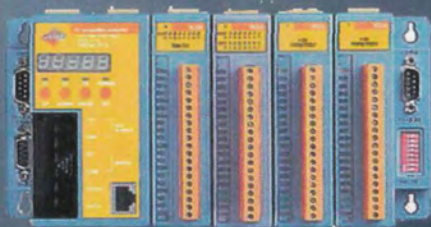


И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА автоматизации



Программно-
технические
комплексы и
контроллеры



Министерство образования и науки Российской Федерации
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

**И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов,
А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов**

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И КОНТРОЛЛЕРЫ

Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебного пособия для студентов вузов,
обучающихся по направлениям бакалавриата 220400 – Управление в
технических системах, 220700 – Автоматизация технологических про-
цессов и производств и специалитета 220301 – Автоматизация
технологических процессов и производств



Тамбов
• Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ» •
2012

УДК 681.5.08(075)
ББК з 973.26-04я73
Т38

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор,
заместитель директора Института конструкторско-технологической
информатики РАН
В.Г. Митрофанов

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Технологическая информатика и технология
машиностроения» Московской государственной академии
приборостроения и информатики
Н.М. Султан-Заде

Т38 Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 180 с.

Представлены основные сведения о современных программно-технических комплексах (ПТК) и промышленных микропроцессорных регуляторах и контроллерах, использующихся в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Дано описание основных компонентов ПТК: промышленных сетей (fieldbus), контроллеров, программного обеспечения и др. Представлены описание и примеры использования ПТК «КРУГ-2000». Изложены принципы работы и дано техническое описание наиболее распространенных на российском рынке автоматизации микропроцессорных регуляторов и контроллеров.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям бакалавриата 220400 – Управление в технических системах, 220700 – Автоматизация технологических процессов и производств и специалитета 220301 – Автоматизация технологических процессов и производств.

УДК 681.5.08(075)
ББК з 973.26-04я73

© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Тамбовский государственный технический
университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ	7
1.1. Классификация	8
1.2. Краткие сведения о ПТК и многофункциональных контроллерах, распространенных на российском рынке автоматизации	13
1.3. Функциональный состав программно-технических комплексов	20
1.3.1. Промышленные сети	23
1.3.2. Программируемые логические контроллеры, контроллеры на базе РС	32
1.3.3. Коммутаторы, концентраторы, интеграторы	38
1.3.4. Программное обеспечение ПТК	41
1.4. Методы повышения надежности ПТК	45
1.5. Программно-технический комплекс «КРУГ-2000»	50
1.6. Программно-технический комплекс «ЭнергоГород»	64
1.7. Программно-технический комплекс КОНТАР.....	72
Глава 2. ПРОГРАММИРУЕМЫЕ РЕГУЛИРУЮЩИЕ ПРИБОРЫ	78
2.1. Регулирующие приборы ПО «ОВЕН».....	78
2.1.1. Измерители-регуляторы ТРМ1, 2ТРМ1	78
2.1.2. Измеритель-ПИД-регулятор ТРМ10	81
2.1.3. ПИД-регулятор с универсальным входом ТРМ101	83
2.1.4. Измерители-регуляторы ТРМ201, ТРМ202.....	85

2.1.5. Двухканальный программный ПИД-регулятор TRM151	88
2.2. Регулирующие приборы НПФ «Контравт».....	92
2.2.1. Регуляторы серии МЕТАКОН-5х2.....	93
2.2.2. ПИД-регуляторы серии МЕТАКОН-5х3/5х4.....	95
 Глава 3. МАЛОКАНАЛЬНЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ	 98
3.1. Контроллер малоканальный многофункциональный регулирующий микропроцессорный «Ремиконт Р-130»	98
3.2. Модернизированный малоканальный многофункцио- нальный микропроцессорный контроллер Р-130Isa	106
3.3. Программируемые логические контроллеры ОВЕН ПЛК	110
 Глава 4. СРЕДНЕ- И МНОГОКАНАЛЬНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ	 114
4.1. Контроллер средней информационной мощности МФК1500	114
4.2. Многофункциональный контроллер МФК	123
4.3. Многофункциональный контроллер МФК3000.....	129
4.4. Промышленные контроллеры TREI-5В.....	133
 Глава 5. КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	 137
5.1. Контроллер для распределенных систем КРОСС-500.....	139
5.2. Контроллер и модули УСО серии ТЕКОНИК.....	145
5.3. Контроллеры и модули удаленного ввода-вывода серии I-7000.....	151
5.4. Модульные контроллеры компании ICP DAS.....	160
5.5. Комплекс Деконт	172
 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	 178

Американский математик Н. Винер, основатель науки кибернетики, отмечал, что XVIII столетие – это век часов, XIX столетие – это век паровых машин, настоящее время есть век связи и управления. «Техника нашего времени характеризуется использованием сложных комплексных систем, в которых переплетаются многочисленные и разнообразные материальные, энергетические и информационные потоки, требующие координации, управления и регулирования с быстротой и точностью, не достижимыми для внимания и памяти человека» [1]. Реализация таких задач управления возможна только с использованием технических средств автоматизации на базе вычислительной техники. Развитие компьютерных систем промышленной автоматизации (автоматизированных систем управления технологическими процессами – АСУ ТП) можно разделить на три крупных этапа. Первый этап создания АСУ ТП связан с использованием ЭВМ первого поколения, например, таких отечественных ЭВМ как «Урал», «УМ-1», «Минск». На втором этапе применялись мэйнфреймы типа IBM, ЕС ЭВМ, мини-компьютеры (DEC, СМ ЭВМ и др.). Системы управления на этих этапах имели централизованную структуру, в большинстве случаев не обеспечивали достаточного быстродействия и работы в режиме реального времени. Компьютеры того времени из-за несовершенства элементной базы и программного обеспечения характеризовались низкой надежностью, что приводило к частым сбоям. Успехи в микроэлектронике, появление микропроцессоров революционизировали в начале 80-х годов технику построения систем управления, открыли третий этап компьютеризации промышленного производства и создания принципиально новых технических средств автоматизации. Микропроцессоры стали входить в состав отдельных средств автоматики и контроля. Цифровая передача данных между отдельными устройствами сделала вычислительную сеть основой построения систем управления. Системы управления технологическим процессом новой структуры, предусматривающей цифровую связь между отдельными устройствами обработки данных, получили название децентрализованных или распределенных АСУ ТП (РАСУ ТП).

На рубеже 70-х и 80-х годов XX века ведущие мировые производители средств автоматизации начали выпускать наборы программно-аппаратурных средств для построения АСУ ТП. Основными признаками таких наборов являются их совместимость, способность функциониро-

вать в единой системе, стандартизация интерфейсов, функциональная полнота, позволяющая строить целиком АСУ ТП из средств только данного набора. Такие наборы средств получили название программно-технических комплексов.

При создании современных АСУ ТП наблюдается мировая интеграция и унификация технических решений. Фирмы-разработчики сосредотачивают свои ресурсы на том, что они умеют делать лучше других, заимствуя лучшие мировые достижения в остальных областях, становясь тем самым системными интеграторами. Основное требование современных систем управления – это открытость системы. Система считается открытой, если для нее определены и описаны используемые форматы данных и процедурный интерфейс, что позволяет подключить к ней «внешние» независимо разработанные компоненты. Архитектура IBM PC занимает ведущее место в области автоматизации.

За последние годы рынок технических средств автоматизации существенно изменился. Создано много отечественных фирм, выпускающих средства и системы автоматизации. Известные российские приборостроительные заводы изменили номенклатуру выпускаемой продукции. Появилось много отечественных фирм – системных интеграторов, работающих на рынке технических средств автоматизации. С начала 90-х годов ведущие зарубежные фирмы, производители технических средств автоматизации, начали широкое внедрение своей продукции в страны СНГ через свои представительства, филиалы, совместные предприятия, отечественные фирмы – дилеры.

Интенсивное развитие и быстрая динамика рынка современной техники управления требуют наличия литературы, отражающей современное состояние технических средств автоматизации. В настоящее время современная информация о средствах автоматизации отечественных и зарубежных фирм имеет разрозненный характер и в основном представлена в периодической печати либо в глобальной сети Internet на сайтах заводов-производителей или на специализированных информационных порталах. Целью настоящего учебного пособия является систематизированное представление материала о промышленных комплексах технических средств автоматизации на основе микропроцессорных систем. Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальностям 220400 «Управление в технических системах», 220700, 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств», изучающих дисциплину «Технические средства автоматизации».

Глава 1

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

В настоящее время автоматизация большинства технологических процессов осуществляется на базе универсальных микропроцессорных контроллерных средств, которые в России получили название программно-технических комплексов (ПТК) [2].

Программно-технические комплексы представляют собой совокупность микропроцессорных средств автоматизации (микропроцессорных контроллеров, устройств связи с объектом УСО), дисплейных пультов оператора и серверов различного назначения, промышленных сетей, которые позволяют связать перечисленные компоненты, программного обеспечения контроллеров и дисплейных пультов оператора. ПТК предназначены, в первую очередь, для создания распределенных систем управления технологическими процессами различной информационной мощности (от десятков входных/выходных сигналов до сотни тысяч) в самых разных отраслях промышленности.

ПТК серийно начали производить в конце 1970-х годов ряд зарубежных фирм (Honeywell, Foxboro, Yokogawa и др.). В 1980 – 1990-х годах появились ПТК отечественного производства (ПТК «Период», ПТК-ТЛС, ПТК РСУ, МП-8000М, МК-8000) [3].

Широкому распространению ПТК в значительной мере способствовали улучшение элементной базы для создания малогабаритных и быстродействующих микроконтроллеров, повышение надежности управляющих вычислительных сетей, разработка эффективного программного обеспечения для промышленных контроллеров и операторских станций. В настоящее время на российском рынке нашли распространение свыше сотни ПТК отечественного и зарубежного производства. Среди отечественных выгодно выделяются ПТК Квинт, Саргон, КРУГ, Крузи, Торнадо, ТЕКОН, ЭКОМ, Деконт и др.

Закладываемые при разработке ПТК принципы типизации, унификации и агрегатирования [4] позволяют добиться полной совместимости всех элементов комплекса, включая контроллеры, УСО, дисплейные пульты оператора, интерфейсы и протоколы сетевого обмена и др. Такой подход позволяет существенно снизить время на проектирование и монтаж АСУ ТП, проведение пуско-наладочных работ.

1.1. Классификация

Все универсальные микропроцессорные ПТК подразделяются на классы [2, 5], каждый из которых рассчитан на определенный набор выполняемых функций и соответствующий объем получаемой и обрабатываемой информации об объекте управления.

1. Контроллер на базе персонального компьютера (PC).

Это направление существенно развилось в последнее время, что объясняется, в первую очередь, следующими причинами:

- повышением надежности РС;
- наличием множества модификаций персональных компьютеров в обычном и промышленном исполнении;
- использовании открытой архитектуры;
- легкости подключения любых блоков ввода/вывода (модулей УСО), выпускаемых третьими фирмами;
- возможностью использования широкой номенклатуры наработанного программного обеспечения (операционных систем реального времени, баз данных, пакетов прикладных программ контроля и управления).

Контроллеры на базе РС, как правило, используют для управления небольшими замкнутыми объектами в промышленности, в специализированных системах автоматизации в медицине, научных лабораториях, средствах коммуникации. Общее число входов/выходов такого контроллера обычно не превосходит нескольких десятков, а набор функций предусматривает сложную обработку измерительной информации с расчетом нескольких управляющих воздействий. Рациональную область применения контроллеров на базе РС можно очертить следующими условиями:

- выполняется большой объем вычислений за достаточно малый интервал времени при небольшом количестве входов и выходов объекта управления (необходима большая вычислительная мощность);
- средства автоматизации работают в окружающей среде, не слишком отличающейся от условий работы офисных персональных компьютеров;
- 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 и др.;
- практически не требуется мощная аппаратная поддержка работы в критических условиях, которая обеспечивается обычными кон-

троллерами. К функциям такой поддержки относятся: глубокая диагностика работы вычислительных устройств, меры автоматического резервирования, в том числе устранение неисправностей без остановки работы контроллера, модификация программных компонентов во время работы системы автоматизации и т.д.

На рынке контроллеров на базе PC в России успешно работают компании: Otagon, Advantech, Analog Devices и др. Многие российские фирмы закупают компьютерные платы и модули ввода/вывода этих фирм и строят из них контроллеры.

2. Локальный программируемый контроллер (PLC).

В настоящее время в промышленности используется несколько типов локальных контроллеров.

а) Встраиваемый в оборудование и являющийся его неотъемлемой частью. Такой контроллер может управлять станком с ЧПУ, современным интеллектуальным аналитическим прибором, автомашинистом и другим оборудованием. Выпускается на раме без специального кожуха, поскольку монтируется в общий корпус оборудования.

б) Автономный, реализующий функции контроля и управления небольшим достаточно изолированным технологическим объектом, как, например, районные котельные, электрические подстанции. Автономные контроллеры помещаются в защитные корпуса, рассчитанные на разные условия окружающей среды. Почти всегда эти контроллеры имеют порты для соединения в режиме «точка-точка» с другой аппаратурой и интерфейсы, которые могут через сеть связывать их с другими средствами автоматизации. В контроллер встраивается или подключается к нему специальная панель интерфейса с оператором, состоящая из алфавитно-цифрового дисплея и набора функциональных клавиш.

Контроллеры данного класса, как правило, имеют небольшую или среднюю вычислительную мощность. Мощность представляет собой комплексную характеристику, зависящую от разрядности и частоты процессора, а также объема оперативной, постоянной памяти.

Локальные контроллеры чаще всего имеют десятки входов/выходов от датчиков и исполнительных механизмов, но существуют модели контроллеров, поддерживающие свыше сотни входов/выходов.

Контроллеры реализуют простейшие типовые функции обработки измерительной информации, блокировок, регулирования и программно-логического управления. Многие из них имеют один или несколько физических портов для передачи информации на другие системы автоматизации.

В этом классе следует выделить специальный тип локальных контроллеров, предназначенных для систем противоаварийной защиты. Они отличаются особенно высокой надежностью, живучестью и быстродействием. В них предусматриваются различные варианты полной текущей диагностики неисправностей с локализацией их до отдельной платы, резервирование как отдельных компонентов, так и всего устройства в целом.

Наиболее распространены следующие способы резервирования:

- горячий резерв отдельных компонентов и/или контроллера в целом (при непрохождении теста в рабочем контроллере управление переходит ко второму контроллеру);
- троирование основных компонентов и/или контроллера в целом с «голосованием» по результатам обработки сигналов всеми контроллерами, составляющими группу (за выходной сигнал принимается тот, который выдали большинство контроллеров группы, а контроллер, давший иной результат, объявляется неисправным);
- работа по принципу «пара и резерв». Параллельно работает пара контроллеров с «голосованием» результатов, и аналогичная пара находится в горячем резерве. При выявлении разности результатов работы первой пары управление переходит ко второй паре; первая пара тестируется, и либо определяется наличие случайного сбоя и управление возвращается к первой паре, либо диагностируется неисправность и управление остается у второй пары.

3. *Сетевой комплекс контроллеров (PLC, Network).*

Сетевые ПТК наиболее широко применяются для управления производственными процессами во всех отраслях промышленности. Минимальный состав данного класса ПТК подразумевает наличие следующих компонентов:

- набор контроллеров;
- несколько дисплейных рабочих станций операторов;
- системную (промышленную) сеть, соединяющую контроллеры между собой и контроллеры с рабочими станциями.

Контроллеры каждого сетевого комплекса, как правило, имеют ряд модификаций, отличающихся друг от друга быстродействием, объемом памяти, возможностями по резервированию, способностью работать в разных условиях окружающей среды, числом каналов ввода/вывода. Это облегчает использование сетевого комплекса для разнообразных технологических объектов, поскольку позволяет наиболее точно подоб-

рать контроллеры под отдельные элементы автоматизируемого объекта и разные функции контроля и управления.

В качестве дисплейных рабочих станций (пультов оператора) почти всегда используются персональные компьютеры в обычном или промышленном исполнении, большей частью с двумя типами клавиатур (традиционной алфавитно-цифровой и специальной функциональной), и оснащенные одним или несколькими мониторами, имеющими большой экран.

Промышленная сеть может иметь различную структуру: шину, кольцо, звезду; она часто подразделяется на сегменты, связанные между собой повторителями и маршрутизаторами. К передаче сообщений предъявляются жесткие требования: они гарантированно должны доставляться адресату, а для сообщений высшего приоритета, например, предупреждающих об авариях, также следует обеспечить указанный срок передачи сообщений.

В этом классе ПТК выделяют телемеханический тип сетевого комплекса контроллеров, предназначенный для автоматизации объектов, распределенных на большой области пространства.

Промышленная сеть с характерной структурой и особые физические каналы связи (радиоканалы, выделенные телефонные линии, оптоволоконные кабели) позволяют интегрировать узлы объекта, отстоящие друг от друга на многие десятки километров, в единую систему автоматизации.

Рассматриваемый класс сетевых комплексов контроллеров имеет верхние ограничения как по сложности выполняемых функций (измерения, контроля, учета, регулирования и блокировки), так и по объему автоматизируемого объекта (в пределах тысяч измеряемых и контролируемых величин).

Чаще всего сетевые комплексы применяются на уровне цехов машиностроительных заводов, агрегатов нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств, а также цехов предприятий пищевой промышленности. Телемеханические сетевые комплексы контроллеров используются для управления газо- и нефтепроводами, электрическими сетями, транспортными системами.

4. Распределенные маломасштабные системы управления (DCS, Smoller Scale).

Этот класс микропроцессорных ПТК превосходит большинство сетевых комплексов контроллеров по мощности и сложности выполняемых функций. В целом, этот класс еще имеет ряд ограничений по объе-

му автоматизируемого производства (порядка десятка тысяч контролируемых параметров) и набору реализуемых функций. Основные отличия от предшествующего класса заключаются в несколько большем разнообразии модификаций контроллеров, блоков ввода/вывода, большей мощности центральных процессоров, более развитой и гибкой сетевой структуре. Как правило, ПТК этого класса имеет развитую многоуровневую сетевую структуру. Так нижний уровень может выполнять связь контроллеров и рабочей станции компактно расположенного технологического узла, а верхний уровень поддерживать взаимодействие нескольких узлов друг с другом и с рабочей станцией диспетчера всего автоматизируемого участка производства. На верхнем уровне (уровне рабочих станций операторов) эти комплексы, по большей части, имеют достаточно развитую информационную сеть. В некоторых случаях расширение сетевой структуры идет в направлении применения стандартных цифровых полевых сетей, соединяющих отдельные контроллеры с удаленными от них блоками ввода/вывода и интеллектуальными приборами. Подобная простая и дешевая сеть соединяет по одной витой паре проводов контроллер с множеством интеллектуальных полевых приборов, что резко сокращает длину кабельных сетей на предприятии и уменьшает влияние возможных помех, поскольку исключается передача низковольтной аналоговой информации на значительные расстояния.

Мощность контроллеров, применяемых в этом классе средств, позволяет в дополнение к типовым функциям контроля и управления реализовывать более сложные и объемные алгоритмы управления (например, самонастройку алгоритмов регулирования, адаптивное управление).

Маломасштабные распределенные системы управления используются для автоматизации отдельных средних и крупных технологических объектов предприятий непрерывных отраслей промышленности, а также цехов и участков дискретных производств и цехов заводов черной и цветной металлургии.

5. Полномасштабные распределенные системы управления (DCS, Full Scale).

Это наиболее мощный по возможностям и охвату производства класс контроллерных средств, практически не имеющий границ ни по выполняемым на производстве функциям, ни по объему автоматизируемого производственного объекта. Одна такая система может использоваться для автоматизации производственной деятельности целого крупномасштабного предприятия.

Описываемая группа ПТК включает все особенности перечисленных контроллерных средств и дополнительно имеет ряд свойств, влияющих на возможности их использования:

- наличие развитой многоуровневой сетевой структуры, предусматривающей выделение трех уровней: информационного, системного и полевого, причем для организации отдельных уровней могут использоваться разные варианты построения сетей;

- выход на корпоративную сеть предприятия, систему управления бизнес-процессами, глобальную сеть Интернет, а также на уровень интеллектуальных приборов;

- широкий модельный ряд применяемых контроллеров, различающихся по числу входов/выходов, быстродействию, объему памяти разного типа, возможностям по резервированию, наличию встроенных и удаленных интеллектуальных блоков ввода/вывода на все виды аналоговых и дискретных сигналов;

- широкий диапазон рабочих станций;

- наличие мощного современного программного обеспечения, в состав которого входят:

- а) интерфейсы операторов с системой управления, предусматривающие различные варианты построения на разных уровнях управления;

- б) набор технологических языков с объемными библиотеками типовых программных модулей для решения задач контроля, логического управления и регулирования;

- в) универсальные прикладные пакеты программ, реализующие типовые функции управления отдельными агрегатами, диспетчерское управление участками производства, технический учет и планирование производства в целом;

- г) системы автоматизированного проектирования и конструкторского документооборота для разработки системы автоматизации.

1.2. Краткие сведения о ПТК и многофункциональных контроллерах, распространенных на российском рынке автоматизации

В таблице 1.1 представлена краткая информация о некоторых программно-технических комплексах и многофункциональных контроллерах, позволяющих организовать связь с верхним уровнем автоматизации.

Таблица 1.1

Наименование ПТК/контроллера	Состав и характеристики	Назначение	Производитель
ПТК «САРГОН»	<p>Техническое обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – контроллеры АРМКОНг, TREI-5B-05, МФК, R06/Теконик; – IBM-совместимые персональные компьютеры; – сетевое оборудование. <p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ОС контроллеров и компьютеров; – программный комплекс «САРГОН» 	<p>Создание полнофункциональных АСУ ТП энергетических объектов (энергоблока, котлоагрегата, турбины, цеха, станции).</p> <p>Внедрение: Красноярская ГРЭС-2, ТЭЦ-8 МОС-ЭНЕРГО, Улан-Удэнская ТЭЦ-1, Орская ТЭЦ-1 и др.</p>	<p>ЗАО «НВТ-автоматика», г. Москва, nvt.msk.ru</p>
ПТК «Сириус»	<p>Техническое обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – контроллер Сателлит – интеллектуальный ПЛК, предназначенный для решения задач автоматизации, телемеханики и локального управления объектами; – контроллер пункта управления Викинг, собирающий и обрабатывающий информацию от контроллеров нижнего уровня и передающий ее в ПЭВМ; – контроллеры Motorola ACE3600 и MOSCAD. <p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ПО «Сириус SCADA» – SCADA-пакет для создания систем управления (ОС РВ QNX); – ПО «Сириус ИС» – для разработки высоконадежных интегрированных автоматизированных систем управления ТП (АСУ ТП) и систем оперативно-диспетчерского управления; – ПО «Сириус WIN» – для просмотра в режиме реального времени информации из системы «Сириус SCADA» 	<p>Автоматизация систем транс-портировки нефти и газа, продуктов химической промышленности</p> <p>Автоматизация объектов тепло- и электроэнергетики, коммунального хозяйства</p> <p>Внедрение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Балтийские магистральные нефтепроводы, Северные магистральные нефтепроводы, Хантымансийск-нефтегаз-геология, Лен-трансгаз, Сургутгазпром и др.; – Октябрьские электрические сети ОАО «Мосэнер-го» и др. 	<p>Компания НПА Ви́ра Реа́лтайм, г. Москва, www.rtl.ru</p>

Продолжение табл. 1.1

Наименование ППК/контроллера	Состав и характеристики	Назначение	Производитель
ППК КРУГ-2000, КРУГ-2000/Г, КРУГ-2000/Г	<p>Полностью сертифицированный открытый ППК КРУГ-2000 – управление непрерывными и периодическими технологическими процессами сосредоточенных и распределенных объектов управления.</p> <p>КРУГ-2000/Г – коммерческий учет тепловой энергии, перегретого и насыщенного пара, горячей и холодной воды.</p> <p>КРУГ-2000/Г – коммерческий учет добываемого, перерабатываемого и распределяемого природного газа и его компонентов.</p> <p>Техническое обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – контроллеры и УСО серии TREI-5B; – многофункциональные контроллеры МФК 3000; – серверы различного назначения; – системы бесперебойного питания; – предусмотрена возможность связи с контроллерами и аппаратурой других фирм <p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – OCPB контроллеров: DOS, QNX; – Windows NT (станции оператора); – Пакет программ «КРУГ-2000» 	<p>АСУ ТП предприятий металлургической, химической, горнодобывающей, ЖКХ и энергетики и др.</p> <p>Примеры внедрений:</p> <p>АСУ ТП котлоагрегата Уфимской ТЭЦ-1, АСУ ТП турбогенератора Уфимской ТЭЦ-2, АСУ ТП ГРП Пензенской ТЭЦ-1 и др.;</p> <p>АС коммерческого учета потребления теплоносителя Саратовского НПЗ и др.;</p> <p>АСКУ ГРП Пензенской ТЭЦ-1, ГРП Саранской ТЭЦ-2</p>	<p>НПФ «КРУГ», г. Пенза, www.krug-2000.ru</p>
ППК «Энерготор»	<p>Техническое обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Контроллеры сбора данных (КСД) DevLink-D500 с поддержкой GPRS-соединения обеспечивают автоматизированный групповой сбор данных с подомовых и квартирных приборов учета и круглосуточный контроль аварийных ситуаций в энергосистеме зданий <p>Программное обеспечение:</p>	<p>Комплексное решение задач энергосбережения, основанное на полномасштабном внедрении подомового и квартирного, а также объектов социальной (бюджетной) сферы автоматизированного энергоучета,</p>	<p>НПФ «КРУГ», г. Пенза, www.krug-2000.ru</p>

Продолжение табл. 1.1

Наименование ПТК/контроллера	Состав и характеристики	Назначение	Производитель
ПТК «Квинт-СИ»	<p>– Программная платформа ЭнергоКРУГ® включает: ОРС-серверы устройств; ОРС-сервер КСД; сервер сбора, валидации и предварительной обработки данных; СУБД; Модуль экспорта данных; Сервер визуализации и обработки данных; Станция мониторинга и анализа; Web-сервер; Конфигуратор. Программные средства ЭнергоКруг® интегрированы с ERP-системой «1С: Управление ЖКХ»</p> <p>Комплекс включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>микропроцессорные контроллеры</i>: Ремиконт Р-380, Ремиконт Р-390 выполняют функции сбора и обработки информации, автоматического регулирования, логического шагового управления, технологических защит, регистрации событий, управления исполнительными устройствами; – <i>рабочие станции</i> занимаются представлением информации, ее архивированием, анализом. Они также выполняют статистические и оптимизирующие расчеты и ведут мониторинг состояния всех программно-технических средств Квинта, работающих в АСУ ТП; – <i>промышленные сети</i> организуют информационную связь между подсистемами Квинта; – <i>средства САПР</i> предоставляет набор инструментальных средств для проектирования АСУ ТП, включающее СУБД АСУ ТП, средства программирования контроллеров, создания mnemonic-схем для операторских станций 	<p>интегрированного с существующей городской биллинговой системой (расчетно-кассовым центром)</p> <p>Решение задач управления технологическими объектами различной степени сложности вплоть до объектов, включающих десятки тысяч параметров, в самых различных областях народного хозяйства.</p> <p>Примеры внедрений: Ириклинская и Каширская ГРЭС, Костромская и Черепетская ГРЭС, Шатурская ГРЭС, Конаковская и Невинномысская ГРЭС, Ярославская ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, Московский нефтеперерабатывающий завод и др.</p>	ОАО «НИИТелоприбор», www.niiterplorgrb.ru/

Продолжение табл. 1.1

Наименование ПТК/контроллера	Состав и характеристики	Назначение	Производитель
ПТК «Круз»	Комплекс включает: – РС-совместимые контроллеры форм-факторов Micro PC или PC-104, установленные вместе с блоками устройств сопряжения с объектом (УСО) в функциональные шкафы стандарта Евростандарт; – персональные компьютеры в обычном или промышленном исполнении; – SCADA-система TRACE MODE фирмы AdastrA Research Group, Ltd. (Россия)	Предназначен для построения распределенных систем управления техническими объектами любой степени сложности. Внедрение: ТЭС «Насирия» Республика Ирак; Тюменская ТЭЦ-1; Ангарская ТЭЦ-9 и др	ЗАО «ПИК Зебра», www.pikzebra.ru
ПТК «Торнадо»	ПТК «Торнадо» представлен тремя модификациями, отличающимися используемым контроллерным оборудованием. В ПТК «Торнадо-М» используются контроллеры серии MF, базирующиеся на CAN-технологии; ПТК «Торнадо-Л» – контроллеры серии MIC на базе шины CXC; ПТК «Торнадо-Р» – контроллеры серии MIC на базе KЫ-485 и CAN-технологии. Обобщенный состав ПТК «Торнадо»: – шкафы с контроллерами и модулями УСО; – коммуникационное сетевое оборудование; – компьютеры АРМ, серверов БД, серверов приложений; – ПО верхнего уровня – SCADA-система In Touch; – ПО верхнего уровня – система ISaGRAF	Используется для создания АСУ ТП на промышленных объектах энергетики, нефтяной, газовой, химической промышленности, перерабатывающих отраслей, коммунального хозяйства и других. Примеры внедрений: АСУ ТП энергоблока ТЭС – ТЭЦ-5 ОАО ЭиЭ «Новосибирскэнерго», ТЭЦ ООО «Бийскэнерго» и др. АСУ ТП котельных – ООО «Сибирская Пивоваренная Компания», ЗАО «Черноговец» и др.	Компания МС Торнадо, г. Новосибирск, www.tornado.nsk.ru

Продолжение табл. 1.1

Наименование ПТК/контроллера	Состав и характеристики	Назначение	Производитель
ПТК «ТЕКОН	<p>Техническое обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – многофункциональные промышленные контроллеры МФК3000, МФК1500, P06 и модули УСО серии «ТЕКОНИК»; – коммуникационное оборудование сети Ethernet и комплекты PC в ассортименте лучших мировых и проверенных российских производителей; – ПО верхнего уровня SCADA «ТЕКОН»; – ПО контроллерного уровня – система ISaGRAF версии 5.x 	<p>Предназначен для построения распределенных автоматизированных систем управления техническими объектами любой степени сложности.</p> <p>Примеры внедрений:</p> <p>АСУТП турбины ПТ-60 на ТЭЦ-20 в ОАО «ТЭК-3»(Мос-энерго) и др.;</p> <p>САУгорелками котлоагрегатов а Сургутской ГРЭС-1, на Каширской и Шатурской ГРЭС и др.</p>	<p>ПГ «Промкон-троллер», ЗАО «Текон-инжиниринг», www.tecon.ru</p>
ПТК «Деконт»	<p>Состав комплекса включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – программируемый контроллер DECONT-A9; – модули-мезонины для организации интерфейсных каналов контроллера DECONT-A9 (RS232, RS485, проводные модемы, GSM-модемы и радиомодемы); – большая номенклатура удаленных модулей УСО, в том числе во взрывозащищенном исполнении; – ПО: Программа «Разработчик», «Работа с архивами», «Конфигуратор», «WINDECONT» 	<p>Создание автоматизированных систем контроля, учета и управления на предприятиях, характеризующихся территориальной рассредоточенностью объектов</p>	<p>Фирма «ДЭП», г. Москва, www.der.ru</p>

Окончание табл. 1.1

Наименование ПТК/контроллера	Состав и характеристики	Назначение	Производитель
ПТК «КОНТАР»	<p>Техническое обеспечение – контроллеры, коммуникационные модули:</p> <ul style="list-style-type: none"> – контроллеры MC8, MC5, MC6, MC12; – модули расширения ME4, ME16, ME20, ME20, ME20, MR8, MR20.3, MA8.3. <p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Система программирования контроллеров «КОНГРАФ», язык программирования FBD; – локальная SCADA-система «КОНТАР-АРМ» предназначена для создания локального автоматизированного рабочего места диспетчера; – Интернет SCADA-система «КОНТАР-SCADA». Данное ПО не распространяется среди пользователей, а установлено на сервере МЗТА, выведено в сеть Интернет и предоставлено в общее пользование. Доступ – через стандартный Интернет-браузер; – инструментальный наладчика ПО «КОНСОЛЬ» – для проведения пуско-наладочных работ 	<p>Используется для мониторинга и управления инженерным оборудованием зданий, тепловых пунктов, котельных, насосных станций, объектов жилищно-коммунального, городского хозяйства.</p> <p>Примеры внедрений:</p> <p><i>Автоматизация инженерных систем здания:</i> Автосалон Брестань Авто – Рецеот, Москва; Театр «Ленком»; Дворец культуры «Распадский», г. Междуреченск.</p> <p><i>Автоматизация котельных:</i> Завод макаронных изделий «МАКФА»; Институт проблем управления Российской Академии Наук.</p>	<p>ОАО «Московский завод тепловой автоматики», г. Москва. www.mzta.ru</p>
ПТК «ЭКОМ»	<p>Техническое обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – контроллеры серии ЭКОМ (ЭКОМ-3000) и ЭКОМ-ТМ; – телекоммуникационное оборудование (различными каналами связи: выделенные, коммутируемые, ВЧ, радио, GSM, спутниковые, Internet); – ПО верхнего уровня – программный комплекс Энергосфера®: БД ЭКОМ, Сервер опроса, Консоль администратора, Редактор расчетных схем, АРМ Энергосфера®, Web-сервер. 	<p>Предназначен для создания систем учета энергоносителей.</p> <p>Примеры внедрений:</p> <p>АИИС КУЭ Уренгойской ГРЭС, Сургутской ГРЭС-1; АСКУЭ ОАО «Жировой комбинат» (г. Екатеринбург), ОАО «Газтурбосервис» (Пюменская обл.), ОАО «Ростсельмаш» (г. Ростов-на-Дону)</p>	<p>Инженерная компания ООО «ПроСофт-Системы», г. Екатеринбург www.prosoftsystems.ru</p>

1.3. Функциональный состав программно-технических комплексов

В настоящее время на рынке промышленной автоматизации присутствует несколько сотен 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:

- промышленные сети;
- программируемые логические контроллеры или контроллеры на базе РС, интеллектуальные устройства связи с объектом;
- рабочие станции и серверы различного назначения;
- прикладное программное обеспечение.

Структура ПТК в первую очередь определяется средствами и характеристиками взаимосвязи отдельных компонентов комплекса (контроллеров, пультов оператора, удаленных блоков ввода-вывода), т.е. сетевыми возможностями [6]. Гибкость и разнообразие структур ПТК зависят от:

- числа имеющихся сетевых уровней;
- возможных типов связи (топологий) на каждом уровне сети: шина, звезда, кольцо;
- параметров сети каждого уровня: типов кабеля, допустимых расстояний, максимального количества узлов (компонентов комплекса), подключаемых к каждой сети, скорости передачи информации, 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, реализованного на данном ПТК; возможность переноса блоков ввода-вывода непосредственно к датчикам и исполнительным механизмам.

Одна из самых простых и популярных структур ПТК представлена на рис. 1.1. Все функциональные возможности системы четко разделены на два уровня. Первый уровень составляют контроллеры, второй – пульт оператора, который может быть представлен рабочей станцией или промышленным компьютером.

Уровень контроллеров в такой системе выполняет сбор сигналов от датчиков, установленных на объекте управления; предварительную обработку сигналов (фильтрацию и масштабирование); реализацию алгоритмов управления и формирование управляющих сигналов на исполнительные механизмы объекта управления; передача и прием информации из промышленной сети.

Пульт оператора формирует сетевые запросы к контроллерам нижнего уровня, получает от них оперативную информацию о ходе

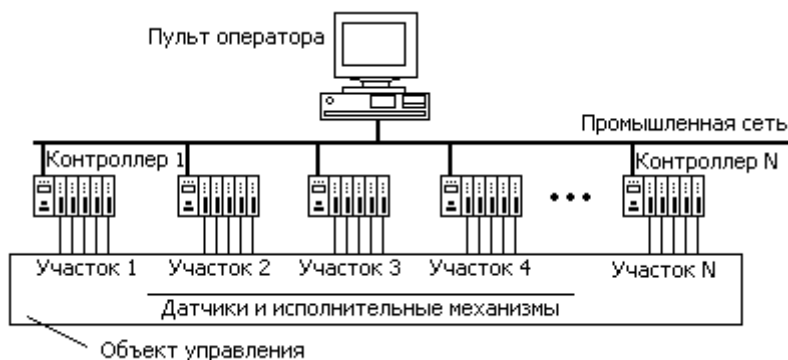


Рис. 1.1. Структура ПТК

технологического процесса, отображает на экране монитора ход технологического процесса в удобном для оператора виде, осуществляет долговременное хранение динамической информации (ведение архива) о ходе процесса, производит коррекцию необходимых параметров алгоритмов управления и уставок регуляторов в контроллерах нижнего уровня.

Увеличение информационной мощности (количества входных/выходных переменных) объекта управления, расширение круга задач, решаемых на верхнем уровне управления, повышение надежных показателей приводят к появлению более сложных структур программно-технических комплексов (рис. 1.2).

