разрабатывать в графической форме и документировать программы для LOGO! на компьютере и, кроме того, отлаживать их в режиме эмуляции логического модуля. Выбранные функциональные блоки мышью перетаскиваются на рабочее поле, затем соединяются и параметрируются. Для каждого функционального блока может быть написан комментарий, который существенно облегчит понимание принципа работы программы другому пользователю или поможет самому разработчику через некоторое время вспомнить собственные замыслы. При вводе программы будут автоматически контролироваться все имеющиеся ограничения по объёму памяти и возможности использования тех или иных функций. Имеет смысл разработанную программу протестировать с помощью встроенного эмулятора контроллера. Если по результатам эмулирования корректировка программы не требуется, то её можно загрузить в память LOGO! с помощью специального кабеля, подключаемого к тому же интерфейсному гнезду, что и модули памяти.

Вернемся вновь к рассматриваемому ранее примеру. Посмотрим, как контроллер может облегчить жизнь разработчику системы управления смесительной установки.

В исходном варианте система управления смесительной установкой с использованием контроллера LOGO! реализуется очень просто. На рис. 1.34 приведена схема подключения контроллера, а на рис. 1.35 блок-схема программы.

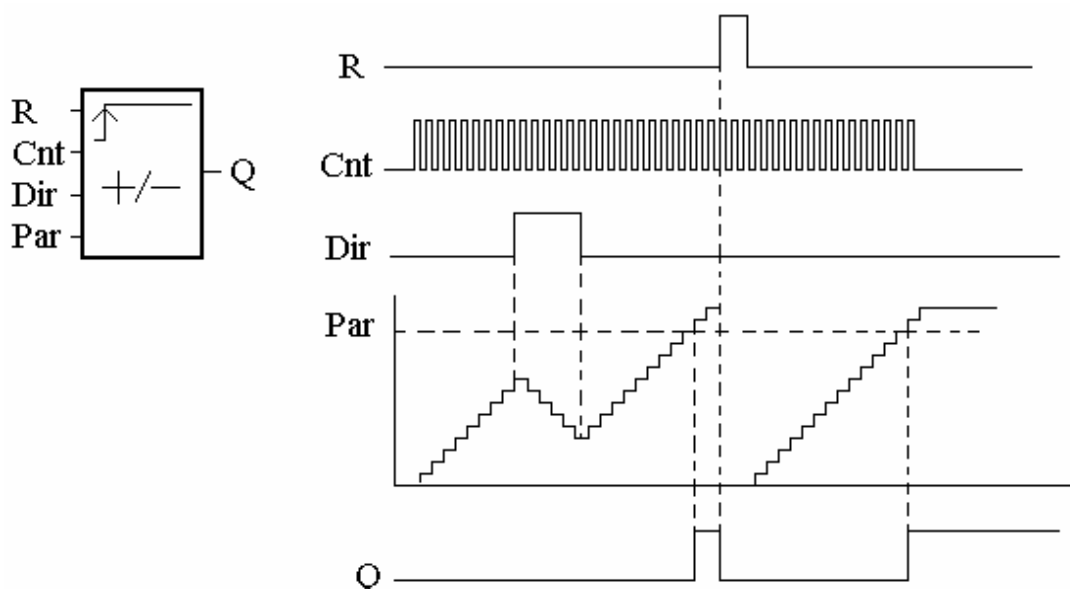


Р и с. 1.34 Схема подключения



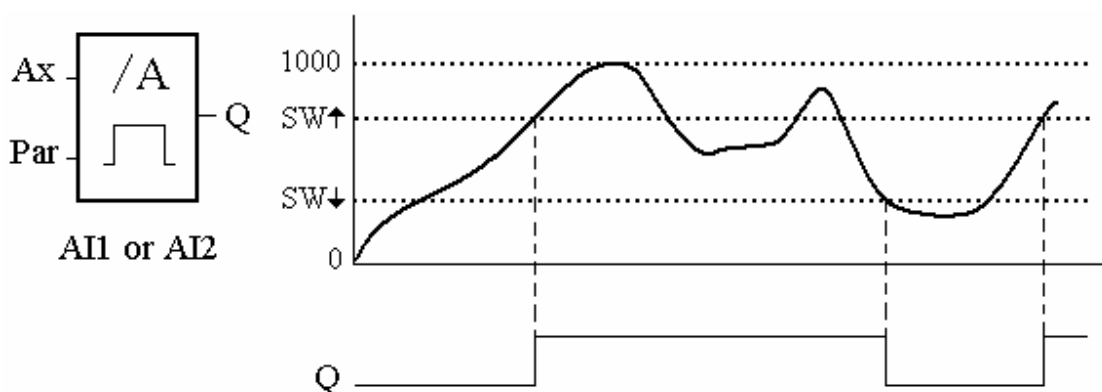
Р и с. 1.35. Блок-схема программы

Теперь посмотрим, как с помощью модуля LOGO! могут быть реализованы новые функции системы управления. Для дозирования компонентов в зависимости от их физико-химических свойств могут быть использованы различные методы, такие как, например, измерение расхода или уровня. Обработка импульсного сигнала с выхода счетчика (расходомера) в LOGO! легко реализуется с помощью функционального блока «Реверсивный счетчик», изображение которого приведено на рис. 1.36. Значение параметра блока определяет число импульсов, соответствующее необходимому количеству компонента в смеси. Это значение может быть фиксированным или задаваемым с панели управления. Выход счетчика может быть подключен к любому дискретному входу LOGO!



Р и с. 1.36. Функциональный блок «Реверсивный счетчик»

Аналоговый сигнал от уровнемера может быть подан на один из входов I7 или I8 базового модуля LOGO! (сигнал 0 - 10 В) или аналогового модуля расширения AM2 (сигнал 4 - 20 мА) и обработан функциональным блоком «Аналоговый компаратор» (рис. 1.37). При этом значение сигнала может быть выведено на дисплей модуля. Как и в предыдущем случае, значение параметра блока определяет количество того или иного компонента смеси. Это значение также может быть фиксированным или оперативно изменяемым с помощью панели управления LOGO!.



Р и с. 1.37. Функциональный блок «Аналоговый компаратор»

Время работы мешалки, как и в исходной программе, определяется функциональным блоком «Таймер», параметр которого также может быть оперативно изменён обслуживающим персоналом установки.

И, наконец, если переход от одной рецептуры смеси и технологии её приготовления к другой не может быть выполнен простым изменением параметров, то достаточно будет оформить рецепты в виде отдельных программ,

записать их в модули памяти и активизировать путём замены одного модуля памяти на другой.

Siemens начала массовое производство LOGO! в 1996 году. Что же предлагается потребителю сегодня? В первую очередь, это мощный 32-разрядный процессор и усовершенствованная архитектура программы, что обеспечило высокое быстродействие и соответственно более короткий цикл работы программы контроллера. Значительный объем памяти дает возможность использовать в программе до 130 функциональных блоков, а также снимает ограничения на максимальное количество в одной программе таймеров, счётчиков, часов, аналоговых триггеров и некоторых других блоков.

В LOGO! применён дисплей в котором имеются 4 строки по 12 знаков в каждой. Для удобства использования в тёмное время суток или в условиях с недостаточным освещением дисплей снабжён системой задней подсветки. В одной строке дисплея могут быть одновременно отображены и текстовое сообщение, и текущее значение величины, и значение параметра настройки, которое может быть еще и оперативно изменено. Общее количество текстовых сообщений, используемых в одной программе, до 10. Появилось несколько новых функций, в частности, 8-разрядный регистр сдвига, аналоговый усилитель, аналоговый дифференциальный триггер и др. Не осталось без изменений и программное обеспечение. В новой версии пакета LOGO!Soft Comfort учтены все изменения аппаратного обеспечения модулей LOGO! и, кроме того, в нее добавлены новые возможности. При создании программы пользователь теперь может, кроме языка FBD, использовать и язык – LAD. Клавиши управления курсором могут быть задействованы в программе в качестве входов, что в некоторых случаях позволяет отказаться от подключения дополнительных внешних кнопок. Функциональные блоки могут иметь редактируемые 8-символьные имена вместо имевших место буквенно-цифровых номеров. Новое программное обеспечение позволяет осуществлять отладку программы в реальном времени на работающем устройстве.

Рассмотрим более конкретно основные характеристики, параметры LOGO! и их исполнение.

Маркировка модулей несет информацию об их конструктивных особенностях:

- :12: модуль с напряжением питания 12 В пост. тока;
- :24: модуль с напряжением питания 24 В пост.;
- :230: модуль с напряжением питания 115/230 В переменного тока;
- :R: модуль с релейными выходами;
- :C: модуль со встроенными часами;
- :o: без дисплея и клавиатуры (LOGO!Pure);
- :L: 12 входов и 8 выходов (LOGO!Long);
- :AS: модуль с интерфейсом AS-i (LOGO!Long Bus).

Базовые варианты модулей (LOGO!Basic) имеют 6 входов и 4 выхода. В версиях с напряжением питания 12 и 24 В имеется два дополнительных аналоговых входа (0 - 10 В), которые могут использоваться и как цифровые. Логиче-

ские модули LOGO!Pure являются функциональными аналогами LOGO!Basic, но в отличие от них не имеют встроенного дисплея и клавиатуры. Варианты LOGO!Long и LOGO!Long Bus имеют 12 входов и 8 выходов. Все варианты имеют:

- релейные выходы с нагрузочной способностью до 10 А для активной нагрузки (до 3 А для индуктивной), кроме LOGOI24/24L, имеющих транзисторные выходы (24 В/0,3 А);
- разъем для подключения внешнего модуля памяти или компьютера;
- встроенные часы реального времени (кроме LOGOI24/24L);
- 8 основных и 21 специальную функции;
- максимальный объем программы до 56 функциональных блоков;
- крепежный узел для монтажа на 35 мм профильную DIN-шину;
- диапазон рабочих температур от 0 до 55°C;
- степень защиты корпуса IP20.

Зачастую при решении задачи автоматизации возникает потребность в контроле температуры. Специализированный аналоговый модуль AM2 Pt100 предназначен для непосредственного подключения двух термометров сопротивления Pt100 для контроля температуры в диапазоне от -50 до +200°C. С помощью LOGO! можно обеспечить и регулирование температуры. Такая задача решается с помощью обычного двухпозиционного регулятора, реализуемого с помощью платинового термометра сопротивления, аналогового модуля AM2 Pt100 и функционального блока «Аналоговый триггер». Сигнал с выхода этого блока будет являться управляющим для электрического нагревателя. Конечно, качество регулирования будет далеко не идеальным, но для многих применений оно может оказаться вполне приемлемым.

Подобные контроллеры выпускают многие фирмы. Следующим примером таких контроллеров может служить программируемое реле ZEN фирмы OMRON

Программируемые реле ZEN это компактный контроллер для локальной автоматизации. Процессорный блок имеет 6 универсальных входов и 4 релейных выходов. Имеется возможность добавить до трех блоков расширения, тем самым можно автоматизировать объекты, имеющие до 34 точек ввода/вывода. Выходы на блоках расширения изолированы и обладают высокой коммутационной способностью 8 А при 250 В переменного тока 5 А при 24 В постоянного тока. Встроенные блоки питания у ZEN работают при напряжениях 100 - 240 В переменного тока и 24 В постоянного тока. Модели с блоком питания на 24 В имеют 2 аналоговых входа 0–10 В постоянного тока. Контроллер имеет встроенный календарь и часы, многорежимные таймеры, инкрементальные и декрементальные счетчики. Существует два типа процессорных блоков: с жидкокристаллическим дисплеем (LCD-тип) и кнопками программирования и более простая модель без дисплея (LED-тип). Есть возможность установки пароля

Для удобства отладки и написания программ разработчики предусмотрели пакет программирования, который не требует существенных ресурсов

компьютера и является простым инструментом для всех категорий специалистов.

Рабочая температура от -25 до $+55^{\circ}\text{C}$. Монтаж осуществляют на DIN рейку. Размер – 70 x 90 x 56 мм. Внешний вид ZEN (рис. 1.38) схож с внешним видом контроллера LOGO!



Р и с. 1.38. Внешний вид программируемого реле ZEN фирмы OMRON

11.1.3 Контроллеры фирмы Siemens серии SIMATIC S7-200

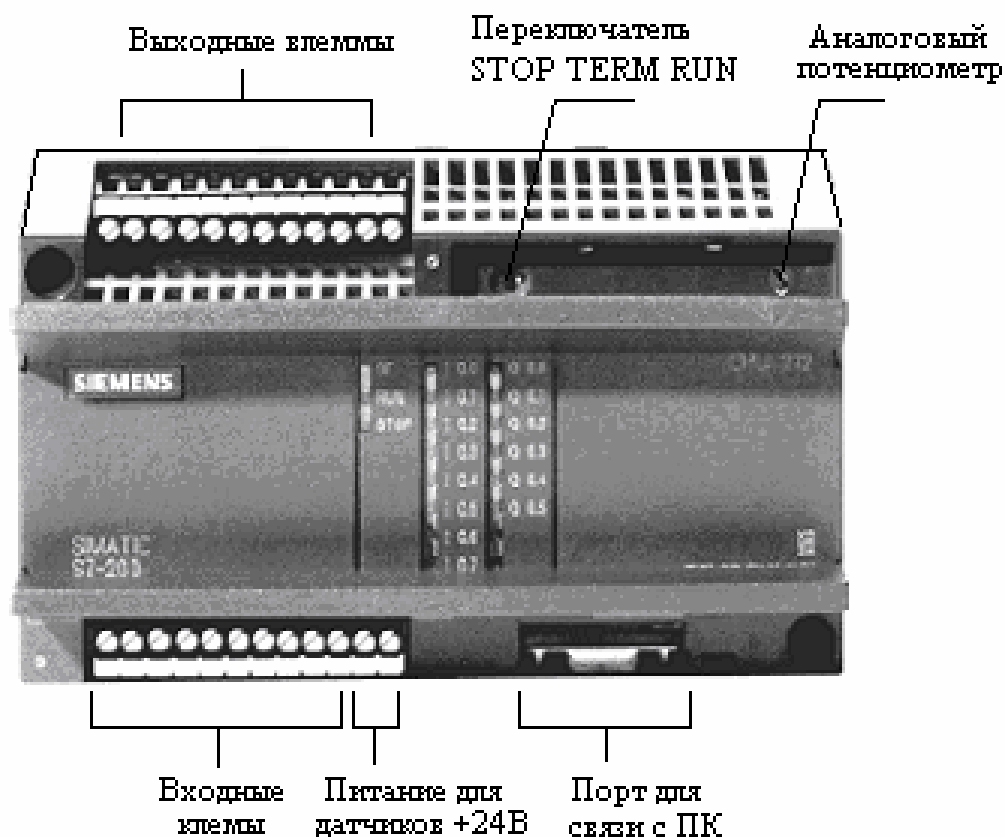
Типизация и стандартизация постепенно охватывает все стороны организации универсальных контроллеров. Выше уже было показано, что программирование универсальных контроллеров осуществляется с помощью типовых языков. Это во многом предполагает использование в них и одинаковых типов переменных и способов адресации к ним и многого другого. Ниже на примере контроллеров фирмы Siemens будет осуществлено знакомство с подобными типовыми решениями.

Семейство контроллеров SIMATIC S7 фирмы Siemens состоит из нескольких подклассов, отличающихся друг от друга вычислительной мощностью и широтой функциональных возможностей.

Общая характеристика контроллеров семейства SIMATIC S7-200. Контроллеры SIMATIC S7-200 предназначены для решения задач управления и регулирования в небольших системах автоматизации. При этом SIMATIC S7-200 позволяют создавать как автономные системы управления, так и системы управления, работающие в общей информационной сети. Обладает модульной

архитектурой, в которую входят различные по мощности процессорные блоки, а также аналоговые и дискретные периферийные модули.

Внешний вид контроллеров рассматриваемой серии показан на рис. 1.39.



Р и с. 1.39. Внешний вид контроллера семейства S7-200

Одним из самых важных достоинств контроллеров S7-200 является возведенная в ранг принципа простота их эксплуатации. Это относится как к средствам программирования контроллеров с их несложной структурой, так и к оптимальному сочетанию программного и аппаратного обеспечения. Программирование контроллеров осуществляется с помощью программного пакета STEP7-Micro/WIN.

Все CPU контроллеров S7-200 оснащены базовым набором таймеров, счетчиков, формирователей ШИМ, меркеров. Большое разнообразие интегрированных функций позволяют пользователям решить практически любую задачу автоматизации с точностью до миллисекунды без необходимости применения вспомогательных подпрограмм.

В контроллер S7-200 встроены часы реального времени (начиная с CPU 214), которые помимо секунд, минут и часов, могут также оперировать с датами и днями недели. Для обеспечения работы встроенных часов даже при длительных перебоях электропитания может использоваться буферная батарея.

Семейство S7-200 состоит из нескольких базовых контроллеров. Мощность CPU этих контроллеров рассчитана на различную емкость подключаемой периферии.

Контроллеры SIMATIC S7-200 имеют модульную конструкцию. В спектре семейства контроллеров S7-200 предлагаются разнообразные блоки расширения, позволяющие обслуживать входы/выходы с различными параметрами электрических сигналов. Электропитание датчиков интегрировано в CPU. Это позволяет подключать датчики и сенсоры непосредственно к контроллеру с большой экономией монтажной площади и денежных затрат. Модули расширения ввода/вывода и коммуникационные процессоры имеют тот же дизайн, что и центральные модули. Подключение к соседним модулям производится с помощью плоских кабелей.

Каждое из CPU может оперировать с 4 - 26 входами и 4 - 16 выходами. В максимальной конфигурации контроллер S7-200 может состоять из 7 блоков расширения. Таким образом, контроллер S7-216 может быть расширен до 128 входов/выходов (а через интерфейс AS до 400 входов/выходов) Программное обеспечение автоматически распознает адреса подключаемых модулей расширения.

Набор инструкций всех ПЛК семейства позволяет выполнять арифметические и логические операции, операции переходов и вызовов подпрограмм, циклы, кодовые преобразования, широтно-импульсное регулирование и другие. Модели CPU214, CPU215, CPU216 и CPU22х дополнительно способны выполнять операции над числами с плавающей запятой и поддерживают алгоритм ПИД-регулирования.

Монтаж контроллеров может осуществляться на 35 мм профильную DIN-шину или на плоскую поверхность с креплением винтами. Степень защиты IP20.

Сравнительная характеристика различных CPU этой серии и контроллеров на их базе приведена в таблице.1.2.

Т а б л и ц а . 1.2.
**Сравнительная характеристика различных CPU серии SIMATIC S7-200
и контроллеров на их базе.**

Параметр	CPU212	CPU214	CPU215	CPU216	CPU221	CPU222	CPU224	CPU226
Объем памяти программ (1 инструкция = 2 байта)	1 Кбайт	4 Кбайт	8 Кбайт	8 Кбайт	4 Кбайт	4 Кбайт	8 Кбайт	8 кбайт
Объем памяти данных	512 слов	2К слов	2,5К слов	2,5К слов	2К слов	2К слов	2,5К слов	2,5К слов
Время выполнения 1К логических команд	1,3 мс	0,8 мс	0,8 мс	0,8 мс	0,37 мс	0,37 мс	0,37 мс	0,37 мс
Флаги/счетчики/таймеры	128/64/64	256/128/128	256/256/256	256/256/256	256/256/256	256/256/256	256/256/256	256/256/256
Интегрированные входы/выходы	8DI/6DO	14DI/10DO	14DI/10DO	24DI/16DO	6DI/4DO	8DI/6DO	14DI/10DO	24DI/16DO
Максимальное количество входов/выходов (с учетом модулей расширения)	78DI/DO 6AI/2AO	120DI/DO 12AI/4AO	120DI/DO 12AI/4AO	120DI/DO 12AI/4AO	-	24DI/22DO 6AI/4AO	94DI/74DO 16AI/10AO	128DI/112DO 28AI/7AO
Коммуникационные интерфейсы	RS-485	1xRS-485	RS-485 PROFIBUS-DP	RS-485	RS-485	RS-485	RS-485	RS-485
Сетевая поддержка	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Часы реального времени	-	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Класс защиты	IP20 согласно IEC 529							

Архитектура средств контроллеров серии CPU S7-200. Функциональные возможности CPU S7-200 обеспечиваются следующими ресурсами:

1.: Размер программы пользователя – 512 слов;
2.: Размер данных пользователя – 512 слов;
3.: Отображение процесса на входах I0.0 - I7.7. В начале каждого цикла CPU опрашивает физические входы и записывает эти значения в область отображения процесса на входах (в память). Можно обращаться к этой области отображения процесса в формате бита, байта, слова или двойного слова.

4.: Отображение процесса на выходах Q0.0 - Q7.7. В конце цикла CPU копирует значения из области отображения процесса на выходах на физические выходы. Можно обращаться к этой области отображения процесса в формате бита, байта, слова или двойного слова.

5.: Аналоговые входы – AIW0 - AIW30. S7-200 преобразует аналоговые значения в цифровые с разрядностью слова (16 битов).

6.: Аналоговые выходы – AQW0 - AQW30. S7-200 преобразует цифровые значения с разрядностью слова (16 битов) в ток или напряжение пропорционально цифровому значению.

7.: Память переменных – V0.0 - V1023.7 (в том числе, область, устойчивая к нулевому напряжению V0.0 - V199.7). В памяти переменных можно хранить промежуточные результаты, рассчитываемые операциями программы. К памяти переменных можно обращаться в формате бита, байта, слова или двойного слова.

8.: Меркеры – M0.0 - M15.7. (в том числе, область, устойчивая к нулевому напряжению MB0-MB13). Внутренние меркеры можно использовать как управляющие реле для того, чтобы сохранять промежуточные результаты операций или другую управляющую информацию. Можно обращаться к меркерам в формате бита, байта, слова или двойного слова.

9.: Специальные меркеры (SM) – SM0.0 - SM45.7. Защищенные от записи SM0.0 - SM29.7. С помощью специальных меркеров можно производить обмен информацией между CPU и программой. Кроме того, специальные меркеры служат для того, чтобы выбирать особые функции CPU S7-200 и управлять ими.

10.: Таймеры – 64 (T0 - T63). В CPU S7-200 таймеры являются элементами, подсчитывающими приращения времени. Таймеры S7-200 имеют разрешающую способность (приращения, определяемые базой времени) 1 мс, 10 мс и 100 мс. Каждый таймер имеет в своем распоряжении следующие две переменные:

- текущее значение: это целое число (16 битов) со знаком, хранит значение времени таймера.

- бит таймера: этот бит включается (устанавливается в “1”), когда текущее значение таймера больше или равно предварительно установленному значению.

11.: Счетчики – C0 - C63. В CPU S7-200 счетчики являются элементами, подсчитывающими нарастающие фронты сигнала на счетных входах. CPU имеет в своем распоряжении счетчики двух видов: счетчик первого вида считает только вперед, тогда как счетчик другого вида считает как вперед, так и назад. Каждый счетчик имеет в своем распоряжении следующие две переменные:

- текущее значение: это целое число (16 битов) со знаком хранит накопленное значение счетчика;

- бит счетчика: этот бит включается (устанавливается в “1”), когда текущее значение счетчика больше или равно предварительно установленному значению.

12.: Быстрый счетчик HSC0. Быстрые счетчики подсчитывают события быстрее, чем CPU может опрашивать эти события. Быстрые счетчики имеют в своем распоряжении 32-битное счетное значение (текущее значение). HSC0 представляет собой реверсивный счетчик, который поддерживает тактовый вход. Программа управляет направлением счета (вперед или назад) через бит управления направлением. Максимальная частота счета данного счетчика составляет 2 кГц.

13.: Реле шагового управления – S0.0 - S7.7. С помощью реле шагового управления (S) расчленяется алгоритм функционирования установки на отдельные шаги или эквивалентные программные компоненты. С помощью реле шагового управления можно логически структуризовать управляющую программу. Можно обращаться к S-битам в формате бита, байта, слова или двойного слова.

14.: Аккумуляторы AC0 - AC3. Аккумуляторы являются элементами для чтения/записи, которые используются как память. С помощью аккумуляторов Можно, например, передавать параметры в подпрограмму, а также принимать их обратно, или сохранять промежуточные результаты вычислений.

15.: Аналоговые потенциометры. CPU S7-200 имеет в своем распоряжении один или два аналоговых потенциометра (под откидной крышкой CPU). С помощью этих потенциометров можно увеличивать и уменьшать значения, записанные в специальные ячейки (меркеры SMB28 и SMB29). Эти защищенные от записи значения могут служить в программе для ряда функций, например, при актуализации текущих значений таймеров и счетчиков, при вводе или изменении предварительно установленных значений или при установке граничных значений. Аналоговые потенциометры имеют в своем распоряжении номинальный диапазон от 0 до 255. Аналоговые потенциометры можно настраивать вручную с помощью маленькой отвертки: вращая вправо, если необходимо увеличить значение аналогового потенциометра, или влево для того, чтобы уменьшить значение.

16.: Переходы/Метки перехода 0 - 63.

17.: Вызовы/Подпрограммы 0 - 15.

18.: Программы обработки прерываний 0 - 31. Программу обработки прерываний следует строить таким образом, чтобы она выполняла определенную задачу, а затем снова передавала управление главной программе.

События прерываний 0, 1, 8 - 10, 12 S7-200 поддерживает прерывания от ввода/вывода, коммуникационных портов, прерывание, управляемое временем. К прерываниям от ввода/вывода относятся прерывания при нарастающем или спадающем фронте, прерывания от быстрых счетчиков и прерывания от последовательности импульсов. CPU может создавать прерывание при нарастающем и/или спадающем фронте на входе I0.0. Прерывания передачи и приема облег-

чают коммуникацию с программным управлением. С помощью прерывания, управляемого временем, можно определять действия, которые должны выполняться периодически. Период задается с шагом 1 мс, значения лежат в диапазоне от 5 мс до 255 мс. Управляемое временем событие прерывания вызывает соответствующую программу обработки прерываний каждый раз, когда истекает время. С помощью управляемого временем события прерывания управляют регулярным опросом аналоговых входов. Управляемое временем прерывание разблокируется и время начинает отсчитываться, когда назначается программа обработки прерывания управляемая временем событию прерывания. Прерывания обрабатываются контроллером в пределах соответствующих им приоритетов в последовательности их появления. Приоритеты прерываний назначаются согласно следующей фиксированной схеме приоритетов:

- коммуникационные прерывания – высший приоритет;
- прерывания от ввода/вывода (включая HSC и последовательности импульсов);
- управляемые временем прерывания – низший приоритет.

Всегда активна только одна программа обработки прерываний. Если в данный момент обрабатывается программа обработки прерываний, то эта программа доводится до конца. Она не может прерываться программой обработки прерываний, появляющейся позже, даже если приоритет этой программы выше. Прерывания, возникающие вовремя обработки другого прерывания, принимаются в очередь и обрабатываются позже.

19.: CPU S7-200 имеет часы реального времени, и с помощью команд TODR T и TODW T производит чтение и запись часов реального времени. CPU не проверяет согласованность дня недели с датой.

Адресация и типы данных в различных областях памяти. В CPU обеспечивается:

- адресация области отображения процесса на входах (I);
- адресация области отображения процесса на выходах (Q);
- адресация памяти переменных (V);
- адресация меркеров (M);
- адресация реле шагового управления (S);
- адресация специальных меркеров (SM);
- адресация таймеров (T);
- адресация счетчиков (C);
- адресация аналоговых входов (AI);
- адресация аналоговых выходов (AQ);
- адресация аккумуляторов;
- адресация быстрых счетчиков.

Адресные области в контроллере являются областями памяти, в которых отображены входы и выходы процесса. Например, если напряжение, приложенное к входу равно “1”, то этот сигнал отображается в ячейку памяти, свя-

занную с этим входом. Области памяти, формируемые по внешним сигналам (входы и выходы) называются областью отображения входов и областью отображения выходов. Эти области памяти содержат образ сигналов от процесса.

Существуют два основных способа адресации: прямая и косвенная.

С помощью прямой адресации памяти, адреса можно указывать в явном виде. Благодаря этому программа имеет прямой доступ к информации. Если обратиться к биту в области памяти, то необходимо указать адрес бита. Этот адрес состоит из идентификатора области памяти, адреса байта, а также номера бита (такая адресация называется также адресацией “байт.бит”). Подход к формированию абсолютных адресов для различных областей памяти показан на рис. 1.40 на примере формирования адресов в области отображения адресов цифровых входов.

Встроенные входы и выходы в центральном устройстве имеют фиксированные адреса. При необходимости CPU можно дополнить входами и выходами, присоединяя модули расширения с правой стороны от CPU. Адреса входов и выходов в модуле расширения определяются видом входов и выходов, а в случае нескольких модулей одинакового типа – также расположением модуля относительно других. В частности, модуль вывода не влияет на адреса входов в модуле ввода и наоборот. Адреса входов и выходов аналоговых и цифровых модулей также не зависят друг от друга.

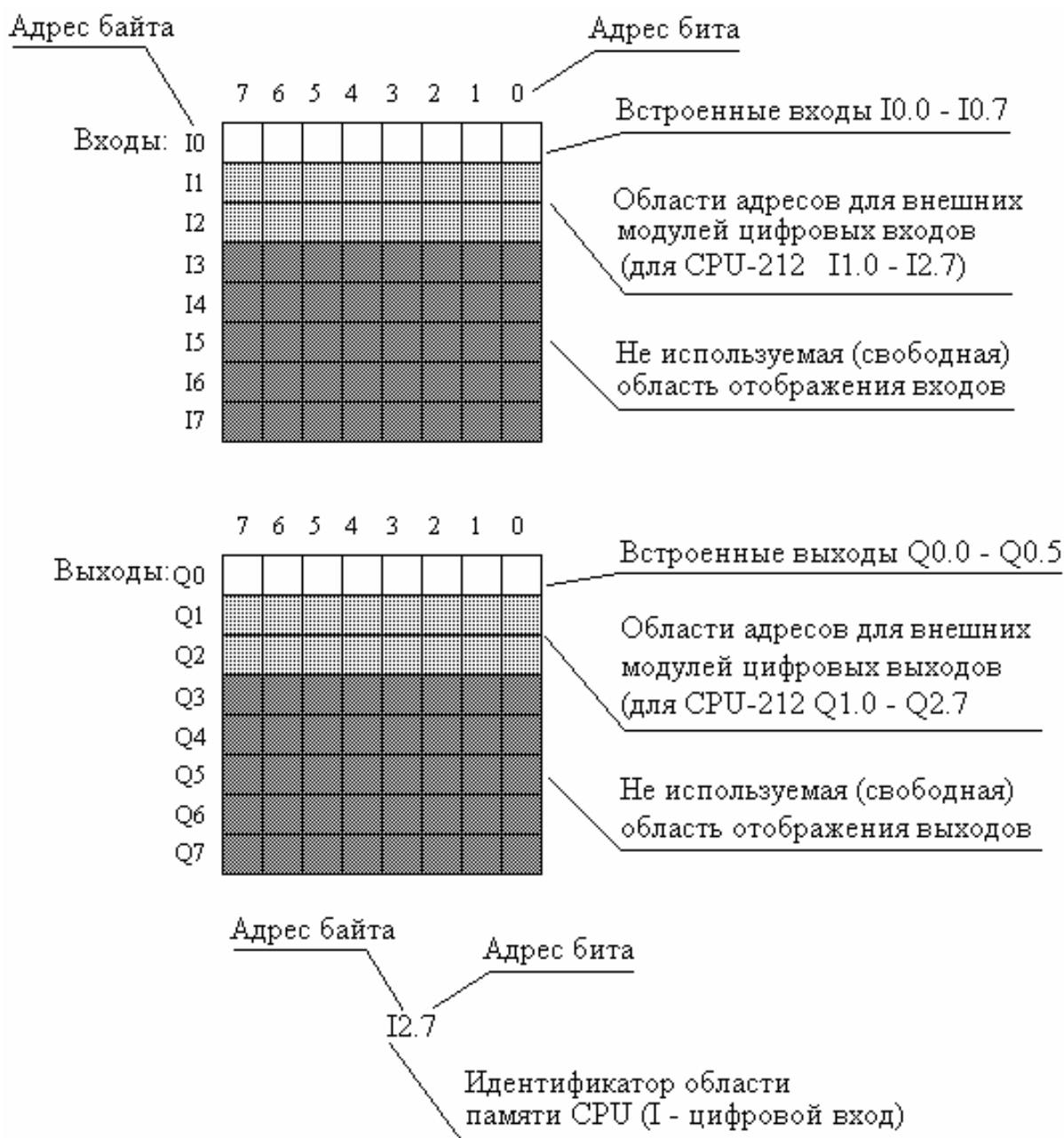


Рис. 1.40. Области входов и выходов в S7-200 и адресация к ним.

Данные в различных областях памяти представляются как байт, слово, двойное слово. Числа в контроллере представлены в двоичной системе. Старший разряд в слове используется для обозначения знака. Байт имеет байтовый адрес и битовые адреса с 0 по 7. Группа из двух байт называется словом. Если необходимо обратиться к байту, слову или двойному слову, то указывается идентификатор области, формат доступа и начальный адрес значения в формате байта, слова или двойного слова (рис. 1.41).

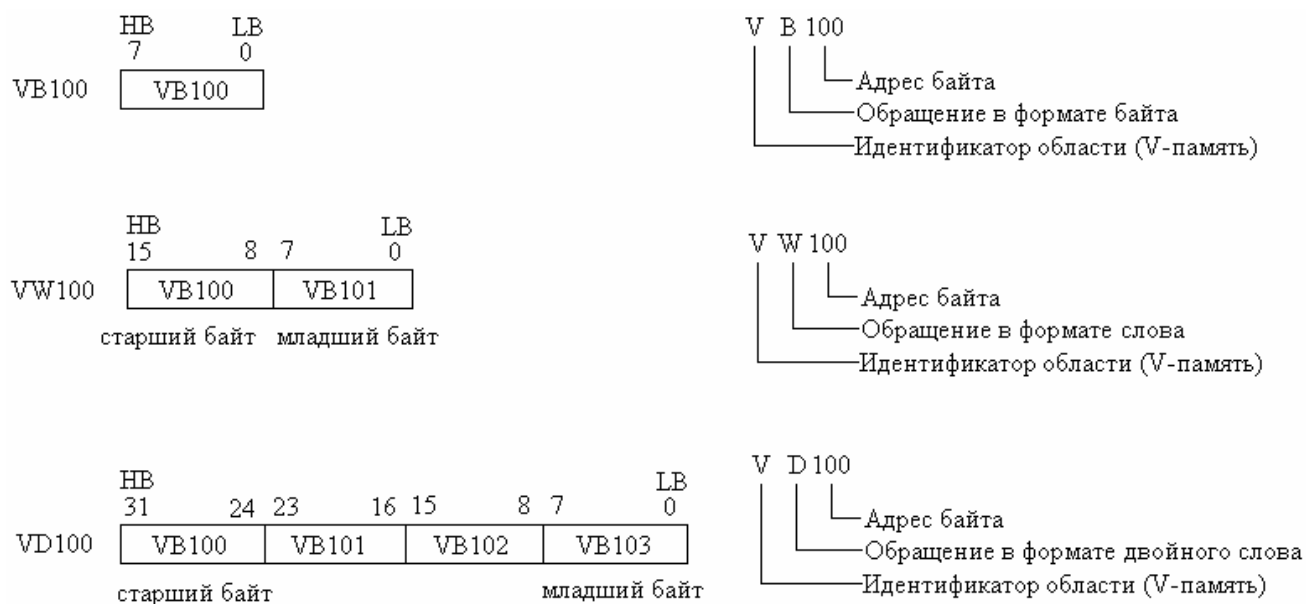


Рис. 1.41. Обращение к одному и тому же адресу в формате байта, слова и двойного слова.

Данные делятся на элементарные и сложные. В таблице 1.3 перечислены и описаны элементарные типы данных. В таблице 1.4 перечислены и описаны сложные типы данных.

Т а б л и ц а 1.3.
Элементарные типы данных

Элементарные типы данных	Размер типа дан- ных	Описание	Диапазон данных
BOOL	1 бит	Булева переменная	0, 1
BYTE	8 бит	Байт без знака	0... 255
WORD	16 бит	Целое число без знака	0... 65 535
INT	16 бит	Двойное целое число без знака	- 32768 ... + 32768
DWORD	32 бита	Двойное целое число без знака	0... $2^{32} - 1$
DINT	32 бита	Двойное целое число со знаком	- $2^{31} ... 2^{31} - 1$
REAL	32 бита	32-разрядное число с плавающей запятой	- $10^{30} ... + 10^{30}$

Т а б л и ц а 1.4.
Сложные типы данных

Сложные типы данных	Описание	Диапазон адресов
TON	Таймер с задержкой включения	1 мс T32, T96 10 мс T33 – T36, T97 - T100 100 мс T37 - T63, T101 - T255
TOF	Таймер с задержкой выключения	1 мс T32, T96 10 мс T33 – T36, T97 - T100 100 мс T37 – T63, T101 - T255
TP	Импульсный таймер	1 мс T32, T96 10 мс T33 – T36, T97 - T100 100 мс T37 – T63, T101 - T255
CTU	Суммирующий счетчик	0 - 255
CTD	Вычитающий счетчик	0 - 255
CTUD	Реверсивный счетчик	0 - 255
SR	Триггер с приоритетом установки	-
RS	Триггер с приоритетом сброса	-

Обращение к сложным типам данных производится указанием в адресе идентификатора области и номера элемента.

Косвенная адресация использует указатели для обращения к данным в памяти. В CPU S7-200 посредством указателей можно косвенно адресовать следующие области памяти: E, A, V, M, S, T (только текущее значение) и C (только текущее значение). Нельзя косвенно адресовать значения отдельных битов. Если необходимо обратиться к адресу косвенно, то вначале создают указатель, указывающий на этот адрес. Указатели являются двойными словами. Для создания указателя используется операция передачи двойного слова (MOVD). Эта операция передает адрес в ячейку памяти с другим адресом или в аккумулятор, которая или который, соответственно, служит потом указателем). С помощью знака "&" (амперсанд) указывается, что именно адрес, а не соответствующее ему значение должно передаваться в пункт назначения. Формат: *&[адрес памяти]* &MB16

Значение указателя можно изменять. Так как указатели являются 32-битными значениями, то необходимо изменять значения указателей с помощью операций для двойных слов. Изменять значения указателей можно с помощью простых арифметических операций, например, путем сложения или инкрементирования.

Коммуникационный порт. Коммуникационный порт CPU S7-200 работает с уровнями сигналов интерфейса RS-485 и имеет в своем распоряжении 9-контактный D-образный штекер, соответствующий стандарту PROFIBUS

(Process Field Bus) согласно EN 50170. Предоставляется: возможность подключения к шине интерфейса AS и большому количеству других.

Системный протокол для S7-200 называется интерфейсом “точка-к-точке” (PPI). Протокол PPI является протоколом Master/Slave (“главный/ подчиненный”) реализованным на основе маркерной шины (token bus) с уровнями сигналов RS-485. Скорость передачи данных может устанавливаться равной от 9600 бод до 19200 бод. Протокол PPI поддерживает соединения как между одним Master-устройством и несколькими Slave-устройствами, так и между несколькими Master-устройствами и несколькими Slave-устройствами. Протокол PPI является знакоориентированным протоколом, который использует кадры, состоящие из одиннадцати битов: стартовый бит, восемь битов данных, бит проверки четности и стоп-бит.

Блоки передачи данных в коммуникации включают в себя символы начала и остановки, абонентские адреса источника и получателя, длину блока передачи данных и символ контрольной суммы для обеспечения целостности данных. CPU S7-200 являются Slave-устройствами, реагирующими на устройство программирования, интерфейс оператора или другой CPU.

Элементы управления режимами. С помощью переключателя режимов работы (находится под защитной крышкой на CPU) можно вручную установить режим работы CPU. Если переключатель режимов работы устанавливается в RUN контроллер выполняет записанную в него программу. Если переключатель режимов работы устанавливается в положение STOP, то обработка программы прекращается. При положении переключатель режимов работы в положении TERM, то режимами работы CPU можно управлять с персонального компьютера с помощью программного обеспечения STEP 7-Micro/WIN.

Общие принципы выполнения программ. CPU S7-212 обрабатывает программу циклически. Цикл состоит из нескольких шагов, которые выполняются регулярно и в строгой последовательности. Цикл CPU (рис. 1.42) состоит из следующих задач:

- :считывание входов;
- :обработка программы;
- :обработка коммуникационных запросов;
- :проведение самодиагностики в CPU;
- :запись на выходы.



Р и с. 1.42. Цикл CPU.

Если в программе используются прерывания, то программы обработки прерываний, поставленные в соответствие событиям прерываний, запоминаются как часть главной программы. Однако программы обработки прерываний не обрабатываются как составная часть нормального цикла, а обрабатываются только тогда, когда появляется событие прерывания. Это возможно в любой точке цикла, т.е. CPU обрабатывает разблокированные прерывания асинхронно по отношению к циклу. Обработка прерываний происходит в порядке их появления и в соответствии с их приоритетом.

11.1.4 Программируемые контроллеры SIMATIC S7-300 и SIMATIC S7-400

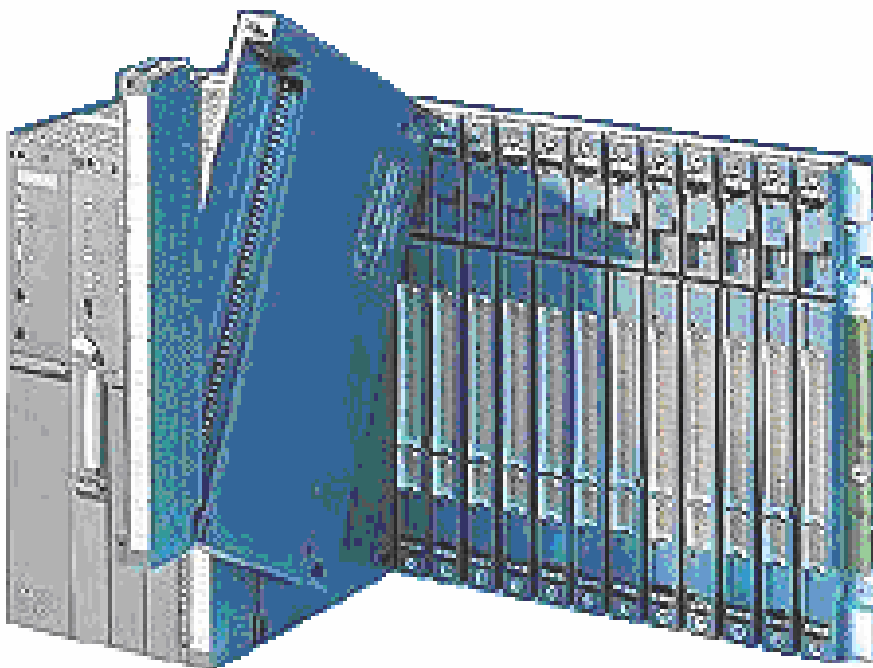
SIMATIC S7-300 – это модульный контроллер для решения задач автоматизации средней степени сложности. Модульная конструкция, работа с естественным охлаждением, возможность построения распределенных структур управления, удобство обслуживания обеспечивают экономичность применения SIMATIC S7-300 при решении широкого круга задач автоматизации. На рис 1.43 показан внешний вид контроллера, включающего в себя базовый модуль и несколько периферийных модулей.



Р и с. 1.43. Внешний вид контроллера семейства S7-300

SIMATIC S7-400 – предназначены для решения сложных задач автоматизации (рис. 1.44).

Эффективной эксплуатации контроллеров этих серий способствует возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров.



Р и с. 1. 44. Внешний вид контроллера семейства S7-400.

В состав периферийных модулей входят:

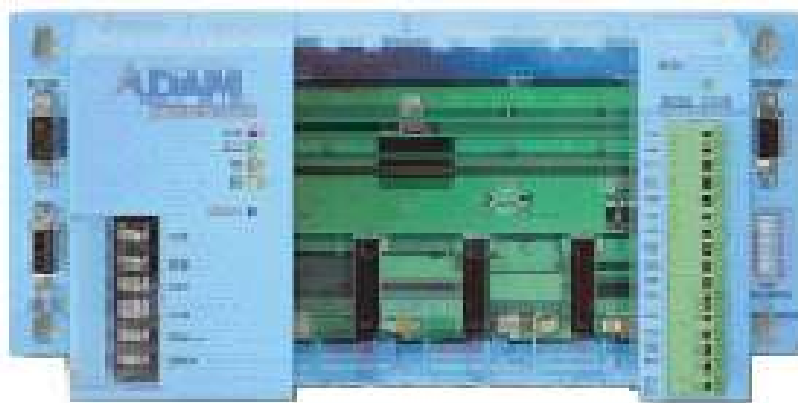
- модули центрального процессора. Для решения задач различного уровня сложности может использоваться несколько типов центральных процессоров различной производительности, включая модели со встроенными входами-выходами и соответствующими функциями, а также модели со встроенным интерфейсом PROFIBUS-DP;
- сигнальные модули, используемые для ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов;
- коммуникационные процессоры для подключения к сетям и РРІ-соединений;
- функциональные модули для решения задач счета, позиционирования и автоматического регулирования.
- модули блоков питания (PS) для питания аппаратуры;
- интерфейсные модули (IM) для обеспечения связи между центральным контроллером и стойками расширения в многорядной конфигурации.

Контроллеры способны обслуживать до 32 модулей, устанавливаемых в центральном контроллере и 3 стойках расширения. Все модули могут работать с естественным охлаждением.

11.1.5 Контроллеры фирмы ADVANTACH серии ADAM-5000

Изделия серий ADAM-5000 предназначены для создания территориально-распределенных систем сбора данных и управления.

Конструктивное исполнение подобно традиционным ПЛК. Контроллер состоит из блока процессора и модулей ввода/вывода, устанавливаемых в локальную магистраль блока процессора (рис. 1.45).



Р и с. 1 45. Внешний вид контроллеров серии ADAM-5000

Каждый блок процессора может объединять на локальной магистрали до 64 каналов аналогового и/или дискретного ввода/вывода. В настоящее время блок процессора может комплектоваться различными коммуникационными модулями для работы в сетях RS-485, CAN, Ethernet и т.д.

Изделия серии ADAM-5000 имеют трехуровневую гальваническую изоляцию - по входным/выходным цепям, цепям питания и по линиям портов последовательной связи. Наличие гальванической развязки позволяет снизить влияние на систему электромагнитных помех, устранить гальваническую связь с электрооборудованием контролируемого объекта, а также предотвратить неисправности, которые могут быть вызваны случайными выбросами напряжения питания, а также переходными процессами при коммутации силового оборудования.

Сторожевой таймер предназначен для автоматического сброса процессора базового блока в случае непредвиденной остановки исполнения встроенного программного обеспечения. Данная функция реализована для сокращения

общих временных и материальных затрат на техническое обслуживание системы.

В изделиях серий ADAM-5000 реализованы автоматическое аппаратное тестирование и программное выявление неисправностей. Существует возможность удаленной настройки системных параметров – каждый модуль аналогового ввода/вывода может быть сконфигурирован для работы с различными типами и диапазонами сигналов с помощью единой сервисной программы. Программным способом можно настраивать параметры обмена по последовательному каналу связи, за исключением сетевого идентификатора. Кроме того, имеется возможность настройки аварийных уставок и калибровочных параметров шкалы измерительных каналов. Такая гибкость исполнения модулей позволяет существенно уменьшить их номенклатуру, а также сократить затраты на их обслуживание в процессе эксплуатации.

В изделиях серии ADAM-5000 реализована возможность настройки каналов дискретного вывода в качестве выходов управления по достижении значениями измеряемых параметров предварительно заданных величин. Каждому каналу модулей аналогового ввода могут быть программно поставлены в соответствие верхняя и нижняя уставки. После каждого очередного аналого-цифрового преобразования измеренное значение сравнивается с верхней и нижней уставками. Изменение логического состояния назначенного канала дискретного вывода производится в зависимости от результата сравнения. Таким образом, в системах на базе ADAM-5000 имеется возможность локального двухпозиционного управления, выполняемого независимо от центрального компьютера.

В комплект периферийных модулей входят следующие узлы:

- :ADAM-5013 – 3-канальный модуль ввода сигналов термометров сопротивления;
- :ADAM-5017 – 8-канальный модуль аналогового ввода;
- :ADAM-5011H – 8-канальный быстродействующий модуль аналогового ввода ;
- :ADAM-5018 – 7-канальный модуль ввода сигналов термопар;
- :ADAM-5024 – 4-канальный модуль аналогового вывода;
- :ADAM-5050 – 16-канальный универсальный модуль дискретного ввода-вывода;
- :ADAM-5051 – 16-канальный модуль дискретного ввода;
- :ADAM-5051D – 16-канальный модуль дискретного ввода;
- :ADAM-5052 – 8-канальный модуль дискретного ввода с гальванической изоляцией;
- :ADAM-5055S – 16-канальный модуль дискретного ввода/вывода с гальванической изоляцией и светодиодной индикацией;
- :ADAM-5056 – 16-канальный модуль дискретного вывода;
- :ADAM-50560 – 16-канальный модуль дискретного вывода;
- :ADAM-50568 – 16-канальный модуль дискретного вывода с гальванической изоляцией и светодиодной индикацией;

- :ADAM-5060 – 6-канальный модуль релейной коммутации;
- :ADAM-5068 – 8-канальный модуль релейной коммутации;
- :ADAM-5080 – 4-канальный модуль ввода частотных/импульсных сигналов;
- :ADAM-5090 – 4-канальный коммуникационный модуль с интерфейсом RS-232.

На рис. 1.46 показан внешний вид периферийных модулей ADAM-5000.



Р и с. 1.46. Внешний вид модулей ADAM-5000

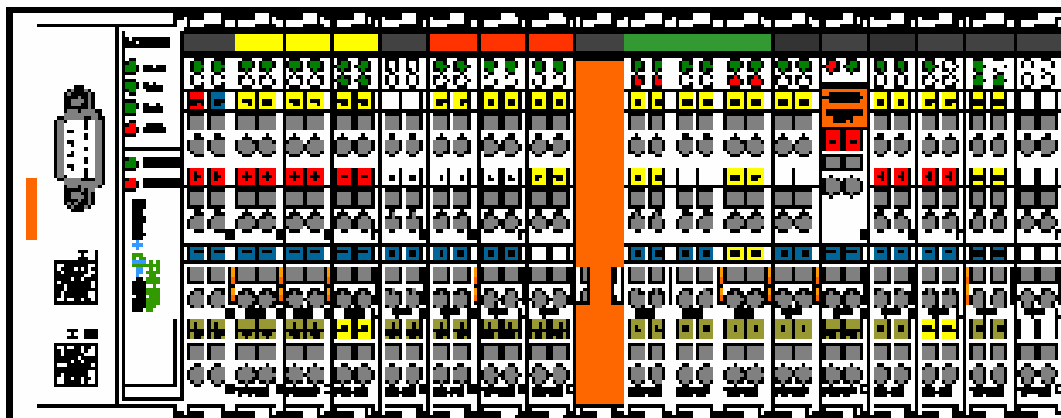
Компания Advantech начала поставки устройств серии ADAM-5550KW, представляющих собой программируемые контроллеры класса PAC (Programmable Automation Controller). Контроллеры предназначены для решения задач управления, требующих сочетания возможностей промышленного компьютера с надёжностью ПЛК.

Контроллеры ADAM-5550KW, выполненные на базе процессора AMD Geode GX533, работают под управлением Windows CE 5.0. Они имеют 2 порта Ethernet, 2 порта USB, порт VGA и 4 COM-порта (RS-232/485). В составе подсистемы ввода/вывода могут быть использованы модули расширения серии ADAM-5000, а также специализированные модули управления перемещением и хранения данных.

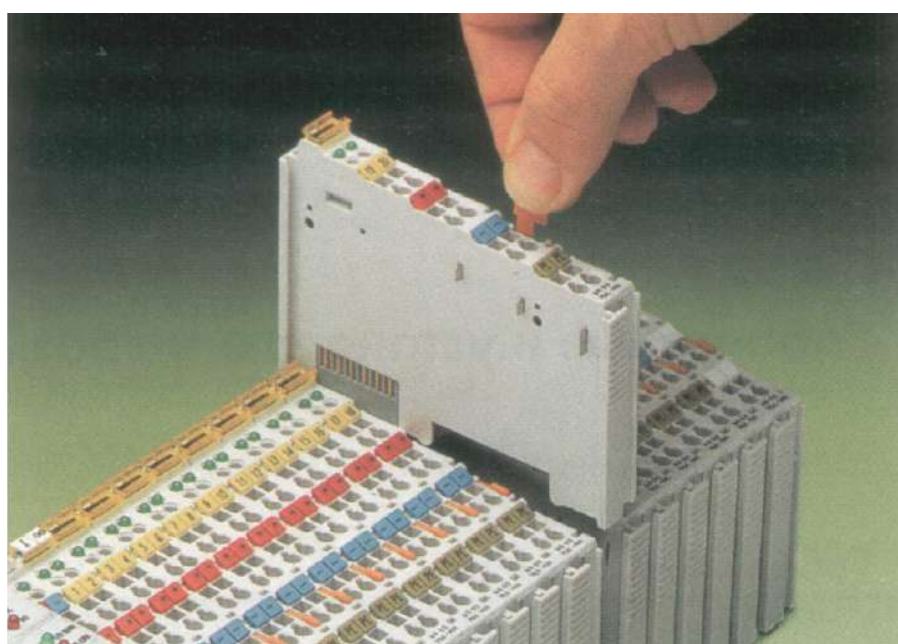
Для программирования контроллеров используется пакет KW MULTIPROG с поддержкой 5 языков стандарта МЭК 61131-3. Система исполнения базируется на ОС PB ProConOs, что обеспечивает детерминированное время реакции контроллера не более 1 мс.

11.1.6 Контроллеры фирмы WAGO серии WAGO-I/O-SYSTEM

Контроллер состоит из блока процессора и модулей ввода/вывода (рис. 1.47). Все узлы системы WAGO I/O устанавливаются на несущую рейку DIN35 (рис. 1.48).



Р и с. 1.47. Внешний вид контроллера WAGO-I/O с установленными модулями ввода/вывода



Р и с. 1.48. Установка узлов системы WAGO I/O на несущую рейку DIN35.

С помощью системы WAGO-I/O-SYSTEM возможен полный электро-монтаж всех установленных модулей еще до окончательного решения о выборе типа промышленной шины. Адаптация к заданному типу промышленной сети осуществляется путем установки на рейку и соединения со смонтированными остальными модулями адаптера сети, например, ETHERNET, PROFIBUS, INTERBUS, DeviceNet, CANopen, CAL, SDS, MODBUS, LONWorks®, CC-Link, Peer-to-Peer, LIGHTBUS, или FireWire™.

Существует большое количество модулей ввода/вывода специального назначения для решения отдельных задач, например, инкременталь-энткодеры, счетчики, модули обмена данными, модули питания, модули цифрового импульсного интерфейса, RS-232c, RS-485, модули размножения потенциала и другие. Комбинирование аналоговых и цифровых модулей вводов/выводов, а

также специальных модулей, имеющих различные потенциалы и другие характеристики, делает возможным построение весьма специфических узлов сети.

11.1.7 Программируемые логические контроллеры фирмы OMRON

Эти контроллеры завоевали высокую репутацию во всем мире, благодаря своей многофункциональности и высокой интегрируемости. Контроллеры OMRON обеспечивают заказчиков исчерпывающими возможностями и гибкостью при реализации современных сетевых решений в распределенных системах управления и контроля.

Блочный программируемый контроллер SYSMAC CPM1A/2A.

Позволяет построить систему управления емкостью до 100/120 точек входов/выходов. К ЦПУ (рис. 1.49) можно подключить до трех блоков расширения, в том числе аналоговые и температурные блоки. Применение блока расширения ComproBus/S позволяет использовать контроллер, как интеллектуальный сетевой терминал ввода/вывода. Модели CPM2A поддерживают команду ПИД регулирования и имеют часы реального времени и календарь. Время выполнения базовых инструкций – 0,64 мкс, специальных – 7,8 мкс. Объем программы до 4 Кслов. Объем памяти данных – 2 Кслова. 199 выполняемых инструкций. 256 программных таймеров/счетчиков. Индикация состояния входов/выходов. Высокоскоростные счетчики работают с частотой до 20 кГц. Программирование контроллера возможно как при помощи программатора, так и с персонального компьютера. Все модификации контроллера имеют периферийный порт, CPM2A также имеет RS-232C. Поддерживаются следующие конфигурации связи: Host Link, 1:N Host Link, 1:1 Link, NT Link. Поддерживаются графические терминалы. Монтаж на DIN-рейку или панель.



Р и с. 1.49. Внешний вид CPU контроллерf SYSMAC CPM1A/2A

Программируемый контроллер SYSMAC CPM2C.

Позволяет построить систему управления емкостью до 140 дискретных входов/выходов, путем подключения к ЦПУ до пяти блоков расширения (рис. 1.50). Возможно подключение блоков расширения для аналоговых вх./вых. сигналов и датчиков температуры. Контроллер выполняет 199 инструкций, включая ПИД регулирование, имеет часы и календарь реального времени. Время выполнения базовых инструкций – 0,64 мкс, специальных – 7,8 мкс. Объем программы до 4 Кслов. Объем памяти данных – 2 Кслова. 256 программных таймеров/счетчиков. Высокоскоростные счетчики работают с частотой до 20 кГц. Доступны модификации ЦПУ поддерживающие сети Device Net, CompoBus/S. Контроллер имеет периферийный и RS-232C порт. Поддерживаются следующие конфигурации связи: Host Link, 1:N Host Link, 1:1 Link, NT Link. Программирование возможно как при помощи программатора, так и с персонального компьютера. Размеры – 90 x 133 мм.



Р и с. 1.50. Программируемый контроллер SYSMAC CPM2C

Программируемый контроллер CJ1.

Предназначены для высокоскоростных задач, требующих высокой точности, надежности и многофункциональности (рис. 1.51). Широкий набор стандартных модулей ввода/вывода (8, 16, 32 и 64 точки) и незаурядный набор специальных модулей (аналоговые, температурные, сетевые, модули позиционирования и др) позволит наиболее оптимально решить задачи автоматизации, как локальных объектов, так и распределенных систем. Общее число точек ввода/вывода 1280. Время выполнения базовой инструкции 0,08 мкс.

CJ1 поддерживает наиболее распространенные сети и позволяет обрабатывать данные с панелей оператора, температурных контроллеров, частотных

регуляторов и других устройств. При использовании Ethernet или ControllerLink можно передавать большие потоки информации на верхний уровень и в другие сети. Использование протокола MACRO позволит обеспечить связь с 32 устройствами на каждый порт.

Наличие PC Card (флэш карты) обеспечивает хранение больших объемов информации любого типа и возможность удобной обработки записанных данных. Поддержка FINS протокола обеспечит прозрачную связь с узлами разного уровня, находящимися в многоуровневой сети.

Контроллер достаточно компактный (высота 90 мм, глубина 65 мм).



Р и с. 1.51. Программируемый контроллер CJ1

Высокопроизводительный программируемый контроллер CS1.

Имеют большее быстродействие по сравнению с другими моделями. Могут брать на себя дополнительные, не свойственные контроллерам предыдущего поколения, функции, выполнять расширенную обработку данных и архивирование. Новые инструкции позволяют обрабатывать файловую память, текстовые строки, индексные регистры и многое другое.

В качестве базовой концепции предложено структурное многозадачное программирование (Task Programming). В настоящее время выпускается 9 моделей модулей центрального процессора (рис. 1.52). Возможность удаления реек расширения до 50м и обработка более 5000 точек ввода/вывода, широкий набор сетевых модулей и сверхнизкое время выполнения базовых инструкций (0.04мкс). Более 100 типов различных модулей. Обработка до 5000 точек ввода/вывода.

Имеется энергонезависимая память данных (DM) 448 Kwords. Все типы процессоров имеют разъем для установки карты Flash-памяти (до 48 MB), периферийный и RS-232c порты, а также место для установки дополнительных коммуникационных плат. В номенклатуру входят модули высокой плотности

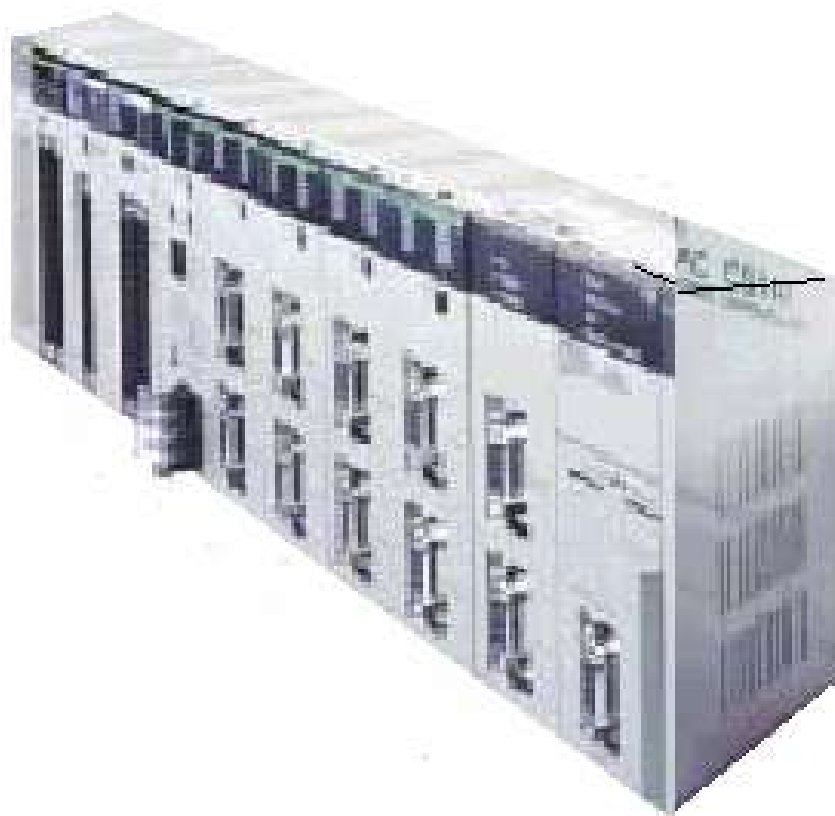
на 96 точек ввода/вывода, аналоговые модули ввода/вывода с изолированными каналами, модули ввода сигналов термопар и термосопротивлений и большое количество специальных модулей.

Работает в сетях Ethernet (FTP,TCP/IP, UDP/IP); Controller Link; DeviceNet; ProfiBus DP, CompoBus/S; Host Link; NT Link; Protocol Macro; ToolBus.

В таблице 1.5 представлены сравнительные характеристики различных моделей контроллера CS1.

Т а б л и ц а 1.5.
Сравнительные характеристики различных моделей контроллера CS1

Технические данные	CS1			
	GS1G-CPU42-EV2	CS1G-CPU44-EV2	GS1H-CPU64-EV2	CS1H-CPU67-EV2
Входов /Выходов	960	1230	5120	5120
Память программы, кШагов	10	30	30	250
Выполнение базовой инструкции, мкс	0,08	0,06	0,04	0,04
Число инструкций	400	400	400	400
Область DM, кСлов	32	32	32	32
Счетчики /таймеры	4096/4096	4096/4096	4096/4096	4096/4096



Р и с. 1.52. Программируемый контроллер CS1

В таблице 1.6 сведены сравнительные характеристики различных моделей контроллеров фирмы OMRON.

Т а б л и ц а 1.6.
Характеристики различных моделей контроллеров фирмы OMRON

		CPM1/CPM2	CJ1	CS1
Встро- енные	Цифровой вход- выход	10 - 60	0 -16	нет
	Входы счетчиков	5 - 20 кГц	100 кГц	нет
	Импульсные входы	2 - 10 кГц	100 кГц	нет
Макс. количество точек цифрового ввода/вывода		10 - 192	320 - 2560	960 - 5120
Время выполнения (битовые команды)		0.72 - 0.64 мкс	0.10- 0.02 мкс	0.04 -0.02 мкс
Память команд		2000 - 4000 слов	10000 - 120000 шагов	10000 - 250000 шагов
Память данных		1000 - 2000 слов	32000 - 256000 слов	32000 - 448000 слов
Карта памяти CompactFlash		нет	До 64 Мбайт	До 64 Мбайт

Аналоговый ввод-вывод	Макс. 4 x 3 точек разрешение 8 бит, 12 бит U, I, TC, Pt100	Макс. 40 x 8 точек разрешение 12/13 бит U, I, TC, Pt100	Макс 80 x 8 точек разрешение 12/13бит U, I, TC, Pt100
Модули специальных функций		Регулирование температуры, Высокоскоростные счетчики (500 кГц), Управление по положению, Макрос реализации протокола	Регулирование температуры, Высокоскоростные счетчики (500 кГц), Вход блока кодирования SSI. Управление по положению, Координатное управление, Управление техпроцессом, Макрос реализации протокола, Свободно программируемые модули
Промышленные сети	Последовательные линии связи	Ethernet Controller Link Последовательные линии связи	Ethernet Controller Link Последовательные линии связи
Главное устройство промышленной шины Fieldbus	CompoBus/Si	DeviceNet CcmпоBus'S PROFIBUS-DP	DevfcsNet CompoBus/S PROFIBUS-DP CAN/CANopen
Канал ввода/вывода промышленной шины	DevfceNet CompoBus/S PROFIBUS-DP	DeMceNet PROFIBUS-DP	DevteNet PROFIBUS-DP CAN/CANopen

11.1.8 PC - совместимые контроллеры фирмы ICP DAS

В производстве контроллеров компания ICP DAS представлена сериями I-8000 и WinCon-8000. Эти контроллеры строятся на основе открытых архитектур на базе PC-совместимой платформы.

Серия PC-совместимых контроллеров I-8000.

Основная модель контроллера серии I-8000 имеет процессор AMD188ES с тактовой частотой 40МГц, до 512 Кбайт оперативной памяти с возможностью питания от отдельной батареи, до 512 Кбайт Flash-памяти, встроенные часы реального времени и сторожевой таймер. Объем Flash-памяти можно наращивать до 32 Мбайт. Встроенный сторожевой таймер представляет собой аппаратно реализованную схему сброса, контролирующую рабочее состояние контроллера. Для связи с модулями расширения используется высокоскоростная последовательно-параллельная локальная шина, сочетающая в себе шину, подобную шине ISA и последовательный интерфейс RS-485. Контроллеры имеют также встроенные аппаратные и программные средства самодиагностики. В ПЗУ встроена операционная система MiniOS7, аналогичная MS DOS.

Все контроллеры этой серии выполнены в едином конструктивном блоке (рис. 1.53). В его состав входят центральный процессор, источник питания,

панель управления, коммуникационные порты и от 4 до 8 слотов расширения. Модули ввода/вывода устанавливаются непосредственно в корзину контроллера. Для расширения системы можно использовать специальные корзины расширения, подключаемые по шине RS-485, или отдельные модули ввода/вывода серии I-7000.



Р и с. 1.53. Внешний вид контроллеров I-8000.

Для удобства контроля за работой контроллера имеется встроенная панель управления. На ней расположены 5-знаковый 7-сегментный индикатор, 3 светодиода и кнопки управления. На индикатор может выводиться информация о статусе работы I-8000 и состоянии аналоговых входных или выходных каналов (информация о состоянии дискретных каналов выводится на светодиоды, расположенные на модулях расширения). Четыре кнопки позволяют просматривать необходимые данные на дисплее и управлять работой контроллера.

Питание контроллера может осуществляться постоянным нестабилизированным напряжением в диапазоне от 10 до 30 В.

Контроллер обеспечивает трехуровневую гальваническую изоляцию до 3000 В.

Фирма ICP DAS специально для применения в контроллерах серий I-8000 разработала операционную систему MiniOS7. Ее отличительными особенностями являются:

- быстрая загрузка (0.1...0.2 с);
- компактное ядро (примерно 23Кб);
- возможность программной загрузки новой версии ядра;
- поддержка скоростной внутренней шины;
- прямой контроль модулей серий I-8000;
- поддержка работы с Flash-памятью;
- встроенные функции диагностики контроллера.

Операционная система работает не с жесткого, а с ROM-диска, защищенного от записи. Платой за встроенность операционной системы в контрол-

лер явилось некоторое уменьшение объема пространства на Flash-диске, доступного для программ пользователя (на 23 Кбайт). Но зато сразу после включения питания начинается автоматическая загрузка операционной системы, и контроллер готов к работе.

Разрабатывать программы для контроллера можно на обычном компьютере. Можно использовать обычные языки программирования, такие как Си, Pascal, BASIC, то есть все то, что используется для создания программ под DOS. Однако в контроллере используется процессор AMD188, поэтому в программе нельзя использовать инструкции процессора 286 и выше. Скомпилированную программу загружают во Flash-диск контроллера. Это делается после подключения контроллера через выделенный для этой цели COM-порт к любому последовательному порту обычного компьютера при помощи специальной утилиты, поставляемой в комплекте с контроллером..

Отладку программ на контроллере можно производить и без перезаписи содержимого Flash-диска. Для этого можно использовать виртуальный диск, создаваемый в ОЗУ контроллера с помощью специального драйвера, поддерживаемого MiniOS7.

Серия контроллеров WinCon-8000.

Является дальнейшим развитием серии I-8000. Он разработан на базе процессора Intel Strong ARM 206МГц, имеет встроенный видеоконтроллер с портом VGA, разъемы USB, PS/2 для манипулятора и клавиатуры, а также возможность подключения накопителей стандарта Compact Flash. Все это дает возможность использовать этот контроллер как полноценный промышленный компьютер. В то же время, WinCon сохраняет аппаратную преемственность и полностью совместим со всеми модулями ввода/вывода серии I-8000. Операционная система реального времени Windows CE.NET позволяет программировать WinCon, используя Visual Basic.NET, Visual C#, Embedded Visual C++, а также современные SCADA-системы.

В качестве примера кратко приведем характеристики двух контроллеров.

L-8731: PC-совместимый промышленный контроллер, Intel Strong ARM 206МГц, 32Мб Flash, 64Мб SRAM, 1xRS232, 1xRS485, Ethernet, USB, Linux, 7 слотов расширения (рис. 1.54).



Р и с. 1.54. Промышленный контроллер L-8731

W-8741-G: PC-совместимый промышленный контроллер, Intel Strong ARM 206МГц, 32Мб Flash, 64Мб SRAM, 1xRS232, 1xRS485, 2xEthernet, Windows CE.NET, 7 слотов расширения (рис. 1.55).

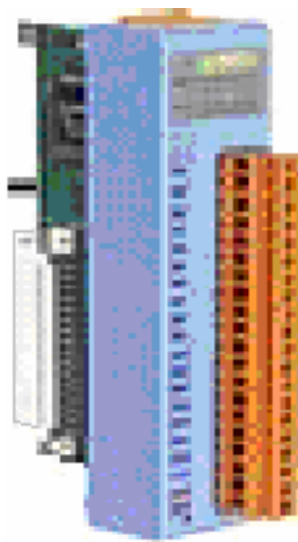


Р и с. 1.55. Промышленный контроллер W-8741-G

Модули ввода/вывода серии I-8000.

Могут устанавливаться как в контроллеры I-8000, так и в контроллеры WinCon-8000. На сегодняшний день насчитывается более 50 моделей модулей ввода/вывода, которые могут обеспечить связь контроллера фактически с любыми объектами, использующими стандартные промышленные сигналы. Внешний вид модулей ввода/вывода серии I-8000 показан на рис. 1.56.

Модули расширения серии I-8000 делятся на два типа: параллельные и последовательные. Модули параллельного типа - высокоскоростные устройства ввода/вывода, которые могут быть установлены только контроллеры серии I-8000/WinCon-8000. Модули последовательного типа обладают более низкой скоростью обмена и могут устанавливаться как в слоты расширения контроллеров, так и в слоты корзины расширения 87k4, 87k5, 87k8, 87k9, обеспечивая таким образом расширение контроллеров или работая в качестве станции удаленного ввода/вывода с интерфейсом RS-485.



Р и с. 1.56. Внешний вид модулей ввода/вывода серии I-8000

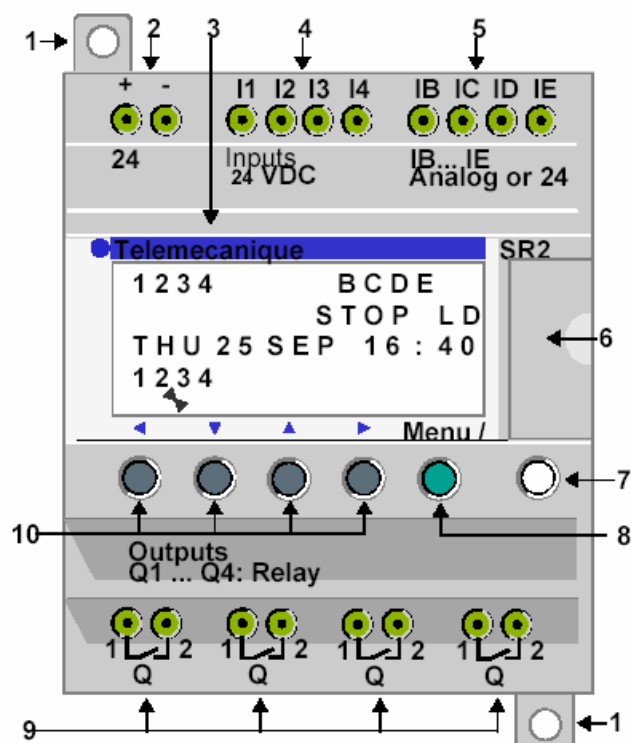
11.1.9 Контроллеры фирмы Шнайдер-электрик

Интеллектуальные реле сери Zelio Logic 2 фирмы Шнайдер-электрик. Созданы для упрощения электрических схем при решении сложных задач. Они очень просты в использовании, обладают высокой функциональностью и производительностью. Внешний вид этих реле мало отличается от аналогичных изделий других фирм (рис.1 57).



Р и с. 1.57. Внешний вид интеллектуальных реле серии Zelio Logic 2 фирмы Шнайдер-электрик

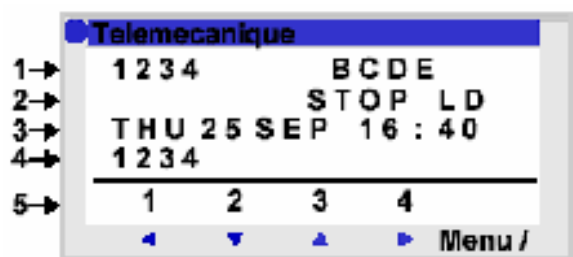
На рис. 1.58 представлен вид передней панели устройства и назначение ее элементов. Клавиши, расположенные на передней панели реле, предназначены для конфигурирования, программирования и управления приложением (программой), а также для наблюдения за работой приложения.



1	Выдвижная монтажная ножка
2	Винтовые клеммы для подключения питания
3	ЖК-дисплей
4	Винтовые клеммы для входов
5	Винтовые клеммы для аналоговых входов (0...10В), на некоторых моделях могут использоваться как дискретные
6	Разъем для резервной памяти или для кабеля подключения к ПК
7	Клавиша Shift
8	Клавиша выбора и подтверждения
9	Винтовые клеммы выходов
10	Клавиши-стрелки

Р и с. 1.58. Вид передней панели Zelio Logic 2 и назначение ее элементов.

Жидкокристаллический дисплей имеет 4 строки по 18 символов. Он используется для наблюдения за состоянием входов и выходов, режимов работы реле, при программировании (если оно осуществляется с клавиатуры). Примеры того, как это может быть представлено на дисплее, приведены на рис. 1.59.



1	Состояние входов (В...Е отображают аналоговые входы)
2	Режим работы (RUN/STOP) и режима программирования (LD/FBD)
3	Дата
4	Состояние выходов
5	Контекстное меню/кнопки быстрого доступа/иконки режимов работы

Р и с. 1.59. Использование дисплея Zelio Logic 2.

Интеллектуальные реле серии Zelio Logic 2 фирмы Шнайдер-электрик выпускаются в нескольких модификациях: с дисплеем и клавишами, без дисплея и клавиш, с питанием постоянным или переменным током, с релейными или с транзисторными выходами. Выпускаются они или в форме компактных модулей, с фиксированным набором функций или в форме модульных конструкций, в которых функции могут расширяться за счет подключения к базовому модулю модулей расширения входов/выходов и связи. К каждому базовому реле можно подключить один модуль связи и один модуль расширения. В таблице 1.7 представлены различные модели компактных модулей реле, в таблице 1.8 – модульных реле, а в таблице 1.9 – модулей расширения и связи.

Т а б л и ц а 1.7.
Компактные модули Zelio Logic SR2

Количество входов/выходов	12	20	10	12	20	20
Количество входов дискретных	8	12	6	8	12	12
Количество выходов	4 релейн.	8 релейн.	4 релейн.	4 релейн.	8 релейн.	8 релейн.
Габариты Ш х Г х В (мм)	72х59,5х107	124х59,5х107	72х59,5х107	124х59,5х107	72х59,5х107	124х59,5х107
Часы	Есть	Есть	Нет	Есть	Нет	Есть

Т а б л и ц а 1.8.
Модульные реле Zelio Logic SR3

Напряжение питания		24 В пост. тока		24 В пер. тока		100/240 В пер. тока	
Количество входов/выходов		10	26	10	26	10	26
Количество входов	Дискретных	6	16	6	16	6	16
	В т.ч. аналоговых	4	6	-	-	-	-
Количество выходов		4	10	4 релейн.	10 релейн.	4 релейн.	10 релейн.
Габариты Ш х Г х В (мм)		72х59,5х107	124х59,5х107	72х59,5х107	124х59,5х107	72х59,5х107	124х59,5х107
Часы		Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть

Т а б л и ц а 1.9.
Модули расширения

Модули расширения				
	Входы/выходы			Связь
Применение	Для модульных реле SR3			Сеть MODBUS
Количество входов/выходов	6	10	14	-
Количество входов дискретных	4	6	8	-
Количество выходов	2 релейных	4 релейных	6 релейных	-
Габариты Ш x Г x В (мм)	35,5x59,5x107,6	72x59,5x107,6	72x59,5x107,6	35,5x59,5x107,6

Программируемые логические контроллеры Twido. Имеется две модели контроллера Twido: компактная и модульная.

Каждая компактная модель контроллера, имеет фиксированный набор функций, который расширить нельзя. Компактные контроллеры имеет модификации с 10, с 16 и 24 входами/выходами.

Модульная модель контроллера включает в себя базовый модуль и модули расширения. Базовые модули имеют модификации с 20 и с 40 входами/выходами. Имеется 14 модулей для расширения числа цифровых или релейных входов/выходов и 4 модуля аналоговых входов/выходов.

К контроллерам также могут быть добавлены: картриджи памяти, картридж часов реального времени, коммуникационные адаптеры, коммуникационные модули расширения, модуль дисплея оператора, симуляторы входного сигнала, кабели для программирования, кабели цифровых входов/выходов, кабельные комплекты TeleFast с интерфейсами входов/выходов. Внешний вид элементов, семейства контроллеров Twido показан на рис.1.60.



Р и с. 1.60. Внешний вид элементов, семейства контроллеров Twido

На рис. 1.61 показан внешний вид компактных контроллеров Twido, а также определено назначение его внешних конструктивных элементов.



№	Описание
1	Монтажное отверстие
2	Крышка отделения терминалов
3	Откидная крышка
4	Съемная крышка для разъема дисплея оператора
5	Разъем расширения
6	Терминалы датчика источника питания
7	Последовательный порт 1
8	Аналоговые потенциометры
9	Последовательный порт 2
10	Терминалы источника питания (100 – 240 VAC)
11	Разъем картриджей
12	Входа
13	Светодиоды
14	Выхода

Р и с. 1.61. Внешний вид компактных контроллеров Twido

В таблице 1.10 представлены основные параметры и характеристики компактных контроллеров Twido,

Т а б л и ц а 1.10.

Параметры и характеристики компактных контроллеров Twido

Напряжение питания	100...240 В пер тока		
Дискретных входов/выходов	10	16	24
Дискретных входов (24 В пост. тока)	6 транзисторных	9 транзисторных	14 транзисторных
Дискретных выходов	4 релейных (2 А)	7 релейных (2 А)	10 релейных (2 А)
Тип присоединения	Встроенная винтовая колодка		
Возможное число модулей расширения	-	-	4
Встроенные функции счета	2 x 5 кГц, 1 x 20 кГц		
Последовательные порты	1 x RS485	1 x RS485 дополн. RS485 или RS232	
Протоколы	Modbus Master/Slave, ASCII, расширение входов/выходов		
Габаритные размеры ШxГxB (мм)	80 x 70 x 90	80 x 70 x 90	96 x 70 x 90

На рис. 1.60 показан внешний вид базовых модулей модульных контроллеров и модулей расширения, в таблице 1.11 представлены основные параметры и характеристики для базового модуля модульных контроллеров, а в таблицах 1.12, 1.13 и 1.14, соответственно, – для аналоговых, дискретных модулей расширения входов/выходов и модулей связи. В таблицах не перечислены конкретные модели узлов, однако таблицы составлены так, чтобы могло сложиться общее представление о наборе функций, которые модули могут выполнять.


Т а б л и ц а 1.11.

Параметры и характеристики базового модуля модульных контроллеров Twido

Напряжение питания	24 В постоянного тока		
Дискретных входов/выходов	20		40
Дискретных входов (24 В пост. тока)	12	12	24
Дискретных выходов	8 транзист.(0,3 А)	6 релейных и 2 транзист. (0,3 А)	16 транзист. (0,3 А)
Тип присоединения	Разъем HE10	Съемная винтовая клеммная колодка	Разъем HE10
Возможное число модулей расширения	4	7	7
Встроенные функции счета	2 x 5 кГц, 1 x 20 кГц, управление движением PLS/PBM 2x 7 кГц		
Последовательные порты	1 x RS485 на заказ дополн. RS485 или RS232		
Протоколы	Modbus Master/Slave, ASCII, расширение входов/выходов		
Габаритные размеры ШхГхВ (мм)	35,4 x 70 x 90	47,5 x 70 x 90	47,5 x 70 x 90

Т а б л и ц а 1.12.

Параметры и характеристики аналоговых модулей расширения входов/выходов

						
Тип модуля		Аналоговый				Ведущий АСинтерфейс
Аналоговых входов/выходов			2 входа	1 выход	2вх/1вых	Не более 2 модулей до 62 дискрет., до 7 аналоговых ведомых
Протокол		-				АС-интерфейс М3, V2.11
Подключение		Съемная винтовая клеммная колодка				
Входы	Диапазон	0...10 В 4...20 мА	-	0...10 В 4...20 мА	Термопары К, J, T; Pt100	-
	Разрешение	12 бит	-	12 бит		-
Выходы	Диапазон	-	0...10 В 4...20 мА			-
	Разрешение	-	12 бит			-
Точность измерения		0,2% полной шкалы				-
Напряжение питания		24 В постоянного тока				-
Габариты, Ш x Г x В (мм)		23,5 x 70 x 90				

Т а б л и ц а 1.13.

Параметры и характеристики дискретных модулей расширения входов/выходов

Тип модуля	Дискретный				
Дискретных входов/выходов	8	4	16	16	32
Подключение	Съемная винтовая клеммная колодка			Разъем HE 10	

Т а б л и ц а 1.14.

Параметры и характеристики дискретных модулей связи

Тип модуля	Модуль последовательного интерфейса		Адаптер последовательного интерфейса	
Физический уровень	RS 232C	RS 485	RS 232C	RS 485
Подключение	Разъем mini-DIN	Винтовые клеммы	Разъем mini-DIN	Винтовые клеммы
Протокол	Modbus Master/Slave, ASCII, расширение входов/выходов			
Совместимость с базовым контроллером	Модульный базовый контроллер TWD LMDA		Компактный базовый контроллер TWD LCAA 16/24 DPF; Базовый контроллер через модуль со встроенным дисплеем	

Контроллеры Quantum. Серия этих мощных программируемых контроллеров является наиболее мощной платформой для решения в области промышленной автоматизации среди контроллеров Шнайдер. Благодаря модульной архитектуре контроллера Quantum, масштабируемой от одиночного контроллера до глобальной системы автоматизации, он может решать задачи на уровне целого предприятия. Контроллеры Quantum программно, а также на сетевом уровне совместимы с младшими сериями контроллеров Compact и Momentum, что позволяет строить еще более гибкие и эффективные архитектуры управления.

Общий вид контроллеров Quantum показан на рис.1.62.





Р и с.1.62. Общий вид контроллеров Quantum

В серии Quantum есть четыре типа процессоров, которые закрывают широкий диапазон приложений. Они отличаются друг от друга количеством сигналов ввода/вывода, объемом прикладной программы, производительностью, интерфейсами связи.

Контроллеры реализованы на достаточно мощных микропроцессорах Intel и AMD. Это позволяют применять контроллеры даже для наиболее сложных задач дискретного управления и аналогового регулирования.

В каждом контроллере имеется стандартный порт Modbus и высокоскоростной порт Modbus Plus. Контроллеры Quantum поддерживают дополнительные интерфейсные модули для добавления интерфейсов Modbus, Modbus Plus, TCP/IP Ethernet и различных других сетей.

В таблице 1.15 приведены основные параметры процессорных модулей контроллеров этой серии.

Перечислим характеристики, общие для всех процессоров Quantum:

- память SRAM с батарейной поддержкой для хранения программы и данных при отключении питания;
- переключатель защиты памяти для предотвращения случайных изменений прикладной программы в процессе эксплуатации;
- энергонезависимая флеш-память, в которой находится операционная система, позволяющая производить ее обновление на площадке простой загрузкой файла через порт Modbus или Modbus Plus, без какой-либо замены микросхем;
- текстовые светодиодные индикаторы, показывающие состояние процессора и коммуникационных портов, упрощают диагностику неисправностей.

Контроллеры, реализованные на процессорах 486 и 586 имеют дополнительные расширенные характеристики:

- поддержка математического сопроцессора, обеспечивающая высокую производительность и точность, для алгоритмов регулирования и математических вычислений;
- совмещение в операционной системе поддержки языков релейной логики 984 и языков по стандарту МЭК 61131-3, упрощающее конфигурацию;
- оптимизация обработки программ на языках МЭК 61131-3 за счет 32-разрядной операционной системы реального времени и поддержки кэшпамяти.
- поддержка программирования на языках МЭК 61131-3 в системах с горячим резервированием;
- ключ для локального запуска, останова и защиты памяти процессора.

Т а б л и ц а 1.15.
Основные параметры процессорных модулей контроллеров Quantum

	140CPU11302	140CPU11303	140CPU43412A	140CPU53414A
Процессор/ тактовая частота	186/ 20 МГц	186/ 20 МГц	486DX/ 90 МГц	586/ 133 МГц
Объем памяти Flash/SRAM	256 К/ 256 К	256 К/ 512 К	1 М/ 2 М	1 М/ 4 М
Кол-во регистров	9999	9999	57 К	57 К
Кол-во бит	8192	8192	65535	65535
Макс. размер приклад- ной программы МЭК 61131-3	109 К	368 К	896 К	2,5 М
Макс. размер приклад- ной программы 984 Ladder Logic	8 К	16 К	64 К	64 К
Скорость обработки инструкций 984 Ladder Logic	0,3-1,4 мс/К	0,3-1,4 мс/К	0,1-0,5 мс/К	0,09-0,45 мс/К
Порт Modbus Plus	Да	Да	Да	Да
Порт Modbus	1	1	2	2
Кол-во дополнит. сетевых модулей	2	2	6	6

Quantum позволяет выбрать наиболее подходящий язык для решения конкретной задачи:

- : МЭК 61131-3 – схема последовательных функций (SFC);
- : функциональная блок-схема (FBD);
- : релейная логика (LD);
- : структурированный текст (ST);
- : список инструкций (IL);
- : релейная логика 984 (LD).

Серия Quantum включает широкий диапазон модулей ввода/вывода (таблицы 1.16 – 1.21, предназначенных для подключения различных полевых устройств.

Т а б л и ц а 1.16.
Модули дискретного ввода контроллеров Quantum

Входное напряжение	Кол-во сигналов (группы x каналы)	Логика	Тип модуля (№ по каталогу)
24 В пер. тока	16 (16 x 1)		140DAI 34000
	32 (4 x 8)		140DAI 35300
48 В пер. тока	16 (16 x 1)		140DAI 44000
	32 (4 x 8)		140DAI 45300
120 В пер. тока	16 (16 x 1)		140DAI 54000
	16 (8 x 2)		140DAI 54300
	32 (4 x 8)		140DAI 55300
230 В пер. тока	16 (16 x 1)		140DAI 74000
	32 (4 x 8)		140DAI 75300
5 В пост. тока ТТЛ	32 (4 x 8)	источник	140DDI 15300
24 В пост. тока	32 (4 x 8)	приемник	140DDI 35300
	32 (4 x 8)	источник	140DDI 35310
	32 (4 x 8) с контролем линии	приемник	140DSI 35300
	96 (6 x 16)	приемник	140DDI 36400
10-60 В пост. тока	16 (8 x 2)	приемник	140DDI 84100
	32 (4 x 8)	источник	140DDI 85300

Т а б л и ц а 1.17.
Модули дискретного вывода контроллеров Quantum

Входное напряжение	Кол-во сигналов (группы x каналы)	Логика	Тип модуля (№ по каталогу)
24 – 230 В пер. тока	16 (16 x 1)		140DAO 84000
	32 (4 x 8)		140DAO 85300
24-115 В пер. тока	16 (16 x 1)		140DAO 84010
100-230 В пер. тока	16 (4 x 4)		140DAO 84210
24-48 В пер. тока	16 (4 x 4)		140DAO 84220
5 В пост. тока ТТЛ	32 (4 x 8)	приемник	140DDO 15310
24 В пост. тока	32 (4 x 8)	источник	140DDO 35300
	32 (4 x 8)	приемник	140DDO 35310
	96 (6 x 16)	источник	140DSO 36400
10-60 В пост. тока	16 (2 x 8)	источник	140DDO 84300
	32 (4 x 8)	источник	140DVO 85300
150 В пост. тока	16 реле	НО	140DRA 84000
250 В пер. тока	8 реле	НЗ/НЗ	140DRC 83000

Т а б л и ц а 1.18.
Модули аналогового ввода контроллеров Quantum

Тип сигнала	Кол-во сигналов	Тип модуля (№ по каталогу)
4-20 мА; 1-5 В	8	140ACI03000
0-20 мА; 4-20 мА	16	140ACI04000
0-20; +/- 20; 4-20 мА; 0-5; 0-10, +/- 5; +/- 10 В	8	140AVI03000
RTD, сопротивление	8	140ARI03000
Термопара, мВ	8	140ATI03000

Т а б л и ц а 1.19.
Модули аналогового вывода контроллеров Quantum

Тип сигнала	Кол-во сигналов	Тип модуля (№ по каталогу)
4-20 мА; 1-5 В	4	140ACO02000
0-20 мА; 4-20 мА	8	140ACO13000
0-20; +/- 20; 4-20 мА; 0-5; 0-10, +/- 5; +/- 10 В	4	140AVO02000

Т а б л и ц а 1.20.
Модули аналогового вывода контроллеров Quantum

Напряжение	Кол-во сигналов (входы)	Кол-во сигналов (выходы)	Тип модуля (№ по каталогу)
125 В пер. тока	16 (2 x 8)	8 (2 x 4)	140DAM59000
24 В пост. тока	16 (2 x 8)	8 (2 x 4)	140DDM39010
125 В пост. тока	4 (1 x 4)	4 (1 x 4)	140DDM69010

Т а б л и ц а 1.21.
Модули аналогового вывода контроллеров Quantum

Тип сигнала	Кол-во сигналов	Тип модуля (№ по каталогу)
0 - 20; +/- 20; 4 - 20 мА; 0 - 5; 0 - 10, +/- 5; +/- 10 В	4 вх./ 2 вых.	140AMM09000

Все модули ввода/вывода программно адресуются и включаются в карту ввода/вывода при помощи пакетов Concept, Modsoft или Proworks. При этом каждый модуль может быть установлен в любое установочное место или слот. Параметризация модулей также осуществляется программно при заполнении карты ввода/вывода. Таким образом, при конфигурации системы устраняется необходимость в использовании аппаратных переключателей или какого-либо программирования. После того, как модуль сконфигурирован, системное программное обеспечение может обнаруживать его отсутствие или неисправность и сигнализировать об этом. Светодиодные индикаторы на каждом модуле также облегчают диагностику и отладку. Возможность дополнительной механической

кодировки соответствия модулей своим клеммным колодкам позволяет гарантировать правильность подключения полевых сигналов.

Программная конфигурация обеспечивает гибкость аналоговых модулей ввода/вывода. Для конфигурации аналоговых модулей, к примеру, термопарного модуля, необходимо всего лишь внести его в карту ввода/вывода и затем, открыв окно параметризации, установить:

- необходимое температурное разрешение 1 или 0,1 градуса;
- показания в градусах С или F ;
- внешнюю или внутреннюю компенсацию холодного спая;
- тип подключенной термопары для каждого канала.

В состав периферийных модулей входят специализированные, их состав, назначение и основные параметры определяются таблицей 1.22.

Таблица 1.22.
Характеристики специальных модулей контроллеров Quantum

Автоматизация подстанций	24 дискретных входа 125 В пост. тока 12 дискретных выходов 24 - 125 В пост. тока /0,5 А 4-х канальный модуль быстрых триггеров Модуль GPS (Modconnect) Модуль MMS Ethernet (Modconnect)
Модуль триггера/прерываний	16 каналов 24 В пост. тока
Модули быстрых счетчиков	2 канала до 500 кГц с дискретными выходами на каждый 5 каналов до 100 кГц с 8 дискретными входами на 24 В пост. тока и 8 дискретными выходами на 24 В пост. тока на каждый канал
Модуль ASCII-коммуникаций	2 порта RS-232C по 19,2 Кбод
Модули перемещения	1 ось, обратная связь от энкодера 1 ось, обратная связь от энкодера и резольвера Многофункциональный модуль с интерфейсом SERCOS

Список специализированных модулей включает модули для прямого подключения логических сигналов в 125 В постоянного тока для автоматизации подстанций. В каталоге присутствуют модули ввода/вывода для непосредственного подключения к оборудованию, запитанному от батарей, например, выключатели, реле защиты, трансформаторы и конденсаторные батареи. Встроенная высокая помехозащищенность таких модулей обеспечивает надежную работу даже в жестких условиях подстанций. Встроенная диагностика перегрузок и коротких замыканий на всех полупроводниковых выходах значительно сокращает время обнаружения и устранения неисправностей.

Модуль триггера/прерываний представляет собой многоцелевой высокоскоростной комбинированный модуль триггера и прерываний, конфигурируемый программным путем. Временное разрешение между двумя прерываниями обычно не превышает 1 мс.

Модули быстрого счета могут считать импульсы с гораздо большей частотой, чем сам контроллер. Они автоматически выдают текущее значение счета каждый цикл контроллера.

Модуль интерфейса ASCII – это модуль общего назначения, обеспечивающий обмен текстовой информацией с принтерами, считывателями штрих-кода, весами и измерителями. Модуль предназначен для относительно простого обмена в режиме "точка-точка", когда ASCII-сообщения, хранящиеся в модуле, вызываются логикой программы процессора.

В список специализированных модулей входят интегрированные решения задач перемещения/позиционирования. Гибкость решений для задач перемещения/позиционирования достигается за счет цифрового сервопривода. Все продукты для перемещения/позиционирования тесно интегрированы с контроллерами для ускорения и упрощения коммуникаций, отладки и эксплуатации.

Для задач управления с большим количеством сигналов, удаленно расположенными объектами управления предлагается архитектура с удаленным вводом/выводом. Узлы удаленного ввода/вывода обслуживаются синхронно с циклом процессора. Таким образом, обеспечивается быстрое и детерминированное управление процессом из прикладной программы процессора, а также возможность безударного перехода на резервный контроллер в системе с горячим резервированием и, следовательно, безопасность процесса.

Для приложений, требующих подключение небольшого количества сигналов ввода/вывода на многих площадках, идеально подходит архитектура распределенного ввода/вывода (табл. 1.23).

Таблица 1.23.
Характеристики используемых систем связи

	Удаленный в/в	Распределенный в/в
Тип кабеля	Коаксиальный кабель	Витая пара
Макс. расстояние без повторителей	4500 м	457 м
Скорость передачи	1,5 М	1 М
Синхронизация обработки с программой	Да	Нет
Поддержка горячего резервирования	Да	Нет
Поддержка блоков Momentum	Нет	Да
Совместимость с Modbus Plus	Нет	Да
Максимальное кол-во узлов на одной сети	31	63
Максимальное кол-во слов в/в на одной сети	1984 входных 1984 выходных	500 входных 500 выходных
Макс. кол-во дискретных сигналов на сеть	31744 входа 31744 выхода	8000 входов 8000 выходов
Макс. кол-во аналоговых сигналов на сеть	1984 входных 1984 выходных	500 входных 500 выходных
Кол-во сетей на один контроллер	1	3

Поскольку каждый процессор Quantum имеет порт Modbus Plus, то не требуется установка дополнительного головного сетевого модуля. Экономичные адаптеры распределенного ввода/вывода со встроенным блоком питания, а также комбинированные дискретные и аналоговые модули ввода/вывода еще

более сокращают стоимость системы и занимаемое пространство без ухудшения производительности.

Поскольку система распределенного ввода/вывода использует сеть Modbus Plus, то к этой же сети могут быть подключены диалоговые панели оператора (например, Magelis) или частотные приводы (Altivar), что сокращает общее количество сетей в системе. Блоки Momentum могут еще более сократить занимаемый объем, поскольку они совмещают модуль ввода/вывода, клеммник и коммуникационный адаптер в один блок толщиной около 5 см, который можно установить в непосредственной близости от объекта.

Каждый процессор Quantum оснащен портом Modbus Plus и, как минимум, одним портом Modbus. Комбинация этих двух коммуникационных протоколов дает возможность строить экономичные и высокопроизводительные решения для любых промышленных приложений (табл. 1.24). Если нужны дополнительные порты связи можно добавить дополнительный сетевой модуль NOM Modbus Plus/ Modbus.

Таблица 1.24.
Характеристики сетей Modbus и Modbus Plus

	Modbus	Modbus Plus
Метод доступа	Ведущий-ведомый	Одноранговая сеть, маркерный доступ
Скорость передачи	19,2 К (типовая)	1 М
Интерфейс	RS-232 и др.	RS-485
Максимальное расстояние без повторителей	15 м (RS-232)	457 м
Среда передачи	Разная	Витая пара, опто-волокно
Максимальное кол-во узлов на одной сети	247	64
Пропускная способность	300 per/c при 9,6 К	2000 per/c
Возможность программирования	Да	Да
Чтение/запись данных	Да	Да
Глобальные данные	Нет	Да
Peer Кооп	Нет	Да

Modbus – протокол для RTU приложений, телеметрии или обмена типа "точка-точка". Программирование в режиме on-line, приложения для сбора данных легко реализуемы на любом компьютере со связью через последовательный порт COM. Можно создавать комбинированные RTU-архитектуры с применением контроллеров Quantum и Compact, используя программные инструкции XMIT, реализующие функции Modbus master.

Сеть Modbus Plus совмещает в себе высокую скорость, одноранговый обмен и легкость инсталляции, что упрощает приложения и сокращает стоимость установки.

Типовые примеры использования сети:

- распределенное управление и блокировки;
- сбор данных;
- удаленное программирование в режиме on-line;

- загрузка и выгрузка программ;
- подключение интерфейсов оператора.

Характеристики Modbus Plus:

- маркерный доступ к каналу обеспечивает детерминированность работы сети;
- глобальная база данных облегчает широковещательную передачу данных всем узлам сети;
- технология Peer Cop позволяет сконфигурировать обмен сообщениями от точки к точке без какого-либо программирования;
- стандартные диагностические программы и светодиодные индикаторы на всех узлах сети облегчают отладку и обнаружение неисправностей;
- мосты позволяют объединять различные сети между собой, соединяя практически неограниченное количество узлов;
- опто-волоконные повторители и модули позволяют увеличить длину сети до 13,7 км, а электрические повторители сигнала до 1,8 км.

Поскольку сеть Modbus Plus основана на протоколе Modbus, возможно простое объединение этих сетей. Процессоры Quantum, а также дополнительные модули NOM имеют встроенный мост, который маршрутизирует сообщения Modbus на сеть Modbus Plus и обратно. Имеются также специальные мосты-мультиплексоры.

Модули Quantum NOE можно подключить непосредственно к заводской сети Ethernet

Для обеспечения высокой надежности каждый контроллер Quantum тестируется до мельчайших деталей. Однако кроме этого Quantum предлагает набор дополнительных возможностей для повышения надежности и безотказности Вашей системы управления – от резервирования блоков питания в тех узлах, где это необходимо, до системы горячего резервирования, реализующей полное стопроцентное резервирование процессора, блока питания и контроллера ввода/вывода.

Перечислим стандартные функции обеспечения надежности в каждом процессоре:

- модули ввода/вывода Quantum можно заменять "на ходу", т.е. без отключения питания, таким образом, не влияя на работу остальной части системы.
- в случае обрыва связи все дискретные и аналоговые выходные сигналы могут быть приведены в одно из следующих состояний: все выходы выключены, поддержка последнего значения или предустановленное значение. Таким образом, обеспечивается предсказуемость поведения системы даже в случае непредсказуемого обрыва коммуникаций;
- память данных процессора может быть разделена на области, доступные для чтения и записи и только для чтения, для исключения возможности изменения внутренних данных через сетевой обмен;
- программное обеспечение Concept, а также Proworx и Modsoft поддерживают многоуровневое ограничение доступа к программе и данным.

Следующие функции обеспечения надежности можно добавить по мере необходимости:

- резервирование источников питания обеспечивает бесперебойность подачи тока в случае отказа одиночного блока питания;

- резервирование кабелей для сетей удаленного ввода/вывода, а также Modbus Plus защищают систему от одиночных обрывов кабеля или повреждения соединений;

- опто-волоконные повторители для сетей удаленного ввода/вывода и Modbus Plus позволяют увеличить расстояние между узлами и повысить помехозащищенность;

- для повышения надежности коммуникаций на больших расстояниях опто-волоконные компоненты сети можно объединять в кольцевые сетевые топологии с функциями самовосстановления в случае одиночных обрывов;

- Защитное покрытие может быть нанесено на большинство модулей Quantum для увеличения срока эксплуатации и надежности систем, функционирующих в жестких условиях окружающей среды.

Если задача управления требует повышенную отказоустойчивость и высокую эксплуатационную готовность возможен вариант применения резервного контроллера. Простая при конфигурации и установке система горячего резервирования обеспечит безударный переход на резервное управление в случае отказа одного из компонентов или сбоя питания. Один из контроллеров при такой конфигурации является основным, а другой работает как горячий резерв, готовый принять на себя управление сетью удаленного ввода/вывода в случае отказа основного контроллера. Циклы обработки программы в основном и резервном контроллере синхронизированы, что позволяет производить управляемое переключение и обеспечивает максимально возможную целостность системы управления.

Ключевые преимущества системы горячего резервирования Quantum следующие:

- резервируемые процессоры сокращают время простоя для критичных задач;

- быстрый обмен по шине и через оптоволоконный канал уменьшает влияние на цикл контроллера и обеспечивает быстроту реакции;

- проверка идентичности пользовательской программы гарантирует надежность и безопасность процесса;

- возможность загрузки пользовательской программы из основного контроллера в резервный без программатора существенно облегчают и ускоряют процесс восстановления в случае отказа;

- текущее состояние входов/выходов переносится из основного контроллера в резервный на каждом цикле обработки программы, что обеспечивает безударность переключения;

- автоматический обмен адресами на сетях Modbus, Modbus Plus и Ethernet TCP/IP обеспечивает прозрачность коммуникаций с хост-системами без необходимости использования специализированных драйверов.

11.2 ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ РЫНОК ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

11.2.1 Промышленные контроллеры ОАО «ЗЭиМ»

Одним из известных отечественных производителей является ОАО "ЗЭиМ". Это акционерное общество выпускает следующие промышленные контроллеры:

- контроллеры семейства Ремиконт Р-130;
- контроллер КРОСС;
- контроллер КРОСС-500;
- система полевых приборов ТРАССА.

Промышленный контроллер Ремиконт Р-130 (рис. 1.63).



Р и с. 1.63. Контроллеры семейства Ремиконт Р-130

Контроллеры предназначены для построения современных АСУ ТП и позволяет выполнять автоматическое регулирование, автоматическое логико-программное управление, автоматическое управление с переменной структурой, защиту и блокировку, сигнализацию, регистрацию событий.

Позволяют осуществлять объединение в кольцевую сеть "Транзит", реализованную на основе интерфейса ИРПС.

Технологическое программирование промышленного контроллера выполняется без программистов специалистами, знакомыми с традиционными

средствами контроля и управления в АСУ ТП. Запрограммированная информация сохраняется при отключении питания с помощью встроенной батареи

В него встроены развитые средства самодиагностики, сигнализации и идентификации неисправностей, в том числе при отказе комплектующих изделий, выходе сигналов за допустимые границы, сбое в ОЗУ, нарушении обмена по кольцевой сети и т.п. Для дистанционной сигнализации об отказе предусмотрены специальные дискретные выходы.

В процессе сбора и обработки информации от датчиков пользователь может выполнять необходимую коррекцию входных сигналов, их линеаризацию, фильтрацию, а также любую арифметическую операцию, в том числе извлечение квадратного корня.

Контроллер имеет модульную компоновку, которая позволяет пользователю выбрать нужный набор модулей и блоков согласно числу и виду входных/выходных сигналов. Возможна установка 2 любых сменных модуля входа/выхода УСО (устройства связи с объектом), выбираемых заказчиком. Их состав продемонстрирован в таблице.1.25.

Т а б л и ц а . 1.25.
Модули контроллеров семейства Ремиконт Р-130

Наименование и код модуля УСО		Количество входных/выходных сигналов			
		аналоговых		дискретных	
Наименование модуля	Код	вход	выход	вход	выход*
МАС (аналоговых сигналов)	1	8	2		-
МДА (дискретно-аналоговый)	2	8	-	-	4
МСД (сигналов дискретных)	3	-	-	16	16
МСД (сигналов дискретных)	4	-	-	4	12
МСД (сигналов дискретных)	5	-	-	8	8
МСД (сигналов дискретных)	6	-	-	12	4
МСД (сигналов дискретных)	7			16	-

*Каждая пара дискретных выходов может выполнять функции одного импульсного выхода с цепями “больше” - “меньше”, общее количество импульсных выходов - 4

Входные сигналы:

- : сигналы от термодпар ТХК, ТХА, ТПР, ТВР, ТПП;
- : сигналы от термометров сопротивлений ТСМ, ТСП;
- : унифицированные аналоговые сигналы постоянного тока 0 - 5, 0 - 20, 4 - 20 мА; 0 - 10В;
- : дискретные сигналы – логическая "1" напряжением от 19 до 32В, логический "0" напряжением от 0 до 7В.

Выходные сигналы:

- : аналоговые сигналы постоянного тока 0 - 5, 0 - 20, 4 -20 мА;

- дискретные сигналы – для транзисторного выхода максимальное напряжение коммутации 40В при максимальном токе нагрузки 0,3А; для сильноточного релейного выхода максимальное напряжение коммутации 220В при максимальном токе нагрузки 2А.

Технические характеристики:

- объем памяти: ПЗУ – 32 Кбайт, ОЗУ – 8 Кбайт, ППЗУ – 8 Кбайт;
- текущее время (таймеры, программные задатчики и т.д.), постоянные времени, интервалы от 0 до 819 с, от 0 до 819 ч;
- время цикла – от 0.2 до 2 с;
- количество алгоблоков – 99;
- количество алгоритмов в библиотеке – 76;
- погрешности преобразования – АЦП: $\pm 0.4\%$; ЦАП: $\pm 0.5\%$;
- время сохранения информации при отключении питания – 10 лет;
- ремиконт имеет канал интерфейсной связи ИРПС или RS232C, скорость обмена – 1,2; 2,4; 4,8; 9,6 Кбит/с;
- напряжение питания 220 В или 240 В переменного тока или 24 В постоянного тока (при отсутствии блока БП-1), потребляемая мощность 15 ВА;
- условия эксплуатации – температура от 1 до 45°C, влажность до 80%.

Промышленный контроллер КРОСС. Предназначен для измерения электрических сигналов датчиков, формирования выходных сигналов, передачи, обработки, хранения информации о ходе технологического процесса при создании открытых систем АСУ ТП в различных отраслях промышленности: энергетике, металлургии, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, пищевой и др.

Контроллер КРОСС предназначен для построения локальных, автономных системы, распределенные систем автоматизации, а также для модернизации и реконструкции существующих систем автоматизации.

Отличительные особенности промышленных контроллеров КРОСС:

1. Развитые системообразующие качества, позволяющие:

- интегрировать КРОСС с контроллерами от различных производителей в единую АСУ ТП при условии, что эти контроллеры выполнены в стандартах открытых систем;
- масштабировать системы;
- сопрягать контроллер со SCADA-системами различных фирм через стандартные средства межзадачного обмена;
- иметь единую технологию программирования с контроллерами, поддерживающими стандарт IEC 61131-3, что обеспечивает переносимость технологических программ пользователя;
- подключаться к контроллеру через глобальную информационную сеть Интернет (встроенный Web-сервер).

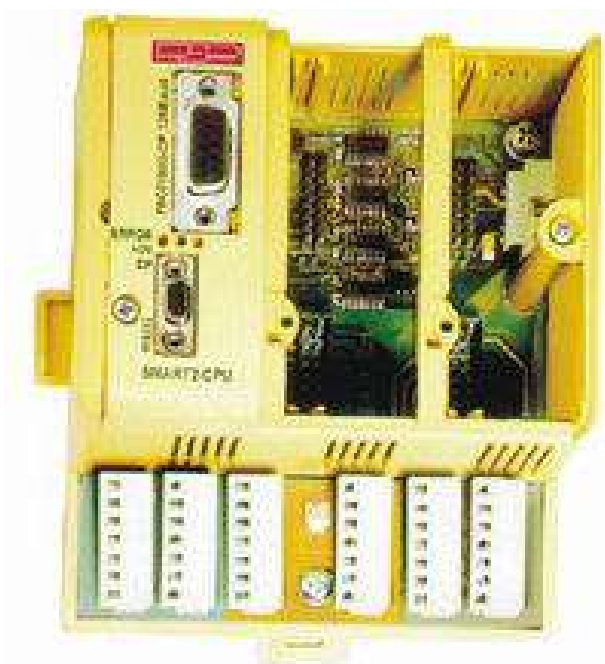
2. Расширенные функциональные возможности:

- высокая производительность обработки (32-разрядный центральный процессор, параллельные вычисления в интеллектуальных модулях ввода/вывода) и передачи данных через локальные вычислительные сети (до 12 МБод);

- :расширенная номенклатура сигналов ввода/вывода;
- :расширенный круг решаемых задач (алгебраические и тригонометрические задачи, статические и динамические преобразования, регулирование, программно-логическое управление, защита, учет, регистрация и архивация данных и т.п.);
- :простота и удобство программирования и документирования (5 типов технологических языков).

В состав контроллера КРОСС входят модули ввода/вывода дискретных сигналов (~220 В), а также функционально- и объектно-ориентированные модули (программируемый пользователем модуль микроконтроллера, примерно соответствующий по своим функциональным возможностям промышленному контроллеру Р-130, модуль автономной защиты, модули автономного управления исполнительными механизмами, задвижками и т.п.). На рис. 1.64 показан внешний вид элементов системы КРОСС.

Промышленный контроллер относится к проектно-компонуемым изделиям. Он состоит из центрального блока ЦБ1 и отдельных модулей ввода/вывода, подключаемых к центральному блоку ЦБ1 по шинам SPI. Количество модулей ввода/вывода - до 31 шт. Подключение входных и выходных сигналов к модулям ввода/вывода осуществляется через разъемы DB-25 или терминальные блоки с клеммными колодками.



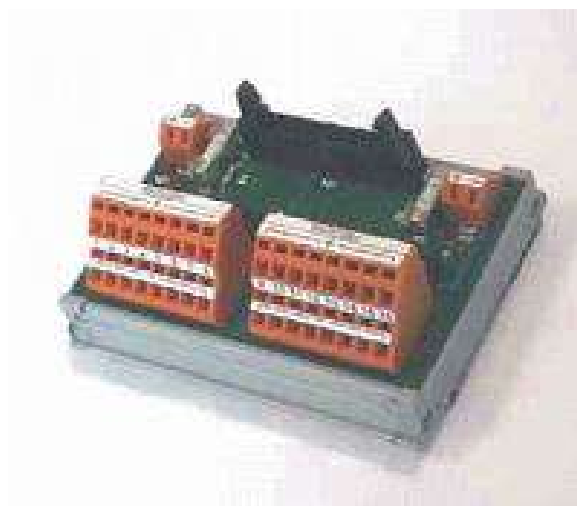
Внешний вид процессорного модуля



Внешний вид периферийного модуля



Терминальные блоки



Элементы подключения внешних цепей

Р и с. 1.64. Элементы системы КРОСС.

Центральный блок ЦБ1 и модули устанавливаются на DIN-рейку 35x7,5. Контроллер соответствует климатическому исполнению УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150 с диапазоном рабочих температур от + 5 до + 50 °С. Средний срок службы – 10 лет.

Электрическое питание контроллера осуществляется по заказу по одному из вариантов – от сети переменного тока напряжением (220 +22, –33)В или от внешнего нестабилизированного источника постоянного тока напряжением (24 ± 6) В. Мощность, потребляемая контроллером, не более 45 ВА от сети переменного тока, 40 Вт от внешнего нестабилизированного источника постоянного тока.

В таблице 1.26 представлены габаритные размеры и масса блоков и модулей.

Т а б л и ц а. 1.26.
Габаритные размеры и масса блоков и модулей

Модули и блоки	Габаритные размеры, мм	Масса, кг, не более
Блок центральный ЦБ1	112 x 120 x 115	0,7
Блок питания LOK 4601-2R/ P-ONE/	40 x 90 x 115	0,4
Аналоговые модули: AI1-8, AIO1-8/4, AIO1-0/4, AIO1-8/0, TC1-7, TR1-8	45 x 134 x 113	0,3
Дискретные модули: DIO1-88, DI1-16, DO1-16	30 x 134 x 113	0,2
Блоки терминальные	110 x 85 x 75	0,2

Модули TC1-7, TR1-8, AI1-8 имеют гальваническую развязку между корпусом и входами, входы развязаны между собой. Остальные модули имеют

гальваническую развязку между корпусом и группами входов (выходов), между входами и выходами. В таблице 1.27 представлены основные данные дискретных модулей КРОСС, в таблице 1.28 – параметры модулей аналоговых сигналов.

Т а б л и ц а 1.27.
Параметры дискретных сигналов КРОСС

Модуль ввода/ вывода		Входной/ выходной сигнал
Условное обозначение	Вид и количество каналов на модуль	
DI1-16	2 группы по 8 входов	Дискретный сигнал, напряжение постоянного тока логический "0", (24±6) В – логическая "1"
DIO1-8/8	1 группа из 8 входов	
	1 группа из 8 выходов	Дискретный сигнал - бесконтактный ключ: коммутируемое напряжение до 40 В ток 0,3 А , су
DO1-16	2 группы по 8 выходов	

Т а б л и ц а 1.28.
Основные данные аналоговых модулей КРОСС

Модуль		Сигналы		Пределы погрешности	
Условное обозначение	Количество и вид каналов	на входе	на выходе	основная приведенная go, %	допускаемая дополнительная гд, %/10 оС
TC1-7	7 входов	(0-65) мВ	(0-100,00)%	± 0,2%	± 0,5 go *
	1 вход	TSM50, (50-92,800) Ом	(0-50,00) °С	± 0,4 °С	± 1,0 go
TR1-8	8 входов	TСП50, TSM50,	(0-100,00)%	± 0,2%	± 1,0 go
		TСП100, TSM100			
AI1-8	8 входов	Напряжение постоянного тока (0-10) В	13 бит	± 0,2%	± 0,5 go
		Постоянный ток (0-5), (0-20), (4-20) мА	13 бит	± 0,2%	
AIO1-8/4, AIO1-8/0	1 группа из 8 входов	Напряжение постоянного тока (0-10) В	13 бит	± 0,2%	

		Постоянный ток (0-5), (0-20), (4-20) мА	13 бит	± 0,2%	
AIO1-8/4, AIO1-0/4	1 группа из 4 выходов	12 бит	Постоянный ток (0-5) мА	± 0,2%	
		12 бит	Постоянный ток (0-20), (4-20) мА	± 0,2%	
* - погрешность приведена с учетом компенсации температуры холодных спаев. Нормирующие значения сигнала подчеркнуты, нормирующее значение сигнала для диапазона (4-20) мА - 16 мА.					

Промышленный контроллер ТРАССА-500. Основное назначение полевого контроллера ТРАССА-500 – построение высокоэффективных систем автоматизации территориально-рассредоточенных, протяженных или небольших объектов.

Контроллер ориентирован на построение систем различной алгоритмической и информационной (число каналов) сложности:

- макро-систем (до 3840 каналов);
- миди-систем (64 - 128 каналов);
- мини-систем (16 - 64 каналов);
- систем малой, локальной автоматики (бесконтактная релейная логика).

Контроллер ТРАССА-500 предназначен для решения следующих типовых задач автоматизации:

- сбор информации с датчиков различных типов и ее первичная обработка (фильтрация сигналов, линеаризация характеристик датчиков, «офизичивание» сигналов и т.п.);
- выдача управляющих воздействий на исполнительные органы различных типов;
- контроль технологических параметров по граничным значениям и аварийная защита технологического оборудования;
- регулирование прямых и косвенных параметров по различным законам;
- логическое, программно-логическое управление технологическими агрегатами, автоматический пуск и останов технологического оборудования;
- математическая обработка информации по различным алгоритмам;
- регистрация и архивация технологических параметров;
- технический учет материальных и энергетических потоков (электроэнергия, тепло) различными участками производства;
- обмен данными с другими контроллерами в рамках контроллерной управляющей сети реального времени;
- аварийная, предупредительная и рабочая сигнализация, индикация значений прямых и косвенных параметров;
- обслуживание станций технолога-оператора, прием и исполнение их команд, аварийная, предупредительная и рабочая сигнализация, индикация значе-

ний прямых и косвенных параметров, выдача значений параметров и различных сообщений на пульт технолога-оператора и ПЭВМ верхнего уровня;

- : обслуживание технического персонала при наладке, программировании, ремонте, проверке технического состояния контроллера;

- : самоконтроль и диагностика всех устройств контроллера в непрерывном и периодическом режимах, вывод информации о техническом состоянии контроллера обслуживающему персоналу.

Отличительные особенности:

- : распределенная интеллектуальная система ввода/вывода;
- : функционально-децентрализованная архитектура;
- : высокие динамические качества;
- : проектно-компонованный состав (масштабирование с точностью до одного канала);

- : высокие базовые уровни надежности и живучести;
- : возможности резервирования;
- : настройка и контроль блоков, осуществляемые как дистанционно, так и автономно;

- : наличие интерфейса с пультом технолога-оператора;
- : наличие средств связи контроллера с верхним уровнем;
- : применение стандартных средств, обеспечивающих системную и программную совместимость контроллеров как с контроллерами кросс-500, р-130isa, так и с изделиями других фирм;

- : особенности конструкции, обеспечивающие гибкие возможности по территориальному расположению устройств контроллера в любом конструктиве.

Функции блока центрального процессора БЦП контроллера:

- : организация и управление вычислительными процессами в реальном времени;

- : управление обменом данными с ПВВ в режиме ведущего;
- : исполнение ТПП;
- : организация пользовательского интерфейса через панель технолога-оператора;

- : обмен по протоколам TCP/IP и MODBUS с другими контроллерами и верхним уровнем;

- : управление резервированием контроллеров, БЦП и отдельных модулей ввода/вывода;

- : регистрация событий и архивация сигналов;
- : контроль и диагностика аппаратуры БЦП.

Состав программно-аппаратных средств БЦП:

- : микропроцессор i486dx4-100 с встроенным сопроцессором;
- : интерфейсные платы ввода/вывода (до 4 шт.);
- : последовательные каналы;
- : память;
- : сторожевой таймер;
- : таймер-календарь;
- : часы реального времени;

•:резидентное программное обеспечение БЦП: операционная система RTOS-32, исполнительная система ISaGRAF Target, коммуникационные серверы;

•:Flash-диск до 144 Мбайт (по заказу);

Память:

•:flash-память для хранения резидентного программного обеспечения – 256/512 Кбайт;

•:flash-память для хранения ТПП и настроечных коэффициентов – 512 Кбайт;

•:оперативная энергонезависимая память для хранения данных – 64/128 Кбайт;

•:динамическая память для исполнения ТПП – 4 Мбайт (до 32 Мбайт).

БЦП состоит из центрального процессора ЦП и модуля расширения МР, на который устанавливаются до 4 штук интерфейсных плат SPI, INT485, INT485-1:

•:плата SPI предназначена для подключения устройств КРОСС-500 по интерфейсу SPI;

•:плата INT485 предназначена для подключения блоков ТРАССА-500 или других устройств по интерфейсу RS485. Имеет гальваническое разделение 1500 В;

•:плата INT485-1 предназначена для подключения блоков ТРАССА-500 или других устройств по интерфейсу RS485. Не имеет гальванического разделения.

Программирование БЦП осуществляется при помощи ПК. Языки программирования БЦП – шесть типов технологических языков системы разработки ISaGRAF Workbench, расширенной новыми алгоритмами, в том числе из библиотеки контроллера Р-130.

Максимальная потребляемая мощность БЦП по цепи 5 В – не более 10,0 Вт.

Масса БЦП – не более 1,1 кг.

Внешний вид БЦП представлен на рис. 1.65. В таблице 1.29 представлены характеристики каналов БЦП.



Р и с. 1.65. Блок центрального процессора контроллера ТРАССА500

Т а б л и ц а. 1.29.
Характеристика каналов БЦП

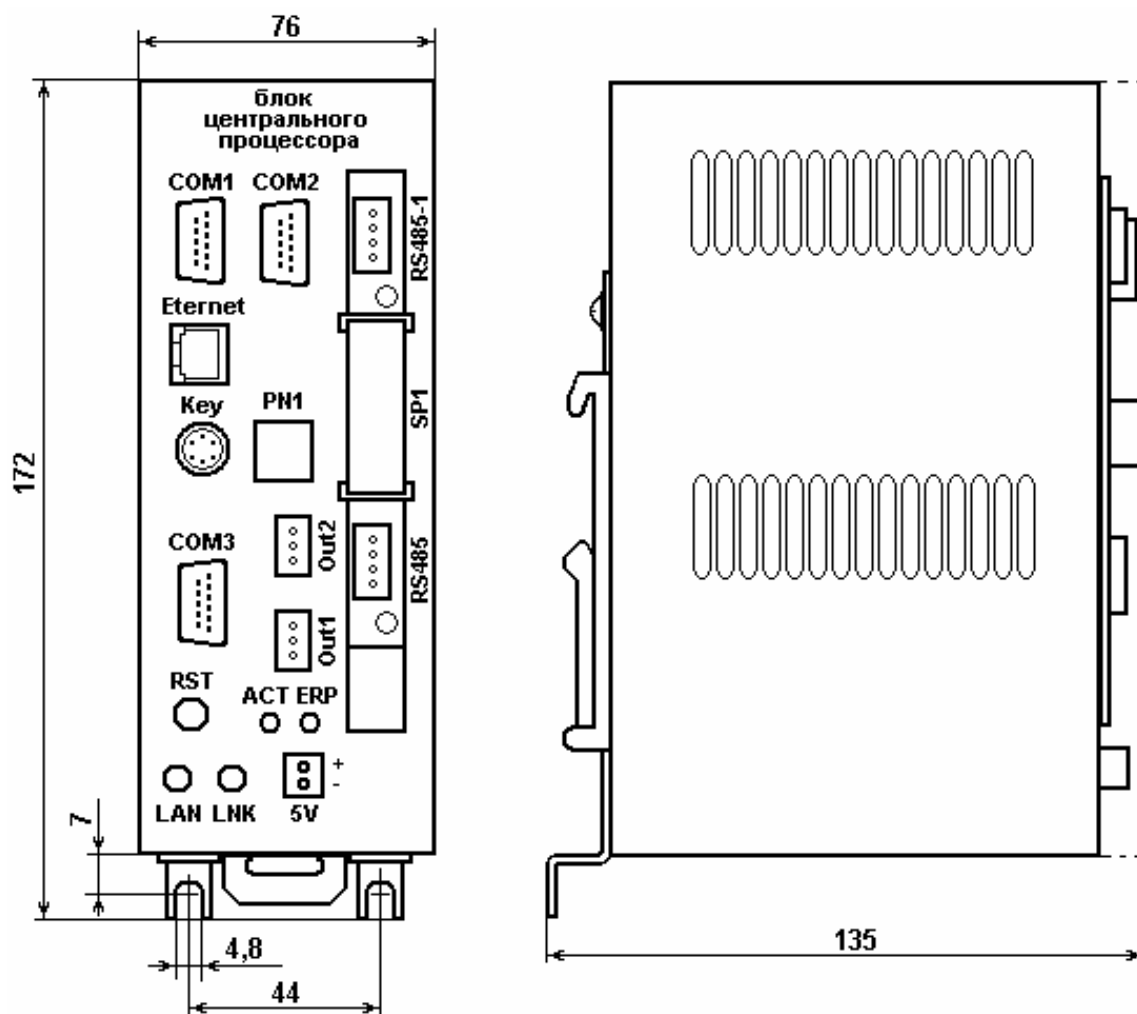
Наименование характеристики	Виды каналов и их характеристики			
Назначение	Ethernet.	RS-4S5	RS-232 (3 канала)	RS-485
Поддерживаемые протоколы	TCP/IP, Tel- net. FTP, Mod- Bus/TCP, IXLModBus	Mod Bus/TCP, KLModBus	IXLModBus	ModBus- master
Электрический интерфейс	10BASE-T	RS-4S5	RS-232 пол- ный модем	RS-485
Разъем	розетка RJ-45	COM2	COM1, COM3	
Число подключаемых уст- ройств	не ограниче- но	до 30	1	Полевая сеть до 30 блоков
Скорость передачи	10 Мбод	Стандартный ряд скоростей COM-		

Максимальная длина сегмента линии связи, м	100	1200	15	1200
Гальваническое разделение	есть	нет	нет	есть
Тип линии связи	Витая пара UTP-5	Витая пара	Жгут или плоский кабель	Витая пара

На рис. 1.66 показаны габаритные размеры БЦП и размещение большинства элементов лицевой панели.

На лицевой панели БЦП имеются:

- :вилка «5V» на два контакта «+», «-» для подачи питания на БЦП;
- :разъемы «OUT1», «OUT2» для выдачи информации о состоянии БЦП (РАБОТА, ОТКАЗ, АКТИВНЫЙ, ПАССИВНЫЙ);
- :разъемы «COM1», «COM2», «COM3» для подключения по интерфейсу RS-232 (три канала);
- :разъем «PN1» для подключения пульта настройки PN1 по интерфейсу RS-232;
- :разъем «Ethernet» для подключения по интерфейсу Ethernet (один канал);
- :разъем «KEY» для подключения клавиатуры (не используется);
- :разъем «SPI» для подключения интерфейса SPI (до четырех каналов);
- :разъем «RS-485» для подключения интерфейса RS-485 с гальваническим разделением 1500 В от интерфейсной платы INT485 (до четырех каналов);
- :разъем «RS485-1» для подключения интерфейса RS-485 без гальванического разделения от интерфейсной платы INT485-1 (до четырех каналов);
- :кнопка «RST» без фиксации для рестарта БЦП;
- :светодиод «ACT» для сигнализации режима контроллера: АКТИВНЫЙ, ПАССИВНЫЙ;
- :светодиод «ERR» для сигнализации отказа БЦП;
- :светодиоды «LAN», «LNK» для сигнализации наличия связи по интерфейсу Ethernet;
- :светодиоды «RS485», «RS485-1» для сигнализации наличия связи по интерфейсу RS-485.



Р и с. 1.66. Габаритные размеры блока центрального процессора БЦП

Блоки ввода/вывода самостоятельного применения не имеют. Разгружая вычислительные мощности БЦП, они выполняют следующие функции:

- : управление аппаратурой ввода/вывода;
- : аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов;
- : предварительная обработка сигналов: устранение дребезга дискретных входов, фильтрация, линеаризация и корректировка;
- : учет калибровочных коэффициентов аналоговых входов;
- : автономное управление поведением выходных каналов при включении и в различных аварийных ситуациях;
- : непрерывная диагностика входных аналоговых каналов: короткое замыкание, обрыв, выход за пределы допустимого диапазона;
- : непрерывная диагностика и вывод сообщений об обнаруженных ошибках;
- : выполнение различных команд от БЦП, пульта настройки PN1 или от программы «КОНФИГУРАТОР».