Операционные системы (ОС) семейства Windows фирмы Microsoft практически полностью завоевали рынок офисных компьютеров и активно осваивают уровень промышленной автоматизации. Большинство серверов и рабочих станций функционируют под управлением ОС Windows NT/2000/XP. Некоторые технологии Microsoft уже сейчас стали промышленным стандартом.

Использование архитектуры «Клиент-сервер» позволяет повысить эффективность и скорость работы всей системы, повысить надежность и живучесть системы за счет резервирования серверов, рабочих станций, территориальным распределением решаемых задач.

Серверы, как правило, выполняются на базе промышленных компьютеров и являются резервируемыми. Наименование серверов в различных ПТК различается: сервер базы данных реального времени, сервер оперативной и архивной базы данных, сервер ввода-вывода и др. Основные функции:

- сбор, обработка оперативных данных от устройств связи с объектом и контроллеров;
- передача команд управления контроллерам с верхнего уровня управления;

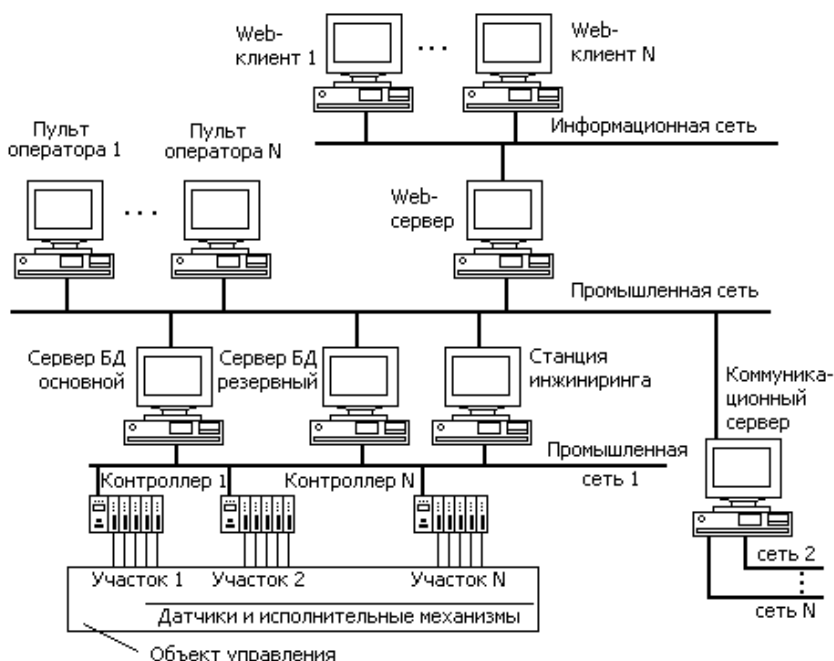


Рис. 1.2. Структура ПТК

- хранение и отображение информации о заданных переменных;
- предоставление требуемой информации клиентским рабочим станциям;
- архивация трендов, печатных документов и протоколов событий.

Современные ПТК, как правило, включают станции инжиниринга, выполненные на базе персональных компьютеров в офисном исполнении. С их помощью осуществляется инженерное обслуживание контроллеров: программирование, наладка, настройка. В некоторых ПТК станции инжиниринга позволяют производить также инженерное обслуживание рабочих станций.

Еще одна сторона современных ПТК связана с активным проникновением Internet-технологий на уровень промышленной автоматизации. Сегодня все ведущие производители инструментального программного обеспечения для систем управления технологическими процессами, как зарубежные, так и отечественные, встраивают поддержку данных технологий в свои продукты.

Наиболее широким применением Internet-технологий в АСУ ТП является публикация на Web-серверах информации о ходе ТП и всевозможных сводных отчетов. Web-серверы имеют возможность взаимодей-

ствовать с сервером БД, который хранит необходимую информацию о процессе. Это позволяет клиенту через браузер (Internet-обозреватель) делать необходимые запросы к базе данных. Такой подход к тому же минимизирует затраты, так как не требует на стороне клиента установки какого бы то ни было дополнительного программного обеспечения, кроме обычных программ-браузеров (Internet Explorer, Netscape Navigator и др.).

1.3.1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ

В течение многих лет системы обмена данными строились по традиционной централизованной схеме, в которой имелось одно мощное вычислительное устройство и огромное количество кабелей, посредством которых осуществлялось подключение датчиков и исполнительных механизмов [7]. Такая структура диктовалась высокой ценой электронно-вычислительной техники и относительно низким уровнем автоматизации производства. На сегодняшний день у этого подхода практически не осталось приверженцев. Такие недостатки централизованных АСУ ТП, как большие затраты на кабельную сеть и вспомогательное оборудование, сложный монтаж, низкая надежность и сложная реконфигурация, сделали их во многих случаях абсолютно неприемлемыми как экономически, так и технологически.

В условиях бурно растущего производства микропроцессорных устройств альтернативным решением стали цифровые промышленные сети (Fieldbus), состоящие из многих узлов, обмен между которыми производится цифровым способом. На сегодняшний день на рынке представлено около сотни различных типов промышленных сетей, протоколов и интерфейсов, применяемых в системах автоматизации, среди которых Modbus, PROFIBUS, Interbus, Bitbus, CAN, LON, Foundation Fieldbus, Ethernet и др.

Использование промышленной сети позволяет расположить узлы, в качестве которых выступают контроллеры и интеллектуальные устройства ввода-вывода, максимально приближенно к оконечным устройствам (датчикам и исполнительным механизмам), благодаря чему длина аналоговых линий сокращается до минимума. Каждый узел промышленной сети выполняет несколько функций [7]:

- прием команд и данных от других узлов промышленной сети;
- считывание данных с подключенных датчиков;
- преобразование полученных данных в цифровую форму;
- отработка запрограммированного технологического алгоритма;
- выдача управляющих воздействий на подключенные исполнительные механизмы по команде другого узла или согласно технологическому алгоритму;
- передача накопленной информации на другие узлы сети.

АСУ ТП на базе промышленных сетей по сравнению с традиционными централизованными системами имеют несколько особенностей:

1. Существенная экономия кабельной продукции. Вместо километров дорогих кабелей требуется несколько сот метров дешевой витой пары. Также сокращаются расходы на вспомогательное оборудование (кабельные каналы, клеммы, шкафы).

2. Повышение надежности системы управления. По надежности цифровой метод передачи данных намного превосходит аналоговый. Передача в цифровом виде малочувствительна к помехам и гарантирует доставку информации благодаря специальным механизмам, встроенным в протоколы промышленных сетей (контрольные суммы, повтор передачи искаженных пакетов данных). Повышение надежности функционирования и живучести АСУ ТП на базе промышленных сетей также связано с распределением функций контроля и управления по различным узлам сети. Выход из строя одного узла не влияет либо влияет незначительно на обработку технологических алгоритмов в остальных узлах. Для критически важных технологических участков, возможно дублирование линий связи или наличие альтернативных путей передачи информации. Это позволяет сохранить работоспособность системы в случае повреждения кабельной сети.

3. Гибкость и модифицируемость. Добавление или удаление отдельных точек ввода-вывода и даже целых узлов требует минимального количества монтажных работ и может производиться без остановки системы автоматизации. Переконфигурация системы осуществляется на уровне программного обеспечения и также занимает минимальное время.

4. Использование принципов открытых систем, открытых технологий, что позволяет успешно интегрировать в единую систему изделия от различных производителей.

В 1978 году Международной организацией по стандартизации (ISO) в противовес закрытым сетевым системам и с целью разрешения проблемы взаимодействия открытых систем с различными видами вычислительного оборудования и различающимися стандартами протоколов была предложена «Описательная модель взаимосвязи открытых систем» (OSI-модель, ISO/OSI Model) [8, 9]. Модель ISO/OSI распределяет сетевые функции по семи уровням (табл. 1.2).

На физическом уровне определяются физические характеристики канала связи и параметры сигналов, например, вид кодировки, частота передачи, длина и тип линии, тип штекерного разъема и т.д. Наиболее широко распространенный fieldbus стандарт 1 уровня – это интерфейс RS-485.

Канальный уровень определяет правила совместного использования физического уровня узлами сети. Сетевой уровень отвечает за адресацию и доставку пакета по оптимальному маршруту. Транспортный уровень разбирается с содержимым пакетов, производит деление и сборку пакетов.

1.2. Уровни модели OSI

7	Прикладной уровень (Application Layer)
6	Уровень представления (Presentation Layer)
5	Сеансовый уровень (Session Layer)
4	Транспортный уровень (Transport Layer)
3	Сетевой уровень (Network Layer)
2	Канальный уровень (Data Link Layer)
1	Физический уровень (Physical Layer)

Сеансовый уровень координирует взаимодействие между узлами сети.

Уровень представления занимается при необходимости преобразованием форматов данных.

Прикладной уровень обеспечивает непосредственную поддержку прикладных процессов и программ конечного пользователя и управление взаимодействием этих программ с различными объектами сети передачи данных.

Все, что находится выше 7-го уровня модели, это задачи, решаемые в прикладных программах.

На практике большинство промышленных сетей (fieldbus) ограничивается только тремя уровнями, а именно физическим, канальным и прикладным. Наиболее «продвинутые» сети решают основную часть задач аппаратно, оставляя программную прослойку только на седьмом уровне. Дешевые сети (например, ModBus) зачастую используют на физическом уровне RS-232 или RS-485, а все остальные задачи, начиная с канального уровня, решают программным путем. Как исключение существуют протоколы промышленных сетей, реализующие все семь уровней OSI-модели, например LonWorks.

Большое разнообразие открытых промышленных сетей, интерфейсов и протоколов связано с многообразием требований автоматизируемых технологических процессов. Эти требования не могут быть удовлетворены универсальным и экономически оптимальным решением. Сейчас уже очевидно, что ни одна из существующих сетей не станет единственной, похоронив все остальные.

Когда обсуждается вопрос о выборе типа промышленной сети, необходимо уточнять, для какого именно уровня автоматизации этот выбор осуществляется [7]. В зависимости от места сети в иерархии промышленного предприятия требования к ее функциональным характеристикам будут различны.

Иерархия АСУ промышленным предприятием обычно представляется в виде трехэтажной пирамиды:

1. Уровень управления предприятием (верхний уровень).
2. Уровень управления технологическим процессом.
3. Уровень управления оборудованием.

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. Объемы передаваемых между узлами данных измеряются мегабайтами, а временные показатели обмена информацией не являются критичными.

На уровне управления технологическим процессом осуществляется текущий контроль и управление либо в ручном режиме с операторских пультов, либо в автоматическом режиме по заложенному алгоритму. На этом уровне выполняется согласование параметров отдельных участков производства, отработка аварийных и предаварийных ситуаций, параметризация контроллеров нижнего уровня, загрузка технологических программ, дистанционное управление исполнительными механизмами. Информационный кадр на этом уровне содержит, как правило, несколько десятков байтов, а допустимые временные задержки могут составлять от 100 до 1000 миллисекунд в зависимости от режима работы.

На уровне управления оборудованием располагаются контроллеры, осуществляющие непосредственный сбор данных от датчиков и управление исполнительными устройствами. Размер данных, которыми контроллер обменивается с оконечными устройствами, обычно составляет несколько байтов при скорости опроса устройств не более 10 мс.

В последнее время рассмотренная структура систем управления существенно усложняется, при этом стираются четкие грани между различными уровнями. Это связано с проникновением Internet/Intranet-технологий в промышленную сферу, значительными успехами промышленного Ethernet, использованием некоторых промышленных сетей Fieldbus во взрывоопасных зонах на предприятиях химической, нефтегазовой и других отраслей промышленности с опасными условиями производства. Кроме того, появление интеллектуальных датчиков и исполнительных механизмов и интерфейсов для связи с ними фактически означает появление четвертого, самого нижнего уровня АСУ ТП – уровня сети оконечных устройств.

АС-интерфейс

АС-интерфейс (Actuators/Sensors interface – интерфейс исполнительных устройств и датчиков) является открытой промышленной сетью нижнего уровня систем автоматизации, которая предназначена для организации связи с исполнительными устройствами и датчиками [10]. АС-интерфейс позволяет подключать датчики и исполнительные механизмы к системе управления на основе построения сети с использованием одного двухжильного кабеля, с помощью которого обеспечивается как питание всех сетевых устройств, так и опрос датчиков и выдача команд на исполнительные механизмы.

1.3. Технические данные системы на базе AS-интерфейса

Топология	Шина, дерево, звезда, кольцо
Число ведомых устройств	До 62
Число подключаемых датчиков и исполнительных механизмов	До 4 датчиков и 3 исполнительных механизмов на одно ведомое устройство До 248 датчиков и 186 исполнительных механизмов на одно ведущее устройство
Максимальная протяженность линии связи	Без повторителей/расширителей до 100 м С повторителями/расширителями до 300 м
Электропитание	Через шину AS-интерфейса: 2,8 А (ном.), 8 А (макс.) при 29,5 – 31,6 В
Время цикла обновления данных	При 31 ведомом устройстве – не превышает 5 мс При 62 ведомых устройствах – не превышает 10 мс

При наличии в системе специальных модулей AS-интерфейс позволяет подключать обычные широко распространенные датчики и исполнительные механизмы. Кроме того в настоящее время существенно расширяется номенклатура датчиков и исполнительных механизмов со встроенной в их электронную часть интегральной микросхемой ведомого устройства AS-интерфейса.

Гибкость управления системой достигается за счет применения различных ведущих устройств. Функции ведущих устройств могут выполнять программируемые логические контроллеры, промышленные компьютеры или модули связи с сетями более высокого уровня – ModBus, Interbus, CANopen, DeviceNet, Profibus и др. (рис. 1.3).

Некоторые технические данные системы на базе AS-интерфейса представлены в табл. 1.3

HART-протокол

Унифицированный сигнал 4 – 20 мА для передачи аналоговых сигналов известен несколько десятков лет и широко используется при создании АСУ ТП в различных отраслях промышленности. Достоинством данного стандарта является простота его реализации, использование его во множестве приборов, возможность помехоустойчивой передачи аналогового сигнала на относительно большие расстояния. Однако при создании нового поколения интеллектуальных приборов и датчиков потребовалось наряду с аналоговой информацией передавать и цифровые данные, соответствующие их новым расширенным возможностям [11].

С этой целью американской компанией Rosemount был разработан протокол HART (Highway Addressable Remote Transducer). HART-протокол основан на методе передачи данных с помощью частотной модуляции, при этом цифровой сигнал накладывается на аналоговый токовый сигнал.

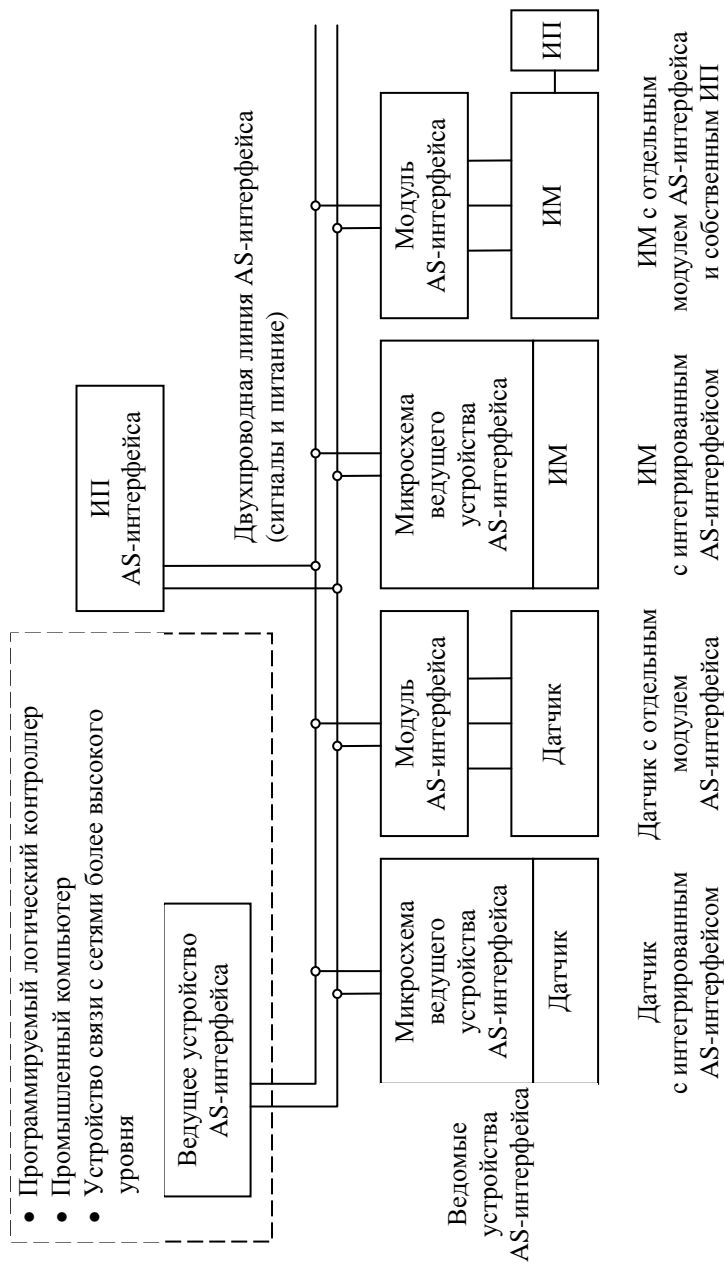


Рис. 1.3. Схема подключения устройств к AS-интерфейсу:
ИМ – исполнительный механизм; ИП – источник питания

1.4. Технические параметры, определяемые стандартом на HART-протокол

Топология	«Точка-точка» (стандартная) или шина
Максимальное количество устройств	Одно ведомое и два ведущих устройства (стандартный режим) 15 ведомых и 2 ведущих устройств (много-точечный режим с удаленным питанием)
Максимальная протяженность линии связи	3 км (стандартный режим) 100 м (многоточечный режим)
Тип линии	Экранированная витая пара
Интерфейс	4 – 20 мА, токовая петля (аналоговый)
Время цикла обновления данных	Около 500 мс

Частотно-модулированный сигнал является двухполярным и при использовании соответствующей фильтрации не искажает основной аналоговый сигнал 4 – 20 мА. Некоторые технические параметры, определяемые стандартом на HART-протокол, приведены в табл. 1.4.

HART-протокол может использоваться в двух режимах работы:

1. Стандартный вариант – соединение «точка-точка» (рис. 1.4), т.е. непосредственное соединение прибора низовой автоматики (датчика, исполнительного механизма, преобразователя) и не более двух ведущих устройств. В качестве первичного ведущего устройства используется устройство связи с объектом (УСО) или программируемый

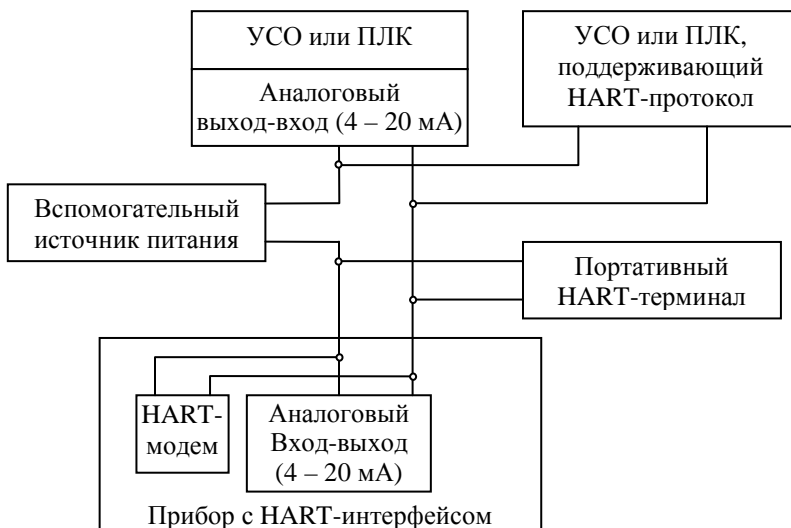


Рис. 1.4. Структурная схема подключения HART-устройств (стандартный вариант)

логический контроллер (ПЛК). В качестве вторичного применяется портативный HART-терминал или персональный компьютер с HART-модемом. При этом аналоговый сигнал является однонаправленным (например, от датчика к ПЛК или от ПЛК к исполнительному механизму), а цифровые сигналы могут передаваться и приниматься как от ведущего, так и от ведомого устройства.

2. Многоточечный режим (рис. 1.5) – 15 ведомых устройств могут соединяться параллельно двухпроводной линией с теми же двумя ведущими устройствами. При этом осуществляется только цифровая связь. Сигнал постоянного тока 4 мА обеспечивает вспомогательное питание ведомых приборов по сигнальным линиям.

Протокол CAN

Протокол CAN (Controller Area Network) был предложен компанией Bosch для создания сети контроллеров в автомобилях [12, 13]. В настоящее время CAN-сети активно применяются в самых разных областях – от стиральных машин до космических аппаратов. Протокол CAN определяет только первые два уровня модели ISO/OSI – физический и канальный. На основе этого протокола реализовано огромное количество полнофункциональных сетей, таких как CANOpen, DeviceNet, SDS и др. Количество узлов промышленных сетей, работающих на основе CAN, исчисляется десятками миллионов. Практически у каждого крупного производителя микроконтроллеров есть изделие с CAN-интерфейсом. Широкому распространению CAN способствуют его многочисленные достоинства, среди которых:

- Невысокая стоимость как самой сети, так и ее разработки.
- Высокая степень надежности и живучести сети, благодаря развитым механизмам обнаружения ошибок, повтору ошибочных сообщений, самоизоляции неисправных узлов, нечувствительности к электромагнитным помехам.



**Рис. 1.5. Структурная схема подключения HART-устройств
(многоточечный вариант)**

- Простота конфигурирования и масштабирования сети, отсутствие теоретических ограничений на количество узлов.
- Поддержка разнотипных физических сред передачи данных, от витой пары до оптоволокна и радиоканала.
- Эффективная реализация режима реального времени.

PROFIBUS

Задачи в области промышленной связи часто требуют разных решений. В одном случае необходим обмен сложными, длинными сообщениями со средней скоростью. В другом – требуется быстрый обмен короткими сообщениями с использованием упрощенного протокола обмена, например, с датчиками или исполнительными механизмами. В третьем случае необходима работа во взрыво- и пожароопасных условиях производства. PROFIBUS имеет эффективное решение для любого из этих случаев.

PROFIBUS – семейство промышленных сетей, обеспечивающее комплексное решение коммуникационных проблем предприятия [7, 8, 14]. Под этим общим названием понимается совокупность трех различных, но совместимых протоколов: PROFIBUS-FMS, PROFIBUS-DP и PROFIBUS-PA.

Протокол PROFIBUS-FMS появился первым и был предназначен для работы на так называемом цеховом уровне. Основное его назначение – передача больших объемов данных.

Протокол PROFIBUS-DP применяется для высокоскоростного обмена данными между программируемым логическим контроллером и распределенными устройствами связи с объектом. Физическая среда передачи – экранированная витая пара стандарта RS-485. Скорость обмена прямо зависит от длины сети и варьируется от 100 кбит/с на расстоянии 1200 м до 12 Мбит/с на дистанции до 100 м. Взаимодействие узлов в сети определяется моделью «Master-Slave» (ведущий-ведомый). Master последовательно опрашивает подключенные узлы и выдает управляющие команды в соответствии с заложенной в него технологической программой. Протокол обмена данными гарантирует определенное время цикла опроса в зависимости от скорости обмена и числа узлов сети, что позволяет применять PROFIBUS в системах реального времени.

PROFIBUS-PA – это сетевой интерфейс, физическая среда передачи данных которого соответствует стандарту IEC 61158-2, может применяться для построения сети, соединяющей исполнительные устройства, датчики и контроллеры, расположенные непосредственно во взрывоопасной зоне.

Ethernet

На уровне управления производством сети Ethernet уже давно завоевали себе прочное лидирующее место. Решения на базе Ethernet практически вытеснили все остальные из офисных распределенных приложений, и сегодня Ethernet является основным средством обмена в локальных сетях. В последнее время Ethernet стал активно проникать и в комплексы управления производственными процессами. Появился целый ряд аппаратных средств (коммутаторов и концентраторов), выполненных в соответствии с требованиями промышленных условий эксплуатации.

Использование Ethernet, как физической среды передачи данных, приводит к использованию хорошо адресуемых логических протоколов. Уже сейчас большинство устройств поддерживают протокол TCP/IP. Это позволяет легко интегрировать локальные системы управления технологическими процессами в сети любого масштаба, включая глобальную сеть Internet.

1.3.2. ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ КОНТРОЛЛЕРЫ, КОНТРОЛЛЕРЫ НА БАЗЕ PC

В архитектуре АСУ ТП контроллеры занимают место между уровнем датчиков и исполнительных механизмов и системами верхнего уровня управления процессом. Основная функция контроллеров в системе – сбор, обработка и передача на верхний уровень первичной информации, а также выработка управляющих воздействий, согласно с запрограммированными алгоритмами управления и передача этих воздействий на исполнительные механизмы.

Большинство современных контроллеров изготавливается по секционно-блочному принципу. Каждый логический модуль физически представляет собой отдельный блок, который устанавливается либо в монтажную корзину, либо на единую монтажную шину. Коммутация между модулями осуществляется через единый монтажный кросс.

Такой конструктив позволяет широко варьировать количество используемых модулей и оптимально подстраивать физическую архитектуру контроллера к решаемой задаче. Кроме того, такое построение удобно в обслуживании, модернизации и ремонте. При необходимости заменяются лишь отдельные модули без изменения архитектуры всей системы.

Основными функциональными элементами контроллеров являются:

- корпус;
- источник питания;
- процессорный модуль;

- модули ввода-вывода (модули УСО);
- модули связи и интерфейсов;
- специализированные модули.

Источник питания должен обеспечивать непрерывность и надежность работы всех узлов контроллера. Особое внимание уделяется наличию резервного источника питания (как правило, аккумуляторная батарея), который позволяет сохранять информацию при отключении внешнего электропитания.

Модуль процессора в зависимости от используемой элементной базы может быть 8-, 16- и 32-разрядным. Объем оперативной памяти существенно различается в различных моделях контроллеров: от десятков килобайт до десятков мегабайт. По логическому построению модуль процессора контроллера аналогичен системному блоку персонального компьютера, где вместо дисковых накопителей в контроллерах используются перепрограммируемые ПЗУ (ППЗУ) и flash-память. В некоторых моделях контроллеров flash-память отсутствует, в других – может достигать десятков, а иногда и сотен мегабайт. В модуле процессора встроены также часы реального времени (RTC).

Модули ввода-вывода предназначены для преобразования входных аналоговых и дискретных сигналов в цифровую форму и выдачи управляющего воздействия в виде аналогового или дискретного сигнала. Модули аналогового ввода рассчитаны на ввод унифицированных сигналов тока (0...5 мА, 0(4)...20 мА) и напряжения (0...10 В, ± 10 В). Имеются специализированные модули аналогового ввода, рассчитанные на непосредственное подключение различных датчиков (например, термопар, термосопротивлений). Модули аналогового вывода преобразуют цифровой сигнал в унифицированный сигнал тока или напряжения. Модули дискретного ввода-вывода чаще всего работают с низкоуровневыми дискретными сигналами (24 В постоянного тока). Некоторые модели контроллеров располагают модулями дискретного ввода высокоуровневых сигналов постоянного или переменного тока (до 250 В) и модулями дискретного вывода, организованных с использованием тиристоров, симисторов (до 250 В, 300...500 мА) и сильноточными реле (250 В, 2 А).

Модули связи и интерфейсов обеспечивают связь контроллеров с верхним уровнем, а также между собой. В практике построения АСУ ТП используются различные интерфейсы и протоколы передачи данных посредством сети: последовательные интерфейсы: RS-232, 422, 485, ИРПС; сетевые протоколы: Ethernet, Profibus, CAN, Modbus и др.

Все современные программируемые логические контроллеры (ПЛК) обладают развитыми программными средствами. Несмотря на существование международного стандарта на языки программирования

программируемых логических контроллеров ИЕС 61131-3 многие производители снабжают свои контроллеры технологическими языками собственного производства. Технологические языки программирования позволяют проводить опрос входов и инициализацию выходов, обрабатывать арифметические и логические инструкции, управлять таймерами-счетчиками, осуществлять связь с другими ПЛК и компьютером.

Ввод программы в память контроллера осуществляется с помощью специальных программаторов или через интерфейс компьютера. Почти каждый производитель вместе с контроллерами поставляет пакет программ для создания и отладки контроллерного ПО на компьютере. Поставляются также различные симуляторы и специализированные редакторы, в том числе графические. После отладки программ контроллеры могут сохранять их в энергонезависимых ПЗУ, из которых программа перегружается в ОЗУ после включения питания или инициализации контроллера.

Многие современные контроллеры комплектуются программируемыми терминалами для отображения выполняемого процесса, что позволяет организовать удобное место оператора, не используя персональные компьютеры.

РС-совместимые контроллеры

До последнего времени роль контроллеров в АСУ ТП в основном выполняли программируемые логические контроллеры – ПЛК (PLC – Programmable Logic Controller) зарубежного и отечественного производства [15]. Наиболее популярны в нашей стране ПЛК таких зарубежных производителей, как Allen-Braidly, Siemens, АВВ, Modicon, и такие отечественные модели, как «Ломиконт», «Ремиконт», «Микродат», «Эмикон». В связи с бурным ростом производства миниатюрных РС-совместимых компьютеров последние все чаще стали использовать в качестве контроллеров, причем эта тенденция напрямую связана с концепцией ОМАС (Open Modular Architecture Controls) – открытой модульной архитектуры контроллеров.

Такие РС-совместимые контроллеры получили название SofPLC. Это название свидетельствует о том, что большинство функций обычных PLC, которые решались на аппаратном уровне, в этих контроллерах могут решаться с помощью программного обеспечения.

Первое и главное преимущество РС-контроллеров связано с их открытостью, т.е. с возможностью применять в АСУ ТП самое современное оборудование, только-только появившееся на мировом рынке, причем оборудование для РС-контроллеров сейчас выпускают уже не десятки, а сотни производителей, что делает выбор достаточно широким. Это очень важно, если учесть, что модернизация АСУ ТП идет поэтапно и занимает длительное время, иногда несколько лет. Пользователь АСУ ТП

уже не находится во власти одного производителя (как в случае с PLC), который навязывает ему свою волю и заставляет применять только его технические решения, а сам может сделать выбор, применяя те подходы, которые в данный момент его больше всего устраивают. Он может теперь применять в своих системах продукцию разных фирм, следя только, чтобы она соответствовала определенным международным или региональным стандартам. Второе важное преимущество PC-контроллеров заключается в том, что в силу их «родственности» с компьютерами верхнего уровня не требуются дополнительные затраты на подготовку профессионалов, обеспечивающих их эксплуатацию. Эту работу могут с успехом выполнять (и это подтверждается на практике) специалисты, обеспечивающие эксплуатацию компьютеров верхнего уровня. Это позволяет сократить сроки внедрения систем управления и упрощает процедуры их эксплуатации, что в конечном счете приводит к общему снижению затрат на создание или модернизацию АСУ ТП.

Контроллер на базе персонального компьютера – PC-совместимый контроллер, кроме выполнения функций, характерных для PLC, обладает большими возможностями [16]. Так, например, на него можно возложить функции работы с сетями, интерфейса человек-машина, поддержку различных баз данных и более дружественного интерфейса пользователя. Таким образом, PC-контроллер можно считать PC-совместимой программируемой PLC-системой, которая выполняет строго определенную задачу, но с возможностью гибкого ее перепрограммирования.

PC-совместимые контроллеры условно можно разделить на локальные и распределенные (модули ввода-вывода располагаются вне корпуса контроллера).

Локальные PC-совместимые контроллеры состоят из процессорной платы со встроенными функциями работы с диском, клавиатурой и монитором, блока питания под различные входные напряжения и плат сбора данных, обеспечивающих ввод-вывод аналоговых и цифровых сигналов. По сути, это обычный компьютер в компактном исполнении, обеспечивающий все функции персонального компьютера с добавлением специфических возможностей, которые характерны для промышленного контроллера. Среди них:

- наличие сторожевого таймера для перезапуска системы при сбое, с программируемым интервалом перезапуска;
- возможность работы с флэш-памятью (в настоящее время наблюдается тенденция к снижению стоимости Flash-дисков);
- расширенные функции работы с шиной ISA для увеличения нагрузочной способности шины, что позволяет устанавливать в контрол-

лере до 20 плат расширения (их количество будет ограничено адресным пространством компьютера);

- высокая интеграция элементов и соответственно малый размер плат (например, плата Wafer фирмы ICP размером с 3,5-дюймовый флоппи-диск имеет все необходимые функции для работы с диском, монитором и сетью);

- наличие дополнительной памяти размером в 1 кбит для хранения критических данных, что позволяет исключить несанкционированную замену программного обеспечения или самой процессорной платы;

- дополнительная шина PC/104 для различных плат расширения с низким энергопотреблением;

- возможность работы только от одного напряжения, некоторые платы могут работать только от напряжения +5 В. В основном это платы с процессором Intel 386 и 486.

В соответствии с требованиями задачи можно выбирать и тип шины, на которой будет построен контроллер. Это шины ISA (16-разрядная, 8 МГц), PC/104 (8- и 16-разрядная), PCI (32-разрядная) или CompactPCI. В последнее время интенсивно расширяется область использования PC-контроллеров, построенных на основе шины VME. Каждый из этих вариантов обеспечен соответствующим набором плат сбора данных.

Шина ISA широко распространена в задачах автоматизации, поскольку надежна в применении и проста в использовании. Имеется широкий выбор плат сбора данных. Система, построенная на этой шине, в большинстве случаев удовлетворяет требованиям к задачам, решаемым в промышленности, поскольку такие задачи не требуют больших скоростей обработки данных. В контроллерах этой серии применяются процессоры от Intel 386 до Intel Pentium.

Шина EISA, PCI. При решении задач, связанных с обработкой высокочастотных сигналов, как в лабораторных, так и в промышленных условиях правильнее остановить свой выбор на платах сбора данных в стандарте PCI. Современные пассивные шины с установленными активными мостами PCI-PCI позволяют устанавливать до 17 PCI-плат расширения в компьютер. В совокупности с процессорными платами на базе Pentium, Pentium II/III такой контроллер сможет вводить и обрабатывать сигналы частотой более 100 кГц, например, производить анализ спектра высокочастотных сигналов в реальном времени. Такая платформа наиболее подходит для создания промышленных серверов различного уровня и научных компьютерных стендов. Благодаря удачному техническому решению, в настоящее время получила распространение гибридная шина ISA и PCI – PCISA. Она позволяет использовать в поло-

винном размере материнские платы с высокопроизводительными процессорами. Таким образом, можно без проблем модернизировать уже существующие системы с шиной ISA, получая возможность использовать в том же конструктиве новейшие процессорные и периферийные платы с шинами ISA и PCI.

Шина PC/104 является аналогом 16-битной шины ISA. Платы в этом стандарте имеют малое потребление и, соответственно, низкую нагрузочную способность по шине, поэтому их количество в контроллере ограничено 4 – 5 платами. Надежный штыревой разъем, позволяющий соединять платы в этажерку и крепить их по углам, делает конструкцию контроллера жесткой и надежной. Такой контроллер не требует дополнительного охлаждения. Хотя в этом стандарте существуют и платы с более высокопроизводительными процессорами, наибольшее распространение получили платы на процессоре 386 и 486. Шину PC/104 используют при необходимости установки контроллера в малый объем, не позволяющий применять активную вентиляцию плат, например, когда необходимо встроить компьютерную систему внутрь различной аппаратуры.

Если необходимы высокие скорости обработки данных в тяжелых производственных условиях, лучше применять контроллеры на *шине CompactPCI* (это аналог шины PCI). Такой контроллер можно установить в промышленную 19-дюймовую стойку, причем конструкция корпуса позволяет иметь доступ к управляющим платам как с передней, так и с задней панели компьютера, что значительно облегчает обслуживание и ускоряет замену плат. Сама шина в отличие от ножевой PCI-шины, выполнена в более надежном штыревом исполнении. Более жесткое крепление плат в корпусе, хорошая вентиляция, а также исполнение корпуса в настольном, настенном или стойечном вариантах позволяют использовать их в задачах измерения и тестирования, промышленной автоматизации, телекоммуникации и компьютерной телефонии.

В последнее время часто используется распределенная архитектура контроллерного уровня АСУ ТП. В больших, пространственно разнесенных установках возрастают затраты на кабельные соединения и чувствительность к помехам. Поэтому контроллеры, обладающие небольшим количеством входов-выходов, располагают в непосредственной близости от конкретных датчиков и исполнительных механизмов, при этом каждый контроллер управляет своим участком процесса. Контроллеры связываются между собой и координирующим мастер-контроллером или компьютером промышленной сетью. При реализации распределенных АСУ ТП широко используются также интеллектуальные модули ввода-вывода (модули УСО), которые устанавливаются в непосредственной близости к датчикам и исполнительным механизмам.

Связь удаленных модулей УСО с управляющим контроллером также осуществляется посредством промышленной сети.

Гибкость логической и физической архитектуры управляющих контроллеров позволяет организовать гибкую схему управления процессом. Управляющие контроллеры могут нести основную нагрузку по управлению процессом, выдавая на верхний уровень только «справочную» информацию, а могут быть лишь передаточным звеном между компьютером и конкретными элементами управления технологическим процессом. Современные управляющие контроллеры способны взять на себя управление каким угодно по величине процессом, с любой необходимой скоростью и точностью.

1.3.3. КОММУТАТОРЫ, КОНЦЕНТРАТОРЫ, ИНТЕГРАТОРЫ

В современных экономических условиях вследствие финансовых трудностей большинство предприятий не может провести комплексную автоматизацию всего производства или его модернизацию. Приходится выбирать наиболее слабое место в производстве и модернизировать именно его, при этом обеспечивая совместимость с существующими работающими подсистемами АСУ.

На этом этапе приходится решать следующие задачи [17, 18]:

- согласование физических интерфейсов и протоколов различных промышленных сетей (Profibus, CANbus, Modbus, LonWork и др.) и локальных сетей с их базовыми протоколами (TCP/IP, IPX/SPX, NetBios и т.д);
- поддержка работы модемов и радиомодемов для обеспечения взаимодействия с удаленными контроллерами и подсистемами;
- синхронизация взаимодействия различных подсистем, обеспечение единого времени и адресации параметров системы (при необходимости формирования базы данных системы);
- обеспечение взаимодействия со SCADA-системами, СУБД и человеко-машинными интерфейсами верхнего уровня.

Эти задачи решаются с использованием различного рода коммутаторов, концентраторов и интеграторов [18]. Их аппаратное и программное оснащение в зависимости от выполняемых функций может варьироваться в широком диапазоне от недорогого контроллера, выполняющего роль шлюза для нескольких промышленных сетей, до крупного сервера с широким набором функций, объединяющего большое количество неоднородных подсистем.

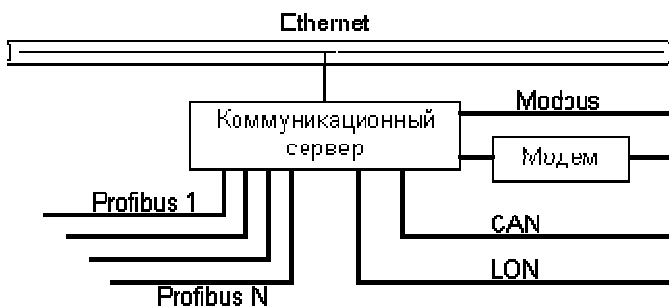


Рис. 1.6. Коммуникационный сервер

Коммуникационный сервер (сервер-шлюз, коммутатор). Основные функции серверов этого типа – поддержка различных промышленных и локальных сетей и обеспечение транспорта данных из одной сети в другую (рис. 1.6). Как правило, они используются в тех случаях, когда имеются подсистемы с различными промышленными сетями, где нет необходимости вести дополнительную обработку данных, а достаточно только организовать взаимодействие подсистем с помощью прозрачной передачи данных из одной подсистемы в другую.

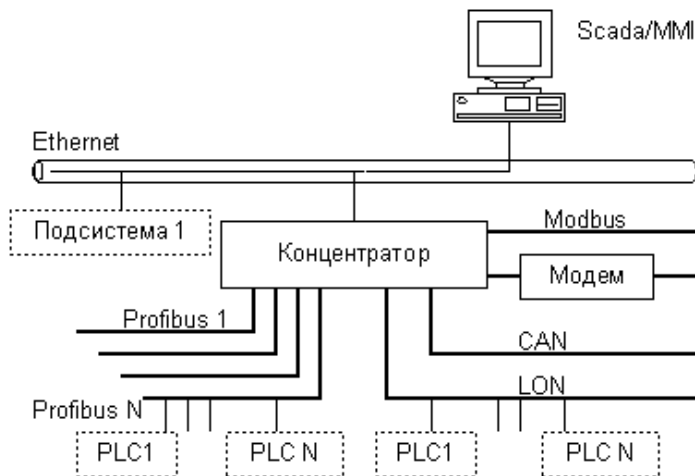


Рис. 1.7. Концентратор

Концентратор (сервер данных) включает в себя функции коммуникационного сервера, выполняя при этом такие дополнительные функции, как сбор и первичная обработка данных от группы контроллеров нижнего уровня, а также обеспечивает информационный канал к системам верхнего уровня (архивирование и визуализация данных) (рис. 1.7).

Интеграционный сервер обеспечивает интеграцию различных подсистем в единую АСУ ТП. Это полнофункциональные серверы, наиболее мощные среди всех типов серверов по аппаратному и программному оснащению. Они включают в себя функции коммуникационного сервера и концентратора. Кроме того выполняют широкий набор специальных функций по обработке данных, реализуют комплексные алгоритмы управления, обеспечивают синхронизацию работы подсистем и поддержку единого времени в системе и пр. (рис. 1.8).

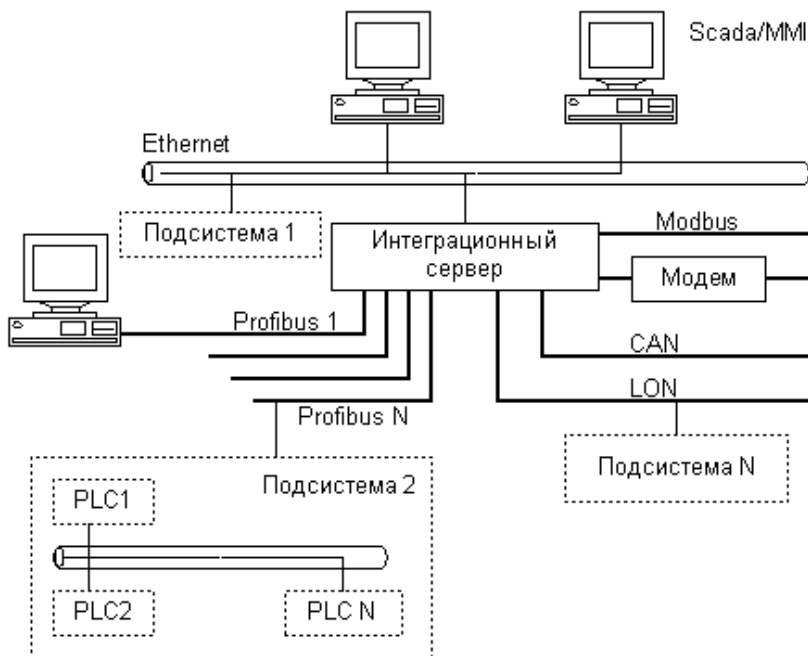


Рис. 1.8. Интеграционный сервер

1.3.4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПТК

Программное обеспечение ПТК разделяется на системное и прикладное.

Системное программное обеспечение составляют операционные системы реального времени (ОС РВ) контроллеров и рабочих станций (пультов оператора). В отличие от обычных (офисных) операционных систем операционные системы реального времени обеспечивают гарантированное время доступа к компьютерным ресурсам и реакции системы на незапланированные внешние события и способны поддерживать быстротекущие технологические процессы (порядка милли- и микросекунд). Наиболее широко распространенные ОС РВ – OS9/OS9000, QNX, VxWorks, LinxOS, VRTX, pDOS, pSOS+, RTOS-32. В последнее время расширяется область применения в качестве систем реального времени операционных систем Windows NT с промышленной надстройкой, Windows CE.

Прикладное программное обеспечение (ППО) подразделяется на [6]:

- ППО контроллеров: непроцедурные технологические языки, позволяющие легко реализовывать логические операции; конфигуратор и библиотека программных модулей (модули математических функций, первичной обработки информации, регулирования). Особенности ППО контроллеров являются: простота использования технологических языков; наличие в библиотеке модулей современных совершенных алгоритмов (алгоритмы самонастройки регуляторов, адаптивного управления, нечеткого регулятора и др.). Некоторые контроллеры могут исполнять программы, написанные на языках высокого уровня (C, Pascal, VB).

- ППО пультов операторов.
- Включаемые в ПТК по желанию заказчика пакеты прикладных программ как общего назначения (статистическая обработка информации, экспертная система поддержки принятия управленческих решений и т.п.), так и объектного (рациональное, а иногда оптимальное управление типовыми процессами).

Разработка прикладного программного обеспечения пультов оператора может осуществляться двумя путями: с использованием традиционных языков программирования (C++, Pascal и др.) или с использованием существующих готовых инструментальных проблемно-ориентированных средств.

Процесс создания ППО с нуля с использованием традиционных языков программирования для сложных распределенных систем управления является недопустимо длительным, требующим огромных затрат труда высококвалифицированных программистов. Такой подход с непо-

средственным программированием относительно привлекателен лишь для простых систем или небольших фрагментов большой системы, для которых нет стандартных решений (например, отсутствует подходящий драйвер).

В настоящее время большое распространение при создании программно-технических комплексов получили пакеты программ визуализации измерительной информации на дисплейных пультах операторов, называемых конфигураторами пультов оператора, или SCADA-программами. SCADA – это аббревиатура термина Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных. В последнее время эти системы имеют более точное название: MMI/SCADA, где MMI (Man Machine Interface) определяет наличие человеко-машинного интерфейса. Эти пакеты позволяют создавать полное высококачественное программное обеспечение пультов оператора, реализуемых на различных разновидностях персональных компьютеров и рабочих станций компьютерных сетей [19 – 22]. До середины 80-х годов фирмы, выпускающие микропроцессорные системы управления, разрабатывали свои собственные, закрытые SCADA-программы, предназначенные только для среды данной системы. Со второй половины 80-х годов ряд зарубежных фирм, а с 90-х годов и многие отечественные фирмы стали разрабатывать универсальные и открытые SCADA-программы, имеющие совокупность интерфейсов, протоколов, драйверов, которые можно использовать для широкого класса разнообразных микропроцессорных систем.

На российском рынке получили распространение несколько десятков SCADA-программ, среди которых SIMATIC WinCC (Siemens, Германия), InTouch (Wonderware, США), CitectSCADA (Schneider Electric), Genesis (Iconics, США), iFIX (Intellution, США), Trace Mode (AdAstra, Россия), КРУГ-2000, DataRate (НПФ «КРУГ», Россия), MasterScada (InSAT, Россия).

Основные функции SCADA-программ в части разработки дисплейного пульта (инструментальный комплекс SCADA) и в части работы пульта в реальном масштабе времени (исполнительный комплекс SCADA) следующие [19, 23]:

- сбор текущей информации от контроллеров или других приборов и устройств, связанных непосредственно или через сеть с пультом оператора (в том числе на основе стандартных протоколов DDE, OPC);
- первичная (вычислительная и логическая) обработка измерительной информации;
- архивирование и хранение текущей информации и ее дальнейшая необходимая обработка;

- представление текущей и исторической информации на дисплее (реализация динамизированных мнемосхем, гистограмм, анимационных изображений, таблиц, графиков, трендов);
- выделение аварийных и предаварийных ситуаций с автоматической генерацией сигналов тревоги;
- ввод и передача команд и сообщений оператора в контроллеры и другие устройства системы;
- регистрация всех действий оператора (ручной запуск процесса, аварийный останов, изменение настроечных параметров системы и т.д.);
- регистрация всех ошибок и событий внутри системы управления (аппаратные тревоги, ошибки работы сети и т.д.);
- защита от несанкционированного доступа и предоставление различных прав пользователям во время работы с системой;
- печать отчетов и протоколов произвольной формы в заданные моменты времени, представление и запись аварийных ситуаций в моменты их возникновения;
- решение прикладных программ пользователя и их взаимосвязь с текущей измеряемой информацией и управленческими решениями;
- информационные связи с серверами и другими рабочими станциями через разные сетевые структуры.

Использование SCADA-систем позволяет существенно повысить эффективность производственного процесса за счет:

- более точного соблюдения технологических нормативов и регламента, и как следствие, уменьшения процента брака и стабилизации качества продукции;
- минимизации рутинных действий диспетчера или оператора, концентрации его внимания на выработке точных и эффективных решений по управлению процессом;
- устранения или минимизации ошибок, допускаемых операторами за счет дополнительного программного контроля правильности формирования команд дистанционного управления;
- автоматического выявления аварийных и предаварийных ситуаций, гарантированного оповещения о них;
- снижения простоев оборудования, вызванных неравномерной нагрузкой производственных мощностей;
- своевременной генерацией отчетов и предоставления полной необходимой информации руководящему персоналу;
- анализа факторов, влияющих на качество готовой продукции.

На современных производственных предприятиях, наряду с увеличением степени автоматизации технологических процессов, увеличивается количество электронных систем обработки данных верхнего уровня иерархии [24].

В системах управления технологическими процессами сегодня широко применяются многочисленные программные решения (например, SCADA) самых разных производителей, причем работа этих программных систем базируется на постоянном обмене данными с компонентами системы автоматизации (контроллерами, модулями УСО и т.д.). Возможность такого взаимодействия обеспечивается производителями этих программных решений путем самостоятельной разработки ими драйверов, которые интегрируются в вышеназванные программные пакеты. Такой подход, как правило, ведет к следующим проблемам:

- Увеличение затрат: должны разрабатываться отдельные драйверы для каждого поддерживаемого устройства.
- Ограниченная функциональность драйверов: разработчиком драйверов поддерживаются не все функции соответствующего устройства.
- Ограниченные возможности расширения и изменения состава компонент системы автоматизации: вследствие модернизации аппаратной платформы драйвер либо вообще не может больше использоваться, либо может работать нестабильно.
- Конфликты доступа: различные программы не могут одновременно осуществлять доступ к одним и тем же компонентам системы автоматизации, т.к. обращение к данным осуществляется через собственные драйверы, работа одного из которых в каждый момент времени блокирует возможность работы всех остальных.

Решить эти проблемы могут производители аппаратных компонентов, разработав собственные драйверы, снабдив их специальными стандартизованными интерфейсами, чтобы программы различных производителей программного обеспечения могли их без проблем использовать.

Большое количество программ в области промышленной обработки данных реализуются в настоящее время на базе персональных компьютеров под управлением операционных систем семейства Windows (Windows 95/98/NT/2000/XP) фирмы Microsoft. Для решения коммуникационных проблем фирмой Microsoft была предложена технология OPC, ставшая в настоящее время промышленным стандартом.

OPC (OLE for Process Control) – это стандарт взаимодействия между программными компонентами системы сбора данных и управления (SCADA), основанный на объектной модели COM/DCOM [25]. Технология OPC предназначена для обеспечения:

- универсального механизма обмена данными между датчиками, исполнительными механизмами, контроллерами, устройствами связи с объектом и системами представления технологической информации;
- оперативного диспетчерского управления;
- архивации данных системами управления базами данных.

Через интерфейсы OPC одни приложения могут читать или записывать данные в другие приложения, обмениваться событиями, оповещать друг друга о нештатных ситуациях (тревогах), осуществлять доступ к данным, зарегистрированным в архивах («исторические» данные). Эти приложения могут располагаться как на одном компьютере, так и быть распределенными по сети. При этом независимо от фирмы-поставщика стандарт OPC, признанный и поддерживаемый всеми ведущими фирмами-производителями SCADA-систем и оборудования, обеспечит их совместное функционирование. Особый класс OPC-приложений представляют собой OPC-серверы конкретных аппаратных устройств – они поставляются многими производителями аппаратных средств. OPC-сервер создает своего рода абстракцию аппаратуры, позволяя любому OPC-клиенту записывать и считывать данные с устройства. Устройство, для которого есть OPC-сервер, может использоваться вместе с любой современной SCADA-системой.

Теперь разработчиков программного обеспечения отпадает необходимость написания новых драйверов, если вследствие модернизации некоторой аппаратной компоненты изменяется набор функций доступа к ее данным. Заказчики получают большую свободу выбора при конфигурировании и подборе аппаратных средств решения их задач автоматизации.

1.4. Методы повышения надежности ПТК

Основные характеристики надежности для ПТК не могут достаточно точно определяться такой характеристикой, как «число часов наработки на отказ». Ввиду высокой надежности современных вычислительных элементов и плат, сквозного контроля блоков и конструктивов в процессе их изготовления отказы в работе компонентов ПТК весьма редки, и набрать статистический материал для расчета числа часов наработки на отказ производители обычно не могут. Поэтому характеристики надежности обычно оценивают косвенными показателями и возможностями ПТК [6]:

- глубиной и полнотой диагностических тестов определения неисправностей в отдельных компонентах ПТК;
- возможностями, вариантами и полнотой резервирования отдельных компонентов ПТК: сетей, контроллеров, блоков ввода-вывода, пультов оператора, серверов;
- наличием встроенных в систему блоков бесперебойного питания (UPS) и временем их работы при прекращении питания от сети, а также возможностью и длительностью перерыва питания (при отсутствии UPS) без нарушения функций управления.

Использование резервирования и его полнота напрямую связаны со стоимостью системы. Поэтому в разрабатываемой системе автоматизации важно правильно оценить необходимость и желательный вид резервирования разных частей ПТК.

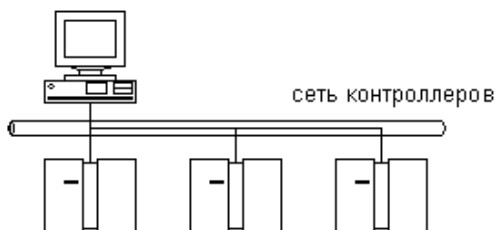


Рис. 1.9. Локальная АСУ ТП

Локальная АСУ ТП (рис. 1.9) и распределенная система (рис. 1.10) имеют общую особенность: обе системы автоматизации полностью выйдут из строя, если всего в одном компоненте системы (компьютере, соединенном с контроллерами или сети контроллеров) возникнет неисправность.



Рис. 1.10. Распределенная АСУ ТП

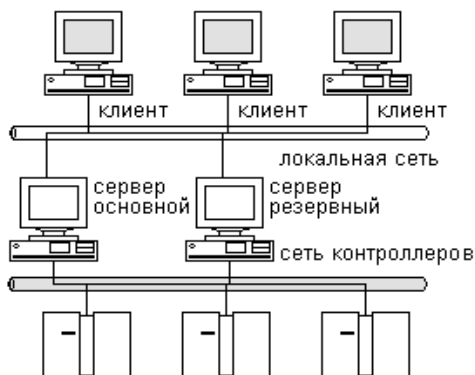
Если какие-либо компоненты производственного процесса (или весь процесс) являются критически важными или стоимость остановки производства очень высока, возникает необходимость построения резервируемых систем. В системах с резервированием выход из строя одного компонента не влечет за собой остановку всей системы [26]. Реализацию резервирования большинства компонентов системы поддерживает, например, программное обеспечение для управления производственными процессами (SCADA-система).

Распределение процессов управления и контроля по нескольким компьютерам, объединенным в локальную сеть, и использование архитектуры «Клиент-Сервер» позволяют повысить эффективность и скорость работы всей системы, упростить создание резервируемых систем. В простой системе компьютер, соединенный с промышленным оборудованием, становится сервером, предназначенным для взаимодействия с контроллерами, в то время как компьютеры локальной сети – клиентами (рис. 1.11).

Рис. 1.11. Клиент-серверная архитектура простой системы



Рис. 1.12. Система с дублированным сервером



Когда компьютеру-клиенту требуются данные для отображения, он запрашивает их у сервера и затем обрабатывает локально.

Дублирование Сервера ввода-вывода. Для обеспечения резервирования в систему может быть добавлен второй (резервный) сервер, также предназначенный для взаимодействия с промышленным оборудованием (рис. 1.12).

Если основной сервер выходит из строя, запросы клиентов направляются к резервному серверу. Резервный сервер не должен при этом полностью дублировать работу основного, поскольку в этом случае оба сервера взаимодействуют с контроллерами, удваивая нагрузку на промышленную сеть, сокращая, таким образом, общую производительность. Обычно в клиент-серверной архитектуре с контроллерами взаимодействует только основной сервер. Одновременно он обменивается данными с резервным сервером, постоянно обновляя его статус. Если обмен данными с основным сервером прекращается, резервный сервер полагает, что основной вышел из строя и берет его функции на себя.

Резервирование на уровне задач. Многие современные SCADA-программы позволяют организовать резервирование системы на уровне задач, например, ввода-вывода с поддержкой баз данных реального времени (БД РВ), обслуживания тревог (алармов), архивирования данных, организации отчетов, обработки графической информации и др.

Каждая из этих задач поддерживает свою базу данных независимо от других задач, так что можно дублировать каждую задачу в отдельности (рис. 1.13).

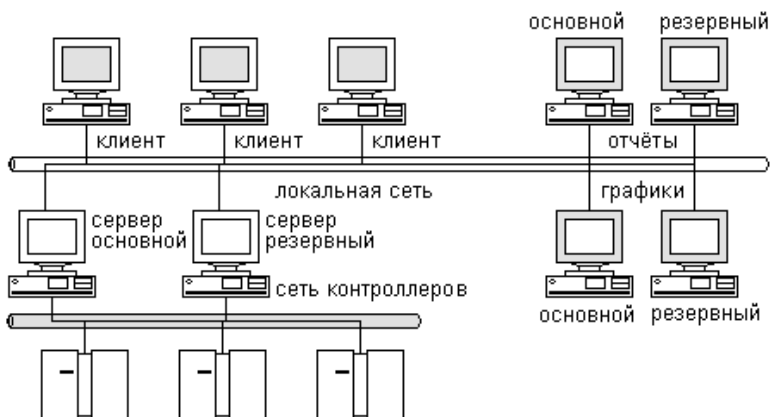


Рис. 1.13. Резервирование задач отображения графиков и вывода отчетов

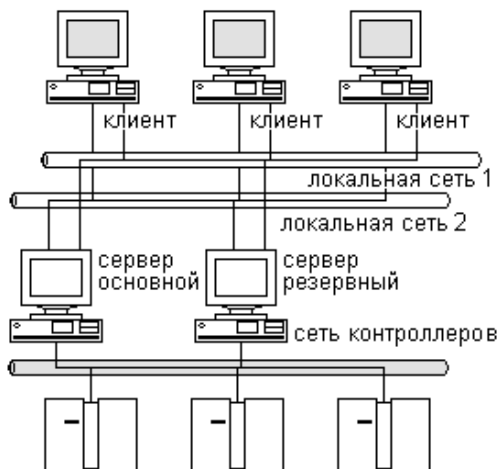


Рис. 1.14. Резервирование сети

Если основной сервер некоторой задачи, например, сервер тревог, выходит из строя, все клиенты получают данные с соответствующего резервного сервера.

Резервирование сети. Резервирование серверов и рабочих станций существенно повышает надежность системы. Однако, если выходит из строя сеть, нарушается и управление на всех клиентских компьютерах. Использование дополнительной резервной (рис. 1.14) сети обеспечивает стабильность работы системы в случае выхода из строя основной сети.

Резервирование связи с контроллером. В большинстве контроллеров можно организовать дополнительную связь между сервером ввода-вывода и устройством (рис. 1.15).

Наличие дополнительного канала связи гарантирует сохранение обмена данными при выходе из строя основного канала. Если обмен данными нарушается (например, произошел обрыв кабеля), SCADA-система производит переключение на резервный канал. Обратный переход на основной канал обычно происходит после восстановления физического соединения.

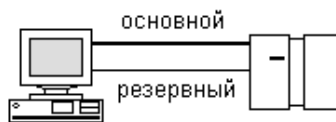


Рис. 1.15. Резервирование канала связи с контроллером

Резервирование контроллеров обычно осуществляется двумя путями:

- Аппаратное резервирование: при этом резервироваться могут как отдельные узлы контроллера, так и весь контроллер в целом; основные и резервные узлы контроллера, как правило, расположены в одном корпусе и связь между ними осуществляется по внутриконтроллерной шине.

- Резервирование с использованием сети контроллеров: при этом способе резервируются контроллеры в целом, и их взаимодействие осуществляется посредством сетевой связи.

При управлении потенциально опасными производствами, где требуется повышенная надежность управляющих контроллеров, применяются различные способы резервирования:

1. Горячее резервирование отдельных компонентов и/или контроллера в целом (при непрохождении теста в рабочем контроллере управление переходит ко второму контроллеру).

2. Использование схемы троирования с «голосованием» результатов обработки сигналов всеми контроллерами группы. При этом за выходной сигнал принимается тот, который выдали большинство контроллеров группы, а контроллер, давший иной результат, объявляется неисправным.

3. Использование схемы, построенной на принципе «пара и резерв». Здесь параллельно работает пара контроллеров с «голосованием» результатов, и аналогичная пара находится в горячем резерве. При обнаружении отличий результатов работы первой пары контроллеров управление переходит ко второй паре. После проведения тестирования первой пары, в случае кратковременного случайного сбоя управление возвращается к первой паре. В противном случае, если диагностируется неисправность, управление остается у второй пары контроллеров.

1.5. Программно-технический комплекс «КРУГ-2000»

ПТК «КРУГ-2000» (www.krug-2000.ru) предназначен для создания:

- автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП);

- систем противоаварийных защит (ПАЗ);
- автоматизированных измерительных систем;
- тренажеров для обучения технологов-операторов;
- автоматизированных систем оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ).

На базе программно-технического комплекса могут быть созданы автоматизированные системы для непрерывных и периодических технологических процессов, сосредоточенных и распределенных объектов управления.

Комплекс охватывает следующие уровни управления:

- управление агрегатом;
- управление технологической установкой, группой агрегатов;
- управление группой технологических установок, цехом, производством;
- оперативно-диспетчерское управление производством.

Информационная мощность ПТК «КРУГ-2000» – до 60 000 входных/выходных переменных и более.

ПТК «КРУГ-2000» имеет соответствующий сертификат Госстандарта РФ, разрешения Госгортехнадзора РФ на применение ПТК для взрывоопасных производств, разрешение РАО «ЕЭС» на применение ПТК для энергетики.

Основные особенности ПТК

Основные особенности ПТК «КРУГ-2000» состоят в следующем:

- ПТК сертифицирован Госстандартом РФ как средство измерения.
- Имеются апробированные технические решения для автоматизации пожаро- и взрывоопасных производств.
- Обеспечена высокая надежность благодаря применению элементной базы ведущих зарубежных фирм, глубокого тестирования и жесткого технологического прогона (при использовании контроллеров TREI-5B).
- Полное удовлетворение стандартам России, МЭК (IEC) и других действующих нормативных документов.
- Открытость системы при наращивании и внесении изменений.
- Ориентация на особо опасные отрасли промышленности.
- Поддержка 100%-ного «горячего» резервирования станций оператора, контроллеров, вычислительных сетей, входных и выходных цепей.
- Поддержка международных стандартов сетевых протоколов.
- Наличие специализированных сертифицированных версий: ПТК «КРУГ-2000/Т» (коммерческий учет тепла и теплоресурсов), «КРУГ-2000/Г» (коммерческий учет газов) и др.
- Ремонтопригодность и эффективное сопровождение на объектах России.
- Мощные инструментальные средства и САПР.

Описание ПТК

Состав подсистем ПТК. АСУ ТП на базе ПТК «КРУГ-2000» строится как многоуровневая интегрированная человеко-машинная система, работающая в темпе технологического процесса (реальном масштабе времени), и включает в себя комплекс программно-технических средств и оперативный технологический и обслуживающий персонал.

В функциональной структуре ПТК с точки зрения пользователей выделяются следующие функциональные подсистемы:

- сбора и первичной обработки информации;
- автоматического регулирования;
- противоаварийных защит ПАЗ (блокировок и защит);
- дистанционного и логического управления;
- представления информации оперативному персоналу;
- архивирования, осуществляющая хранение данных за длительный период времени;
- передачи данных в смежную и вышестоящие системы управления;
- инструментальная подсистема (для сопровождения системы, настройки прикладных программ, информационной базы, программирования).

Каждая из вышеперечисленных подсистем может быть реализована в виде отдельных программно-технических средств или может быть осуществлено их объединение. Например, станция оператора может объединять в себе функции подсистем представления информации и передачи данных в систему верхнего уровня.

Уровни иерархии ПТК. Система управления на базе ПТК может состоять, в общем случае, из следующих иерархических уровней.

В 1-й (нижний) уровень входят датчики измеряемых параметров, запорная и регулирующая арматура совместно с электрическими, пневматическими и гидравлическими исполнительными механизмами и устройствами.

Во 2-й уровень системы входят микропроцессорные устройства (контроллеры) для автоматического сбора и первичной обработки измеряемых параметров, выполнения функций автоматического регулирования, противоаварийных защит, дистанционного управления.

В 3-й уровень (условно «операторский») системы входят средства для вычислительной обработки информации, ее регистрации, архивирования, отображения, документирования и диалога с системой; клавиатуры, ключи (кнопки) для воздействия оператором-технологом на регуляторы и исполнительные органы.

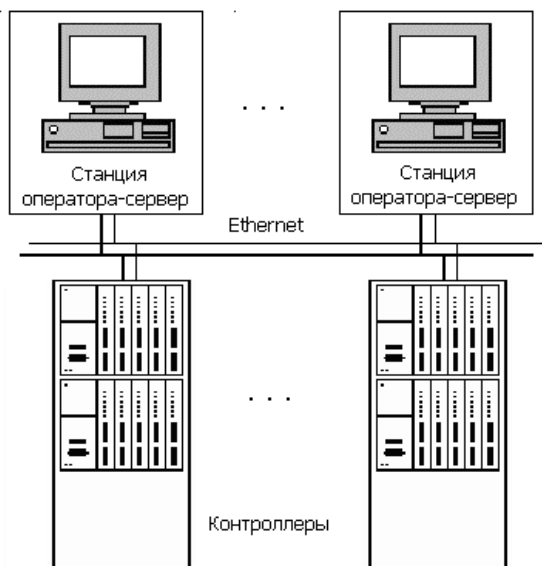


Рис. 1.16. Простая локальная АСУ ТП

В 4-й уровень (условно «диспетчерский») входят автоматизированные рабочие места (АРМ) оперативно-диспетчерского и управленческого персонала.

На базе ПТК создаются системы различной структуры и степени сложности – от простой локальной АСУ ТП до сложной иерархически распределенной системы управления многими объектами, интегрированной в сеть предприятия.

Наиболее часто встречающиеся на практике варианты систем управления имеют следующую архитектуру:

- один сегмент локальной сети; минимальный состав – контроллеры и станция оператора (рис. 1.16, 1.17);
- набор сегментов локальных сетей, объединенных на базе технологии коммутируемых сетей (10/100 Switch Ethernet). Каждый сегмент охватывает относительно независимую группу технологического оборудования (локальную АСУ ТП) (рис. 1.18);
- распределенная многоуровневая система управления, использующая клиент-серверную архитектуру и резервирование выделенных серверов (рис. 1.19).

Способы и средства связи для информационного обмена между компонентами ПТК:

- локальная вычислительная сеть (ЛВС) на базе 10-Мбитной технологии Ethernet (обмен между контроллерами, станциями оператора, архивной, инженерной и другими станциями);

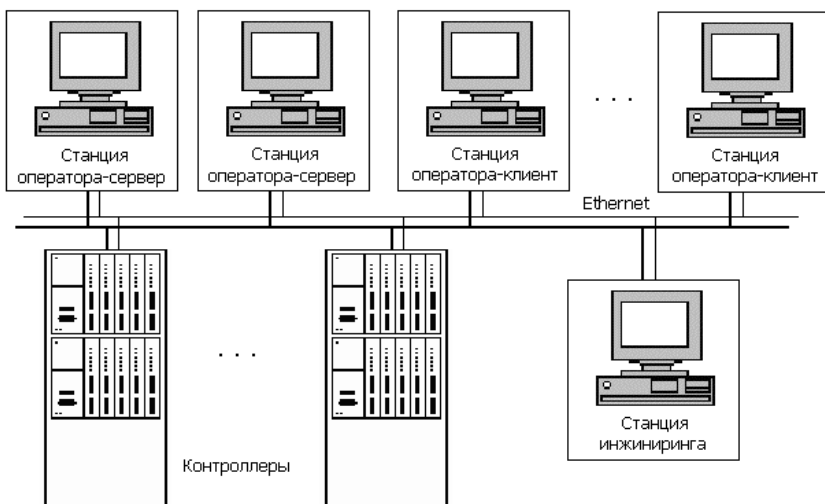


Рис. 1.17. АСУ ТП с использованием архитектуры клиент-сервер

- ЛВС на базе 100-Мбитной технологии Ethernet (обмен между всеми станциями, кроме контроллеров);
- выделенные физические линии (RS 232, RS 485, ИРПС, модемы);
- коммутируемые телефонные линии (модемы);
- радиоканал (радиомодемы).

В качестве базового протокола сетевого и межсетевого взаимодействия используется, как правило, протокол TCP/IP (UDP/IP).

При этом реализована программная «настройка» протокола, обеспечивающая его адаптацию к специальным требованиям, предъявляемым системами реального времени при обмене данными.

В случае использования сети на базе интерфейса RS-485 применяются как стандартный протокол MODBUS (MODBUS RTU), так и фирменные протоколы.

Для сетей на базе Ethernet предусмотрена возможность 100%-ного «холодного», «теплого» или «горячего» резервирования.

Совокупность способов и средств связи обеспечивает как горизонтальный, так и вертикальный обмен информацией между отдельными компонентами ПТК.

Горизонтальный обмен обеспечивает передачу информации между компонентами одного уровня, а вертикальный обмен – между компонентами разных уровней.

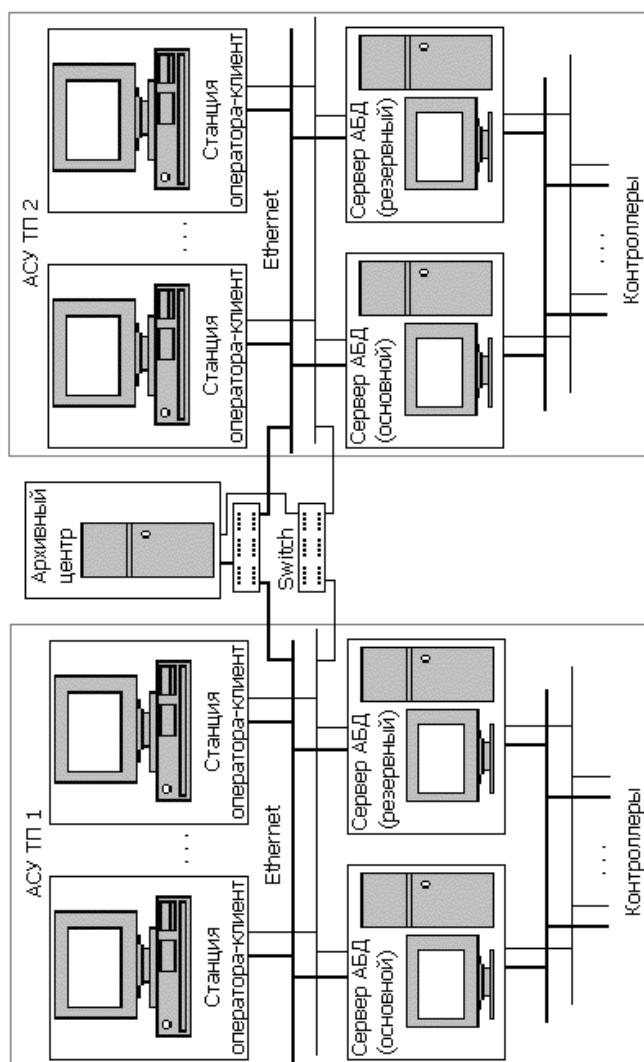


Рис. 1.18. АСУ ТП с использованием модуля «Архивный центр»

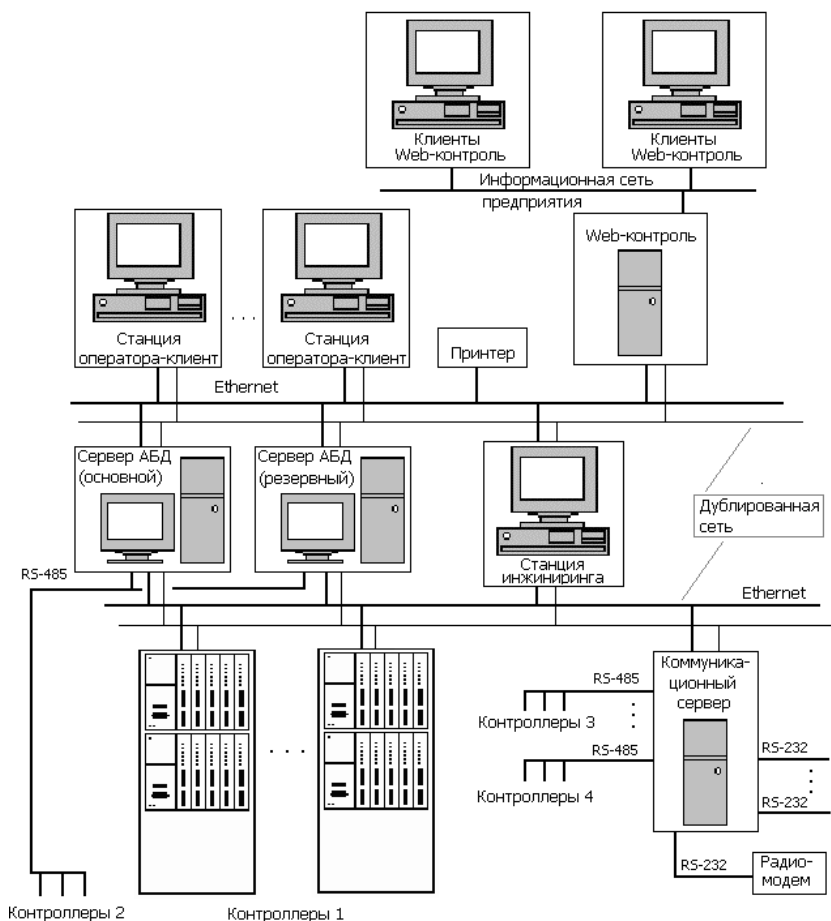


Рис. 1.19. Распределенная АСУ ТП с использованием архитектуры клиент-сервер и резервированием выделенных серверов

При вертикальном обмене информация от контроллеров через заданные интервалы времени направляется станциям оператора, архивной, инженерной, серверу оперативной базы данных. Кроме того, контроллеры передают этим станциям событийную информацию (с меткой времени), связанную с выходом за уставки аналоговых сигналов, изменением состояния дискретных сигналов, появлением или исчезновением ошибок. Такой вид обмена используется в целях регистрации событий (в частности, аварийных).