Типы блоков ввода/вывода:

- : T-DIO1 – проектно-компоновемый блок ввода/вывода дискретных сигналов;

- : T-ADIO1 – проектно-компоуемый блок ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов повышенного быстродействия.

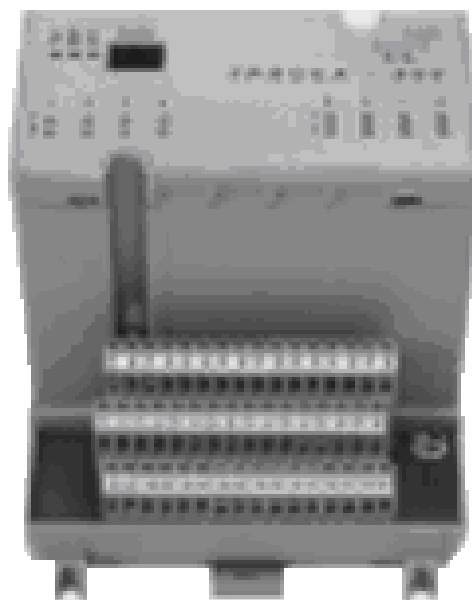
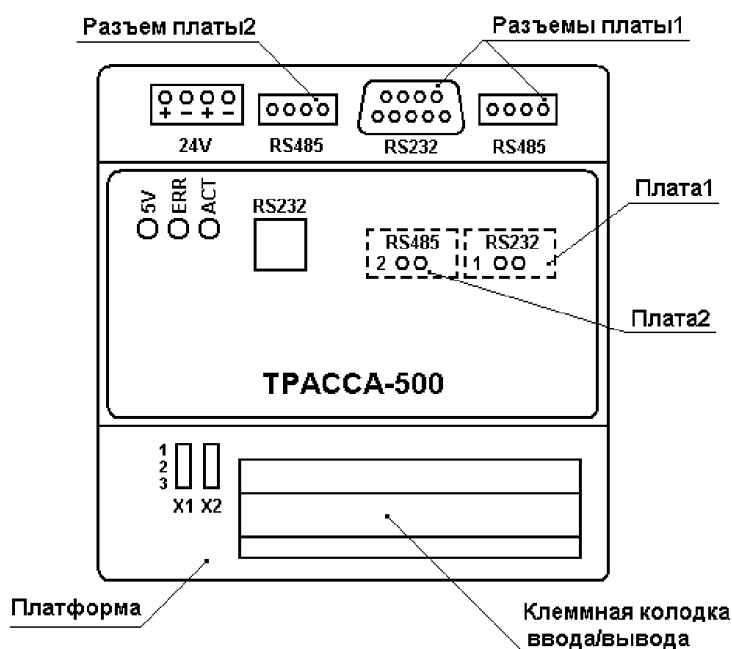
Субмодуль процессора на базе микропроцессора с полной RISC-архитектурой и встроенными средствами в своем составе имеет:

- : flash-память для хранения резидентного программного обеспечения,
- : EEPROM для хранения настроечных коэффициентов,
- : оперативная память для хранения данных,
- : интерфейсные
- : плата с ячейками ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов.

Резидентное программное обеспечение процессора в составе:

- : операционная система реального времени;
- : драйверы ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов;
- : программы первичной обработки сигналов;
- : драйверы интерфейсных каналов;
- : программы контроля и диагностики аппаратуры блока.

Конструкция блоков T-ADIO1, T-DIO1, T-MK1 унифицирована и содержит платформу с клеммными колодками, разъемами и модулями: модуль процессора с интерфейсными платами и модуль ввода/вывода, на котором установлены 8 ячеек, выбранных заказчиком. Модули закрыты крышкой с разъемом «RS232» и светодиодами. На рис. рис. 1.67 указаны назначение и места установки интерфейсных плат на блоках ввода/вывода на примере блока T-ADIO1, а также внешний вид этого блока.



Р и с. 1.67. Внешний вид блоков ввода/вывода

Блок T-DIO1 предназначен для ввода/вывода дискретных сигналов и содержит 8 мест для установки ячеек ввода или вывода дискретных сигналов, технические данные которых приведены в таблицах 1.30 и 1.31.

Т а б л и ц а 1.30.
Параметры дискретных выходных сигналов блока Т-DI01 (ячейка D03)

Количество каналов в ячейке	1
Технические данные реле коммутируемый ток реле (А): - при напряжении ~ 250 В и активной нагрузке - при напряжении = 30 В и активной нагрузке	5 5
минимальное напряжение коммутации, В	5
минимальный ток коммутации мА	10
число циклов коммутаций при напряжении 30 В постоянного тока 5 А, не менее	$1,5 \times 10^5$
число циклов коммутации при напряжении 250 В переменного тока 5 А, $\cos\varphi=0,3$, не менее	1×10^5
число циклов механической коммутации (без нагрузки), не менее	$1,5 \times 10^7$
Гальваническое разделение, не менее	1500 В

Т а б л и ц а 1.31.
Параметры дискретных входных сигналов блока Т-DI01 (ячейки DM, DI3, DM)

Параметры	DI1	DI3			DM		
		DI3/220	DI3/110	DI3/24	DI4/220	DI4/110	DI14/24
Количество каналов в ячейке	2	1	1	1	1	1	1
Входной ток канала, мА	5	5	5	5	5	5	5
Напряжение включения, В	=(16-30)	-(160-250)	-(30-120)	-(18-30)	=(160-250)	=(30-120)	=(18-30)
Напряжение выключения, В	0-7	0-80	0-40	0-10	0-80	0-40	0-24
Гальваническое разделение, В, не менее	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500

Ячейки имеют индивидуальную гальваническую развязку, каналы одной ячейки имеют групповую гальваническую развязку.

Масса блока Т-DIO1 – не более 0,6 кг.

Потребляемая мощность по цепи 24 В – 2,0 Вт.

Блок Т-ADIO1 предназначен для ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов повышенного быстродействия и содержит 8 мест для установки ячеек ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов. Технические данные сигналов приведены в таблицах 1.32, 1.33. Ячейки, кроме TC1, могут быть установлены на любое место от 1 до 8, ячейка TC1 – от 2 до 8. Все ячейки работают параллельно, чем обеспечиваются высокие динамические качества блока.

Ячейки имеют индивидуальную гальваническую развязку, каналы одной ячейки - групповую гальваническую развязку.

Масса блока Т-ADIO1 – не более 0,6 кг.

Потребляемая мощность по цепи 24 В – не более 2,5 Вт.

Т а б л и ц а 1.32.

Параметры дискретных ячеек блоков Т-АДИ01, Т-МК1

Ячейка	Вид и количество каналов в ячейке	Входной/ выходной дискретный сигнал	Максимальный входной/ выходной ток	Гальваническое разделение, В, не менее
DI2	4 канала ввода	Напряжение постоянного тока: (0 - 7) В логический «0», (24 ± 6) В логическая «1»,	не более 0,01 А на 1 канал по цепи 24 В	500
DO2	4 канала вывода	Бесконтактный ключ - коммутируемое постоянное напряжение до 40В.	не более: - 0,3 А на 1 канал, - 1,0 А на 4 канала.	500

Т а б л и ц а 1.33.

Параметры аналоговых ячеек блоков Т-АДИ01, Т-МК1

Ячейка	Вид и количество каналов в ячейке	Входной / выходной сигнал	Входное сопротивление (сопротивление)	Время преобразования.
AI1	1 канал ввода	Постоянный ток: (4-20), (0-5), (0-20), ±(0-5). ±(0-20) мА Напряжение: (0-10), ±(0-10) В	(100±3) Ом не менее 32 кОм	60 мс
AI2	1 канал ввода	Постоянный ток: (0-5) мА; (0-20), (4-20) мА; Напряжение: (0-10) В	(400±10) Ом (100±3) Ом не менее 32 кОм	2 мкс
AI3	4 канала ввода	Постоянный ток: (4-20), (0-5), (0-20), ±(0-5), +(0-20) мА	(100±3) Ом	120 мс
AO1	1 канал вывода	Постоянный ток: (0 - 5) мА, (0 - 20), (4 - 20) мА	не более 1 кОм	20 мкс
AO2	2 канала вывода			
TG1	1 канал ввода	Напряжение: ±(0-35), ±(0-70), ±(0-140), ±(0-280), ±(0-560), ±(0-1120), ±(0-2240) мВ, Сигнал ±(0-35), ±(0-70) мВ от термопар	не менее 100кОм	60 мс
TR1	1 канал ввода. Ввод трехпроводный	Сопротивление: (0-50), (0-100). (0-200), (0-400) Сигнал (0-100), (0-200), (0-400) Ом от термопреобразователей сопротивления	-	60 мс
TR2	1 канал ввода. Ввод четырехпроводный			

TR3	2 канала ввода. Ввод четырех проводный	Сопротивление: (0-50), (0-100), (0-200), (0-400) Ом. Сигнал (0-100), (0-200). (0-400) Ом от преобразователей сопротивления	-	120 мс
-----	--	---	---	--------

11.2.2 Контроллеры группы «ТЕКОН»

Российская Группа компаний «ТЕКОН» является крупнейшим российским производителем импортозамещающей продукции в сегменте промышленной автоматизации.

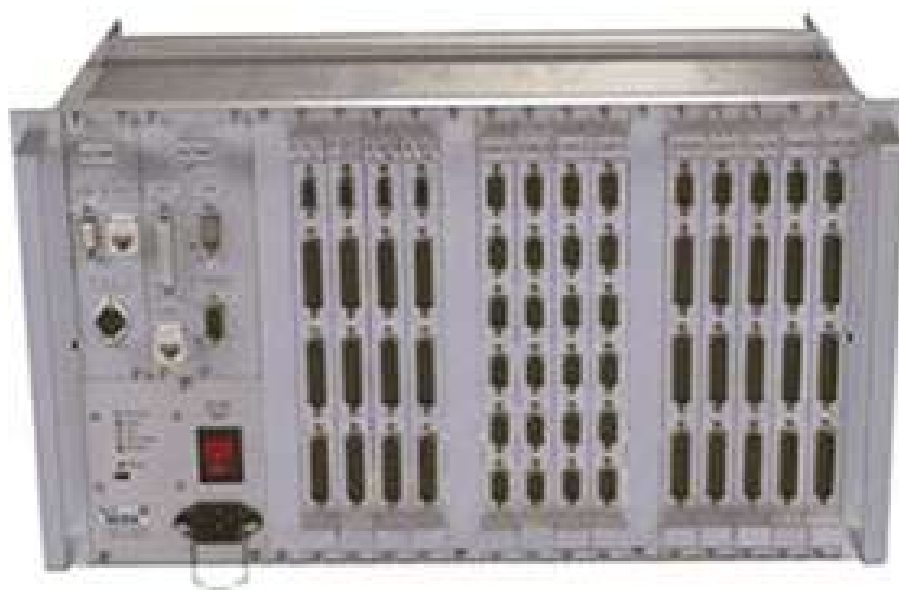
Основой рыночной стратегии и рыночного успеха Группы компаний «ТЕКОН» является последовательная реализации принципа импортозамещения, который они в общем виде формулируют следующим образом: «продукция и услуги мирового уровня по российским ценам». Разработанные и серийно выпускаемые в настоящее время контроллеры ТЕКОНИК, ТКМ410, ТКМ52, МФК позволяют решать полный спектр задач автоматизации – от систем с минимальным числом сигналов до систем, число каналов ввода/вывода которых измеряется тысячами. При этом полная совместимость производимой продукции позволяет применять при создании систем различные сочетания аппаратных средств для оптимизации стоимости решения. Модули УСО контроллеров обеспечивают ввод сигналов от любых типов датчиков, установленных на объекте, включая уже снятые с производства.

Многофункциональный контроллер МФК3000 (рис. 1.68) – предназначен для построения управляющих и информационных систем автоматизации технологических процессов среднего и большого (по числу входов/выходов) уровня сложности, а также построения систем блокировок и противоаварийной защиты. Контроллер используется для сбора, обработки информации и управления объектами в схемах автономного управления или в составе распределенной системы управления. Модульная конструкция вместе с возможностью частичного и полного резервирования позволяют строить системы автоматизации с различными требованиями к степени надежности и безопасности. Отличительными особенностями МФК3000 являются развитые средства диагностики и распределенная архитектура, позволяющая конфигурировать контроллер из трех крейтов (всего до 61 модуля УСО с максимальным количеством дискретных входов до 2928 или аналоговых входов до 976).



Р и с. 1.68. Многофункциональный контроллер МФК3000

Многофункциональный контроллер МФК (рис. 1.69) – один из наиболее популярных контроллеров ТЕКОН, на базе которого созданы сотни АСУ ТП объектов большой энергетики, муниципальной и ведомственной теплоэнергетики, химической и нефтехимической отраслей, металлургии. МФК предназначен для реализации функций контроля, программно-логического управления, многоконтурного регулирования, выполнения сложных алгоритмов управления, требующих большой вычислительной и информационной мощности. Благодаря наличию поддержки режима резервирования, контроллер с успехом применяется в системах с повышенными требованиями к надежности функционирования.



Р и с. 1.69. Многофункциональный контроллер МФК

Информационная мощность:

- : процессор 586-133 МГц;
- : дискретные входы – до 768;
- : дискретные выходы – до 640;
- : аналоговые входы – до 256;
- : аналоговые выходы – до 128.

Рабочий диапазон температур +5°C - +50°C. Контроллер не требует принудительного охлаждения. Предусмотрена реализация режимов резервирования и дублирования.

Конструкция – крейт 19" евромеханика с 16 местами для установки модулей ввода/вывода, процессорного модуля и 2 местами для установки модулей формата PC 104.

Питание – 187 - 242 В, потребляемая мощность не более 150 Вт.

Блок центрального процессора (БЦП):

- : процессор – 586-133 МГц;
- : ОЗУ – 16 (до 32) Мб;
- : флэш-память – 16 (до 144) Мб;
- : энергонезависимое ОЗУ – 128 (512) Кб;
- : астрономический таймер-календарь;
- : Watch Dog.

Интерфейсы:

- : Ethernet IEEE 802.3 10BaseT;
- : COM1 (RS-232);
- : COM2 (RS-232/RS-485/V03/V04/V04M);
- : LPT1.

Дополнительные интерфейсы:

- : второй модуль Ethernet IEEE 802.3 10 BaseT (для резервированного исполнения МФК);
- : Arcnet;
- : CAN (по специальному заказу).

Дополнительные возможности:

- : исполнение с VGA-выходом и разъемом для подключения клавиатуры;
- : разъем PC104 для установки дополнительных модулей;
- : возможность резервирования контроллера.

Моноблочный технологический контроллер ТКМ52 (рис.1.70) – является развитием популярного контроллера ТКМ51, выпускавшегося в различных модификациях с 1991 по 2004 год. ТКМ52 заимствовал от своего предшественника удачную моноблочную конструкцию, позволяющую устанавливать до четырех модулей ввода/вывода в любых сочетаниях. Отличительными особенностями контроллера являются также мощный PC-совместимый процессорный блок и широкая номенклатура модулей ввода/вывода, аналогичных контроллеру МФК.



Р и с. 1.70. Моноблочный технологический контроллер ТКМ52

Информационная мощность:

- : процессор – 5x86 - 133 МГц;
- : дискретные входы – 192;
- : дискретные выходы – до 160;
- : аналоговые входы – до 64;
- : аналоговые выходы – до 32;

Рабочий диапазон температур – 1-5°C - +50°C. Не требует принудительного охлаждения. Предусмотрена реализация режимов резервирования и дублирования. Исполнение - настенный моноблок.

ТКМ52 – это моноблок с встроенным блоком клавиатуры и индикации V03, четырьмя местами для установки модулей ввода/вывода и тремя местами для установки модулей формата PC104.

Питание – 187 - 242 В, потребляемая мощность не более 60 Вт.

Блок центрального процессора (ВЦП):

- : процессор – 586-133 МГц;
- : ОЗУ – 16 (до 32) Мб;
- : флэш-память – 16 (до 144) Мб;
- : энергонезависимое ОЗУ – 128 (512) Кб;
- : астрономический таймер-календарь;
- : Watch Dog.

Интерфейсы:

- : Ethernet IEEE 802.3 10BaseT;
- : COM1 (RS-232);
- : COM2 (RS-232/RS-485/V03/V04/V04M);
- : LPT1.

Дополнительные интерфейсы – CAN (по специальному заказу).

Дополнительные возможности:

- : исполнение с VGA-выходом и разъемом для подключения клавиатуры;
- : разъем PC104 для установки дополнительных модулей.

Моноблочный технологический контроллер ТКМ410 (рис.1.71).

Контроллер создавался с учетом требований, предъявляемых при автоматизации объектов теплоэнергетики и жилищно-коммунального хозяйства. ТКМ410 предназначен, в первую очередь, для автоматизации тепловых пунктов любой сложности, одно- и двух- горелочных котлов и блочных котельных. Реализована возможность использования ТКМ410 в системах телеметрии территориально-распределенных, в том числе необслуживаемых объектов, и встраивания локальной системы управления, построенной на базе ТКМ410, в единую автоматизированную систему оперативного диспетчерского управления (АСОДУ). Контроллер допускает непосредственное подключение приборов учета (теплосчетчиков, расходомеров, электросчетчиков). При необходимости, информационные возможности ТКМ410 могут быть расширены модулями ввода/вывода ТЕКОНИК® и интеллектуальными датчиками ТСТ11.



Р и с. 1.71. Моноблочный технологический контроллер ТКМ410

Основные технические характеристики ТКМ410:

- : центральный 32-разрядный микропроцессор ATMEL 33МГц;
- : flash-память 2 Мб, ОЗУ 2 Мб, энергонезависимое статическое ОЗУ – 512 Кб с питанием от литиевой батарейки;
- : встроенные часы реального времени с питанием от литиевой батарейки;
- : сторожевой таймер аппаратного сброса WatchDog;
- : 3 последовательных интерфейса RS-232, 2 интерфейса RS-485
- : интерфейс Ethernet 10BaseT;
- : 8 каналов аналоговых входов измерения сигналов термопреобразователей сопротивления;
- : 8 каналов аналоговых входов измерения сигналов тока с питанием от встроенного источника;
- : 2 канала аналоговых выходов;

- : 36 входных дискретных каналов 24В;
- : 4 входных частотных/числоимпульсных каналов;
- : 12 выходных дискретных каналов (механические реле, ~220 В, 2 А);
- : 12 выходных дискретных каналов (симисторы, ~220 В, 2 А);
- : встроенный источник 24В для питания дискретных датчиков типа «сухой контакт»;
- : питание контроллера – переменный ток напряжением 220 (+22; –33) В;
- : потребляемая мощность с учетом подключенных внешних цепей – не более 100 Вт;
- : габаритные размеры контроллера – 425 x 160 x 71 мм;
- : вес контроллера – не более 5 кг.

Контроллер устойчив к воздействию следующих климатических и механических факторов:

- : температура окружающего воздуха от +5 до +55°C и от -40 до +70°C (без конденсации влаги);
- : относительная влажность окружающего воздуха - от 5 до 95 % при температуре плюс 35 °C;
- : атмосферное давление – от 80 до 106,7 кПа;
- : вибрация для частот от 9 до 150 Гц с ускорением 10 м/с².

Система интеллектуальных модулей ввода/вывода "ТЕКОНИК" (рис.1.72) предназначена для построения распределенных автоматических и автоматизированных систем измерения, контроля, регулирования, диагностики и управления производственными процессами, технологическими линиями и агрегатами. Отличительной особенностью системы является наличие мощного процессорного модуля, позволяющего выполнять сложные алгоритмы управления. Модулями ввода/вывода ТЕКОНИК® можно также расширять системы, реализованные как на контроллерах ТЕКОН, так и на контроллерах других производителей.



Р и с. 1.72. Внешний вид элементов системы интеллектуальных модулей ввода/вывода ТЕКОНИК

Аппаратная часть АСУ ТП на базе модулей ТЕКОНИК® имеет проектно-компонуемую конфигурацию, т.е. процессорный модуль, модули ввода/вывода и дополнительное оборудование поставляются изготовителем в соответствии с заказанной конфигурацией. При возникновении эксплуатационной необходимости пользователь может самостоятельно наращивать или изменять конфигурацию системы.

Система может содержать один процессорный модуль, коммуникационный модуль или преобразователь интерфейсов, инженерную панель оператора V04, до 64 модулей ввода/вывода в произвольной конфигурации.

T3702 – модуль ввода дискретных сигналов (16 каналов ввода, DC);

T3703 – модуль ввода дискретных сигналов (8 каналов ввода, AC);

T3601-04 – модуль вывода дискретных сигналов (8 каналов вывода – механические реле);

T3602 – модуль вывода дискретных сигналов (8 каналов вывода – симисторы);

T3101/T3101-01 – модуль ввода аналоговых сигналов (8 дифференциальных каналов);

T3204/T3204-02 – модуль ввода сигналов термопар (ГОСТ Р 50431-92, стандарт МЭК 584-1-77) (8 каналов);

T3205/T3205-01 – модуль ввода сигналов термометров сопротивлений (ГОСТ Р 50353-092) (8 каналов);

T3501/T3501-02 – модуль вывода аналоговых сигналов (до 600 Ом) (4 канала);

T4902 – модуль связи с приборами учета.

Система интеллектуальных клеммных модулей ТЕКОНИК® имеет последовательный коммуникационный интерфейс, объединяющий модули ввода/вывода – RS485/ASCII с протоколом типа «запрос-ответ», совместимый с командами модулей ADAM 4000 фирмы Advantech.

Система ТЕКОНИК® обладает мощными вычислительными ресурсами (процессоры семейств x86), легко интегрируется в локальные сети уровней LAN (Ethernet) и Fieldbus (CAN, Modbus, RS-485 и др.).

Модуль процессорный Р06 ТЕКОНИК® (рис.1.73) предназначен для применения в распределенной системе ввода/вывода ТЕКОНИК® или как автономный высокопроизводительный контроллер с широкими коммуникационными возможностями. Модуль Р06 ТЕКОНИК® может применяться в системах диспетчеризации, системах сбора данных со счетчиков тепла, электроэнергии, воды, газа, в системах технического и коммерческого учета, схемах автономного управления или в составе распределенной системы управления.



Р и с.1.73. Модуль процессорный Р06 ТЕКОНИК

Многофункциональный контроллер ТКМ700 (рис.1.74) предназначен для построения управляющих и информационных систем автоматизации технологических процессов среднего (по числу входов-выходов) уровня сложности и широким динамическим диапазоном изменения технологических параметров, а также построения отдельных подсистем сложных АСУ ТП. Модульная конструкция контроллера позволяет создавать конфигурацию контроллера, выбирая различные типы объединительных панелей и модулей ввода/вывода для конкретного объекта автоматизации.



Р и с. 1.74. Контроллер ТКМ700

Резервированный комплекс МФК (рис.1.75) предназначен для использования в составе АСУ ТП как устройство управления технологическими объектами, повышающее надежность работы системы автоматизации в целом. Использование таких комплексов позволяет существенно минимизировать простои производства, связанные с потерями материальных и денежных средств.

Архитектура и программное обеспечение РК МФК позволяют на практике реализовать 100-процентное горячее резервирование ресурсов технологического контроллера в составе ПТК АСУ ТП. Для организации резервирования применяются два идентичных серийных контроллера МФК с установленным на них специальным системным программным обеспечением и дополнительной картой ЛВС Ethernet.

Основные технические характеристики резервирования

- : время обнаружения неисправности каждого из контроллеров не более 200 мс;
- : время переключения (изменение статуса) контроллеров при обнаружении отказа не более 10 мс;
- : время восстановления выходных сигналов после изменения статуса контроллеров не более 10 мс;
- : время восстановления связи с СВУ после изменения статуса контроллеров не более 1с.



Р и с. 1.75. Резервированный комплекс контроллеров МФК

:

ПО резервирования выполняет следующие функции:

- : сравнение значений входных сигналов контроллеров и формирование признаков неисправности при их рассогласовании;
- : диагностика отказов контроллеров комплекса и формирование признаков неисправности при их возникновении;
- : обмен информацией между контроллерами;
- : синхронизация астрономического времени контроллеров по системному таймеру основного контроллера;

- : анализ текущего статуса контроллеров и принятие решения об его изменении/сохранении.
- : программное обеспечение используемых модулей УСО (ПО УСО) не отличается от аналогичного ПО для локального контроллера.

II. КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ АСУ ТП

1. ЭВОЛЮЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ СТРУКТУР АСУ ТП

Ведущим направлением развития АСУ ТП в последние 50 лет, безусловно, является все более широкое внедрение в них элементов вычислительной техники. Исследования показывают, что для каждого периода времени, соответствующего определенному уровню развития вычислительной техники, и для суммарного потока задач, возникающих на объекте, существует оптимальный уровень децентрализации вычислительных ресурсов и определенный подход к структурной реализации системы управления. В этом смысле развитие структур АСУ ТП можно рассмотреть чуть ли не в хронологическом порядке, ведя его в соответствии с ходом развития соответствующих технических средств и технологий.

До появления средств вычислительной техники в промышленности (до 60-х годов прошлого столетия) технологические процессы оснащались локальными системами логического управления и аналогового регулирования так, что каждый технологический параметр обеспечивался своим аналоговым или цифровым одноконтурным регулятором и цифровым устройством логического управления. На этом этапе использовались «по-настоящему» децентрализованные системы регулирования и управления, в которых аналоговые и цифровые одноконтурные регуляторы и дискретные цифровые устройства логического управления реализовались на основе схем с жесткой структурой. Такие структуры систем управления на практике характеризуются, прежде всего, высокой живучестью. Однако главным недостатком систем с жесткой структурой является большое время проектирования, изготовления и значительные трудности модернизации при изменении функции системы. Это вызвано тем, что децентрализованные системы управления с жесткой структурой создаются каждый раз для конкретного оборудования или технологического процесса, и при изменении последних необходимо каждый раз создавать новые системы, что увеличивает затраты и сроки на разработку и изготовление, а также затраты на саму аппаратуру, щиты управления и линии связи.

На следующем этапе (конец 60-х годов) автоматизированные системы управления строят на базе управляющих вычислительных комплексов (УВК) на базе ЭВМ. Внедрение их в практику управления технологическими процессами определило новый подход к построению систем регулирования и управления. Внедрение больших ЭВМ привело к централизации сбора и обработки данных, а также к централизации значительного числа приборов регулирования, инди-

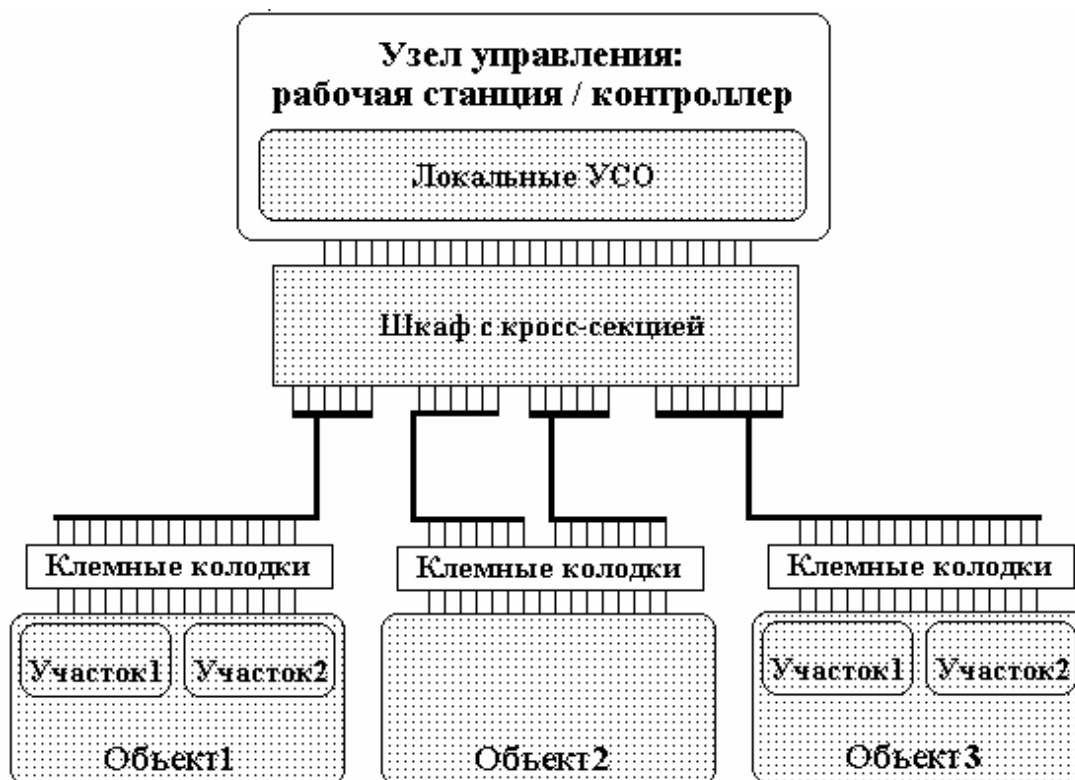
кации и регистрации на пультах и постах управления. Такие АСУ ТП получили название централизованных.

Системы на базе УВК могут легко перестраиваться с одной функции на другую путем замены программ, что сокращает сроки создания и внедрения систем управления, базирующихся на концентрации всех функций управления в УВК.

Однако такой подход имеет и целый ряд недостатков. К ним относятся:

- :малая живучесть системы ввиду того, что при отказе единственной ЭВМ теряется функционирование всей системы управления – чтобы обеспечить надежную работу, необходимо прибегнуть к полному двойному или тройному резервированию, что дорого и сложно;
- :сложность программного обеспечения, управления данными, а также форматов и процедур обмена данными по линиям связи (системных протоколов);
- :большое число проводников, образующих каналы ввода/вывода ЭВМ;
- :сложное управление в реальном времени из-за большого времени реакции централизованной системы.

С появлением микропроцессоров появляется возможность УВК реализовывать в форме компактных устройств – рабочих промышленных станций и контроллеров. В терминологии систем управления, реализованных с использованием средств вычислительной техники, появляется понятие «устройство связи с объектом» (УСО). В зависимости от структуры системы, общей идеологии ее построения функции УСО различны. В наиболее общем случае понятие УСО можно трактовать как узел, стоящий на «границе» интеллектуальной среды системы и отвечающий за организацию взаимосвязи объекта управления с управляющими узлами. На рис. 2.1 представлена централизованная одноуровневая структура системы управления, включающая перечисленные компоненты – контроллер и УСО.



Р и с. 2.1. Централизованная одноуровневая система автоматизации с применением локальных УСО

Функции ввода/вывода и обработки сигналов выполняет единственный "интеллект" в этой структуре – узел управления, который может быть представлен одной рабочей станцией или ПЛК. В данной структуре каждый сигнал с любого датчика на узел управления и с узла управления на исполнительный механизм поступает по отдельному каналу. Количество таких проводных линий связи может быть очень большим. Отдельные каналы через многочисленные клеммные колодки конструктивно собираются в кросс-секции и кабели. На управляющий узел помимо функций сбора данных, обработки и выдачи управляющих воздействий также должны возлагаться функции визуализации (отображения) параметров хода технологического процесса, архивации, документирования и т.п. Формирование управляющих сигналов и считывание сигналов с датчиков осуществляется локальными УСО, установленными на шине узла управления.

Развитие сетевых технологий позволило создавать централизованные системы автоматизации с применением цифровых промышленных сетей и распределенных УСО (рис. 2.2).



Р и с. 2.2. Централизованная система автоматизации с применением промышленной сети и распределенных УСО

В данной структуре построения систем автоматизации все сигналы с датчиков и на исполнительные механизмы поступают через распределенные УСО, которые устанавливаются в непосредственной близости от объекта управления и выполняют функции ввода/вывода. УСО в свою очередь общаются по сети с узлом управления. Функции обработки этих сигналов и управления несет на себе узел управления, который представлен одной рабочей станцией или ПЛК. Помимо вышеупомянутых функций на управляющий узел также должны возлагаться функции визуализации (отображения) параметров хода технологического процесса, архивации, документирования и др.

Такая конфигурация управляющей системы является, как и предыдущая, централизованной – все задачи решаются одним управляющим узлом. Однако внедрение цифровых сетей и распределенных УСО определяют совершенно новые ее качественные характеристики.

Для АСУ ТП, создаваемых на базе цифровых промышленных сетей, следует, прежде всего, отметить информационные возможности цифрового канала передачи данных. Если ранее по одной паре проводов можно было получить только одно-единственное текущее значение измеряемой величины или, напротив, передать исполнительному механизму одну команду, то теперь количество передаваемых данных зависит только от «интеллектуальных» возможностей конечных устройств. Что особенно важно, информационный канал становится двунаправленным. Наиболее важным практическим следствием этого обстоятельства является возможность осуществления удаленной параметризации и калибровки конечных устройств. Быстрая установка предельных уровней и режимов работы даёт возможность гибко управлять производственным процессом, перенастраивать его согласно меняющимся условиям и задачам. Только применение цифровых методов передачи данных позволяет ис-

пользовать на полную мощность возможности современных датчиков и исполнительных механизмов.

Такие системы легко расширяемы. Стандартные протоколы верхнего и нижнего уровней позволяют строить системы с автоконфигурацией, а также обеспечивают совместимость с оборудованием, производимым многими фирмами.

Одним из основных критериев оценки систем АСУ ТП является надежность. По надежности цифровой метод передачи данных намного превосходит аналоговый. Передача в цифровом виде малочувствительна к помехам и гарантирует доставку информации благодаря встроенным в протоколы цифровых сетей механизмам контрольных сумм, квитирования и повтора искаженных пакетов данных.

Особенно очевидными эти факторы становятся при необходимости передачи аналоговых сигналов. Современным направлением при построении систем управления является идея вынесения преобразователей формы представления информации (АЦП и ЦАП) к объекту сканирования. С применением УСО, вынесенных к объекту управления, длина аналоговых каналов сводится к минимуму.

Для построения промышленных сетей используются последовательные методы передачи данных. При этом высокая надежность системы обеспечивается и тем, что для подключения любого устройства к сетевому промышленному интерфейсу требуется небольшое количество проводов и используются разъемы с небольшим количеством контактов. Например, для подключения к сети CAN или Profibus необходимо три провода - два сигнальных и один общий. При таком количестве сигналов легко обеспечивается гальваническая развязка элементов системы. Ряд сетевых интерфейсов осуществляет коррекцию ошибок на аппаратном уровне, для передачи и приема используются дифференциальные приемопередатчики, которые подавляют синфазные помехи.

Важной проблемой надежности является защита от повреждения кабельной сети, особенно в том случае, если его топология имеет вид шины. Однако, для критически важных технологических участков эта задача может легко решаться дублированием линий связи или наличием нескольких альтернативных путей передачи информации.

Применение систем на базе цифровых сетей определяет значительное сокращение общих затрат на кабельную сеть, включающих как стоимость самих подключающих кабелей, так и стоимость монтажных работ. При использовании цифровых сетей фактически исключаются ошибки монтажа. Максимально просто происходит включение в систему дополнительных УСО.

Развитие техники построения систем автоматизации позволило постепенно отказаться от централизации и управляющих функций. В первую очередь это выразилось в выделении в отдельные узлы управляющего контроллера и диспетчерского пульта (рис. 2.3).



Р и с. 2.3. Распределенная система АСУ на базе промышленной сети с выделенным управляющим контроллером и распределенными УСО

По сравнению с централизованной системой на базе распределенных УСО, в системе теперь присутствуют три типа устройств: один единственный ведущий контроллер, одна или несколько рабочих станций верхнего уровня, выполняющих роль пультов операторов, серверов архивации, документирования или шлюзов для связи с локальной сетью предприятия, и необходимое количество распределенных по территории цеха или предприятия устройств ввода/вывода.

Управляющий контроллер работает в режиме реального времени и осуществляет основной цикл управления. В качестве аргументов при расчете управляющего вектора берутся значения с входных каналов УСО и дополнительные переменные, передаваемые с пульта оператора. В качестве результата расчетов в цикле управления получается управляющий вектор, направляемый на каналы ввода/вывода УСО, и дополнительный кадр выходных данных, посылаемый контроллером "наверх". Этими данными может быть полный набор участвующих в процессе переменных, включая входные, выходные и расчетные. Передавать в систему отображения желательно только то, что непосредственно должно быть видно оператору и сохраняться в архивах.

Следующий этап развития систем промышленной автоматизации начинается с момента массированного внедрения микропроцессорной техники. Главной отличительной особенностью этого этапа (он продолжается и в настоящее время) является более гибкое распределение задач между иерархическими уровнями управления – передача большей части функций системы управления локальным средствам более низкого уровня иерархии, в том числе и функций предварительной обработки массивов данных, функций по принятию логиче-

ских решений. На этом этапе локальные устройства реализуются как специализированные микропроцессорные контроллеры.

В многоуровневой структуре локальные управляющие устройства (контроллеры) решают, как правило, следующие основные задачи:

- :регистрацию данных, при которой осуществляются опрос медленно и быстро меняющихся аналоговых сигналов с различной частотой, периодическая калибровка сигналов и исключение заведомо ложных показаний; при этом контроллер управляет частотой опроса и числом входных переменных;

- :обработку данных, связанную с преобразованием данных в форму, удобную для представления оператору или для регистрации. Сигналы могут усредняться, коррелироваться, масштабироваться, подвергаться цифровой фильтрации или другой предварительной обработке;

- :индикацию данных, при которой данные или логические условия могут выдаваться на индикаторе устройства в удобной для оператора форме. Можно наблюдать течение процесса по данным, зафиксированным в памяти контроллера;

- :управление контактными или бесконтактными переключателями по выходным сигналам контроллера, вырабатываемым заданной программой работы.

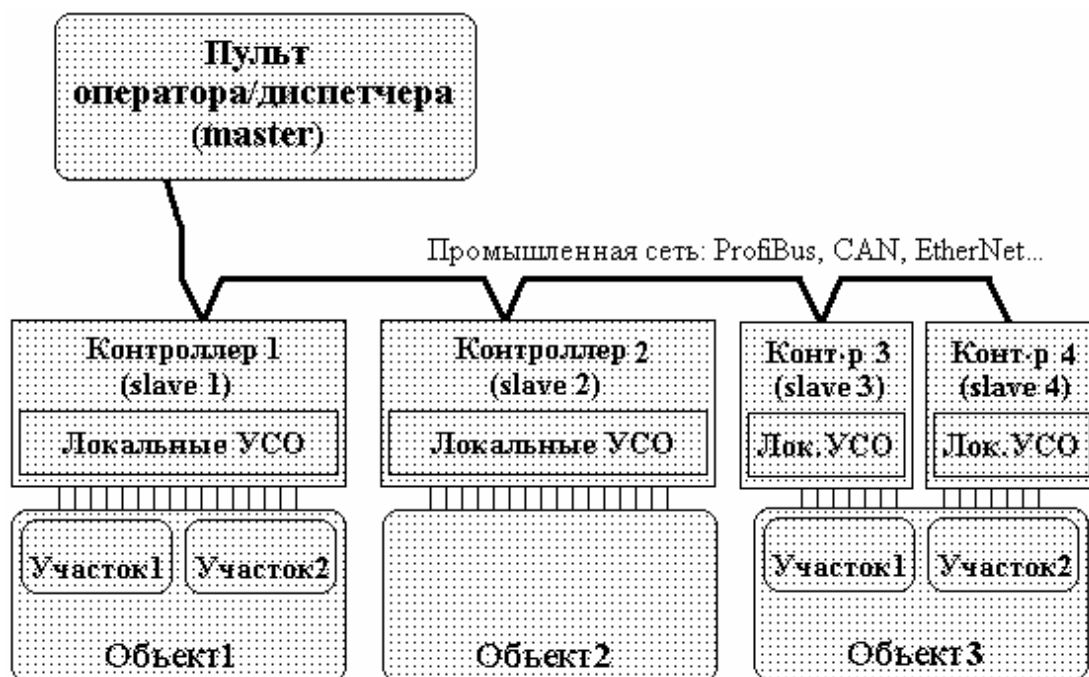
Центральная управляющая ЭВМ или контроллер в многоуровневой структуре верхнего уровня, как правило, решает три основные задачи:

- :опрос, при котором периферийные контроллеры опрашиваются с некоторой скоростью, чтобы получить подлежащие дальнейшей обработке или регистрации данные. Оператор с пульта может изменить последовательность и частоту опроса. От центральной ЭВМ могут передаваться команды об изменении установок, аварийных ограничений, дистанционного включения и выключения исполнительных устройств;

- :обработку данных, полученных от периферийных контроллеров.

- :взаимодействие с оператором, при котором оператор может выбрать для идентификации любой периферийный пункт, любую переменную, дистанционно менять параметры управляемых процессоров, выдавать на печать интересные его данные и т. д.

Структура распределенной системы АСУ ТП на базе промышленных сетей, удаленных контроллеров и локальных УСО представлена на рис. 2.4.



Р и с. 2.4. Распределенная система АСУ на базе промышленных сетей, удаленных контроллеров и локальных УСО

Данная структура наиболее популярна на данный момент. Все функциональные возможности системы четко разделены на два уровня. Первый уровень представлен контроллерами и локальными УСО, работающими на шине контроллера. Второй уровень – пульт оператора – может быть представлен рабочей станцией или промышленным компьютером.

С точки зрения сетевой топологии пульт оператора (рабочая станция) является ведущей в сети, а контроллеры – ведомыми. Все устройства ввода/вывода в данном случае являются локальными. Контроллеры, с одной стороны, выполняют ввод/вывод из локальных устройств, производят необходимые расчеты, осуществляют управление исполнительными устройствами, а с другой – публикуют все необходимые данные в сети. Ведущему (пульту оператора) остается собрать данные с контроллеров, передать им необходимые управляющие воздействия и организовать взаимодействие с оператором и архивом.

Контур управления, таким образом, замыкается на нижнем уровне. Сеть же позволяет контроллерам в качестве аргументов для вычисления управляющего вектора использовать переменные других контроллеров, обеспечивая связанность системы управления в целом.

Данная структура сохраняет все положительные качества рассмотренных ранее сетевых систем. «Распределенный интеллект» добавляет к ним новые положительные свойства.

Надежность функционирования систем АСУ ТП на базе цифровых сетей с интеллектуальными узлами значительно выше, чем в других структурах, так как выход из строя одного узла не влияет либо влияет незначительно на обработку технологических алгоритмов в остальных узлах. В системе с распреде-

ленным интеллектом при выходе из строя какого-либо узла может быть предусмотрена возможность перераспределения его функций между другими интеллектуальными узлами.

Такие системы легки в тестировании и отладки. Поскольку все элементы системы активны, легко обеспечить самодиагностику и поиск неисправности. Стоимость работ по установке, тестированию, вводу в эксплуатацию и сопровождению такой системы, следовательно, гораздо ниже, чем у других.

Задача управления распределяется по активным элементам системы и программное обеспечение каждого из них будет относительно простым – метод декомпозиции всегда активно использовался программистами для разработки эффективных программ. Поскольку при решении задачи используется несколько контроллеров, каждый из них может иметь небольшую производительность, т.е. обеспечение работы в реальном масштабе времени будет обеспечиваться с помощью более простых средств. Экономия ресурсов по производительности может использоваться для расширения функциональных возможностей системы.

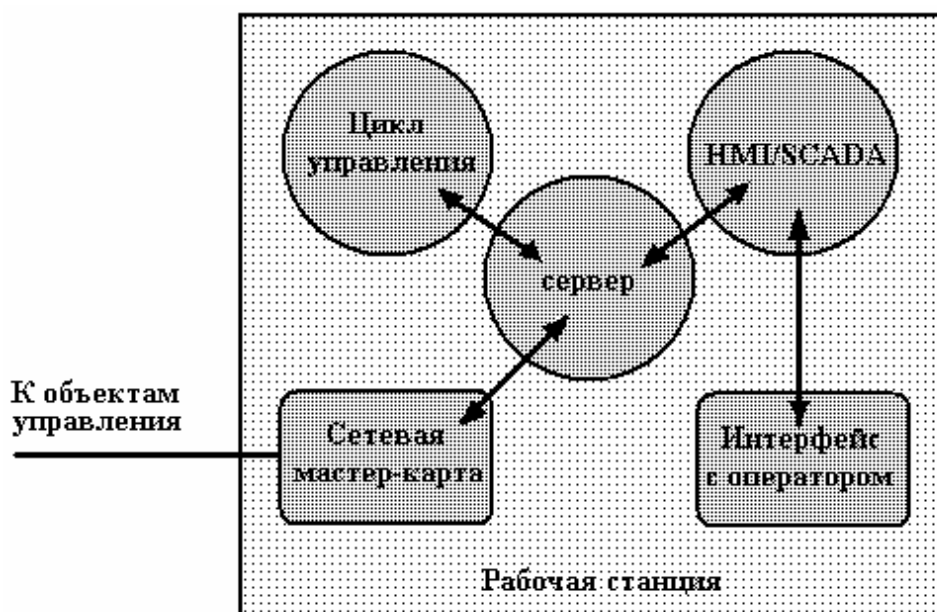
Внедрение рассматриваемых систем характеризуется малыми сроками. Наибольший выигрыш достигается при разработке крупных систем, поскольку большая часть аппаратных средств и программного обеспечения унифицирована.

Логические потоки данных в сети такой системы делятся на три основных цикла (рис. 2.5):

1. Цикл ввода/вывода выполняется под управлением контроллера ведомого узла. В этом цикле происходит автоматический опрос модулей ввода, установленных в УСО, и строится таблица последних значений, готовых к передаче в сеть. Одновременно с этим происходит передача выходным модулям УСО новых значений, полученных из сети.

2. Цикл сетевого обмена реализуется по инициативе ведущего узла, в данном случае по маркеру мастер-карты рабочей станции. В этом цикле ведущий формирует пакеты. Содержащие данные для модулей вывода каждого из абонентов, и принимает от них пакеты, в которых передается информация от входных модулей.

3. Цикл управления внутри рабочей станции. Эта работа возлагается на специальный процессор. Он работает с так называемым образом процесса. Процессору требуется считать из памяти информацию о входных каналах, осуществить над ней необходимые преобразования и выдать управляющие воздействия, занеся в определенные ячейки памяти новые данные.



Р и с. 2.5. Логические потоки данных в сети

Необходимо упомянуть, что контроллеры и компьютеры, объединенные промышленной сетью, могут одновременно выполнять роль шлюзов в сети других уровней. Например, один из slave-контроллеров может одновременно быть мастером для сети более низкого уровня, связывающей элементарные датчики, распределенные УСО или исполнительные механизмы. В то же время информация с уровня АСУ ТП должна поступать на уровень управления предприятием в целом (АСУП), где в подавляющем большинстве применяется Ethernet.

Рассматривая современный подход к созданию управляющих систем мы приходим к выводу, что сегодня речь идет не просто о распределении отдельных узлов системы в пространстве (что в известном смысле существовало всегда), а о рациональном распределении задач. О распределении задач между периферийными узлами и цифровым управляющим контроллером, между контроллером конкретного рабочего места и узлами более высокого уровня иерархической управляющей системы, о разделении комплекса задач по обработке и управлению между несколькими контроллерами и центральной микро-ЭВМ.

Определение состава узлов, образующих систему, перечня функций (задач), решаемых каждым из них, состава информационных потоков между узлами – все это составляет главный этап системного проектирования распределенной системы управления. Основным узлом современной распределенной системы управления является микропроцессорный контроллер. Таким образом, в целом последовательно речь идет о распределении задач между контроллерами, выборе контроллеров, которые будут способны решать с нужным быстродействием весь перечень (поток) возлагаемых на них задач, и одновременно об организации сети обмена данными между этими контроллерами.

Проведение децентрализации систем управления основывается на функциональных и топологических принципах.

Целью функциональной децентрализации системы контроля и управления является снижение сложности системы путем расчленения функций системы на более мелкие, т.е. разделение сложного и большого процесса на меньшие части – подпроцессы. При этом расчленение функций осуществляется так, чтобы обеспечить необходимую надежность и экономичность системы.

В ряде случаев технический процесс легко разбивается на несколько слабо взаимосвязанных подпроцессов, каждый из которых может быть реализован на отдельном контроллере или микро-ЭВМ, благодаря чему значительно снижается сложность вычислительной системы. Однако, другие технические процессы более сложны, и их разбиение порождает сильно взаимосвязанные подпроцессы. При этом для упрощения решения задач в целом следует искать способы разбиения на подпроцессы, при которых будут обеспечены четко определенные и минимальных интерфейсы.

Расчленение функций должно осуществляться:

- по технологическому тракту, когда расчлененные конкретные функции относятся к конкретному мелкому агрегату или технологическому участку (например, станку или транспортному конвейеру);
- по режимам работы оборудования или фазам технологического процесса, когда расчлененные конкретные функции относятся к более или менее самостоятельному режиму, являющемуся частью общего режима (например, аварийный режим или режим пуска и останова);
- по продолжительности интервала времени, необходимого для выполнения конкретной функции.

Топологическая децентрализация предполагает пространственное распределение датчиков, регуляторов и других исполнительных устройств, а также контроллеров (микро-ЭВМ) или другой аппаратуры обработки данных. Для обеспечения оптимальной топологической децентрализации число и места установки узлов системы выбираются так, чтобы минимизировать суммарную длину линий связи, достичь заданных показателей по надежности, скорости обмена и т. д.

Наиболее распространенный тип пространственной топологии – это общая шина. Основное преимущество – простота и дешевизна, легкость переконфигурирования. Не боится отключения или подключения устройств во время работы. Хорошо подходит для сильно распределенных объектов. Имеет ряд «генетических» недостатков, а именно: присутствие в каждой точке сети общего трафика, опасность потери связи при одиночном обрыве канала связи или фатальном выходе из строя одного узла.

Очень популярна топология типа «кольцо». Использование протокола с циклической передачей маркера позволяет сетям с такой топологией обеспечить абсолютную предсказуемость и хорошую пропускную способность. Основными недостатками топологии являются высокая стоимость организации канала связи, нерациональное (в большинстве случаев) использование сетевого трафика и потеря всей синхронизации сети в случае сбоя и отключения хотя бы одного из узлов.

Топология «звезда», являясь логическим продолжением моноканала, обеспечивает дополнительную защиту всей сети от выхода из строя или отключения узлов, позволяет существенно оптимизировать трафик, передавая пакеты только в те «лучи», где находятся их получатели. Это особенно существенно для сетей, где допускаются коллизии.

2. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРОВ

На рубеже 80-х и 90-х годов XX века ведущие мировые производители средств автоматизации подошли к этапу их выпуска в виде наборов программно-технических комплексов (ПТК). Основными признаками таких комплексов для построения АСУ ТП являются совместимость их отдельных компонентов, способность функционировать в единой системе, а также стандартизация интерфейсов, функциональная полнота, позволяющая строить целиком АСУ ТП из средств только данного комплекса.

За рубежом вместо понятия программно-технические комплексы прижилось другое определение – интегрированная среда проектирования.

В настоящее время на рынке промышленной автоматизации присутствует несколько десятков самых разнообразных ПТК как отечественных, так и зарубежных производителей. Все они отличаются своей структурой, информационной мощностью, эксплуатационными характеристиками (диапазон температур, влажности, возможность использования во взрыво- и пожароопасных производствах), стоимостью и др.

Несмотря на многообразие существующих ПТК, можно выделить несколько функциональных элементов, присущих большинству из них:

- : программируемые логические контроллеры или промышленные компьютеры;
- : интеллектуальные устройства связи с объектом;
- : устройства связи с оператором (дисплеи, панели операторов и т.д.);
- : промышленные сети;
- : рабочие станции и серверы различного назначения;
- : прикладное программное обеспечение.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПТК

В последние годы рынок средств автоматизации в России изменился коренным образом – потребителям стала доступна практически вся гамма продукции данного сектора рынка, выпускаемая как отечественными, так и зарубежными производителями. Это привело с одной стороны к достаточно жесткой конкуренции производителей, а с другой стороны к некоторой растерянности потенциальных заказчиков, оказавшихся перед огромным числом различных предложений.

Ввиду этого представляется важным рассмотреть те свойства ПТК, которые отличают их с точки зрения использования, позволяют потенциальным пользователям лучше понять разницу между отдельными комплексами, связать определенные свойства объекта и требования к системе его автоматизации с характеристиками и параметрами конкретных ПТК.

1. Структура ПТК. Она определяется средствами и характеристиками взаимосвязи отдельных компонентов комплекса (контроллеров, пультов оператора, удаленных блоков ввода/вывода), т.е. его сетевыми возможностями. Гибкость и разнообразие возможных структур ПТК зависит от числа имеющихся сетевых уровней, возможных типов связи на каждом уровне сети (шина, звезда, кольцо), параметров сети каждого уровня: возможных типов кабеля, максимально возможных расстояний, максимального числа узлов (компонентов комплекса), подключаемых к каждой сети, скорости передачи информации при разных типах кабеля, методе доступа компонентов к сети (случайный по времени доставки сообщений или гарантирующий время их доставки).

Указанные свойства ПТК характеризуют: возможность распределения аппаратуры в производственных цехах; объем производства, который может быть охвачен системой автоматизации, реализованной на данном ПТК; предельную динамику передачи оперативной информации через любую из имеющихся сетей, возможность переноса блоков ввода/вывода непосредственно к датчикам и исполнительным механизмам, что позволяет существенно сэкономить затраты на кабель и уменьшить помехи из-за передачи низковольтных аналоговых сигналов на большие расстояния. Для компенсации аварийных ситуаций, требующих согласованной во времени работы ряда контроллеров, важно обеспечение требуемого времени передачи приоритетных сигналов по сети. Наличие информационной сети для передачи больших массивов информации между пультами операторов и между ними и сервером корпоративной сети предприятия, а также характеристики этой сети (включая ее протоколы) позволяют судить о возможностях связей рассматриваемой системы автоматизации с другими более высокими уровнями управления производства.

2. Стандартизация, типизация и открытость ПТК. Современной тенденцией развития микропроцессорных комплексов контроля и управления является стандартизация и типизация их отдельных блоков и компонентов и, частично как следствие этого, все более расширяющаяся открытость систем, т.е. возможность их прямой работы с аппаратурой и программами многих фирм.

Если понимать под типизацией имеющиеся стандарты и принятые среди ведущих производителей ПТК соглашения, то следует отметить распространение среди многих фирм следующих достаточно общих типовых решений:

- *магистрально-модульная архитектура связей плат контроллеров*, которая позволяет использовать в одном приборе платы разных фирм, собранные по одному стандарту;

- *конструктивное оформление контроллеров и выносных блоков ввода/вывода, корпусов, стоек и шкафов*;

- *операционные системы реального времени для контроллеров*, имеющие малое время реакции на внешние сигналы, создающие открытую среду для раз-

работчиков прикладных программ и облегчающие типизацию и перенос прикладных программ на контроллеры разных фирм;

- : *промышленные сети*, используемые в качестве полевых и системных сетей, имеющие гарантированное время передачи сигналов по сети и позволяющие связывать контроллеры и приборы разных фирм, имеющие интерфейс к этим сетям;

- : *операционные системы для пультов оператора типа Windows*, дающие возможности использовать обширное поле прикладных программ, работающих под данными операционными системами;

- : *информационная сеть Ethernet*, имеющая наибольшее распространение в корпоративных сетях предприятий и позволяющая непосредственно обмениваться данными с производственными отделами предприятия;

- : *пакеты визуализации технологической информации на дисплейных пультах операторов*, имеющие драйверы к контроллерам разных производителей и стандартные межпрограммные интерфейсы для использования приложений создаваемых различным программным обеспечением.

При создании систем автоматизации достаточно замкнутых, почти не взаимодействующих с внешним миром объектов, вопросы типизации и открытостикупаемых ПТК имеют малое значение; но при автоматизации участков производства, имеющих взаимосвязи с другими агрегатами и цехами, с другими сетями на разных уровнях управления, при учете будущих модернизаций и расширений системы автоматизации, при необходимости ввода нового ПТК в уже существующую систему автоматизации вопросы типизации и открытости во всех или в отдельных вышеперечисленных аспектах могут играть существенную роль и даже быть одним из важнейших критериев при выборе наилучшего варианта ПТК.

3. Характеристики контроллеров. Свойства и параметры основного компонента ПТК – контроллера – уже рассматривались в данной книге. Если еще раз кратко выделить важнейшие для пользователей показатели, то к ним можно отнести: тип основной вычислительной платы, разрядность, рабочая частота, наличие и объем различных видов памяти: ОЗУ, энергонезависимой, ПЗУ (небезынтересно также знать каков объем памяти, предназначенный для программ пользователя), операционная система контроллера, максимальное число различных входов и выходов (аналоговых, дискретных, импульсных), которые можно подключить к контроллеру. Важным обстоятельством является наличие в конкретном ПТК ряда модификаций контроллеров, отличающихся друг от друга мощностью, памятью, условиями работы, резервируемостью и различными другими параметрами.

Знание вышеуказанных характеристик позволит создать систему управления оптимально соответствующую требованиям процесса, не допуская применения излишне мощной и дорогой аппаратуры. Наличие ряда модификаций контроллеров позволит к решению этой задачи подойти максимально гибко для различных участков автоматизируемого объекта.

4. Характеристики блоков ввода/вывода. Блоки ввода/вывода могут быть встроены в конструктив контроллера, либо располагаться в отдельных

выносных конструктивах. В первую очередь, важно их имеющееся разнообразие в части числа сигналов, с которым работает тот или иной блок, и параметров этих сигналов. Существенные свойства блоков: разрядность и точность преобразователей блоков; наличие, варианты и параметры гальванической развязки; наличие искробезопасных блоков; наличие блоков с предварительной вычислительной обработкой поступающих сигналов.

При анализе этих компонентов ПТК следует точно согласовывать их с имеющимся и проектируемым набором датчиков и исполнительных механизмов автоматизируемого объекта. Для объектов пожаро- и взрывоопасных необходимо наличие искробезопасных блоков. Важно знать метрологическую точность преобразования измеряемых сигналов.

5. Характеристики пультов оператора. Поскольку для разных объектов и разных классов задач могут потребоваться кнопочные пульты управления и элементы визуализации предпочтительно выбирать ПТК, у которого существует ряд модификаций пультов оператора или в их качестве могут использоваться различные модификации персональных ЭВМ. Возможность выбора варианта пульта оператора по размеру их экранов, типу клавиатур обеспечивает его экономичное согласование с требуемыми параметрами, влияет на удобство и комфортность работы операторов.

6. Динамика работы ПТК. Важными для многих применений являются динамические параметры ПТК, определяющие возможное быстроедействие разрабатываемых цепей контроля и управления. Отдельными показателями динамики являются:

- минимальный цикл опроса датчиков и минимальное время реакции на аварийные сигналы при их обработке в цепях аварийной защиты: внутри одного контроллера, при передаче управляющих сигналов через системную сеть, при прохождении сигнала через пульт оператора;

- минимальный цикл смены динамических данных в кадре на пульте оператора и смены самих кадров, а также минимальное время реакции на команду оператора с пульта;

- минимальное время перезапуска как всей системы, так и только отдельных контроллеров после перерывов питания.

Указанные показатели имеют тем более важное значение, чем более быстро протекают технологические процессы в автоматизируемом объекте.

7. Надежность работы ПТК. Основные характеристики надежности не могут достаточно точно определяться для ПТК такой удобной и привычной характеристикой, как "число часов наработки на отказ". Это обусловлено тем, что ввиду высокой надежности современных вычислительных элементов и плат, да еще и сквозного контроля блоков и конструктивов в процессе их изготовления, отказы в работе компонентов ПТК весьма редки и провести достаточно чистый эксперимент, чтобы набрать необходимую статистику для расчета числа часов наработки на отказ, хотя бы по средней по объему выборке, производители обычно не могут; тем более, что сами вычислительные элементы модифицируется быстрее, чем мог бы закончиться сам указанный эксперимент. По этой

причине характеристики надежности правильнее оценивать косвенными показателями и возможностями ПТК, которые перечислены ниже:

- : глубина и полнота имеющихся диагностических тестов определения неисправностей в отдельных компонентах ПТК;
- : возможности, варианты и полнота резервирования отдельных компонентов ПТК: сетей, контроллеров, блоков ввода/вывода, пультов оператора;
- : наличие встроенных в систему блоков бесперебойного питания (аккумуляторов) и время их работы при прекращении питания системы от сети, а также возможность и длительность перерыва питания без нарушения функций управления.

Поскольку использование резервирования и его полнота напрямую связаны со стоимостью системы, важно правильно оценить необходимость и желательный вид резервирования разных частей ПТК в разрабатываемой системе автоматизации: частей для аварийных контуров, для блокировочных зависимостей, для контуров регулирования, для цепей контроля; а уже после этого оценивать подходящие для данного объекта возможности резервирования различных ПТК.

Надежности той или иной ПТК косвенно определяется престижем данной ПТК на рынке; наконец, поведением ПТК в работающих системах автоматизации по отзывам персонала, эксплуатирующего эти системы.

8. Условия окружающей среды. Эти свойства, в основном, характеризуют варианты конструктивного исполнения отдельных компонентов ПТК. Они определяют особенности наружной среды, в которой может устанавливаться система и/или ее отдельные части:

- : диапазон температур и влажности окружающей среды;
- : имеющаяся защита от влажности и пыли (этот показатель, большей частью, указывается по значению европейского стандарта IP);
- : максимальное содержание в среде различных агрессивных газов;
- : максимальные вибрация и ударные нагрузки, которым может подвергаться система;
- : максимальные электрические и магнитные помехи, допускаемые при работе системы;
- : возможность работы системы при отсутствии качественного заземления ее компонентов.

В зависимости от отрасли промышленности, особенностей производства, окружающего климата – в каждом конкретном случае выдвигаются на первый план те или иные свойства окружающей среды, являющиеся важнейшими ограничениями при выборе ПТК. Следует отметить, что почти всегда существует вариант обойти неблагоприятные свойства окружающей среды путем помещения аппаратуры в специальные помещения, достаточно изолированные от неблагоприятных внешних воздействий; но обычно этот вариант оказывается достаточно дорогим, т.к. требует создания и эксплуатации помещений с кондиционированием, очисткой воздуха, созданием в помещении избыточного давления, экранированием помещения и т.п.; кроме того, отказ от распределения по про-

изводству компонентов ПТК приводит к значительному увеличению кабельных линий системы, что также сказывается на стоимости ПТК.

9. Программное обеспечение ПТК. Неотъемлемой частью ПТК является программное обеспечение, которое подразделяется на следующие части:

- : *системное программное обеспечение контроллеров;*
- : *системы подготовки программ для контроллеров;*
- : *программное обеспечение для визуализации информации на пультах операторов;*
- : *сервисные программы параметризации отдельных модулей;*
- : *прилагаемые к ПТК программы САПР и прикладные пакеты.*

Полнота, простота, удобство программного обеспечения определяют важнейшие показатели проектирования и эксплуатации системы автоматизации: время разработки системы и необходимую квалификацию разработчиков, эффективность эксплуатации системы и комфортность работы с ней операторов и обслуживающего персонала, возможности и легкость расширения и модернизации системы.

В связи с многогранностью этого вопроса и его важности рассмотрение составных частей программного обеспечения ПТК вынесено в отдельный раздел этой книги.

10. Организационно-экономические факторы внедрения ПТК. Экономические и организационные показатели заказа, внедрения, сопровождения ПТК можно подразделить на следующие группы:

- : сопоставительная стоимость ПТК, хотя ее анализ является довольно неопределенным – продавцы меняют стоимость в зависимости от конкурентных условий, объема заказа, своей политики на данном секторе рынка. Ввиду этого, целесообразно знать хотя бы одну ориентировочную косвенную характеристику стоимости ПТК – стоимость базовых контроллеров и основных пакетов программного обеспечения;
- : имеющийся опыт реализации данного ПТК в промышленности, который определяется общим числом предприятий работающих с этим ПТК, числом внедрений на агрегатах, аналогичных автоматизируемому объекту;
- : особенности работы реализатора ПТК по его внедрению и сопровождению на предприятии заказчика: сроки поставки и внедрения; формы оплаты; наличие технических и ремонтных центров по сопровождению системы; гарантийные обязательства; варианты обучения персонала заказчика; наличие и полнота документации на русском.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПТК

Все выпускаемые микропроцессорные ПТК подразделяются на классы, каждый из которых выполняет определенный набор функций. Рассмотрим уже устоявшуюся классификацию ПТК, начиная с простейшего класса, минимального по функциям и объему автоматизируемого объекта, и, кончая классом, ко-

торый может охватывать задачи планирования и технического управления на всем предприятии:

- 1.: ПТК на базе ПК или РС-совместимого контроллера;
- 2.: ПТК на базе локальных ПЛК;
- 3.: ПТК для создания сетевого комплекса контроллеров;
- 4.: ПТК для создания распределенных систем.