Связь со смежной или вышестоящей системой может осуществляться через выделенный файл-сервер или на базе технологии коммути-

руемых сетей (10/100 Switch Ethernet), или, например, по модему (коммутируемая или выделенная телефонная или физическая линия), радиомодему.

Диагностика. Программные и технические средства системы обеспечивают глубокую степень диагностики и самодиагностики компонентов технических средств. Информация о работе этих средств формируется с помощью:

- индикаторов, встроенных в технические средства;
- сообщений, передаваемых в инженерную и операторскую станции по локальной сети инженерной станции.

С помощью средств самодиагностики фиксируются, как минимум, следующие ситуации:

- отказ источников питания;
- отказ контроллера;
- отказ рабочей станции;
- обрыв цепи аналогового датчика с сигналом 4 – 20 мА;
- обрыв цепи дискретного датчика с сигналом 5 – 48 В;
- несоответствие текущего состояния дискретных выходов для релейных модулей состоянию, задаваемому пользовательской программой;
- отклонение сигналов за установленные диапазоны.

Все средства самодиагностики определяют конкретный адрес неисправного модуля.

Диагностические сообщения поступают в инженерную станцию, операторскую станцию и квитируются оперативным персоналом.

В подсистеме автоматического сбора и обработки информации формируются диагностические данные о состоянии:

- исполнительных устройств;
- датчиков аналоговых и дискретных сигналов;
- линий связи.

В контроллерах, обеспечивающих автоматический сбор и первичную обработку информации, формируется диагностическая информация об отказах и нарушениях в работе отдельных модулей.

В системе формируются также следующие диагностические сообщения:

- отказ (восстановление) связи контроллеров со станциями оператора;
- нарушение работоспособности принтеров;
- останов (или включение в работу) станции оператора, станции архивирования и др.;
- отказы в системе электропитания ПТК;
- превышение температуры в шкафах с контроллерами выше допустимой и др.

Основные технические характеристики ПТК

<i>Информационная мощность</i>	
Количество входных/выходных сигналов, шт.: на 1 контроллер TREI – 05-00 на 1 контроллер TREI – 05-02 на ПТК в целом	от 1 до 768 от 1 до 2048 до 30 000 и более
Количество видеокадров (окон, мнемосхем)	не ограничено
Количество динамических элементов на одном видеокадре (окне)	ограничено только размером экрана
Количество сообщений (событий): на станции оператора, шт. на архивной станции, шт.	до 8000 не ограничено
Количество исторических трендов: на станции оператора на станции архивирования	до 3000 до 30 000
Количество трендов: на станции оператора на станции архивирования	до 10 000 до 50 000
Периодичность обновления трендов на станции оператора и архивирования, с	1 и выше
«Глубина» трендов: на станции оператора на станции архивирования	100 000 точек не ограничено (хранение по суткам)
<i>Быстродействие</i>	
Контроллер TREI-05: время опроса дискретных сигналов время опроса аналоговых входных сигналов	не более 20 мкс на 1 канал не более 1,5 мс на 1 канал
Отображение информации: время полной смены кадра, с цикл обновления оперативной информации на мониторе, с время полного перезапуска системы после перерыва питания, с время полного перезапуска контроллеров после перерыва питания, с	от 0,5 до 2,0 от 0,25 до 1,0 от 30 до 60 от 20 до 30

ПТК представляет собой интегрированную иерархическую систему, состоящую из аппаратно- и программно совместимых технических средств, объединенных средствами передачи данных. ПТК удовлетворяет следующим требованиям:

- рациональность структуры в условиях интенсивного развития номенклатуры средств и расширения состава информационно-вычислительных и управляющих функций системы;
- гибкость структуры, обеспечиваемой модульностью технических средств и программного обеспечения;
- возможность построения многоуровневых многомашинных комплексов, обеспечивающих территориально распределенную обработку информации и управление;
- возможность развития системы путем модульного наращивания подсистем и реализуемых функций контроля и управления.

ПТК включает в себя следующие компоненты:

- контроллеры TREI-5B (www.trei-gmbh.ru);
- системы и средства передачи данных, в том числе локальные сети;
- средства представления информации – станции оператора (вычислительные средства, цветные мониторы, принтеры и т.п.);
- технические средства архивирования;
- систему бесперебойного питания;
- сервисные средства для эксплуатации, проверки, контроля работы, наладки и обслуживания системы.

Контроллеры и монтажные шкафы. Контроллеры TREI-5B – это компактные проектно-компонованные многофункциональные аттестованные устройства, выполненные в конструктиве Евромеханика 19”.

Контроллеры TREI-5B имеют модульную структуру, что позволяет при изменении набора и количества модулей устанавливать требуемую информационную и вычислительную мощности.

Вычислительную часть контроллера составляет одноплатный IBM PC/AT-совместимый компьютер в промышленном исполнении.

Контроллеры TREI-5B обеспечивают:

- ввод информации от датчиков дискретных сигналов;
- ввод унифицированных аналоговых сигналов, сигналов термопар и термометров сопротивления;
- циклический и адресный опрос датчиков;
- фильтрацию и сглаживание значений параметров;
- линеаризацию нелинейности характеристик датчиков: масштабирование (приведение к физической шкале) значений параметров;

- компенсацию температуры холодных спаев термопар, извлечение квадратного корня при измерении расходов;
- контроль достоверности измерительной информации по граничным значениям, скорости изменения (или по другим критериям);
- прием команд оператора, противоаварийных защит, формирование команд управления исполнительными механизмами;
- формирование команд противоаварийных защит по технологическим параметрам и действиям оператора;
- формирование управляющих воздействий для реализации законов регулирования (П-, ПИ-, ПИД и т.п.);
- управление исполнительными механизмами, контроль их состояния.

Семейство TREI-5B состоит из нескольких типов контроллеров:

➤ TREI-5B-00 – рассчитан на 192 (768) канала ввода/вывода, поддерживает шину ISA.

➤ TREI-5B-02 – рассчитан на большое количество каналов аналогового (до 1984) и дискретного (до 3968) ввода/вывода, построен по магистрально-модульной архитектуре, поддерживает шину PC/104 и соединяется с интеллектуальными платами ввода/вывода через последовательный порт RS-485.

➤ TREI-5B-04 – также рассчитан на большое количество каналов аналогового и дискретного ввода/вывода (до 8160) и выполнен на базе высокопроизводительного процессора Pentium/AMD Geode LX PC104+ (400 MHz), поддерживает шину PC/104.

Все контроллеры имеют варианты исполнения с искробезопасными цепями, приспособленными к работе во взрывоопасных зонах.

Связь контроллеров и рабочих станций осуществляется по сети Ethernet или Fast Ethernet. К контроллерам можно напрямую подключить VGA-монитор. Удаленные блоки ввода/вывода соединяются с контроллером по последовательному интерфейсу RS-485 и могут находиться на расстоянии до 1200 м.

Для программирования контроллеров можно использовать набор технологических языков пакета ISaGRAF, соответствующий стандарту IEC 61131-3, или язык КРУГОЛ, являющийся частью пакета «КРУГ-2000».

При использовании выходных дискретных сигналов для управления исполнительными механизмами (задвижкой, двигателем), пусковыми устройствами, которые потребляют достаточно большую мощность, применяются силовые преобразователи 24/220 В с выходным током не менее 5 А, входящие в состав аппаратуры ПТК.

Характеристика входных и выходных сигналов контроллера

Унифицированные сигналы постоянного тока, мА	0 ... 5; -5 ... 0 ... 5; 0 ... 20; 4 ... 20; -20 ... 0 ... 20
Унифицированные сигналы постоянного напряжения, В	0 ... 5; 0 ... 10; -5 ... 0 ... 5; -10 ... 0 ... 10
Сигналы термопар градуировок	ТХА, ТХК
Сигналы термосопротивлений ТСМ и ТСР	50М, 100М, 50П, 100П
Дискретные входные сигналы постоянного напряжения: логический ноль, В логическая единица	0 ... 6 18 ... 30
Коммутационные возможности модулей вывода дискретных сигналов	24 В при токе до 0,25 А; до 220 В и до 0,5 А (релейный выход); 220 В, более 5 А (при использовании силового преобразователя 24/220 В)

Контроллеры TREI-5B имеют в составе развитые сетевые средства для работы в локальной вычислительной сети. Связь между контроллерами и верхним уровнем управления цифровая, помехоустойчивая, защищенная резервированием на случай отказа или разрушения аппаратуры системы связи. При нарушении работы сети контроллеры обеспечивают автоматическую работу с безударным включением в сеть при восстановлении последней. Кроме того, имеется возможность выполнения через интерфейсный канал всех процедур технологического программирования и настройки контроллера.

Контроллер оснащен аппаратно-программными средствами самодиагностики. Информация о работе этих средств формируется с помощью индикаторов, расположенных в контроллере, и сообщений, передаваемых оператору через интерфейсный канал.

В контроллерах TREI-5B предусмотрена возможность проектного увеличения их надежности путем резервирования модулей ввода-вывода в пределах одного контроллера или дублирования контроллеров. Контроллеры для выполнения функций противоаварийных защит дублируются с автоматическим переключением в случае отказа с основного контроллера на резервный.

Станция оператора обеспечивает контроль протекания технологического процесса, контроль состояния технологических параметров и оборудования, а также дистанционное управление техническими средствами.

Станция оператора обеспечивает выполнение следующих функций:

- вывод видеок кадров в виде мнемосхем, графиков, цифровой информации в виде таблиц;
- вывод информации об ошибках в контроллерах, связанных с данной станцией;
- изменение оперативных параметров и параметров настройки контроллеров;
- дистанционное управление аналоговыми и дискретными выходами.

В качестве вычислительного блока станции оператора применяются компьютеры ведущих мировых компьютерных фирм (офисное исполнение). Конкретный выбор характеристик оборудования осуществляется на этапе поставки ПТК. Кроме того, в состав станции оператора, как правило, входит плата автоматического перезапуска (НПФ «КРУГ»), осуществляющая автоматический перезапуск системного блока компьютера в случаях сбоя компьютера, «зависания» или «зацикливания» системного или фирменного программного обеспечения.

Станция оператора имеет возможность архивации информации на определенную глубину и распечатки информации на принтере. Программирование функций станции ведется с помощью инструментальных программных средств, не требующих знания и навыков в области программирования на языках высокого уровня.

Основным средством вызова информации для отображения оператору и ввода команд оператора является функциональная технологическая клавиатура в пыле-, брызгозащищенном исполнении.

Основными средствами отображения информации являются цветные графические дисплеи высокого разрешения размером от 20" до 24" офисного исполнения в комплекте с мышью (офисного или промышленного исполнения)

Для регистрации информации (ведения отчетов, составления протоколов и т.п.) применяются устройства печати – черно-белые принтеры.

Пульты управления. Важным звеном в АСУ ТП на базе ПТК «КРУГ-2000» является оператор-технолог (машинист, диспетчер и т.п.), рабочим местом которого является пульт управления (ПУ).

Для представления информации оператору на пульте используются:

- видеомониторы (цветные графические дисплеи от 17" до 24");

- показывающие и регистрирующие приборы для индикации отдельных параметров (при необходимости);
- ключи аварийного останова технологического оборудования;
- экран коллективного пользования, например, видеосистема (при необходимости).

Визуальные устройства контроля и оповещения дополняются средствами звуковой сигнализации.

Дисплеи, как и операторские станции, в которые они входят, резервируют друг друга и взаимозаменяемы.

На цветные дисплеи выводится оперативная информация по контролируемым параметрам в виде фрагментов мнемосхем, графиков и гистограмм с сигнализацией отклонений параметров от допустимых значений. Для вызова информации на экраны дисплеев используются функциональные клавиатуры, позволяющие выводить нужные видеокадры простым нажатием клавиш.

Кроме того, предусмотрен автоматический (инициированный системой управления) вывод на экраны дисплеев сигнальной информации о работе оборудования (при нарушениях нормального хода технологического процесса). На панели дистанционного управления располагаются индивидуальные ключи и блоки управления для воздействия на наиболее важные исполнительные механизмы.

В состав ПТК входит набор универсальных пультовых конструкций производства НПФ «КРУГ», позволяющих создавать путем проектной компоновки широкий набор пультов управления.

Сервер оперативной базы данных. Оперативная база данных (ОБД), т.е. СУБД реального времени, размещается на выделенном сервере ОБД. Сервер ОБД осуществляет также хранение предыстории процесса за относительно короткий период времени (от 1 до 7 суток).

Все серверы реализуются на высоконадежной кластерной платформе DELL Power Edge. Кластер объединяет вместе два сервера. В случае отказа одного сервера, другой сервер кластера берет на себя выполнение приложений отказавшего сервера.

Архивная станция обеспечивает долговременное хранение динамической информации – значений технологических параметров, периодически передаваемых ей через заданные промежутки времени или в момент аварии, расчетной информации, а также любой другой информации, обеспечивающей отчетность, анализ.

В качестве архивной станции (архивного сервера) применяются рабочие станции с характеристиками, аналогичными характеристикам станции оператора.

Инженерная станция обеспечивает инженерное обслуживание микропроцессорных контроллеров, входящих в состав ПТК средств контроля и управления – их программирование, наладку и настройку, сбор информации об отказах и сбоях. Также инженерная станция обеспечивает инженерное обслуживание рабочих станций – их программирование, наладку и настройку, контроль работоспособности, останов и запуск.

Инженерная станция выполнена на базе персонального IBM PC-совместимого компьютера офисного исполнения.

В состав ПТК входит также стенд для проверки модулей и узлов контроллеров. Конкретный состав стенда определяется на этапе разработки АСУ ТП.

Системы и средства передачи информации

Коммуникация различных элементов ПТК в основном осуществляется посредством локальной вычислительной сети, базирующейся на 10/100 Мб/с Ethernet технологии (витая пара). В качестве базового протокола использованы протоколы семейства IP (TCP/IP, UDP) фактически признанные в качестве международного стандарта.

Это обеспечивает возможность применения разнoplатформенной техники при построении, развитии и дальнейшей модернизации системы. При использовании протокола TCP/IP предусмотрена программная «настройка» протокола, обеспечивающая его адаптацию к специальным требованиям, предъявляемым к обмену данными в системах реального времени.

Для реализации простых задач обмена в управляющей сети используется протокол UDP (User Datagram Protocol). Однако протокол UDP не обеспечивает гарантированную доставку данных.

Все компоненты системы передачи данных полностью дублированы, что защищает систему от отказов кабелей, разъемов и т.п. Отказ каналов связи не влияет на работоспособность подключенных к ним контроллеров. Отказ идентифицируется системой. При этом контроллер переходит на резервную сеть.

1.6. Программно-технический комплекс «ЭнергоГород»

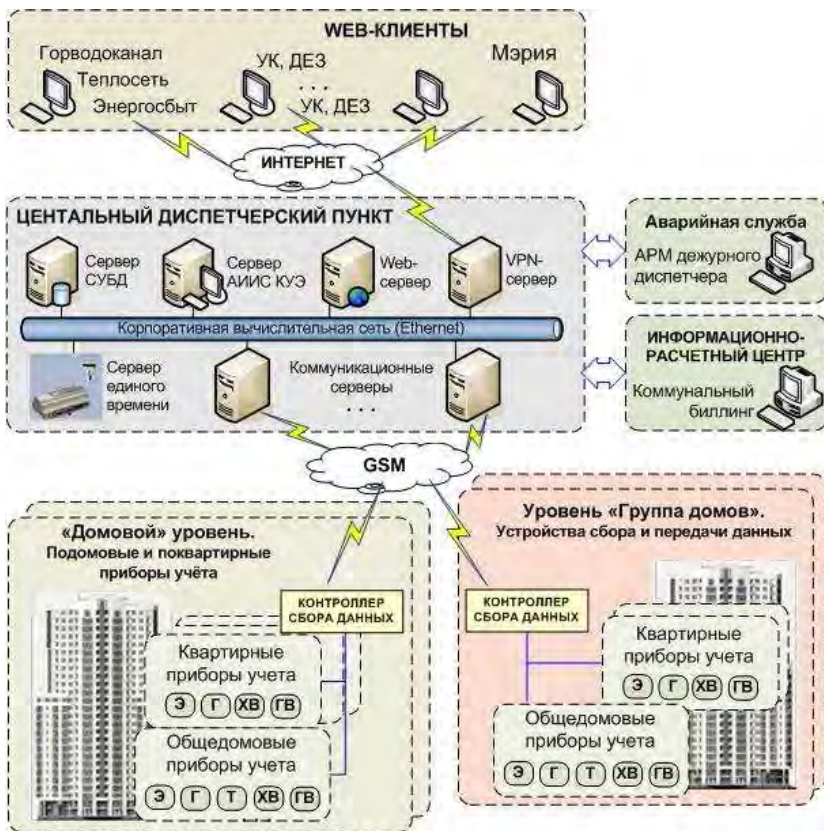
Целью создания ПТК «ЭнергоГород» (www.krug2000.ru) является комплексное решение задач энергосбережения, основанное на полномасштабном внедрении подомового и поквартирного, а также объектов социальной (бюджетной) сферы автоматизированного энергоучета, интегрированного с существующей городской биллинговой системой (расчетно-кассовым центром).

ПТК «ЭнергоГород» является основой для построения интегрированных автоматизированных систем учета, диспетчеризации и управления потреблением энергоресурсов масштаба управляющих компаний (УК) и города.

ПТК «ЭнергоГород» обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- автоматизированный коммерческий учет тепловой энергии, горячей и холодной воды, электрической энергии, природного газа, потребляемых объектами жилищно-коммунальной и бюджетной сферы, посредством измерения количественных, качественных и режимных параметров энергоносителей с тарификацией потребления;
- централизованный автоматизированный сбор и хранение измеренных данных с узлов учета потребителей, систематизация полученных данных по отдельным группам потребителей (дом, квартал, район и т.п.);
- мониторинг аварийных ситуаций (разрыв сетей) на основе оперативных данных автоматизированного учета с передачей данных в режиме реального времени в городскую аварийную службу;
- мониторинг состояния энергопотребления, автоматическое отслеживание и расчет количества недопоставленных или поставленных сверх договорных обязательств энергоресурсов, отслеживание количества энергоресурсов, поставленных (потребленных) с нарушением режимных параметров, значительными расхождениями по плану/факту энергопотребления и др.;
- ведение отчетной электронной документации;
- предоставление единой точки доступа (WEB-портал) персоналу и пользователям системы (ТСЖ, МУП, ДЕЗ, управляющим компаниям, заинтересованным службам районов и городской администрации) ко всей необходимой информации (к данным измерения узлов учета энергоносителей, к расчетным показателям энергообеспечения, отчетной документации, паспортным данным) с разграничением уровней доступа к информации;
- автоматизированная передача коммерческих данных (показаний счетчиков потребителей энергоресурсов) в городской расчетно-кассовый центр.

ПТК «ЭнергоГород» обеспечивает построение территориальных распределенных централизованных систем с вертикальной иерархией прохождения информации от периферийных устройств (узлов учета) до единого центрального диспетчерского пункта, осуществляющего сбор, обработку и хранение данных автоматизированного учета, взаимодействие с субъектами и администрацией города.



**Рис. 1.20. Архитектура ПТК «Энергокруг»
(На схеме буквами обозначены приборы учета):**

Э – электроэнергии; Г – газа; Т – тепла; ХВ – холодного водоснабжения;
ГВ – горячего водоснабжения

Архитектура ПТК (рис. 1.20) позволяет легко масштабировать систему для применения как в одной управляющей компании, так и для организации центрального диспетчерского пункта города/района.

Нижний, «домовой» уровень – уровень подомовых и поквартирных приборов учета (счетчиков, вычислителей).

Средний уровень – интеллектуальные контроллеры сбора данных (КСД) DevLink-D500, предназначены для автоматизированного группового сбора данных с подомовых и поквартирных приборов учета и круглосуточного контроля аварийных ситуаций в энергосистеме зданий.

Верхний уровень (уровень ЦДП) – сервер СУБД, сервер АИИС КУЭ, WEB-сервер, коммуникационные серверы и другие серверные средства размещены в Центральном диспетчерском пункте (ЦДП).

Обмен данными на всех уровнях взаимодействия с каналом образующим оборудованием сети осуществляется с помощью открытых протоколов, снабженных элементами защиты от несанкционированного доступа к информации.

Телекоммуникационная среда, объединяющая компоненты ПТК «ЭнергоГород» в единое информационное пространство, использует различные проводные и беспроводные каналы связи (ВОЛС, DSL, GSM/GPRS) с высокой степенью живучести, защищенности и помехоустойчивости, открытые стандартные протоколы передачи данных, обеспечивающие гарантированную доставку информации на каждом из иерархических уровней системы.

Высокую эффективность ПТК обеспечивает программная платформа «ЭнергоКруг».

Основными функциями платформы «ЭнергоКруг» являются:

- Ведение комплексного учета энергоресурсов по точкам и группам потребления на заданных временных интервалах.
- Хранение оперативной и исторической информации с приборов в единой консолидированной СУБД.
- Обеспечение многотарифного учета потребления (отпуска) электроэнергии.
- Обеспечение контроля над соблюдением лимитов энергопотребления.
- Оперативный расчет энергобаланса.
- Оперативный мониторинг текущих и исторических учетных показателей.
- Контроль качества энергоресурсов.
- Оперативное выявление и оповещение об аварийных ситуациях.
- Автоматическое поддержание (регулирование) температурных и других режимов для контролируемых объектов.
- Передача информации в сторонние подсистемы.
- Обеспечение единого системного времени.

Архитектура платформы «ЭнергоКруг» ориентирована на создание любой системы учета и диспетчеризации энергоресурсов, независимо от количества контролируемых объектов и их индивидуальных особенностей.

Все программные компоненты платформы «ЭнергоКруг» разработаны на базе современной технологии Microsoft .Net и обладают повышенной отказоустойчивостью и надежностью. Программные средства «ЭнергоКруг» интегрированы с ERP-системой «1С: Управление ЖКХ».

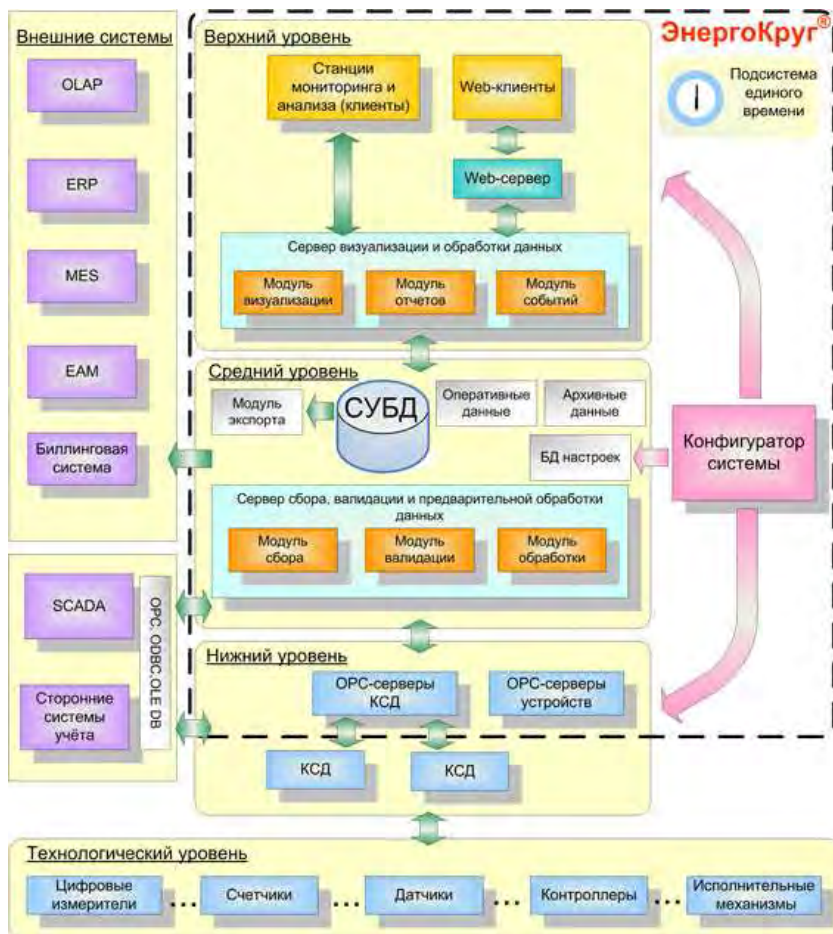


Рис. 1.21. Структура платформы «ЭнергоКруг»

Уровни и компоненты платформы

Нижний уровень составляют:

- КСД – контроллер сбора данных. Обеспечивает получение, обработку и хранение данных от различных приборов учета (электро-, тепло-, газосчетчиков и других). Включается в состав распределенных систем в качестве промежуточного звена для организации надежного и экономичного трафика, в том числе для обмена данными по каналам связи с малой пропускной способностью. Помимо функций сбора реализует функции регулирования, управления и контроля потребления с

возможностью отключения или ограничения потребления энергоресурсов по заданным алгоритмам.

- ОРС-серверы устройств – универсальные драйверы для прямого (минуя КСД) включения в систему произвольного измерительного и контрольного оборудования. ОРС-технологии обеспечивают открытость данных учета для параллельных подсистем автоматизации, а также независимость системы от конкретного оборудования.

- ОРС-сервер КСД служит для связи с несколькими КСД по протоколу, отвечающему требованиям к устройствам и системам телемеханики.

- Сервер сбора, валидации и предварительной обработки данных выполняет высокопроизводительный сбор оперативных и исторических данных с КСД и/или приборов учета. Сервер обеспечивает накопление и хранение собранных разнородных данных в едином централизованном хранилище. В сервере сбора данных осуществляется предварительная обработка информации: приведение к границам, приведение к единой кодировке АКС и другие преобразования, повышающие эффективность использования данных. Реализованы методы проверки поступающих данных и загрузки данных по расписанию.

Средний уровень:

- СУБД предназначена для хранения как неизменяемых данных (единиц измерений, данных различных словарей, настроечной информации), так и изменяемых данных. В базе данных хранятся оперативные данные, исторические данные, алармы и события. Для упрощения доступа к данным учета из внешних приложений, таких как 1С, Excel и других, поддерживается библиотека хранимых процедур. Использование процедур позволяет полностью абстрагировать внешнего потребителя данных учета от знаний формата базы данных платформы «ЭнергоКруг».

- Модуль экспорта служит для экспорта накопленных данных во внешние подсистемы, в том числе в биллинговую систему. Для контролирующих органов поддерживается экспорт данных в форматы XML, CSV.

Верхний уровень:

- Сервер визуализации и обработки данных предоставляет интерфейс взаимодействия Пользователя с системой учета и диспетчеризации. Сервер обеспечивает доступ к мнемосхемам, графикам, таблицам, отчетам, отображающим информацию в реальном времени. Компонентами сервера являются:

- Модуль визуализации служит для предоставления оперативной информации посредством мнемосхем.

- Модуль отчетов служит для генерации отчетов по расписанию или по требованию клиента. Основные функции: сохранение отчетов в

базе данных, отправка отчетов заинтересованным Пользователям, обеспечение Пользователям доступа к истории отчетов.

- Модуль событий предназначен для обработки событий, генерации сообщений в протокол событий и выборки сообщений из протокола по различным критериям (авария, обрыв связи и т.п.).

- Станция мониторинга и анализа – «толстый» клиент для сервера визуализации и обработки данных. С помощью станции пользователь подключается к серверу для мониторинга и диспетчеризации энергопотребления в реальном времени. Для корректировки данных клиент имеет функцию ручного ввода данных.

- Web-сервер предназначен для обеспечения доступа к Серверу визуализации и обработки данных через Internet/Intranet с помощью браузера («тонкого» клиента).

- Конфигуратор обеспечивает сквозное конфигурирование системы, начиная от нижнего уровня (КСД) и до верхнего уровня, включая сервер сбора, валидации и предварительных данных, СУБД, модуль экспорта и сервер визуализации и обработки данных.

- Подсистема единого времени гарантирует единый ход часов всех подсистем «ЭнергоКруг» и подключаемых устройств.

Особенностями платформы ЭнергоКруг® являются:

- Совмещение в одной комплексной системе автоматизированного сбора данных и оперативного диспетчерского контроля над энергопотреблением всех типов энергоресурсов.

- Возможность простого подключения разнотипных измерительных приборов.

- Применение централизованной технологии обработки данных, при которой все рабочие места автоматизированной системы подключены к единому центру сбора, обработки и хранения данных.

- Ориентация программных компонентов платформы на территориальную распределенность элементов систем сбора и обработки данных.

- Возможность настройки, создания и редактирования модулей проектов автоматизации силами заказчика и сторонних организаций с помощью средств разработки платформы «ЭнергоКруг».

- Гибкость и универсальность построения систем учета и диспетчеризации энергоресурсов.

Гибкость и универсальность платформы достигаются путем реализации трех основных подходов:

1. *Модульность.* Система учета и диспетчеризации энергоресурсов проектируется в виде набора взаимосвязанных, функционально незави-

симых компонентов «ЭнергоКруг», которые могут устанавливаться поэтапно. В процессе внедрения системы сохраняются целостность и согласованность функционирования ее отдельных подсистем, что позволяет избежать эффекта «лоскутной» автоматизации. Сами подсистемы строятся также по модульному принципу.

2. *Масштабируемость.* Система, созданная на платформе «ЭнергоКруг», имеет возможность расширения информационной мощности по числу измерительных каналов, по номенклатуре поддерживаемых приборов и по набору выполняемых функций. Гибкость архитектуры системы обеспечивает возможность автоматизации как относительно небольших локальных, так и крупномасштабных территориально распределенных объектов.

3. *Открытость.* Возможность интеграции с другими производственными АСУ и сторонними системами сбора и обработки информации, программами анализа, бухгалтерского учета обеспечивается за счет поддержки большинства наиболее эффективных и популярных технологий обмена данными, среди которых:

- OPC DA, OPC HDA, OPC A&E – стандарты промышленной автоматизации. Обеспечивают подключение широкого спектра оборудования (приборов учета) и обмена данными с другими подсистемами промышленной автоматизации (SCADA, MES).
- OLE DB, ODBC – стандарты открытого взаимодействия с СУБД.
- XML, CSV – стандартные форматы файлов экспорта/импорта данных.

Все это обеспечивает простоту создания, интеграции, модификации, расширения и поддержки автоматизированных систем, созданных на базе платформы «ЭнергоКруг».

Преимущества систем, созданных на платформе «ЭнергоКруг»:

- Свободный доступ к оперативным и историческим данным посредством хранимых процедур, SQL-запросов и OPC.
- Сбалансированная производительность элементов системы за счет возможностей распараллеливания (разнесения на разные серверы) функций сбора, хранения и обработки информации.
- Легкое расширение системы путем подключения дополнительных модулей и устройств.
- Возможность ведения энергопаспортов, энергобаланса в реальном времени.
- Встроенные механизмы получения данных от сторонних систем, поддержка открытых форматов информационного обмена (ODBC, OPC DA, OPC HDA, OPC A&E).

- Интеграция с автоматизированными подсистемами управления на предприятии (SCADA, MES, ERP).
- Возможность самостоятельной разработки пользовательских функций и проектов новых подсистем.
- Мониторинг и управление системой через Web-интерфейс.
- Встроенная подсистема событий и тревог с дистанционным оповещением о внештатных ситуациях.
- Ролевая аутентификация и гибкая настройка прав Пользователя для доступа к ресурсам системы.
- Выполнение пользовательских программ со скоростью машинного кода.
- Гибкая система построения отчетов. Формирование отчетов с индивидуальной структурой и произвольной кратностью (от минуты до года), их сохранение в файлах различного формата (pdf, xls, xml и другие) с возможностью автоматической рассылки по электронной почте и публикации отчетов на ftp-серверах.

Пример системы построения комплексной автоматизированной системы учета и управления потреблением энергоресурсов города на платформе «ЭнергоКруг» показан на рис. 1.22.

1.7. Программно-технический комплекс КОНТАР

Программно-технический комплекс КОНТАР – это комплекс средств для автоматического управления, сбора и передачи информации (мониторинга) и дистанционного управления (диспетчеризации). КОНТАР является основой для решения как простых, так и сложных задач автоматизации, представляя собой сочетание небольшого набора простых и надежных технических средств с развитым программным обеспечением.

ПТК КОНТАР может быть применен в самых различных отраслях народного хозяйства, особенно в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ), для автоматизации тепловых процессов, при производстве строительных материалов, пищевых продуктов, кристаллов и пленок и т.п.

Идеология построения комплекса рассматривается методом от простого к сложному. КОНТАР – это набор относительно простых устройств – модулей, распределенных по автоматизируемым установкам и (при необходимости) связанных цифровыми каналами передачи данных в единую сеть. При этом КОНТАР сочетает мощные программные инструменты с современными информационными технологиями, обеспечивает прямой выход в Интернет.

Основу технического обеспечения ПТК КОНТАР составляют контроллеры МС8 и МС12. Контроллеры МС8(12) представляют собой универсальное измерительное, сигнализирующее, управляющее и коммуникационное устройство, к клеммам которого могут непосредственно подключаться датчики, исполнительные устройства и другие источники и приемники информации.

Они осуществляют:

- измерение и преобразование в цифровую форму различных аналоговых сигналов, представляющих такие физические параметры, как температура, давление, расход, уровень, влажность, содержание газов, освещенность и т.п. по каждому из 8 входов;
- преобразование дискретных (бинарных) сигналов, представляющих состояние различных внешних контактов;
- сигнализацию отклонений параметров от предустановленных значений;
- управление всевозможным исполнительным оборудованием: реле, пускателями, электродвигателями насосов, вентиляторов, исполнительными механизмами клапанов, задвижек, заслонок, направляющих аппаратов, жалюзи, позиционерами и т.п.;
- передачу и прием информации по каналам RS485, RS232, USB, Ethernet;
- функцию часов реального времени с энергонезависимой памятью;
- архивирование данных и событий во внутренней памяти;
- управление всем подключенным оборудованием и обмен информацией по алгоритмам, записанным в контроллер, а также по сигналам с верхнего уровня управления.

Наряду с базовыми контроллерами МС8 и МС12 в комплекс КОНТАР входят:

- контроллеры МС5 и МС6, отличающиеся от контроллеров МС8(12) наличием силовых выходов (~220В) и упрощенной организацией входов. Предназначены для автоматизации небольших объектов, например, приточных установок, вентиляционных доводчиков, для регулирования температуры и т.п.
- модули MR8, предназначенные для управления исполнительными механизмами, рассчитанными на напряжение ~24 – 220 В. Выходы: реле и/или симисторы.
- модули ME4 имеют 12 дискретных входов (16 DI) и 4 дискретных выхода (4 DO) и могут использоваться в качестве расширителя дискретных входов и выходов контроллера МС8(12). Обмен информа-

цией между модулем ME4 и контроллером осуществляется по интерфейсу RS232.

- модули ME16 имеют 16 дискретных входов (16 DI) и 4 дискретных выхода (4 DO), могут использоваться в качестве расширителя дискретных входов и выходов MC8, MC12, MC5(6).

- модули ME20 – имеют 20 дискретных входов (20 DI).

- модули MR20.3 – имеют 20 дискретных входов (20 DO).

- модули MA8.3 используются в качестве расширителя аналоговых и дискретных входов и выходов (12 AI+4DI+2AO+2DO) контроллеров MC8.3 или MC12.

- модули MI20, 20-канальные счетчики импульсов, используемые для поквартирного учета энергоресурсов (количества потребляемой холодной и горячей воды) с энергонезависимым режимом работы.

Связь модулей MR8, ME16, ME20, MR20.3, MA8.3, MI20 с контроллером осуществляется по интерфейсу RS485.

Программное обеспечение ПТК КОНТАР

В состав программного обеспечения комплекса входят:

- Инструментальная графическая среда КОНГРАФ для разработки алгоритмов для всех приборов комплекса.

- Программа наладки КОНСОЛЬ.

- Локальная SCADA-система КОНТАР АРМ.