Приведенная классификация помогает охватить всю гамму современных ПТК и выделить основные черты и отличия отдельных классов этих средств. Однако эта классификация носит приближенный характер. Четких границ между классами ПТК не существует, а в последние годы они тем более размываются, так как открытость и стандартность отдельных компонентов таких комплексов позволяет компоновать их из разных средств, соединять различными типовыми сетями и создавать систему управления из отдельных компонентов, выпускаемых разными фирмами и относящихся к разным классам.

ПТК на базе ПК или РС-совместимого контроллера (PC based Control). Это направление существенно развилось в последнее время с повышением надежности работы ПК, наличия их модификаций в обычном и промышленном исполнении; открытой архитектуры, легкости включения в них любых блоков ввода/вывода; возможности использования уже наработанной широкой номенклатуры программного обеспечения. Основные сферы использования контроллеров на базе ПК – специализированные системы автоматизации в медицине, научных лабораториях, средствах коммуникации, для небольших замкнутых объектов в промышленности. Общее число входов/выходов такого контроллера обычно не превосходит нескольких десятков, а функции выполняют достаточно сложную обработку измерительной информации с расчетом управляющих воздействий. Рациональную область применения контроллеров на базе ПК можно очертить следующими условиями:

- :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 ПК;
- :реализуемые контроллером функции целесообразно (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.

ПТК на базе локальных ПЛК (Local PLC). Единичный локальный контроллер выполняет все необходимые функции системы автоматизации на достаточно изолированном небольшом производственном узле, при этом не требуется его связь с другими средствами автоматизации. Он либо является автономным конструктивом, подсоединяемым к автоматизируемому объекту, либо встраивается в оборудование и является его неотъемлемой частью.

Контроллеры обычно рассчитаны на десятки входов/выходов от датчиков и исполнительных механизмов; их вычислительная мощность невелика; они

реализуют простейшие типовые функции обработки измерительной информации, логического управления, регулирования.

ПТК для создания сетевого комплекса контроллеров (PLC NetWork).

Этот класс микропроцессорных средств наиболее широко используется во всех отраслях промышленности. Обычный состав сетевого комплекса контроллеров:

- несколько одно- или разнотипных контроллеров, обычно, одной серии;
- одна или несколько дисплейных рабочих станций операторов;
- промышленная сеть, соединяющая контроллеры и рабочие станции между собой;
- полевая сеть, позволяющая выносить блоки ввода/вывода контроллера к отдельным датчикам и исполнительным механизмам.

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

В качестве дисплейных пультов почти всегда используются те или иные ПК в обычном или промышленном исполнении с клавиатурами – обычной алфавитно-цифровой и специальной функциональной, с одним или несколькими мониторами, имеющими большой экран.

Промышленная сеть может иметь различную структуру: шину, кольцо, звезду; она часто подразделяется на сегменты, связанные между собой маршрутизаторами. Информация, передаваемая по сети, достаточно специфична – это ряд как периодических, так и случайных во времени коротких сообщений. К их передаче предъявляются требования: сообщения ни в коем случае не могут быть утеряны (должна быть гарантия их доставки адресату); для сообщений высшего приоритета (например, об авариях) должен быть гарантирован интервал времени их передачи.

Наличие в ряде контроллеров выносных блоков ввода/вывода, связанных с самим контроллером полевой сетью, позволяет расширить число обрабатываемых каждым контроллером датчиков, снизить помехи в цепях измерения, уменьшить кабельную сеть на производстве.

Прикладное программное обеспечение сетевых комплексов контроллеров состоит из двух взаимосвязанных частей, ориентированных на специалистов по автоматике, а не на квалифицированных программистов, что существенно упрощает внедрение комплексов. Одна часть программного обеспечения - это SCADA-программа, реализующая построение и функционирование рабочих станций операторов. Другая часть – специализированные технологические языки контроля и управления и наборы типовых программных модулей, с помощью которых реализуются почти все конкретные функции контроллеров.

Большинство сетевых комплексов контроллеров имеет ограничения как по сложности выполняемых функций (обычно, они реализуют типовые функ-

ции измерения, контроля, учета, регулирования, блокировки), так и по объему самого автоматизируемого объекта, в пределах десятков тысяч измеряемых и контролируемых величин (обычно, они реализуют управление отдельным технологическим агрегатом).

Большинство зарубежных фирм поставляет сетевые комплексы контроллеров (порядка сотен входов/выходов на контроллер): DL 205, DL 305 фирмы Koyo Electronics; TSX Micro фирмы Schneider Automation; SLC-500 фирмы Rockwell Automation; CQM1 фирмы Omron, S-300 фирмы Siemens.

ПТК для создания распределенных систем управления (distributed control systems – DCS). Это наиболее мощный по возможностям и по охвату производства класс взаимосвязанных контроллеров, практически не имеющий границ ни по выполняемым производственным функциям, ни по объему автоматизируемого производственного объекта. Не редки примеры использования одной такой системы для автоматизации производственной деятельности целого крупномасштабного предприятия или холдинга.

Такие ПТК имеют несколько уровней промышленных сетей, соединяющих контроллеры между собой и с рабочими станциями операторов (например, нижний уровень, используемый для связи контроллеров и рабочей станции отдельного компактно расположенного технологического узла, и высший уровень, реализующий связи средств управления отдельных узлов друг с другом и с рабочими станциями операторов всего автоматизируемого участка производства). В ряде случаев развитие сетевой структуры идет в направлении создания ряда быстродействующих полевых сетей, соединяющих отдельные контроллеры как с удаленными от них блоками ввода/вывода, так и с интеллектуальными приборами (датчиками и исполнительными устройствами).

Отметим ряд свойств, присущих данному классу контроллерных средств:

- наличие мощных по вычислительным возможностям модификаций контроллеров, что позволяет реализовать в них многие современные высокоэффективные, но сложные и объемные алгоритмы контроля, диагностики, управления;
- использование контроллеров различных серий;
- использование протяженных промышленных сетей, позволяющих подсоединять к одной шине сотни узлов (контроллеров и рабочих станций) и распределять эти узлы на значительные расстояния (десятки километров);
- работа взаимодействующих рабочих станций в клиент/серверном режиме и в структуре Интранет;
- достаточно проработанное включение в систему информационных сетей для связи рабочих станций операторов друг с другом, для их связи с серверами баз данных, для взаимодействия данной системы с корпоративной сетью предприятия, для возможности построения необходимой иерархии управляющих центров планирования, диспетчеризации и оперативного управления, для вывода нужной информации за пределы данного предприятия с помощью глобальной сети Internet;

- наличие в составе системы ряда прикладных пакетов программ, реализующих функции эффективного управления отдельными агрегатами (много-связное регулирование, оптимизация и т. д.), функции диспетчерского управления участками производства (компьютерная поддержка принятия управленческих решений), функции технического и экономического учета и оперативного планирования производства в целом.

В некоторых источниках распределенные системы управления подразделяют на системы малого масштаба (DCS Smoller Scale) и полномасштабные системы (DCS Full Scale). С помощью такой классификации хотят показать степень проникновения элементов ПТК на различные уровни производства и отразить определенные количественные масштабы их применения (по удаленности элементов друг от друга, количеству этих элементов и т.д.) Однако, такое деление весьма условно – точных критериев и границ такого деления не существует. Условно оно уже и в силу того, что ПТК развиваются, сферы их применения расширяются. Элементы, даже развитых ПТК, могут применяться в конкретных случаях ограниченно, что также может создавать неправильное суждение о ПТК с рассматриваемой точки зрения.

Приведем следующие примеры маломасштабных ПТК: ControlLogix фирмы Rockwell Automation; Simatic S7-400 фирмы Siemens; TSX Quantum фирмы Schneider Automation и следующие примеры полномасштабных: АББ-Symphony; Honeywell - TPC и PlantScape; Valmet - Damatic XD; Yokogawa - Centum CS, Foxboro - I/A Series, Fisher-Rosemount - Delta-V.

Сегодня создание распределенных систем является ведущим направлением в области проектирования сложных систем автоматизации. Далее этому направлению, составным компонентам соответствующих ПТК в книге будет уделено отдельное внимание.

5. ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ПТК ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ОБЪЕКТА

Задача выбора рациональной системы является достаточно сложной, т.к., с одной стороны, заказчик хочет добиться наилучших показателей не по одному, а по ряду критериев: техническим параметрам, надежности, мощности программного обеспечения, удобству работы, стоимости, простоте внедрения, сопровождения и ремонтов и т.п.; с другой стороны, гибкая политика фирм-продавцов допускает значительные колебания цены на продукцию и услуги в зависимости от форм и условий закупки; с третьей стороны, важно при многочисленности предложений не пропустить при сопоставительном анализе те фирмы и ту их продукцию, которая может представить наибольший интерес с точки зрения данного конкретного проекта; наконец, надо еще учитывать и то, что рынок средств автоматизации является очень подвижным и динамичным: продукция быстро стареет, часто появляются новые фирмы и новые типы средств, знание рынка требует непрерывного обновления и уточнения информации. Все эти факторы обуславливают определенную целесообразную процедуру выбора рациональной ПТК.

Рассмотрим поэтапно содержание такой процедуры:

1.: На основе изучения автоматизируемого объекта, условий его работы и задач, поставленных перед системой автоматизации, составляются технические требования на ПТК.

2.: Проводится предварительное ознакомление с текущим состоянием имеющихся на рынке ПТК на базе изучения свойств, характеристик, параметров отдельных ПТК, с целью выделения нескольких фирм, продукция которых наилучшим образом могла бы подойти для решения поставленной задачи.

3.: Оформляются приглашения выделенным фирмам для участия в тендере (конкурсе) по заказу ПТК и производится рассылка им технических требований на ПТК.

4.: После получения от фирм технико-коммерческих предложений наступает наиболее ответственная и трудоемкая часть работы: анализ поступивших предложений, их сопоставление и необходимая корректировка, проводимая совместно с каждой отдельной фирмой, участвующей в тендере, с целью правильного и однотипного учета ими всех пунктов технических требований и получения полностью сравнимых по всем пунктам техникокоммерческих предложений.

5.: Определяется и обосновывается совокупность критериев, по которым должны сопоставляться полученные предложения фирм, и производится их ранжировка.

6.: В полученных технико-коммерческих предложениях выделяются характеристики, соответствующие выбранным на предыдущем этапе критериям, составляются сводные документы, позволяющие экспертам провести сопоставление представленных на тендер ПТК.

7.: Отбираются высококвалифицированные специалисты в области решаемой задачи и из них формируется группа экспертов, которая должна на базе рассмотрения сводных документов провести обоснованный сопоставительный анализ представленных предложений по каждому из заданных критериев.

8.: Проводится заседание группы экспертов: изучение ими сводных документов и оценка каждым экспертом группы каждого предложения по каждому заданному критерию.

9.: Полученная математически формализованная задача многокритериального выбора решается на ЭВМ; результат – обобщенная по всем критериям ранжировка всех представленных предложений.

10. Группа экспертов утверждает полученный результат и передает его на рассмотрение руководства предприятия для принятия решения о заказе ПТК у фирмы, предложившей наилучший вариант (победившей в тендере).

Рассмотренная процедура, конечно, является лишь промером того, что из себя может представлять такая последовательность действий. В каком-то конкретном случае рассматриваемая процедура может не содержать тех или иных действий или напротив дополняться теми, которые не нашли места в рассмотренном примере. При этом надо иметь в виду, что для российских предприятий выбор ПТК будет иметь свои особенности.

Выбор ПТК на отечественном рынке представляется достаточно сложной задачей. Сложность заключается не только в том, что требуется сопоставить по разным критериям большое число многообразных свойств, характеристик, параметров различных сравниваемых систем и затем найти некий разумный компромисс, обеспечивающий выбор рациональной системы для заданного конкретного объекта. Дело в том, что почти вся информация, имеющаяся у потенциальных заказчиков, носит рекламный характер. К сожалению, в стране практически отсутствует объективная и полная информация об имеющихся на рынке средствах автоматизации разных классов, их свойствах, характеристиках, отличиях друг от друга в виде каталогов, справочников, независимых обзоров, экспертных сопоставлений. В стране крайне мало настоящих консалтинговых организаций, состоящих из высококвалифицированных, полностью независимых экспертов, которые могут дать объективную экспертизу предложений разных фирм, помочь в выборе, определить с учетом имеющихся средств наиболее рациональную стратегию автоматизации. В стране пока отсутствует опыт заказа и приобретения средств автоматизации в условиях рынка предложений.

6. ПТК ВЕДУЩИХ КОМПАНИЙ

Остановимся на примерах ПТК. Представленный материал никоим образом не претендует явиться обзором данной области – она очень широка и многогранна. Представленные примеры будут только иллюстрацией проведенного выше рассказа о ПТК, их состава и классификации.

Ряд компаний давно поняли перспективность выпуска некоторой совокупности элементов автоматизации, относящихся к различным классам устройств, но изначально строящихся с возможностями совместной работы. Однако некоторые из них считают это абсолютно естественным и не выделяют это как-то особо. Другие компании наоборот возводят это в ранг своей основной политики и не примут это всегда выделять в качестве одного из основных рекламных козырей.

6.1 Система управления процессами Process Control System 7 фирмы SIEMENS

Фирма Siemens в рамках своей программы Totally Integrated Automation (комплексной автоматизации) представляет систему управления процессами Process Control System 7 (PCS-7). Система позволяет автоматизировать всю технологическую цепочку различных уровней иерархии производственного предприятия.

При создании системы были приняты следующие базовые концепции:

- в области обработки данных – принцип однократного ввода данных в систему, после чего они становятся доступными на всех уровнях управления;
- в области конфигурирования и программирования – все компоненты и системы конфигурируются, программируются, запускаются, тестируются и об-

служиваются с использованием простых стандартных блоков, встроенных в систему разработки. Все операции выполняются с использованием единого интерфейса и единых инструментальных средств;

- в области связи – различные сетевые решения должны конфигурируются единообразно, вопросы передачи данных от одного узла системы к другому должны решаться максимально просто.

Система представляет собой комплекс аппаратных и программных средств. Аппаратные средства включают в себя устройства семейства SIMATIC S7. Программные средства включают в себя пакеты по обслуживанию этих аппаратных средств и пакеты, которые расширяют набор функций системы, типичными для систем управления верхнего уровня иерархии.

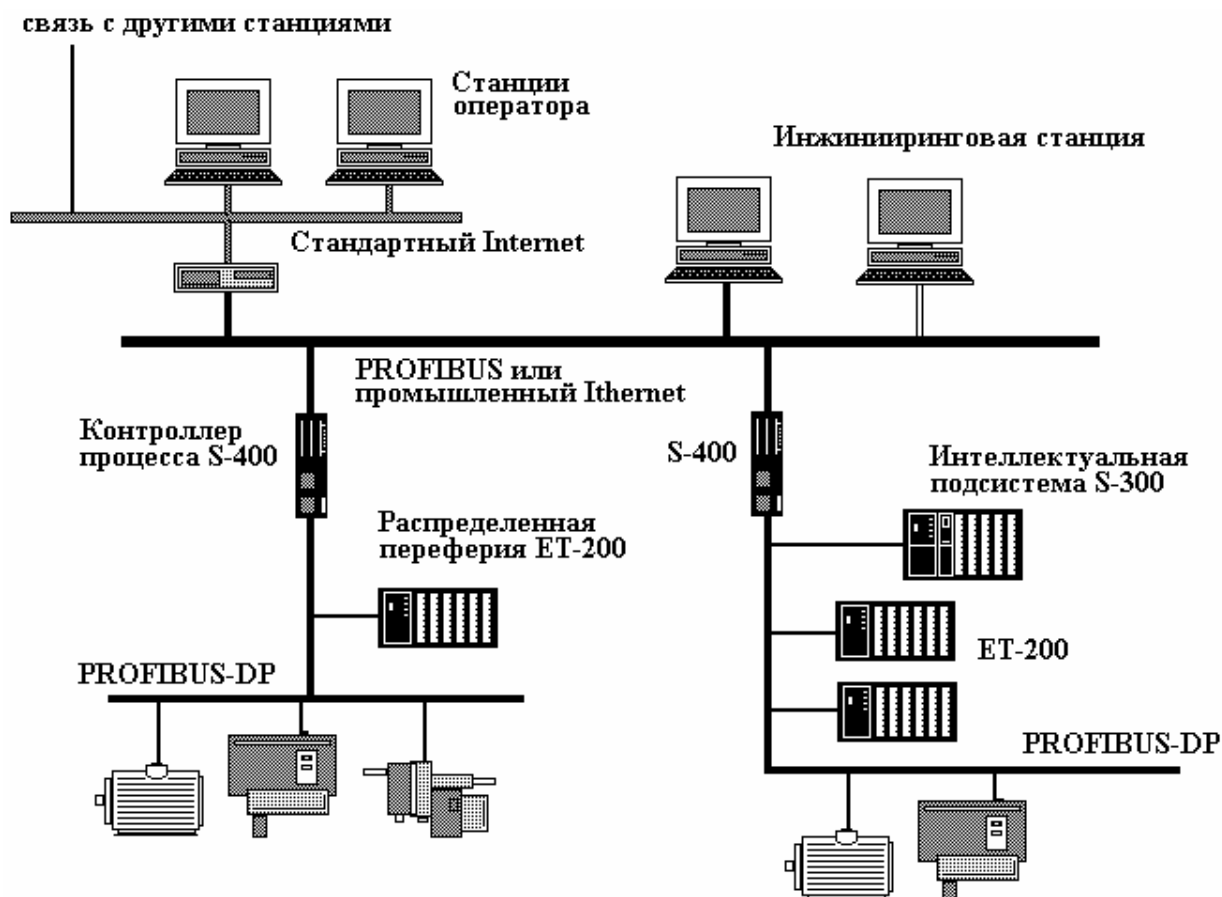
Основными компонентами системы SIMATIC PCS 7 являются:

- программируемые контроллеры SIMATIC S7-400;
- системы распределенного ввода/вывода SIMATIC DP, построенные на основе станций ET 200M/X/iS;
- промышленное программное обеспечение система разработки на языке STEP 7, включающая CFC, SFC, SCL и SIMATIC Manager;
- системы человеко-машинного интерфейса SIMATIC HMI: рабочие станции, рабочие терминалы на основе WinCC;
- промышленные сети SIMATIC NET: PROFIBUS и Industrial Ethernet;
- пакет BATCH flexible;
- связь с системами верхнего уровня и заводского управления.

Широта спектра устройств SIMATIC S7 обеспечивает возможность выбора оптимальной конфигурации системы и полностью адаптироваться к требованиям конкретного процесса управления. Применение децентрализованных модулей ввода/вывода и интеллектуальных периферийных устройств промышленного назначения в сочетании с системой промышленной коммуникации соответствует современным тенденциям по переносу периферийных модулей в непосредственную близость к технологическому процессу. Состав аппаратных и сетевых компонентов системы SIMATIC PCS 7 иллюстрируется на рис. 2.6.

В качестве базовых компонентов PCS-7 для обработки информации управляемого процесса предлагается использовать компоненты семейства SIMATIC S7-400. Каждый из компонентов этого семейства оборудован интегрированным сетевым интерфейсом, который предназначен для подключения модулей более низкого уровня иерархии на базе контроллеров S7-300 и S7-200. Этот интерфейс может использоваться и для подключения модулей децентрализованной периферии семейства ET200M. Таким образом, системы обработки информации могут обеспечивать относительную автономность работы отдельных производственных комплексов. В качестве базового интерфейса низового уровня используется PROFIBUS DP.

Для осуществления связи между системами промышленного назначения и удаленными системами управления верхнего уровня иерархии возможно использование шинных систем стандарта Profibus или Industrial Ethernet. Интерфейс датчиков и исполнительных устройств (Actuator Sensor Interface – ASI) тоже может быть подключен к PROFIBUS-DP.



Р и с. 2.6. Аппаратные и сетевые компоненты системы SIMATIC PCS 7

Станции распределенного ввода/вывода ET 200M/X/iS подключаются к системе управления через шину PROFIBUS-DP. Станции позволяют включать и отключать модули без остановки всей системы управления и завода в целом. Для управления оборудованием, расположенным в зонах повышенной опасности, в станциях могут применяться модули с входами и выходами искробезопасного исполнения (Ex-модули).

SIMATIC PCS 7 оснащена системой проектирования ES, позволяющей решать широкий круг задач проектирования человеко-машинного интерфейса, систем управления на основе программируемых логических контроллеров, систем распределенного ввода/вывода. Система проектирования содержит готовые стандартные библиотеки, снабжена функциональными блоками тестирования, мощными средствами редактирования и копирования, что значительно повышает эффективность разработки систем управления процессами. Наличие единой системы организации хранения и обработки данных позволяет использовать в SIMATIC PCS 7 широкий спектр средств проектирования: STEP 7, SCL, CFC, DocPro, опции I&C (например, SFC), технологическая иерархия и ассистент импорта-экспорта, WinCC.

Подсистемы визуализации и обслуживания реализуются на базе персональных компьютеров. Настройка всей системы осуществляется централизованно при помощи ПК-ориентированного программного обеспечения, в основе

работы которого лежит общая для всей системы база данных. Визуализация и контроль процесса осуществляются при помощи средств, имеющих одинаковую пользовательскую оболочку.

Рабочие станции системы SIMATIC PCS 7 спроектированы с учетом специальных требований, предъявляемых к системам управления процессами. Базовым программным обеспечением рабочих станций является пакет WinCC (Windows Control Center). Основной пакет WinCC поддерживается управляющими системными опциями. Управляющие системные функции обеспечивают защиту доступа к системе с помощью считывателя пластиковых карт, синхронизацию по времени суток с помощью DCF 77 и GPS, вывод на изображение процесса изображений с видеокамеры, архивацию данных, иерархическое отображение процессов и т.д. В системе могут быть использованы рабочие станции различного исполнения (SIMATIC PC промышленного исполнения, персональные компьютеры).

В центральных диспетчерских пунктах, как правило, применяются системы с архитектурой типа «клиент/сервер», реализуемые на базе персональных компьютеров. В качестве операционных систем применяются версии Windows NT фирмы Microsoft. В дополнение к этому предлагаются новые системы визуализации и обслуживания, работающие под управлением операционной системы Unix.

В состав SIMATIC PCS 7 включен пакет программ BATCH flexible, который позволяет достаточно просто и с минимальными затратами осуществлять пакетное управление процессом. SIMATIC PCS 7 позволяет осуществлять гибкое управление любыми процессами и непрерывными, и пакетно-ориентированными. Во всех способах представления программ, пользователи получили дополнительную поддержку по созданию рецептов управления пакетными процессами.

Для хранения значений переменных процесса, сообщений и другой информации служит реляционная база данных, содержание которой может циклически или в зависимости от определенных событий в системе архивироваться для долгосрочного хранения и записываться на внешние носители данных. Кроме того, все эти данные могут импортироваться в другие приложения посредством стандартных интерфейсов фирмы Microsoft.

6.2 Программно-технический комплекс фирмы OMRON

Универсальность, эффективность и скорость являются жизненно важными факторами конкурентоспособности в машиностроении. Системы управления компании Omron в полной мере обеспечивают заказчику эти конкурентные преимущества. Качество, надежность и внедрение современных технологий являются неотъемлемым качеством всех систем управления компании Omron.

Основными аппаратными программируемыми средствами автоматизации компании являются:

- серия компактных программируемых логических контроллеров CPM1 и CPM2;

- :серия модульных программируемых логических контроллеров CJ1;
- :серия программируемых логических контроллеров для монтажа в стойке CS1 .

Устройства рассчитаны на удовлетворение растущих потребностей в скорости обработки и прозрачности сетей. Они обеспечивают совместимость при обмене данными в модулях, между модулями и главными компьютерами, а также между оборудованием и удаленными станциями. Кроме того, поддерживающее программное обеспечение компании Omron помогает использовать всю мощь и гибкость этих систем управления. Изделия компании Omron поддерживают широкий диапазон сетей, включая сеть Comprobus/S, открытые промышленные шины DeviceNet и Profibus, шина MC-High motion, простая в эксплуатации шина Controller Link и, конечно, Industrial Ethernet.

Протокол FINS (Интеллектуальная сетевая служба масштаба предприятия) представляет собой независимый от типа сети протокол связи компании Omron, поддерживаемый программируемыми логическими контроллерами, терминалами HMI и программным пакетом. Он обеспечивает непосредственный доступ к программам, параметрам конфигурации и всем остальным данным, допускающим чтение или запись. Протокол FINS обеспечивает доступ к любому элементу с помощью модема, а также по сетям Ethernet, Controller Link и DeviceNet с использованием одной и той же команды, т.е., этот протокол не зависит от типа сети.

Модули ввода/вывода DeviceNet (DRT2) – это ведомые модули ввода/вывода обеспечивающие встроенные функции диагностики и технического обслуживания. Такие встроенные функциональные возможности обеспечивают пользователя подробными данными диагностики и технического обслуживания без какого-либо дополнительного программирования контроллеров, позволяя свести к минимуму затраты на техническое обслуживание, на поиск и устранение неисправностей.

Пакет автоматизации CX содержит программные средства настройки, программирования, запуска, наблюдения и обслуживания для всех контроллеров Omron при абсолютной совместимости передачи данных. Требуемые для работы программные средства всегда можно расширить путем добавления дополнительных программных компонентов.

Программы визуализации пакета CX-Automation Suite компании Omron содержат ряд инструментов для визуализации работы оборудования, технологических процессов или продукции.

Программа CX-Server lite обеспечивает связь систем управления Omron с программами из пакета Microsoft Office. Использование стандартных шаблонов, входящих в состав программы CX-Server lite, позволяет считывать и просматривать производственные данные в программе Microsoft Excel без дополнительного программирования.

CX-Server lite обладает следующими функциональными возможностями:

- повышение наглядности представления производственной информации через стандартное офисное программное обеспечение;

- :удобный доступ ко всем переменным программируемого логического контроллера и, как следствие, ко всей информации об оборудовании, технологическом процессе или производстве;

- :для программирования требуется только опыт работы с программами Microsoft, что снижает стоимость обучения и исключает необходимость привлечения специалистов;

- :автоматизация трудоемкой подготовки производственных и технологических отчетов;

- :создание единой программы визуализации HMI с помощью стандартного программного обеспечения Microsoft и использование интерфейса OPC для подключения к системе управления.

В программе CX-Server OPC используется стандартный промышленный интерфейс обмена данными OPC, обеспечивающий удобство обмена данными с системами управления Omron.

Функциональные возможности CX-Server OPC достаточно широки:

- : диспетчерское управление и доступ к данным;
- : работа с технологическими программам;
- : отображение и протоколирование аварийных сигналов и ошибок;
- : язык программирования сценариев на основе программ Microsoft;
- : простая связь с базами данных уровня предприятия;
- : простота в эксплуатации;
- : разработка и использование многоязычных приложений.

Программа CX-Supervisor обеспечивает функции по визуализации процессов. Она сочетает в себе простоту эксплуатации с мощным набором функций и возможностей.

6.3 Программно-технический комплекс ТЕКРОН® промышленной группы Текон

ПТК "ТЕКРОН" – многоуровневая иерархическая информационно-измерительная и управляющая система распределённого типа созданная для аппаратных и программных средств российской группы компаний «ТЕКОН».

Программно-технический комплекс "ТЕКРОН" предназначен для применения в автоматизированных системах управления технологическими процессами, систем телемеханики, систем коммерческого учёта энергоресурсов и т.д., обеспечивающих:

- : измерение, оперативный контроль технологических параметров, управление технологическим оборудованием, автоматическое управление и регулирование технологических процессов, выполнение противоаварийных защит и блокировок технологических процессов, архивирование значений параметров и событий;

- : коммерческий учет и диспетчеризацию добываемого, транспортируемого, перерабатываемого и распределяемого природного газа и его компонентов, а

также оперативный контроль и архивирование текущих, суммарных и усредненных значений их технических параметров;

- : коммерческий учет и диспетчеризацию отпускаемой или потребляемой тепловой энергии и теплоносителя в открытых и закрытых водяных и паровых системах теплоснабжения и системах теплопотребления, подключённых по зависимой или независимой схеме присоединения к тепловой сети, и оперативный контроль, архивирование текущих, суммарных и усредненных значений теплофизических параметров теплоносителей;

- : коммерческий учёт производимой, распределяемой и потребляемой электроэнергии (активной и реактивной составляющей электроэнергии) и режимных параметров электрической сети, а также оперативный контроль, архивирование текущих, суммарных и усредненных значений параметров энергоснабжения/энергопотребления;

- : телеизмерение и телесигнализацию технологических параметров, оперативный контроль и архивирование их текущих, суммарных и усредненных значений, дистанционное управление и регулирование (телеуправление, телерегулирование) исполнительными механизмами.

ПТК относится к средствам измерений электрических величин по ГОСТ 22261.

Базовые программные модули, определяющие функциональную область применения ПТК:

- : ТЕКРОН®-Р – с применением модуля управления и регулирования;
- : ТЕКРОН®-Г – с применением модуля коммерческого учета газа;
- : ТЕКРОН®-Т – с применением модуля коммерческого учета тепла;
- : ТЕКРОН®-Э – с применением модуля коммерческого учета электроэнергии;
- : ТЕКРОН®-ТМ – с применением модуля телемеханики.

По архитектуре ПТК “ТЕКРОН” – многоуровневая иерархическая информационно-измерительная и управляющая система распределенного типа, включающая в свой состав контроллеры ТЕКРОН и модульную интегрированную SCADA КРУГ-2000. Архитектура ПТК в общем виде состоит из верхнего и нижнего уровней.

На нижнем уровне ПТК могут применяться следующие технические средства:

- : программируемые логические контроллеры (ПЛК);
- : контроллеры многофункциональные МФК3000;
- : контроллеры многофункциональные МФК;
- : системы интеллектуальных модулей ТЕКОНИК®;
- : контроллеры многофункциональные ТКМ410;
- : контроллеры многофункциональные ТКМ700,
- : барьеры искрозащиты серии ТСС Ex.

Контроллеры и интеллектуальные модули выполняют функции автоматического сбора (по аналоговым и цифровым измерительным каналам), хранения и обработки измеряемых параметров, автоматического регулирования, технологических защит и блокировок, а также реализуют вычислительные алго-

ритмы, в том числе вычисление количественных и качественных показателей энергоносителей.

Также на нижнем уровне могут использоваться коммуникационные контроллеры на базе процессорных модулей P06 ТЕКОНИК® или им аналогичных, предназначенные для автоматического сбора (обмена), хранения и первичной обработки измеряемых параметров от внешних устройств и средств измерений по стандартным интерфейсам RS-232, RS-485, Ethernet, а также для реализации вычислительных алгоритмов, в том числе вычисление количественных и качественных показателей энергоносителей.

На верхнем уровне ПТК применяются технические средства выполненные на базе IBM PC совместимых компьютеров промышленного или офисного исполнения под управлением операционных систем совместимых с SCADA КРУГ-2000, а также сетевое оборудование для объединения всех технических средств локальной вычислительной сетью Ethernet. В качестве устройств верхнего уровня, в общем случае, могут использоваться:

- : выделенные серверы оперативной и (или) архивной базы данных (Серверы ОБД и АБД), предназначенные для сбора, регистрации, заданной математической обработки, в том числе для реализации алгоритмов вычисления количественных и качественных показателей энергоносителей, документирования и архивирования информации, поступающей с ПЛК нижнего уровня;
- : автоматизированные рабочие места (АРМ) оперативно-диспетчерского и управленческого персонала, которые в общем случае могут быть выполнены с использованием архитектуры "клиент-сервер" (АРМ-клиенты) и предназначены для визуализации оперативной и архивной информации о технологическом процессе с серверов ОБД и АБД, а также для формирования оперативного дистанционного воздействия на объект управления;
- : серверы "Web-Контроля", предназначенные для передачи информации с ПТК сторонним пользователям посредством сети Internet;
- : станции инжиниринга, предназначенные для осуществления наладочных и сервисных работ по обслуживанию абонентов нижнего и верхнего уровней ПТК;
- : серверы точного времени, предназначенные для поддержания единого астрономического времени абонентов нижнего и верхнего уровней ПТК, с его коррекцией по сигналу точного времени, получаемого со спутника (по GPS-приемнику);
- : СОМ-серверы для связи с другими подсистемами АСУ ТП;
- : табло коллективного пользования для отображения информации.

Режим работы ПТК – круглосуточный с остановками на техническое обслуживание во время остановок технологического оборудования.

Основные технические характеристики, общие для всех модификаций ПТК:

- : общее количество аналоговых и дискретных измерительных/управляющих каналов – до 30 000;
- : период обновления информации на верхнем уровне ПТК – от 1с;

- :периодичность опроса сигналов, обеспечивающая требования по точности фиксации событий и значений аналоговых сигналов по отношению к системному времени ПТК (в зависимости от динамических свойств параметра) для дискретных пассивных – 0,03 - 0,5с, для дискретных инициативных – 10 мс, для аналоговых – 0,02 - 0,2с, для аналоговых температурных параметров – 0,25 - 2с;
- :время выдачи управляющего воздействия по каналам технологических защит (ТЗ) после обнаружения аварийной ситуации (для ТЗ, не имеющих выдержки времени) не более 0,1 - 0,2 с;
- :время прохождения команды от момента нажатия оператором-технологом кнопки виртуального блока управления до появления сигнала на выходных цепях ПТК, не более – 1 с;
- :задержка от момента выдачи оператором команды дистанционного управления до отображения на мониторе результатов выполнения команды без учета времени отработки команды объектом управления не более 1,5 с;
- :количество формируемых трендов до 50 000, дискретность записи в тренды – от 1 секунды и выше;
- :количество регистрируемых в ПТК оперативных сообщений (событий) до 21 000 за одни сутки, архивных – ограничено только ёмкостью дискового накопителя.

Дискретность регистрируемых сообщений (событий) – от 10 мс.

7. ЦИФРОВЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ

7.1. Требования к ЦПС

Проводящееся ранее рассмотрение тенденций развития современных промышленных систем позволило сделать вывод о том, что одним из основных компонентов развитых систем АСУ ТП является цифровая промышленная сеть (ЦПС).

Промышленная сеть – это среда передачи данных, которая должна отвечать множеству разнообразных, а зачастую противоречивых требований. Промышленная сеть – это набор стандартных протоколов обмена данными, позволяющая связать воедино оборудование различных производителей, а также обеспечить взаимодействие нижнего и верхнего уровней АСУ. Наконец, промышленная сеть – это образ мысли инженера, определяющий конфигурацию и принципы построения системы. От этого будут зависеть не только затраты на создание системы, но и срок ее жизни, ее способность к развитию.

Попробуем сформулировать лишь некоторые основные требования, которые можно предъявить к «идеальной» промышленной сети:

1. высокая производительность;
2. предсказуемость времени доставки информации;
3. помехоустойчивость;
4. доступность и простота организации физического канала передачи данных;

5. максимальный сервис для приложений верхнего уровня;
6. минимальная стоимость устройств аппаратной реализации, особенно на уровне контроллеров;
7. возможность получения «распределенного интеллекта», путем предоставления максимального доступа к каналу нескольким ведущим узлам;
8. управляемость и самовосстановление в случае возникновения нештатных ситуаций.

Как видно, в получившемся списке одно требование может противоречить другому. Подобные противоречия приходится обходить постоянно на всех уровнях проектирования, начиная с того, какой формат пакета передачи данных выбрать: тот, который позволит осуществлять расширенное управление сетью и удаленную загрузку, или тот, который обеспечит максимально быструю работу с большим числом дискретных сигналов, заканчивая решением проблемы, что лучше: применить не самое современное, но проверенное годами решение, или применить кажущееся блестящим и современным решение, которое почему-то оказывается дороже и еще до сих пор не применяется на предприятии-конкуренте.

Таким образом, можно считать, что промышленная сеть – один большой компромисс. И от того, как расставлены акценты в этом компромиссе, зависит успешность решения задач, стоящих перед сетевой архитектурой.

К промышленным сетям вполне применимы результаты теоретических изысканий в области коммуникационных сетей общего назначения, поэтому при их рассмотрении становятся вполне понятными постоянные ссылки на Модель взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection model – OSI), принятую Международной организацией по стандартизации (ISO).

Модель OSI призвана разграничить и формализовать функции, выполняемые различными уровнями аппаратного и программного обеспечения сетевой структуры. Данная модель определяет семь уровней сервиса, предоставляемого сетью (таблица 2.1).

Т а б л и ц а 2.1.

Уровни модели взаимодействия открытых систем

7	Application	Прикладной уровень
6	Presentation	Уровень представления
5	Session	Уровень сессий
4	Transport	Транспортный уровень
3	Network	Сетевой уровень
2	Data Link	Канальный уровень
1	Physical	Физический уровень

На физическом уровне определяются физические характеристики канала связи и параметры сигналов.

Канальный уровень формирует основную единицу передаваемых данных – пакет и отвечает за дисциплину доступа устройства к каналу связи (Medium Access Control) и установление логического соединения (Logical Link Control).

Сетевой уровень отвечает за адресацию и доставку пакета по оптимальному маршруту.

Транспортный уровень разбирается с содержимым пакетов, формирует ответы на запросы или организует запросы, необходимые для уровня сессий.

Уровень сессий оперирует сообщениями и координирует взаимодействие между участниками сети.

Уровень представления занимается преобразованием форматов данных, если это необходимо.

Прикладной уровень – это набор интерфейсов, доступных программе пользователя.

На практике большинство промышленных сетей ограничивается только тремя из них, а именно физическим, канальным и прикладным. Наиболее «продвинутые» сети решают основную часть аппаратно, оставляя программную прослойку только на седьмом уровне.

7.2 Стандартные ЦПС

Рассмотрим несколько стандартов ЦПС, широко распространенных в различных приложениях современных АСУ ТП.

AS-интерфейс (Actuator/Sensor Interface). Это открытый международный стандарт EN 50 295. Появился в 1993 году. Поддерживается консорциумом ведущих производителей средств АСУТП, в числе которых фирмы Siemens, Pepperl+Fuchs и другие. Относится к классу ЦПС оконечных устройств, осуществляя непосредственную интеграцию датчиков и исполнительных механизмов в систему автоматизации. Позволяет полностью исключить из АСУ ТП аналоговые линии связи, кроссировочные шкафы и другое вспомогательное оборудование.

Отличительными чертами AS-интерфейса являются следующие основные характеристики:

- топология – произвольная («шина», «звезда», «дерево», «кольцо»);
- число ведущих устройств (master) – 1;
- число ведомых устройств (slave) – до 31;
- метод доступа – последовательный опрос;
- максимальное время опроса 5 - 10 мс.
- кабель используется как для обмена данными, так и для подачи напряжения питания на датчики/исполнительные механизмы;
- простой и экономичный монтаж соединений;

- малое время реакции: ведущему устройству требуется не более 5 мс для циклического обмена данными с 31 узлом сети;
- при использовании стандартных AS-i модулей на кабеле может находиться до 124 исполнительных механизмов/датчиков;
- если используются AS-i модули с расширенным режимом адресации, с одним ведущим устройством могут работать до 186 исполнительных механизмов и 248 датчиков;
- установка адресов устройств – автоматическая или ручным сервисным прибором;
- кабель – неэкранированный двух проводной с сечением 2x1,5 мм² или специальный плоский;
- максимальная суммарная протяженность линий связи сегмента сети, обслуживаемого одним ведущим устройством, – 300м (с использованием повторителей);
- электропитание напряжением 30 В постоянного тока.

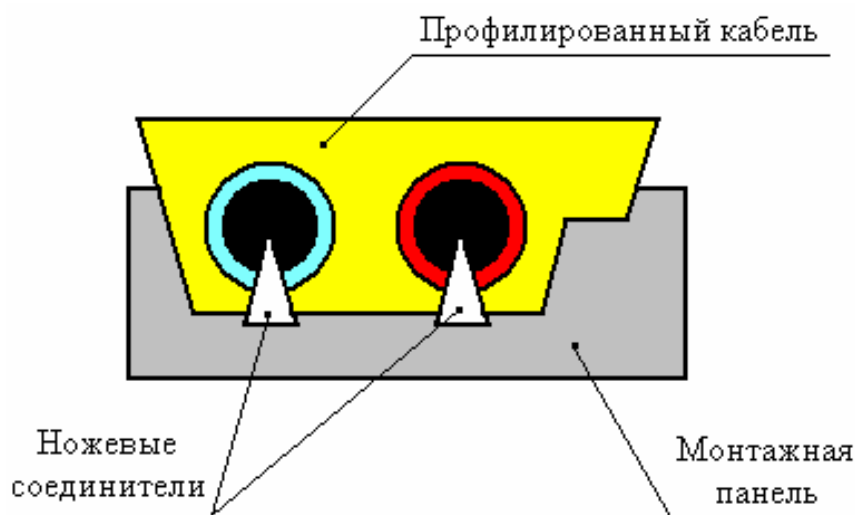
Для развертывания сегмента AS-сети необходимо следующее оборудование (рис. 2.7):

- кабель;
- источник электропитания;
- ведомые устройства для подключения датчиков и исполнительных механизмов;
- ведущее устройство;
- повторители (при необходимости);
- сервисный прибор для адресации и диагностирования.

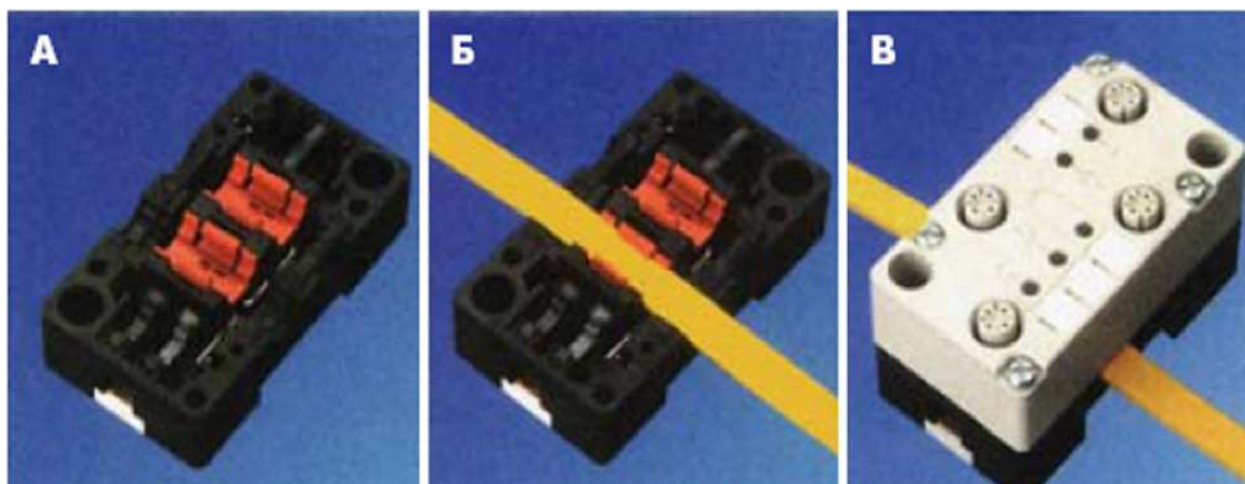


Р и с. 2.7. Состав узлов AS-интерфейса и их развертывание в сеть

Кабель AS-интерфейса имеет профилированную форму (рис. 2.8), исключая его неправильный монтаж. Быстрое и надежное подключение узлов к кабелю обеспечивается с помощью специальной конструкции. В нижней части корпуса монтируемого устройства (рис. 2.9) находятся ножевые контакты, прорезающие кабель и обеспечивающие непосредственный контакт с токоведущими жилами. Несимметричная форма кабеля гарантирует точное попадание контактов в сердечник проводников и абсолютно надежное соединение в течение всего срока эксплуатации.



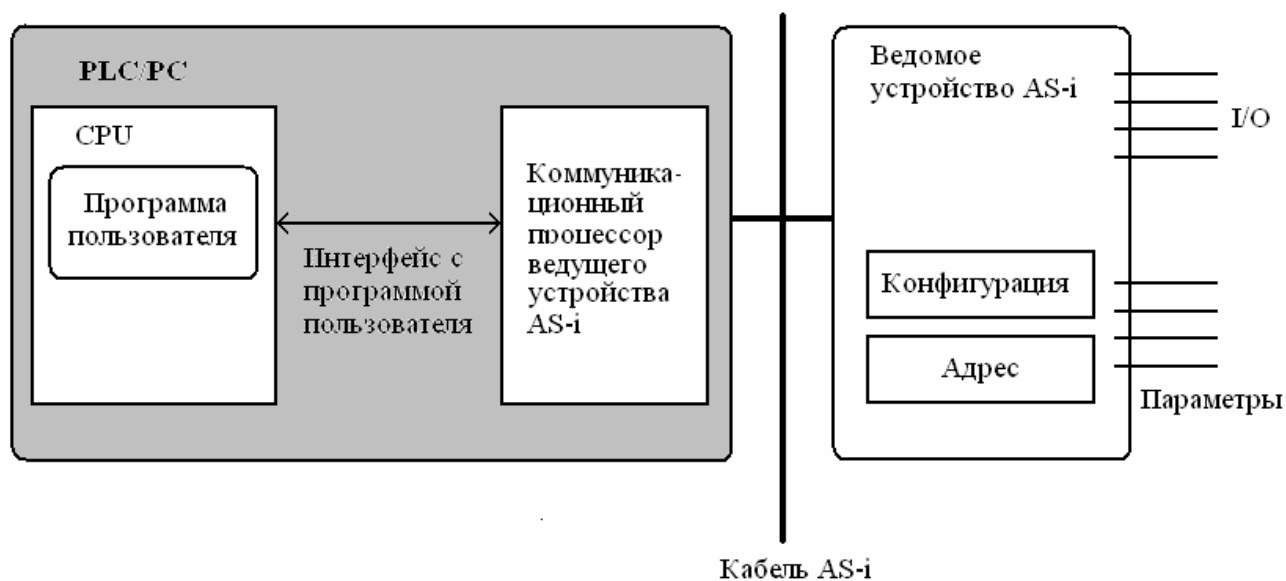
Р и с. 2.8. Профилированный кабель



Р и с. 2.9. Подключение кабеля к монтируемому устройству.

AS-интерфейс является системой с одним ведущим устройством и работает по принципу "ведущий – ведомый" (master - slave). Это означает, что ведущее устройство AS-интерфейса, подключенное к кабелю, управляет процедурой обмена данными с ведомыми устройствами, также подключенными к этому кабелю.

На рис. 2.10 показано два логических интерфейса коммуникационного процессора, являющегося ведущим устройством. Через интерфейс, объединяющий процессор ПЛК и коммуникационный процессор ведущего устройства, передаются данные процесса и команды задания параметров. В программах пользователя предусматриваются необходимые обращения к функциям, имеются механизмы для чтения и записи данных через этот интерфейс. Обмен данными с ведомыми устройствами осуществляется через интерфейс между коммуникационным процессором ведущего устройства и кабелем AS-интерфейса. Первоначально AS-интерфейс был ориентирован на работу исключительно с бинарными данными (дискретными входами/выходами), поэтому длина информационной посылки всего 4 бита.



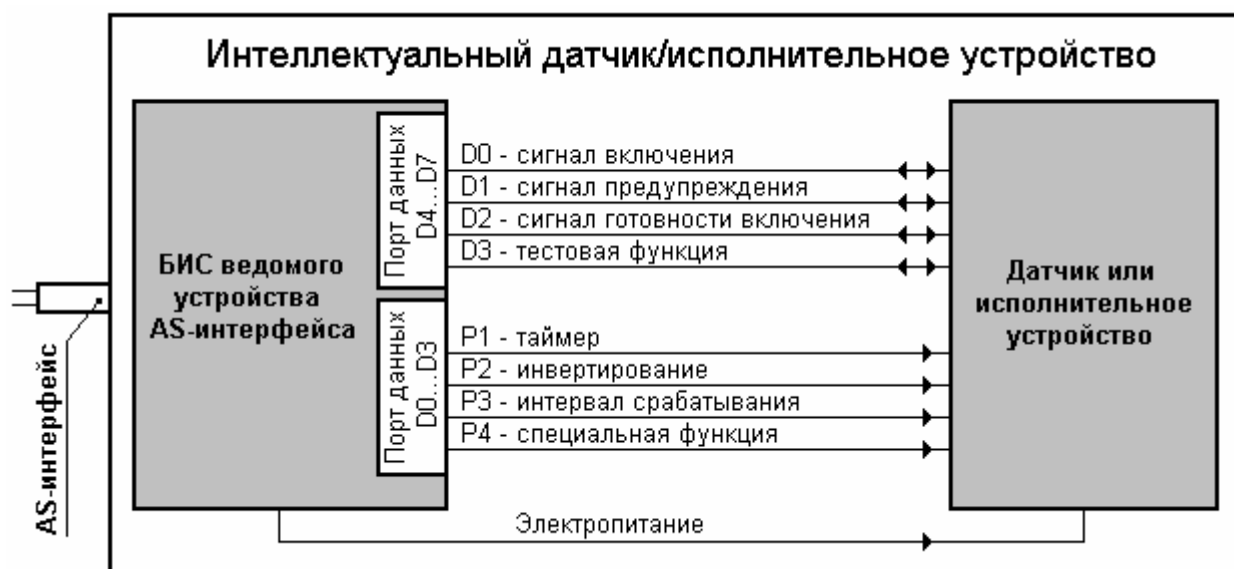
Р и с. 2.10. Логические интерфейсы коммуникационного процессора.

В качестве конечных устройств сети AS-интерфейса могут выступать как датчики и исполнительные механизмы со встроенным AS-интерфейсом (интеллектуальные устройства), так и обычные конечные устройства. Первые подключаются к сети напрямую, вторые – через модули ввода/вывода.

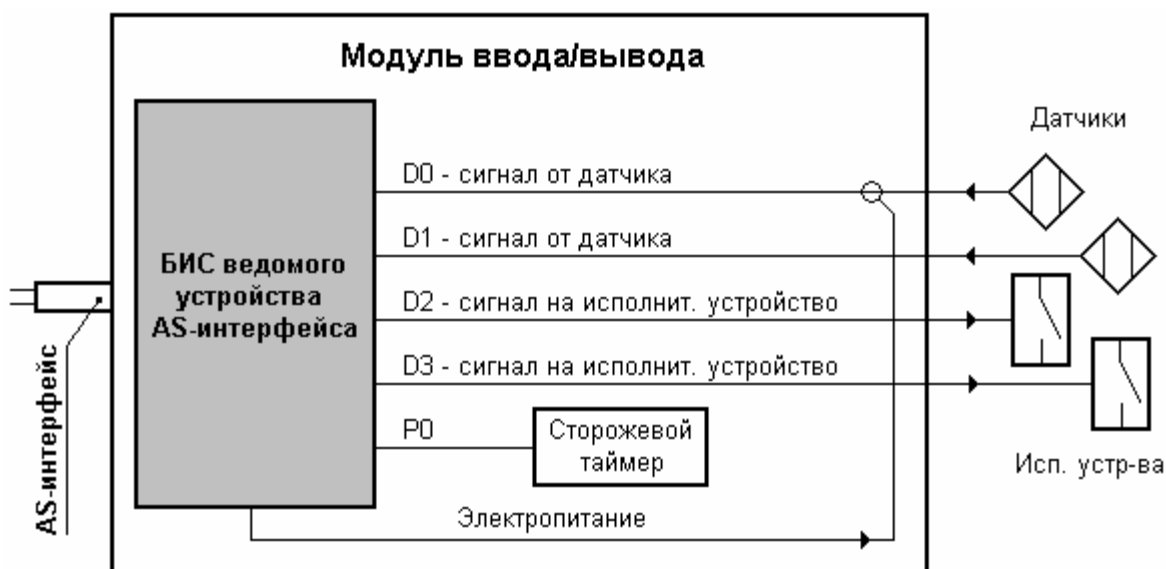
Электронная часть ведомого устройства реализуется на базе специализированных микросхем. Два способа использования специализированных интерфейсных микросхем и определяют два вида AS-модулей:

- чип ведомого устройства AS-интерфейса может быть встроен прямо в датчик или исполнительное устройство, в результате чего получается интеллектуальный датчик (исполнительное устройство) с интегрированным AS-интерфейсом (рис. 2.11 а);

- чип ведомого устройства AS-интерфейса может быть встроен в модуль, к которому уже в свою очередь можно подключать обыкновенный датчик или исполнительное устройство (рис. 2.11 б).



а.



б

Р и с. 2.11. Состав модулей AS-интерфеса

Специализированная интерфейсная БИС микросхема обеспечивает AS-модуль электропитанием от сети, распознает переданную от ведущего устройства информацию и посылает в ответ собственные данные.

В каждом цикле передаются 4 бита данных от ведущего устройства последовательно к каждому ведомому и обратно. Необходимые для этого порты данных каждой БИС можно конфигурировать отдельно как входные, выходные или двунаправленные порты. Конфигурация портов ведомых устройств устанавливается в соответствии с так называемой конфигурацией ввода/вывода.

По команде «*Write Parameter*» ведомое устройство получает от ведущего 4 бита данных, соответствующих значению параметра. С их помощью можно управлять особыми функциями ведомого устройства. Установка кодов пара-

метров производится ациклично, причем в одном цикле AS-интерфейса она может быть выполнена только для одного ведомого устройства.

В модулях ввода/вывода все входные цепи гальванически развязаны относительно AS-интерфейса. В зависимости от типов подключаемых устройств различают несколько разновидностей модулей ввода/вывода:

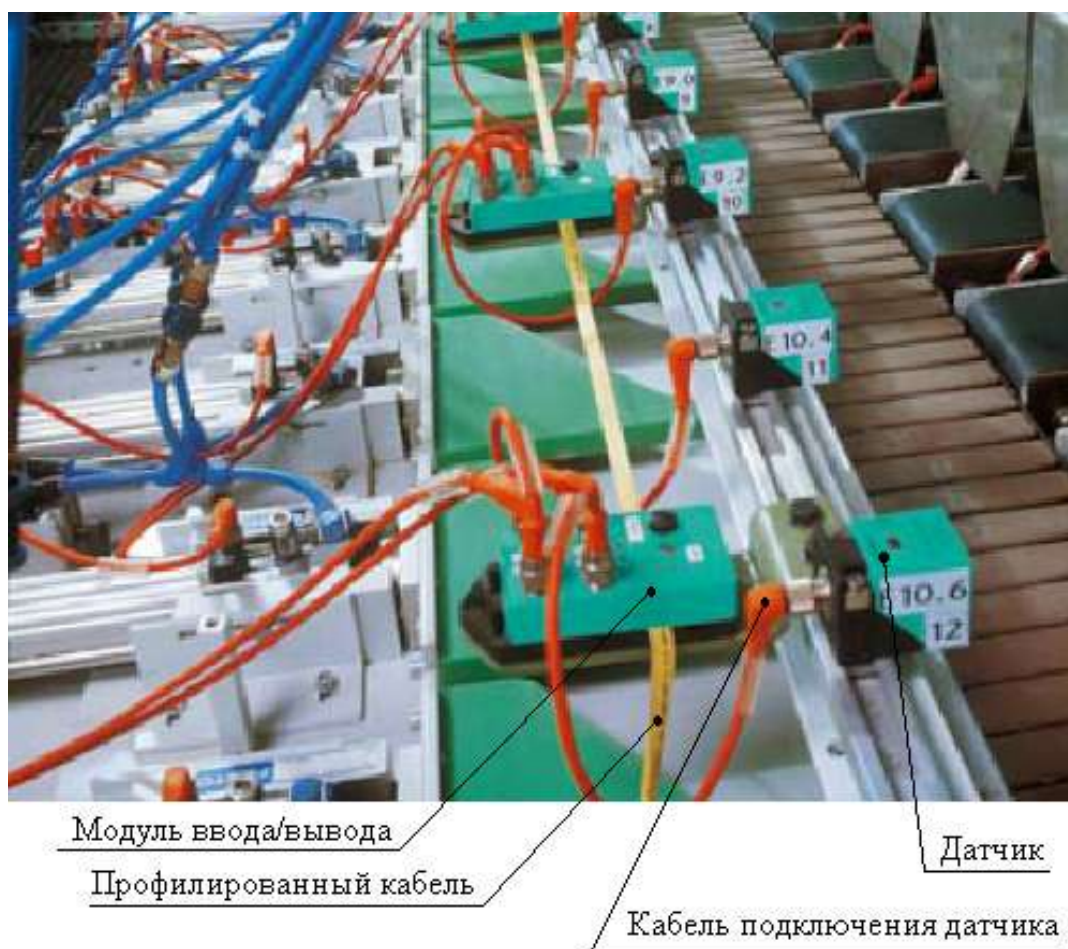
- 4 дискретных входа;
- 4 дискретных выхода;
- 2 дискретных входа + дискретных 2 выхода;
- 4 дискретных входа + 2 дискретных выхода;
- 4 дискретных входа + 3 дискретных выхода;
- 4 дискретных входа + 4 дискретных выхода;
- 2 аналоговых входа (ток 0...20/4...20 мА или напряжение 0...10 В);
- 2 аналоговых выхода (ток 0...20/4...20 мА или напряжение 0...10 В);
- 4 аналоговых входа от термодатчиков типа Pt100.

Интеллектуальные оконечные устройства, такие как датчики приближения, фотоэлектрические датчики и др., как правило, имеют стандартный интерфейсный разъем M12. На рис. 2.12 показано как выглядит оконечное устройство, рассчитанное для подключения таких устройств, а также назначение контактов разъемов при подключении различных цепей.



Р и с. 2.12 Оконечное устройство для подключения датчиков фирмы Siemens с разъемами M12 и назначение контактов разъемов.

На рис. 2.13 продемонстрирован вид производственной линии со смонтированным сегментом сети AS-интерфейса на рассмотренных модулях.



Р и с. 2.13. Вид производственной линии со смонтированным сегментов сети AS-интерфейса на рассмотренных модулях.

Модули ввода/вывода могут быть приспособлены для монтажа в электрических шкафах, в распределительных коробках с обычными и с кабельными выводами. Примеры того, как могут выглядеть такие устройства, показаны на рис. 2.14.



Р и с. 2.14. Внешний вид модулей AS-интерфейса.

Сетевой протокол CAN – Controller Area Network – (ISO 11898) был разработан в 80-х годах фирмами BOSCH и INTEL для создания бортовых мультипроцессорных систем реального времени. Определяет только первые два уровня ISO/OSI – физический и уровень доступа к среде передачи данных. CAN-интерфейс обеспечивает высокую надёжность, компактность и хорошие динамические характеристики, необходимые распределённым системам управления. Элементную базу для построения CAN систем выпускают многие известные фирмы: Intel, Motorola, Siemens, Philips и др. На основе этого протокола реализовано огромное количество полнофункциональных сетей, например таких как SDS, CANOpen, DeviceNet и др. Практически у каждого крупного производителя контроллеров есть изделие с CAN-интерфейсом.

Основными достоинствами, определившими высокую популярность этого протокола у разработчиков встраиваемых и промышленных систем, являются высокая скорость (до 1 Мбит/с), метод доступа CSMA/CA, возможность иметь в сети несколько ведущих устройств, надёжная система обнаружения и исправления ошибок. CSMA/CA сочетает минимальную задержку передачи информации с эффективным арбитражем ситуаций, когда несколько узлов начинают передавать данные одновременно. Благодаря этому гарантируется доставка сообщения, то есть система является детерминированной.

Прокомментируем это более детально:

- Протокол нижнего уровня реализован аппаратно, что позволяет существенно упростить программирование, уменьшает затраты процессорного времени системы, а также обеспечивает полную совместимость с изделиями, производимыми многими изготовителями.

- Гибкая система задания приоритетов и аппаратный арбитраж устройств, работающих на CAN-шине, обеспечивают быстрое время реакции на возникающие в системе события. Обычно в CAN-системе наивысший приоритет задается для каналов, обрабатывающих аварийные ситуации или генерирующих синхросигналы.

- Идентификатор сообщения позволяет задавать 211 (короткий) или 229 (длинный) адреса сообщений. CAN-контроллер каждого из сетевых устройств позволяет одновременно обрабатывать несколько идентификаторов, т.е., фактически, в каждом из устройств может быть организована группа независимых каналов обмена информацией. При этом программно можно изменять идентификаторы каждого канала, что обеспечивает CAN-сети большую гибкость.

- Аппаратная коррекция ошибок при обмене и дифференциальный приёмопередатчик, подавляющий синфазные помехи, обеспечивают высокую помехозащищённость. Если во время работы на приемном конце было принято неверное сообщение, CAN-контроллер автоматически реинициализирует передачу того же сообщения. Этот процесс происходит без участия программиста и продолжается до тех пор, пока сообщение будет передано без ошибок или пока не переполнится счётчик ошибок.

- Система гибкой адаптации к используемой линии передачи (программирование задержек и скорости передачи в зависимости от качества и длины линии передачи). Максимальная длина CAN-шины до 1 км. Используя дополнительные контроллеры в качестве ретрансляторов, можно увеличить расстояние обмена.

- Скорость обмена до 1 Мбит/с вполне достаточна для систем управления реального времени, учитывая, что обмен ведётся между интеллектуальными устройствами.

В качестве краткого примера приведем технические характеристики сети для DeviceNet, реализованной на основе CAN-протокола: максимальное расстояние 500 м, максимальное количество узлов 64, длина информационной посылки 8 байт, используемый кабель Belden 3082A.

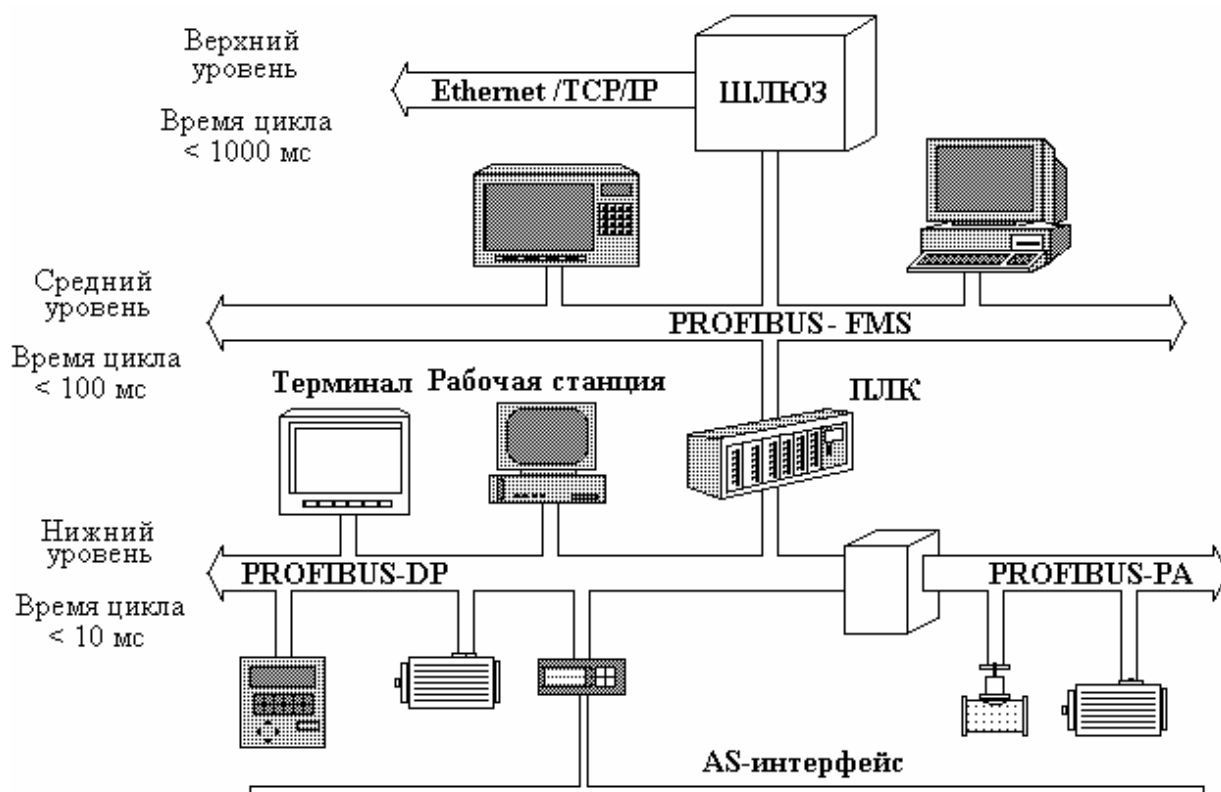
INTERBUS. Спецификация Interbus была разработана фирмой Phoenix Contact в 1984 году и быстро завоевала прочные позиции в сфере распределенных АСУ ТП благодаря целому ряду интересных структурных решений. Прежде всего следует отметить максимальное расстояние, которое может охватывать эта ЦПС, – до 13 километров. Для сетей, физический уровень которых основан на стандарте RS-485, этот показатель просто феноменальный, и обеспечивается он благодаря ретрансляции сигнала в каждом узле. Максимальное количество узлов 512, расстояние между узлами до 400 метров. Узлы-ретрансляторы образуют основу топологии Interbus, оконечные же устройства подключаются к дополнительным кольцевым сегментам, в которых питающее напряжение передается вместе с данными. Длина дополнительных сегментов может составлять до 200 метров, для их прокладки используется обычная неэкранированная витая пара.