- Система интернет-диспетчеризации КОНТАР SCADA.

- Программа ReportBuilder.

- КОНТАР OPC-сервер и КОНТАР OPC-клиент.

- Программа MC8Net Конфигуратор.

Инструментальная система КОНГРАФ предназначена для разработки алгоритмов управления для приборов комплекса КОНТАР. Программа дает пользователю возможность на языке функциональных блоков (FBD) запрограммировать свою задачу или выбрать наиболее близкое решение из предлагаемого набора типовых проектов. Программа позволяет создавать проекты как для одного контроллера, так и группы контроллеров, объединенных в единую приборную сеть. При этом ресурсы могут быть оптимально распределены между контроллерами. Требуемый для управления объектом алгоритм разрабатывается с помощью встроенной в программу библиотеки функции. Библиотека функций постоянно расширяется при появлении новых версий программы, что добавляет новые возможности при составлении алгоритма. Программа дает возможность произвести отладку всего алгоритма или его части и устранить ошибки до загрузки в контроллеры. После разработки алгоритма проводится компиляция, результатом которой являются файлы с исполняемым кодом (они загружаются в сами приборы).

Программа КОНСОЛЬ – основное средство настройки работы комплекса КОНТАР. Программа позволяет подключаться к любому контроллеру сети по одному из интерфейсов, RS232 / USB / Ethernet, и управлять всеми ресурсами контроллера. Она позволяет осуществлять:

- контроль всех выходных и входных сигналов, используемых функциональным алгоритмом прибора;
- переключение любого из дискретных или аналоговых выходов в режим ручного управления и воздействие на него вручную;
- программирование действий контроллера с помощью планировщика (если он входит в функциональный алгоритм);
- контроль возникновения отказов;
- контроль текущего времени и календарной даты;
- загрузку в прибор нового функционального алгоритма, извлечение функционального алгоритма и сохранение его в файле для использования в других приборах;
- обновление операционной системы прибора;
- при работе с сетью приборов, состоящей из одного Master-контроллера и до 31 Slave-контроллера, автоматическое определение состава сети и контроль работы любого из приборов, включенных в сеть;
- наблюдение графиков изменения параметров функционального алгоритма во времени;
- ведение журнала действий оператора.

Локальная SCADA-система КОНТАР АРМ – это система диспетчеризации для ПТК КОНТАР, предназначена для создания автоматизированного рабочего места диспетчера. Система состоит из серверной и клиентской частей, которые обычно устанавливаются на одном компьютере (сервере). Клиентская часть позволяет вести наблюдение за объектами и может быть установлена на другом компьютере для организации дополнительного рабочего места диспетчера. При этом дополнительный компьютер должен находиться в одной сети с сервером. Один сервер может обслуживать практически неограниченное количество объектов. Система может использоваться для непрерывного круглосуточного наблюдения за объектами. Идеально подходит для диспетчеризации крупных объектов, таких как жилые комплексы, административные и офисные здания, торговые и спортивно-развлекательные комплексы и т.д.

КОНТАР SCADA – программа, ориентированная на Интернет и установленная на глобальном сервере (<http://scada.kontar.ru> логин guest, пароль guest). Любой компьютер, имеющий доступ в глобальную сеть, можно сделать диспетчерским, используя только стандартное программное обеспечение для ИНТЕРНЕТ-браузера (например, Internet

Explorer). Один ИНТЕРНЕТ-сервер может обслуживать множество компьютеров и локальных сетей, произвольно расположенных в мире.

КОНТАР SCADA обеспечивает:

- Администрирование пользователей.
- Наблюдение в реальном времени мнемосхем объектов управления с динамически изменяющимися параметрами и анимированными компонентами.
- Управление оборудованием путем изменения параметров и режимов его работы с подтверждением результатов внесенных изменений. Действия эти архивируются в базе данных с указанием того, кто и когда внес изменения.
- Просмотр графиков изменения заданных переменных.
- Изменение параметров в заданное время с помощью планировщика.
- Организацию оповещения (через SMS, e-mail) при возникновении тревожных ситуаций.
- Архивацию тревожных сообщений и их подтверждение.
- Сбор данных о протекании процессов (тренды) в виде графиков и таблиц.
- Возможность просмотра внутренних архивов контроллеров.

Программа ReportBuilder входит в состав программно-технического комплекса КОНТАР и является дополнительным приложением к системе диспетчеризации КОНТАР АРМ. Программа позволяет формировать отчеты на базе значений параметров, получаемых из базы данных КОНТАР АРМ в удобном для пользователя виде. Программа дает возможность делать заготовки форм отчетов, а затем эти отчеты просматривать за различные интервалы времени.

ОПС-сервер КОНТАР используется для обмена данными между контроллерами комплекса КОНТАР и SCADA-системами сторонних производителей.

КОНТАР ОПС-клиент представляет собой Windows-службу для взаимодействия с ОПС-серверами различных разработчиков программного обеспечения (по стандарту OPC Data Access 2.0), с одной стороны, и обмена информацией с системой диспетчеризации КОНТАР АРМ – с другой.

Программа MC8Net Конфигуратор предназначена для настройки обмена параметрами между сетями контроллеров (межмастерный обмен).

Успехи в микроэлектронике, появление микропроцессоров революционизировали технику построения систем управления. Микропроцессоры стали входить в состав отдельных средств автоматики и контроля. В настоящее время на рынке автоматизации представлено огромное количество микропроцессорных средств автоматики различной степени сложности – от простейших микропроцессорных приборов контроля и локального управления до многоканальных (до нескольких тысяч входов-выходов) микропроцессорных контроллеров.

2.1. Регулирующие приборы ПО «ОВЕН»

Производственное объединение «ОВЕН» (www.owen.ru) является одним из крупнейших в России производителем программируемых микропроцессорных приборов для АСУ ТП. Номенклатура выпускаемых приборов включает:

- Измерители: ТРМ0, ТРМ200, УКТ38-Щ4, УКТ38-В, ИТП11, ИДЦ1;
- Регуляторы: ТРМ1, ТРМ201, ТРМ501, ТРМ502, 2ТРМ1, ТРМ202, ТРМ138, ТРМ138В;
- ПИД-регуляторы: ТРМ10, ТРМ101, ТРМ210, ТРМ148, ТРМ12, ТРМ212;
- Контроллеры для вентиляции и ГВС: ТРМ32, ТРМ33, ТРМ133, ТРМ132М, ТРМ133М;
- Программные задатчики: ТРМ151, ТРМ251, МПР51;
- Сигнализаторы и регуляторы уровня жидкости и сыпучих сред: САУ-М2, САУ-М6, САУ-М7Е, САУ-МП, САУ-У, БКК1

2.1.1. ИЗМЕРИТЕЛИ-РЕГУЛЯТОРЫ ТРМ1, 2ТРМ1

Измерители-регуляторы ТРМ1, 2ТРМ1 предназначены для измерения и регулирования температуры различных сред [27]. Также они могут использоваться для измерения и регулирования других физических величин, преобразованных в электрический унифицированный сигнал по току (0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА) или напряжению (0...1 В).

Прибор ТРМ1 осуществляет одноканальное регулирование по позиционному или пропорциональному закону. 2ТРМ1 может осуществлять:

- независимое регулирование двух измеряемых величин по двухпозиционному или пропорциональному закону;
- регулирование одной измеряемой величины по трехпозиционному закону;

➤ регулирование разности температур (или другой физической величины).

Приборы выполнены в настенном (130×105×65 мм) или в щитовом исполнении (96×96×70 мм или 96×48×100 мм) с напряжением питания 220 В (ТРМ1(2)А) или с расширенным диапазоном напряжения питания 85...250 В (ТРМ1(2)Б). Внешний вид приборов представлен на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Внешний вид приборов ТРМ1 и 2ТРМ1

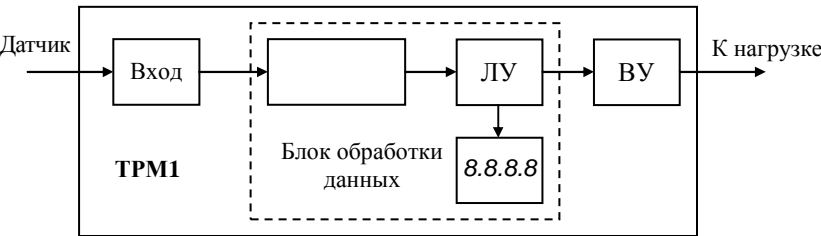


Рис. 2.2. Функциональная схема прибора ТРМ1

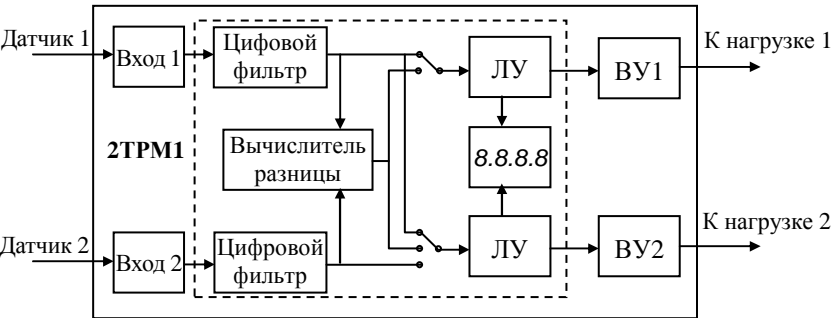


Рис. 2.3. Функциональная схема прибора 2ТРМ1

Функциональные схемы приборов представлены на рис. 2.2 и 2.3.

ТРМ1 имеет один вход для подключения измерительного датчика. 2ТРМ1 содержит два идентичных входа. Вход может быть выполнен в одной из следующих модификаций:

- ТС – для подключения термометров сопротивления ТСМ или ТСР;
- ТП – для подключения термопар ТХК, ТХА, ТНН, ТЖК;
- ТПП – для подключения термопар ТПП;
- АТ и АН – для подключения датчиков с унифицированным сигналом тока и напряжения, соответственно.

Блок обработки данных предназначен для предварительной обработки входного сигнала (цифровой фильтрации, коррекции и масштабирования), индикации измеренной величины и формирования сигнала управления выходным устройством. Блок обработки данных включает логическое устройство (ЛУ), которое может работать в одном из трех режимов:

- Компаратор (устройство сравнения) – реализуется позиционное регулирование. Для работы ЛУ в этом режиме требуется выходное устройство (ВУ) ключевого типа (реле, оптосимистор, транзисторный ключ).
- П-регулятор – реализуется аналоговое П-регулирование.
- Измеритель-регистратор. Для реализации П-регулятора и измерителя-регистратора требуется установка в качестве выходного устройства цифро-аналогового преобразователя с выходным сигналом 4 ... 20 мА.

Модификация входного и тип выходного устройства определяются при заказе прибора.

Общая схема подключения приборов ТРМ1 и 2ТРМ1 показана на рис. 2.4, а на рис. 2.5 и 2.6 – соответственно схемы подключения измерительных датчиков и выходных устройств.

Программирование прибора осуществляется с помощью кнопок, расположенных на передней панели. Программирование заключается в установке параметров регулирования и режимов работы прибора. Все настроечные параметры сохраняются в энергонезависимой памяти прибора и остаются неизменными при выключении питания.

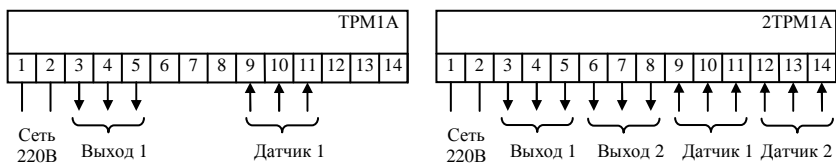


Рис. 2.4. Общая схема подключения приборов ТРМ1 и 2ТРМ1

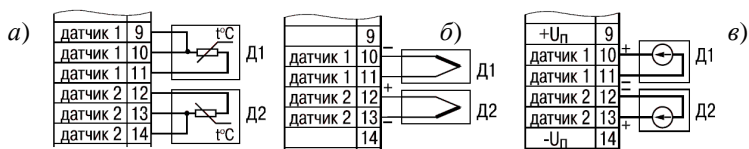


Рис. 2.5. Схемы подключения к прибору 2TRM1A датчиков:
а – термопреобразователи сопротивления ТСМ/ТСР; *б* – термопары;
в – датчики с выходным сигналом тока или напряжения

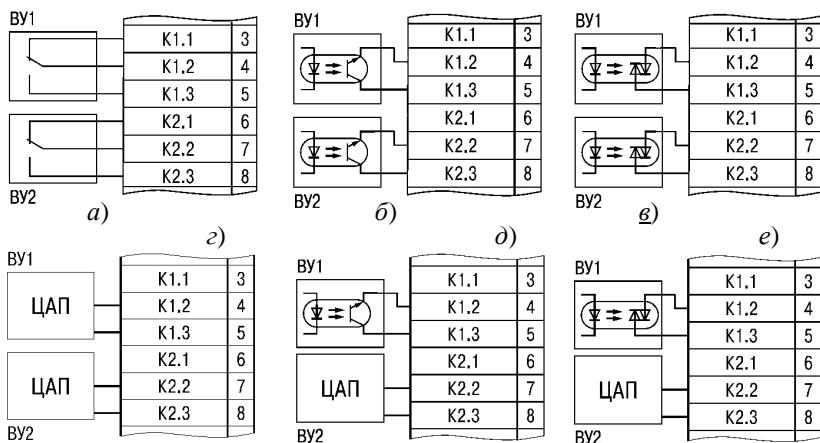


Рис. 2.6. Схемы подключения выходных устройств прибора 2TRM1A:
а – два электромагнитных реле; *б* – 2 транзисторных оптопары;
в – 2 симисторных оптопары; *г* – 2 цифроаналоговых преобразователя 4...20 мА;
д – ВУ1: транзисторная оптопара, ВУ2: ЦАП 4...20 мА;
е – ВУ1: симисторная оптопара, ВУ2: ЦАП 4...20 мА

2.1.2. ИЗМЕРИТЕЛЬ-ПИД-РЕГУЛЯТОР ТРМ10

Измеритель-ПИД-регулятор ТРМ10 [27] предназначен для измерения входного параметра, широтно-импульсного (ШИМ) или аналогового регулирования нагрузкой по ПИД-закону регулирования. Также прибор формирует на своих выходах дискретный сигнал в виде замыкания контактов реле, который может использоваться для двухпозиционного регулирования или сигнализации о выходе измеряемого параметра за установленные границы.

Приборы выполнены в настенном (130×105×65 мм) или в щитовом исполнении (96×96×70 мм или 96×48×100 мм) с напряжением питания 220 В (ТРМ10А) или с расширенным диапазоном напряжения питания 85...250 В (ТРМ10Б).

Функциональная схема прибора представлена на рис. 2.7.

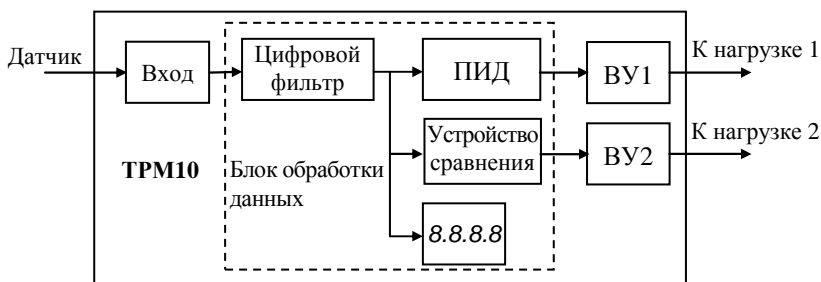


Рис. 2.7. Функциональная схема прибора TPM10

К входу TPM10 могут быть подключены термopapa, термометр сопротивления или датчик с унифицированным сигналом тока или напряжения. Конкретная модификация входа прибора указывается при заказе.

Блок обработки данных включает два логических устройства: ПИД-регулятор и устройство сравнения. Текущее значение регулируемой величины поступает на входы обоих логических устройств. Каждое логическое устройство имеет собственные уставки и работает независимо от другого.

Прибор содержит два выходных устройства: ВУ1 и ВУ2. В качестве выхода для устройства сравнения (ВУ2) используется сильноточное реле с коммутационной способностью 8 А при 220 В.

В зависимости от установленного в приборе выходного устройства ВУ1 сигнал с ПИД-регулятора может быть преобразован в последовательность импульсов для управления нагрузкой или в аналоговый сигнал 4 ... 20 мА. Кроме того, TPM10 может управлять трехфазной нагрузкой. Тогда в прибор устанавливается только одно ВУ, представляющее собой три симисторных оптопары. Тип выходных устройств, установленных в приборе, определяется при заказе.

Общая схема подключения приборов TPM1 и 2TPM1 показана на рис. 2.8., а на рис. 2.9 и 2.10 – соответственно схемы подключения датчиков и выходных устройств.

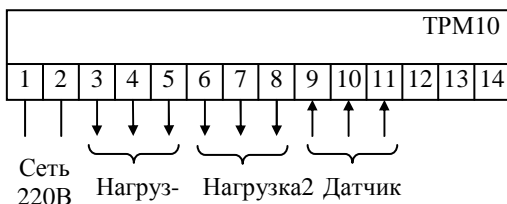


Рис. 2.8. Общая схема подключения прибора TPM10

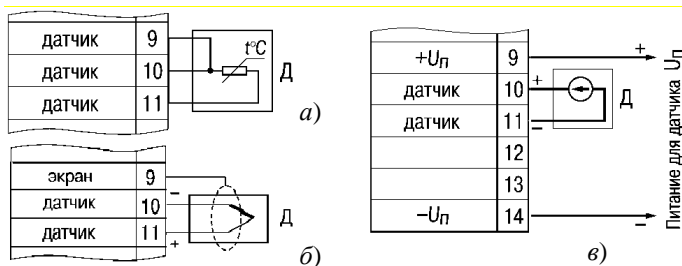


Рис. 2.9. Схемы подключения к прибору ТРМ10 датчиков:
а – термопреобразователи сопротивления ТСП/ТСН, *б* – термопары;
в – датчики с выходным сигналом тока или напряжения

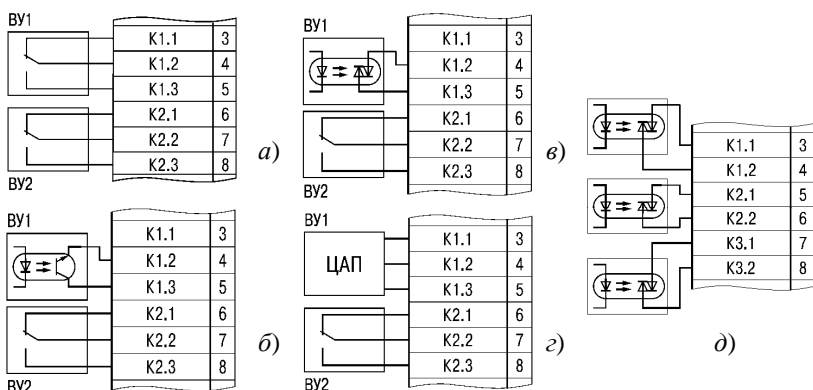


Рис. 2.10. Схемы подключения выходных устройств прибора ТРМ10:
а – ВУ1: электромагнитное реле; *б* – ВУ1: транзисторная оптопара;
в – ВУ1: симисторная оптопара; *г* – ВУ1: цифроаналоговые преобразователи 4...20 мА; *д* – три симисторных оптопары

Программирование прибора осуществляется с помощью кнопок, расположенных на передней панели, и заключается в установке параметров регулирования и режимов работы прибора.

2.1.3. ПИД-РЕГУЛЯТОР С УНИВЕРСАЛЬНЫМ ВХОДОМ ТРМ101

ПИД-регулятор с универсальным входом ТРМ101 [27] предназначен для регулирования температуры или других физических величин в различных технологических процессах. ТРМ101 представляет собой одноканальный ПИД-регулятор с универсальным входом для подключения датчиков и имеет ряд дополнительных особенностей:

- дополнительные входы для дистанционного управления режимами работы прибора;
- наличие интерфейса RS-485;
- возможность сигнализации при возникновении аварийных ситуаций;
- расширенный диапазон напряжения питания – 90...245 В;
- сохранение заданных параметров при отключении питания.

Функциональная структура прибора представлена на рис. 2.11.

ТРМ101 имеет один универсальный вход (вход 1), к которому могут быть подключены датчики различного типа: термопреобразователи сопротивления, термопары, датчики с унифицированным сигналом тока 0...5 мА, 0(4)...20 мА и напряжения 0...1 В, –50...+50 мВ.

К дополнительному входу (вход 2) ТРМ101 можно одновременно подключить два внешних ключа: для управления запуском/остановом процесса регулирования и для переключения на управление от компьютера (по интерфейсу RS-485).

ТРМ101 осуществляет регулирование по ПИД-закону. Настройка коэффициентов ПИД-регулятора на объекте осуществляется автоматически (автонастройка).

Управление нагрузкой может осуществляться двумя способами: импульсным (через реле, транзисторную или симисторную оптопару) или аналоговым (током 4...20 мА). Способ управления зависит от установленного в приборе выходного устройства и определяется при заказе.

В ТРМ101 реализована функция обнаружения обрывов в контуре регулирования (LBA). Прибор контролирует скорость регулируемой величины и выдает сигнал об аварии, если при подаче максимального управляющего воздействия измеряемое значение регулируемой величины не меняется в течение определенного времени.

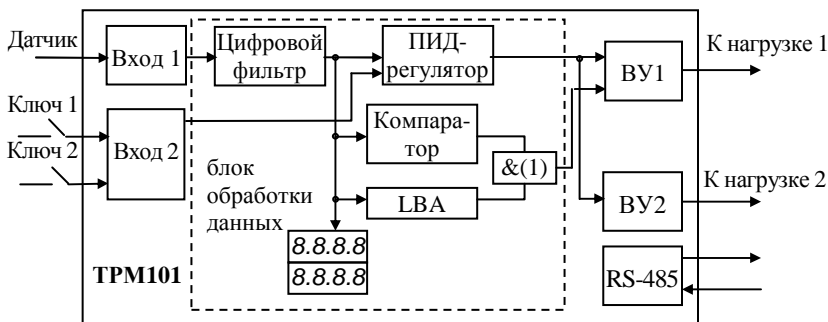


Рис. 2.11. Функциональная структура прибора ТРМ101

В приборе устанавливаются два выходных устройства в следующих сочетаниях: оба ключевого типа (реле, транзисторная или симисторная оптопара); выход 1 – ключевой; выход 2 – аналоговый (ток 4 ... 20 мА); оба выхода аналоговые (ток 4 ... 20 мА).

В регуляторе ТРМ101 установлен модуль двунаправленного интерфейса RS-485, который позволяет осуществлять связь с РС-совместимым компьютером. При этом с компьютера можно производить чтение измеряемых величин, изменение режимов регулирования, запуск/останов процесса регулирования.

Совместно с прибором поставляется OPC-сервер, позволяющий связать прибор с наиболее популярными SCADA-системами, поддерживающими технологию OPC.

Микропроцессорный регулятор ТРМ101 выполнен в щитовом исполнении и имеет габаритные размеры 48×48×102 мм.

2.1.4. ИЗМЕРИТЕЛИ-РЕГУЛЯТОРЫ ТРМ201, ТРМ202

Под влиянием современных требований к системам автоматизации компания ОВЕН подготовила к выпуску новую линейку измерителей-регуляторов серии ТРМ2xx: ТРМ200, ТРМ201, ТРМ202, ТРМ210, ТРМ212 [28]. Отличительными особенностями новой серии являются:

- Универсальные входы: новые приборы имеют входы одной модификации, к которым можно подключать любой из известных типов датчиков. Выбор типа подключаемого датчика осуществляется программно.
- Возможность вычисления разности измеряемых сигналов двухканальными приборами ТРМ200 и ТРМ202, а также регулирования этой величины прибором ТРМ202.
- Наличие двух цифровых индикаторов, позволяющих, например, одновременно отображать измеренное значение и уставку.
- Встроенный интерфейс RS-485, позволяющий вести регистрацию данных или программировать прибор с компьютера.
- Наличие OPC-сервера и драйверов для связи со SCADA-системами.
- Импульсный источник питания, обеспечивающий работу в широком диапазоне напряжений питающей сети (90...245 В) и значительно повышающий помехоустойчивость приборов.

В новых приборах все программируемые параметры сгруппированы по функциональному признаку, доступ к каждой группе осуществляется через главное меню прибора. В режиме «ПРОГРАММИРОВАНИЕ» во время просмотра параметров и смены их значений прибор не прекращает регулирование, новые значения вступают в силу сразу же после их изменения.

Приборы серии ТРМ2хх благодаря наличию встроенного интерфейса RS-485 могут связываться в сеть (с количеством узлов до 256) и работать в составе распределенной системы управления.

Измерители-регуляторы ТРМ201 и ТРМ202 предназначены для измерения и регулирования температуры различных сред, а также других физических величин, преобразованных в электрический унифицированный сигнал по току. Приборы ТРМ201 и ТРМ202 рекомендуются к применению вместо приборов ТРМ1 и 2ТРМ1 соответственно.

Функциональные схемы приборов представлены на рис. 2.12 и 2.13.

ТРМ201 имеет один вход для подключения измерительного датчика. ТРМ202 содержит два входа, при этом возможно подключение датчиков различных типов.

Блок обработки данных предназначен для предварительной обработки входного сигнала (масштабирования, цифровой фильтрации, вычисления квадратного корня (при необходимости), коррекции), индикации измеренной величины и формирования сигнала управления выходным устройством. Блок обработки данных включает логическое устройство (ЛУ), которое может работать в одном из трех режимов:

- Двухпозиционный регулятор. Для работы ЛУ в этом режиме требуется выходное устройство (ВУ) ключевого типа (реле, оптосимистор, транзисторный ключ).
- П-регулятор – реализуется аналоговое П-регулирование.
- Измеритель-регистратор.

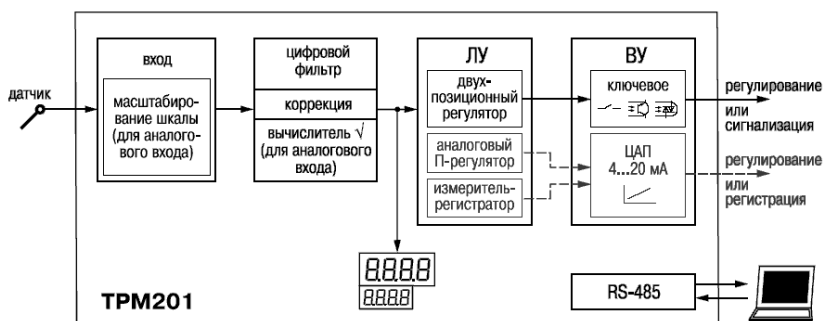


Рис. 2.12. Функциональная структура прибора ТРМ201

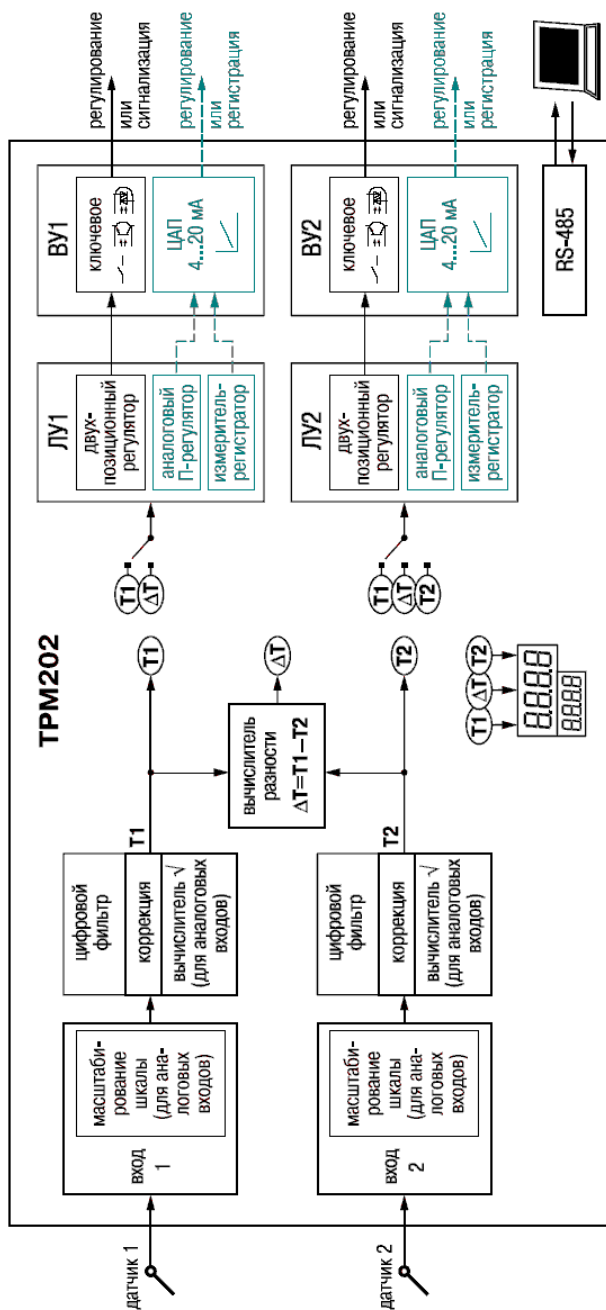


Рис. 2.13. Функциональная структура прибора TRM202

Для реализации П-регулятора и измерителя-регистратора требуется установка в качестве выходного устройства цифро-аналогового преобразователя с выходным сигналом 4...20 мА.

Тип выходного устройства определяется при заказе прибора.

Общая схема подключения приборов ТРМ201 и ТРМ202 показана на рис. 2.14.

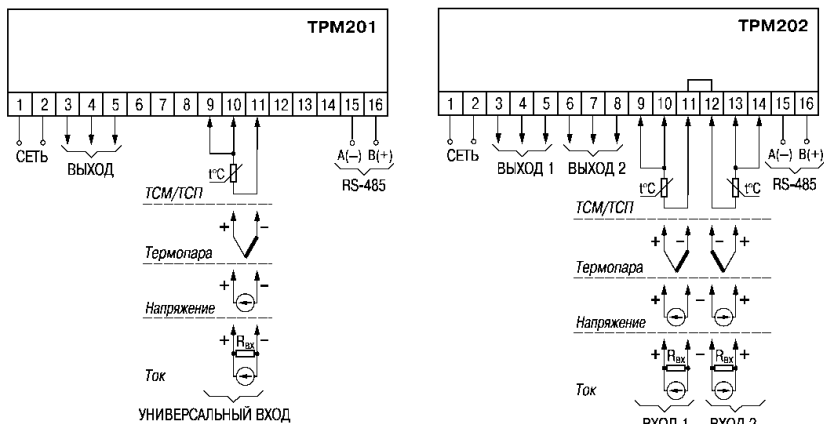


Рис. 2.14. Общая схема подключения приборов ТРМ201 и ТРМ202

Схема подключения выходных устройств приборов ТРМ201 и ТРМ202 полностью аналогична схеме подключения ТРМ1 и 2ТРМ1 (рис. 2.6).

2.1.5. ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ ПИД-РЕГУЛЯТОР ТРМ151

Универсальный программный ПИД-регулятор позволяет создавать системы программного регулирования различной сложности в различных отраслях производства.

Прибор ТРМ151 имеет возможность независимо управлять двумя объектами (например, двумя печами). Он имеет два встроенных универсальных входа и выхода. Однако, путем подключения модулей аналогового ввода и вывода MBA8 и MBY8 по интерфейсу RS-485 существует возможность расширения входов и выходов.

В отличие от традиционно жесткой архитектуры программ, используемой в приборах компании «ОВЕН», в регуляторе ТРМ151 применен принцип свободного программирования архитектуры программы, что обычно свойственно контроллерам [29]. Все параметры ТРМ151, описывающие его структурные элементы – регуляторы, вычислители, входные и выходные модули и т.д. – объединены в автономные модули.

Из модулей, как из кубиков, собирается конфигурация прибора. Для этого пользователю необходимо установить связи между этими модулями.

Также для простоты дальнейшей эксплуатации модули можно группировать и оперировать с этими обобщенными блоками, не вдаваясь в их детализацию. В ТРМ151 введено два таких уровня обобщения – канал регулирования и объект регулирования.

Для объекта регулирования можно создать один или несколько каналов регулирования. Подобный подход позволяет обеспечить лучшую связь прибора с реальными объектами. Например, в случае поломки одного из датчиков в режим АВАРИЯ переводится весь объект, а не только выходной элемент, связанный с этим датчиком. И не произойдет «перекосов» в работе из-за того, что одни каналы объекта работают в обычном режиме, а другие – в аварийном. ТРМ151 позволяет организовать управление двумя независимыми объектами.

Канал регулирования включает в себя входное устройство, регулятор и выходное устройство (рис. 2.15). Всего прибор позволяет создать внутри себя 8 каналов регулирования с различными параметрами.

Существует множество технологических процессов, в которых требуется не постоянное поддержание величины регулируемого параметра, а изменение этой величины по заранее определенному закону. Приборы с такими функциями часто называют *программными задатчиками*. ТРМ151 также относится к классу программных задатчиков. При этом закон или последовательность изменения регулируемых прибором параметров системы в данном приборе названа *программой технолога*.



Рис. 2.15. Организация канала регулирования в приборе ТРМ151

Программа технолога состоит из набора конечного числа этапов – шагов программы. На каждом шаге пользователем задаются уставка, длительность шага и условия перехода на следующий шаг: по времени, по достижении определенного значения – измеренного или вычисленного, а также по комбинации времени и достижения значения.

Всего в ТРМ151 для одного объекта регулирования можно задать до 12 независимых программ технолога по 10 шагов. При этом каждая из 12 программ может исполняться как вложенная подпрограмма на одном из шагов другой программы. Такая гибкая система перехода между программами позволяет описать технологический процесс, практически, любой сложности

ТРМ151 имеет два универсальных входа, к которым можно подключать датчики (в том числе разного типа):

- термопреобразователи сопротивления типа ТСМ/ТСП;
- термопары ТХК(L), ТХА(K), ТЖК(J), ТНН(N), ТПП(R), ТПП(S), ТПР(V), ТВР(A-1,2,3);
- датчики с унифицированным выходным сигналом тока 0(4)...20 мА или напряжения 0...1 В.

Кроме того, ТРМ151 может снимать показания с 8-ми датчиков, подключенных к внешним модулям измерения МВА8 компании ОВЕН, по сети RS-485.

В приборе в зависимости от заказа могут быть установлены два выходных элемента в любых сочетаниях:

- реле 4 А 220 В;
- транзисторные оптопары п–р–п-типа 200 мА, 40 В;
- симисторные оптопары 50 мА, 300 В;
- цифроаналоговый преобразователь «параметр–ток 4...20 мА».

Кроме того, ТРМ151 может использовать 8 выходных элементов внешних модулей вывода ОВЕН МВУ8 по сети RS-485.

Общая схема подключения датчиков и выходных устройств полностью идентична прибору ТРМ202 (рис.2.13).

ТРМ151 может осуществлять регулирование различных измеренных или вычисленных величин. По измеренным сигналам ТРМ151 может осуществлять вычисление:

- относительной влажности (психрометрический метод);
- квадратного корня из измеренной величины;
- разности измеренных величин;
- среднего арифметического измеренных величин;
- минимальной и максимальной среди измеренных величин;
- суммы и частного измеренных величин.

Для регулирования в ТРМ151 предусмотрено восемь программных модулей – регуляторов, каждый из которых может работать по двухпозиционному или по ПИД-закону регулирования. Одновременно в ТРМ151 могут работать два регулятора.

ТРМ151 имеет важную особенность, выгодно отличающую его от других приборов, – это возможность на разных шагах программы подключать разные регуляторы к одному и тому же выходному устройству. Такая особенность прибора позволяет решать множество задач, которые ранее были трудно реализуемыми. В качестве примера можно привести процесс обжига керамики.

Технологический процесс обжига керамики требует точного регулирования в широком диапазоне температур. При этом на первом этапе поддерживается температура близкая к комнатной, а на последующих этапах – равная нескольким сотням градусов. Нагрев осуществляется одним нагревательным элементом. На разных температурах и при большом разбросе мощности исполнительного механизма коэффициенты ПИД-регулятора будут разными, поэтому добиться точной настройки одного ПИД-регулятора для работы в широком диапазоне температур практически невозможно. В этом случае спасает возможность переключаться с регулятора на регулятор на разных шагах технологического цикла. Достаточно организовать несколько, например три, различных регулятора с различными коэффициентами настройки ПИД-алгоритма для разных уставок и присоединить всех их к одному исполнительному механизму (рис. 2.16).

ТРМ151 имеет встроенный интерфейс RS-485, обмен данными ведется по стандартному сетевому протоколу ОВЕН. Наличие интерфейса RS-485 позволяет подключить прибор к компьютеру для регистрации измеряемых величин или к SCADA-системам. Помимо этого, посредством RS-485 ТРМ151 может обмениваться данными с внешними модулями ввода-вывода MBA8 и MBY8.