Доступ к среде передачи данных в Interbus организован по принципу суммирующего фрейма и обеспечивает гарантированное время передачи информации. Таким образом, Interbus является хорошим решением для унифицированной автоматизации производства, компоненты которого территориально разнесены на большое расстояние.

PROFIBUS – семейство ЦПС, обеспечивающее комплексное решение коммуникационных проблем предприятия, было разработано фирмой Siemens в начале 90-х годов.

PROFIBUS существует в трех модификациях.

На нижнем уровне применяется сеть PROFIBUS-DP (рис. 2.15), обеспечивающая высокоскоростной обмен данными с оконечными устройствами. Протокол физического уровня соответствует стандарту RS-485. Скорость обмена прямо зависит от длины сетевого сегмента и варьируется от 100 Кбит/с на расстоянии 1200 метров до 12 Мбит/с на дистанции до 100 метров. Взаимодействие узлов в сети PROFIBUS определяется моделью «Master-slave». Master сегмента последовательно опрашивает подключенные узлы и выдает команды в соответствии с заложенной в него технологической программой.



Р и с. 2.15. Структура АСУ ТП на базе семейства ЦПС PROFIBUS

На более высоком уровне применяется сеть PROFIBUS-FMS, ориентированная на обеспечение информационного обмена одноранговых устройств. PROFIBUS-FMS включает в себя дополнительные типы пакетов (Fieldbus Message Specification). Позволяет организовывать в одной сети работу нескольких активных станций.

PROFIBUS-PA – сетевой интерфейс, физическая среда передачи данных которого соответствует требованиям стандарта IEC 61158-2. Может применяться для построения сети, соединяющей исполнительные устройства, датчики и контроллеры, расположенные непосредственно во взрывоопасной зоне. Сегмент PROFIBUS-PA может иметь длину до 1900 метров со скоростью обмена между узлами 31,25 Кбит/с.

На прикладном и канальном уровнях PROFIBUS-PA использует весь сервис, доступный в PROFIBUS-FMS. На физическом уровне они используют одинаковую витую пару, одинаковые уровни сигналов и скорости передачи и позволяют оконечным устройствам запрашивать непосредственно от канала связи. Более того, два этих протокола могут одновременно уживаться на одном и том же физическом участке сети. Просто канальный уровень каждого из протоколов «не понимает» пакеты конкурента.

Выбор конфигурации сети на основе PROFIBUS определяется поставленной задачей. Если требуется объединить в детерминированную сеть несколько контроллеров, оптимальным вариантом будет PROFIBUS-FMS. Для создания сети с централизованным интеллектом и распределенным вводом/выводом лучше всего подойдет PROFIBUS-DP.

FOUNDATION FIELDBUS – стандарт ЦПС, появившийся в 1995 году. По многим параметрам эта система схожа с PROFIBUS-PA: возможность установки во взрывоопасных зонах, передача информационного сигнала вместе с питающим напряжением по одной паре проводов, двухуровневая иерархия и т.д.

Среди других ЦПС Foundation Fieldbus выделяют две особенности. Во-первых, был разработан специальный язык описания оконечных устройств (Devise Description Language), использование которого позволяет подключать новые узлы к сети по широко применяемой в обычных IBM PC совместимых компьютерах технологии plug-and-play. Пользователи могут пользоваться как типовыми дескриптами для стандартных устройств (клапанов, датчиков температуры и т.д.), так и описывать нестандартные изделия. Во-вторых, в отличие от других промышленных сетей, Foundation Fieldbus ориентирована на обеспечение одноранговой связи между узлами без центрального ведущего устройства. Этот подход даёт возможность реализовать системы управления, распределенные не только физически, но и логически, что во многих случаях позволяет повысить надежность и живучесть АСУ ТП.

ETHERNET – наиболее широко распространенная технология построения локальных сетей, ставшая де-факто стандартом в области офисных приложений, и все более активно завоевывающая промышленную сферу. Все большее количество производителей встраиваемых вычислительных систем оснащают свои контроллеры сетевым интерфейсом, совместимым со стандартом Ethernet. Для существующих промышленных сетей разрабатываются шлюзы, позволяющие комплексовать отдельные производственные участки в единую систему автоматизации с применением Ethernet.

Сама технология Ethernet постоянно развивается и совершенствуется, приобретая функциональность, максимально отвечающую требованиям современного этапа развития систем автоматизации, контроля и управления. Эта технология прошла длинный и непростой путь

Первый экспериментальный прототип Ethernet был создан инженерами фирмы Xerox в начале 70-х годов прошлого столетия. Работала эта сеть со скоростью всего около 3 Мбит/с и объединяла несколько компьютеров и один лазерный принтер. Подобные опыты проводились и другими крупными компаниями, и в конце 70-х годов три из них – DEC, Intel и Xerox – объединили усилия для стандартизации разработок в области сетевых протоколов. В конце 1980 года это дало результат в виде первой спецификации Ethernet 10Base5. Основными решениями, заложенными в спецификацию 10Base5, были шинная топология с ответвлениями на базе коаксиального кабеля, скорость передачи данных 10 Мбит/с и протокол доступа к разделяемой среде CSMA/CD (множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий). Системы, отвечающие этой спецификации, специалисты сразу окрестили «толстым» Ethernet, из-за диаметра применяемого кабеля.

Несмотря на многочисленные недостатки, популярность новорожденной системы оказалась столь высока, что в 1983 году инициатива стандартизации была перехвачена Институтом инженеров по электротехнике и электронике

(IEEE). В рамках этой организации была создана рабочая группа 802.3, давшая название и самому международному стандарту. Новый стандарт включил в себя описание физического уровня и уровня управления доступом согласно семи-уровневой архитектуре ISO/OSI.

В 1985 году на свет появилась вторая официальная версия стандарта IEEE 802.3a, сразу получившая название «тонкий» Ethernet (10Base2), поскольку в качестве физического канала использовался тонкий, дешевый и простой в прокладке коаксиальный кабель.

Все указанные усовершенствования не затрагивали одного из основополагающих свойств изначальной спецификации – шинной топологии, вызывающей серьезные нарекания с точки зрения надежности. Прорыв в этой области произошел только в 1990 году, когда IEEE обнародовал спецификацию 802.3i (10BaseT). Новая спецификация позволяла строить кабельную систему для 10 Мбит/с Ethernet на широко распространенном, дешевом и простом в монтаже кабеле типа неэкранированной витой пары. Новый стандарт 10BaseT очень быстро вытеснил системы на коаксиальном кабеле. Помимо чисто аппаратных преимуществ, спецификация 10BaseT значительно облегчила жизнь сетевым специалистам и администраторам из-за появившейся возможности реализовывать более гибкие топологические структуры типа «звезда» и «дерево». Благодаря этому упростилось планирование сети и модификация её структуры, а также возникли реальные условия для обеспечения лучших характеристик надежности и отказоустойчивости.

В 1993 году появилась спецификация IEEE 802.3j (или 10BaseF), позволяющая использовать оптические линии связи. Это давало возможность покрывать одним сегментом сети расстояние до 2000 метров.

В 1995 IEEE обнародовал спецификацию 802.3u (100BaseT) «быстрого» Ethernet (Fast Ethernet), согласно которой скорость передачи данных увеличивалась до 100 Мбит/с. В эту спецификацию была заложена поддержка сразу трех физических сред передачи данных:

- кабель, содержащий две витые пары пятой категории (100BaseTX);
- кабель, содержащий четыре витые пары третьей категории (100Base T4);
- две оптические линии на базе многомодового оптоволокна (100BaseFX).

Стремительное внедрение средств автоматизации и компьютерных технологий привело в 1998 году к очередному поднятию планки пропускной способности сети Ethernet: IEEE выпустил спецификацию 802.3z (1000BaseX), которая устанавливает скорость передачи 1 Гбит/с. Новая спецификация поддерживает следующие среды передачи данных:

- многомодовое оптоволокно с длиной волны 850 нм (1000BaseSX);
- одно и многомодовое оптоволокно с длиной волны 1300 нм (1000Base LX);
- экранированная витая пара (1000BaseCX).

Общим свойством всех версий сети Ethernet является немодулированная передача данных и метод доступа CSMA/CD.

Если говорят о использовании немодулированной передачи данных это означает, что в канале связи передаются немодулированные импульсные сигналы. Среда распространения сигнала формирует единый канал связи, ресурсы которого должны использоваться одновременно всеми подключенными терминальными устройствами. Все подключенные терминальные устройства принимают передаваемую информацию одновременно. В любое время правом на передачу данных обладает лишь одно терминальное устройство. Если несколько терминальных устройств передают данные одновременно, в канале связи возникает коллизия. Сигналы терминальных устройств, пытающихся передавать данные одновременно, подавляют друг друга. Совершенно очевидно, что возникает необходимость в координировании доступа к среде передачи, используемой совместно. В стандарте IEEE 802.3 для решения этой проблемы и используется протокол CSMA/CD.

Протокол CSMA/CD (множественный доступ с опросом несущей и обнаружением коллизий) также известен как протокол LWT (Listen While Talk, буквально, «говори, слушая»). Такой метод доступа является распределённым, поскольку все терминальные устройства, подключенные к сети, обладают равными правами.

Если терминальное устройство собирается передавать данные, оно сначала «слушает», не передаются ли по каналу связи данные другими терминальными устройствами. Если другие терминальные устройства не передают данные, оно может начать передачу. Если же терминальное устройство обнаружило, что среда передачи уже используется другим устройством, оно должно дожидаться освобождения канала связи. Все терминальные устройства «слышат» передаваемые данные. Информация об адресе назначения, содержащаяся в данных, позволяет терминальному устройству распознать, должно оно принимать данные или нет. Если несколько терминальных устройств собираются передавать данные одновременно, и оба они обнаружили, что канал связи свободен, они начинают передачу. Спустя короткое время произойдёт «столкновение» передаваемых данных.

Терминальные устройства снабжены механизмом, который позволяет им обнаруживать такие коллизии. Все терминалы, оказавшиеся участниками коллизии, прекращают передачу и в течение некоторого времени, величина которого случайна и рассчитывается для каждого отдельного терминала по разному, вновь предпринимают попытку передачи данных. Так повторяется до тех пор, пока один из терминалов не добьётся успешной передачи в отсутствие коллизий. Другие терминалы ожидают освобождения канала связи.

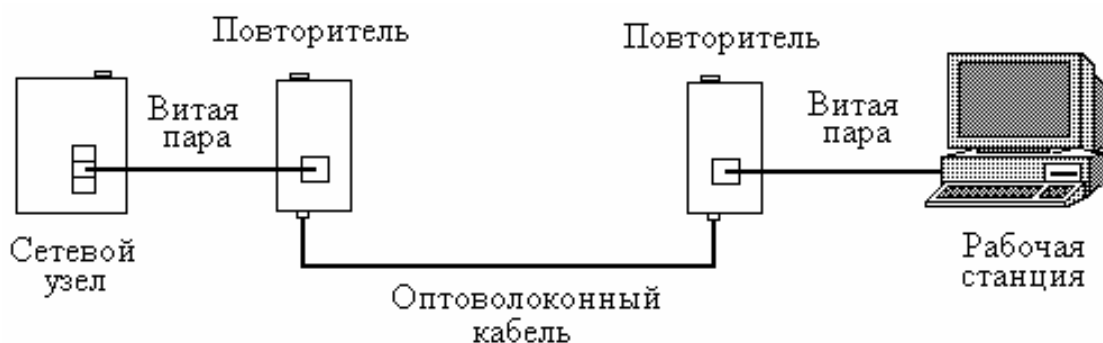
При увеличении нагрузки на сеть растёт вероятность взаимной блокировки станций друг другом, а в случае худшего развития этой ситуации реальная пропускная способность сети может упасть до нуля. Данный недостаток был главным препятствием на пути использования Ethernet в ответственных применениях. Кардинальным способом решения проблемы стало введение полнодуплексного режима обмена данными, при котором вследствие физического разделения каналов приема и передачи становятся невозможными сами колли-

зии. Помимо этого, применение полнодуплексного режима обмена позволяет теоретически удвоить пропускную способность канала.

Несмотря на то, что стандарт Ethernet одинаков как для офисных, так и для промышленных сетей, требования к каналообразующей аппаратуре в обоих случаях существенно разнятся. Промышленные условия предъявляют значительно более жесткие требования к надежности, диапазону рабочих температур, устойчивости к электромагнитным помехам, вибрационным и иным видам нагрузок.

Ниже приведены функции некоторых типовых узлов, применяющихся как при построении сети Ethernet, так и при применении других стандартов.

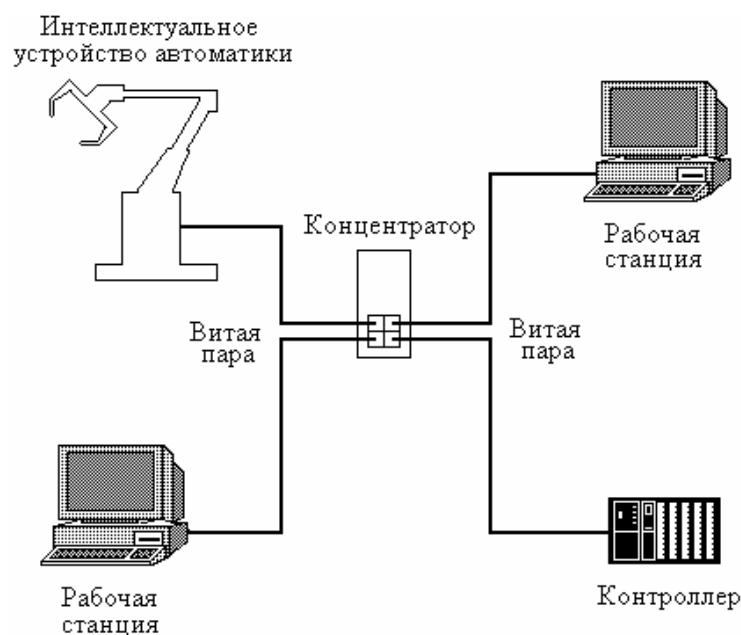
Повторитель предназначен для соединения разнородных сегментов сети Ethernet и преодоления проблем, связанных с ограничениями длины сегмента кабеля. Повторители представляют собой устройства с двумя портами (рис. 2.16).



Р и с. 2. 16. Пример топологии сети Ethernet с использованием повторителей

В соответствии со стандартом IEEE 802.3 повторители осуществляют постоянный контроль состояния подключенных сегментов путем передачи в линию специальных служебных сигналов (при отсутствии информационных пакетов); если повторитель не получает по какому либо порту таких сигналов, то фиксируется обрыв линии.

Концентратор – это много портовый повторитель сетевого интерфейса с равноправными портами (рис. 2.17). Получив сигнал от одной из подключенных к нему станций, концентратор транслирует его на все свои активные порты. Концентраторы можно использовать как автономные устройства или соединять друг с другом, увеличивая тем самым размер сети и создавая более сложные топологии. Их основное назначение – объединение отдельных рабочих мест в рабочую группу в составе локальной сети. Концентраторы работают на физическом уровне (уровень 1 базовой эталонной модели OSI) и не чувствительны к протоколам верхних уровней. К их задачам относятся: фазовая и временная синхронизация получаемых пакетов данных; удаление пакетов некорректной длины, которые могут появляться в результате коллизий; обработка коллизий в соответствии со стандартом IEEE 802.3.



Р и с. 2.17. Пример топологии сети Ethernet с использованием концентратора

Коммутаторы являются более интеллектуальными, чем концентраторы, устройствами. Коммутатор Ethernet поддерживает внутреннюю таблицу соответствия портов адресам подключенных к ним сетевых узлов. Эту таблицу администратор сети может создать самостоятельно или задать режим её автоматического формирования встроенными средствами устройства. Используя таблицу адресов и содержащийся в передаваемом пакете адрес получателя, коммутатор направляет полученный пакет только в тот порт, где находится адресат. Исключение делается только в случае широковещательных рассылок или при передаче пакетов с неизвестным адресом получателя, которые рассылаются по всем подключенным соединениям. На основе описанной процедуры коммутатор фактически выполняет важнейшую функцию сегментирования сети Ethernet, что в конечном счёте значительно расширяет её суммарную пропускную способность. В современных коммутаторах передача данных между любыми парами портов происходит независимо и, следовательно, для каждого виртуального соединения выделяется вся полоса канала. Скорость соединения определяется автоматически и не требует вмешательства обслуживающего персонала.

7.3 Общие проблемы применения ЦПС

Приведенные выше примеры ЦПС описывают сетевые решения, получившие на сегодняшний день широкое признание: это миллионы совместимых оконечных устройств и десятки производителей, выпускающих аппаратные средства построения сетей. Сейчас уже очевидно, что ни одна из существующих ныне ЦПС не станет единственной, похоронив все остальные. Многообразие требований автоматизируемых технологических процессов не может быть удовлетворено универсальным и экономически оптимальным решением. Во-

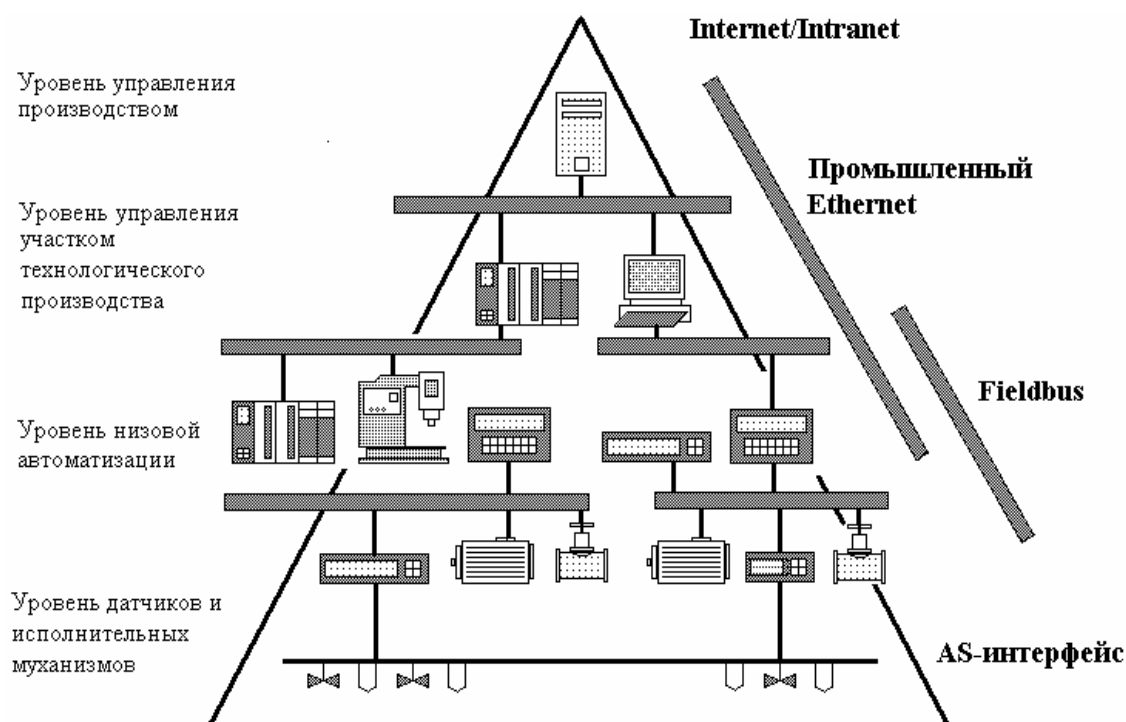
прос должен ставиться несколько иначе: только грамотное структурирование комплекса АСУ ТП и выбор оптимальных решений для конкретных технологических участков может обеспечить прорыв предприятия на новый уровень качества и эффективности производства.

Системы АСУ ТП редко делаются раз и навсегда; как правило, их состав и структура подвержены коррекции в силу изменяющихся требований производства. Если переконфигурация системы осуществляется на уровне программного обеспечения и занимает минимальное время. Другая проблема, связанная с развитием системы АСУ ТП, заключается в необходимости применять оборудование различных производителей. На ранних этапах развития ЦПС вопрос совместимости протоколов, заложенных в интеллектуальные оконечные устройства, стоял очень остро. Сейчас практически все широко распространенные решения в этой сфере стандартизованы, что позволяет разработчикам АСУ ТП выбирать оборудование из широкого спектра поставщиков, оптимизируя стоимость проекта и его технологическую структуру.

В зависимости от места ЦПС в иерархии промышленного предприятия требования к ее функциональным характеристикам будут различны.

Иерархия АСУ ТП обычно представляется в виде «четырёхэтажной» пирамиды (рис. 2.18) Ее составляют уровни управления (сверху вниз):

- :производством (предприятием);
- :технологическим процессом (участком);
- :устройствами (линиями, станками);
- :отдельными датчиками и исполнительными механизмами.



Р и с. 2.18. Иерархия АСУ ТП и промышленных сетей

На уровне управления предприятием располагаются обычные IBM PC совместимые компьютеры и файловые серверы, объединенные локальной сетью. Задача вычислительных систем на этом уровне – обеспечение визуального контроля основных параметров производства, построение отчетов, архивирование данных.

На уровне управления технологическим процессом осуществляется текущий контроль и управление либо в ручном режиме с операторских пультов, либо в автоматическом по заложенному алгоритму. На этом уровне выполняется согласование параметров отдельных участков производства, отработка аварийных и предаварийных ситуаций, параметризация контроллеров нижнего уровня, загрузка технологических программ, «ручная» выдача команд на исполнительные механизмы.

На уровне управления устройствами располагаются контроллеры, осуществляющие непосредственный сбор данных и управление оконечными устройствами – датчиками и исполнительными механизмами. Данные, которыми контроллер обменивается с оконечным устройством, обычно имеют дискретность 1-2 байта, а требования к скорости опроса устройств наиболее жесткие – не более 10 мс.

На рис. 2.18 продемонстрированы не только различные уровни иерархии АСУ ТП, но и сети, получившие на этих уровнях наибольшее распространение.

Тенденции последних лет сделали эту стройную структуру значительно более сложной, а местами и размытой. Это определяется следующими факторами:

- АСУ ТП все более интегрируется с АСУП, а через нее неизбежно выходит в сферу интернет-технологий. Сегодня уже никого не удивляет желание руководителей предприятия иметь текущую производственную информацию не только в своем кабинете, но и в филиалах или в любой точке мира.

- Значительные успехи демонстрирует так называемый промышленный Ethernet, который доказал свою состоятельность и перспективность для задач интеграции отдельных участков АСУ ТП в единую структуру и построения ЦПС и который поддерживается все возрастающей номенклатурой аппаратно-программных средств, соответствующих не только стандарту Ethernet, но и жестким требованиям производственной сферы.

- Все более расширяется сектор ЦПС, применяемых во взрывоопасных зонах на предприятиях химической, нефтегазовой и других отраслей с опасными условиями производства.

8. УСТРОЙСТВА СВЯЗИ С ОБЪЕКТАМИ

Неотъемлемой частью любой автоматизированной системы управления технологическим процессом являются устройства связи с объектом (далее – УСО), назначение которых заключается в сопряжении датчиков аппаратуры и

исполнительных механизмов контролируемого объекта и/или технологического процесса с вычислительными средствами системы. Как правило, на УСО возлагаются следующие функции:

- : Нормализация аналогового сигнала – приведение границ шкалы первичного непрерывного сигнала к одному из стандартных диапазонов входного сигнала аналого-цифрового преобразователя измерительного канала.

- : Предварительная низкочастотная фильтрация аналогового сигнала – ограничение полосы частот первичного непрерывного сигнала с целью снижения влияния на результат измерения помех различного происхождения. На промышленных объектах наиболее распространены помехи с частотой сети переменного тока, а также хаотические импульсные помехи, вызванные влиянием на технические средства измерительного канала переходных процессов и наводок при коммутации исполнительных механизмов повышенной мощности.

- : Обеспечение гальванической изоляции между источником аналогового или дискретного сигнала и измерительным и/или сетевым каналом системы. В равной степени это относится к изоляции между каналами дискретного вывода системы и управляемым силовым оборудованием. Гальваническая изоляция позволяет снизить влияние на систему помех по цепям заземления за счет их разделения, а также обеспечивает защиту входных и выходных цепей от аварийного попадания на них высокого напряжения. Отсутствие гальванической изоляции допускается только в технически обоснованных случаях.

Помимо перечисленных функций, ряд устройств связи с объектом может выполнять более сложные задачи за счет наличия в их составе подсистемы аналого-цифрового преобразования и дискретного ввода/вывода, микропроцессора и средств организации одного из интерфейсов последовательной передачи данных.

Использование конструктивно законченных типовых модулей устройств связи с объектом, предлагаемых различными производителями, позволяет сократить сроки разработки и ввода в эксплуатацию АСУ ТП, повысить их надежность и упростить обслуживание.

8.1 Нормирующие преобразователи

Основными функциями нормирующих преобразователей являются приведение границ параметров первичного сигнала датчика к одному из стандартных диапазонов, принятому для входного сигнала измерительного средства, и согласование стандартного диапазона выходного сигнала управляющего элемента с видом (ток/напряжение) и диапазоном входного сигнала исполнительного устройства. Дополнительными функциями устройств нормализации, как правило, являются предварительная фильтрация первичных сигналов, а также обеспечение надежной гальванической развязки между первичными измерительными или исполнительными цепями и соответствующими цепями контроля или управления более высокого уровня АСУ ТП.

Нормирующие преобразователи относятся к классу аналоговых модулей УСО. Они должны обладать большой точностью, хорошей линейностью и

обеспечивать достаточно высокое напряжение изоляции. Кроме того, желательными являются работа с различными источниками входных сигналов (токи, напряжения, сигналы от терморезисторов, термопар и т. д.), возможность быстрой замены при выходе из строя и низкая стоимость.

Учитывая возросшие возможности современных датчиков, может показаться, что для нормализаторов настало время «уходить со сцены». Однако, это не представляется таким уж однозначным. Перечислим основные причины, которые будут определять востребованность элементов нормализации еще долгие годы.

Во-первых, существует много производств, до сих пор использующих огромный парк первичных датчиков – термопары, терморезисторы и т. д., выходные сигналы которых не унифицированы и нуждаются в согласовании перед использованием в системе управления. При модернизации таких производств с целью повышения точностных характеристик системы управления, экономически оправданной, в первую очередь, оказывается замена именно элементов нормализации, так как тотальная замена первичных датчиков на датчики интегральные ведёт к существенным издержкам, связанным с дорогостоящими монтажными работами (сложный демонтаж, несовпадение габаритов старого и нового оборудования, необходимость прокладки новых коммуникационных каналов, соответствующих современным спецификациям промышленных интерфейсов и т. д.).

Во-вторых, большинство аппаратуры, используемой в системах автоматизации производства, является универсальной (платы ввода/вывода, устанавливаемые в промышленные компьютеры, контроллеры в распределенных системах управления и т. д.), то есть имеет входы/выходы со стандартными (нормализованными) уровнями и диапазонами сигналов, и при подключении нестандартных сигналов нуждается в использовании определённых средств согласования.

В-третьих, применение нормирующих преобразователей позволяет упростить построение систем с дублированием каналов обработки сигналов от одного первичного датчика при распараллеливании его выходного сигнала.

В-четвёртых, являясь, как правило, одноканальными, элементы нормализации при построении управляющих систем помогают реализовать фундаментальный принцип модульности аппаратуры, минимизируя информационные (и финансовые) потери в системе при выходе нормализатора из строя и облегчая ремонт.

В-пятых, внешний элемент нормализации, выполненный, как правило, на основе специализированной микросхемы или полупроводникового реле для случая дискретного сигнала, по сравнению с платой изолированного ввода/вывода, устанавливаемой в слот компьютера, обеспечивает более качественную гальваническую развязку и более эффективно устраняет возможное влияние сильноточных или высоковольтных входных сигналов на аппаратуру системы.

Характеристики модулей нормализации определяются большим числом параметров. Перечислим и рассмотрим основные из них.

Основными характеристиками нормализаторов, конечно, являются **вид входного и выходного сигнала** – он может представляться как током, так и напряжением, а также **диапазоны входного и выходного сигнала** – традиционные значения диапазонов по напряжению: 0...10В, 0...1В, 0...5В, $\pm 1В$, $\pm 5В$, $\pm 10В$; по току 0...20мА, 4...20мА.

Кроме этого существует значительное количество характеристик, определяющих точностные характеристики и степень защищенности от помех.

Выходной сигнал инструментального (измерительного) усилителя может быть искажён из-за влияния помех на его входе. Принято различать поперечные помехи, называемые также помехами нормального вида (Noise Normal-Mode), и продольные помехи, именуемые помехами общего вида (Noise Common-Mode). **Поперечные помехи** действуют между входными зажимами измерительного усилителя наряду с входным сигналом. **Продольные помехи** действуют между входными зажимами измерительного усилителя и землей и в общем случае являются следствием электрической связи источника сигнала и измерительного усилителя с землей через комплексные сопротивления. Разность потенциалов «земель», обусловленная блуждающими токами и определяет возникновение в измерительном контуре дополнительного источника напряжения продольной помехи, суммируемого с напряжением измеряемых сигналов датчика. Напряжение поперечной помехи можно привести к напряжению поперечной помехи – учитывая, что проводники, соединяющие датчик и измерительный усилитель, имеют конечное сопротивление, на входе измерительного усилителя получим напряжение пропорциональное отношению сопротивления проводника к сумме комплексных сопротивлений электрических связей с землей, внутреннего сопротивления источника продольной помехи и сопротивления проводника. Методом борьбы с продольной помехой является реализация гальванической развязки между входной и выходной цепями измерительного усилителя.

Полоса пропускания (Bandwidth) – это диапазон частот, для которого величина передаточной функции составляет не меньше 70,7% от своего максимального значения.

Время отклика (Response Time) – время, необходимое измерительной системе (прибору), чтобы изменение входного измеряемого сигнала достигло на выходе 90% от своего входного значения.

Нелинейность (Nonlinearity). Линейность системы предполагает, что выходной сигнал прямо пропорционален входному сигналу (чувствительность системы не зависит от значения измеряемой величины), то есть график зависимости выходной величины от входной измеряемой величины представляет собой прямую линию с определённым углом наклона. В реальных устройствах отмечаются отклонения этой зависимости от идеальной линейной характеристики. Разность между реальным значением величины и теоретическим значением, полученным при предположении, что система измерения линейна, определяет такую характеристику, как нелинейность систем.

Подавление помехи нормального вида (NMR – Normal-Mode Rejection). На входе инструментального усилителя на постоянную составляющую сигнала датчика накладывается переменная составляющая помехи. Величина, характе-

ризующая степень уменьшения влияния переменного сигнала помехи нормального вида на значение выходного сигнала и приводимая в децибелах для конкретного значения частоты (например, для частоты силовой цепи питания 50 или 60 Гц), называется подавлением помехи нормального вида.

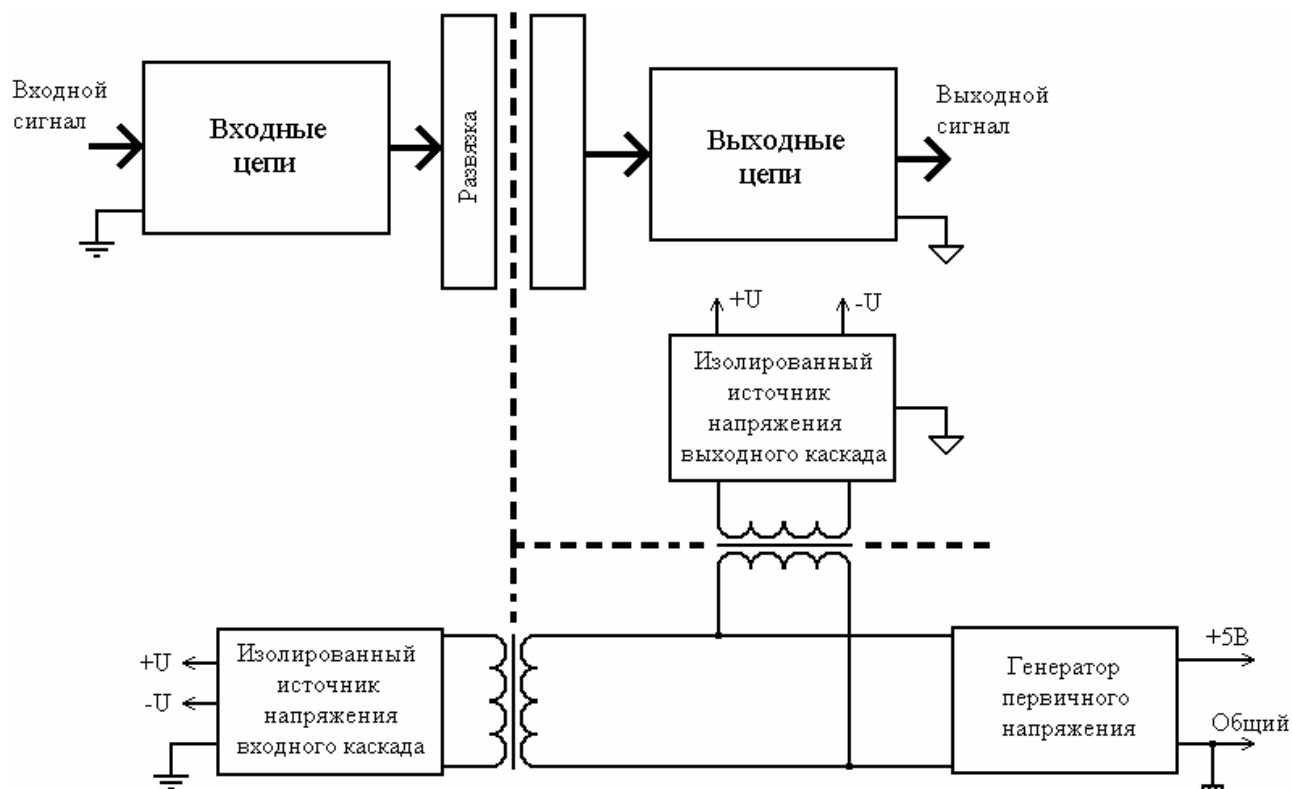
При реализации в измерительном приборе аналого-цифрового преобразования входного сигнала проблема устранения влияния переменной составляющей помехи нормального вида во входном сигнале решается изменением времени интегрирования (выбирается кратным периоду предполагаемой помехи), а при отсутствии такой возможности – использованием фильтров.

Подавление помехи общего вида (CMR – Common-Mode Rejection) – выраженная в децибелах величина отношения коэффициента передачи дифференциального сигнала к коэффициенту передачи синфазного сигнала (основной измеряемый сигнал – это дифференциальный сигнал на входе инструментального операционного усилителя, помеха наводится одновременно на оба входа и имеет равную величину). На этой характеристике стоит остановиться более подробно. Основным элементом входной цепи нормализатора является инструментальный операционный усилитель (ОУ). При подаче на оба входа ОУ (прямой и инверсный) напряжений равной величины на выходе должно быть нулевое напряжение. Но это только теоретически; на практике при подключении к входам ОУ синфазного напряжения на его выходе появляется напряжение, отличное от нуля. Существует такая характеристика ОУ, как коэффициент ослабления синфазного сигнала (CMRR), равный отношению коэффициента усиления дифференциального сигнала к коэффициенту усиления синфазного сигнала. Эта характеристика, выраженная в децибелах по отношению к входу и выходу нормализатора, и есть CMR.

Учитывая, что основным видом синфазного напряжения для нормализаторов является синфазная помеха с частотой промышленной сети, показатель ослабления синфазного сигнала приводится для частоты 50 или 60 Гц. Этот показатель очень важен для обеспечения точностных характеристик нормализатора. Чем выше значение CMR, тем лучше параметры инструментального усилителя и, следовательно, точностные характеристики нормализатора в целом.

Трехуровневая (трехсторонняя) изоляция (3-Way Isolation). Нормализаторы проектируются как развязывающие, или изолированные усилители. Подобные требования диктуются областью их применения: например, в медицине, где датчиками служат электроды, прикладываемые к телу человека, большая прочность изоляции необходима по соображениям безопасности, а необходимость изоляции на производстве связана с высокими значениями синфазных напряжений.

Блок-схему развязывающего усилителя можно представить как совокупность входного и выходного каскадов, цепей питания и развязки (рис. 2.19).



Р и с. 2.19. Организация трехуровневой (трехсторонней) изоляции

Отличительной особенностью развязывающих усилителей является обеспечение раздельного питания входного и выходного каскадов, осуществляемого через разделительный трансформатор. При этом сигнал от входного к выходному каскаду может передаваться тремя способами: через трансформаторную, оптическую или ёмкостную связь. Метод передачи сигнала – это, как правило, модуляция/демодуляция (амплитудная, широтно-импульсная или частотная) и линеаризующая обратная связь. При ёмкостной связи, например, модулированный сигнал передается через ёмкость небольшого номинала (порядка единиц пикофард) для обеспечения ограничения переменного синфазного напряжения.

Нормализаторы выполняются в виде конструктивно законченных типовых модулей, которые как правило, устанавливаются в специализированные платы, имеющие клеммные соединители для подвода внешних цепей. Такие платы называют монтажными панелями или оптопанелями. Конструктивные особенности модулей и монтажных панелей дают возможность быстро производить диагностику и замену вышедших из строя модулей.

Дальнейшее рассмотрение подходов к построению нормализаторов, их параметров, конструктивов будет вестись на примере конкретных изделий фирм, специализирующихся на выпуске таких устройств.

Одним из таких производителей является американская компания Dataforth. Для использования в системах промышленной автоматизации она предлагает широкий набор изолированных модулей нормализаторов аналоговых сигналов серий SCM5B, SCM7B, DSCA и DSCT. Внешний вид нормализаторов серий SCM5B, SCM7B и монтажных панелей для них показан на рис. 2.20.



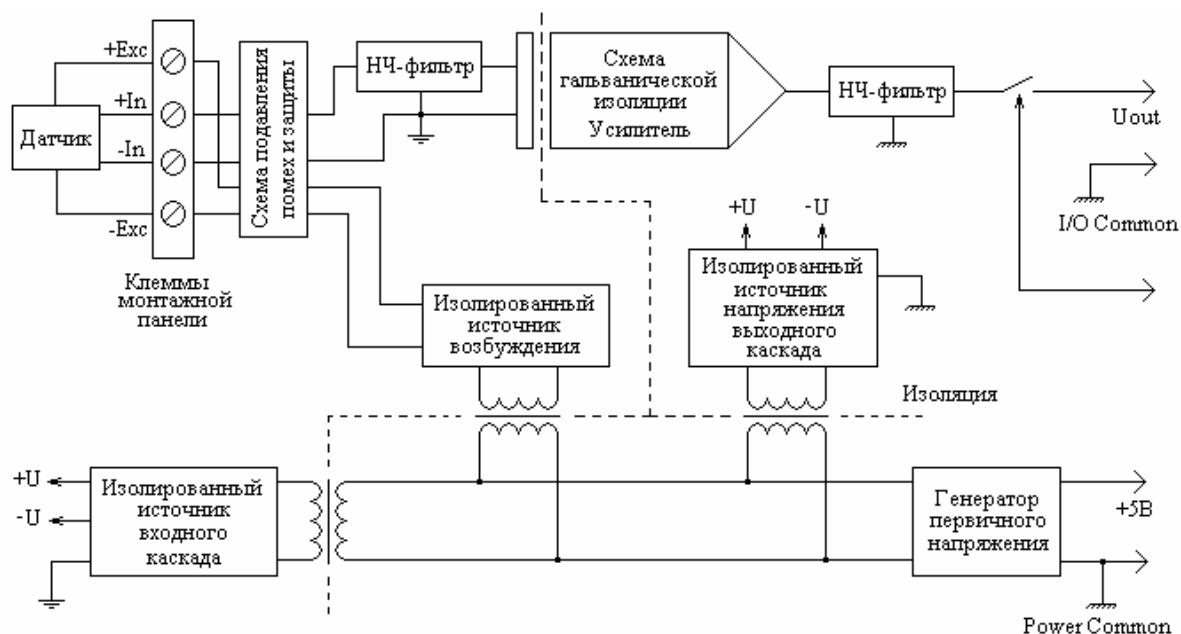
Р и с. 2.20. Пример внешнего вида нормализаторов и монтажных панелей

Каждый такой модуль поддерживает отдельный канал изолированного аналогового ввода или вывода. Все модули Dataforth помещены в прочный пластиковый корпус. Форм-фактор этих модулей и функциональная эквивалентность позволяют использовать их вместо или совместно с аналогичными изделиями других производителей. Кроме самих модулей, данные серии включают адресуемые и неадресуемые, одиночные и двойные, 8- и 16-канальные установочные панели, со встроенными температурными датчиками компенсации холодного спая или без них, кабели, металлические монтажные каркасы, универсальные интерфейсные платы, модули для прямой коммутации входа/выхода на установочной панели, предохранители, прецизионные резисторы и т. д.

Входные модули обеспечивают интерфейс со всеми типами внешних датчиков. Модули фильтруют, изолируют, усиливают и преобразуют входной сигнал к выходному аналоговому сигналу тока/напряжения с диапазонами изменения, принятыми в измерительной технике. Входные аналоговые сигналы могут быть представлены напряжением или током с узкой или широкой полосой пропускания, сигналами от термопары, терморезистора, измерительного потенциометра, датчика деформации или частоты.

Модули вывода принимают аналоговый сигнал тока или напряжения от системы управления, буферизуют, изолируют, при необходимости усиливают и обеспечивают выходным управляющим током или напряжением исполнительные устройства.

Структурный состав модулей показан на примере нормализатора SCM5B43 на рис. 2.21.



Р и с. 2.21. Пример структуры нормализатора с трехуровневой изоляцией (SCM5B43 фирмы Datafornh)

Учитывая высокие точностные показатели, трёхуровневую трансформаторную изоляцию, фильтрацию входного сигнала, диапазоны входного и выходного сигнала, диапазон питающего напряжения (номинал 24 В), систему крепления и малые габаритные размеры, можно определить основную сферу применения данных модулей – функциональные узлы нормализации сигналов в распределенных измерительных системах и системах управления предприятиями с высоким уровнем промышленных помех.

В части электромагнитной совместимости модули соответствуют европейским нормативным требованиям для применения в тяжёлых промышленных условиях. Среднее время безотказной работы, рассчитанное по результатам стресс-теста, составляет от 468000 до 740000 часов. Стопроцентный выходной контроль на производстве дополняется выдачей паспорта на каждое изделие, где указываются характеристики точности конкретного модуля.

Общие характеристики для модулей SCM5B, SCM7B, DSCA и DSCT приведены в табл.2.2.

Т а б л и ц а 2.2.
Общие характеристики модулей SCM5B, SCM7B, DSCA и DSCT

Гальваническая изоляция	до 1500 В
Типовая точность измерений	0,02-0,05%
Подавление помехи общего вида (CMR)	160 дБ
Подавление помехи нормального вида (NMR) на частоте 60 Гц	80 - 95 дБ
Диапазон рабочих температур	-40...+85°C

Помимо этого, модули данных серий имеют такие общие особенности, как защита от скачков напряжения, низкий уровень шума на выходе, высокая стабильность параметров в течение длительного времени, возможность монтажа установочных панелей с модулями на DIN-рельс.

В состав серий SCM5B, SCM7B, DSCA и DSCT входят следующие типы модулей:

- : с потенциальным входом;
- : с токовым входом (внешний резистор);
- : с токовым входом (внутренний резистор);
- : для подключения терморезисторов, линеаризованные, 2- или 3-проводные;
- : для подключения терморезисторов, линеаризованные, 4-проводные;
- : с потенциометрическим входом;
- : для подключения линейных датчиков на основе дифференциального трансформатора;
- : для подключения термопар;
- : для подключения датчиков деформации;
- : с токовым выходом;
- : для управления сервоприводом;
- : 2-проводные интерфейсные (питание от токовой петли);
- : с частотным входом;
- : для подключения термопар, линеаризованные;
- : с потенциальным выходом.

Линеаризованные модули для подключения термопар используют десяти-сегментную аппаратную линеаризацию.

Основное назначение изделий серии DSCL – гальваническая изоляция уже нормализованного выходного сигнала датчика от измерительного входа системы. Наличие такой изоляции предупреждает возможность возникновения проблемы «земляной петли». Отдельные изделия позволяют при этом преобразовать вид входного сигнала (ток-напряжение, напряжение-ток). Характер преобразования вида входного сигнала может определяться заводской установкой или назначаться пользователем посредством позиционирования переключателя.

В серии DSCL представлены как одноканальные, так и многоканальные устройства. Многоканальные модули могут быть использованы как разветвители одного входного сигнала на несколько гальванически развязанных выходов и благодаря этому применяться для построения резервированных систем контроля производственных процессов. Питание изоляторов-преобразователей осуществляется либо от источника входного сигнала (максимальный потребляемый ток 50 мА, максимальное входное напряжение 18/24 В), либо от внешнего источника питания 12...30 В или внешнего универсального источника 24...60 В постоянного тока, от сети переменного тока 185...230 В.

Для динамично перестраиваемых производств, а также тестового и измерительного оборудования, где требуется высокая гибкость, вызванная частым изменением поддиапазонов измеряемых параметров, заменой датчиков, изме-

нениями измерительного диапазона либо даже типа входного сигнала, фирма Dataforth выпускает преобразователи серий DSCP20, DSCP80, DSCP81, SCTP20.

Главной особенностью этих изделий является перепрограммируемость входных и выходных параметров преобразователей (рис. 2.22). Модули DSCP20, DSCP80, SCTP20 реализуют интерфейс со всеми стандартными типами термопар и терморезисторов, модуль DSCP81 предназначен для приема входных сигналов тока и напряжения. Модули DSCP20, DSCP80, SCTP20 отслеживают состояние обрыва и короткого замыкания по входу. Модуль DSCP81 имеет релейный выход с большой нагрузочной способностью (до 2 А при напряжении 250 В переменного тока или 125 В постоянного тока); другой особенностью является то, что светодиод питания может извещать миганием о выходе за пределы измерительного диапазона входного сигнала.

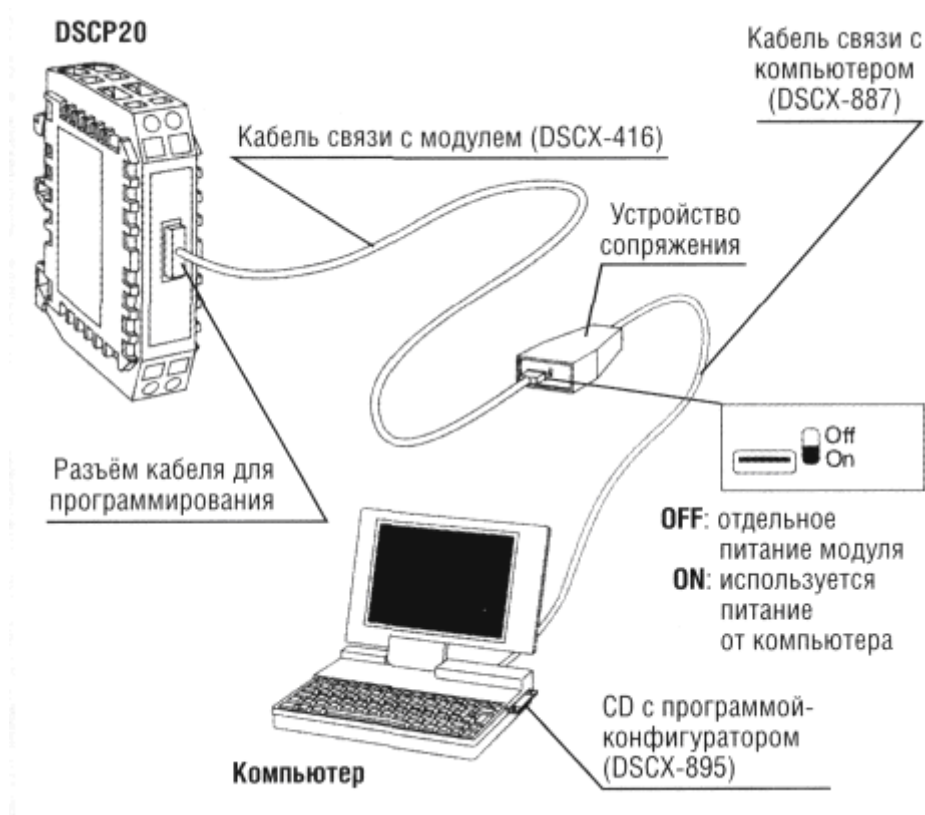


Рис. 2.22. Схема коммутации оборудования для программирования модуля DSCP20.

Для реализации возможности программирования поставляются комплект программных продуктов DSCX-895, устанавливаемый на персональном компьютере, для преобразователей DSCP20, DSCP80, SCTP20 и программа-конфигуратор DSCX-557 для DSCP81. Программные продукты имеют удобный пользовательский интерфейс с графическими подсказками о последовательности подключения клемм при различных конфигурациях используемых датчиков, поддерживают опции по редактированию в графическом виде выходных характеристик преобразователей и обеспечивают возможность назначения пароля для блокирования несанкционированного изменения установленных зна-

чений. Для соединения преобразователей с компьютером необходимо приобрести два кабеля (рис. 2.22). Один из них – для подключения к устройству сопряжения со стороны компьютера (DSCX-887 для изделий DSCP20, DSCP80, SCTP20 и DSCX787 для DSCP81), а второй – для подключения со стороны преобразователя (DSCX-416 для DSCP20 и DSCP80, DSCX-440 для SCTP20, DSCX-587 для DSCP81).

Известным производителем средств для построения систем автоматизации является компания Advantech. В этой книге уже были и еще будут приводиться примеры ее продукции. Хорошо известны выпускаемые этой компанией модули нормализации и гальванической развязки серии ADAM-3000.

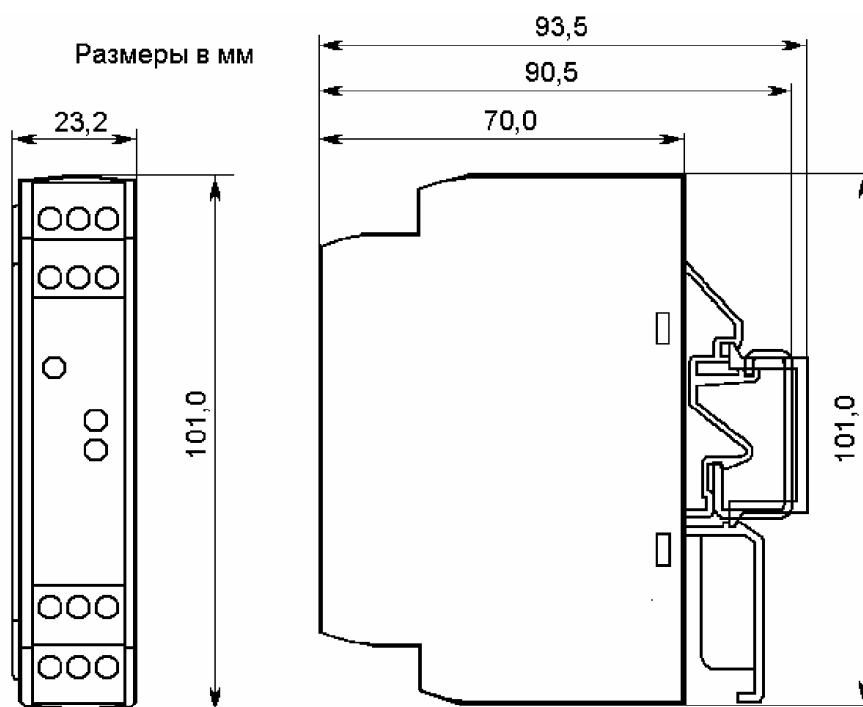
Модули серии ADAM-3000 предназначены для нормализации аналоговых сигналов датчиков и гальванической изоляции каналов аналогового ввода/вывода информационно-измерительных систем и систем управления. Каждый модуль представляет собой функционально законченное устройство, заключенное в пластмассовый корпус и оснащенное клеммными соединителями с винтовой фиксацией для подключения входных и выходных цепей. Внешний вид модуля и способы его установки показаны на рис. 2.23. Габаритные размеры модулей показаны на рис. 2.24.



Р и с. 2.23. Внешний вид и подключение модулей ADAM-3000

Модули серии ADAM-3000 имеют ряд отличий от изделий аналогичного на значения других производителей:

- : для установки модулей не требуется специальных объединительных плат (установка производится на стандартный несущий DIN-рельс 37,5 мм);
- : тип и диапазон входного сигнала задаются при помощи миниатюрных переключателей, расположенных под монтажным кронштейном;



Р и с. 2. 24. Габаритные размеры модулей серии ADAM-3000.

Модули имеют относительно невысокую стоимость. Питание модулей осуществляется напряжением 24 В постоянного тока. Диапазон рабочих температур от 0 до 70°C (кроме ADAM-3011).

В целом фирма Advantech выпускает более двух десятков различных типов модулей нормализаторов. Состав основных модулей серии ADAM-3000 продемонстрирован таблицей 2.3.

Т а б л и ц а 2.3.
Состав серии ADAM-3000

ADAM 3011	Нормализатор сигналов термопар
ADAM 3012	Модуль гальванически изолированного аналогового
ADAM 3013	Нормализатор сигналов термометров сопротивления
ADAM 3014	Нормализатор аналоговых сигналов
ADAM 3016	Нормализатор сигналов тензодатчика
ADAM 3112	Нормализатор сигналов переменного напряжения
ADAM 3114	Нормализатор сигналов переменного тока
ADAM 3021	Модуль гальванически изолированного аналогового

В качестве конкретных примеров ниже приведены параметры двух модулей ADAM-3012 и ADAM-3011

Модуль гальванически изолированного аналогового ввода ADAM-3012.

Параметры входа в режиме измерения напряжения:

- диапазон входного сигнала в режиме дифференциального ввода: ± 10 мВ, ± 50 мВ, ± 500 мВ, $\pm 2,5$ В, ± 5 В;

- диапазон входного сигнала в режиме однополярного ввода: 0...20 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 В, 0...10 В;
- входное сопротивление 800 кОм;
- полоса пропускания 5 Гц или 1000 Гц (устанавливается при помощи переключателя).

Параметры входа в режиме измерения тока:

- диапазон входного сигнала в режиме дифференциального ввода: ± 20 мА;
- диапазон входного сигнала в режиме однополярного ввода: 0...20 мА;
- входное сопротивление 250 Ом.

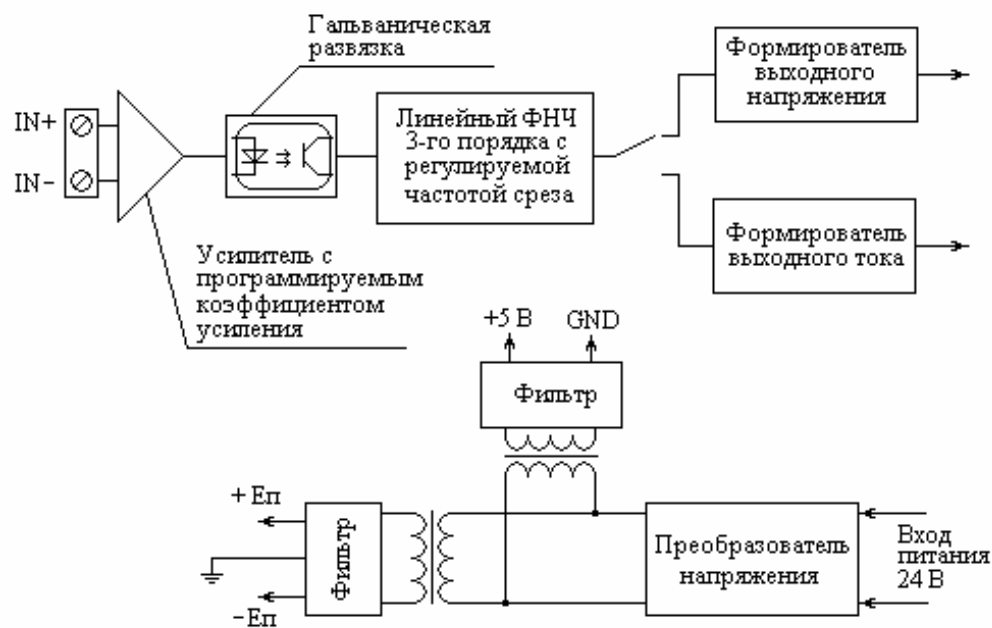
Параметры выхода в режиме формирования напряжения:

- диапазон выходного сигнала в режиме дифференциального вывода ± 5 В;
- диапазон выходного сигнала в режиме однополярного вывода 0...10 В;
- выходное сопротивление не более 50 Ом;
- максимальный ток нагрузки 10 мА.

Параметры выхода в режиме формирования тока:

- диапазон выходного сигнала 0...20 мА;
- сопротивление нагрузки от 0 до 500 Ом;
- напряжение изоляции 1000 В постоянного тока;
- основная погрешность не хуже $\pm 0,1\%$ полной шкалы;
- температурный коэффициент смещения нуля $\pm 177,7$ мкВ/°С;
- коэффициент ослабления синфазной составляющей помехи на 50 Гц не менее 100 дБ;
- потребляемая мощность 0,85 Вт.

О внутренней структуре модуля можно судить по рис. 2.25.



Р и с. 2. 25. Структурная схема модуля ADAM-3012

Модуль гальванически изолированного ввода сигнала термопары ADAM-3011

Типы термопар, диапазоны измерения температуры и абсолютная погрешность при нормальных условиях:

J	0...760°C ($\pm 2^\circ\text{C}$),
K	0...1000°C ($\pm 2^\circ\text{C}$),
T	-100...400°C ($\pm 2^\circ\text{C}$),
E	0...1000°C ($\pm 2^\circ\text{C}$),
R	500...1750°C ($\pm 4^\circ\text{C}$),
S	00...1750°C ($\pm 4^\circ\text{C}$),
B	00...1800°C ($\pm 4^\circ\text{C}$);

- диапазон выходного напряжения 0...10 В;
- выходное сопротивление 0,5 Ом;
- напряжение изоляции 1000 В постоянного тока;
- коэффициент ослабления синфазной составляющей помехи на 50 Гц не менее 115 дБ;
- диапазон рабочих температур от 0 до 50°C;
- потребляемая мощность 1,4 Вт.

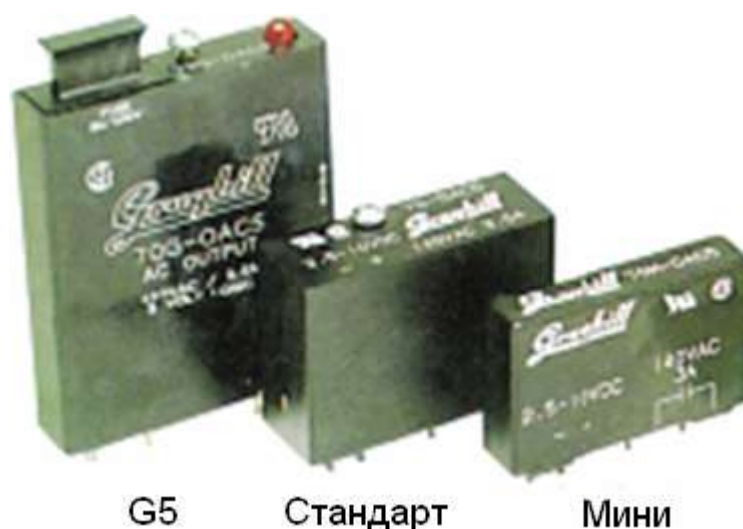
8.2. Дискретные модули УСО

Входные дискретные модули УСО обеспечивают опрос датчиков с релейным выходом, концевых выключателей, контроль наличия в цепи напряжения, тока и т. п., а **выходные дискретные модули** формируют сигналы для управления пускателями, двигателями и прочими устройствами. Очевидно, что все дискретные УСО должны иметь высокую надежность и обеспечивать достаточное напряжение изоляции между входными и выходными цепями. Кроме того, входные УСО должны обладать минимальным временем переключения, а выходные – обеспечивать коммутацию как можно более высоких напряжений и токов и вносить при этом минимум искажений, связанных с переходными процессами, в коммутируемую цепь.

Простейшим устройством гальванической развязки является электромагнитное реле. Реле, как правило, инерционны, имеют относительно большие габариты и обеспечивают ограниченное число переключений при достаточно высоком потреблении энергии. Бурное развитие микроэлектроники привело к широкому распространению компонентов, обеспечивающих оптическую развязку между цепями. УСО, построенные с использованием такой развязки, являются недорогими, высоконадежными и быстродействующими. Кроме того, они характеризуются высоким напряжением изоляции и низкой потребляемой мощностью.

Рассмотрение дискретных УСО будет проведена на примере дискретные модулей фирмы Grayhill. Эти устройства конструктивно выполнены в виде монолитных узлов трех различных типоразмеров (рис. 2.26):

- : **G5** (48,3×55,9× 11,7 мм);
- : **стандарт** (43,2×31,8×15,2 мм);
- : **мини** (43,2×25,4×10,2 мм).



Р и с. 2.26. Внешний вид моделей дискретных модулей Grayhill

Модули **стандарт** и **G5** содержат крепежный винт. Модули **стандарт** и **мини** имеют одинаковое расположение внешних выводов и могут монтироваться на одну и ту же монтажную панель. Модули содержат светодиодный индикатор состояния, встроенный предохранитель для выходных модулей. Внешний вид моделей показан на рис В таблице 2.4 приведена номенклатура и характеристики для входных дискретных моделей, а в таблице 2.5 – для выходных модулей

Т а б л и ц а 2.4.

Номенклатура и характеристики входных дискретных моделей Grayhill

Тип модуля G5	Входное напряже- ние, В	Входное сопротивле- ние, кОм	Выходной логический уровень, В	Выходной ток, мА	Напряжение изоляции,кВ	Макс. время вкл\выкл., мс
Модули дискретного ввода (переменный ток)						
706-1 AC 5	90-140	22	4, 5,, 6	10	4	20\20
70G-IAC5A	180-280	60	4,5...,6	10	4	20\20
70G-IAC15	90-140	22	10...18	10	4	20\20
70G-IAC15A	180-280	60	10...18	10	4	20\20
70G-IAC24	90-140	22	17...30	10	4	20\20
70G-IAC24A	180-280	60	17...30	10	4	20\20
Модули дискретного ввода (постоянный ток)						

70G-IDC5	2...32	1,8	4,5...6	10	4	0,2\0,4
70G-IDC5B	3...32	1,8	4,5...6	18	4	0,05\0,075
70G-IDC5D	2,5...28	1,2	4,5...6	10	4	0,05\0,075
70G-IDC15	3...32	1,8	10...18	10	4	0,2\0,4
70G-IDC24	3...32	1,8	17...30	10	4	0,2\0,4
70G-IDC5G	35...60	10	3...6	10	4	10\10
70G-IDC5NP	15...32	1,8	3...6	10	4	5\5
70G-IDC15NP	15...32	1,8	10...18	10	4	5\5
70G-IDC24NP	15...32	1,8	15...30	10	4	5\5
Дискретные модули ввода для работы с сухим контактом						
706-IDC5S	-	-	4,5...6	41	2,5	3\3
7QG-IDC24S	-	-	15...30	41	2,5	3\3

Т а б л и ц а. 2.5.

Номенклатура и характеристики выходных дискретных моделей Grayhill

Тип модуля G5	Коммути- руемое на- пряжение, В	Коммути- руемый ток, А	Входной логический уровень, В	Входной ток, мА	Напряже- ние изо- ляции, кВ	Макс. время вкл\выкл., мс
Модули дискретного вывода(переменный ток)						
7 OG-OAC 5	24-140	3,5	2,5...10	20	4	10 (50 Гц)
7QG-GAC5A	24-280	3,5	2,5...10	20	4	10 (50 Гц)
70G-OAC15	24-140	3,5	10...18	12	4	10 (50 Гц)
70G-OAC24A	24-280	3,5	10...18	12	4	10 (50 Гц)
70G-OAC24	24-140	3,5	15...30	8	4	10 (50 Гц)
7QG-OAC24A	24-280	3,5	15...30	8	4	10 (50 Гц)
Модули дискретного вывода (постоянный ток)						
70G-ODC5	3...60	3,5	4...10	13	4	0,02\0,05
70G-ODC5A	4...200	3,5	4...10	13	4	0,075\0,75
70G-ODC5B	3...60	3,5	4...10	13	4	0,075\0,5
70G-ODC15	3...60	3,5	10...20	9	4	0,02\0,05
70G-ODC15B	3...60	3,5	10...20	9	4	0 075\0,5
70G-ODC24	3...60	3,5	18...32	9	4	0 02\0,05
70G-ODC24B	3...60	3,5	18...32	9	4	0,075\0,5

8.3 Аналого-цифровые УСО

На рынке распределенных систем управления существует довольно сильная конкуренция, стимулируемая общими тенденциями построения современных децентрализованных систем управления. Заметно стремление известных производителей наделить УСО возможностью «сотрудничать» с цифровыми модулями контроллера для приема/передачи ими сигналов в импульсной (цифровой) форме.

Максимального выигрыша при этом добиваются, когда входным или выходным сигналом УСО является аналоговый сигнал. Общая идея заключает-

ся в вынесении АЦП, ЦАП непосредственно к объекту управления, при этом каждый аналоговый входной модуль или модуль вывода фактически является адресуемым аналоговым процессором, выполняющим определенный достаточно гибкий набор команд. В целом применение идеи исходит из того что:

- проще и дешевле гальванически «развязать» дискретный последовательный сигнал;

- цифровой последовательный код более помехоустойчив, соответственно вероятность искажений при передаче данных по каналу связи с контроллером существенно меньше;

- при сравнимом качестве цена канала ввода оказывается ниже, чем при традиционном применении быстродействующего АЦП с мультиплексором на системной шине (тоже можно сказать и о канале с ЦАП).

Рассмотрим отражение этих тенденций на примерах конкретной продукции.

Фирмой Grayhill выпускаются серии аналоговых модулей, которые содержат встроенные ЦАП или АЦП и взаимодействуют непосредственно с дискретными устройствами обработки информации. Точность преобразования не хуже 0,1% для входных модулей и 0,3% для выходных. Напряжение изоляции составляет 2500 В. Габаритные размеры модулей серии G5 48,3×55,9×11,7 мм (рис. 2.27). Модули являются одноканальными и легко монтируются на специализированные монтажные панели.



Р и с. 2.27. Аналоговые модули фирмы Grayhill серии G5

Входные аналоговые модули серии G5 фирмы Grayhill позволяют работать со следующими входными сигналами: напряжением, током, сигналами от термопар и платинового терморезистора.

Входной сигнал модуля поступает на нормирующий усилитель с фильтром на входе и далее на преобразователь напряжения в частоту (ПНЧ). С выхода ПНЧ частота, пропорциональная входному сигналу, через опторазвязку подается на выходные контакты модуля. Выходной сигнал имеет вид прямоугольных импульсов амплитудой около 5 В и скважностью 0,4... 0,6. Частота

выходного сигнала линейно зависит от значения входного сигнала и меняется в диапазоне от 14,4 кГц до 72 кГц. Таким образом, цифровое значение входного сигнала можно получить, измеряя частоту с выхода модуля через дискретный порт ввода/вывода программным способом либо используя специализированные платы преобразования частоты в код. Стоимость таких специализированных плат ниже, чем для традиционной платы АЦП, поскольку она работает с частотным, то есть дискретным сигналом, а значит, не содержит дорогих аналоговых цепей.

Номенклатура входных аналоговых модулей фирмы Grayhill серии G5 представлена в таблице 2.6.

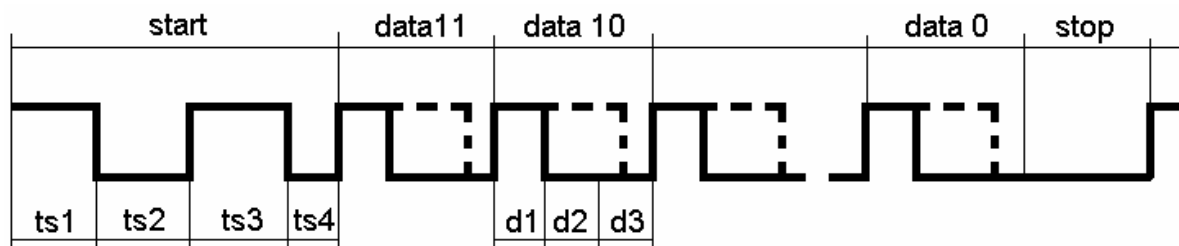
Т а б л и ц а 2.6.
Номенклатура входных аналоговых модулей фирмы Grayhill серии G5

Входной сигнал	Диапазон	Разрешение	Тип модуля
Напряжение	0...50 мВ dc*	12,2 мкВ	736-IV50M
Напряжение	0...100 мВ dc	24,4 мкВ	736-IV100M
Напряжение	0...1 В dc	244,1 мкВ	73G-IV1
Напряжение	0...5 В dc	1,22 мВ	73G-IV5
Напряжение	0...10 В dc	2,44 мВ	73G-1V10
Напряжение	-5...5 В dc	2,44 мВ	73G-IV5B
Напряжение	-10...10 В dc	4,88 мВ	73G-IV10B
Напряжение	28...140 В ac	27,34 мВ	73G-IVAC120
Напряжение	28...280 В ac	65,32 мВ	73G-IVAC240
Ток	4...20 мА	3,91 мкА	73G-II420
Ток	0...5 А	1,22 мА	73G-II5000
J Термопара	0...700°C	0,18 °C	73G-ITCJ
K Термопара	-100...924°C	0,25 °C	73G-ITCK
R Термопара	0...960 °C	0,23 °C	73G-ITCR
T Термопара	-200...224 °C	0,10 °C	73G-ITCT
Пробник AD590	-188...150 °C	0,08 °C	73G-ITP590
Термосопротивление	-50...350 °C	0,10 °C	73G-ITR10G

* dc - напряжение постоянного тока, ac – напряжение переменного тока

Рассмотрим подходы к построению выходных аналоговых модулей G5 фирмы Grayhill. Входной сигнал поступает на входные контакты модуля в двоичном последовательном коде и через опторазвязку записывается в буфер. Встроенный ЦАП формирует выходной сигнал в соответствии с информацией в буфере и сохраняет его до изменения содержимого этого буфера. При включении питания модуль формирует сигнал минимальной величины, что соответствует нулевому содержимому буфера. При этом вход модуля должен находиться в состоянии логической 1 на протяжении 25 мкс. После этого разрешается за-

пись в модуль входного сигнала. Сигнальный протокол записи продемонстрирован на рис. 2.28.



Р и с. 2.28. Протокол записи входного сигнала (кода) в выходной модуль.

Номенклатура выходных аналоговых модулей фирмы Grayhill серии G5 представлена в таблице. 2.7.

Т а б л и ц а 2.7.

Номенклатура выходных аналоговых модулей фирмы Grayhill серии G5

Выходной сигнал	Диапазон	Разрешение на один бит	Тип модуля
Напряжение	0...5 В dc	1,22 мВ	73G-OV5
Напряжение	-5...5 В dc	2,44 мВ	73G-OV5B
Напряжение	0...10 В dc	2,44 мВ	73G-OV10
Напряжение	-10...10 В dc	4,88 мВ	73G-OV10B
Ток	4...50 мкА	3,9 мкА	73G-OI420
Ток	0...20 мкА	4,9 мкА	73G-OI020

8.4 Устройства удаленного сбора данных и управления

Развитие аналого-цифровых УСО привело к созданию устройства удаленного сбора данных и управления. Главная отличительная особенность, определившая эти элементы, состоит в том, что они «общаются» с управляющими узлами более высокого уровня (контроллерами, РС, рабочими станциями) по цифровой сети. Это позволяет размещать их в непосредственной близости от источника сигнала или от объекта управления и в конечном итоге упрощает решение многих вопросов: сводит к минимуму длину аналоговых и силовых дискретных линий, упрощает монтаж системы, т.к. используется унифицированный интерфейс и т.д.

Модули удаленного сбора данных и управления предназначены для организации взаимодействия между вычислительной системой и датчиками непрерывных и дискретных параметров, а также для выдачи управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

Примерами конкурирующих серий модулей УСО такого типа могут являться устройства серии OpenLine (фирма Grayhill) и серии SNAP (фирма Opto22). Отличительными особенностями указанных серий является форма ре-

шения вопросов объединения нескольких модулей в общие базы, которые передают и принимают данные с удаленного контроллера по цифровой сети.

Основные параметры дискретных модулей обеих фирм представлены в табл. 2.8 и 2.9.

Сравнение таблиц позволяет сделать вывод, что при приблизительном равенстве по количеству перекрываемых диапазонов выходные модули OpenLine мощнее (2 А против 3/4 А на канал). Следует также учитывать, что проходная изоляция SNAP составляет 4000 В, а Open Line – 2500 В и что диапазон рабочих температур у SNAP от 0 до +70°C, а у модулей OpenLine – расширенный от –40 до +85°C.

Т а б л и ц а 2.8.
Дискретные модули серии OpenLine

Модуль	Входной сигнал	Входное сопротивление	Коммутируемое напряжение	Номинальный ток в нагрузке/канал*	Максимальное время срабатывания
70L-OAC			24-140 В перем. тока	0,02-2 А	1/2 периода
70L-OACA			24-280 В перем. тока	0,02-2 А	1/2 периода
70L-ODC			3-36 В пост. тока	0,02-2 А	50 мкс
70L-ODCA			4-200 В пост. тока	0,02-1 А	750 мкс
70L-ODCB			3-60 В пост. тока	0,02-2 А	500 мкс
70L-IAC	0-140 В перем. тока	22 кОм			20 мс
70L-IACA	0-280 В пост. тока	60 кОм			20 мс
70L-IDC	0-32 В пост. тока	1,8 кОм			0,4 мс
70L-IDCB	0-32 В пост. тока	9000м			0,075 мс
70L-IDCG*	35-60 В пост. тока	10,6 кОм			10 мс
70L-IDCNP*	15-32 В пост. тока	1,9 кОм			5 мс

* Неполаризованные.

** Модули OpenLine имеют нагрузочную способность 4 А на модуль (два канала).

Т а б л и ц а 2.9.
Дискретные модули серии SNAP

Модуль	Входной сигнал	Входное сопротивление	Коммутируемое напряжение	Номинальный ток в нагрузке/канал*	Время срабатывания
SNAP-OAC5			12 - 250 В перем. тока	3/4 А	1/2 периода
ODC5SRC			5 - 60 В пост. тока	0,02 - 3/4 А	100 мкс
ODC5SNK			5 - 60 В пост. тока	0,02 - 3/4 А	100 мкс
ODC5R			«Сухой» контакт	0 - 0,5 А	500 мкс
IAC5	90 - 140 В перем. тока	169 кОм			30 мс
IAC5A	180 - 280 В перем. тока	305 кОм			30 мс
IDC5	10 - 32 В пост. тока	15 кОм			15 мс
IDC5D	2,5 - 28 В пост. тока	3 кОм			1 мс
IDC5-Fast	2,5 - 16 В пост. тока	4400м			0,025 мс
IDC5-Fast A	18 - 32 В пост. тока	8кОм			0,025 мс

* Модули SNAP имеют нагрузочную способность 3 А на модуль (4 канала).

Номенклатуру аналоговых модулей рассматриваемых серий и их основные параметры отражают табл.2.10 и 2.11.

Разница подходов двух фирм в данном случае состоит в том, что SNAP при меньшем количестве типов модулей делает их многодиапазонными. Может быть, такая избыточность функций на один модуль иногда оправдана, но при поканальном конфигурировании системы это не имеет значения.

Т а б л и ц а 2.10.
Аналоговые модули серии SNAP

Модуль	Тип входного сигнала	Тип выходного сигнала	Разрешающая способность
SNAP-AIARMS	0-10 А rms		400 мкА
AICTD	Проба ICTD -40...100°C		0,8° С
AША	-20...+20 мА		0,8 мкА
AIRATE	0-25000 Гц		1Гц
AITM	Е, J, К - термопары: - 210... 13724 °С		6 мкВ (диапазон от -150 до 150 мВ)
AITM-2	В, С, D, G, N, Т, R, S - термопары		2 мкВ (диапазон от -50 до 50 мВ)
AIRTD	ТС 100 Ом		0,042°C (0,016 Ом)

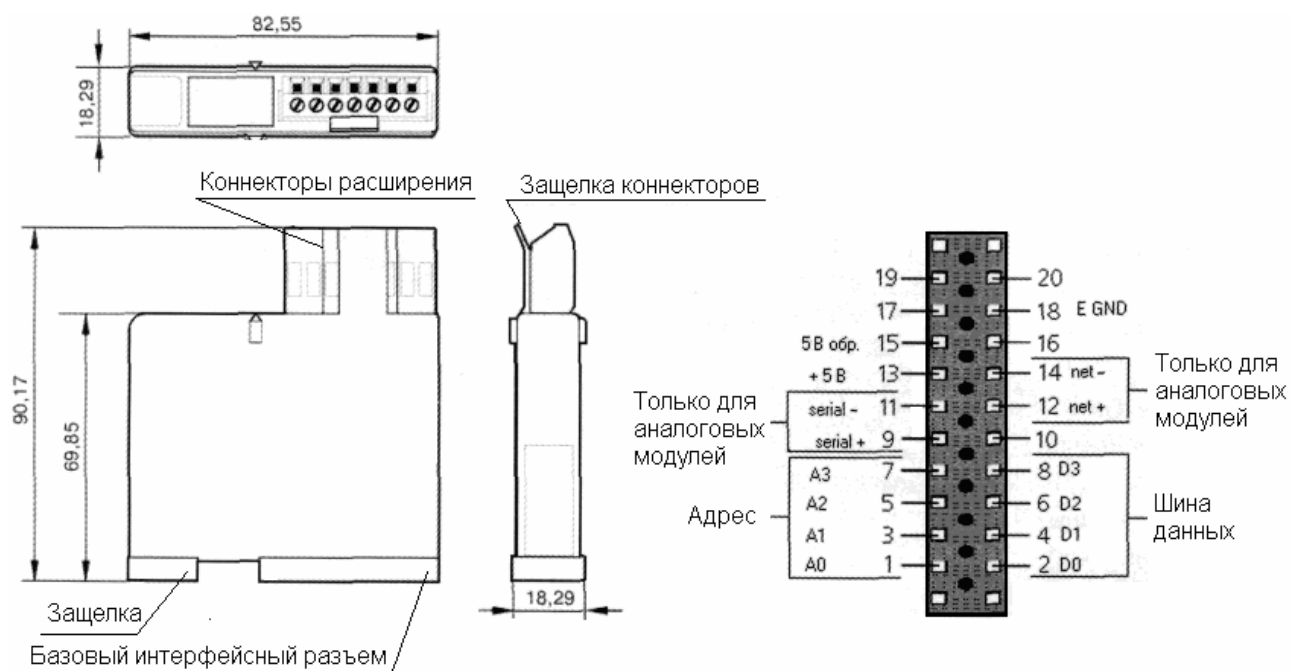
AIARMS	0-250 В rms		10 мВ
AIV	-10. ..+10 В или -5. ..+5 В		0,4 мВ или 0,2 мВ
AOA-3		4-20 мА (один канал)	3,9 мкА
AOV-5		0-10 В	2,44 мВ
AOV-7		-10. ..+10 В	4,88 мВ
AOA-23		4-20 мА (два канала)	3,9 мкА
AOV-25		0-10 В	2,44 мВ
AOV-27		-10. ..+10 В	4,88 мВ

Т а б л и ц а 2.11.
Аналоговые модули серии OpenLine

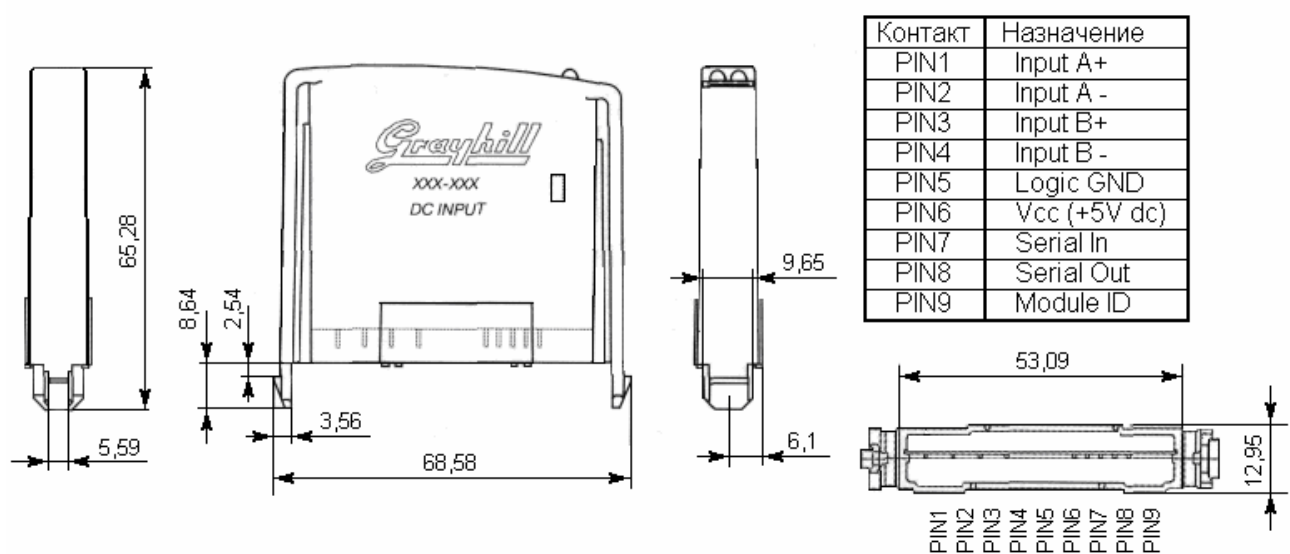
Модуль	Тип входного сигнала	Тип выходного сигнала	Разрешающая способность
73L-II020	0 - 20 мА		4,88 мкА
73L-II420	4 - 20 мА		3,91 мкА
73L-ITCJ	J-термопара: 200...+1200°C		0,34° С
73L-ITCK	K-термопара: 100...1372°C		0,36°С
73L-ITCT	T-термопара: -240...400°C		0,16°С
73L-IV1	0 - 1 В		244 мкВ
73L-IV10	0 - 10 В		2,44 мВ
73L-IV100M	0 - 100 мВ		24,4 мкВ
73L-IV10B	-10. ..+10 В		4,88 мВ
73L-IV5	0 - 5 В		1,22 мВ
73L-IV50M	0 - 50 мВ		12,2 мкВ
73L-IV5B	-5. ..+5 В		2,44 мВ
73L-OI020		0 - 20 мА	4,88 мкА
73L-OI024		0 - 24 мА	5,88 мкА
73L-OI420		4 - 20 мА	3,91 мкА
73L-OV10		0 - 10 В	2,44 мВ
73L-OV10B		-10. ..+10 В	4,88 мВ
73L-OV5		0 - 5 В	1,22 мВ
73L-OV5B		-5. ..+5 В	2,44 мВ

Модули OpenLine имеют расширенный температурный диапазон, поэтому для систем, работающих при отрицательных температурах, выбор модулей OpenLine является безальтернативным решением. Погрешность преобразования (16 разрядов) меньше у модулей SNAP, что, однако, не отражается на общей точности (возможно, из-за универсальности входа). Максимально допустимая скорость опроса, больше у OpenLine, да и время выхода на режим тоже.

Габаритные размеры модулей рассматриваемых серий и их интерфейсные сигналы показаны на рис. 2.29 и рис. 2.30.



Р и с. 2.29 Габаритные размеры модулей серии SNAP и их интерфейсные сигналы



Р и с. 2.30 Габаритные размеры модулей серии OpenLine и их интерфейсные сигналы

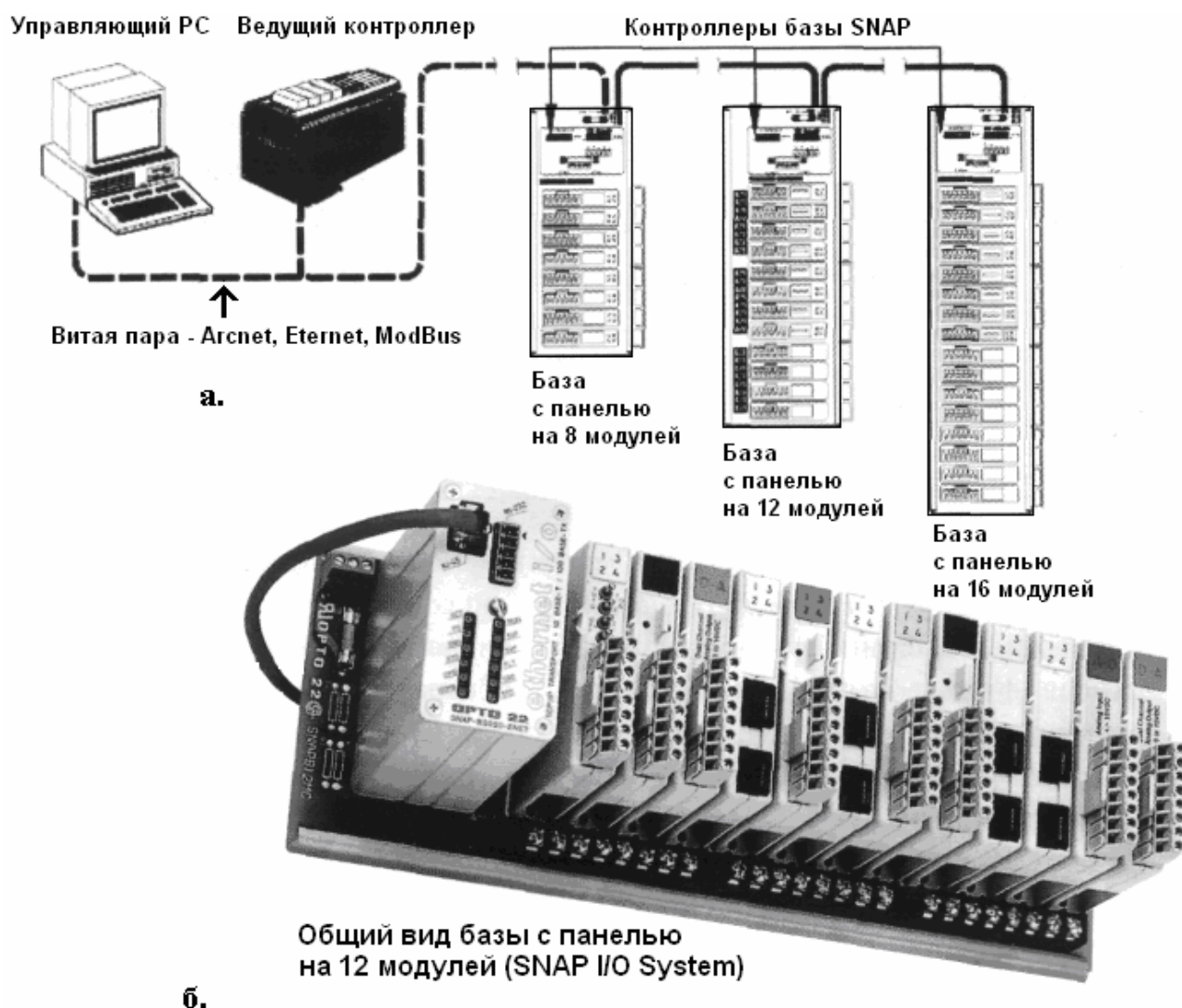
Выпуск унифицированных модулей УСО потребовал разработки и унифицированных средств, интегрирующих их в единую систему. Рассмотрим построение систем связи с объектами управления для этих серий.

На рис. 2.31 а представлена архитектура распределенной системы, использующей удаленные УСО (модули SNAP), соединенные с ведущим контроллером или управляющим РС посредством одного из известных промышленных сетевых интерфейсов.

Процесс ввода/вывода и контроль промышленной сети осуществляются контроллером удаленной базы. Тип контроллера базы определяет тип приме-

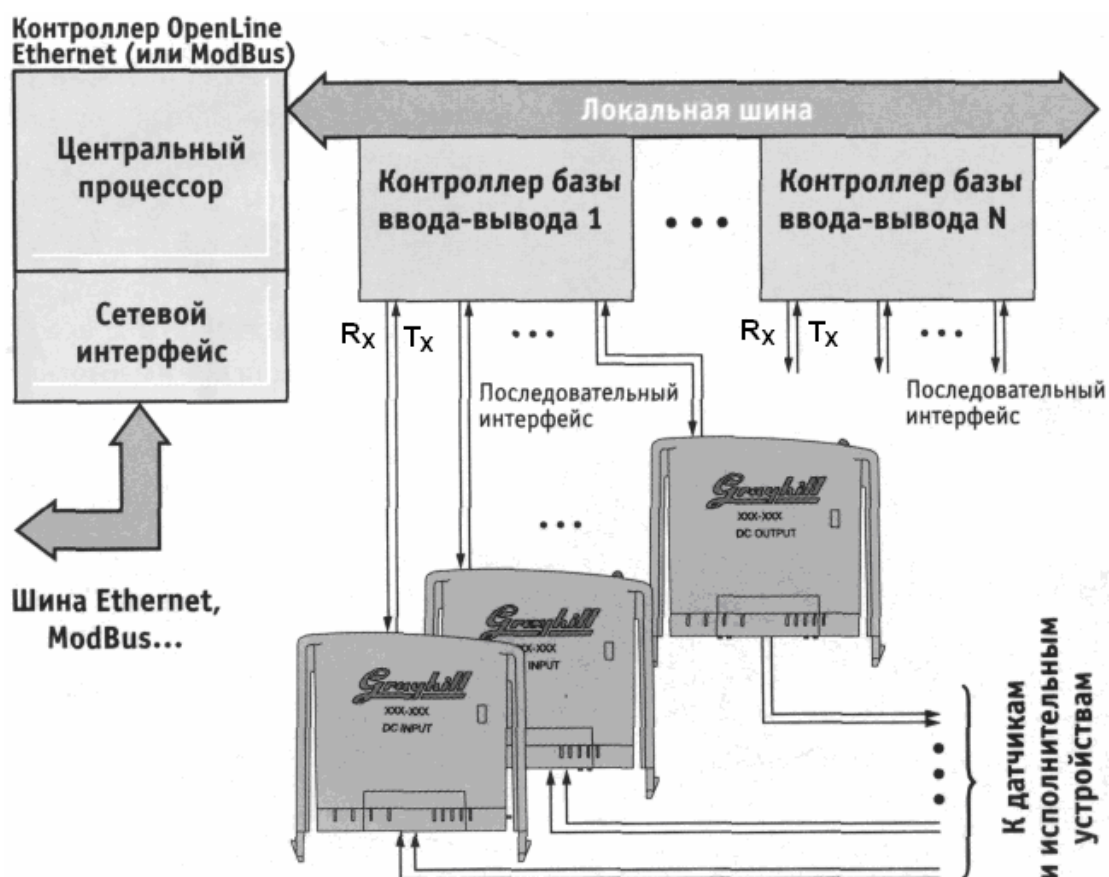
няемой сети. Каждый контроллер может поддерживать базы, несущие от 8 до 16 многоканальных модулей. Цифровые и аналоговые модули достаточно произвольно комбинируются в пределах базы (как правило, с некоторым ограничением числа аналоговых модулей). Один дискретный модуль поддерживает четыре канала ввода или вывода, один аналоговый модуль – два. На рис. 2.31 б. показан общий вид базы с панелью на 12 модулей.

В пределах одной базовой панели могут произвольно объединяться дискретные и аналоговые модули, несмотря на то, что они имеют различное количество интерфейсных линий подключения.



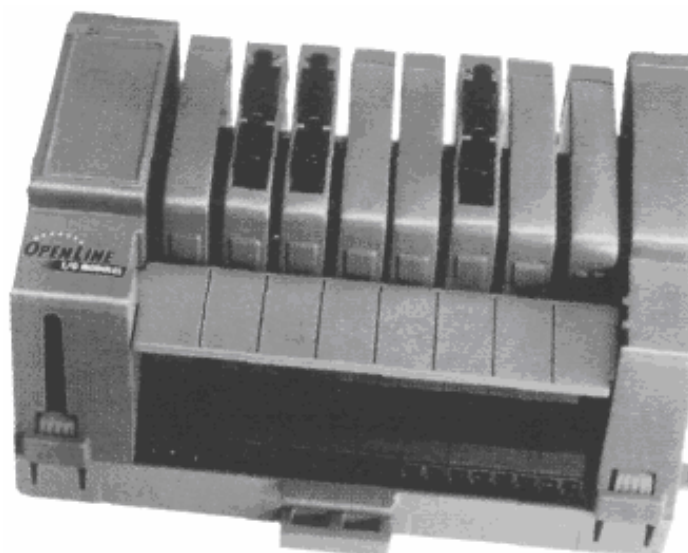
Р и с. 2.31. Архитектура распределенной системы фирмы Opto-22.

Архитектура системы, предлагаемой фирмой Grayhill, качественно отличается от описанной. OpenLine – это разумный компромисс между распределенными и централизованными системами (рис. 2.32).



Р и с. 2.32. Архитектура системы, использующей модули OpenLine

В качестве канального интерфейса между управляющим центральным процессором и базами ввода/вывода (вид базы показан на рис. 2.33) выбрана локальная шина, подобная шине ISA. Контроллеры OpenLine Ethernet и OpenLine ModBus – это микропроцессорные устройства на x86 совместимом процессоре. Каждый из этих контроллеров может одновременно обслужить до восьми баз ввода/вывода. Связующим звеном между центральным процессором и модулями ввода/вывода является контроллер базы. Он хорошо «понимает» возможности подчиненных интеллектуальных модулей и потребности выше-стоящего центрального процессора. В этом качестве используются как мощные процессоры, так и простые и, соответственно, недорогие контроллеры промышленных сетей, что обеспечивает гибкость в определении архитектуры системы. Каждый специализированный дискретный и интеллектуальный аналоговый модуль ввода/вывода взаимодействует с двумя датчиками или исполнительными механизмами, гальванически изолируя от них верхние уровни системы. Получается прочно и надежно «стоящая» пирамидальная структура.



Р и с. 2.33. База ввода/вывода системы OpenLine с модулями и контроллером базы

Контроллеры обеих систем могут работать в управляющих сетях различных типов. Наиболее перспективной представляется возможность их применения в сетях Ethernet, приобретающих все большую популярность в АСУ ТП.

Среди устройств удаленного сбора данных и управления особенно хочется выделить устройства серии ADAM-4000 фирмы Advantach. В отличие от уже рассмотренных устройств этого класса каждый из модулей представляет собой функционально законченное устройство – конструктивно в общие базы с другими модулями они не объединяются.

Каждое устройство заключено в типовой пластмассовый корпус. Габаритные размеры модуля 112 x 60 x 25 мм. Внешний вид модулей и способы их монтажа представлены на рис. 2.34.



Р и с. 2.34. Внешний вид модулей серии ADAM-4000 и способы их установки

Модули обеспечивают выполнение следующих основных функций:

- прием и дешифрацию команд по каналу RS-485;
- ввод и нормализацию аналоговых сигналов (ток, напряжение);
- опрос состояния дискретных входов;
- фильтрацию аналоговых и дискретных входных сигналов;
- вывод аналоговых (ток, напряжение) и дискретных сигналов;
- аналого-цифровое (для модулей аналогового ввода) преобразование;
- цифро-аналоговое (для модуля аналогового вывода) преобразование;
- преобразование шкалы значений непрерывных параметров в предварительно заданные единицы измерения;
- формирование и передачу в адрес основной вычислительной системы информации, содержащей результат измерения или состояние дискретных входов, после получения соответствующего запроса по каналу RS-485.

Модули аналогового ввода и вывода ADAM-4000 имеют гальваническую изоляцию между цепями, реализующими функции нормализации, низкочастотной фильтрации и АЦ/ЦА-преобразования, и встроенным микропроцессором. Настройка и калибровка модулей осуществляется программным способом путем передачи в их адрес соответствующих команд по информационной сети. Параметры конфигурации модулей, такие как скорость обмена по последовательному каналу связи, наличие проверки контрольной суммы в принятом сообщении, диапазон изменения входного сигнала и его размерность, вид представления измеренных значений при передаче в адрес основной вычислительной системы, верхнее и нижнее предельные значения входного сигнала, по которым производится автоматическое управление дискретными выходами, сохраняются во встроенном репрограммируемом ПЗУ. Электрическое питание модулей осуществляется напряжением 10...30 постоянного тока. Допускаемый размах пульсаций напряжения питания составляет ± 5 В при условии пребывания его значения в указанных пределах.

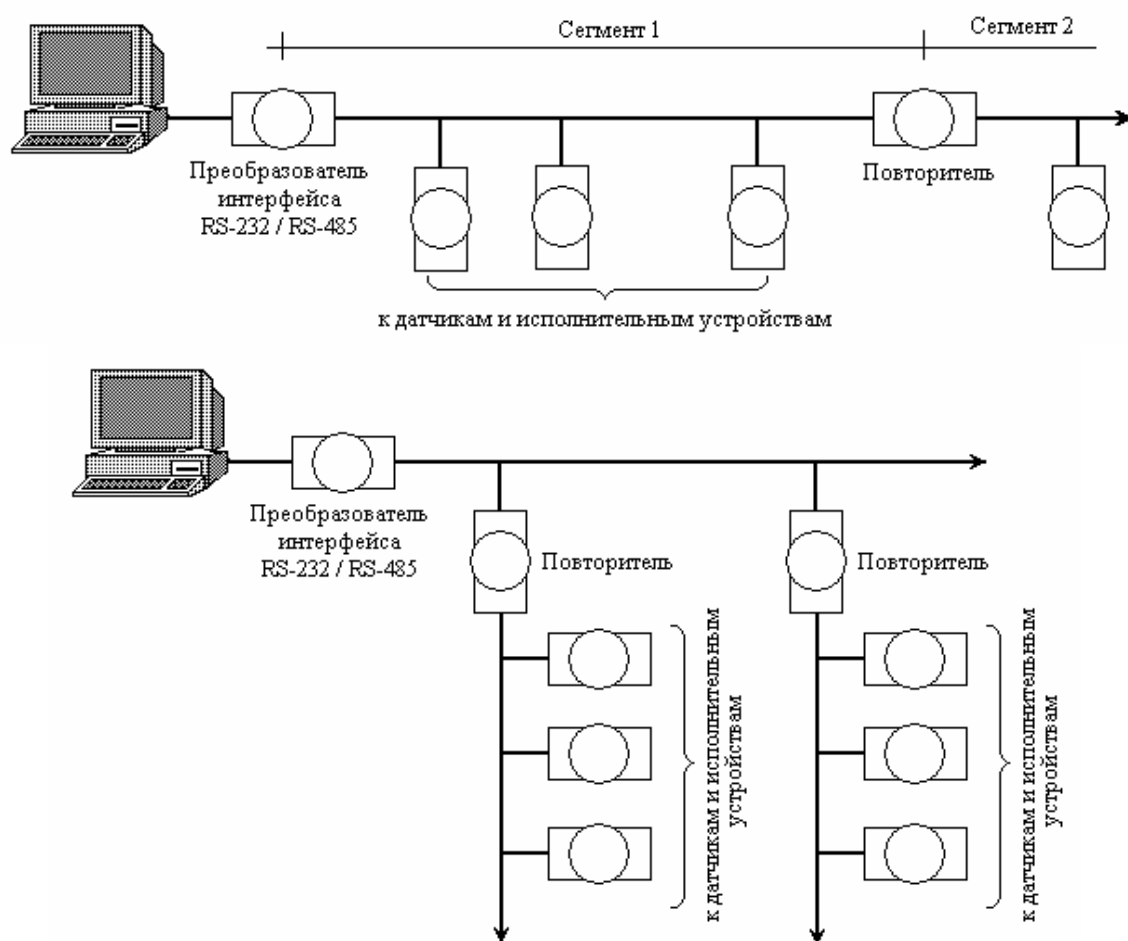
Общие технические характеристики модулей серии ADAM-4000 сведены в таблицу 2.12.

Т а б л и ц а 2.12.
Общие технические характеристики модулей серии ADAM-4000

Протокол физического уровня	EIA RS-485
Линия передачи	Симметричная экранированная витая пара. Волновое сопротивление 100 - 120 Ом, погонная емкость 20 - 40 пФ/м
Скорость передачи, бит/с	1200, 2400, 4800, 9600, 19200
Длина сегмента сети, м	1200
Количество модулей в пределах сегмента	32
Максимальное количество модулей	255

в сети	
Протокол канального уровня	Символьный ASCII с непосредственной адресацией абонентов
Достоверность	Контрольная сумма длиной 2 байта
Режим обмена данными	Асинхронный, полудуплексный, 1 стартбит, 1 стопбит, 8 бит данных, без контроля четности
Протокол прикладного уровня	Символьный ASCII
Условия эксплуатации: диапазон рабочих температур диапазон температур хранения относительная влажность воздуха без конденсации влаги	10...70°C 25...85°C 5...95% при 25°

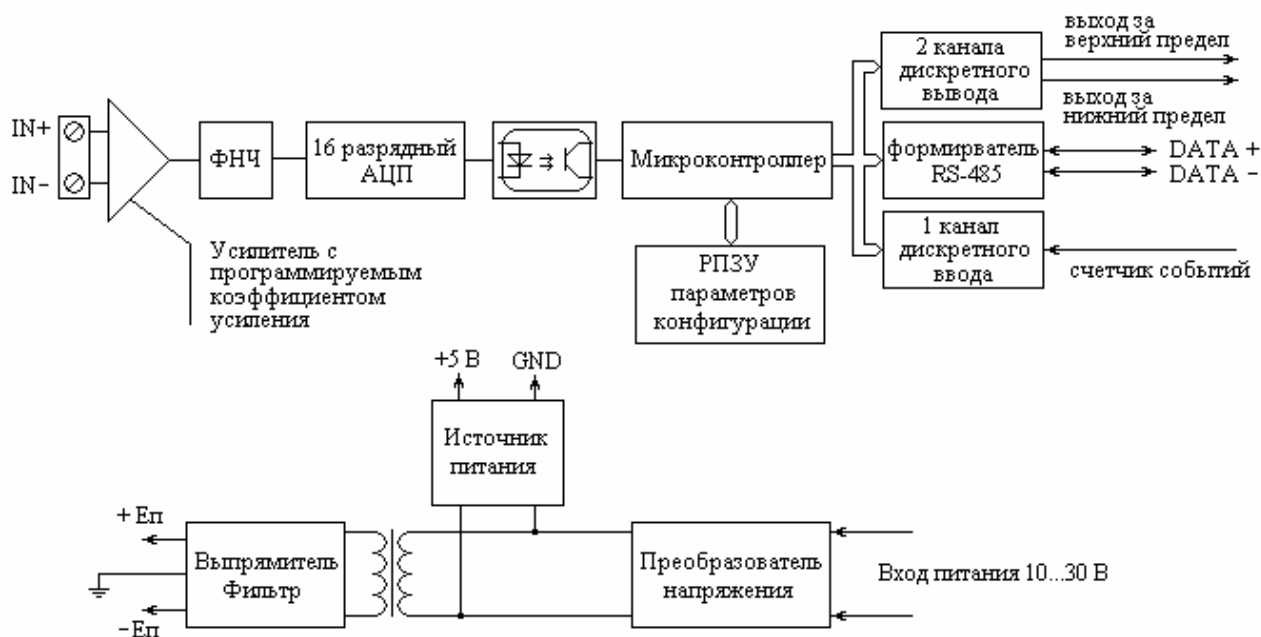
Возможные варианты объединения модулей ADAM-4000 в информационно-измерительную сеть показаны на рис. 2.35. В нее входят функциональные модули, повторители, коммуникационные модули.



Р и с. 2.35. Варианты объединения модулей серии ADAM-4000 в измерительную сеть

Рассмотрим примеры построения и основные характеристики модулей этой серии на некоторых примерах.

Модуль аналогового ввода ADAM-4012 имеет один дифференциальный аналоговый вход, один дискретный вход счетчика внешних событий и два дискретных выхода, позволяющих осуществлять управление (включение и отключение) исполнительными механизмами при выходе значения измеряемого параметра за пределы предварительно установленного диапазона. Структурная схема модуля аналогового ввода ADAM-4012 приведена рис. 2.36.



Р и с. 2.36. Структурная схема модуля аналогового ввода ADAM-4012

Входной сигнал, присутствующий на дифференциальном входе модуля, поступает на малощумящий инструментальный усилитель с программируемым коэффициентом усиления. Коэффициент усиления может принимать значение от 1 до 128. Далее сигнал, напряжение которого лежит в диапазоне от $-2,5$ до $+2,5$ В, подвергается низкочастотной фильтрации в фильтре низких частот с граничной частотой, равной 10 Гц, и поступает на вход АЦП. Результат АЦП преобразования через цепи оптоизоляции поступает во встроенный микропроцессор. Программное обеспечение микропроцессора выполняет следующие функции:

- сравнение значения входного сигнала с предварительно заданными верхним и нижним предельными значениями и управление (включение или отключение) соответствующими дискретными выходами в случае достижения входным сигналом уровня, выходящего за пределы данного диапазона;
- при получении запроса по последовательному каналу связи преобразование цифрового отсчета в символьную строку предварительно заданного формата и ее передачу в адрес центрального управляющего узла.

Кроме того, программное обеспечение позволяет осуществлять линеаризацию сигнала от термопары (для модуля ADAM 4011); калибровку шкалы

подсистемы аналогового ввода; подсчет импульсов на дискретном входе счета внешних событий; анализ команд, поступающих по последовательному каналу связи.

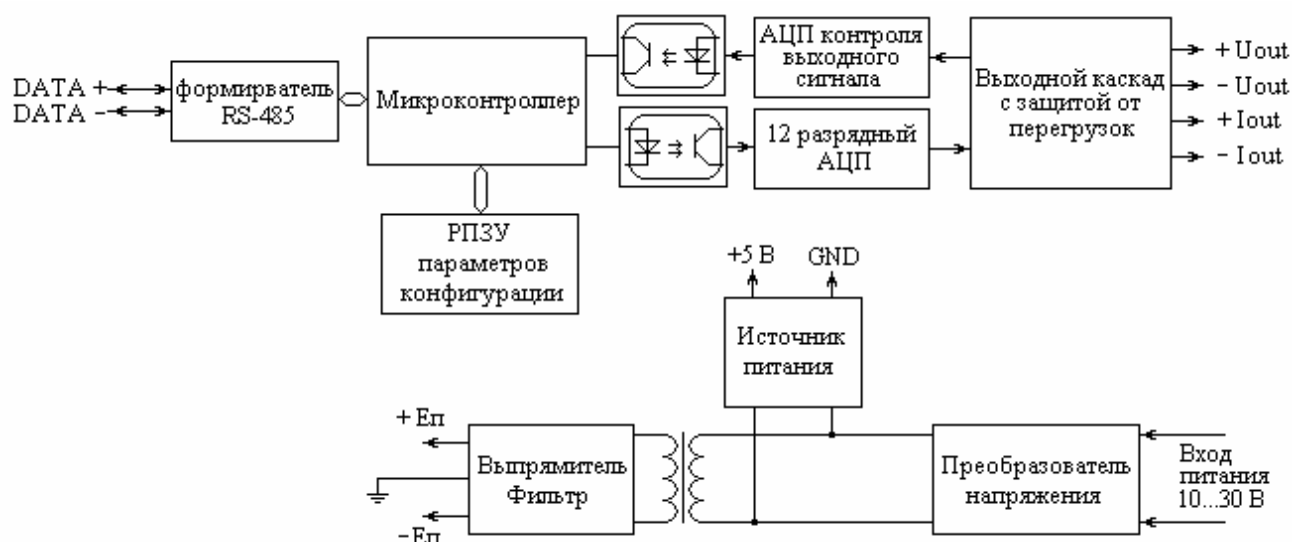
Технические характеристики модулей аналогового ввода ADAM-4000 приведены в таблице 2.13.

Т а б л и ц а 2.13.
Технические характеристики модулей аналогового ввода

	ADAM-4011	ADAM-4012	ADAM-4013	ADAM-4017	IADAM-4018
Количество каналов аналогового ввода	1	1	1	6 дифференциальных, 2 однополярных	8
Диапазон входного сигнала	$\pm 15\text{ мВ}$, $\pm 50\text{ мВ}$, $\pm 100\text{ мВ}$, $\pm 500\text{ мВ}$, $\pm 1\text{ В}$, $\pm 2,5\text{ В}$, $\pm 20\text{ мА}$, Термопара типа j, K, T, E, R, S, B	$\pm 150\text{ мВ}$, $\pm 500\text{ мВ}$, $\pm 1\text{ В}$, $\pm 5\text{ В}$, $\pm 10\text{ В}$, $\pm 20\text{ мА}$	Термометр сопротивления PtnNi	$\pm 150\text{ мВ}$, $\pm 500\text{ мВ}$, $\pm 1\text{ В}$, $\pm 5\text{ В}$, $\pm 10\text{ В}$, $\pm 20\text{ мА}$	$\pm 15\text{ мВ}$, $\pm 50\text{ мВ}$, $\pm 100\text{ мВ}$, $\pm 500\text{ мВ}$, $\pm 1\text{ В}$, $\pm 2,5\text{ В}$, $\pm 20\text{ мА}$, Термопара типа J, K, T, E, R, S, B
Основная погрешность	$\pm 0,05\%$	не хуже $\pm 0,05\%$	не хуже $\pm 0,05\%$	не хуже $\pm 0,10\%$	не хуже $\pm 0,10\%$
Дискретный вывод	2 канала топа «открытый коллектор»	2 канала типа «открытый коллектор»		.	-
Втекающий ток	не более 30 мА	не более 30 мА	-	-	-
Мощность в нагрузке	до 300 мВт	до 300 мВт			
Дискретный ввод	1 канал	1 канал	-	-	-
Уровень логического «0»	не более 1,0В	не более 1,0В	-	.	.
Уровень логической «1»	(3,5.. 30,0) В	(3,5.. 30,0) В	-	-	
Вытекающий ток	не более 0,5 мА	не более 0,5 мА			
Примечание	Максимальная частота следования импульсов на счетном входе 50 Гц. Минимальная длительность импульса 1 мс	Максимальная частота следования импульсов на счетном входе 50 Гц. Минимальная длительность импульса 1 мс	Варианты подключения термометра сопротивления: 2-, 3-, 4-проводное		

Большинство из них имеют напряжение изоляции в 3000 В, коэффициент подавления синфазной составляющей помехи на частоте 50 Гц не менее 150 дБ, время АЦ преобразования – 100 мс, полосу пропускания 13 Гц. Потребляемая мощность 1,2 Вт.

Модуль аналогового вывода ADAM 4021 позволяет формировать сигнал в виде напряжения или тока с заданными уровнем и скоростью изменения. Его структурная схема приведена на рис. 2.37. Технические характеристики модуля приведены в таблице 2.14.



Р и с. 2. 37. Структурная схема модуля аналогового вывода ADAM-4021

Т а б л и ц а 2.14.

Технические характеристики модуля аналогового вывода ADAM-4021

Диапазон выходного сигнала	(0...20) мА, (4...20) мА, (0...10) В
Основная погрешность формирования выходного сигнала	±0,1% полной шкалы в режиме формирования тока; ±0,2% полной шкалы в режиме формирования напряжения
Основная погрешность измерения при контроле значения выходного сигнала	±0,1% полной шкалы
Напряжение изоляции	3000 В
Скорость нарастания выходного сигнала устанавливается программно)	от 0,125 до 128,000 мА/с; от 0,0625 до 64,0000 В/с
Частота дискретизации	100 Гц
Потребляемая мощность	1,2 Вт

Модули дискретного ввода/вывода, входящие в серию ADAM-4000, предназначены для осуществления контроля положения и управления коммутационными аппаратами, а также для организации взаимодействия с устройства уровня входных и выходных дискретных сигналов которых совместит ТТЛ. Технические характеристики модулей дискретного ввода/вывода приведены в таблице 2.15.

Т а б л и ц а 2.15.
Технические характеристики модулей дискретного ввода/вывода

ПАРА- МЕТР	ОБОЗНАЧЕНИЕ МОДУЛЯ				
	ADAM-4050	ADAM-4059	ADAM-4053	ADAM-4060	ADAM-4080D
Количество каналов дискретного ввода	7	8	16		2
Количество каналов дискретного вывода	8	-	-	4 (конт-ты реле)	2
Дискретный ввод	7 каналов	Напряжение изоляции 5000В			2 независи- мых 32- разрядных счетчика
Уровень логического «0»	Не более 1,0В	Не более 1,0 В	Потенциал общего при контроле положения механических контактов; не более 2 В		Не более 1,0В в режиме изолированного ввода. В режиме неизолированного ввода программируется в диапазоне от 0 до 5 В (0,8 В по умолчанию)
Уровень логической «1»	3,5 ... 30,0 В	3,5 ... 30,0 В	Разомкнутое состояние при контроле положения механических контактов, от 4 до 30 В		От 3,5 до 30,0 В в режиме изолированного ввода. В режиме неизолированного ввода программируется в диапазоне от 0 до 5 В (2,4 В по умолчанию)
Вытекающий ток	0,5 мА	Входное сопротивление 3 МОм			
Дискретный вывод	8 каналов типа «открытый коллектор»			Сопротивление изоляции 1 000 МОм	2 канала типа «открытый коллектор»
Втекающий ток	30 мА				30 мА
Мощность в нагрузке	300 мВт				300 мВт
Потребляе-					

мая мощ- ность	0,4 Вт	0,4 Вт	0,4 Вт	0,8 Вт	2,0 Вт
Примечание	Гальваниче- ская изоляция отсутствует	6 независи- мых гальва- нически изо- лированных каналов и 2 канала с галь- ванической изоляцией и объединен- ным общим		2 контакта типа SPST: время включения 3 мс, время выключе- ния 1 мс, 2 кон- такта типа SPDT: время пе- рекключения 1 0 мс. Электриче- ская прочность: по переменному току 25 В, 0,6 А; 250 В, 0,3А, по постоянному току 30В, 2 А; 110В, 0,3 А	Длительность импульса не менее 1 0 мс; диапазон из- меряемых частот от 5 до 50000 Гц, в состав модуля входит 5- позиционный светодиодный индикатор.

Для создания информационно-измерительных сетей с использованием модулей ADAM в серию включен ряд коммуникационных модулей в аналогичном конструктиве исполнении, предназначенных для организации сетевого взаимодействия по различным каналам связи. Модуль ADAM-4510 является двунаправленным повторителем, который служит для увеличения протяженности линии связи в сети на основе интерфейса RS-485 или для организации ее очередного сегмента, объединяющего до 32 абонентов. В серию ADAM-4000 входит преобразователь интерфейса RS-232/RS-422/RS-485 ADAM-4520 с автоматическим определением направления потока передаваемых данных и гальванической изоляцией.

Технические характеристики модуля ADAM-4510:

- скорость передачи данных: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с. Устанавливается с помощью переключателей;
- соединители интерфейса RS-422/ RS-485: разъемные клеммные колодки с винтовым присоединением проводников;
- потребляемая мощность 1,4 Вт.

Технические характеристики модуля ADAM-4520:

- скорость передачи данных: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с. Устанавливается с помощью переключателей;
- напряжение изоляции 3000 В;
- соединитель интерфейса RS-422/ RS-485: разъемная клеммная колодка с винтовым присоединением проводников;
- соединитель интерфейса RS-232: розетка типа DB-9;
- потребляемая мощность 1,2 Вт.

При автоматизации предприятий с территориально-распределенными производственными участками в качестве физической среды обмена информацией довольно часто используется радиоканал. Фирма Advantech предлагает два изделия серии ADAM-4000, которые могут применяться в ситуациях, когда

невозможно обеспечить связь с объектами автоматизации по проводным каналам из-за следующих ограничений: чрезмерная требуемая протяженность кабельных линий связи; отсутствие возможности прокладки кабеля до контролируемого объекта (например, в условиях «вечной» мерзлоты при высоких затратах на постройку кабельных эстакад); отсутствие возможности обеспечения единой «земли» для всех абонентов сети.

Вряд ли можно поспорить с утверждением о более высокой стоимости кабельных линий связи по сравнению с беспроводными. В общей стоимости кабельной сети помимо стоимости собственно кабельной продукции весьма существенную долю составляют затраты на ее монтаж и прокладку в соответствии со строительными нормами и правилами. Кроме того, для большинства типов кабелей отечественного производства допускается выполнять прокладку на открытом воздухе при температуре не ниже -10°C . Однако необходимо отметить трудности организационного характера, связанные с получением официального разрешения на использование радиочастотных каналов. В любом случае техническое решение упомянутых проблем может быть найдено путем применения тех или иных стандартных аппаратных средств, поставляемых фирмой Advantech, в зависимости от конкретных условий на объекте автоматизации.

Примером устройства, которое может применяться в таких случаях, служит модуль ADAM-4530. Он является адресуемым двунаправленным преобразователем интерфейсов RS-232/RS-485. В состав модуля входит микропроцессор, который обеспечивает синхронизацию обмена данными между удаленной сетью на основе интерфейса RS-485 и контроллером по радиоканалу.

Ранее отмечалось одно из ограничений, присущих системам на основе проводных каналов связи, а именно, – наличие повышенных, а иногда и не преодолимых трудностей обеспечения единого нулевого потенциала для абонентов информационно-измерительной сети на территориально-распределенных промышленных объектах. Для решения данной проблемы помимо беспроводных используются каналы связи на основе волоконно-оптических линий (ВОЛС).

В серию интерфейсных преобразователей ADAM 4000 входит модуль ADAM-4540, который является преобразователем интерфейса RS-232 в интерфейс ВОЛС. Применение данного модуля для организации связи на основе ВОЛС наиболее целесообразно в условиях наличия интенсивных электромагнитных помех и атмосферных разрядов, препятствующих устойчивому функционированию систем на базе проводных каналов связи и/или радиоканала. Конструктивное исполнение модуля ADAM-4540 аналогично остальным изделиям серии ADAM-4000. Электрические характеристики интерфейса с контроллером сети соответствуют требованиям EIA RS-232C и рекомендациям V.24 и V.28 МККТ. Порт ВОЛС модуля оснащен ответной частью соединителя типа ST или SMA. Дальность связи не менее 2 км. Обмен данными по волоконно-оптической линии связи осуществляется в режиме полного дуплекса. Диапазон рабочих температур модуля от 0 до 50°C . В качестве физической среды интерфейса ВОЛС может быть использован кабель с диапазоном длин волны 50/125 мкм, 62,5/125 мкм и 100/140 мкм.

Развитием серии ADAM-4000 стала серия ADAM-6000, представляемая как интеллектуальная система ввода/вывода с интерфейсом Ethernet (таблица 2.16). По своей номенклатуре она фактически повторяет номенклатуру модулей серии ADAM-4000, дополняя ее модулями присущими для построения сети Ethernet, а конструктивно размещаются в таком же корпусе.

Т а б л и ц а 2.16
Интеллектуальная система ввода/вывода ADAM-6000

ADAM-6510	4-портовый промышленный концентратор Ethernet 10 Мбит
ADAM-6520	5-портовый промышленный коммутатор Ethernet 10/100 Мбит
ADAM-6521	5-портовый промышленный коммутатор Ethernet 10/100 Мбит с оптическим портом
ADAM-6017	8- канальный модуль аналогового ввода
ADAM-6050	18-канальный модуль дискретного ввода/вывода
ADAM-6051	16-канальный модуль дискретного ввода/вывода
ADAM-6060	6-канальный модуль релейной коммутации и дискретного ввода

Рассмотрим еще одну серию подобных устройств – модули удаленного ввода/вывода серии I-7000 компании ICP DAS. Их внешний вид приведен на рис. 2.38.



Р и с. 2.38. Внешний вид модулей удаленного ввода/вывода серии I-7000 компании ICP DAS

Серия включает процессорные модули (контроллеры серии I-7188), коммуникационные модули, модули аналогового ввода и вывода, модули дискретного ввода/вывода, таймеры/счетчики.

Каждый модуль – это функционально законченное устройство, размещенное в пластиковом корпусе из негорючей пластмассы. На корпусе расположены необходимые разъемы и клеммные соединители для винтовой фиксации

внешних входных и выходных цепей. Установка модулей может осуществляться как на стандартную несущую 35-миллиметровую DIN-рейку, так и на любую плоскую панель или стену.

Линейка модулей удаленного ввода/вывода сигналов серии I-7000 состоит из устройств, предназначенных для ввода или вывода аналоговых и дискретных сигналов в компьютер или контроллер, имеющий последовательный интерфейс.

Модули объединяются в асинхронную полудуплексную двухпроводную сеть по стандарту RS-485, причем максимальная длина сегмента сети без репитера (усилителя-повторителя) может составлять до 1200 метров, а скорость передачи данных – 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с. Используется протокол передачи данных ASCII с форматом данных 10 бит и возможностью контроля четности при передаче данных. Модули, подключенные к одному сегменту сети, могут быть настроены на различные скорости и форматы передачи данных, что позволяет иметь до 2048 модулей в системе.

Устройства серии I-7000 имеют встроенный фильтр помех и изолированные входные и выходные цепи, причем максимальное напряжение изоляции составляет не менее 3000 В. Разброс напряжений питания от +10В до +30В и защита по цепям питания от переплюсовки полярности подключения питания значительно повышает живучесть модулей.

Настройка и калибровка модулей осуществляется программным способом. Параметры конфигурации, такие как адрес, скорость обмена по последовательному каналу связи, наличие проверки контрольной суммы команды, диапазон изменения входных и выходных сигналов и их размерность, вид представления измеренных значений и некоторые другие параметры сохраняются во встроенном электрически

По своим техническим характеристикам и системе команд контроллеры и модули серии I-7000 аналогичны изделиям других производителей, представленным на рынке России в настоящее время и совместимы с ними.

Отметим особенности, выделяющие модули серии I-7000 среди аналогичных изделий других производителей:

- : широкий диапазон скоростей передачи данных - от 1200 до 115200 бод;
- : особенность самонастройки конверторов I-7520 на скорость передачи данных, благодаря чему в системе может быть до 2048 модулей, работающих на 8 различных скоростях;
- : объединение до 256 модулей в один сегмент без репитера;
- : программная настройка всех основных параметров (адрес, скорость обмена, тип входа/выхода);
- : высокое напряжение изоляции входных и выходных цепей;
- : прямая замена модулей других серий.

Каждый из модулей серии I-7000 имеет двойной сторожевой таймер (WatchDog). Первый сторожевой таймер представляет собой аппаратно реализованное устройство, которое перезапускает модуль в случае его зависания, не позволяя тем самым прерваться управляемому технологическому процессу или

потерять контроль за считываемыми данными. Второй сторожевой таймер является программным. Он постоянно отслеживает наличие передачи данных в сети (интерфейс RS-485). Если по истечении заданного интервала времени никаких посылок не было, то делается вывод об отказе центрального управляющего компьютера (контроллера) или обрыве коммуникационных линий. В такой ситуации все выходы модуля переводятся в заранее предустановленные для подобного случая состояния. В результате при возникновении нештатной ситуации имеется возможность удерживать параметры технологического процесса в пределах нормы до устранения неисправности.

Очень важная особенность – возможность "горячей" замены любого модуля в любой точке сети без выключения питания. Данное свойство существенно увеличивает ремонтпригодность всей системы без остановки технологического процесса и предоставляет возможность дальнейшей ее модернизации и расширения.

Модули аналогового ввода преобразуют аналоговый входной сигнал в инженерные единицы измерения и передают данные по интерфейсу RS-485 в формате ASCII. При помощи них можно измерять напряжение, силу тока, температуру, давление и другие типы входных аналоговых сигналов. Имеются встроенные функции линеаризации, программной калибровки, преобразования шкалы входного сигнала. В модулях нет переключателей, нуждающихся в предварительной установке. Все модули имеют встроенный микропроцессор для управления 16 разрядным аналого-цифровым преобразователем. Большинство модулей имеют семисегментные цифровые индикаторы, на которых непосредственно отображается значение измеряемого параметра.

Модули аналогового вывода обеспечивают стандартные выходные сигналы в виде различных значений напряжения и силы тока. Данные модули содержат микропроцессор, управляющий выходным цифро-аналоговым преобразователем. Модули могут запоминать стартовые значения, которые будут присутствовать на выходе после включения питания. Кроме того, предусмотрена возможность ограничения скорости нарастания выходного сигнала. При этом модули содержат встроенный входной АЦП, позволяющий контролировать значения выходного параметра (наличие обратной связи).

Модули дискретного ввода/вывода содержат разное количество входных и выходных каналов, причем как с общим проводом, так и изолированных, как совместимых по уровню с ТТЛ, так и релейных типа "сухой контакт". Все входные модули имеют возможность блокировки отдельных каналов в процессе работы. Кроме того, они имеют встроенные счетчики событий, которые можно программно подключать к дискретным входам.

В состав серии входят модули таймеров/счетчиков. Например, модуль I-7080 оборудован двумя 32-битными счетчиками и программируемым таймером для измерения частоты. Имеется входной программируемый цифровой фильтр для фильтрации помех входных сигналов. Модуль I-7080D может отображать показания на пятиразрядном светодиодном индикаторе.

В состав серии входят коммуникационные модули. Например, модули типа I-7520 необходимы для преобразования сигналов стандарта RS-232 в

RS 485, а также гальванической развязки контроллеров от сети на основе интерфейса RS-485. Модули I-7510 являются повторителями (репитерами) и служат для гальванической развязки и усиления сигналов в отдельных сегментах системы управления. При помощи одного такого повторителя можно удлинять (наращивать) сегменты сети на основе RS-485 на 1200 метров.

Для обмена информацией между удаленными устройствами в качестве физической среды обмена информацией можно использовать радиоканал, применяя для этих целей модули радиомодемов, входящих в серию I-7000. В настоящее время производятся радиомодемы на частотные диапазоны 900 МГц и 2400 МГц. Модули радиомодемов позволяют устанавливать связь типа "точка - точка" и "точка - мультиточка" на расстояние до 5 км.

9. ТИПОВЫЕ СРЕДСТВА ОРГАНИЗАЦИИ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА

Оператору для решения задач возрастающей сложности требуется все больше информации. При этом огромную роль начинают играть системы (устройства) организации человеко-машинного интерфейса (НМІ). В первую очередь устройства НМІ предназначены для взаимодействия с оператором, однако в настоящее время они все шире принимают на себя функции и устройств обработки информации с повышенными коммуникационными возможностями.

Главная особенность современных средств НМІ является их интеллектуализация – они становятся равноправными элементами распределенных систем управления. В их состав включается процессор, который выполняет свою программу работы. Таким образом, устройство НМІ превращается в специализированный контроллер, основной функцией которого является получение от человека и выдача человеку управляющей информации с помощью встроенных кнопок, индикаторов и т. п. Общение с другими элементами распределенной системы осуществляется современными устройствами НМІ по цифровой сети. Широкий выпуск устройств НМІ и их унификация обеспечивают минимальные сроки разработки систем управления, простоту их модернизации.

В данном разделе будут продемонстрированы основные направления создания устройств НМІ, их типы. Представленный материал ни в коей мере не будет претендовать на полноту рассмотрения этой области, т.к. количество производителей таких устройств и следовательно их типо-номиналов очень велико.

В простейшем случае, для того чтобы контроллер превратился в систему управления подвластную оператору, необходимы кнопки управления.

Для таких случаев фирма Siemens выпускает кнопочные панели трех типов: SIMATIC PP7, PP17-I, PP17-II. Общий вид панелей показан на рис. 2.39.



Р и с. 2.39 Общий вид панелей SIMATIC PP7, PP17-I, PP17-II фирмы Siemens.

Перечислим основные свойства этих кнопочных панелей:

- управляется с помощью меню параметризации через задний дисплей с мини клавиатурой;
- цветные режимы для светодиодов;
- встроенный режим мигания, 0,5Гц и 2Гц для всех дополнительных выходов;
- кнопки и цифровые выходы могут быть также параметризованы индивидуально, как переключатели;
- все параметры сохраняются на заменяемой карте памяти;
- простота эксплуатации;
- благодаря одинаковому дизайну могут быть соединены в единое целое.

Для тех случаев когда функции человеко-машинного интерфейса сводятся к необходимости нескольких кнопок управления и небольшого текстового дисплея фирма Siemens выпускает текстовые панели оператора OP3/OP7/OP17.

Функции промышленного применения этих панелей:

- 1.: визуализация значений машинных данных;
- 2.: управление и обработка сообщений, регистрация времени и даты генерации сообщений;
- 3.: функции программных клавиш;
- 4.: линейные преобразования;
- 5.: функции программатора.

Панель OP3 (рис.2.40) разработана для самых простых приложений. Возможно использование этой панели в качестве переносного устройства визуализации и контроля.



Рис. 2.40 Панель оператора OP3.