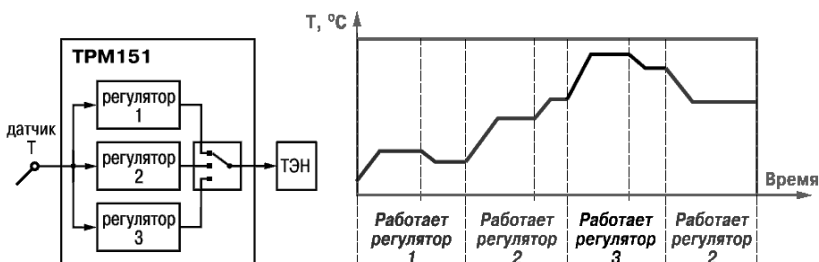


Рис. 2.16. Пример использования прибора ТРМ151

Для конфигурирования ТРМ151 и модулей ОВЕН МВА8 и МВУ8 созданы специальные бесплатные программы-конфигураторы. Они облегчают этап настройки приборов и позволяют получить быстрый доступ к любому параметру прибора. Все конфигураторы имеют удобный пользовательский интерфейс и систему подсказок. Для работы с конфигуратором необходимо установить программу на компьютере и подключить к нему прибор или через сеть RS-485 или с помощью преобразователя интерфейсов ОВЕН АС3.

2.2. Регулирующие приборы НПФ «КонтрАвт»

Научно-производственная фирма «КонтрАвт» (www.contravt.ru) производит большую линейку локальных интегрированных регуляторов различной степени сложности и функционального предназначения. Это двух- и трехпозиционные терморегуляторы, это ПИД- и ПДД-регуляторы (регулятор, реализующий функции ПИД-регулирования совместно с реверсивными исполнительными механизмами интегрирующего типа: трехходовые клапаны, задвижки и т.п.). Они могут иметь от 1 до 6 независимых каналов, принимать входной сигнал разной природы и управлять различными устройствами на выходе. Используются в качестве регуляторов температуры, давления, уровня, расхода и других технологических параметров в различных отраслях промышленности, техники, науки и сельского хозяйства.

Линейка микропроцессорных регуляторов НПФ «КонтрАвт» включает:

- Универсальный ПИД-регулятор Т-424.
- Двухпозиционный многоканальный регулятор-измеритель МЕТАКОН-5х2 с количеством каналов 1, 2, 3 или 6.
- Многоканальный ПИД-регулятор МЕТАКОН-5х3 с количеством каналов 1, 2 или 3.
- Многоканальный ПДД-регулятор МЕТАКОН-5х4 с количеством каналов 1, 2 или 3 (ПИД-регулятор, применяемый совместно с реверсивными исполнительными механизмами интегрирующего типа).
- Быстродействующий ПИД-регулятор с ШИМ и токовым сигналами управления МЕТАКОН-515.
- Программный ПИД-регулятор МЕТАКОН-613/614.

Самые простые – это позиционные регуляторы МЕТАКОН-5х2. Нередко их используют только для измерения и индикации параметра, так как любой локальный интегрированный регулятор – это еще и измерительный прибор высокой точности.

Регуляторы Т-424 и МЕТАКОН-515 чаще всего используются в химической и нефтехимической промышленности. Регулятор Т-424 бла-

годаря возможности реализации регулятора соотношения различных величин и наличию токового выхода. Регулятор МЕТАКОН-515 имеет высокое быстродействие и токовый выход, необходимые для управления электропневматическими преобразователями, преобразователями частоты (инверторами) и другими устройствами, рассчитанными на управление унифицированным токовым сигналом.

МЕТАКОН-5х3/5х4 – универсальные регуляторы с ШИМ-сигналом управления используются во многих отраслях промышленности для управления самыми разными исполнительными устройствами.

Наиболее функциональными представляются регуляторы серии МЕТАКОН-613/614. В их памяти может храниться до 10 программ, состоящих из 20 шагов. Кроме того, к временной диаграмме может быть привязано управление еще тремя дополнительными устройствами.

Все регуляторы серии МЕТАКОН имеют достаточно высокую точность измерения – основная погрешность измерений не превышает 0,1%. К входам регуляторов могут быть подключены:

- термопары ТХА(К), ТХК(L), ТПП(S), ТПР(V), ТВР(A-1), ТЖК(J), ТНН(N);
- термометры сопротивления 50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, Pt100;
- датчики с унифицированным сигналом тока (0...5 мА, 0(4)...20 мА) или напряжения (0...1 В, 0...10 В).

Регуляторы серии МЕТАКОН имеют единые габаритные размеры 96×96×162 мм и предназначены для щитового монтажа. Внешний вид регуляторов этой серии показан на рис. 2.17.

Регуляторы должны эксплуатироваться в закрытых взрывобезопасных помещениях без агрессивных паров и газов и при температуре окружающего воздуха 0...50 °С.

Наличие интерфейса RS-485 позволяет создавать на базе регуляторов МЕТАКОН автоматизированные системы сбора данных и управления технологическими процессами. Скорость обмена по сети может быть выбрана из ряда 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 кбит/с.



Рис. 2.17. Внешний вид регуляторов МЕТАКОН

2.2.1. РЕГУЛЯТОРЫ СЕРИИ МЕТАКОН-5Х2

В состав серии МЕТАКОН-5х2 [30] входят одно-, двух-, трех- и шестиканальные регуляторы (соответственно МЕТАКОН-512, 522, 532, 562), выполняющие функции измерения и 2-, 3-позиционного регулирования.

Регуляторы МЕТАКОН-5х2 используются для автоматизации технологических процессов, построения многоканальных систем измерения, регулирования и контроля технологических параметров, а также систем сигнализации. Регуляторы выполнены на микропроцессорной основе, обладают высокой точностью измерения, надежны и просты в эксплуатации.

На рис. 2.18 показана функциональная структура регулятора МЕТАКОН-5х2 (для всех модификаций кроме МЕТАКОН-562). К входу каждого из каналов могут подаваться сигналы от термопар, термометров сопротивления или унифицированные сигналы тока или напряжения. Модификация входного сигнала определяется при заказе прибора.

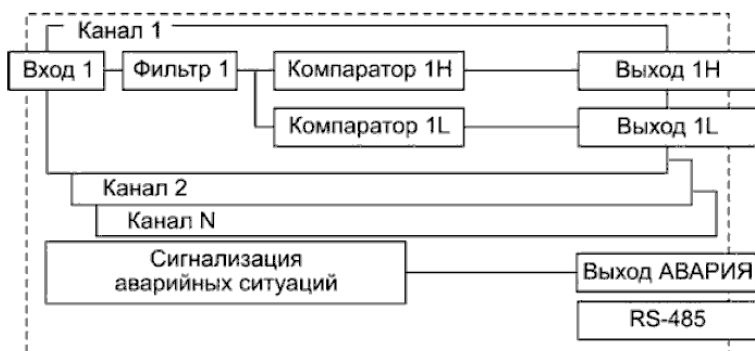


Рис. 2.18. Функциональная структура регулятора МЕТАКОН-5х2

В каждом канале регулятора осуществляется:

- Цифровая фильтрация входных сигналов.
- Масштабирование линейных сигналов и отображение результата измерения на цифровом дисплее в единицах физических величин.
- Двухпозиционное регулирование по двум уровням или трехпозиционное регулирование.
- Гальваническая развязка входного и выходного сигналов.
- Контроль обрыва входных линий и аварийных ситуаций.

Логика работы компараторов, используемых в регуляторе МЕТАКОН-5х2, описывается различными функциями (рис. 2.19). Функции, зоны возврата и уставки всех компараторов задаются программным путем и могут быть различными для разных каналов регулятора.

В зависимости от заказа в регуляторе МЕТАКОН-5х2 в качестве выходного устройства могут использоваться транзисторы с открытым

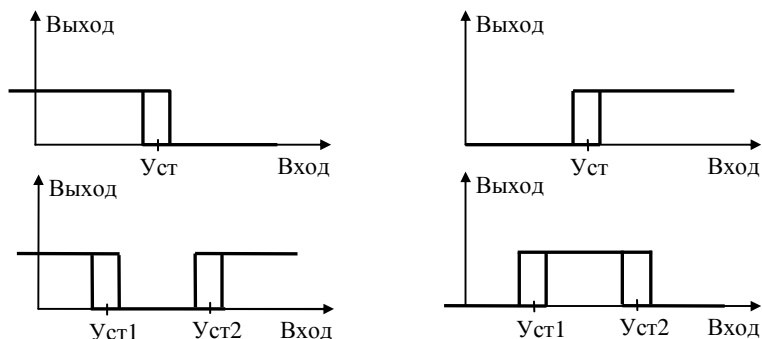


Рис. 2.19. Функции компараторов регулятора МЕТАКОН-5х2

коллектором (коммутируемое напряжение до 24 В, ток до 150 мА) или электромеханическое реле (постоянное/переменное напряжение 110 В/250 В, активная/индуктивная нагрузка 5 А/2 А).

2.2.2. ПИД-РЕГУЛЯТОРЫ МЕТАКОН-5Х3/5Х4

В состав этой серии входят одно-, двух- и трехканальные ПИД-регуляторы с универсальным входом, рассчитанным на подключение термопар, термосопротивлений и унифицированного токового сигнала, с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) выходного сигнала и аварийной сигнализацией по двум независимым уровням.

Регуляторы МЕТАКОН-513/523/533 применяются совместно с исполнительными механизмами однонаправленного действия (электронагреватели, впускные клапаны, компрессоры холодильников и т.п.) и реализуют импульсное ПИД-управление типа НАГРЕВ/ОХЛАЖДЕНИЕ (ТЭНы, компрессоры холодильников и т.п.).

Регуляторы МЕТАКОН-514/524/534 применяются совместно с электрическими реверсивными исполнительными механизмами интегрирующего типа, например типа МЭО.

На рис. 2.20 показана функциональная структура регулятора МЕТАКОН-5х3/5х4 (для всех модификаций кроме МЕТАКОН-533/534). К входам регуляторов могут быть подключены термопары, термометры сопротивления и датчики с унифицированным выходным сигналом тока или напряжения. Модификация входов регулятора определяется при заказе прибора.

Измеренный входной сигнал может быть подвергнут цифровой фильтрации. Постоянная времени фильтра задается программно и выбирается из диапазона 0...10 с.

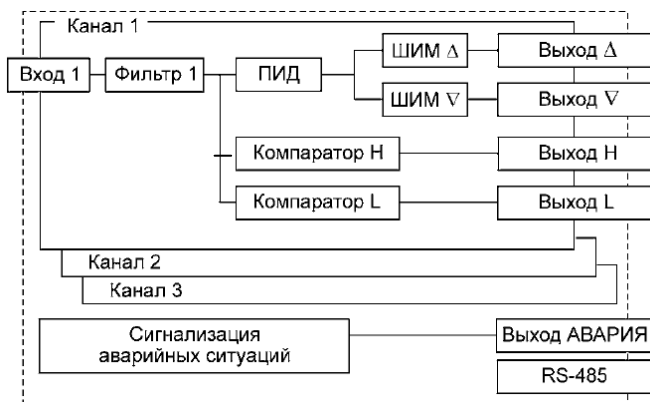


Рис. 2.20. Функциональная структура регулятора МЕТАКОН-5х3/5х4

Во всех ПИД-регуляторах НПФ «КонтрАвт» реализован режим автоматической настройки параметров. Он уменьшает время пуска-наладки и позволяет получить высокое качество регулирования даже пользователям-неспециалистам. В этом режиме регулятор выполняет двухпозиционное регулирование и по колебаниям измеренного сигнала рассчитывает параметры ПИД-регулятора, а затем автоматически переходит в режим ПИД-регулирования. Длительность настройки – один период колебаний в системе. Найденные таким образом параметры сохраняются в энергонезависимой памяти, поэтому при работе с одной и той же системой настройка производится только один раз. При необходимости параметры могут быть скорректированы вручную оператором.

Регулятор обрабатывает сигнал рассогласования $\varepsilon = x - p$, где x – входной сигнал, p – уставка регулятора. Сигнал управления E формируется путем ограничения выходного сигнала U ПИД-алгоритма (рис. 2.21). Выходной сигнал ПИД-алгоритма определяется выражением:

$$U = -(100\%/Pb) \left(\varepsilon + \frac{1}{ti} \int \varepsilon dt + td \frac{d\varepsilon}{dt} \right),$$

где Pb – зона пропорциональности; ti – постоянная времени интегрирования; td – постоянная времени дифференцирования.

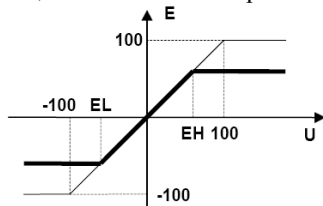


Рис. 2.21. Формирование сигнала управления E регулятора МЕТАКОН-5х3

Сигнал управления E ограничен пределами EL , EH , которые задаются при конфигурировании регулятора.

Ограниченный сигнал управления поступает на широтно-импульсные модуляторы: положительные значения преобразуются модулятором ШИМ Δ , отрицательные – модулятором ШИМ ∇ .

Модуляторы преобразуют сигнал управления в последовательность импульсов с периодом PP . Длительность импульсов (интервал времени, в течение которого замкнуты контакты соответствующего реле) пропорциональна величине сигнала управления (рис. 2.22). Период последовательности устанавливается при конфигурировании регулятора.

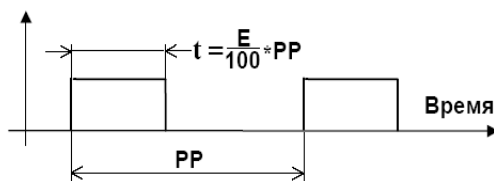


Рис. 2.22. Формирование выходного сигнала регулятора МЕТАКОН-5х3

ВЫХОД Δ предназначен для управления исполнительным устройством, функционирование которого приводит к увеличению регулируемой величины (например, управление нагревателем), а **ВЫХОД ∇** – к уменьшению регулируемой величины (например, управление охладителем).

Компараторы H и L предназначены для аварийной сигнализации выхода измеряемого технологического параметра за допустимые пределы.

В процессе работы прибор обнаруживает и выдает сообщения об аварийных ситуациях, связанных с нарушением работы прибора. Таковыми ситуациями являются:

- выход измеренных значений за пределы диапазонов измерения прибора;
- обрыв проводов подключения термопреобразователя;
- нарушение параметров, хранимых в энергонезависимой памяти (обнаруживается при включении питания);
- аппаратная неисправность прибора, выявленная в процессе самодиагностики.

В случае аварийной ситуации в приборе включается выходное реле **АВАРИЯ** (контакты реле замыкаются), а аварийный канал переходит в режим **АВАРИЯ**.

Для ограничения возможности изменения параметров прибора в нем предусмотрен режим защиты от несанкционированного доступа (пароль). Пароль представляет собой любое число от 1 до 255. Пароль устанавливается пользователем в режиме конфигурирования прибора.

Глава 3

МАЛОКАНАЛЬНЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ

3.1. Контроллер малоканальный многофункциональный регулирующий микропроцессорный «Ремиконт Р-130»

Контроллер предназначен для построения современных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и позволяет выполнять оперативное управление с использованием персональных ЭВМ, автоматическое регулирование, автоматическое логико-программное управление, автоматическое управление с переменной структурой, защиту и блокировку, сигнализацию, регистрацию событий. Контроллеры Р-130 позволяют осуществлять объединение в кольцевую сеть «Транзит», реализованную на основе интерфейса ИРПС.

Контроллер имеет проектную компоновку, которая позволяет пользователю выбрать нужный набор модулей и блоков согласно числу и виду входных/выходных сигналов. В состав Ремиконта входит блок контроллера БК-1 и ряд дополнительных блоков, расширяющих его возможности (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Состав контроллера «Ремиконт Р-130»

Блок контроллера БК-1 преобразует аналоговые и дискретные сигналы в цифровую форму, а также осуществляет обратные преобразования, ведет обработку информации в цифровой форме и обеспечивает обслуживание лицевой панели (ЛП) и пульта настройки (ПН).

В основную часть блока контроллера входят:

➤ Модуль процессора ПРЦ-10, предназначенный для обработки информации, поступающей из других модулей, в соответствии с заданной программой.

➤ Модуль контроля и программирования МКП-10, обслуживающий клавиатуру и индикаторы лицевой панели и пульта настройки.

➤ Модуль стабилизированного напряжения МСН-10, обеспечивающий стабилизированным питанием весь блок контроллера вместе с пультом настройки.

В переменную часть блока контроллера входят:

➤ Модули УСО (устройство связи с объектом), преобразующие аналоговые и дискретные сигналы в цифровую форму, а также осуществляющие обратные преобразования.

➤ Лицевая панель ЛП, с помощью которой осуществляется оперативное управление технологическим процессом.

В контроллер устанавливаются 2 любых сменных модуля входа/выхода УСО, выбираемых заказчиком из таблицы.

Модуль		Количество входных/выходных сигналов			
Наименование модуля УСО	Код	Аналоговых		Дискретных	
		Вход	Выход	Вход	Выход *
МАС (аналоговых сигналов)	1	8	2	—	—
МДА (дискретно-аналоговых)	2	8	—	—	4
МСД3 (сигналов дискретных)	3	—	—		16
МСД4 (сигналов дискретных)	4	—	—	4	12
МСД5 (сигналов дискретных)	5	—	—	8	8
МСД6 (сигналов дискретных)	6	—	—	12	4
МСД7 (сигналов дискретных)	7	—	—	16	—

* Каждая пара дискретных выходов может выполнять функции одного импульсного выхода с цепями «больше» – «меньше», общее количество импульсных выходов – 4.

Различные комбинации модулей УСО дают 30 модификаций блока контроллера.

Контроллер может работать со следующими входными сигналами:

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

Унифицированные аналоговые сигналы подаются непосредственно на клеммно-блочные соединители, соединенные с блоком контроллера. Сигналы от термопар и термометров сопротивления заводятся в контроллер через устройства БУТ-10 и БУС-10 соответственно.

Устройства БУТ-10 и БУС-10 представляют собой усилители сигналов. Они преобразуют сигналы от термопар и термометров сопротивлений в унифицированный сигнал 0 – 5 мА. Оба усилителя имеют два независимых канала усиления.

На выходах Ремиконта могут быть сформированы следующие управляющие сигналы:

- унифицированные аналоговые сигналы постоянного тока 0 – 5, 0 – 20, 4 – 20 мА;
- дискретные сигналы:
 - транзисторного выхода:
 - максимальное напряжение коммутации 40 В;
 - максимальный ток нагрузки 0,3 А;
 - сильноточного релейного выхода:
 - максимальное напряжение коммутации 220 В;
 - максимальный ток нагрузки 2 А.

Сильноточные выходные дискретные сигналы формируются на выходе Ремиконта при использовании блока усилителя мощности БУМ-10. Усилитель содержит четыре независимых реле с мощными выходными нормально разомкнутыми контактами.

Блок переключения БПР-10 предназначен для коммутации аналоговых или дискретных сигналов и применяется при необходимости внешней коммутации, блокировок, переключений.

Пульт настройки ПН-1 предназначен для технологического программирования контроллера, его статической и динамической настройки, а также для контроля сигналов в процессе наладки системы.

Блок питания БП-1 преобразует сетевое напряжение переменного тока 220 В в нестабилизированное напряжение постоянного тока 24 В. Это напряжение используется для питания блока контроллера БК-1 и

усилителей БУТ-10 и БУС-10, а также для питания дискретных входов и выходов контроллера.

Язык программирования Ремиконта Р-130 является непроцедурным. При программировании не задается порядок выполнения операций, а создается виртуальная (кажущаяся) структура, которая описывает информационную организацию контроллера и характеризует его как звено системы управления.

Часть элементов виртуальной структуры реализована аппаратно: аппаратура ввода-вывода информации, аппаратура оперативного управления и настройки, аппаратура интерфейсного канала. Часть реализовано программно в виде алгоритмических блоков (алгоблоков) и библиотеки алгоритмов.

Алгоблок служит для хранения одного из библиотечных алгоритмов контроллера. Алгоблок с помещенным в него алгоритмом может рассматриваться как виртуальный прибор, выполняющий алгоритмическую обработку информации в соответствии с помещенным в него алгоритмом. Он обладает входами и выходами в количестве, присущем данному алгоритму. Алгоблоки соединяются друг с другом и с входами-выходами контроллера программным путем. В Ремиконте Р-130 можно использовать до 99 алгоблоков.

Библиотека алгоритмов – это перечень алгоритмов управления, которые могут помещаться в алгоблоки. Библиотека насчитывает 76 алгоритмов. В ее состав входят алгоритмы автоматического регулирования, динамических преобразований, логики, арифметических операций.

Часть библиотечных алгоритмов, которые называются специальными, выполняют особую задачу: они связывают аппаратуру контроллера с основной массой функциональных алгоритмов. К специальным алгоритмам относятся: алгоритмы ввода и вывода аналоговых и дискретных сигналов; алгоритмы обслуживания лицевой панели; алгоритмы приема и передачи сигналов через интерфейсный канал.

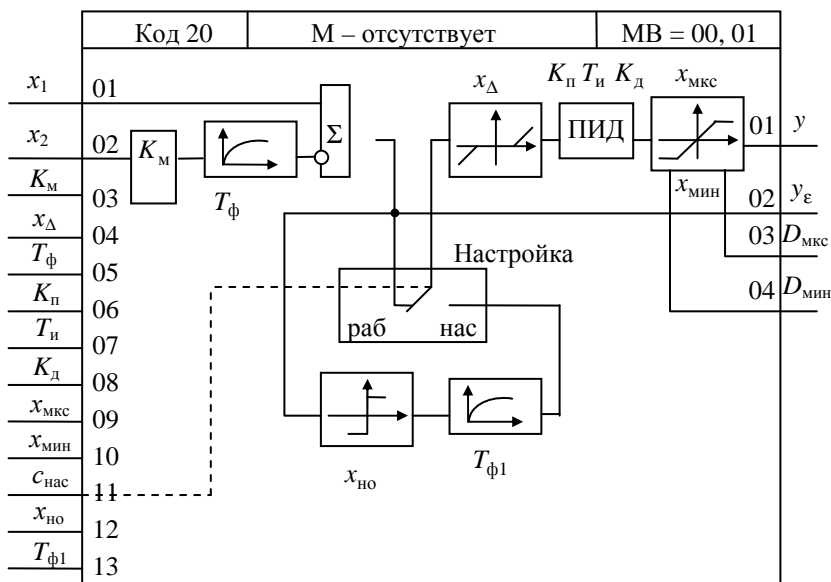
Аппаратные средства виртуальной структуры (УСО, лицевая панель, интерфейсный канал) начинают выполнять свои функции после того, как в какие-либо алгоблоки будут помещены соответствующие алгоритмы.

В качестве примера библиотечного алгоритма на рис. 3.2 представлена функциональная схема алгоритма «Регулирование аналоговое РАН».

Функциональная схема алгоритма содержит несколько звеньев. Звено, выделяющее сигнал рассогласования, суммирует два входных сигнала, при этом один из сигналов масштабируется, фильтруется и инвертируется. Сигнал рассогласования ε на выходе звена (без учета фильтра) равен

$$\varepsilon = x_1 - k_m x_2,$$

где k_m – масштабный коэффициент.



**Рис. 3.2. Функциональная схема алгоритма
«Регулирование аналоговое РАН»**

Фильтр имеет передаточную функцию

$$W(p) = 1/(T_{\phi} p + 1),$$

где T_{ϕ} – постоянная времени фильтра.

Зона нечувствительности не пропускает на свой выход сигналы, значения которых находятся в пределах от $-x_{\Delta}/2$ до $x_{\Delta}/2$.

ПИД-звено выполняет преобразование в соответствии с передаточной функцией

$$W(p) = K_{\pi} \left(1 + \frac{1}{T_i p} + \frac{K_d T_i p}{(1 + K_d T_i p / 8)^2} \right),$$

где K_{π} , T_i , K_d – соответственно коэффициент пропорциональности, постоянная времени интегрирования и коэффициент времени дифференцирования.

На выходе ПИД-звена устанавливается ограничитель, который ограничивает выходной сигнал алгоритма по максимуму x_{MKS} и миниму-

му x_{\min} . Момент достижения выходным сигналом ПИД-звена значений x_{\max} и x_{\min} фиксируют два дискретных выхода D_{\max} и D_{\min} .

Алгоритм содержит узел настройки, состоящий из переключателя режимов «настройка-работа», нуль-органа и дополнительного фильтра с постоянной времени $T_{\phi 1}$. При дискретном сигнале на входе $c_{\text{нас}} = 1$ алгоритм переходит в режим настройки, и в замкнутом контуре регулирования устанавливаются автоколебания. Параметры этих колебаний (амплитуда и период), которые контролируются на выходе y_{ε} , используются для определения параметров настройки регулятора.

Общие правила программирования. В исходном состоянии в алгоблоках отсутствуют алгоритмы управления, и алгоблоки не связаны друг с другом и аппаратной частью виртуальной структуры. При программировании контроллера алгоритмы помещаются в алгоблоки и между алгоблоками программно устанавливаются связи.

При размещении алгоритмов в алгоблоках в большинстве случаев действуют два правила:

1. Любой алгоритм можно помещать в любой (по номеру) алгоблок, за исключением алгоритмов, обслуживающих лицевую панель. Эти алгоритмы могут быть помещены в первые четыре алгоблока (номер алгоблока определяет номер контура регулирования).
2. Один и тот же алгоритм можно помещать в разные алгоблоки, т.е. использовать многократно.

При размещении необходимо задать реквизиты (параметры) алгоритма: библиотечный номер, модификатор и масштаб времени.

Библиотечный номер представляет собой двухзначное число, под которым данный алгоритм хранится в библиотеке, и является основным параметром, характеризующим свойства алгоритма.

Модификатор задает дополнительные свойства алгоритма. В частности в алгоритме суммирования модификатор задает число суммируемых входных сигналов, в алгоритме программного задатчика – количество участков и т.д.

Масштаб времени имеется только в алгоритмах, чья работа связана с реальным временем, например, регулирование, программный задатчик, таймер и т.д. Масштаб времени задает одну из двух размерностей для временных сигналов или параметров. Если контроллер настроен на младший диапазон, то масштаб времени индивидуально в каждом алгоблоке задает масштаб «секунды» или «минуты». Для старшего диапазона масштаб времени задает «минуты» или «часы».

Соединение алгоблоков между собой и с аппаратной частью контроллера осуществляется операцией конфигурирования. В процессе конфигурирования для каждого входа алгоблока задается источник сиг-

нала или параметры настройки, т.е. каждый вход алгоблока находится в одном из двух состояний – связанном или свободном.

Вход считается связанным, если он соединен с выходом какого-либо алгоблока, в противном случае вход считается свободным.

Сигналы на свободных входах могут быть представлены в виде констант или в виде коэффициентов. Отличие между ними заключается в возможности их изменения: константы можно устанавливать и изменять только в режиме программирования, коэффициенты можно также устанавливать и изменять и в режиме работы.

Возможности конфигурирования не зависят от алгоритма, помещенного в алгоблок, и определяются тремя правилами:

1. Любой вход любого алгоблока можно связать с любым выходом любого алгоблока или оставить свободным.

2. На любом свободном входе любого алгоблока можно вручную задавать сигнал в виде константы или коэффициента.

3. На любом входе любого алгоблока сигнал можно инвертировать.

Исключениями из этих правил являются неявные входы и выходы тех алгоритмов, которые связывают аппаратуру контроллера с основной массой функциональных алгоритмов.

В целях упрощения процесса программирования из библиотеки контроллера можно переписать в ОЗУ уже готовые, так называемые стандартные конфигурации аналогового (рис. 3.3) и импульсного регуляторов. При этом процесс программирования сводится к вызову стандартной конфигурации, к установке заданных параметров настройки алгоритмов (коэффициентов и констант на свободных входах алгоблоков), а также к изменению или дополнению (если требуется) этой стандартной конфигурации с помощью обычных процедур программирования.

На рис. 3.3 показана структурная схема стандартной конфигурации «Регулятор аналоговый РЕГА», предназначенной для построения контура регулирования с аналоговым выходным сигналом (свободные входы алгоблоков на рисунке не показаны).

«Регулятор аналоговый РЕГА» содержит шесть алгоритмов.

- ОКО – алгоритм оперативного контроля контуров – применяется для связи лицевой панели контроллера с алгоритмами ЗДН, РУЧ, РАН и др. Алгоритм позволяет контролировать сигналы задания и расогласования, входной и выходной сигналы, параметры программного задания (при программном регулировании) и т.п.

- ВАА и АВА – соответственно, ввод аналоговый группы А и аналоговый вывод группы А – применяются для связи функциональных алгоритмов с аппаратными средствами аналогового ввода (АЦП группы А) и вывода (ЦАП группы А).

- ЗДН – алгоритм «задание» – применяется для изменения режима задания и формирования сигнала ручного задания в контуре регулирования.

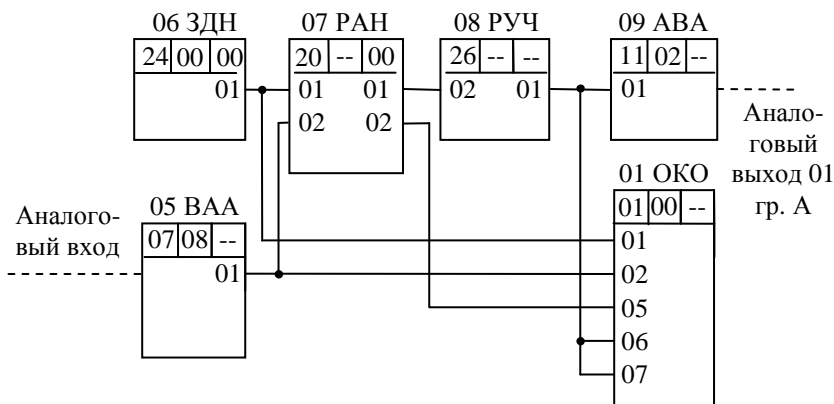


Рис. 3.3. Стандартная конфигурация 01 «Регулятор аналоговый РЕГА»

- РАН – алгоритм ПИД-регулирования.
- РУЧ – алгоритм «ручное управление» – используется для изменения режима управления (ручное – автоматическое) и изменения выходного сигнала регулятора в ручном режиме.

Процедуры технологического программирования и настройки.
В режиме программирования задаются все программируемые параметры контроллера, определяющие его алгоритмическую структуру, т.е. действия, которые будет совершать контроллер как звено системы управления. Эти параметры в общем случае задаются трехступенчатым методом: вначале выбирается та или иная процедура программирования, в ней выбирается нужная операция, и в пределах этой операции устанавливаются требуемые параметры.

В контроллере имеются восемь процедур программирования:

1. Тестирование («Тест»).
2. Приборные параметры («Приб»).
3. Системные параметры («Сист»).
4. Алгоритмы («Алг»).
5. Конфигурация («Конф»).
6. Параметры настройки («Настр»).
7. Начальные условия («Н.усл.»).
8. Работа с ППЗУ («ППЗУ»).

В процедуре «Тест» можно осуществить проверку ОЗУ, ПЗУ, ППЗУ, интерфейсного канала, сторожа цикла, пульта настройки и лицевой панели, средств вывода информации.

В процедуре «Приб» задаются и контролируются параметры, характеризующие контроллер в целом. Здесь производится очистка ОЗУ и

установка стандартной конфигурации, задание модификации контроллера, установка времени цикла (времени опроса входов и выдачи управляющих сигналов) и др.

В процедуре «Сист» устанавливается режим интерфейса.

В процедуре «Алг» производят заполнение алгоблоков алгоритмами и устанавливают требуемые модификаторы и масштабы времени алгоритмов.

В процедуре «Конф» определяют состояние каждого входа алгоблоков: связанное или свободное. Для связанных входов задают номер алгоблока – источника и номер его выхода, с которым соединяется данный вход. На свободном входе определяется вид параметра настройки: константа или коэффициент.

В процедуре «Настр» устанавливаются значения параметров настройки – как констант, так и коэффициентов. Эта процедура выполняется лишь для тех входов алгоблоков, которые в процедуре конфигурирования были определены как свободные.

В процедуре «Н.усл.» устанавливаются значения сигналов на выходах алгоблоков, с которыми алгоблоки начнут работать при переходе в режим «работа».

В процедуре «ППЗУ» выполняются операции записи, восстановления, регенерации информации в ОЗУ, ПЗУ, ПППЗУ.

Микроконтроллер «Ремиконт Р-130» изготавливается ОАО «Завод Электроники и Механики», г. Чебоксары, www.zeim.ru.

3.2. Модернизированный малоканальный многофункциональный микропроцессорный контроллер Р-130Isa

Малоканальный микропроцессорный контроллер Р-130 – долгожитель на рынке средств автоматизации управления технологическими процессами. Контроллеры Р-130 производства ОАО «ЗЭиМ» используют многие предприятия страны. Накоплен богатый опыт их применения в различных отраслях: энергетике, химии, нефтехимии, машиностроении, строительной индустрии, целлюлозно-бумажной промышленности. Контроллеры предназначены для построения АСУ ТП и выполняют функции управления и регулирования технологическими процессами. Причина их высокой популярности в том, что контроллеры Р-130 просты в эксплуатации. Технологическое программирование контроллера не требует знания специальных языков и участия высококвалифицированных программистов. Его сможет осуществить технолог, оператор знакомый с традиционными средствами контроля и управления в АСУ ТП.

За время эксплуатации контроллера Р-130 собрано множество замечаний и предложений от потребителей, которые легли в основу его модернизации.

Контроллер Ремиконт P-130Isa представляет новое поколение контроллера P-130. Новый контроллер по сравнению с контроллером P-130 имеет расширенные функциональные возможности, более высокую производительность обработки и передачи данных, а также более развитую систему программирования. Для клиентов-предприятий, уже работающих с контроллерами P-130, сохранены прежние схемы их подключения. В модернизированном варианте прибора остались теми же габаритно-присоединительные размеры.

Архитектура P-130Isa. Изменения в архитектуре контроллера связаны с применением недорогого IBM-PC-совместимого процессорного модуля, построенного на базе микропроцессора i386SX40.

Упрощенная архитектура контроллеров P-130 и P-130Isa показана на рис. 3.4.

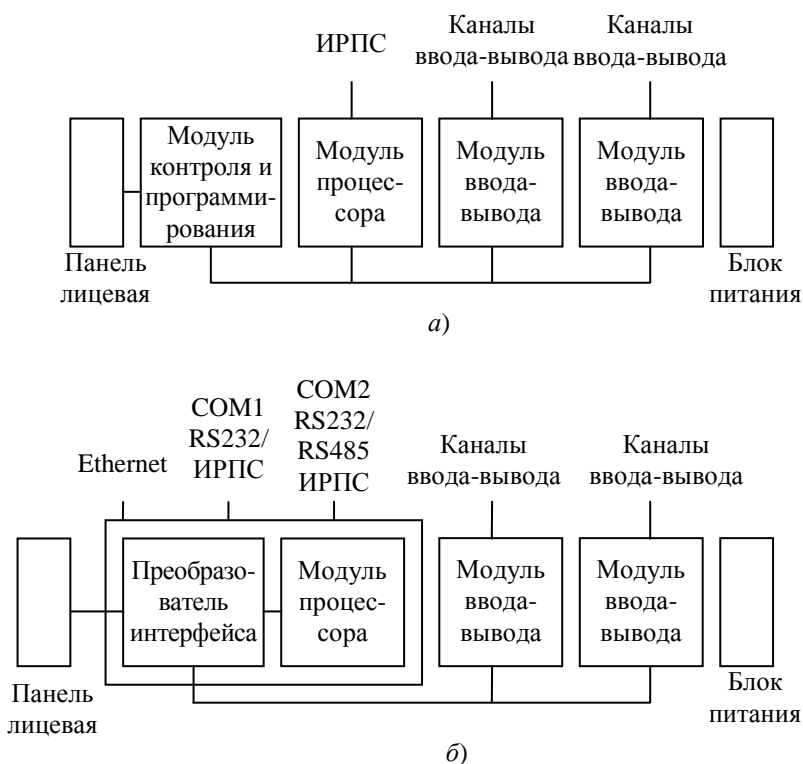


Рис. 3.4. Упрощенная архитектура контроллеров P-130 (а) и P-130Isa (б)

Как видно из рисунка, основные изменения связаны с подключением процессора. Преобразователь интерфейса осуществляет формирование управляющих сигналов внутренней магистрали контроллера, а также преобразование сигналов коммуникационных портов контроллера в гальванически развязанные сигналы интерфейсов RS232, RS485 или ИРПС. Предлагаемый подход позволяет реализовать следующие сетевые архитектуры.

Контроллеры P-130 могут быть подключены к контроллеру P-130Isa посредством интерфейса ИРПС (рис. 3.5). При этом P-130Isa будет работать не только как контроллер, но и как шлюз сети «Транзит». Тем самым осуществляется возможность интеграции существующего парка контроллеров P-130 в современные системы управления технологическими процессами. Функциональные возможности шлюза P-130Isa будут наращиваться, в частности, будут добавлены функции ведения архивов данных для контроллеров P-130.