Панель OP7 (рис. 2.41) компактное устройство с большим количеством разнообразных функций.



Рис. 2.41. Панель оператора OP7

Панель OP17 (рис. 2.42) самое мощное устройство в семействе текстовых панелей оператора Siemens.



Рис. 2.42. Панель оператора OP17

Изделия такого класса выпускают многие компании. Например фирмы VIPA выпускает операторные панели TD 03 и OP 03

Вид операторной панели TD 03 показан на рис. 2.43 Она имеет ЖК-дисплей 2x20 символов, МРІ-интерфейс. Конфигурирование панели осуществляется с помощью программного пакета TD-Wizard VIPA



Рис. 2.43. Панель оператора TD-03 VIPA

Операторная панель OP 03 (рис. 2.44) имеет ЖК-дисплей 2x20 символов, 256 Кбайт памяти пользователя, МРІ-интерфейс. Конфигурирование осуществляется с помощью OP Manager VIPA или ProToolSiemens



Рис. 2.44. Панель оператора OP-03 VIPA

Компания Siemens выпускает и ПЛК и операторные панели, не могла не создать устройство, объединяющее их в единый конструктив. Устройства семейства SIMATIC C7 являются функционально законченными устройствами, объединяющими в одном блоке программируемый логический контроллер SIMATIC S7-300 и панель оператора. Фронтальная панель блоков имеет степень защиты IP65. Для увеличения количества обслуживаемых входов и выходов могут быть использованы модули контроллера SIMATIC S7-300.

Объединение в одном блоке функций программируемого контроллера и панели оператора позволяет создавать компактные законченные системы управления, требующие для своей установки минимальных объемов, и отличающиеся высокой рентабельностью.

Рассмотрим лишь два примера из устройств семейства SIMATIC C7.

В состав SIMATIC C7-634/P (рис. 2.45) входит:

- центральный процессор с объемом памяти 48 Кбайт;
- панель оператора SIMATIC OP17;
- встроенный интерфейсный модуль IM360 для расширения системы ввода/вывода модулями SIMATIC S7-300;
- MPI интерфейс;
- интерфейс для подключения принтера;
- буферная батарея для сохранения данных;
- 16 входов для ввода и 16 выходов для вывода дискретных сигналов напряжением 24В;
- 4 входа для ввода и 4 выхода для вывода аналоговых сигналов;
- 4 универсальных входа;
- карта 5Кбайт Flash-EEPROM для энергонезависимого хранения программ и данных.



Р и с. 2.45. Система SIMATIC C7-634/P

Система SIMATIC C7-626 используется для решения сложных задач автоматического управления, требующих использование графических возможностей человеко-машинного интерфейса (рис. 2.46). Система выпускается в следующих модификациях: C7-626, C7-626/P, C7-626DP, C7-626/P DP.

В состав SIMATIC C7-634/P входит:

- центральный процессор с объемом памяти 96 Кбайт;
- панель оператора SIMATIC OP25;
- встроенный интерфейс ведущего/ведомого устройства PROFIBUS-DP
- MPI интерфейс
- встроенный интерфейсный модуль IM 360 для расширения системы ввода/вывода модулями SIMATIC S7-300;
- интерфейс для подключения принтера;
- буферная батарея для сохранения данных;
- 16 входов для ввода и 16 выходов для вывода дискретных сигналов напряжением 24В;
- 4 входа для ввода и 4 выхода для вывода аналоговых сигналов;
- 4 универсальных входа;
- возможность подключения одного модуля ввода/вывода C7;
- наличие встроенного интерфейса PROFIBUS-DP, позволяющего использовать в системе ввода/вывода широкий спектр компонентов распределенной периферии SIMATIC DP.



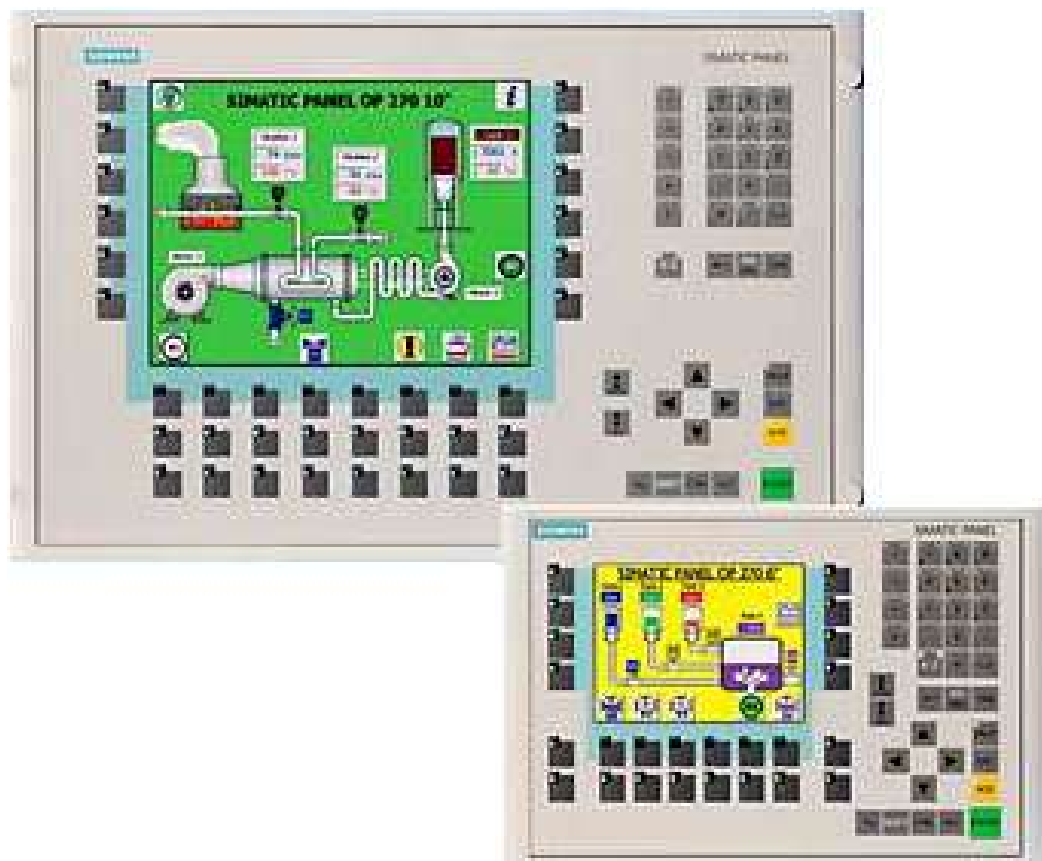
Р и с. 2.46. Система SIMATIC C7-626

Siemens выпускает различные графические панели оператора. Например панели оператора OP27/OP37 (рис. 2.47) позволяют создавать графические изображения управляемых установок или станков и в режиме реального времени отображать протекающие в них процессы и управлять ими. Машинные данные

могут представляться на этих устройствах визуализации и обслуживания в виде гистограмм и графических объектов, меняющих свой вид в зависимости от состояния переменных программы управления.

Они имеют следующие функции промышленного применения:

- 1.: управление рецептурами;
- 2.: отображение статуса управляемой установки;
- 3.: резервное копирование и восстановление данных проекта/рецептур;
- 4.: интегрированный порт подключения принтера;
- 5.: функции программатора.



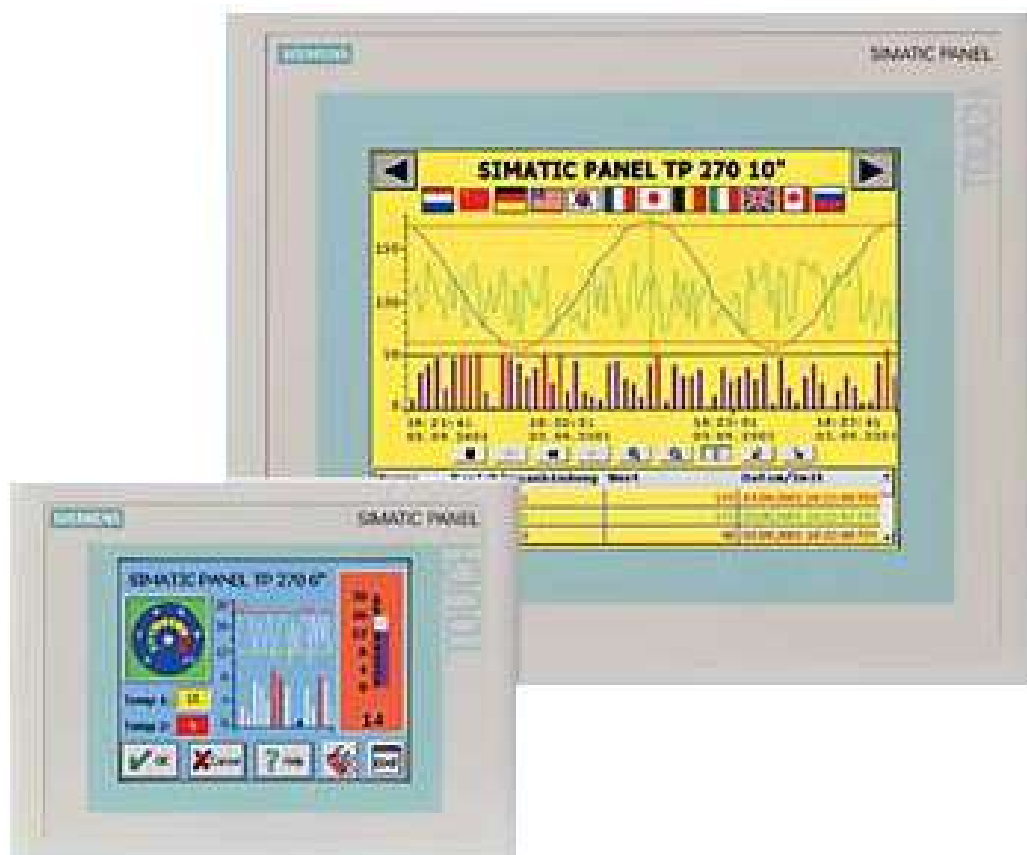
Р и с. 2.47. Панели оператора OP27/OP37 Siemens

Удобны в работе сенсорные панели Siemens TP27/TP37 (рис. 2.48). Они позволяют управлять процессами прямо с экрана. Простые, самопоясняющиеся графические кнопки упрощают управление и помогают избежать ошибок.

Основные свойства эти панелей:

- 1.: быстродействующие графические способности;
- 2.: высококонтрастный TFT и STN дисплей обеспечивающий прекрасную читаемость;
- 3.: CCFL панель с подсветкой с временем жизни превышающим 25000 часов;
- 4.: модули CPI и клавиш прямого управления;

5.: сенсорные кнопки для фиксированного текста, текстовых списков, графики, графических списков.



Р и с. 2.48. Панели оператора TP27/TP37 Siemens

В данной книге неоднократно приводились примеры продукции фирмы OMRON. Среди ее элементов организации человеко-машинного интерфейса можно выделить терминалы серии NS (рис. 2.49). Серия NS компании Omron поддерживает такие функциональные возможности, как мощная встроенная функция обработки данных и удобный интуитивно понятный программируемый интерфейс, что позволяет создавать сложные операторские интерфейсы, которые раньше создавались только с помощью мощного персонального компьютера.

Они используются в качестве панелей оператора для эффективного контроля и управления технологическим оборудованием в режиме реального времени. Позволяют отображать информацию, как в графическом, так и в символьном виде, а также вводить требуемые данные, обеспечивают высокую вычислительную мощность и расширенные функции передачи данных.

Конструкция и электрические параметры программируемых терминалов OMRON обеспечивают их продолжительную работу в суровых промышленных условиях. Терминалы, предназначенные для панельного монтажа или монтажа в стойку, имеют степень защиты лицевой панели IP65.

В серии NS представлены терминалы с диагональю 7, 10 и 12 дюймов. Жидкокристаллические мониторы на 32000 цветов имеют высокую яркость и

широкий угол обзора. Шрифты в формате Unicode обеспечивают удобную многоязычную поддержку и отображение различных шрифтов на одной экранной странице. Предусмотрено управление анимацией, автоматической передачей данных и другими процессами с помощью макропрограмм.

Пользовательские программы и рабочие данные можно передать на персональный компьютер по сети или с помощью карт памяти. Объем встроенной памяти протоколов 1:N, NT-Link N:N и FINS составляет 4 Мбайт и может быть увеличен с помощью набора микросхем или карты памяти.



Р и с. 2.49. Терминалы серии NS фирмы OMRON

В качестве еще одного примера рассмотрим операторные панели серии Touch 500 компании IPC DAS (рис. 2.50).

Устройства серии Touch 500 представляют собой классическую панель оператора с сенсорным экраном. Имея небольшие габариты и массу, они прекрасно вписываются в большинство пультов управления и шкафов, а такие возможности как защита IP-65 по передней панели позволяют использовать их в местах, где возможно попадание воды, а также значительно облегчают уход за панелями.

Компания IPC DAS выпускает панели с диагоналями экранов 5,7 и 10,4 дюйма, которые могут быть монохромными, цветными STN или TFT, иметь поддержку Ethernet и позволять подключать принтер непосредственно к панели. Все панели серии Touch 500 могут работать с контроллерами различных производителей, таких как Siemens, Allen Bradley, Mitsubishi Electric, Omron, Yokogawa Electric, Sharp, Fuji. Также панели могут быть интегрированы в сеть

Modbus RTU и RS-485 с протоколом ASCII, и таким образом взаимодействовать с контроллерами и периферийными устройствами этих сетей.

Связь с контроллером или управляющим компьютером осуществляется по интерфейсу RS-485 или RS-232, программирование же осуществляется только по RS-232 при помощи удобного программного пакета Easy Builder.

Панели операторы Touch 500 обладают высокой виброустойчивостью, выдерживая виброускорения до 2g в диапазоне от 10 до 25Гц, имеют твердость экрана 4Н, защиту по передней панели IP-65, и рабочий диапазон температур от 0 до 45 °С.



Р и с. 2.50. Операторные панели серии Touch 500 компании IPC DAS

10. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ

Практически невозможно представить себе современную жизнь без электропривода. Миллионы электродвигателей в буквальном смысле оживляют и приводят в движение бесконечное число машин и механизмов современного производства. При этом задача управления электроприводом состоит не только в осуществлении пуска/останова, в изменении направления вращения, но и в регулировании скорости вращения или связанной с ней производительности электропривода.

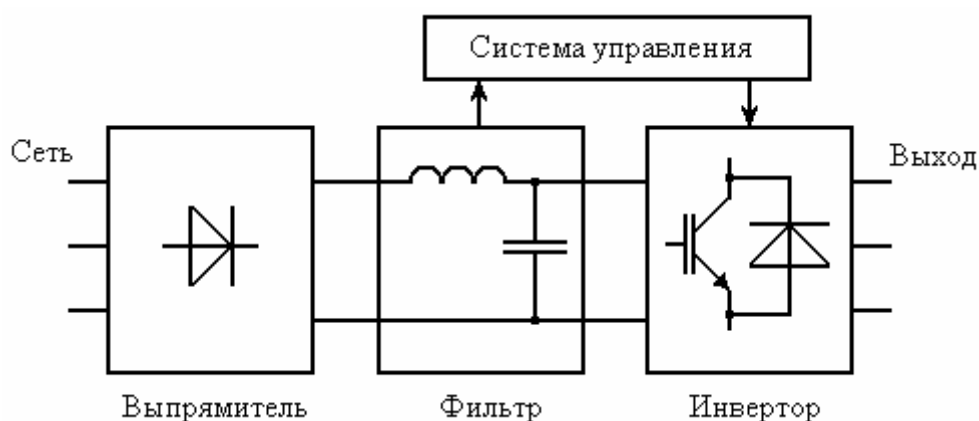
Для регулирования скорости вращения двигателей широко используются три основных типа устройств: механические вариаторы, гидравлические и электромагнитные муфты скольжения и электронные регуляторы. Основным недостатком первых двух типов устройств является наличие механически изнашиваемых элементов, которые затрудняют эксплуатацию и обслуживание приводов, особенно в загрязненных и взрывоопасных средах, а также необходимость компоновки регулирующего устройства в один агрегат вместе с двига-

телем и нагрузкой. Электронные регуляторы свободны от этих недостатков и поэтому находят все более широкое применение.

Электропривод включает в себя электрический двигатель, преобразователь электрической энергии и систему управления. В промышленности и быту применяются двигатели переменного и постоянного тока. Исторически сложилось, что для регулирования скорости вращения чаще использовали двигатели постоянного тока. Преобразователь в данном случае регулировал только уровень напряжения питания двигателя, был прост и дешев. Однако двигатели постоянного тока имеют сложную конструкцию, критичный в эксплуатации щеточный аппарат и сравнительно дорогие. Асинхронные двигатели широко распространены, надежны, имеют относительно невысокую стоимость, хорошие эксплуатационные качества. Регулировка скорости их вращения осуществляется за счет изменения частоты питающего напряжения. Системы электронного регулирования частоты питающего напряжения долгое время стоили дорого и были весь не надежны. Однако благодаря развитию электроники появились полупроводниковые преобразователи частоты, обладающие качествами, необходимыми для широкого внедрения в индустрию, стало возможным регулирование скорости вращения асинхронных двигателей в широких масштабах.

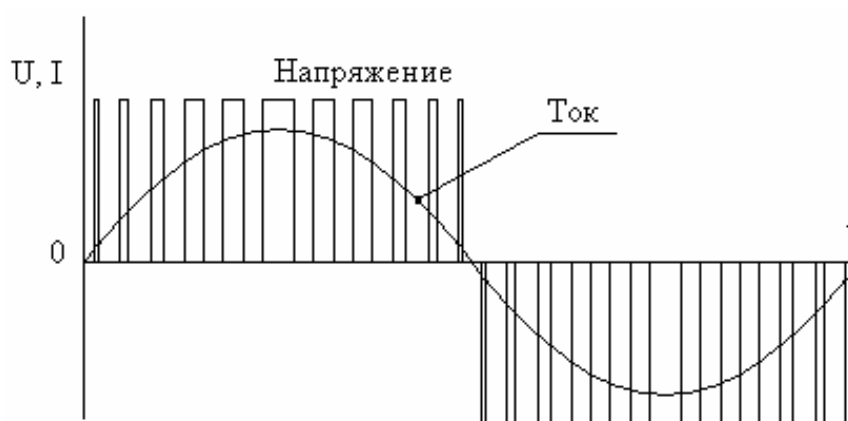
Существует два основных типа преобразователей частоты: с непосредственной связью и с промежуточным контуром постоянного тока. В первом случае выходное напряжение синусоидальной формы формируется из участков синусоид преобразуемого входного напряжения. При этом максимальное значение выходной частоты принципиально не может быть выше частоты питающей сети. Частота на выходе преобразователя этого типа обычно лежит в диапазоне от 0 до 25 - 33 Гц. Наибольшее распространение получили преобразователи частоты с промежуточным контуром постоянного тока, выполненные на базе инверторов напряжения. Структурная схема такого преобразователя приведена на рис. 2.51.

Переменное напряжение сети преобразуется с помощью диодного выпрямителя, а затем сглаживается в промежуточной цепи индуктивно-емкостным фильтром. И, наконец, осуществляет обратное преобразование из постоянного тока в переменный, обеспечивая формирование выходного сигнала с необходимыми значениями напряжения и частоты. Выходной каскад инвертора обычно выполняется на основе IGBT-модулей (IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistor – биполярный транзистор с изолированным затвором, рассчитанный на токи до нескольких килоампер, напряжение до нескольких киловольт и имеющий частоту коммутации 30 кГц и выше).



Р и с. 2.51. Структурная схема преобразователя частоты с промежуточным контуром постоянного тока

Наиболее часто в инверторах применяется метод высокочастотной широтно-импульсной модуляции (ШИМ). В этом случае выходной сигнал преобразователя представляет собой последовательность импульсов напряжения постоянной амплитуды и изменяющейся длительности, которая на индуктивной нагрузке, каковой является обмотка статора, формирует токи синусоидальной формы (рис. 2.52). Возможный диапазон регулирования частоты – от 0 до нескольких тысяч герц.



Р и с. 2.52. Выходной сигнал преобразователя частоты

Требования к электроприводу определяются диапазоном требуемых скоростей и типом нагрузки. Зависимость между скоростью вращения и моментом сопротивления неодинакова для нагрузок разного типа (рис. 2.53).

Многие нагрузки могут рассматриваться как имеющие постоянный момент во всем диапазоне изменения скорости. К ним относятся, например, конвейеры, компрессоры и поршневые насосы.

Некоторые виды нагрузки имеют переменную механическую характеристику, для которой момент нагрузки возрастает с увеличением скорости вращения. Типичным примером устройств с такой нагрузкой являются центробежные насосы и вентиляторы, чья механическая характеристика описывается уравне-

нием квадратичной параболы, а значит, потребляемая мощность пропорциональна кубу скорости вращения. Из этого следует, что даже небольшое снижение скорости электропривода может дать значительный выигрыш в мощности – вот почему экономия электроэнергии является главным преимуществом использования управляемого электропривода для насосов и вентиляторов. Теоретически снижение скорости на 10% дает тридцатипроцентную экономию потребляемой мощности.

Есть класс устройств (экструдеры, промышленные миксеры), у которых механическая характеристика близка к характеристике насосов и вентиляторов. Но особенность нагрузок такого типа состоит в наличии высокого пускового момента, который с увеличением скорости снижается, а затем, начиная с некоторого значения, характеристика становится квадратичной.

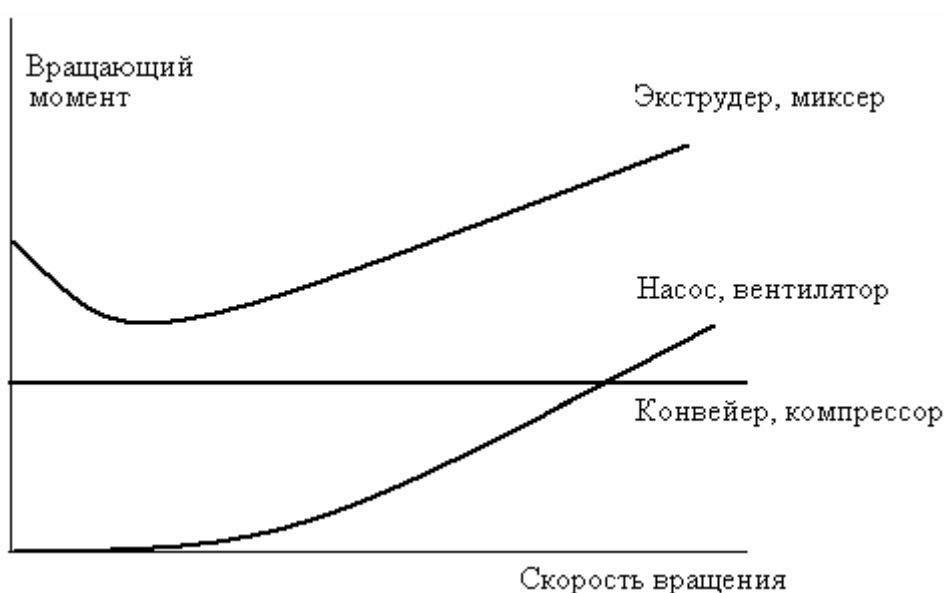


Рис. 2.53. Механические характеристики типичных нагрузок

Кроме того, существует и большое число нагрузок с совершенно уникальными механическими характеристиками.

Таким образом, выбору электродвигателя и преобразователя частоты должен предшествовать этап анализа характера нагрузки и ее механической характеристики. В зависимости от характера нагрузки преобразователь частоты должен обеспечивать различные режимы управления электродвигателем, реализуя ту или иную зависимость между скоростью вращения электродвигателя и выходным напряжением.

Режим с линейной зависимостью между напряжением и частотой ($U/f = \text{const}$) реализуется простейшими преобразователями частоты для обеспечения постоянного момента нагрузки и используется для управления синхронными двигателями или двигателями, подключенными параллельно. Вместе с тем при уменьшении частоты, начиная с некоторого значения, максимальный момент двигателя начинает падать. Для повышения момента на низких частотах в преобразователях предусматривается функция повышения начального

значения выходного напряжения, которая используется для компенсации падения момента для нагрузок с постоянным моментом или увеличения начального момента для нагрузок с высоким пусковым моментом, таких, например, как промышленный миксер. Для регулирования электроприводов насосов и вентиляторов используется квадратичная зависимость напряжение/частота ($U/f^2 = \text{const}$). Этот режим, так же как и предыдущий, можно использовать для управления параллельно подключенными двигателями.

Перечисленные режимы управления достаточны для большинства применений. Вместе с тем для повышения качества управления приводом требуется использование других, более совершенных методов управления. К ним относятся метод управления потокосцеплением (Flux Current Control – FCC) и метод бессенсорного векторного управления (Sensorless Vector Control – SVC). Оба метода базируются на использовании адаптивной модели электродвигателя, которая строится с помощью специализированного вычислительного устройства, входящего в состав системы управления преобразователя.

Важной функцией преобразователя является обеспечения заданного режима останова. Самый простой способ останова – выбег электродвигателя. Двигатель отключается от питающей сети и останавливается по инерции. При этом время до полного останова не регулируется и определяется инерционными свойствами двигателя и его нагрузки.

Регулируемое время торможения обеспечивает генераторный способ, заключающийся в том, что преобразователь с необходимой скоростью уменьшает выходную частоту до требуемого значения. При этом двигатель превращается в генератор, преобразуя кинетическую энергию вращения в электрическую. В зависимости от типа выпрямляющего устройства энергия возвращается в первичную сеть либо накапливается в контуре постоянного тока преобразователя частоты. Во втором случае и в случае нагрузки с большим моментом инерции для рассеивания энергии может потребоваться применение внешнего тормозного сопротивления, подключение которого при возникновении опасного перенапряжения в промежуточном контуре преобразователя осуществляет специальная контролирующая схема. Таким образом, преимуществом генераторного торможения является предсказуемое время и плавность останова, высокий тормозной момент. Недостаток же заключается в том, что энергия выделяется в преобразователе, и в случае быстрого останова или большого момента инерции нагрузки для избежания перегрева встроенного резистора контура постоянного тока преобразователя необходимо использование внешнего сопротивления.

Для того чтобы осуществить торможение постоянным током, или, иными словами, динамическое торможение, с обмотки статора двигателя снимают переменное напряжение и на одну или две фазы подают постоянное напряжение. При этом магнитное поле будет вызывать вначале замедление, а затем и удержание ротора в неподвижном состоянии. Преимуществом динамического торможения является выделение электрической энергии в роторе двигателя, что делает ненужным использование тормозного сопротивления, и плавный останов. Но поскольку выходная частота преобразователем не контролируется, то

время торможения становится величиной неопределенной. Эффективность торможения в этом случае по сравнению с генераторным методом составляет 30-40%.

При комбинированном способе торможения используется комбинация двух описанных способов, то есть на переменную составляющую выходного напряжения преобразователя накладывается постоянная составляющая. Этот способ торможения сочетает в себе преимущества обоих электрических способов торможения и позволяет эффективно тормозить электродвигатель за короткое время без выделения тепла в преобразователе.

Как всегда детальное ознакомление с характеристиками современных преобразователей, с подходами и возможностями их использования будем проводить на примере выпускаемых в настоящее время устройств.

Широчайшую гамму двигателей постоянного и переменного тока и устройств управления для них производит фирма Siemens. Постоянно развивая это направление и разрабатывая новые изделия, фирма Siemens предлагает несколько серий преобразователей частоты для частотно-регулируемых приводов, отличающихся диапазоном мощностей, возможностями системы управления и конструктивным исполнением.

Преобразователи частоты серии MICROMASTER применяются для изменения и регулирования скорости вращения низковольтных двигателей переменного тока с постоянным или квадратичным моментом нагрузки. Существуют различные модели – от компактного однофазного MICROMASTER мощностью 120 Вт до MICRO-MASTER с трехфазным входом мощностью 7,5 кВт.

Отличительными особенностями преобразователей этих серий являются:

- : совместимость со всеми типами асинхронных и синхронных двигателей российского и зарубежного производства;
- : высокая перегрузочная способность;
- : встроенный ПИД-регулятор (ПИ-регулятор для серии MICROMASTER);
- : возможность динамического торможения;
- : программируемое время разгона/торможения с регулируемой плавностью;
- : функция быстрого ограничения тока для надежной и безопасной работы;
- : тихая работа двигателя за счет частоты модуляции преобразователя в сверхзвуковом диапазоне;
- : тепловая и электрическая защита преобразователя частоты и двигателя;
- : возможность подключения к промышленной шине PROFIBUS-DP (12Мбод).

Преобразователи серии MICRO/MIDIMASTER Vector отличаются наличием режима векторного управления, что позволяет использовать их в составе приводов для процессов с повышенными требованиями к динамике и повышенными требованиями к стартовому моменту и перегрузке, например, для

лифтов, упаковочных машин и т.п. Кроме того, эти преобразователи совместно с асинхронными двигателями во многих случаях позволяют заменить более дорогой привод постоянного тока. Диапазон мощностей от 120 Вт до 75 кВт (95 кВт для квадратичной нагрузки).

На рис. 2.54 показан внешний вид, а в таблице 2.17 представлены основные технические параметры преобразователей серии MICROMASTER и MICRO/MIDIMASTER Vector.



Р и с. 2.54. Преобразователи серии MICROMASTER и MICRO/MIDIMASTER Vector

Т а б л и ц а 2.17.

Основные технические параметры преобразователей серии MICROMASTER и MICRO/MIDIMASTER Vector

Тип преобразователя частоты	MICROMASTER 6SE92	MICROMASTER Vector 6SE32	MIDIMASTER Vector 6SE3 2
Диапазон мощностей	0,12...7,5 кВт	0,12...7,5 кВт	5,5...75 кВт
Напряжение питания	1 фаза, 208...240 В $\pm 10\%$. 3 фазы, 208...240 В $\pm 10\%$ 3 фазы, 380...500 В $\pm 10\%$		3 фазы, 208-240 В $\pm 10\%$ 3 фазы, 380-500 В $\pm 10\%$ 3 фазы, 525-575 В $\pm 10\%$
Выходная частота	0... 400 Гц	0... 650 Гц	0... 650 Гц
Разрешение по частоте	0,01 Гц	0,01 Гц	0,01 Гц
Перегрузочная способность	150% от номин. тока в течение 60 с	150% от номин. тока в течение 60 с , 200% от номин. тока в течение 3 с	
Метод управления	Вольт-частотный: линейный U/f и квадратичный	Потокоцеплением (FCC), векторный (SVC) вольт-частотный: линейный U/f и квадратичный	
Дискретные входы			

(программируемые)	3 (19 функций)	6 (24 функции)	6 (24 функции)
Аналоговые входы	1 (0...10В)	2	
Аналоговые выходы	-	1 (0/4...20 мА)	2 (0/4... 20 мА)
Дискретные релейные выходы (параметрируемые)	1	2	
Метод охлаждения	Программно-управляемый вентилятор		Вентилятор
Диапазон рабочих температур	от 0 до 50°C	от 0 до 50°C	от 0 до 40°C (50°C без кожуха)
Степень защиты	IP20	IP20	IP21/IP56

С преобразователями Micromaster Vector и Midimaster Vector поставляются дополнительные принадлежности, служащие для более эффективного их применения или расширяющие их функциональные возможности. К ним относятся:

- многофункциональный пульт с четырехстрочным ЖК-дисплеем, позволяющий осуществить одновременное управление максимум 31 преобразователем с одного пульта и обеспечить подключение преобразователя к компьютеру с помощью встроенного в пульт преобразователя интерфейсов RS-232/RS-485 (рис. 2.55);

- программа SIMOVIS под Windows для управления преобразователем от персонального компьютера;

- модуль CB15 для подключения к шине PROFIBUS-DP;
- фильтры электромагнитной совместимости;
- сетевые фильтры;
- выходные дроссели для больших расстояний между двигателем и преобразователем;
- тормозное сопротивление;
- тормозной электронный модуль для MIDIMASTER Vector;
- выходной фильтр du/dt.



Р и с. 2.55. Многофункциональный пульт для преобразователей.

Преобразователи частоты MICRO-MASTER Eco и MIDIMASTER Eco разработаны для применения в системах отопления, вентиляции, водоснабжения, в установках для кондиционирования воздуха. Благодаря своим характеристикам, они позволяют значительно снизить эксплуатационные расходы. Преобразователи имеют встроенный ПИД-регулятор и функцию энергосбережения. Диапазон мощностей от 0,75 кВт до 315 кВт. Их основные технические параметры представлены в таблице 2.18.

Т а б л и ц а 2.18.
Основные технические параметры преобразователей серии

Тип преобразователя частоты	MICROMASTER Eco 6SE95	MIDIMASTER Eco 6SE95
Диапазон мощностей	0,75. ..7,5 кВт	5,5. ..315 кВт
Напряжение питания		3 фазы, 208-240 В +10% 3 фазы, 380-460/480/500 В ±10% 3 фазы, 525-575 В ±10%
Перегрузочная способность	150% от номинального тока в течение 60 с	110% от номинального тока в течение 60 с
Метод управления	Режим оптимизации электропотребления (Eco) Вольт-частотный квадратичный (U/f)	
Дискретные входы (программируемые)	6	6
Аналоговые входы	2 (0...10 В, 2. ..10 В, ±10 В, 0/4. ..20 мА)	
Аналоговые выходы	1 (0/4-20 мА)	2 (0/4-20 мА)
Дискретные релейные выходы (параметрируемые)	2 (230 В/1,0 А перем. тока)	2 (230 В/1,0 А перем. тока)
Фиксированные частоты	8	8
Способы торможения	Генераторное, динамическое, комбинированное	
Метод охлаждения	Вентилятор	Вентилятор
Диапазон рабочих температур	От 0 до 50°C	От 0 до 40°C
Степень защиты	IP20/IP56	IP21/IP56

Преобразователи MICROMASTER Integrated предназначены для непосредственного монтажа на двигатель (рис. 2.56). С их помощью любой двигатель переменного тока с постоянной скоростью вращения, в том числе и российского производства, может стать двигателем с регулируемой скоростью вращения. Преобразователи MICROMASTER Integrated совмещаются с двигателями при помощи адаптационной платы MIP (Motor Interface Plate), которая стыкует электрические выводы двигателя и преобразователя. Преобразователь крепится к установленной на двигатель адаптационной плате четырьмя болтами.

Преобразователь серии COMBI-MASTER представляет собой компактный модуль, состоящий из низковольтного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и преобразователя частоты. Такое исполнение значительно облегчает интеграцию привода в установку.



Рис. 2.56 Преобразователи COMBI-MASTER.

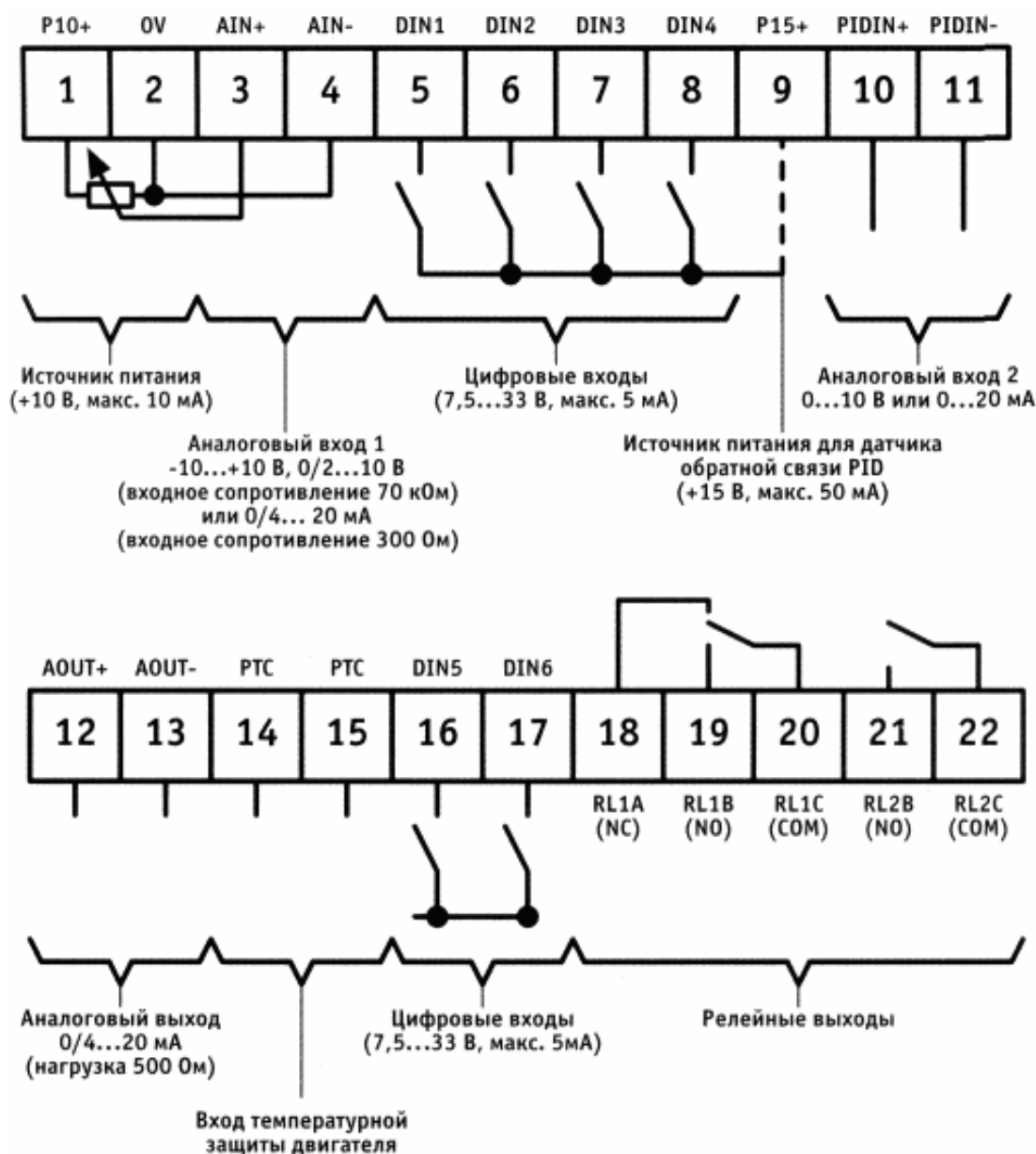
Кроме регулирования скорости, преобразователи частоты позволяют избежать бросков тока при пуске двигателя и обеспечить его защиту в аварийном режиме.

Управление всеми рассмотренными преобразователями частоты осуществляется посредством набора параметров, позволяющих осуществлять выбор, активизацию или, наоборот, запрет той или иной функции, задание значения параметра, а также контролировать текущее значение параметра. Параметры можно изменять и устанавливать кнопками мембранной клавиатуры пульта управления преобразователя для настройки нужных свойств преобразователя, таких как время разгона, минимальные и максимальные частоты и т.д. Номера выбранных параметров и установленные значения параметров указываются на четырехзначном цифровом дисплее.

Задание оптимальных режимов работы частотно-управляемого привода для обеспечения максимальной эффективности функционирования технологического процесса – вопрос весьма непростой и требует от персонала знания и учета особенностей как самого процесса, так и оборудования используемого привода. Вот почему иногда, как это сделано, например, в преобразователях серии MICROMASTER Eco и MIDIMASTER Eco, из всего набора параметров выделяют группу специально подобранных базовых параметров, настройка которых позволяет для большинства простейших случаев применения быстро осуществить ввод привода в эксплуатацию. Другая группа параметров, условно называемая экспертной, служит для точной настройки преобразователя. При этом доступ ко второй группе для посторонних по умолчанию блокирован.

Описанный способ управления удобен на этапе ввода и в процессе эксплуатации для оперативного изменения настроек преобразователя. Для использования же частотно-управляемого привода в составе АСУ ТП необходимо обеспечивать взаимодействие преобразователя с другими участниками системы

управления. Для этого в составе преобразователей имеется развитая система ввода/вывода данных, включающая в себя дискретные и аналоговые входы и выходы, а также последовательные интерфейсы. В качестве примера на рис. 2.57 приведена схема подключения цепей управления преобразователя серии MICROMASTER Vector, который обладает максимальным их набором.



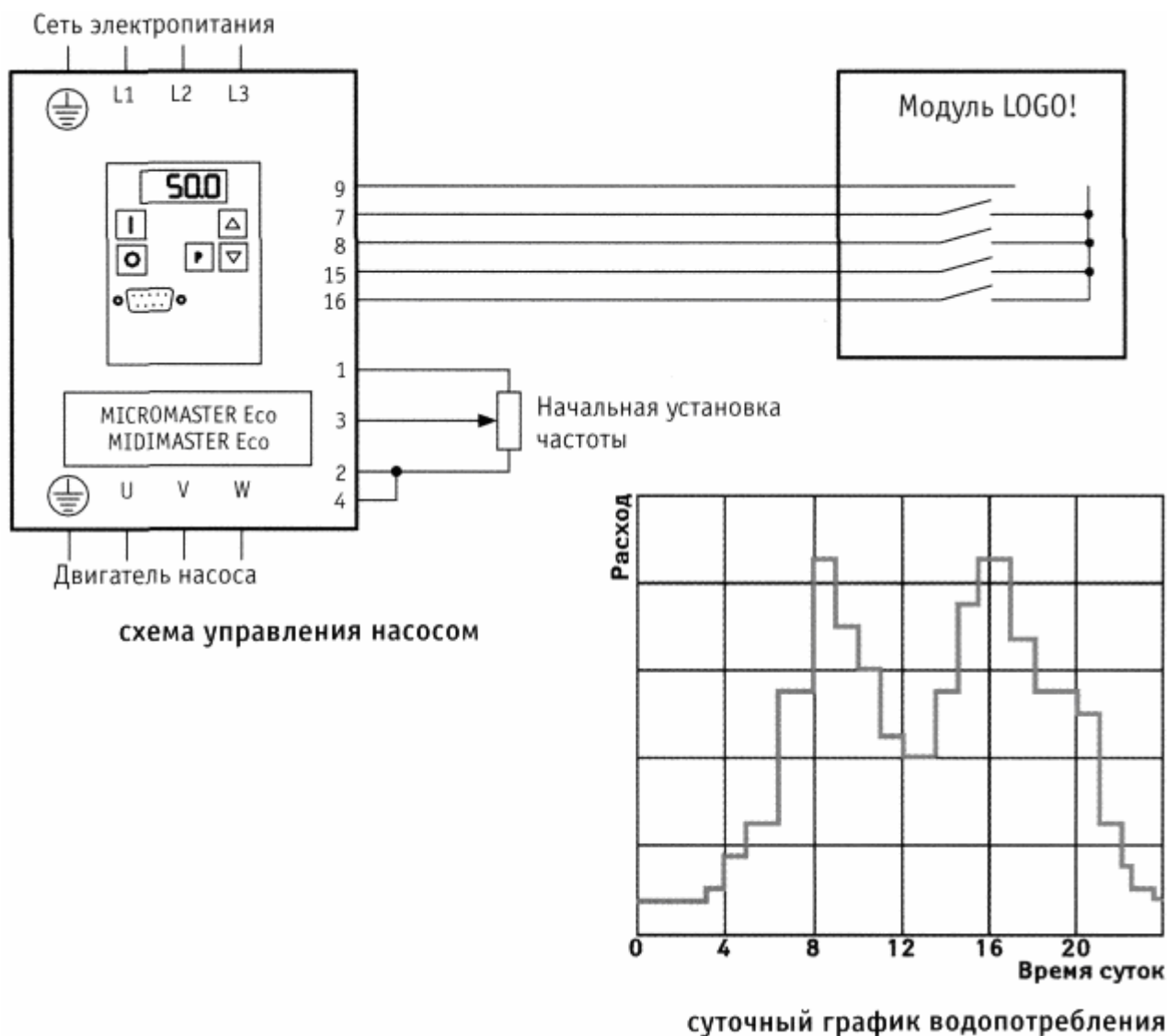
Р и с. 2.57. Схема подключения цепей управления преобразователя MICROMASTER Vector.

В зависимости от серии преобразователя частоты Siemens имеют от 3 до 6 программируемых дискретных входов, способных инициировать до 24 различных функций управления. Все эти функции можно условно разделить на несколько групп. В первую группу можно отнести функции управления движением двигателя, такими как пуск, останов, реверс, способ торможения. Вторую группу образуют функции управления выходной частотой преобразователя, такое управление может быть осуществлено путем выбора значения фиксирован-

ной частоты, определенной для конкретного входа или задаваемой двоичным кодом состояния трех входов (восемь значений). В эту же группу входят функции плавного уменьшения или увеличения выходной частоты при активном состоянии соответствующего дискретного входа. И, наконец, третья группа объединяет остальные функции, несущие служебную нагрузку (разрешение дистанционного управления, сброс признака ошибки и т.п.). Для питания входных цепей может быть использован либо внутренний источник питания с выходным напряжением 15 В постоянного тока, либо внешний источник с напряжением от 7,5 до 33,0 В постоянного тока.

Дискретные входы могут быть активизированы различными способами, в том числе механическими кнопками панели управления установкой, дискретными выходами различных управляющих устройств, таких как программируемые логические контроллеры или устройства удаленного ввода/вывода (например, серии ADAM-4000 фирмы Advantech).

В качестве примера можно рассмотреть систему регулирования производительности насоса водопроводного хозяйства в соответствии с заданным суточным графиком водопотребления (рис. 2.58). Изменение производительности осуществляется путем ступенчатого изменения скорости вращения двигателя насоса с помощью преобразователя частоты. Управляющим устройством системы может быть, например, логический модуль серии LOGO! фирмы Siemens. Наличие в этом модуле часов реального времени позволяет в заданное время суток через дискретные выходы осуществлять выбор требуемого значения выходной частоты преобразователя. Выходы, не задействованные для выбора частоты, могут быть использованы, например, для пуска и останова привода насоса или выполнения других функций. Наличие аналоговых входов в преобразователях частоты позволяет осуществлять непрерывное управление выходной частотой. Преобразователи MICROMASTER имеют один такой вход, остальные – два, что дает им дополнительные возможности по управлению приводом. Каждый вход предназначен для выполнения вполне определенных функций. Аналоговый вход № 1 может быть использован для задания частоты с помощью сигнала в виде тока или напряжения. При этом пользователю доступен ряд интересных возможностей. Например, при разрешенном аналоговом входном управлении может быть задан режим запуска преобразователя посредством входного сигнала по достижении им определенного значения. А в преобразователях серии MICRO/MIDIMASTER Vector возможно реверсивное управление электродвигателем при использовании биполярного сигнала ± 10 В.



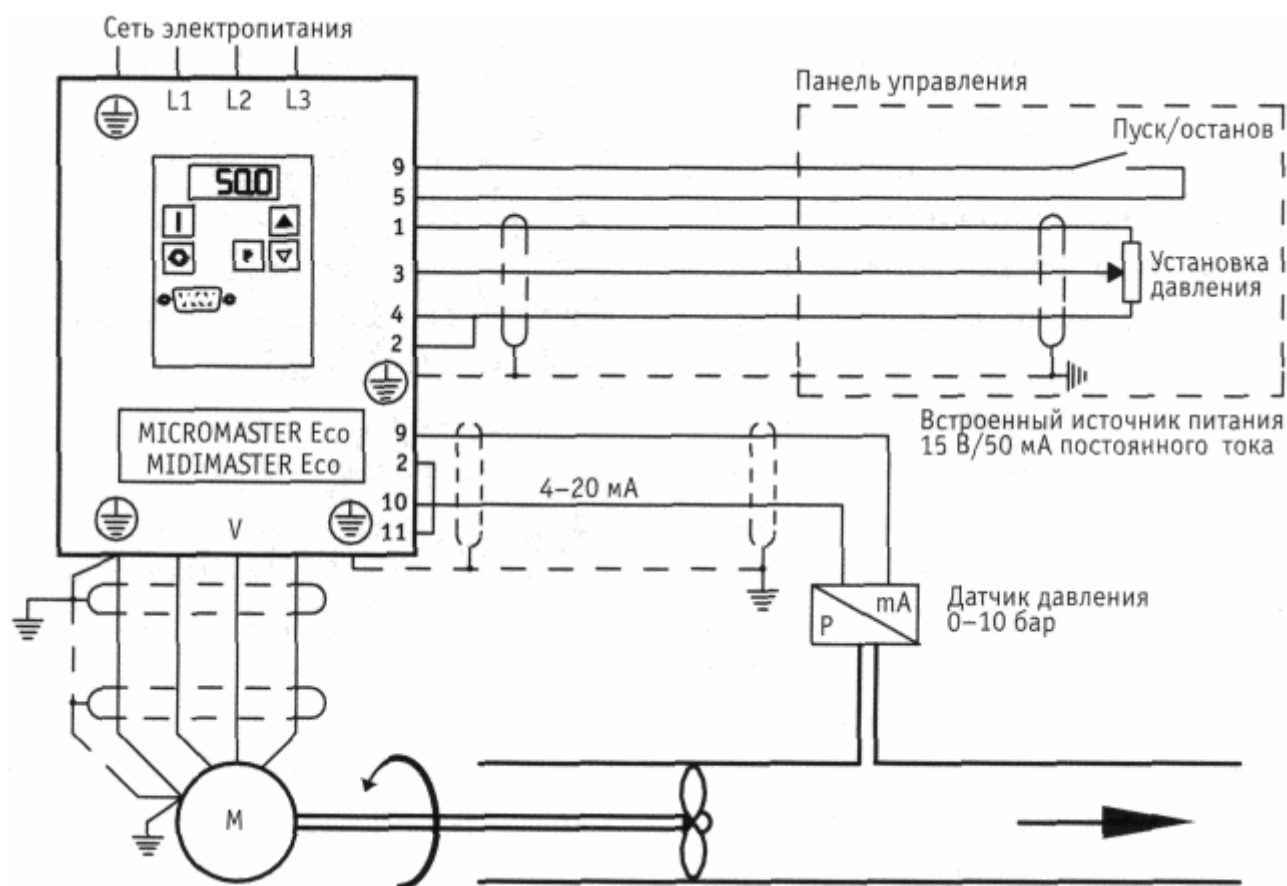
Р и с. 2.58. Система регулирования производительности насоса.

Ручное управление через аналоговые входы очень просто может быть реализовано при подключении к преобразователю внешнего потенциометра с сопротивлением от 5 до 100 кОм, для питания которого в преобразователе предусмотрен специальный маломощный источник с выходным напряжением 10 В. Сигнал с движка потенциометра подается на аналоговый вход № 1, при этом по умолчанию перемещение движка от одного крайнего положения в другое будет вызывать изменение значения выходной частоты в пределах от 0 до 50 Гц. Граничные значения диапазона могут быть изменены путем изменения значений соответствующих параметров преобразователя.

Наличие в преобразователях Siemens встроенной функции ПИД- или ПИ-регулирования позволяет осуществлять точное регулирование любого внешнего параметра, поставленного в зависимость от скорости вращения двигателя: давления насоса, температуры в системах вентиляции, расхода и др. Конечно, для работы в этом режиме требуется применение соответствующего датчика обратной связи. Основное назначение аналогового входа № 2 преобразователя как раз и состоит в приеме сигнала от такого датчика.

Пример использования частотно-управляемого электропривода для поддержания постоянного давления в системе водоснабжения или вентиляции приведен на рис. 2.59. Необходимое значение давления задается через аналоговый вход № 1 с помощью потенциометра. Датчик давления, в качестве которого может быть использован преобразователь SITRANS P серии Z фирмы Siemens преобразует давление в трубопроводе в электрический сигнал 4-20 мА, поступающий на второй аналоговый вход преобразователя частоты. Для электропитания датчика предназначен второй встроенный источник питания с выходным напряжением 15 В и нагрузочной способностью 50 мА. Задание коэффициентов усиления пропорционального, интегрального и дифференциального звеньев ПИД-регулятора осуществляется через соответствующие параметры преобразователя.

Все описанные способы управления преобразователями частоты являются примерами местного управления. Кроме того, существует возможность и дистанционного управления с доступом ко всем параметрам преобразователя. Эта возможность может быть реализована через использование встроенного в каждый преобразователь частоты последовательного интерфейса, соответствующего стандарту EIA RS-485. В сеть передачи данных на базе интерфейса RS-485 может быть объединено до 31 преобразователя, каждый из которых имеет свой уникальный адрес, задаваемый через соответствующий параметр. Управление преобразователями, объединенными в сеть, осуществляет ведущее устройство, в качестве которого может выступать компьютер, ПЛК или внешний пульт управления преобразователя. Для обмена данным используется разработанный фирмой Siemens протокол USS, который поддерживается преобразователями частоты всех серий. Этот протокол реализует конфигурацию «ведущий-ведомый», при которой инициатором обмена является ведущее устройство, а ведомое лишь отвечает на сообщение, переданное в его адрес. Кроме того, протоколом USS предусмотрен и широковещательный режим обмена, при котором адресатами сообщения являются все устройства сети. Максимальная скорость обмена, поддерживаемая протоколом USS, равна 19 Кбод. Телеграмма имеет фиксированную длину 14 байт, каждый из которых имеет стандартный для устройств с асинхронным режимом обмена формат: 1 старт-бит, 8 бит данных, бит контроля четности и стоп-бит. Это, а также доступность подробного описания протокола, обеспечивает пользователю возможность реализации протокола USS для собственного управляющего устройства.



Р и с. 2.59. Система поддержания постоянного давления с использованием ПИД-регулятора

Для ряда серий преобразователей дополнительно может быть использован модуль, позволяющий выполнить подключение преобразователя к промышленной сети PROFIBUS-DP. С помощью такого модуля обеспечивается простой и недорогой способ интеграции частотно-регулируемого привода в систему автоматизации.

Кроме сложных многофункциональных преобразователей фирмы Siemens выпускает простые и не дорогие устройства управления двигателями SIKOSTART (рис. 2.60). Эти устройства имеют все функции, которые характеризуют современные системы управления двигателями: плавный пуск и плавный останов, режим экономии электроэнергии и динамическое торможение. Это позволяет уменьшить износ привода и потребление электроэнергии. Это устройство идеально для применения в тех случаях, когда электродвигатели приводят в действие чувствительное к толчкам и рывкам оборудование, например насосы, прессы, мельницы, конвейеры или эскалаторы.



Р и с. 2.60. Устройство управления двигателями SIKOSTART фирмы Siemens.

Известным производителем преобразователей частоты для управления двигателями является фирма Control Techniques (Великобритания). В качестве примера кратко охарактеризуем преобразователи Commander SE и Commander SK.

Преобразователи Commander SE (рис. 2.61) характеризуются наличием встроенного ПИД-регулятора для эффективной работы в замкнутой системе регулирования по аналоговому сигналу (например, по давлению или расходу в системах тепло-, водоснабжения). Они имеют удобный интерфейс пользователя с четырьмя уровнями доступа к программируемым параметрам. В них есть возможность настройки и управления через последовательный интерфейс RS-485, в том числе с помощью программного обеспечения SE Soft PC Windows NT.

Типовыми применениями для Commander SE являются конвейеры, экструдеры, миксеры, многоmotorные установки, шестеренчатые, плунжерные, поршневые насосы и компрессоры



Р и с. 2.61. Преобразователь частоты Commander SK

Преобразователь частоты Commander SK предназначен для любых общепромышленных применений. Он имеет:

- : встроенный контроллер;
- : базовый блок с несъемной 6 сегментной панелью оператора;
- : семь функциональных клавиш;
- : возможность подключать выносную панель оператора;
- : 2 аналоговых входа;
- : 1 аналоговый выход, 4 цифровых входа;
- : 1 релейный выход;
- : вход для подключения термистора;
- : протокол связи Modbus RTU (разъем RJ45);
- : диапазон мощностей 0,25 – 4 кВт;
- : опционально: Profibus, DeviceNet, Interbus, CANopen, Ethernet TCP/IP (модуль связи встраивается в привод);
- : возможность подключения модуля расширения (входы: 1 аналоговый, 3 цифровых; выходы: 1 аналоговый, 1 релейный;
- : вход для подключения энкодера).

Одно из ведущих положений в этой области занимает фирма OMRON, выпускающая устройства различной мощности и функциональной насыщенности.

Миниатюрный регулятор скорости вращения общего применения со встроенной функцией энергосбережения SYSDRIVE 3G3JV (рис. 2.62), выпускаемый этой фирмой, оптимален для управления вентиляторными, насосными установками, конвейерами и др. Управление по закону V/f . Имеет 8 фиксированных заданий частоты, 5 дискретных входов (4 программируемые), один аналоговый вход задания скорости (0–10 В или 4–20 мА), один программируемый аналоговый выход (0–10 В), один программируемый дискретный выход. Возможно управление по шине ModBus. Входное напряжение: 3 фазы, 380 В~460 В, 1 или 3 фазы 220 В. Мощность: 0,1...4 кВт. Выходная частота: 0,1...400 Гц. Время разгона/торможения: 0...999 сек. Степень защиты: IP20.



Р и с. 2.62. Регулятор скорости вращения SYSDRIVE 3G3JV фирмы OMRON

На рис. 2.63 представлен внешний вид частотных регуляторов серии 3G3HV фирмы OMRON.



Рис. 2.63. Частотные регуляторы серии 3G3HV.

Частотные регуляторы серии 3G3HV обладают повышенной надежностью и могут использоваться в самых жестких условиях. Встроенная функция энергосбережения позволяет использовать эти регуляторы для управления вентиляторами, насосами, различными транспортными механизмами и др. Имеется ПИД-регулятор. Частотный регулятор 3G3HV имеет 108 параметров настройки, 6 дискретных входов (4 из них программируемые), один аналоговый вход задания скорости (0–10 В или 4–20 мА). Аналоговый выход для мониторинга частоты или тока. Два программируемых релейных выхода (до 1 А). Встроенная функция управления по шине ModBus (RS485/422). Входное напряжение: 3 фазы, 380 В~460 В, 1 или 3 фазы 220 В. Мощность: 4...300 кВт. Выходная частота: 0,1...400 Гц. Время разгона/торможения: 0...3600 сек. Степень защиты: IP20.

III. ПРЕДПРИЯТИЕ КАК ЦЕЛОСТНЫЙ ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ

1. УРОВНИ И ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

В условиях жесткой конкуренции, динамичного рынка даже самые консервативные или небогатые предприятия не могут позволить себе отказаться от столь мощного средства эволюции, как автоматизация. Выгода от использования современных информационных компьютерных технологий в промышленности очевидна. Эпоха агитации за автоматизацию давно прошла. И теперь решается вопрос: "Как?".

Традиционно выделяют два уровня (рис. 3.1) автоматизации промышленных предприятий: АСУП (системы автоматизации производством – управленческой и финансово-хозяйственной деятельности) и АСУТП (системы автоматизации технологических процессов). Несколько обособленной, но обязательной областью автоматизации выступают САПР (системы автоматизированного проектирования), выполняя роль сервисного обслуживания и облегчения создания двух указанных уровней. Все они развивались хотя и параллельно, но обособленно и независимо друг от друга. Они проектировались и создавались, исходя из требований разных подразделений, автономно обслуживая разные службы единого предприятия. Изначально они не были подчинены единым целям и задачам, оставались слабо связанными физически и информационно, а чаще не связанными вовсе.



Р и с. 3.1. Уровни АСУ предприятия

АСУП были изначально ориентированы на поддержку бизнес-процессов и не могли оперативно реагировать на реальные внутризаводские проблемы производства. Системы автоматизированного управления и планирования производством развивались из бухгалтерских систем, они хорошо выполняют учетную роль, регистрируя издержки, но не показывают пути совершенствования процесса производства.

Развитие АСУ ТП шло от создания простейших блоков управления отдельными агрегатами и хотя сфера их применения расширялась она никогда не выходила за рамки собственно производственного процесса.

Каждая из этих систем традиционно строилась по своим внутренним законам. Поэтому они практически не могли общаться между собой. Каждая из систем часто реализовывалась на основе различных аппаратных, программных и информационных стандартов.

Только в АСУТП насчитывается несколько десятков наиболее часто используемых стандартов на техническое, программное обеспечение и промышленные сети. Кроме того, не все решения полностью открыты, т.е. допускающие использование в рамках одной системы разнотипного оборудования, выпущенного в разное время разными производителями (как отечественными, так и зарубежными). Поэтому потребитель часто попадает в долгосрочную зависимость от одного изготовителя и не имеет возможности самостоятельного развивать и модернизировать созданную на его предприятии АСУТП. Аналогичная ситуация создается и при внедрении систем других уровней.

Создававшиеся без комплексного плана, как правило, под требования различных подразделений, участков и процессов, не связанные между собой

системы автоматизации очень напоминали лоскутное одеяло. Но всё же думается, что этап лоскутной автоматизации это объективная и необходимая ступень развития. Это лишь означает, что к комплексной автоматизации по настоящему не были готовы ни разработчики, ни поставщики, ни потребители.

Положительными итогами прошедшего этапа стали накопленный опыт, осознание серьезности задач автоматизации, необходимости их коррекции и дальнейшего развития самого процесса автоматизации на новом качественном уровне. Важно теперь не задержаться на этом этапе, вовремя перейти к следующему, тем более что сейчас для такого перехода появляются все возможности – идет интенсивное сближение стандартов и технологий сопряжения (интерфейсов) различных аппаратных и программных средств автоматизации, используемых как в рамках одного уровня автоматизации, так и при связи одного уровня с другими.

Благодаря этому на классический вопрос «с чего начинать автоматизацию?» отныне можно отвечать однозначно: с разработки комплексного плана развития информационных технологий предприятия и этот план должен являться частью стратегии развития бизнеса в целом с учетом рыночных реалий и перспектив.

С точки зрения ориентированного на производство предприятия, выгодность или убыточность бизнеса определяется величиной добавочной стоимости, вносимой в продукт при его производстве. Данные, хранящиеся во внутрицеховых системах, по своей природе уже содержат все закономерности и взаимосвязи, которые можно использовать для оптимизации процесса повышения добавочной стоимости. Доступ к этим данным жизненно необходим всем структурам предприятия, ответственным за эффективное преобразование этой добавочной стоимости в прибыль.

Дальновидные руководители всегда осознавали, что информации, существующей на уровне АСУП, явно недостаточно для принятия оптимальных управленческих решений. Серьезный анализ работы предприятия вырождается, когда в него не включен учет данных об основных технологических процессах, нет информации по надежности, качеству, реальной себестоимости производства единицы продукции. Слой технологических параметров должен обязательно учитываться при выработке управляющих решений, иначе управленцы по-прежнему будут опираться лишь на собственную интуицию и индивидуальный опыт. Этого мало в условиях глобализации рынка и растущего уровня конкуренции. Сегодня нужно уметь очень оперативно просчитывать цену и последствия принимаемых решений.

Таким образом, должно создаваться единое информационное пространство предприятия. Создание в рамках предприятия единого хранилища сведений о продукции, процессах и прочих производственных данных снижает степень дублирования информации и обеспечивает стандартизацию всей деятельности предприятия. Вследствие чего снижается уровень издержек производства, повышается качество продукции и, как правило, ускоряется оборот капитала. Кроме того, достигнутая стандартизация обеспечивает возможность опера-

тивного внедрения на предприятии всех современных технологических достижений.

Интеграция будет приобретать все большее значение как одно из средств объединения управляющих приложений с цеховыми системами. Она предоставляет верхнему звену управления предприятием возможности по обработке данных в таких задачах, как моделирование и проигрывание производственных процессов, а также выступая в роли средства планирования, контроля и оптимизации внутрицеховых операций.

Объединение офисных функций с внутрицеховыми операциями далеко не тривиальная задача, учитывая разнородность используемых систем на нижнем уровне. Офисные функции более ориентированы на обработку документов и исполняются с такими временными интервалами, как часы, дни, недели и даже месяцы, в то время как технологическое управление производством характеризуется большим числом параметров, получаемых от уникальных процессов, оборудования и систем, время реакции которых порой измеряется миллисекундами. Различие в типах данных и скорости их передачи у различных систем предприятия требует постоянного накопления, обработки и анализа этой информации. Приводит к необходимости создания между офисными приложениями и системами управления технологическими процессами промежуточных накопителей и преобразователей информации. Причем с ростом уровня интеллекта устройств цеховой автоматики степень сложности задач интеграции будет только возрастать.

С другой стороны, на тех предприятиях, где системы автоматизации изначально создавались с учетом особенностей технологии процессов и представляли собой продуманный подход к выбору решений, базовая информационная инфраструктура для интеграции уже создана. И хотя эта база пока не оптимальна и не достаточно полна, для реализации открытого и упрощенного доступа к технологической информации она уже пригодна. В нее входят такие компоненты, как имеющиеся на предприятии сети Ethernet, технологии открытого доступа к информации, стандартные промышленные шины на уровне цеховой автоматики. Это те необходимые стартовые условия, с которых можно начинать горизонтальную и вертикальную интеграцию предприятия.

С технической точки зрения, горизонтальная интеграция предполагает объединение между собой всех автономных систем автоматизации технологических и производственных процессов, а также административных отделений цехового уровня в единую информационную сеть. Что обеспечивает необходимый обмен данными в реальном масштабе времени между всеми подразделениями основного и вспомогательного производства. С производственной точки зрения, это означает учет каждого шага производственного процесса от прибытия сырья до отправки готовой продукции.

Предположим, что непрерывные и дискретные процессы завода охвачены отдельными сетями передачи информации, которые управляются не связанными друг с другом контроллерами. В этой широко распространенной ситуации различные подразделения страдают от последующей несогласованности действий. Горизонтальная интеграция позволяет устранять подобные изолиро-

ванные действия путем объединения всего производственного цикла в единую согласованно действующую систему. Все устройства автоматики имеют между собой информационную связь и могут регулироваться и настраиваться без особых усилий. Однако это совсем не означает, что в каждый момент времени вся производственная система функционирует с максимальной эффективностью. Это задача вертикальной интеграции.

Вертикальная интеграция базируется на организации потоков информации от нижнего уровня (датчиков и контроллеров технологического оборудования) во внутренние и внешние компьютерные сети предприятия и через них в административные системы управления. Данная задача решается путем объединения промышленных и административных сетей. Основная цель вертикальной интеграции устранение препятствий на пути информационных потоков между уровнями АСУП и АСУТП с целью оперативного обмена данными.

Преимущества горизонтальной и вертикальной интеграции очевидны:

- *Повышение производительности.* Благодаря объединению производственного оборудования и возможности получать любую интересующую информацию в любой момент времени, специалисты гораздо быстрее могут устранять узкие места, препятствующие эффективному производству. Во-вторых, появляется возможность производить больший объем готовой продукции, т. к. все оборудование работает более эффективно.

- *Снижение себестоимости.* За счет постоянного контроля ключевых технологических и производственных параметров, определяющих себестоимость продукции, могут быть обнаружены и устранены источники непроизводственных потерь энергетических и трудовых ресурсов, простои оборудования, перерасход сырья, завышение нормативов трудозатрат и т. п.

- *Повышение качества продукции.* Обеспечение текущего контроля качества на всем цикле производства продукции позволит избежать таких ситуаций, когда брак выявляется только на завершающей стадии производства или еще хуже на складе готовой продукции. И чем раньше лица, принимающие решения, будут знать о нарушении качественных показателей, тем меньше будут возможные издержки от потери качества. Кроме того, наличие такого оперативного контроля позволяет в течение длительного времени поддерживать стабильно заданное качество, т.е. обеспечивать регулируемый выпуск однородной продукции.

- *Оперативный переход на новый вид продукции.* В ряде случаев важно в соответствии с текущей конъюнктурой рынка обеспечить оперативный переход от одного вида продукции к другому. Ключевым моментом здесь становится время перенастройки оборудования на другие технологические циклы и режимы. Здесь поможет электронный доступ к базам данных, где хранятся технологические карты и рецепты для каждого вида выпускаемой продукции, а также алгоритмы их адаптации на конкретный тип имеющегося технологического оборудования.

- *Предупреждение аварийных ситуаций.* Эту задачу можно решить с помощью создания средств диагностики и мониторинга основного технологиче-

ского оборудования как наиболее подверженного аварийным ситуациям и горизонтальной интеграции этих средств в единую информационную систему предприятия. Экономический эффект от прогнозирования и предупреждения или даже снижения последствий серьезных поломок оборудования и аварий невозможно оценить в деньгах. К сожалению, прямые убытки можно подсчитать только после того, как эта авария произойдет. Важная составляющая эффекта, достигаемого внедрением диагностических систем, это экономия средств на ремонт и эксплуатацию технологического парка за счет перехода от системы планово-предупредительного ремонта оборудования к обслуживанию по его фактическому состоянию.

2. ПУТИ И СРЕДСТВА ИНТЕГРАЦИИ ЗАДАЧ И УРОВНЕЙ АСУ

Интегрированная (комплексная) система АСУ, базой которой являются средства вычислительной техники, подразумевает, прежде всего, взаимодействие различных программных продуктов. Очевидно, что эти программные продукты и решаемые ими задачи можно подразделить на уровни в соответствии с уровнями задач АСУ. Состав и классификация таких уровней в настоящее время определяется пирамидой, показанной на рис. 3.2. Два нижних уровня пирамиды – это то, что относится к АСУТП, два верхних – к АСУП.

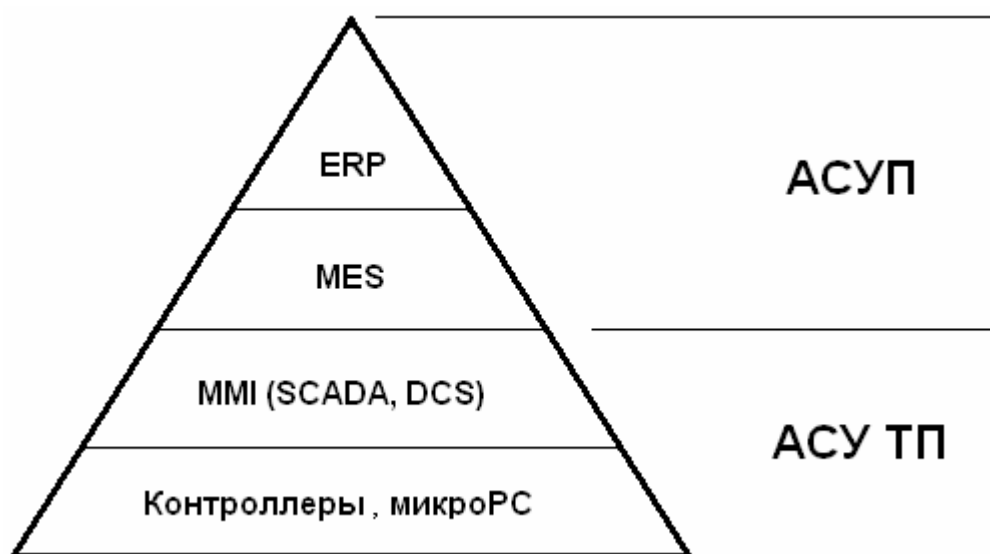


Рис. 3.2. Пирамида классификации программных средств по автоматизации предприятия

Группа задач, решаемая на уровне программируемых логических контроллеров четко относится к сфере АСУТП.

Следующий уровень задач в иерархии управления производством относят к системам типа SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) и DCS (Distributed Control Systems). Они решают задачи управления процессом с операторных станций и поддержки распределенных систем управления. Кроме прочего системы SCADA и DCS включают в себя задачи класса MMI (Man-

Machine Interface) или HMI (Human-Machine Interface) – обеспечения человеко-машинного интерфейса, двусторонней связи "оператор – технологическое оборудование".

Вершину иерархии задач управления составляют задачи относящиеся к классу ERP (Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия) или MRP (Manufacturing Resource Planning – планирование ресурсов производства). Системы ERP ориентированы на предприятие в целом, а MRP на его технологические подразделения.

Постепенно между MMI и ERP образовалась промежуточная группа систем, называемая MES (Manufacturing Execution Systems). Она возникла вследствие обособления задач, не относящихся ни к одной из ранее определенных групп. К системам MES принято относить приложения, отвечающие:

- : за управление производственными и людскими ресурсами в рамках технологического процесса;
- : планирование и контроль последовательности операций технологического процесса;
- : управление качеством продукции;
- : хранение исходных материалов и произведенной продукции по технологическим подразделениям;
- : техническое обслуживание производственного оборудования;
- : связь систем ERP и SCADA/DCS.

В MES произошло отделение тактических задач оперативного управления технологическими процессами от стратегических задач ведения процесса в целом. В частности, в химической, металлургической, пищевой и некоторых других отраслях промышленности можно выделить задачи управления технологическими последовательностями (batch control). Их суть в обеспечении выпуска продукции в нужном объеме с заданными технологическими характеристиками при наличии возможности перехода на новый вид продукции. Отделились и задачи ведения архива значений технологических переменных с возможностью восстановления производственных ситуаций прошедших периодов и анализа нештатных ситуаций. Появились программы обучения технологического персонала и оптимизации ведения технологических процессов.

Отметим роль САПР, стоящих несколько обособленно от рассматриваемой пирамиды программ. Современные технологии САПР для предприятий представлены системами CAD/CAM/CAE/PDM (Computer Aided Design, Manufacturing, Engineering, Product Data Management). Эти системы позволяют обойтись без "бумажной" документации, осуществляя прямую связь между процессами разработки изделия и его производства, что позволяет повысить качество продукции и сократить период разработки. Они служат для автоматизации проектировочных работ при разработке конструкторской документации, технических и программных продуктов.

Для того чтобы различным уровням АСУ обмениваться данными, необходимо установить общий язык и иметь общее информационное пространство для общения. Для обеспечения этого необходимо:

- Использование баз данных, в том числе в качестве буфера между различными подсистемами, чтобы обеспечивать оперативный обмен данными между подсистемами. Причем БД являются как основой функционирования самих подсистем, так и средством, используемым для хранения функциональных данных. Именно БД могут стать основным средством интеграции двух подсистем.

- Применение класса продуктов, главным назначением которых является импортирование объектов из одной подсистемы и экспортирование их в другую подсистему.

С помощью СУБД на предприятиях избавились от проблем, связанных с огромными объемами дублированной и иногда противоречивой информации, предоставляемой, к тому же, различными и, зачастую, несовместимыми друг с другом способами. Однако использование традиционных реляционных баз данных, ориентированных на АСУП, не всегда возможно в системах управления технологическими процессами. Этому препятствует несколько основных ограничений:

- производственные процессы генерируют данные очень быстро и обычные БД не всегда могут выдержать подобную нагрузку;

- объёмы производственной информации настолько велики, что она просто может не вмещаться в традиционную БД.

Результатом преодоления этих ограничений стало появление класса продуктов, называемых базами данных реального времени (БДРВ). В настоящее время БДРВ являются продуктами, ориентированными на хранение технологической информации, на высокие скоростные характеристики регистрации, на сжатие данных, на обеспечение связи с управленческими данными, на использование уже ставших стандартными в подсистемах АСУП интерфейсов.

Используемая в БДРВ архитектура клиент-сервер позволяет заполнить промежуток между промышленными системами контроля и управления реального времени, для которых характерны большие объёмы информации, и открытыми гибкими управленческими информационными системами. Благодаря наличию мощного и гибкого процессора запросов пользователи имеют возможность осуществлять поиск любой степени сложности для выявления зависимостей и связей между физическими характеристиками, оперативными условиями и технологическими событиями.

Стандартным механизмом поиска информации на серверах БДРВ является SQL, что гарантирует доступность данных самому широкому кругу приложений. В подмножество языка SQL входят расширения, служащие для получения динамических производственных данных и позволяющие строить запросы на базе временных отметок.

Например, фирма Wonderware предлагает IndustrialSQL Server, позволяющий регистрировать данные в реальном времени. Построен IndustrialSQL Server на базе Microsoft SQL Server. Это существенно расширяет возможности всего производственного персонала в смысле возможности доступа к полной информации о любом этапе производства.

Применение продуктов, назначением которых является импортирование объектов из одной подсистемы и экспортирование их в другую подсистему не-

возможно без широкой стандартизации интерфейсов. В офисных приложениях преимущества стандартизации неоспоримы. Это и уменьшение цены на приложение и удобный пользовательский интерфейс. Промышленные приложения совсем другое поле деятельности. Многие отрасли промышленности предъявляют к системам управления свои, уникальные требования, связанные с конкретными технологиями производств.

Для промышленных приложений пока нет своего аналога Microsoft, который диктовал бы такой стремительный темп развития и его направление. Скорее всего, таковой и не появится из-за невозможности охватить столь огромный и неоднородный рынок. Однако, положительный опыт стандартизации офисных пакетов неизбежно открывает путь введения стандартов на разработку промышленных приложений. Под этим не следует понимать переход к использованию одной операционной системы, базы данных или сетевого протокола. Речь идет о разработке стандартных приемов (интерфейсов) увязки объектов, созданных в различных приложениях.

3. СТАНДАРТ OPC

Предположим, в результате огромных усилий программистов создана сложная комплексная система, охватывающая автоматизацию на всех уровнях предприятия, начиная от самого нижнего управления датчиками и исполнительными механизмами и заканчивая уровнем управления предприятием, вплоть до обобщённой картинки завода у директора предприятия. Так как ее основу сегодня составляют средства вычислительной техники (имеется в виду и РС и контроллеры и другие «интеллектуальные» устройства), то интеграция подразумевает, прежде всего, взаимодействие между собой различных уровней программного обеспечения. Фактически, речь идёт о том, что различные программные системы, созданные с помощью различных средств, установленных на различных платформах, работающих на разных компьютерах должны общаться. То есть, они должны знать, как запросить друг у друга данные и как послать друг другу указания.

В первую очередь мы все привыкли работать с офисными приложениями, поэтому работая и с технологической информацией, хотим уметь передавать и принимать данные из офисных приложений. Отсюда очевидна роль и первенство решения этих вопросов компанией Microsoft.

Первоначально Microsoft для интеграции между различными офисными приложениями в Windows (для использования объектов одного приложения, например, таблицы Excel, в другом приложении, например, в редакторе Word) ввела технологию OLE (Object Linking and Embedding – Связывание и Встраивание Объектов). Развитие этой технологии привело к созданию Модели Составных Объектов (Component Object Model – COM) и её сетевого расширения DCOM (Distributed COM – Распределённая COM). Начиная с версии OLE 2.0, в её основу была положена модель COM.

Постепенно COM пронизала все варианты Windows 9.x/NT/CE. Достаточно упомянуть такие её производные, как ActiveX (OLE-Автоматизация) или OLE DB (OLE for Data Base OLE для Баз Данных), не говоря уже о самой офисной OLE. В Windows2000 она преобразовывается в COM+ и объявляется основной склеивающей технологией программирования в архитектуре DNA (Distributed interNet Application – Распределённые Приложения Internet), а связанные с этой технологии объединяются под общим названием Component Services (Сервисы Компонентов).

Модель COM оперирует объектами, очень похожими на объекты в объектно-ориентированных языках программирования типа C++. Но сама технология COM не является языком программирования. Она только регламентирует поведение своих объектов.

Объекты COM предоставляют свою функциональность через интерфейсы. Интерфейс в COM объединяет группу взаимосвязанных функций, предоставляемых объектом. Главная особенность интерфейсов COM заключается в их публичности – интерфейсы используются после того, как они опубликованы, и после этого их изменять нельзя. Если необходима новая версия интерфейса, издаётся новый интерфейс при сохранении старого. Этим обеспечивается совместимость при обновлении и модернизации объектов.

Именно интерфейс, вернее указатель на него, является тем, с чем работает вызывающий процесс (программист). Объект может предоставлять несколько интерфейсов.

Объект COM, предоставляющий через интерфейсы свои функции, называют COM-сервером. Запрашивающая программа, соответственно, называется COM-клиент.

Существует DCOM расширение COM, позволяющее добираться до объектов на других компьютерах. Существенно то, что с точки зрения программирования, ничего не меняется: DCOM это системный сервис, делающий COM прозрачным в локальных сетях.

Чтобы использовать объект, необходимо знать, как он устроен, вернее, как устроены его интерфейсы. Для этого они должны быть опубликованы. Например, в виде официальной документации или в виде стандарта.

Программирование COM занятие не из лёгких. Для этого могут предоставляться специальные средства – например, C-подобный язык MIDL (Microsoft Interface Definition Language – язык определения интерфейсов) с соответствующими компиляторами и библиотеками.

В 1994 г. под эгидой Microsoft, была создана организация OPC Foundation. Её целью является разработка и поддержка открытых промышленных стандартов, регламентирующих методы обмена данными в реальном времени между клиентами на базе PC и OS8 Microsoft. Сейчас эта организация насчитывает более 220 членов, включая почти всех ведущих поставщиков контрольно-измерительного и управляющего оборудования для АСУ ТП. Достаточно назвать такие фирмы, как Siemens, Schneider Automation, Rockwell Software, Wonderware, Intellution, Ci Technologies.

OPC это аббревиатура от OLE for Process Control (OLE для Управления Процессами), т.е. это технология OLE на основе COM для промышленных применений.

Технология OPC реализована и продолжает реализовываться по схеме предоставления стандартизированных склеивающих интерфейсов. Комитеты OPC Foundation делают следующее:

- :разрабатывают спецификации COM-интерфейсов и COM-объектов;
- :присваивают им идентификаторы (GUID);
- :оформляют всё в виде стандартов и опубликовывают;
- :генерируют или создают вспомогательные файлы, библиотеки для поддержки межпроцессного взаимодействия;
- :разрабатывают вспомогательные компоненты, например, утилиты.

Практически всё является общедоступным: зайдя на сайт, вы можете либо скачать то, что вас интересует, или заполнить небольшую анкету, и вам вышлют бесплатно компакт-диск со всеми имеющимися материалами.

В настоящее время имеются следующие OPC-стандарты:

- :OPC Common Definitions and Interfaces общие для всех OPC-спецификаций интерфейсы.
- :Data Access Custom Interface Standard спецификация COM-интерфейсов для обмена оперативными данными, программирование на C++.
- :Data Access Automation Interface Standard спецификация COM-интерфейсов для обмена оперативными данными, программирование на языках типа Visual Basic.
- :OPC Batch Custom Interface Specification спецификация COM-интерфейсов конфигурирования оборудования, программирование на C++.
- :OPC Batch Automation Interface Specification спецификация COM-интерфейсов для конфигурирования оборудования, программирование на языках типа Visual Basic.
- :OPC Alarms and Events Interface Specification спецификация COM-интерфейсов для обслуживания событий (event) и нештатных ситуаций (alarm), программирование на C++.
- :Historical Data Access Custom Interface Standard спецификация COM-интерфейсов для работы с хранилищами данными, программирование на C++.
- :OPC Security Custom Interface спецификация COM-интерфейсов для обработки прав доступа к данным, программирование на C++.

Консорциум OPC Foundation пытается охватить все аспекты, связанные с взаимодействием с технологическим оборудованием. В разработке самих спецификаций принимают участие ведущие производители оборудования и систем автоматизации, которые стараются максимально учесть свой опыт и предоставить абсолютно всё необходимое тому, кто будет использовать OPC.

Кто же использует OPC? Первая категория пользователей OPC это производители оборудования автоматизации, или OEM (Original Equipment Manufacturer – поставщик комплексного оборудования). Предполагается, что тот, кто создаёт, например, плату сбора данных, снабжает её не только драйвером, но и реализует OPC-сервер, работающий с этой платой через драйвер или

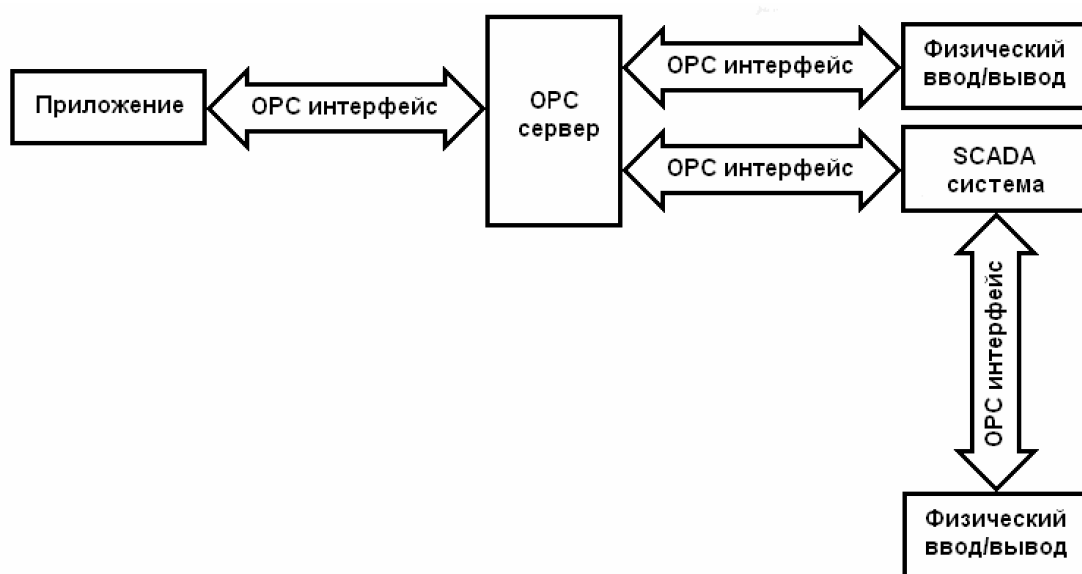
даже напрямую. Тем самым OEM-производитель предоставляет стандартный доступ к своей плате. OPC-сервером можно снабдить контроллер, плату ввода/вывода, адаптер полевой шины, программу пересчета, генератор случайных чисел, что угодно, лишь бы это могло поставлять или принимать данные.

Что должен сделать производитель, если он задался целью обеспечить свой продукт стандартным OPC-интерфейсом? Он должен получить нужную спецификацию и прилагаемые программные компоненты. Затем он должен изучить COM-интерфейсы тех COM-объектов этой спецификации, которые относятся в ней к модели OPC-сервера. И, наконец, реализовать с помощью нужных средств требуемые интерфейсы, а значит и OPC-сервер.

Так же поступает и вторая категория пользователей OPC, те, кто реализует программное обеспечение более высокого уровня. Например, поставщик SCADA-пакета. Он должен получить нужную спецификацию и прилагаемые программные компоненты. Затем он должен изучить COM-интерфейсы тех COM-объектов этой спецификации, которые относятся в ней к модели OPC-клиента. И, наконец, реализовать требуемые интерфейсы, а значит и OPC-клиента.

Остальные потребители OPC это те, кто собирают системы из OPC-серверного оборудования, и соединяют его с OPC-клиентным программным обеспечением. Главное здесь каждому OPC-серверу найти OPC-клиента и наоборот. Очень часто кого-то из них не хватает, и тогда не исключена вероятность перехода в категорию изготовителей, но чаще заказчиков, OPC-продукции.

OPC-интерфейс допускает различные варианты обмена: получение данных с физических устройств, из распределенной системы управления или из любого приложения (рис. 3.3.). На рынке появились инструментальные пакеты для написания OPC-компонентов, например, OPC-Toolkits фирмы FactorySoft Inc., включающий OPC Server Toolkit, OPC Client Toolkit, примеры OPC-программ.



Р и с. 3.3. Варианты обмена SCADA-систем с приложениями и физическими устройствами через OPC-интерфейс

Основной единицей данных в OPC является переменная (Item). Переменная может быть любого типа, допустимого в OLE: различные целые и вещественные типы, логический тип, строковый, дата, валюта, вариантный тип и так далее. Кроме того, переменная может быть массивом.

Каждая переменная обладает свойствами. Различаются обязательные свойства, рекомендуемые и пользовательские. Обязательными свойствами обязана обладать каждая переменная. Это, во-первых, текущее значение переменной, тип переменной и права доступа (чтение и/или запись). Ещё одним обязательным свойством является частота опроса переменной OPC-сервером.

Существует три основных способа получения OPC-клиентом данных от OPC-сервера: синхронное чтение, асинхронное чтение и подписка. При синхронном чтении клиент посылает серверу запрос со списком интересующих его переменных и ждёт, когда сервер его выполнит. При асинхронном чтении клиент посылает серверу запрос, а сам продолжает работать. Когда сервер выполнил запрос, клиент получает уведомление (через интерфейс соответствующего СОМ-объекта, реализованного в клиенте). В случае подписки клиент передаёт серверу список интересующих его переменных, а сервер затем регулярно присылает клиенту информацию об изменившихся переменных из этого списка (опять же, через интерфейс соответствующего СОМ-объекта клиента). Эти списки в терминологии OPC называются группами. Каждый клиент может поддерживать одновременно много групп с разной скоростью обновления.

Технология OPC регламентирует только интерфейс между OPC-клиентами и OPC-серверами. И она абсолютно не регламентирует способ получения данных от оборудования. Разработчик сам определяет, где и как их брать.

Переменные в OPC-сервере могут быть упорядочены либо в простой список, либо в дерево, напоминающее дерево файлов на диске (только вместо термина папка в OPC говорят ветвь). И есть соответствующие интерфейсы для навигации по этому дереву. Можно в любой момент запросить дерево переменных, поддерживаемых OPC-сервером. Если оборудование допускает, дерево может изменяться динамически.

Есть механизм оповещения завершения работы OPC-сервера. Есть возможность запросить информацию о самом сервере. Есть возможность запросить список зарегистрированных групп. В общем, есть много того, что старались предусмотреть разработчики OPC-спецификаций, чтобы облегчить организацию взаимодействия поставщика данных (OPC-сервера) и потребителя данных (OPC-клиента).

Как уже было сказано, чтобы написать OPC-сервер или OPC-клиент, нужно только взаимодействие с OPC Foundation (OPC-спецификации) и Microsoft (Visual C++ и пр.). Но само программирование СОМ не такое уж незатейливое. OPC-объекты и их OPC-интерфейсы достаточно сложны и громоздки.

4. SCADA-СИСТЕМЫ

Программное обеспечение становится всё более сложным и дорогостоящим. Логика развития современной области разработки прикладного программного обеспечения для систем управления требует использования всё более развитых инструментальных средств. Особенно это очевидно при разработке сложных многокомпонентных продуктов, поддерживающих различные уровни АСУ.

Программируемые средства автоматизации должны, конечно, в первую очередь выполнять свои основные задачи по управлению технологическим процессом. Однако, их успешное применение совсем не исключает из процессов управления и контроля человека. Более того, часто эффективность работы системы напрямую зависит от того насколько своевременно, наглядно, удобно технические средства предоставляют оператору нужную информацию и обеспечивают доступ к элементам управления.

Для решения этих задач появились программные пакеты для создания интерфейса человек-машина (Man Machine Interface, MMI) и программного обеспечения операторных станций АСУ ТП (Supervisor Control And Data Acquisition, SCADA).

Что, как правило, нужно программисту при создании программы управления и визуализации для рабочего места оператора АСУ ТП? Это типичный набор средств и функций, которые повторяются во всех проектах автоматизации:

- : средства для определения архитектуры системы автоматизации в целом – состава функциональных узлов и их назначения;
- : язык для реализации алгоритмов управления, математических и логических вычислений, т.е. для создания прикладной системы управления для каждого узла.
- : средства документирования, как самого алгоритма, так и технологического процесса;
- : возможность создания архивов аварий, событий и поведения переменных процесса во времени (так называемые тренды), а также полное или выборочное сохранение параметров процесса через заданные промежутки времени постоянно или по условию;
- : ядро или монитор реального времени, который обеспечивает детерминизм поведения системы или, иными словами, предсказуемое время отклика на внешние события;
- : драйверы к оборудованию нижнего уровня АСУ ТП;
- : сетевые функции;
- : средства защиты от несанкционированного доступа в систему;
- : многооконный графический интерфейс и другие очевидные функции, такие как импорт изображений и создание собственных библиотек алгоритмов, динамических объектов, элементов мнемосхем и т. п.

- : экранные формы отображения параметров процесса типа стрелочных, полосковых или цифровых индикаторов, органов управления различных типов, (например кнопок, рубильников, ползунковых или поворотных регуляторов), а также сигнализирующие табло различной формы и содержания;

- : средства отладки созданной прикладной программы в режиме эмуляции, в том числе отладки в реальном масштабе времени.

Такой спектр функциональных задач операторных станций можно реализовать практически во всех SCADA-пакетах.

Современные SCADA-пакеты строятся так чтобы максимально автоматизировать разработку соответствующего ПО. Место SCADA-систем в структуре АСУ продемонстрировано на рис. 3.4. SCADA-системы закрывают, прежде всего, цеховой уровень автоматизации, связанный с получением и визуализацией информации от программируемых контроллеров, распределенных систем управления. Существуют пакеты, обеспечивающие также обмен между уровнем контроллеров и уровнем управления производством (MES).



Р и с. 3.4. Области АСУ, охватываемые SCADA-системами.

Разработкой SCADA-пакетов занимается достаточно много как зарубежных так и Российских компаний (табл. 3.1).

Т а б л и ц а. 3.1.
Популярные SCADA-системы, имеющие поддержку в России

SCADA-система	Фирма изготовитель	Страна
Factory Link	Unted States DATA Co	США
InTouch	Wonderware	США
Genesis	Iconica	США
RealFlex	BJ Software Systems	США
Sitex	Jede Software	Англия
FIX	Interlution	США
Trade Mode	AdAstra	Россия
IGSS	Seven Technologies	Дания
Image	Технолинк	Россия
RSView	Rockwet Software Inc	США

Прежде чем рассматривать характеристики SCADA-пакетов и конкретные их реализации, разберемся на простом примере, как в них происходит программирование. Поскольку все пакеты SCADA в общих чертах похожи друг на друга, не будем связывать пример ни с одним из них конкретно. Предположим, что нам нужно создать экран операторской станции, который состоит из следующих элементов:

- кнопка «Старт»,
- полосковый индикатор состояния аналогового входа «Температура»,
- табло «Авария».

Типичная последовательность действий, которые нужно будет выполнить, примерно следующая.

1. Формирование статического изображения рабочего окна. Это может быть фон, заголовки, мнемосхема техпроцесса и т. п. Для создания статического изображения, как правило, используются внешние графические редакторы, например Paint Brush, а готовое изображение затем импортируется в пакет SCADA. Хотя некоторые пакеты имеют собственные средства рисования, все они содержат и средства импорта изображений в форматах типа BMP или WMF.

2. Формирование динамических объектов (ДО) рабочего окна. Как правило, динамические объекты создаются при помощи специализированного графического редактора пакета SCADA по жестко заданному алгоритму или на основе набора библиотечных элементов с последующим присвоением параметров. В частности, для изображения полоскового индикатора нужно будет в простейшем случае изобразить прямоугольники, соответствующие начальному и конечному значению параметра, и задать эти значения. На этом же шаге ДО присваивается логическое имя, под которым он будет фигурировать в алгоритме управления. Одновременно путем ответов на вопросы меню или при заполнении соответствующего формуляра задается привязка логического имени ДО к конкретному каналу ввода/вывода. После этого мы имеем набор необходимых нам ДО, соответствующим образом размещенных на фоне статического изображения, и базу каналов ввода/вывода. Единственное что остается сделать для получения работающей программы операторской станции, – описать взаимосвязи между логическими именами ДО и алгоритм функционирования системы.

3. Описание алгоритма отображения и управления. Этот шаг выполняется в разных SCADA-системах по разному, хотя общие черты остаются. В простейшем случае при помощи обычного текстового редактора на языке типа BASIC записываются логические и математические формулы с использованием логических имен ДО. Например, если при превышении значения 90 параметра «Температура» нам нужно включить табло «Авария», то делается запись: IF ТЕМПЕРАТУРА > 90 THEN АВАРИЯ=1 ELSE АВАРИЯ=0

В более сложных пакетах алгоритм может описываться при помощи языка функциональных блоков (ФБ). Причем исходные наборы ФБ включают в себя все, что душе угодно: от простых фильтров и математических функций до PID-регуляторов. Как правило, в таких системах предусматривается возмож-

ность создания собственных ФБ, содержащих тексты программ или формул на встроенном языке высокого уровня. На этом шаге процесс «программирования» заканчивается. Все, что остается сделать, запустить полученную стратегию под управлением следующей неотъемлемой части всех пакетов SCADA - программы монитора.

Как видите, все действия осуществляются достаточно просто. Их выполнение не потребовало знаний языков высокого уровня.

Рассмотрим традиционный набор свойств и характеристик SCADA-систем и заострим внимание на новых, появившихся недавно.

Модульность. Основу большинства SCADA-пакетов составляют несколько программных компонентов (база данных реального времени, ввода-вывода, предыстории, аварийных ситуаций) и администраторов (доступа, управления, сообщений).

Программно-аппаратные платформы, на которых реализована SCADA-система. От нее зависит распространение SCADA-системы на имеющиеся вычислительные средства. Система может поддерживаться несколькими платформами, тогда прикладная программа, разработанная в одной операционной среде, может выполняться в любой другой, которую поддерживает SCADA-пакет. В то же время в таких SCADA-системах, как RealFlex и Sitex основу программной платформы составляет единственная, хотя и удовлетворяющая многим требованиям, операционная система реального времени QNX.

Подавляющее большинство SCADA-систем реализовано на платформах MS Windows. Именно такие системы предлагают наиболее полные и легко наращиваемые человеко-машинные интерфейсные средства. Учитывая продолжающееся усиление позиций Microsoft на рынке операционных систем, следует отметить, что даже разработчики многоплатформных SCADA-систем приоритетным считают дальнейшее развитие своих систем на платформе Windows.

Средства сетевой поддержки. Одна из основных особенностей современного мира систем автоматизации высокая степень интеграции этих систем. В любой из них могут быть задействованы объекты управления, исполнительные механизмы, аппаратура, регистрирующая и обрабатывающая информацию, рабочие места операторов, серверы баз данных и т.д. Очевидно, что для эффективного функционирования в этой разнородной среде SCADA-система должна обеспечивать высокий уровень сетевого сервиса. Желательно, чтобы она поддерживала работу в стандартных сетевых средах (ARCNET, ETHERNET и т.д.) с использованием стандартных протоколов (NETBIOS, TCP/IP и др.), а также обеспечивала поддержку наиболее популярных сетевых стандартов из класса промышленных интерфейсов (PROFIBUS, CANBUS, LON, MODBUS и т. д.).

Этим требованиям в той или иной степени удовлетворяют практически все SCADA-системы, с тем только различием, что набор поддерживаемых сетевых интерфейсов, конечно же, разный.

Встроенные командные языки. Большинство SCADA-систем имеют встроенные языки высокого уровня, позволяющие генерировать реакцию на события, связанные с изменением значения переменной, с выполнением некоторого логического условия, с нажатием комбинации клавиш, а также с выпол-

нением некоторого фрагмента с заданной частотой относительно всего приложения или отдельного окна.

Поддерживаемые базы данных. Практически все SCADA-системы, в частности, Genesis, InTouch используют синтаксис ANSI SQL, который не зависит от типа базы данных. Это позволяет менять базу данных без серьезного изменения самой прикладной задачи, создавать независимые программы для анализа информации, использовать уже наработанное программное обеспечение, ориентированное на обработку данных.

Графические возможности. Для специалиста-разработчика системы автоматизации, также как и для специалиста-технолога, чье рабочее место создается, очень важен графический пользовательский интерфейс (Graphic Users Interface MMI). Функционально графические интерфейсы SCADA-систем очень похожи. В каждой из них существует графический объектно-ориентированный редактор с определенным набором анимационных функций. Используемая векторная графика дает возможность осуществлять широкий набор операций над выбранным объектом, а также быстро обновлять изображение на экране, используя средства анимации.

Важен вопрос о поддержке в рассматриваемых SCADA-системах стандартных функций графического интерфейса. Поскольку большинство рассматриваемых SCADA-систем работают под управлением Windows, это и определяет тип используемого графического интерфейса.

Открытость систем. Программная система является открытой, если, что позволяет подключить к ней внешние, независимо разработанные компоненты. Перед разработчиками систем автоматизации часто встает вопрос о создании собственных (не предусмотренных в рамках систем SCADA) программных модулей и включение их в создаваемую систему автоматизации. Поэтому вопрос об открытости системы является важной характеристикой SCADA-систем. Фактически открытость системы означает, что для нее определены и описаны используемые форматы данных и процедурные интерфейсы. Это может быть и доступ к графическим функциям, функциям работы с базами данных и т.д.

Драйверы ввода/вывода. Современные SCADA-системы не ограничивают выбора аппаратуры нижнего уровня, так как предоставляют большой набор драйверов или серверов ввода/вывода и имеют хорошо развитые средства создания собственных программных модулей или драйверов новых устройств нижнего уровня. Сами драйверы разрабатываются с использованием стандартных языков программирования. Вопрос, однако, в том, достаточно ли только спецификаций доступа к ядру системы, предоставляемых фирмой-разработчиком в штатном комплекте (система Trace Mode), или для создания драйверов необходимы специальные пакеты (системы FactoryLink, InTouch), или же драйвер нужно заказывать у фирмы-разработчика.

Основным механизмом создания межпрограммных и аппаратных интерфейсов в последние годы становится стандарт OPC о котором говорилось выше. **Встраиваемые объекты ActiveX.** Объекты ActiveX это объекты, в основе которых лежит модель составных объектов Microsoft COM (Component Ob-

ject Model). Технология COM определяет общую схему взаимодействия компонентов программного обеспечения в среде Windows и предоставляет стандартную инфраструктуру, позволяющую объектам обмениваться данными и функциями между прикладными программами. Большинство SCADA-систем являются контейнерами, которые уведомляются ActiveX о происшедших событиях. Любые ActiveX-объекты могут загружаться в систему разработки большинства SCADA-систем и использоваться при создании прикладных программ. Управление ActiveX-объектами осуществляется с помощью данных, методов и событийных функций, свойственных выбранному объекту.

Работа в реальном масштабе времени. Один из существенных недостатков SCADA-систем на платформах Windows по сравнению со SCADA-системами на платформах OCPB – отсутствие поддержки жесткого режима реального времени.

Ряд фирм предприняли попытки превратить Windows NT в ОС жесткого реального времени. В частности фирма Ventur Com реализовала для Windows NT подсистему реального времени RTX (Real Time Extension). Эта реализация получает в настоящее время достаточно широкое распространение. Фирмы-разработчики SCADA-систем незамедлительно начали предлагать применение соответствующих решений. Набор прикладных интерфейсов программирования RTX 4.1 (Ventur Com) позволяет:

- : осуществлять полный контроль над задачами реального времени;
- : использовать фиксированную систему из 128 приоритетов для контроля RTX-задач;
- : применять стандартные средства обмена данными между задачами;
- : обращаться к стандартным функциям из Win32 API.

Эксплуатационные характеристики SCADA-системы имеют большое значение, поскольку от них зависит скорость освоения продукта и разработки прикладных систем. Они в конечном итоге отражаются на стоимости реализации проектов.

Удобство использования. Следует отметить, что сервис, предоставляемый SCADA-системами на этапе разработки прикладного ПО, обычно очень высок – это вытекает из основных требований к таким системам. Почти все они имеют Windows-подобный пользовательский интерфейс, что во многом повышает удобство их использования, как в процессе разработки, так и в период эксплуатации прикладной задачи.

Наличие и качество поддержки. Необходимо обращать внимание не только на наличие технической поддержки SCADA-систем, как таковой, но и на ее качество. Для зарубежных систем в России возможны следующие уровни поддержки: услуги фирмы-разработчика; обслуживание региональными представителями фирмы-разработчика; взаимодействие с системными интеграторами. Судя по большому количеству установок зарубежных систем, исчисляющихся в тысячах (InTouch 80000, Genesis 30000), можно предположить, что поддержка этих систем достаточно эффективна.

Отечественные системы, несмотря на сравнительно малые количества установок по сравнению с системами ведущих зарубежных фирм (имеется в

виду глобальный рынок), создавались и поддерживаются фирмами-разработчиками, содержащими штаты высокопрофессиональных программистов, которые имеют все предпосылки для качественного технического обслуживания своих продуктов. Так, для освоения Trace Mode московская фирма AdAstra предоставляет полную документацию на русском языке, организует периодические курсы обучения, реализует горячую линию, готова по заказу внести в систему функциональные изменения или разработать необходимые драйверы.

Русификация. Любая система управления, имеющая интерфейс с оператором, должна допускать возможность общения с человеком на его родном языке. Поэтому крайне важна возможность использования в системе различных шрифтов кириллицы, ввод/вывод системных сообщений на русском языке, перевод документации, различных информационных материалов. Для некоторых систем (Image, Trace Mode) эта проблема вообще отсутствует, так как они разрабатывались отечественными фирмами. Для многих зарубежных продуктов проблема русификации в значительной мере снимается, во всяком случае, для подсистем исполнения, если они используют наборы шрифтов Windows. Часть зарубежных систем имеют переводы документации на русский язык (InTouch).

Интеграция многоуровневых систем автоматизации. Для организации связи между информацией различных уровней АСУ необходим класс средств, ответственный за доставку данных в реальном времени уровня наверх и в обратном направлении, с возможной обработкой этих данных. Ряд фирм (Intellution, Wonderware) предлагает продукты (Fix BOS, InTrack, InBatch), представляющие собой системы управления производством. Основное их назначение заключается в создании прикладных программ, моделирующих и отслеживающих каждую стадию производственных процессов от загрузки сырья до выпуска готовой продукции.

Все более актуальным становится требование передачи как статической (в определенные моменты времени), так и динамической (постоянно) информации на web-узлы. Появившиеся в некоторых web-браузерах объекты ActiveX позволяют передавать данные из SCADA-системы на web-страницы. Но существуют и более многофункциональные компоненты, позволяющие удаленному пользователю взаимодействовать с прикладной задачей автоматизации, как с простой WEB-страницей.

Знакомство с MMI-средствами продолжим, рассмотрев более детально несколько конкретных SCADA-пакетов.

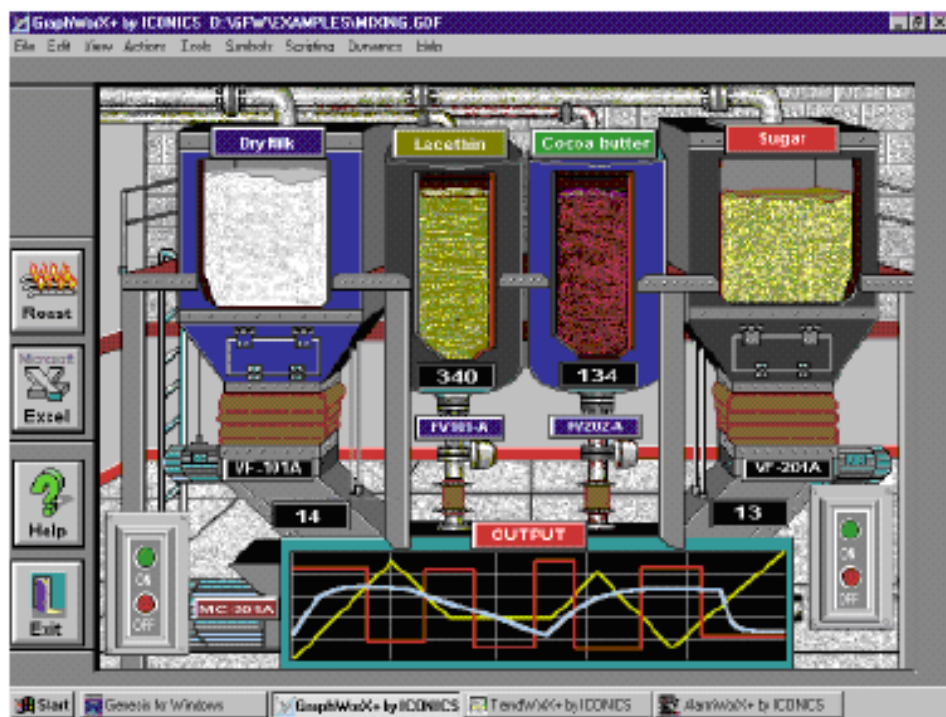
GENESIS. Первая версия пакета Genesis была разработана фирмой Iconics (США) еще в 1986 году. Последняя версия, Genesis for Windows (GFW), позволяет осуществлять автоматизацию объектов различной сложности, от лаборатории до завода, в зависимости от варианта поставки. В GFW реализована вытесняющая приоритетная многозадачность на основе специальной программы ядра реального времени, RTS (Real Time Server). RTS обеспечивает опрос каналов ввода-вывода с гарантированным временем реакции до 50 мс. В составе пакета имеется более 250 драйверов к оборудованию ведущих европейских и американских производителей средств автоматизации. Одной из главных отли-

чительных черт пакета является его модульность, что позволяет конечному пользователю сократить финансовые затраты, приобретая только необходимые для реализации проекта части пакета.

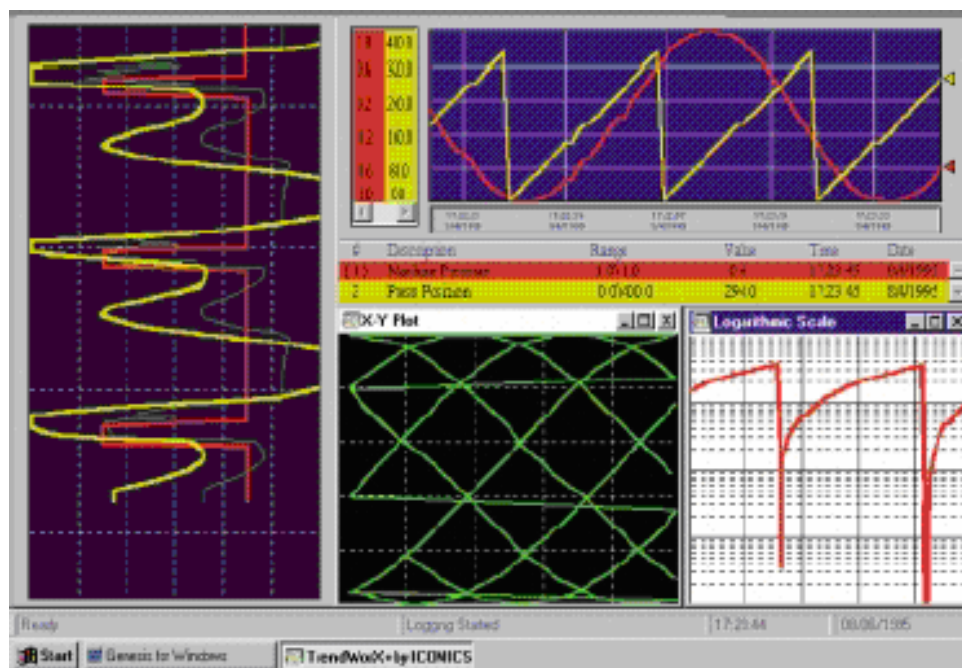
RTS, «сердце» пакета GFW, состоит из исполнительной и инструментальной частей. Исполнительная часть отвечает за опрос каналов ввода-вывода, выполнение алгоритмов сбора информации и управления, а также обрабатывает запросы всех остальных приложений GFW. В состав инструментальной части входит средство конфигурирования RTS при помощи графического языка функциональных блоков. Иными словами, если вы можете описать поведение вашего процесса в виде блок-схемы, для вас не составит большого труда повторить то же самое на языке графических символов Strategy Builder – инструмента создания стратегии для RTS. Библиотека предлагаемых функциональных блоков включает в себя блоки ввода-вывода аналоговых и цифровых сигналов, математических и логических операций, блоки реализации алгоритмов управления типа PID-регуляторов, интеграторов и еще множество самых разнообразных элементарных «кирпичиков» для построения алгоритмов. Не менее важной частью GFW является модуль GraphWorks+, реализующий интерфейс человек-машина (MMI), иными словами, то, что оператор почти все время видит на экране компьютера. Эта часть GFW позволяет создавать при помощи специализированного графического редактора экраны отображения поведения процесса и выводить их на дисплей оператора. Набор возможностей GraphWorks+ достаточно богат – вы можете создавать кадры отображения практически любой сложности, от текстов и мнемосхем процесса до кадров с анимацией в реальном времени.

Следующий модуль GFW – AlarmWorX – отвечает за отображение и ведение архива аварийных ситуаций. Форма генерируемых отчетов и сообщений может произвольно настраиваться. Предусмотрена возможность автономного использования этого модуля без остальных частей пакета GFW. Еще один модуль – TrendWorX+ – предназначен для отображения поведения переменных процесса в виде графиков в реальном времени и хранения данных предыстории процесса. Модуль DataSpy реализует функции интерфейса DDE с другими приложениями Windows. Один из наиболее важных модулей GFW-I/O Server – отвечает за связь пакета с конкретным оборудованием АСУ ТП. Каждый I/O Server обслуживает определенный тип внешних устройств ввода/вывода. Принимаемые и выдаваемые данные представляются в стандартном формате ODBC фирмы Microsoft, что делает их доступными для других приложений Windows. Несмотря на огромный список оборудования, для которого соответствующие драйверы уже написаны, фирма Iconics предоставляет инструментальный (I/O Server Tool Kit) для создания собственных вариантов I/O Server.

Примеры экранных форм созданных с помощью модулей GraphWorks+ и TrendWorX+ представлены на рис. 3.5. и рис. 3.6.



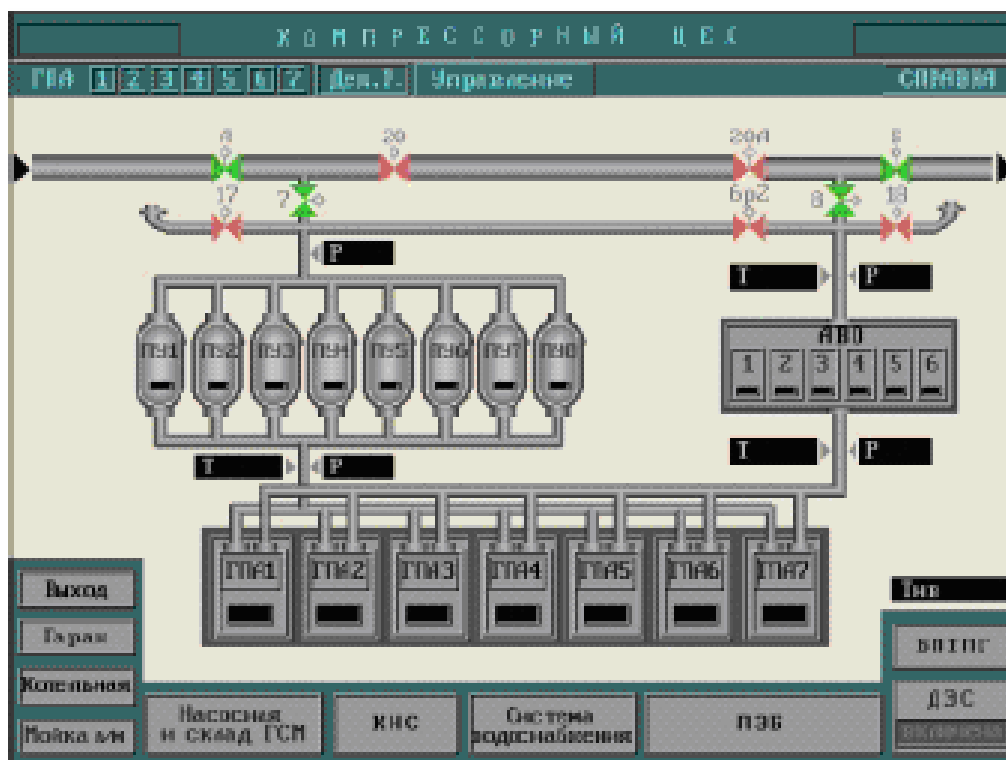
Р и с. 3.5. GWF работает в среде Windows



Р и с. 3.6. Тренды в исполнении TrendWorX

Trace Mode (ТРЕЙС МОУД). Пакет разработан московской фирмой AdAstra. Функциональные возможности, методы проектирования систем на основе ТРЕЙС МОУД и состав пакета достаточно традиционны. Программирование происходит в три приема: в специализированных графических редакторах создаются последовательно база каналов ввода.вывода, статический рисунок мнемосхем процесса и динамические формы отображения технологических параметров (пример такой мнемосхемы показан на рис. 3.7). Затем полученные

файлы стратегии поведения системы запускаются под управлением соответствующего МРВ (монитора реального времени) для DOS или Windows. Среди функциональных возможностей пакета хочется отметить встроенную поддержку наиболее распространенного в нашей стране оборудования для АСУ ТП: контроллеров MODICON, OMRON, Ломиконт, Ш711, MicroPC, ADAM 4000 и других, а также возможность программирования задач верхнего и нижнего уровня АСУ ТП в одной инструментальной среде.



Р и с. 3.7. Трехмерная графика в пакете TraceMode

Genie. Производитель Genie – американское отделение фирмы Advantech, известной как производитель компьютеров и электроники для промышленной автоматизации. Пакет Genie предназначен для программной поддержки аппаратуры фирмы Advantech и в первую очередь содержит драйверы именно для нее. Хотя никто не запрещает использовать его и с оборудованием других изготовителей: значительная часть «Руководства пользователя» посвящена процедуре написания собственных DLL, обслуживающих «нестандартные» устройства ввода/вывода. Одна из главных отличительных черт этого пакета – прекрасно продуманный интерфейс пользователя. Намеренно сократив число «степеней свободы» в инструментальной части пакета и написав прекрасный Help, авторы создали уникальный по простоте освоения программный продукт. Пример экранной формы, созданной в этом пакете показан на рис. 3.8.

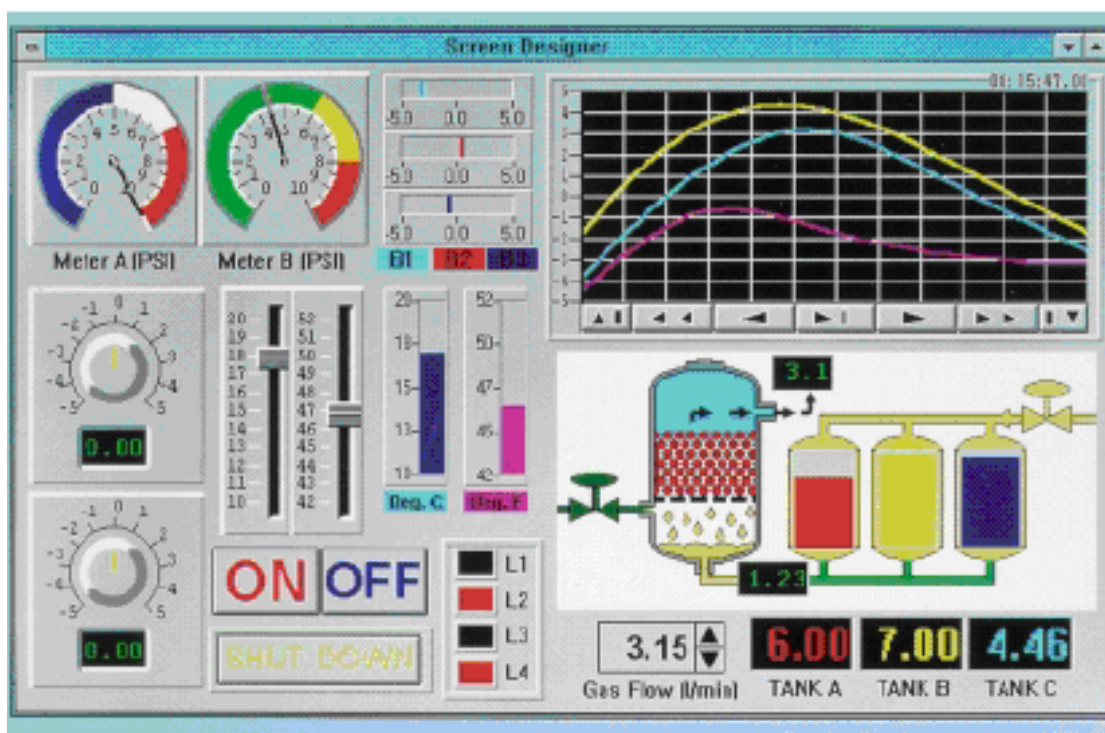


Рис. 3.8. Рабочее окно редактора кадров в пакете Genie 2.0

Ниже приведена сравнительная таблица возможностей рассмотренных пакетов.

Т а б л и ц а 3.2.

Сравнительный анализ возможностей рассмотренных пакетов

Возможности	GFW Basic	GFW SCADA	Trace Mode 4.20	Genie 2.0
ОС	Windows	Windows	DOS/Windows	Windows
Число каналов	256	не ограничено	4096/98000	не ограничено**
Скорость опроса	50 мс	50 мс	55 мс	5мс
Импорт графики	+	+	+	+
Архив трендов	+	+	+	+
Архив аварий	+	+	+	+
Архив событий	+	+	+	+
Поддержка сетей	+	+	+	+
Встроенные языки программирования	+	+	+	+
Подключение «нестандартного» оборудования	+*	+*	+	+
Встроенный графический редактор	+	+	+	-
Анимация	+	+	+	-
Встроенные алгоритмы	+	+	+	+

управления (PI, PID и т. п.)				
Руководство на русском языке	-	-	+	-
Защита от копирования	+	+	+	
Цена, USD	4300	7700	970	395

* Для написания собственного драйвера необходимо приобрести I/O Server Tool Kit.

** Максимальное число каналов ввода-вывода определяется только объемом памяти компьютера. Приблизительная оценка такова: 200-250 каналов требуют 8 Мбайт памяти.

Приложение 1.

Степень защиты корпусов согласно МЭК 529

Для обозначения степени защиты от воздействий окружающей среды используется система кодов IP согласно МЭК 529. Степень защиты кодируется в виде IP XY, где X – степень защиты от твердых тел и пыли, а Y – степень защиты от влаги.

Степень защиты	Защита от твердых тел	Защита от влаги
0	защита отсутствует	защита отсутствует
1	защита от тел диаметром более 50 мм	защита от вертикально падающих капель воды
2	защита от тел диаметром более 12 мм	защита от капель воды, падающих под углом до 15°
3	защита от тел диаметром более 2,5 мм	защита от капель воды, падающих под углом до 60° от вертикали
4	защита от тел диаметром более 1 мм	защита от брызг воды, попадающих на оболочку с произвольного направления
5	проникновение пыли не приводит к нарушению работоспособности изделия	защита от струи воды, выбрасываемой с произвольного направления
6	проникновение пыли полностью исключается	защита от сильной струи воды, выбрасываемой с произвольного направления
7	не предусмотрено	защита от проникновения воды при погружении на глубину порядка 150 мм
8	не предусмотрено	защита от проникновения воды при погружении на глубину, определяемую производителем

Приложение 2.

Основные размеры конструктивных стандартов

При описании корпусов и конструктивов, выполненных в соответствии со стандартом МЭК 297 (19" конструктивы, Евромеханика), используются следующие основные параметры:

- :единица высоты конструктива – $1U = 44,45 \text{ мм} = 7/4"$;
- :единица ширины субблока или модуля – $1HP = 5,08 \text{ мм} = 0,2"$;
- :ширина субблока для установки плат – $84HP$;
- :предпочтительные размеры плат для установки в субблок высотой $3U$ – $100 \times 160 \text{ мм}$ и $100 \times 220 \text{ мм}$; $6U$ – $233,35 \times 160 \text{ мм}$ и $233,35 \times 220 \text{ мм}$;
- :посадочный размер в стойке – $(465,1 \pm 1,6) \text{ мм}$, ширина субблока – $482,6 \text{ мм}$;
- :расстояние между вертикальными держателями передних панелей в стойке около 450 мм .

При описании корпусов и конструктивов, выполненных в соответствии со стандартом МЭК 917 (метрические конструктивы), используются следующие основные параметры:

- :единица высоты конструктива – $1SU = 25 \text{ мм}$;
- :единицы ширины субблока или модуля – $1 \text{ mp1} = 25 \text{ мм}$; $1 \text{ mp2} = 5 \text{ мм}$; $1 \text{ mp3} = 2,5 \text{ мм}$;
- :предпочтительные размеры субблоков для установки плат – 85 mp2 , что соответствует посадочному размеру в стойке, равному 465 мм ;
- :расстояние между вертикальными держателями панелей в стойке около 450 мм ;
- :высота печатных плат под установку в каркас $6SU$ и $12SU$ составляет соответственно 115 и 265 мм ;
- :допустимая глубина печатных плат при использовании соединителя с шагом $2,5 \text{ мм}$ составляет 160 , 210 или 235 мм ; при использовании 2 мм соединителя – соответственно 163 , 213 и 238 мм .

ЛИТЕРАТУРА

- 1.: Елизаров И.А., Мартемьянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г., Фролов С.В. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: Учебное пособие. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. 180 с.
- 2.: Туманов М.П. Технические средства автоматизации и управления: цифровые средства обработки информации и программное обеспечение, под ред. А.Ф. Каперко: Учебное пособие. – МГИЭМ. М., 2005, 71 с.
- 3.: Аристова Н.И., Корнеева А.И. Промышленные программно-аппаратные средства на отечественном рынке АСУТП. М.: ООО Издательство «Научтехлитиздат», 2001. 402 с.
- 4.: Ицкович Э.Л. Как выбирать контроллерные средства // archiv.expert.ru.
- 5.: Ицкович Э.Л. Классификация микропроцессорных программно-технических комплексов // Промышленные АСУ и контроллеры. 1999. № 10.
- 6.: Ицкович Э.Л. Выбор пакета визуализации измерительной информации (SCADA-программы) для конкретной системы автоматизации производства // Приборы и системы управления. 1996. № 10. С. 20 – 23.
- 7.: Родионов В.Д., Терехов В.А., Яковлев В.Б. Технические средства АСУ ТП / Под ред. В.Б. Яковлева. М.: Высшая школа, 1989. 263 с.
- 8.: Ицкович Э.Л. Особенности микропроцессорных программно-технических комплексов разных фирм и их выбор для конкретных объектов // Приборы и системы управления. 1997. № 8. С. 1 – 5.
- 9.: Кругляк К. Промышленные сети: цели и средства // Современные технологии автоматизации. 2002. № 4. С. 6 – 17.
- 10.: Половинкин В. Основные понятия и базовые компоненты AS-интерфейса // Современные технологии автоматизации. 2002. № 4. С. 18 – 29.
- 11.: Половинкин В. HART-протокол // Современные технологии автоматизации. 2002. № 1. С. 6 – 14.
- 12.: Щербаков А. Протоколы прикладного уровня CAN-сетей // Современные технологии автоматизации. 1999. № 3. С. 6 – 15.
- 13.: Карпенко Е.В. Возможности CAN-протокола // Современные технологии автоматизации. 1998. №4. С. 16 – 20.
- 14.: Гусев С. Краткий экскурс в историю промышленных сетей // Современные технологии автоматизации. 2000. № 4. С. 78 – 84 .
- 15.: Иванов А.Н., Золотарев С.В. Построение АСУ ТП на базе концепции открытых систем // Мир ПК. 1998. № 1. С. 40 – 44.
- 16.: Бурцев А. Типовые аппаратные решения построения систем сбора данных // www.mka.ru.

- 17.: Куцевич Н. SCADA-системы, или муки выбора // www.mka.ru.
- 18.: Кузнецов А. SCADA-системы: программистом можешь ты не быть // Современные технологии автоматизации. 1996. № 1. С. 32 – 35.
- 19.: Соболев О.С. Системы визуализации в сравнении // Приборы и системы управления. 1996. № 10. С. 56 – 59.
- 20.: Калядин А.Ю. SCADA-системы для энергетиков // Энергетик. 2000. № 9.
- 21.: Золотарев С.В. Станет ли OLE for Process Control (OPC) новым промышленным стандартом // asutp.interface.ru.
- 22.: Теркель Д. OLE for Process Control – свобода выбора // Современные технологии автоматизации. 1999. № 3. С. 28 – 32.
- 23.: Калядин А.Ю. Методы повышения надежности систем SCADA // Мир компьютерной автоматизации. 2000. № 1.
- 24.: Алюнов В.А., Буркин С.Н. Контроллер Р-130 – на базе IBM-совместимого процессора // Промышленные АСУ и контроллеры. 2002. № 12.
- 25.: Плескач Н.В., Марков С.К., Макаров В.Н. Промышленные контроллеры для распределенных систем серии КОНТРАСТ // Промышленные АСУ и контроллеры. 1999. № 2.
- 26.: Плескач Н.В., Бородулин В.А., Иванов А.А., Беляев С.В. Контроллер для распределенных открытых систем КРОСС // Промышленные АСУ и контроллеры. 2001. № 4.
- 27.: I-7000. Преобразователь интерфейсов: Руководство пользователя // www.plcsystems.ru.
- 28.: Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. С-пб.: "Питер", 1999. -666с.
- 29.: Новиков Ю.В., Кондратенко С.В. Локальные сети. М.: "Эком", 2000, -311с.
- 30.: "ТКМ410 - новый контроллер ТЕКОН для муниципальной теплоэнергетики и промышленности" ("Промышленные АСУ и контроллеры", № 4 2004г.)
- 31.: "ТКМ410: новый контроллер для муниципальной теплоэнергетики и промышленности" ("RM-magazine", № 6 2003г.)
- 32.: "ТКМ410: новый контроллер "ТЕКОН" для муниципальной теплоэнергетики и промышленности" ("Мир компьютерной автоматизации", № 4 2003г.)
- 33.: "Проверенное решение автоматизации тепловых котельных на базе контроллеров МФК" ("Промышленные АСУ и контроллеры", №4 2003г.)