Для связи контроллеров P-130Isa могут быть использованы интерфейсы RS485 Modbus и Ethernet (рис. 3.6). Во многих случаях, например

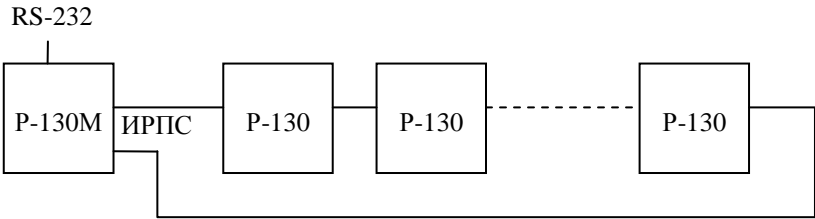


Рис. 3.5. Вариант использования контроллера в качестве шлюза сети «Транзит»

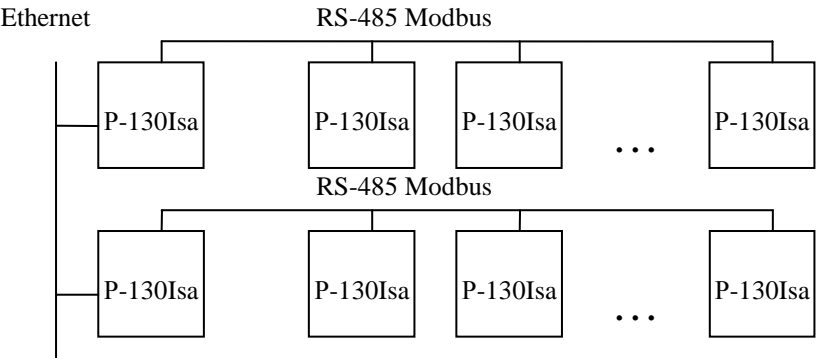


Рис. 3.6. Сеть контроллеров P-130Isa

при плохой предсказуемости доступа к Ethernet, целесообразно использовать для связи между контроллерами интерфейс Modbus, а Ethernet использовать для связи с верхним уровнем системы управления.

Программное обеспечение контроллера базируется на операционной системе жесткого реального времени RTOS-32 фирмы On Time Informatik (www.on-time.com) и исполнительной системы ISaGRAF Target.

Для разработки прикладного программного обеспечения используется система разработки технологических программ ISaGRAF Workbench. Она позволяет использовать шесть типов технологических языков: язык последовательных функциональных схем SFC; язык потоковых диаграмм FC; язык функциональных блоков FBD; расширенный библиотекой алгоритмов P-130 и другими алгоритмами; язык релейных диаграмм LD; язык структурированного текста ST; язык инструкций IL.

Система обеспечивает возможность расширения поставляемых библиотек функций и алгоритмов силами пользователя на языке Си, что позволяет пользователю улучшать целевую задачу ISaGRAF, создавая новые библиотеки и максимально использовать возможности платформы. Такие разработки повышают производительность контроллера, а также делают более удобной для программиста разработку технологических программ.

Преимущества нового контроллера P-130Isa:

- Сохранены все функциональные возможности контроллера P-130 (включая поддержку библиотеки алгоритмов) и габариты – присоединительные размеры.
- Исключены все ошибки программного обеспечения контроллера P-130.
- Проведена комплексная модернизация аппаратного обеспечения.
- Применена встроенная операционная система реального времени RTOS-32.
- Имеются физические интерфейсы – ИРПС, RS232, RS 485.
- Осуществляется поддержка протоколов «Транзит», Modbus и Ethernet TCP/IP.
- Программирование и загрузка пользовательских программ, новых версий программного обеспечения с верхнего уровня через имеющиеся интерфейсные каналы.
- Используется более высокая точность математической обработки сигналов.
- Имеется возможность создания библиотек собственных алгоритмов с программированием на языке C/C++.

3.3. Программируемые логические контроллеры ОВЕН ПЛК

С 2007 года компания ОВЕН (www.owen.ru) начала осуществлять выпуск программируемых контроллеров ОВЕН ПЛК. Выпускаемые контроллеры обладают достаточно мощными аппаратными ресурсами и широкими возможностями программирования. Контроллеры ОВЕН ПЛК построены на современной цифровой элементной базе. Программируются контроллеры ОВЕН ПЛК с помощью профессиональной среды CoDeSys, разработанной немецкой компанией 3S-Software.

Спектр применений ОВЕН ПЛК достаточно широк: как построение распределенных систем управления и диспетчеризации, так и автоматизация небольших задач. Основные отрасли применения: ЖКХ, котельные, энергетика, автоматизация станков и автоматов, пищевая и упаковочная промышленность.

На данный момент компанией выпускается 4 линейки контроллеров:

- ОВЕН ПЛК63/73 (рис. 3.7, а). Небольшие контроллеры для автоматизации малых объектов и установок. Основное направление применения контроллера: HVAC, насосные станции, малые станки по упаковке и переработке. Отличительной особенностью контроллеров являются дисплей и кнопки управления, позволяющие организовать управление установкой прямо с лицевой панели контроллера.

- ОВЕН ПЛК100/150/154 (рис. 3.7, б). Первая линейка контроллеров ОВЕН, пользующаяся наибольшей популярностью за счет лучшего соотношения цена – качество. Основное применение контроллеры получили в сферах ЖКХ, создании и модернизации котлов и котельных комплексов, построении распределенных систем управления и диспетчеризации с использованием как проводных, так и беспроводных технологий. Отличительной особенностью данной линейки является небольшое количество входов/выходов и расширенное количество интерфейсов «на борту» контроллеров.

- ОВЕН ПЛК110/160 (рис. 3.7, в). Новая линейка контроллеров создана на программно-аппаратной платформе ПЛК100 с учетом наработок компании и пожеланий клиентов. Основное применение контроллеров: малые станки, установки по переработке, конвейеры, установки по розливу и дозированию, системы распределенного сбора информации, построение распределенных систем управления. Отличительной особенностью данной линейки является расширенное количество входов/выходов (до 60 входов/выходов «на борту») и интерфейсов для построения распределенных систем управления.

- ОВЕН ПЛК304/308 (рис. 3.7, г). РС-совместимые контроллеры для создания распределенных систем управления и диспетчеризации. Данные контроллеры находят широкое применение в системах сбора и диспетчеризации информации АСКУЭ, АСОДУ за счет большого количества встроенных последовательных портов – до 8 портов

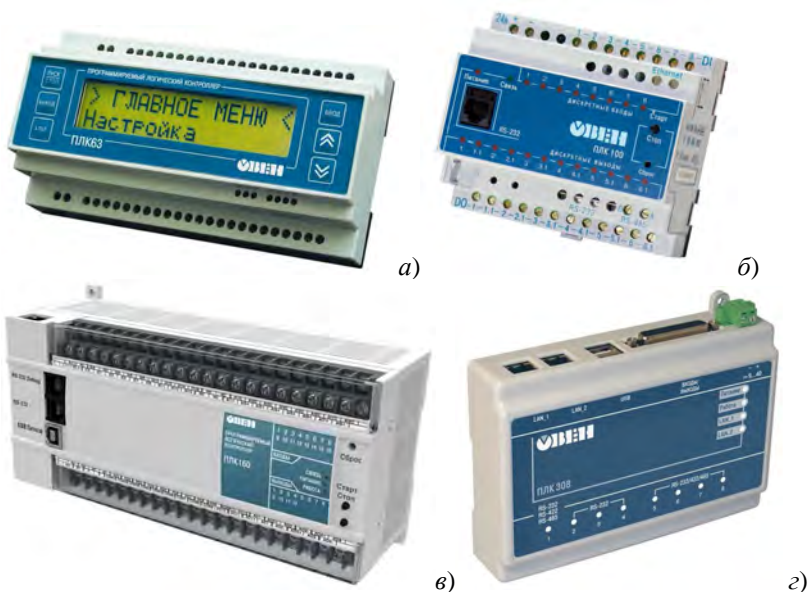


Рис. 3.7. Контроллеры ОВЕН ПЛК:
 а – ПЛК63, б – ПЛК100, в – ПЛК160, г – ПЛК308

RS232/RS485 и наличия интерфейса Ethernet. Отличительной особенностью данных контроллеров является наличие операционной системы Linux, что позволяет программировать контроллеры из широкого ряда специальных приложений, и наличие портов для подключения накопителей информации (SD Card и USB Host).

Первой линейкой контроллеров, выпущенной компанией ОВЕН, была линейка ПЛК100/ПЛК150/ПЛК154. При их создании перед разработчиками компании ОВЕН был поставлен ряд задач. В первую очередь требовалось создать современный контроллер, обладающий большими вычислительными ресурсами и развитой структурой интерфейсов, что позволило бы применять его во многих областях промышленности, а также обеспечивало легкую интеграцию контроллера в различные сети, возможность подключения к нему оборудования, расширение количества входов/выходов и многое другое. Вторым важным аспектом были простота и удобство программирования контроллера. Для достижения этого компания ОВЕН заключила партнерские соглашения с немецкой компанией 3S-Software и приобрела среду программирования CoDeSys. И в-третьих, контроллер ОВЕН должен был соответствовать российским и мировым стандартам, иметь расширенный температурный диапазон, высокую степень помехозащищенности.

Контроллеры ПЛК100/ПЛК150/ПЛК154 имеют встроенные цифровые интерфейсы RS-232, RS-485, Ethernet 10/100 mbps и поддерживают работу с протоколами Modbus, Dcon и ОВЕН. Они имеют «на борту» определенное количество дискретных входов и выходов, а ПЛК150 и ПЛК154 имеют еще и аналоговые входы и выходы.

Краткие технические характеристики ОВЕН ПЛК100, ПЛК150 и ПЛК154 приведены ниже.

Параметры	ПЛК100	ПЛК150	ПЛК154
Общие сведения			
Диапазон рабочих температур	– 20 ...70 °С		
Напряжение питания	= 24 В / ~ 220 В		
Потребляемая мощность	6 Вт		
Ресурсы			
Центральный процессор	32-разрядный RISC-процессор 180 МГц на базе ядра ARM9 Atmel		
Объем оперативной памяти	8 Мбайт		
Объем энергонезависимой памяти хранения программ	4 Мбайт (Flash-память)		
Объем энергонезависимой памяти (Retain)	4 кбайт		
Количество дискретных входов	8	6	6
Количество дискретных выходов	6 реле (220 В, 8 А)/ 12 транз. ключей	4 реле (220 В, 4 А)	4 реле (220 В, 4 А)
Количество аналоговых входов	–	4	4
Количество аналоговых выходов		2	2
Интерфейсы связи			
Интерфейсы	Ethernet 10/100 mbps RS232 – 2 штуки, RS485	Ethernet 10/100 mbps RS232, RS485	
Протоколы	OБEH, ModBus-RTU, ModBus- ASCII, DCON, ModBus-TCP, GateWay (протокол CoDeSys)		

Дискретные выходы (DO) ПЛК100 могут быть двух типов – в виде силовых реле или сдвоенных транзисторных ключей. Шесть силовых реле способны коммутировать нагрузку до 8 А при напряжении 220 В, а транзисторные ключи (12 штук в ПЛК100) коммутируют напряжение питания (+ 24 В) на выходную клемму. ПЛК150 оснащены четырьмя менее мощными э/м реле (до 4 А, 220 В). К дискретным выходам можно подключать силовые реле или иное оборудование, управляемое сигналом с напряжением 24 В. Максимальный ток транзисторного ключа составляет 150 мА. Любой дискретный выход может быть настроен на выдачу ШИМ-сигнала, генерируемого с высокой точностью. Это избавляет разработчика программы ПЛК от необходимости использовать специальные алгоритмы для точной генерации ШИМ-сигнала и вводить дополнительные таймеры. Все эти функции берет на себя ОВЕН ПЛК.

Аналоговые входы (AI) ПЛК150 выполнены по двухпроводной схеме. Они работают с сигналами сопротивления (до 5 кОм), напряжения (до 10 В) или тока (до 20 мА). Подключение любого вида сигнала осуществляется напрямую, без дополнительных согласующих элементов, шунтирующих резисторов и т.п. Также в ПЛК150 реализованы программные модули обработки сигналов термосопротивления и термопары для перевода их в температурные значения. Имеются возможности подключения к контроллерам платиновых термосопротивлений 50, 100, 500 и 1000 Ом по двухпроводной схеме и термопар (ПЛК150 имеет встроенные измерители температуры свободных концов термопар).

Аналоговые выходы (AO) ПЛК150 могут быть одного из трех типов: токовый, напряжения или универсальный. Токовый выход выдает ток в диапазоне от 4 до 20 мА, выход напряжения – от 0 до 10 В. Универсальный выход может выдавать либо напряжение, либо ток в указанных диапазонах. Переключение выходного сигнала выполняется программным способом при конфигурировании ПЛК. Аналоговые выходы имеют собственный встроенный, гальванически развязанный блок питания, поэтому подключение внешнего блока питания не требуется.

Контроллеры ПЛК100, ПЛК150 и ПЛК154 располагают развитой структурой интерфейсов и поддерживают ряд стандартных протоколов. Это позволяет использовать их как мощный сетевой вычислитель, подключать к ним широкий спектр модулей УСО (устройств сопряжения с объектом), а также работать со специализированными SCADA-системами (OPC-сервер CoDeSys поставляется в комплекте).

Наличие интерфейса RS485 позволяет подключать к контроллеру дополнительные модули УСО для расширения количества аналоговых и дискретных входных и выходных каналов. Компанией ОВЕН производятся модули аналогового и дискретного ввода/вывода MBA8, MBV8, MDBV, MB110, MK110, MY110.

4.1. Контроллер средней информационной мощности МФК1500

Осенью 2009 года компания «Промконтроллер», входящая в группу «ТЕКОН» (www.tecon.ru), представила новую разработку – многофункциональный программируемый контроллер МФК1500 (рис. 4.1), выполненный в оригинальном современном дизайне [32]. МФК1500 знаменует отказ от металлоемкого конструктива «Евромеханика 19» и переход разработки отечественных средств автоматизации на качественно новый уровень. Модули контроллера МФК1500 имеют запатентованный пластмассовый корпус из негорючего поликарбоната.

МФК1500 в линейке оборудования ТЕКОН позиционируется как контроллер среднего класса, пришедший на замену широко распространенным контроллерам ТКМ52 и МФК, с расширением возможностей по функционалу, условиям применения и проектирования. Контроллер предназначен для построения управляющих и информационных систем автоматизации технологических процессов среднего и высокого уровня сложности и может применяться как в составе централизованных, так и распределенных систем управления.

Контроллер МФК1500 во многом унаследовал передовые схемотехнические решения от флагмана линейки ТЕКОН – контроллера МФК3000. Разработчики контроллера старались сохранить в новом устройстве надежность МФК3000, расширить возможности масштабирования и снизить стоимость решений, создаваемых на его основе.



Рис. 4.1. Промышленный контроллер МФК1500

Конструкция контроллера позволяет гибко выбирать количество и различные сочетания модулей ввода/вывода для каждого объекта автоматизации (от 4 до 64 модулей, в том числе модуль центрального процессора). МФК1500 может управлять подсистемами АСУ ТП энергоблоков, энергетических и водогрейных котлов, других объектов энергетики. Контроллер соответствует отраслевым требованиям, предъявляемым к системам автоматизации ответственных объектов химической, атомной и нефтеперерабатывающей промышленности и может с успехом применяться в подсистемах противоаварийных защит и блокировок.

МФК1500 обладает следующими преимуществами:

- развитые возможности дублирования и резервирования контроллера в АСУ ТП, что позволяет проектировать системы, устойчивые к единичному отказу;
- возможность проектирования систем оптимальной конфигурации, масштаба от 100 до 1500 каналов (от 2 до 64 модулей в составе одного контроллера, включая модуль ЦП);
- подключение к объекту через клеммно-модульные соединители, что выносит тепловыделение за пределы контроллера и позволяет обходиться без принудительной вентиляции;
- номенклатура модулей и клеммно-модульных соединителей покрывает основные типы сигналов АСУ ТП;
- индивидуальная гальваническая развязка аналоговых каналов модулей ввода/вывода;
- возможность «горячей» замены модулей, в том числе процессорного модуля, поддержка технологии Plug&Play;
- поддержка протокола Modbus TCP/RTU/ASCII;
- резервирование процессорного модуля и модулей ввода-вывода;
- развитые средства диагностики модулей;
- дублированная системная шина контроллера;
- дублированное питание контроллера 220 VAC/VDC;
- дублированная внутренняя шина синхронизации данных резервированных ЦП;
- дублированный интерфейс Ethernet 100 Base-T;
- исполнения на диапазоны температур: +1...+60 °С, –40...+60 °С.

Большое внимание при создании контроллера уделялось возможности оптимального (как по функциям, так и по стоимости) проектирования систем масштаба от 100 до 1500 каналов. В составе контроллера предусмотрено применение шасси на 4, 8, 16 мест в любых комбинациях, что позволяет проектировать контроллеры от 4 до 64 модулей с избыточностью не более 3 свободных мест. Аналоговые модули имеют исполнения на 2, 4, 8 и 16 каналов, а дискретные – на 16 или 32 канала,

что также позволяет выбирать оптимальную конфигурацию системы. Кроме того, в номенклатуре имеются модули с комбинацией каналов ввода и вывода, а клеммно-модульные соединители позволяют подключать к одному модулю УСО дискретные сигналы различных уровней.

Для применения с контроллером МФК1500 разработаны новые клеммно-модульные соединители (КМС) и усилители дискретных сигналов (УДС) унифицированного типоразмера, более компактные по сравнению с устройствами предыдущего поколения. Одностороннее обслуживание контроллера МФК1500 в сочетании с новыми компактными клеммно-модульными соединителями и усилителями позволяет разместить в одностороннем шкафу глубиной 400 мм систему управления, способную обрабатывать до 550 дискретных сигналов.

В составе контроллера МФК1500, наряду с собственными модулями центрального процессора, предусмотрена возможность использования более мощного процессорного модуля P05-02 от контроллера МФК3000. Модули ЦП МФК3000 устанавливаются в отдельное шасси.

Резервирование. В МФК1500 обеспечивается многоуровневое резервирование и дублирование ресурсов контроллера, что позволяет разрабатывать системы автоматизации с различными требованиями к степени безопасности. Разработчику АСУ ТП предоставляется возможность определить режим использования контроллера с частичным или полным резервированием и дублированием ресурсов МФК1500:

- резервирование или троирование модулей УСО;
- резервирование модулей центральных процессоров (ЦП);
- 100% горячее резервирование контроллеров.

Резервирование или троирование модулей УСО выполняется программным обеспечением самих модулей, без привлечения ресурсов центрального процессора и использования дополнительного оборудования. Резервированные или троированные модули УСО могут устанавливаться в произвольные посадочные места, в том числе в разных шасси. При таком использовании МФК1500 можно осуществить дублирование только тех модулей УСО, входные/выходные сигналы которых участвуют в алгоритмах защит и блокировок и резервировать модули выходов регуляторов. Это позволяет, например, реализовать в рамках одного контроллера информационную подсистему (без резервирования модулей УСО) и подсистему управления, где требуется резервирование.

Резервирование модулей ЦП значительно повышает надежность всего контроллера. При отказе основного ЦП происходит переключение на резервный за время не более 10 мс с момента обнаружения отказа, без «провалов» по выходам модулей УСО. За счет постоянной синхронизации данных резервного ЦП с данными основного ЦП регу-

ляторы и защиты переключаются безударно. Механизм резервирования ЦП выполняется программными средствами, при этом синхронизация (зеркализация) данных в ЦП осуществляется по дублированной внутренней шине.

Резервирование модулей ЦП и модулей УСО необходимо использовать при разработке систем ПАЗ и автоматического регулирования. Также резервирование ЦП при соблюдении определенных мер безопасности позволяет модернизировать технологическое программное обеспечение контроллера без останова объекта управления.

При 100%-ном горячем резервировании МФК1500 требуется соединение контроллеров дублированным кабелем для передачи сигналов переключения между контроллерами (рис. 4.2).

Полноценная поддержка технологии резервирования неразрывно связана с необходимостью наличия развитых средств диагностики. Причем диагностика необходима как в основном, работающем в данный момент оборудовании, чтобы при отказе своевременно выполнить переключение на резервное оборудование, так и в резервном, чтобы вовремя обнаружить отказ, не допустить переключения на неисправный модуль и выполнить замену модулей, в которых обнаружены отказы.

В МФК1500 встроены развитые средства диагностики.

На модуле ЦП выполняются:

- контроль «зависания» технологической программы (Watchdog);
- контроль напряжения питания по обеим шинам питания контроллера;

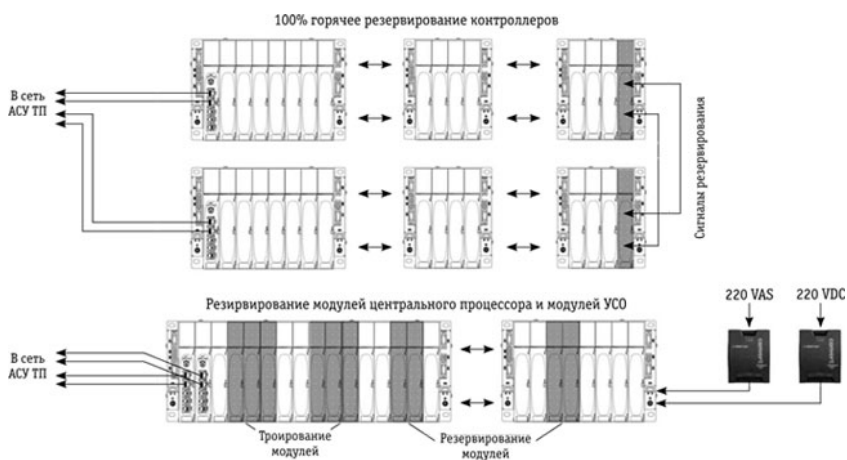


Рис. 4.2. Резервирование МФК1500

- контроль напряжений внутренних источников питания;
- контроль выполняемых процессов в многозадачной операционной системе;

- контроль работы внутреннего интерфейса;
- контроль работы внешних сетевых интерфейсов;
- контроль температуры.

В модулях ввода/вывода выполняются:

- контроль «зависания» программы в микропроцессоре модуля (Watchdog);

- контроль целостности программы и данных в flash-памяти;
- контроль линии связи с датчиками на обрыв для аналоговых модулей;

- контроль выхода аналогового сигнала за рабочий диапазон;
- контроль отказа АЦП;
- контроль температуры на модуле;
- контроль качества связи по каждому из каналов внутреннего интерфейса;

- контроль времени обращения к модулю по внутреннему интерфейсу;

- индикация остатка количества записей в flash-память модуля;
- индикация версий встроенного ПО и ревизий печатных плат модулей.

На контроллерном уровне постоянно отслеживается целостность передаваемых данных по дублированным шинам.

Состав и принципы функционирования. МФК1500 имеет распределенную архитектуру и модульную конструкцию. Один контроллер может включать несколько шасси на 4, 8 и 16 посадочных мест. В составе одного контроллера могут использоваться до 64 модулей ввода/вывода.

Архитектура контроллера МФК1500 имеет дублированную систему питания, состоящую из двух шин, подключенных к двум источникам питания. Источники питания могут быть подключены к сети переменного тока напряжением от 93 до 240 В или постоянного тока напряжением от 100 до 240 В. Выход из строя любого источника питания или короткое замыкание одной из шин 24 В не приводит к отказу контроллера, равно как и короткое замыкание питания на модуле.

Дублированная внутренняя шина данных МФК1500 разрешает многомастерную работу. Это позволяет при фиксированном цикле опроса всех модулей выделять отдельные сигналы в особый тип инициативных сообщений. При изменении таких сигналов модули УСО сами

передают в ЦП данные измененных каналов, что позволяет повысить быстродействие системы защит при сохранении общего цикла опроса модулей УСО. Протокол обмена обеспечивает гарантированное время доставки как инициативных сообщений от модулей ввода/вывода к ЦП, так и сообщений от ЦП к самим модулям УСО. Любой модуль может передавать инициативные сообщения как по результатам диагностики, так и по факту изменения входного сигнала. Гарантированное время доставки инициативных сообщений зависит от общего количества модулей и составляет от 1 мс до 6 мс (6 мс – для контроллера, состоящего из 64 модулей).

Модуль центрального процессора CPU715 (рис. 4.3) выпускается в трех исполнениях, отличающихся тактовой частотой процессора (INTEL XScale® 266 или 533 МГц), объемом памяти (32 Mb SDRAM, 16 Mb Flash или 64 Mb SDRAM, 32 Mb Flash) и аппаратной поддержкой резервирования контроллеров. На модуле ЦП расположены 2 порта Ethernet 100 Mb, 2 порта RS-485 с индивидуальной гальванической развязкой, порт RS232 и ключ переключения режимов работы ЦП. Переключатель имеет три положения: LOCK, RUN и PRG. При старте ЦП переходит в режим конфигурирования контроллера (положение PRG) или режим управления (положения RUN и LOCK).

Помимо шасси и модуля центрального процессора в состав контроллера входят модули УСО, КМС, УДС, источники питания (ИП), кабели и вспомогательное оборудование.

В табл. 4.1 приведены краткие технические характеристики модулей УСО.



Рис. 4.3. Модуль центрального процессора CPU715

4.1. Характеристики модулей УСО

Тип УСО	Краткие технические характеристики
AIG8, AIG16	16 каналов (для AIG16) или 8 каналов (для AIG8) ввода токовых сигналов с индивидуальной ГР. Диапазоны измерения 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА
AI8, AI4	8 каналов (для AI8) или 4 канала (для AI4) аналогового ввода среднего уровня с индивидуальной ГР. Диапазоны измерения 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...10 В
AIX16, AIX8	16 каналов (для AIX16) или 8 каналов (для AIX8) аналогового ввода среднего уровня с индивидуальной ГР. Диапазоны измерения 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, -5...+5 мА, -20...+20 мА, 0...10 В, -10...+10 В
ADO24	8 каналов ввода токовых сигналов с индивидуальной ГР (характеристики аналогичны AIG16). 16 каналов вывода дискретных сигналов с групповой (2 группы) ГР, объединенных по схеме с «общим минусом» (характеристики аналогичны DO16)
AOC4/ AOC2	4 канала (в AOC4) или 2 канала (в AOC2) вывода токовых сигналов с индивидуальной ГР. Диапазоны 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА
LIG16/ LIG8/ LIG4	16 каналов (в LIG16), 8 каналов (в LIG8), либо 4 канала (в LIG4) измерения сигналов низкого уровня с индивидуальной ГР. Типы датчиков: Термометры сопротивления: ТСП46, TCM53, TCM50, TCM100, ТСП150, ТСП100 Термопары: ТВР (А-1), ТВР (А-2), ТВР (А-3), ТПР(В), ТПП(S), ТПП(R), ТХА(К), ТХК(L), ТХК(Е), ТМК(Т), ТЖК(J), ТНН(N), ТМК(M)
DI32/ DI16	32 канала (в DI32) или 16 каналов (в DI16) ввода дискретных сигналов с групповой ГР, объединенных по схеме с «общим минусом». Число каналов в группе входов – 8. Номинальное напряжение входного сигнала 24 В постоянного тока
DO32/ DO16	32 канала (в DO32) или 16 каналов (в DO16) ввода дискретных сигналов с групповой ГР, объединенных по схеме с «общим минусом». Число каналов в группе входов – 8. Номинальное коммутируемое напряжение 24 В постоянного тока. Максимальный коммутируемый ток канала 50 мА. Поддержка импульсного режима работы (ШИМ)
DIO32	16 каналов ввода дискретных сигналов с групповой (2 группы) ГР, объединенных по схеме с «общим минусом» (характеристики аналогичны DI16). 16 каналов вывода дискретных сигналов с групповой (2 группы) ГР, объединенных по схеме с «общим минусом» (характеристики аналогичны DO16)

Программное обеспечение

Контроллер МФК1500 предоставляет разработчику АСУ ТП возможность создания, загрузки и отладки прикладных проектов, используя языки технологического программирования в соответствии с международным стандартом IEC 61131-3. Среда технологического программирования, установленная на инженерной станции разработчика АСУ ТП, взаимодействует с исполнительной системой контроллера, состав и функциональные характеристики которой определяются конфигурацией контроллера и выбранной средой программирования.

В зависимости от требований, предъявляемых к АСУ ТП, разработчик системы может использовать для программирования контроллеров среду ISaGRAF v.5, а также инструментальные средства, входящие в состав SCADA ТЕКОН. Базовой системой программирования для всей линейки контроллеров ТЕКОН является система ISaGRAF.

Основой базовой исполнительной системы является системное программное обеспечение (СПО), обеспечивающее доступ ко всем ресурсам контроллера и эффективное выполнение прикладной программы пользователя. Загрузка подготовленных прикладных программ в память контроллера для отладки и выполнения производится по сети Ethernet, используя протокол TCP/IP.

Базовым СПО контроллеров ТЕКОН является СПО TeNIX®, включающее ядро многозадачной ОС Linux с драйверами и файловой системой, а также подсистему ввода/вывода, взаимодействующую со встроенным программным обеспечением модулей УСО. СПО TeNIX® контроллеров МФК1500 имеет удобное встроенное средство конфигурирования, тестирования и мониторинга состояния ресурсов контроллера – программу TUNER. Программа TUNER имеет пользовательский Web-интерфейс. Доступ к программе TUNER осуществляется по протоколу TCP/IP при использовании любого графического Internet браузера современных операционных систем: Internet Explorer, Opera, Netscape, Mozilla, Google Chrome и т.д.

Основными функциональными возможностями программы TUNER являются:

- конфигурирование контроллера;
- индикация текущих настроек;
- проверка функционирования контроллера;
- доступ к диагностической информации;
- активизация функций и системных сервисов;
- визуализация архива пользовательских сообщений;
- обновление СПО контроллера.

Система программирования ISaGRAF состоит из среды разработки ISaGRAF Workbench и среды исполнения (целевой задачи), предоставленной на МФК1500. Среда разработки предоставляет полный набор средств для визуального интерактивного создания программ, документирования проектов, архивации, мониторинга проекта, off-line симуляции, «горячего» редактирования проектов. Встроенная библиотека ISaGRAF включают в себя около ста функций и функциональных блоков обработки целочисленных, вещественных, дискретных, временных и строковых переменных.

В ISaGRAF заложена концепция структурного программирования, предоставляющая возможность описать автоматизируемый процесс в наиболее простой и понятной форме. Система позволяет осуществлять распределенную разработку прикладного проекта, простое построение и конфигурирование сетей, «запускать» несколько ресурсов на одном МФК1500, обмениваться данными непосредственно между контроллерами. Среда ISaGRAF Workbench полностью русифицирована и поставляется с электронной документацией на русском языке.

Разработчику АСУ ТП также доступны алгоритмы из библиотеки TIL Std, реализующей функции регулирования, статических и динамических преобразований, индивидуального и группового управления исполнительными механизмами, контроля выборки сигналов. Функциональные блоки библиотеки TIL Std служат дополнением к существующим стандартным функциям и функциональным блокам, интегрированным в среду ISaGRAF. Применение указанных функциональных блоков предоставляет разработчику АСУ ТП средства для более удобной и быстрой разработки пользовательских приложений.

Универсальным средством доступа со стороны SCADA-систем к переменным прикладного проекта ISaGRAF, исполняемого в контроллере, является программа TeconOPC Server. TeconOPC Server позволяет связать систему верхнего уровня с МФК1500, работающего в сети Ethernet по протоколу TCP/IP. Возможно автоматическое конфигурирование OPC-сервера. TeconOPC Server может быть запущен SCADA-системой с автоматической загрузкой определенного файла конфигурации. В процессе работы ведется журнал событий с регистрацией времени подключения и отключения, нарушений качества передачи данных.

Помимо открытой платформы на базе системы программирования ISaGRAF и OPC-технологии, контроллер МФК1500 применяется в составе интегрированного программно-технического комплекса ТЕКОН. Программное обеспечение ПТК ТЕКОН имеет мощную базу данных, удобный и простой интерфейс, среду разработки программ пользователя, модульную среду исполнения и современные средства экспорта/импорта данных.

4.2. Многофункциональный контроллер МФК

РС-совместимый программируемый контроллер МФК (рис. 4.4) предназначен для реализации функций контроля, программно-логического управления, многоконтурного регулирования, выполнения сложных алгоритмов управления, требующих большой вычислительной и информационной мощности. Контроллер интегрируется в промышленные локальные сети уровней LAN и Fieldbus [33].

Конструкция контроллера на базе конструктива «Евромеханика-19» (МЭК-297) позволяет встраивать его в стандартные монтажные шкафы или другое монтажное оборудование, которое защищает от воздействий внешней среды, обеспечивает подвод сигнальных проводов и ограничивает доступ к контроллеру.

Информационная мощность контроллера:

- дискретные входы – до 768;
- дискретные выходы – до 640;
- аналоговые входы – до 256;
- аналоговые выходы – до 128.

Состав и характеристики контроллера. Контроллер МФК является проектно-компонуемым изделием, состав которого определяется при заказе. Контроллер состоит из базовой части, одного процессорного и коммуникационных модулей, модулей ввода-вывода, блока клавиатуры и индикации.

Базовая часть состоит из корпуса, блока питания и объединительной платы. Внутри корпуса устанавливается процессорный модуль и до 16 модулей ввода-вывода. Дополнительно в контроллер можно установить до двух модулей формата microPC и PC/104.

На рис. 4.5 представлен внешний вид и габаритно-присоединительные размеры контроллера, построенного на базе процессорного модуля microPC 5066.

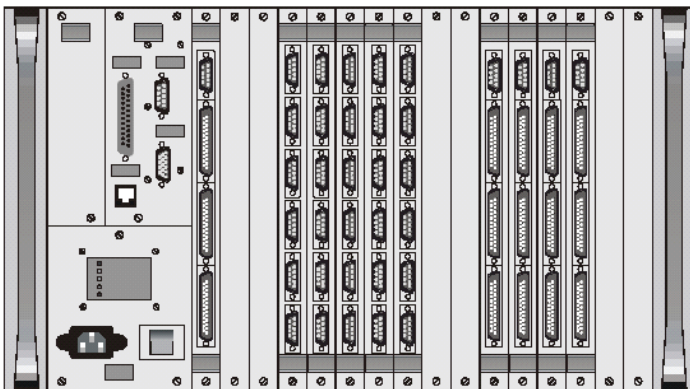


Рис. 4.4. Многофункциональный контроллер МФК

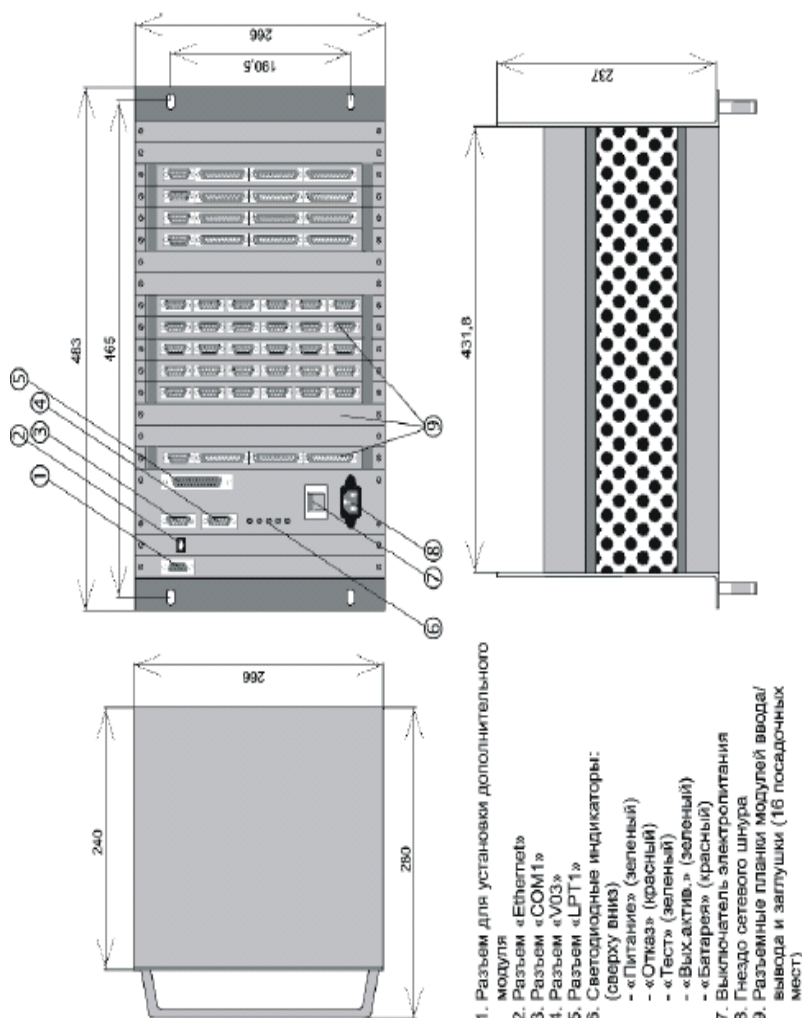


Рис. 4.5. Габаритно-присоединительные размеры контроллера МФК, построенного на базе процессорного модуля microPC 5066

Контроллер имеет магистрально-модульную архитектуру. При этом в контроллере используются две аппаратно соединенные внутренние шины: 8-разрядная шина ISA и шина ввода-вывода. Обе шины и схема их сопряжения реализованы на объединительной плате контроллера.

Типы процессорных модулей:

- модуль microPC 5066A;
- модуль БЦП МФК с модулем PCM-4823L;
- модуль БЦП2 МФК с модулем PCM-5823.

При любом типе процессорного модуля контроллер имеет следующие интерфейсы:

- RS-232 (COM1);
- интерфейс для подключения блока клавиатуры и индикации V03 или панели оператора V04;
- интерфейс резервирования.

Типы дополнительно устанавливаемых модулей:

- формата microPC:
 - модуль 5500 (Ethernet 10Base-T, витая пара);
- формата PC/104:
 - модуль PCM-3660/PCM-3664 (второй адаптер Ethernet 10Base-T, витая пара);
 - модуль AR-B1047 (статическое ОЗУ 128 или 512 кбайт);
 - модуль PCM-3512 (VGA).

Технические характеристики процессорных модулей

Модуль 5066	– процессор AMD DX5-133 МГц (5×86-133) – динамическое ОЗУ: 1 или 5 (расширяется до 17) Мбайт – системное ПЗУ – 2 электронных диска: 384 кбайт, 2 Мбайт – порты: COM1 (RS232), COM2 (RS232/RS485), LPT – встроенные часы реального времени с календарем – сторожевой таймер аппаратного сброса WatchDog
БЦП МФК с модулем PCM-4823L	– процессор AMD DX5-133 МГц (5×86-133) – системное ОЗУ – 8, 16, 32 Мбайт – системное ПЗУ – flash-диск 8 М (расширяется до 144) – энергонезависимое статическое ОЗУ – 128, 256, 512 кбайт (при установленном модуле AR-B1047) – интерфейс Ethernet IEEE 802.3 10 Мбит – порты: COM1 (RS232), COM2 (RS232/RS485), LPT – встроенные часы реального времени с календарем – сторожевой таймер аппаратного сброса WatchDog – разъем для подключения 2 модулей PC/104

БПЦ2 МФК с модулем PCM-5823	<ul style="list-style-type: none"> – процессор NS GX1-233, 300 или NS GX1LV1-200 – системное ОЗУ – от 16 до 128 Мбайт – системное ПЗУ – flash-диск – от 8 Мбайт – 2 интерфейса Ethernet 100/10Base-T – порты: COM1 (RS232), COM2 (RS232/RS485), LPT – контроллер VGA – разъем для подключения PC/AT клавиатуры – встроенные часы реального времени с календарем – сторожевой таймер аппаратного сброса WatchDog – разъем для подключения 2 модулей PC/104 – два интерфейса USB1.0 – контроллер плоских жидкокристаллических панелей
-----------------------------------	---

Контроллер имеет 16 посадочных мест для установки модулей ввода-вывода, выходящих на шину ввода-вывода контроллера.

Номенклатура модулей ввода-вывода

Обозначение модуля	Характеристики
MFC.D48/24	Дискретный ввод, постоянный ток 24 В, 48 каналов (также исполнения на 5 В, 12 В, 48 В), групповая гальваническая развязка (6 групп по 8 каналов)
MFC.F24	Модуль дискретного, числоимпульсного и частотного ввода, индивидуальная гальваническая развязка, однополярные сигналы 24 В или двуполярные 12 В, 24 канала с контролем обрыва, частота 2,5 – 75 000 Гц, исполнения только для контроллеров МФК и ТКМ52
MFC.D40R	Дискретный вывод, герконовые реле, 40 каналов, максимальная коммутируемая мощность 10 Вт, 100 млн. срабатываний, индивидуальная гальваническая развязка
MFC.D40S	Дискретный вывод, полупроводниковые реле, 40 каналов, максимальная коммутируемая мощность 10 Вт, неограниченное число срабатываний, индивидуальная гальваническая развязка
MFC.P40	Дискретный вывод, транзисторные ключи, 40 каналов, групповая гальваническая развязка (5 групп по 8 каналов)

Обозначение модуля	Характеристики
MFC.D32/24	Дискретный ввод-вывод, транзисторные ключи, 16 DI + 16 DO каналов, групповая гальваническая развязка (4 группы по 8 каналов)
MFC.D32.8/24	Исполнение модуля D32 на 16 DI + 8 DO каналов
MFC.A16/2/0-5mA	Аналоговый ввод-вывод, 16 AI + 2 АО каналов, входы 0 – 5 мА (также на 0 – 20 мА, 4 – 20 мА, 0 – 10 В), выходы 0 – 20 мА, 4 – 20 мА, индивидуальная гальваническая развязка
MFC.A16/0/...	Аналоговый ввод, 16 каналов
MFC.A16.8/0/...	Аналоговый ввод, 8 каналов
MFC.A08	Аналоговый вывод, 8 каналов, 0 – 20 мА и 4 – 20 мА, индивидуальная гальваническая изоляция
MFC.A08.4	Исполнение модуля A08 на 4 канала
MFC.L16	Аналоговый ввод, термопары и термосопротивления, дифференциальные сигналы напряжений, унифицированные токовые сигналы 0 – 5 мА, 0 – 20 мА и 4 – 20 мА, 16 каналов, групповая гальваническая развязка (2 группы по 8 каналов)
MFC.T12	Модуль ввода сигналов тензодатчиков, 12 каналов, групповая гальваническая развязка (3 группы по 4 канала)

Блок клавиатуры и индикации V03. Блок V03 имеет однострочный жидкокристаллический дисплей и пленочную клавиатуру.

- Дисплей: 16 знакомест, подсветка (черные символы на желтом фоне), регулируемая контрастность, символ – 5×7 точек.
- Пленочная клавиатура: количество клавиш – 36 (поле 9×4), количество префиксных клавиш – 2, тактильное ощущение нажатия.

Панель оператора V04:

- пленочная клавиатура – 29 функциональных клавиш;
- графический жидкокристаллический дисплей – графическое разрешение 128×64 точки, в текстовом режиме 4 строки по 16 символов + строка пиктограмм или 7 строк по 21 символу + строка пиктограмм, подсветка.

Контроллер МФК может использоваться:

- как автономное устройство управления средними объектами;
- как удаленный терминал связи с объектом в составе распределенных систем управления;
- одновременно как локальное устройство и как удаленный терминал связи с объектом в составе сложных распределенных систем управления.

В контроллере, в зависимости от вариантов исполнения, может устанавливаться одно из системных программных обеспечений (СПО): DOS, СПО Tenix.

При установке DOS программирование можно осуществлять посредством универсальных средств программирования.

При использовании СПО Tenix, которое содержит многозадачную операционную систему Linux, сервер ввода-вывода и пользовательские библиотеки, программирование осуществляется с помощью системы программирования TeconCX и ISaGRAF. Загрузка подготовленных прикладных программ в память контроллера производится либо через COM1, либо по сети Ethernet, используя протокол TCP/IP.

Краткие сведения о системном и дополнительном программном обеспечении контроллера

TeconCX – система подготовки технологических программ пользователя для контроллера МФК на языке Си. Она имеет экранный интерфейс, аналогичный оболочке Borland, поддерживает написание и удаленную отладку (по Ethernet, Arcnet, RS232) многозадачных проектов на реальном контроллере. Библиотеки TeconCX предоставляют удобный интерфейс к модулям ввода-вывода и сетевым ресурсам на уровне чтения и записи переменных, а также средства для организации обмена данными между задачами как в одном контроллере, так и между контроллерами в системе. TeconCX рассчитан, в первую очередь, на пользователей-программистов.

ISaGRAF – известная система программирования компании Alter-Sys Inc., предназначенная для создания и отладки программ микроконтроллеров. В ISaGRAF реализована поддержка всех технологических языков стандарта IEC 61131-3: языка последовательных функциональных схем (SFC), релейных диаграмм (LD), функциональных блочных диаграмм (FBD), структурированного текста (ST) и языка инструкций (IL). Система ISaGRAF не требует профессиональных знаний по программированию.

TIL Std – встроенная в ядро целевой задачи ISaGRAF библиотека алгоритмов. Библиотека содержит аналоговый и импульсный ПИД-

регуляторы, алгоритмы ШИМ и интегрально-дифференциального преобразования, алгоритмы балансировки, фильтрации, сглаживания, функции статических и динамических преобразований, индивидуального и группового управления исполнительными механизмами, алгоритмы работы с блоками V03 и V04, сторожевым таймером WatchDog. Библиотека содержит более 30 алгоритмов и выполнена в виде блоков языка FBD.

TeconOPC – универсальное средство доступа к данным в контроллере со стороны SCADA-системы. TeconOPC работает с современными SCADA-системами, которые поддерживают технологию OPC. Он позволяет связать систему верхнего уровня с контроллерами МФК, работающих под управлением СПО Tenix в сети Ethernet по протоколу TCP/IP.

4.3. Многофункциональный контроллер МФК3000

Многофункциональный высокопроизводительный программируемый контроллер МФК3000 (рис. 4.6) ЗАО ПК «Промконтроллер» (www.tecon.ru) предназначен для построения управляющих и информационных систем автоматизации технологических процессов среднего и большого уровня сложности, а также для создания систем блокировок и противоаварийной защиты (ПАЗ). Контроллер используется для сбора, обработки информации и управления объектами как автономно, так и в составе распределенной системы управления.

Крейтовая конструкция контроллера позволяет:

- встраивать его в стандартные электротехнические шкафы или другое монтажное оборудование (контроллер выполнен в конструктиве Евромеханика19" размера 6U);
- проектировать различные конфигурации контроллера – выбирать различные типы модулей ввода-вывода, их количество, способы резервирования для конкретного объекта автоматизации;



Рис. 4.6. Многофункциональный контроллер МФК3000

- проектировать контроллеры, состоящие от одного до трех крейтов (всего до 62 модулей, включая модуль ЦП);
- проектным путем увеличивать надежность контроллера за счет возможности частичного и полного резервирования и строить системы автоматизации с различными требованиями к степени надежности и безопасности.

Эти особенности открывают перед разработчиками практически неограниченные возможности. МФК3000 с успехом применяется при создании АСУ ТП энергоблоков, котлов и других ответственных объектов теплоэнергетики. В различных вариантах конфигурации МФК3000 является основой АСУ ТП высокой и средней сложности в энергетике, химии, нефте- и газопереработке, машиностроении, металлургии, производстве стройматериалов и т.п. МФК3000 позволяет создавать эффективные системы блокировок и противоаварийной защиты. Для применения на объектах РОСЭНЕРГОАТОМА контроллер удовлетворяет требованиям ЭМС по ГОСТ Р 50746-00 для классов безопасности 2У или 3У в зависимости от типов модулей, входящих в контроллер.

Состав контроллера

Конструкция контроллера МФК3000 состоит из крейта Евромеханика 19" размера 6U, в котором размещены модули формата Е3. В крейте размещаются модуль ЦП и необходимый набор модулей ввода-вывода сигналов. Каждый крейт рассчитан на подключение 21 модуля шириной 20 мм. Ширина модулей ввода-вывода составляет 20 мм, а модуля ЦП – 40 мм (занимает два посадочных места в крейте).

МФК3000 позволяет подключать дополнительно до 2 крейтов расширения, удаленных на расстояние до 30 м. Таким образом, общее число модулей ввода-вывода может достигать 61.

Все модули контроллера питаются от двух шин питания. Контроллер имеет дублированную систему питания, которая обеспечена использованием двух шин и двух источников питания. Данные источники могут питаться как от переменного тока напряжения от 93 до 240 В, так и постоянного тока напряжения от 100 до 240 В. Таким образом можно обеспечить питание контроллера от двух фидеров питания как переменного, так и постоянного тока. Ток потребления контроллера зависит от состава модулей и схемы питания аналоговых датчиков.

Контроллер имеет степень защиты IP20 и предназначен для установки в электротехнические или монтажные шкафы.

Состав модулей контроллера приведен в табл. 4.2.

4.2. Характеристики модулей контроллера

Модуль	Краткие технические характеристики
CR3000	Крейт на 21 посадочное место
CR3000-01	Крейт, содержащий два независимых (электрически не связанных) контроллера на 10 посадочных мест каждый
P05-02	Модуль ЦП: процессор Geode, тактовая частота 500 МГц
CPU730	Модуль ЦП: тактовая частота 400 МГц
CMR31	Модуль коммуникационный, для подключения резервного контроллера с модулем ЦП CPU730
DO16r-24/ DO16r-24FC/ DO16r-220/ DO16r-220FC	16 дискретных выходных каналов с индивидуальной гальванической развязкой (ГР); тип выхода – реле; коммутируемый ток – до 2 А; коммутируемое напряжение: DO16r-220/ DO16r-220FC – 220 В, DO16r-24/ DO16r-24FC – 24 В
DO24r	24 дискретных выходных каналов с индивидуальной ГР. Тип выхода – реле. Коммутируемое напряжение – от 5 до 220 В
DO32r	32 дискретных выходных каналов с групповой ГР. Количество каналов в группе – 2. Тип выхода – реле; коммутируемое напряжение – от 5 до 220 В
DO16s-220AC	16 дискретных выходных каналов с индивидуальной ГР. Тип выхода – симистор; коммутируемое напряжение – 220 В переменного тока
DO16s- 220DC	16 дискретных выходных каналов с индивидуальной ГР. Тип выхода – транзистор; коммутируемое напряжение – до 220 В постоянного тока
DI16-220	16 дискретных входных каналов с индивидуальной ГР. Входной уровень – 220 В постоянного или переменного тока
DI32-220AC/ DI16-220AC	32 дискретных входных каналов с групповой ГР (DI32-220AC), 16 дискретных входных каналов с индивидуальной ГР (DI16-220AC). Входной уровень – 220 В переменного тока
DI48-24М	48 дискретных входных каналов, групповая ГР (6 групп по 8 каналов). Входной уровень – 24 В
DO32-24P/ DO32-24P1	32 дискретных выходных канала, групповая ГР (4 группы по 8 каналов). Коммутируемое напряжение – 24 В
DO32-24М	32 дискретных выходных канала, групповая ГР (16 групп по 2 канала). Коммутируемое напряжение – 24 В

Модуль	Краткие технические характеристики
AI16	16 аналоговых входных каналов с индивидуальной ГР. Диапазоны измерения – 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...10 В
AI32	32 аналоговых входных каналов с групповой ГР (4 группы по 8 каналов). Диапазоны измерения – 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА
LI16	16 аналоговых входных каналов с индивидуальной ГР. Типы датчиков: термометры сопротивления, термопары
AOC8	8 аналоговых выходных каналов с индивидуальной ГР. Диапазоны – 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА
FP6	6 частотных и числоимпульсных входов с контролем превышения частоты. Диапазон измерения частоты – от 0,5 до 100 000 Гц

Особенности применения МФК3000 в ответственных системах

Режимы резервирования. Архитектура и системное программное обеспечение МФК3000 предоставляют разработчику АСУ ТП следующие возможности по реализации режимов резервирования:

- 100%-ное резервирование всех ресурсов технологического контроллера;
- резервирование модулей ЦП в пределах одного контроллера;
- резервирование (в том числе троирование) модулей ввода-вывода в пределах одного контроллера;
- Контроллер имеет дублированные: систему электропитания, внутреннюю шину и внешний интерфейс Ethernet 10/100-BaseT.

Ввод инициативных сигналов. Дублированная внутренняя шина обеспечивает многомастерную работу и гарантированное время доставки как инициативных сообщений от модулей ввода-вывода к ЦП, так и сообщений от ЦП к самим модулям. Любой модуль может передавать инициативные сообщения как по результатам диагностики, так и по факту изменения входного сигнала. Гарантированное время доставки инициативных сообщений зависит от общего количества крейтов и составляет от 2 до 6 мс (4 мс – для контроллера, состоящего из двух крейтов).

Механизм «Plug & Play». Все модули ввода-вывода имеют возможность горячей замены. После установки модуля и перевода его в рабочий режим (переключатель режимов работы на модуле должен быть в положении RUN), модуль посылает инициативное сообщение о своем присутствии в крейте. Далее механизм «Plug & Play» запишет в модуль параметры конфигурации для данного слота крейта и программно пере-

ведет его в необходимый режим работы. Механизм основан на том, что все модули калибруются на всех диапазонах измерения при производстве и в дальнейшем переключения режимов работы и диапазонов выполняются только программным путем.

Диагностика. МФК3000 имеет развитые средства начальной и непрерывной диагностики. Диагностируются целостность данных и калибровочных коэффициентов в памяти модулей ввода-вывода, качество обмена данными и время обращения по внутренней шине контроллера, температурные режимы работы, количество циклов записи во Flash-память модуля и некоторые другие параметры. Диагностика внешних цепей включает контроль линий связи с датчиками на обрыв и контроль наличия сигналов на выходном разъеме модуля (для модулей дискретного вывода). Некоторые модули имеют дополнительные диагностические возможности, например, контроль выхода сигнала датчика за границы предупредительных и аварийных уставок, а также за границы рабочего диапазона.

Базовым программным обеспечением контроллеров МФК3000, как контроллеров МФК1500, является исполнительная система ISaGRAF v.5, которая функционирует под управлением системного программного обеспечения (СПО) TeNIX.

Для обеспечения обмена данными между контроллерами производства ЗАО ПК «Промконтроллер» и SCADA-системами различных производителей используется OPC-сервер TeconOPC, который является реализацией стандарта OPC DA.

4.4. Промышленные контроллеры TREI-5B

Контроллеры семейства TREI-5B были разработаны в результате совместных усилий немецких и российских инженеров специально для применения на территории СНГ. Учитывались: широкий диапазон климатических условий и удаленность объектов промышленной автоматизации от сервисных центров. Контроллер создавался по международным и отечественным стандартам и имеет все необходимые российские и европейские сертификаты соответствия на оборудование промышленной автоматизации. Контроллеры производятся в г. Пензе на немецком оборудовании с применением сертифицированных комплектующих изделий ведущих мировых фирм.

Семейство TREI-5B включает контроллеры TREI-5B-00, TREI-5B-02, TREI-5B-04 и TREI-5B-05.

Устройства серии TREI-5B-02 (рис. 4.7) предназначены для локальных и распределенных систем автоматического контроля и управления технологическими процессами на промышленных предприятиях с нормальным и взрывоопасным производством, а также для построения систем противоаварийных защит.



**Рис. 4.7. Контроллер
TREI-5B-02**

Контроллер имеет два исполнения:

1. Общепромышленное (O);
2. Взрывозащищенное (Ex). Ex-исполнение контроллера обеспечивает взрывозащиту внешних цепей, подключаемых к платам ввода/вывода. Вид взрывозащиты – искробезопасная электрическая цепь уровня ia. Маркировка взрывозащищенного исполнения устройства – ExiaIIC. Каждый канал ввода/вывода снабжен индивидуальным встроенным барьером взрывозащиты.

TREI-5B-02 – единственный российский контроллер, получивший TUV сертификат на соответствие европейским нормам для применения на взрывоопасных производствах.

Контроллер представляет собой проектно-компонуемое изделие.

В каждом конкретном случае контроллер комплектуется и конфигурируется под конкретный объект контроля и управления в соответствии со спецификациями потребителя.

Контроллер в общем случае включает установочный каркас, в котором размещаются:

- модуль питания;
- мастер-модуль M701E (рис. 4.8);
- модули ввода/вывода, включающие следующие типы: универсальный модуль M732U, дискретный модуль M743B/ M743D/ M743F/ M743O, модуль задатчиков M730P.

Контроллер TREI-5B-02 — это компактное многофункциональное устройство автоматического контроля и управления в 19" конструктиве (IEC 297) на базе промышленной процессорной платы, поддерживающей стандартный интерфейс PC 104. Он позволяет:

- принимать аналоговые, дискретные и частотно-импульсные электрические сигналы первичных преобразователей (датчиков, термопар, термометров сопротивления);
- измерять и нормировать принятые сигналы;
- выполнять программную обработку сигналов первичных преобразователей и формировать аналоговые и дискретные управляющие сигналы;



Рис. 4.8. Состав мастер-модуля M701E

- отображать информацию на экране VGA-монитора;
- обеспечивать запись и хранение программ и данных пользователя на FLASH-диске и в статическом энергонезависимом ОЗУ;
- обмениваться информацией с внешними устройствами по последовательным каналам связи ИРРС, RS232C / RS485;
- подключаться к локальным компьютерным сетям с помощью сетевых адаптеров;
- производить программно-аппаратную самодиагностику с выводом информации на экран монитора и индикаторы плат устройства.

Контроллер TREI-5B-02 имеет развитые средства повышения аппаратной надежности:

- 100%-ное резервирование контроллеров;
- резервирование модулей питания;
- резервирование мастер-модулей;
- резервирование отдельных модулей или каналов ввода/вывода;
- резервирование шины обмена с модулями;
- ввода/вывода ST BUS;
- резервирование LAN сети ETHERNET.

Контроллеры TREI-5B-02 имеют защиту от попадания пыли и влаги IP-20. При эксплуатации их в условиях, требующих более высоких степеней защиты, необходима установка контроллеров в соответствующую

шие шкафы. По требованию Заказчика фирма TREI GmbH обеспечивает комплектную поставку контроллеров в специальных конструктивах – шкафах фирмы RITTAL.

Предусмотрены варианты монтажа одного, двух или трех устройств в шкафу (степень защиты IP55) с прозрачной или непрозрачной передними и задними дверями. Возможно секционирование (наращивание) шкафов с установленными в них устройствами. В шкаф с устройствами дополнительно устанавливаются: кондиционеры, вентиляторы, лампы освещения, принадлежности для монтажа кабелей (клеммники, кабелегоны и пр.). Возможна установка дополнительных блоков питания внешних цепей и вторичной аппаратуры потребителя.

Общая техническая спецификация контроллера TREI-5B-02

Количество каналов ввода/вывода дискретных	до 3968
Количество каналов ввода/вывода аналоговых	до 1984
Количество модулей ввода/вывода	до 124
Тип процессора	386SX / 40МГц / DRAM 4М DX4 / 100МГц / DRAM 8М Pentium / 166МГц / DRAM 32М
Энергонезависимое ОЗУ (SRAM)	512Kb
Flash-диск	8-144Мб
Стандартный интерфейс PC/104	до 3-х модулей
Шина ST BUS	RS-485 полный дуплекс/полудуплекс/ дублированный полудуплекс
Скорость обмена по шине ST BUS	1,2/2,4/9,6/19,2/115/250/625/1250 Kbод
Максимальная длина шины ST BUS	1200 м (без повторителей)
Диагностика работоспособности	WATCHDOG таймер (0,1 с; 1,6 с), программно-аппаратная самодиагностика
Индикация входов/выходов	по каждому каналу
Подключаемые устройства	VGA-монитор, АТ-клавиатура
Каналы связи с внешними устройствами	RS-232, RS-485, IrDA, Ethernet
Конструктивы	19" стандарт МЭК 297
Размеры плат	3U (100х160мм)
Гальваническая изоляция каналов ввода/вывода	от внешних цепей и между каналами
Номинальное напряжение питания	220VAC/DC, 24VDC
Допустимые отклонения напряжения питания	140-260 AC, 18-36 DC
Температура эксплуатации	От 0°C до 50°C. От -40°C до 50°C (опционально)
Наработка на отказ	75 000 ч

Глава 5

КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В последнее время в области автоматизации технологических процессов наметился переход от централизованных систем (рис. 5.1), в которых один мощный процессорный модуль управляет большим количеством пассивных периферийных устройств, к распределенным (рис. 5.2), где каждый элемент системы является активным устройством сбора данных и управления.

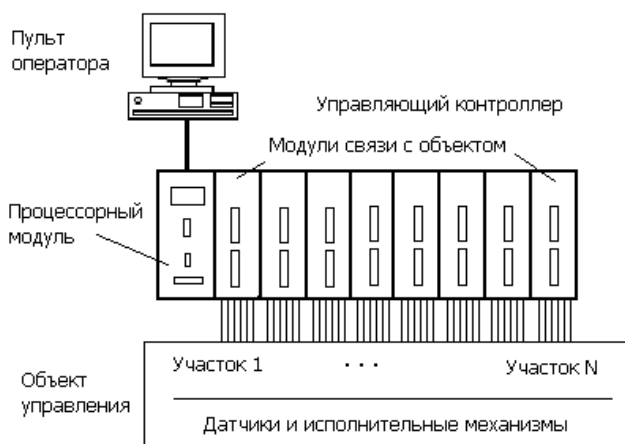


Рис. 5.1. Централизованная АСУ ТП

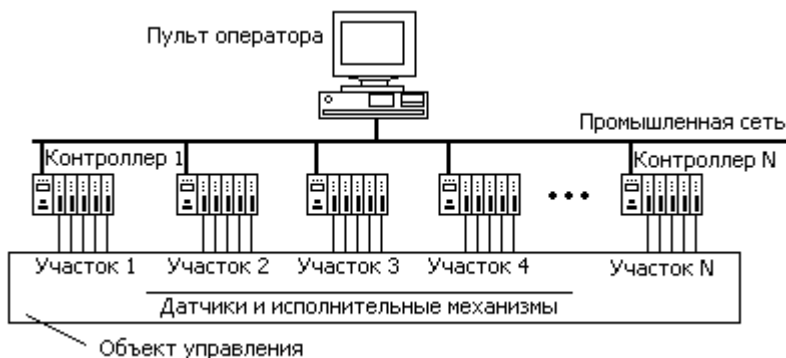


Рис. 5.2. Распределенная АСУ ТП

Централизованная АСУ ТП имеет ряд недостатков:

- Необходимость применения в управляющих контролерах мощных высокопроизводительных процессоров. Поскольку все задачи решаются только одним процессором, то при большом количестве периферийных устройств и модулей ввода-вывода он должен иметь достаточно большую производительность.

- Большие трудности, связанные с расширением системы. При расширении или модернизации требуется замена конструктива контроллера и модификация или полная замена программного обеспечения.

- Невысокая надежность системы и повышенная подверженность действию помех. Поскольку электронные блоки системы при таком подходе сосредоточены в одном месте, то к ним приходится прокладывать большое количество силовых и сигнальных цепей (от датчиков и исполнительных устройств), что при больших габаритах системы снижает надежность и увеличивает стоимость (большой расход дорогостоящей кабельной продукции) системы.

В связи с резким удешевлением микропроцессорной техники с одновременным повышением их надежностных характеристик, уменьшением их размеров и увеличением их функциональных возможностей появилось большое количество малогабаритных контроллеров и компьютеров, обладающих невысокой стоимостью. Наличие развитых сетевых средств позволяет связывать эти контроллеры в единую сеть, причем различные узлы (контроллеры, интеллектуальные модули ввода-вывода, компьютеры) этой сети могут быть разнесены друг от друга на достаточно большие расстояния.

Такая распределенная архитектура системы управления обладает следующими достоинствами:

- Высокая надежность работы системы. Четкое распределение обязанностей в распределенной системе делает ее работоспособной даже при выходе из строя или зависания любого узла. При этом работоспособные узлы продолжают осуществлять сбор данных и управление процессом или осуществляют последовательный останов технологического оборудования.

- Малое количество проводных соединений. Контроллеры имеют возможность работать в тяжелых промышленных условиях, поэтому они, как правило, устанавливаются в непосредственной близости от объекта управления. В связи с этим существенно снижается расход кабельной продукции, а для организации сети, как правило, достаточно всего двух или четырех проводов.

- Легкая расширяемость системы. При появлении дополнительных точек контроля и управления достаточно добавить в системы новый узел (контроллер, интеллектуальный модуль ввода-вывода).

- Малые сроки проведения модернизации. Наибольший выигрыш достигается при модернизации крупных систем, поскольку большая часть аппаратных средств и программного обеспечения не требует модификации.

- Использование компьютеров и контроллеров меньшей мощности.
- Легкость тестирования и отладки. Поскольку все элементы системы активны, легко обеспечить самодиагностику и поиск неисправности.

В настоящее время на Российских предприятиях функционирует большое количество контроллеров как импортных, так и отечественного производства, позволяющих строить распределенные АСУ ТП. Среди них контроллеры КРОСС-500 и комплекс полевых приборов ТРАССА (ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары), комплекс Деконт (фирма «ДЭП», г. Москва), Теконик (АО «Текон», г. Москва), DCS-2000 (ЗАО «Эмикон», г. Москва), контроллеры и УСО серий NL и CL (ООО «НИЛ АП», г. Таганрог), ADAM-4000, 5000, 6000 (Advantech), I-7000, 8000 (ICP DAS), сетевые контроллеры фирм Siemens, Analog Device и др.

5.1. Контроллер для распределенных систем КРОСС-500

Основное назначение контроллера КРОСС-500 (рис. 5.3) – построение высокоэффективных (недорогих и надежных) систем автоматизации различных технологических объектов. Контроллер обеспечивает хорошее соотношение производительность/стоимость одного управляющего или информационного канала, однородность аппаратуры автоматики на предприятии, уменьшает затраты на ЗИП, обучение персонала и т.п.

Основные области применения контроллера КРОСС-500 – системы автоматизации технологических объектов широкого класса (простых и сложных, медленных и быстрых, сосредоточенных и распределенных в пространстве) в различных отраслях с непрерывными и дискретными технологическими процессами (энергетические, химические, нефте- и газодобывающие, машиностроительные, сельскохозяйственные, пищевые производства, производство стройматериалов, предприятия коммунального хозяйства и т.п.).

Контроллер ориентирован на построение недорогих систем различной алгоритмической и информационной сложности:

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



**Рис. 5.3. Контроллер
КРОСС-500**

Контроллер предназначен для решения следующих типовых задач автоматизации:

- сбор информации с датчиков различных типов и ее первичная обработка (фильтрация сигналов, линеаризация характеристик датчиков, приведение сигналов к физическим единицам измерения 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;
- обслуживание станций технолога-оператора, прием и исполнение их команд, аварийная, предупредительная и рабочая сигнализация, индикация значений прямых и косвенных параметров, выдача значений параметров и различных сообщений на пульт технолога-оператора и рабочих станций 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 контроллера КРОСС-500:

- Интеллектуальная система ввода-вывода.
- Функционально-децентрализованная архитектура.
- Высокие динамические качества.
- Проектно-компонуемый состав и масштабирование с точностью до одного канала.
 - Высокие базовые уровни надежности и живучести.
 - Развитые возможности резервирования.
 - Настройка и контроль модулей, осуществляемые как дистанционно, так и автономно.
 - Наличие интерфейса с пультом технолога-оператора. Наличие средств связи контроллера с верхним уровнем.
 - Возможности программирования технологической программы пользователя (ТПП).
 - Применение стандартных средств, обеспечивающих системную и программную совместимость контроллеров как с контроллерами ТРАС-СА-500, Р-1301Са, так и с изделиями других фирм.
 - Особенности конструкции, обеспечивающие гибкие возможности по географическому расположению устройств контроллера в любом конструктиве.

Состав контроллера КРОСС-500

Контроллер КРОСС-500 имеет функционально-децентрализованную архитектуру, построенную на центральном процессоре, интеллектуальных модулях ввода-вывода, программируемых модулях автономного управления (микроконтроллерах) и четырех последовательных высокоскоростных внутренних шинах, объединяющих модули.

Все элементы контроллера работают параллельно и автономно: каналы ввода-вывода в модулях; сами модули, управляющие процедурами ввода-вывода и первичной обработки данных (фильтрация, линеаризация, калибровка); четыре внутренние шины, осуществляющие обмен данными модулей с центральным процессором; центральный процессор, выполняющий технологическую программу контроллера.

Контроллер КРОСС-500 является проектно-компонуемым изделием, состав которого определяет пользователь в зависимости от решаемых задач. Контроллер в общем случае комплектуется из блоков, модулей и других устройств из нижеследующего состава [34]:

- блок центрального процессора БЦП, БЦП2;
- модули ввода-вывода МВВ постоянного состава и проектно-компонуемые;

- микроконтроллер МК1;
- блок программируемого микроконтроллера Т-МК1;
- терминальные блоки ТБ и соединения гибкие СГ;
- блоки и модули питания;
- пульт настройки РН1;
- блок переключения БПР-10.

Блоки центрального процессора БЦП, БЦП2 управляют работой контроллера, имеют резидентное программное обеспечение (РПО), включающее операционную систему реального времени RTOS-32 и исполнительную систему ISaGRAF Target. Предназначены для загрузки и выполнения технологической программы пользователя (ТПП).

Блоки построены на базе РС-совместимых процессоров. БЦП2 построен по двухъядерной архитектуре и имеет коммуникационный сопроцессор (по заказу), снимающий с основного процессора функции опроса модулей ввода-вывода. Связь между процессорами организована через ОЗУ с двусторонним доступом. Краткие характеристики блоков приведены в табл. 5.1.

5.1. Характеристики блоков центрального процессора

Характеристика	БЦП	БЦП2
Тактовая частота, МГц	100	166
Динамическое ОЗУ для исполнения программ, Мб	4	128
Встроенная флэш-память для хранения РПО и ТПП	1 Мб	Все хранится на флэш-диске
Флэш-диск по заказу	DiskOnChip 8-196 Мб	Compact Flash, 256 – 2048 Мб
Энергонезависимое ОЗУ для хранения настроек и обеспечения горячего рестарта, Кб	256	512
Порты RS-232 для связи с ВУ и подключения внешних устройств	4	6
Порты для высокоскоростного (до 1 Мбод) обмена с модулями ввода-вывода	до 4 мезонинных ячеек по заказу: RS-485 или SPI	4 * RS-485
Порты Ethernet	1	2
Коммуникационный сопроцессор	Нет	Есть
Канал резервирования	RS-232	Ethernet
Встроенный адаптер VGA, клавиатура	Нет	Есть
Сторожевой таймер и таймер-календарь	Есть	Есть

Программируемый микроконтроллер МК1 может выполнять функции управления, регулирования и защиты автономно от центрального процессора или параллельно с ним. Микроконтроллер МК1 выполнен на базе проектно-компонуемого модуля ADIO1 и имеет до 8 ячеек с аналоговыми каналами ввода-вывода; 8 дискретных входов; 8 дискретных выходов. МК1 отличается от модуля ADIO1 схемой платы процессора и резидентным программным обеспечением, позволяющим выполнять собственную технологическую программу пользователя.

МК1 обеспечивает управление объектом, снижая избыточность и стоимость систем.

Блок программируемого микроконтроллера Т-МК1 имеет проектно-компонуемый состав: до 8 ячеек с аналоговыми и дискретными каналами ввода-вывода. Параметры ячеек приведены в табл. 5.2.

5.2. Ячейки проектно-компонуемых модулей ADIO1, AIO2 и микроконтроллера МК1 и блока Т-ADIO1, микроконтроллера Т-МК1

ОБОЗНАЧЕНИЕ ЯЧЕЙКИ	МОДУЛИ ADIO1, AIO2	БЛОК Т-ADIO1
	ПАРАМЕТРЫ ЯЧЕЙКИ	
DI2		4 канала ввода дискретных сигналов Напряжение постоянного тока: (0-7) В логический "0" (24±6) В логическая "1"
DO2		4 канала вывода дискретных сигналов Бесконтактный ключ- коммутируемое постоянное напряжение до 40 В
AI1	1 канал ввода сигналов: (0-10), ±(0-10) В; (0-5), ±(0-5), (0-20), ±(0-20), (4-20) мА. Время преобразования – 60 мс. Основная погрешность преобразования ±0,1%(разрядность 15 бит).	
AI2	1 канал ввода сигналов: (0-10) В; (0-5), (0-20), (4-20) мА. Время преобразования – 2 мкс. Основная погрешность преобразования ±0,1%(разрядность 12 бит).	
AI3	4 канала ввода сигналов: ±(0-5), ±(0-20), (4-20) мА. Время преобразования – 120 мс. Основная погрешность преобразования ±0,1%(разрядность 15 бит).	
AO1	1 канал вывода сигналов: (0-5), (0-20), (4-20) мА. Время преобразования – 20 мкс. Основная погрешность преобразования ±0,1%.	
AO2	2 канала вывода сигналов: (0-5), (0-20), (4-20) мА. Время преобразования – 20 мкс. Основная погрешность преобразования ±0,1%.	
TC1	1 канал ввода – сигналов напряжения: ±(0-35), ±(0-70), ±(0-140), ±(0-280), ±(0-560), ±(0-1120), ±(0-2240) мВ; – сигналов от термопар: ±(0-35), ±(0-70) мВ. Основная погрешность преобразования ±0,1%(разрядность 15 бит).	
TR1	1 канал ввода: – сигналов сопротивления: (0-50), (0-100), (0-200), (0-400) Ом; – сигналов от термопреобразователей сопротивления (0-100), (0-200), (0-400) Ом . Трехпроводная схема включения. Основная погрешность преобразования ±0,1%(разрядность 15 бит).	
TR2	1 канал ввода: – сигналов сопротивления: (0-50), (0-100), (0-200), (0-400) Ом; – сигналов от термопреобразователей сопротивления (0-100), (0-200), (0-400) Ом . Четырехпроводная схема включения. Основная погрешность преобразования ±0,1%(разрядность 15 бит).	
TR3	2 канала ввода: – сигналов сопротивления: (0-50), (0-100), (0-200), (0-400) Ом; – сигналов от термометров сопротивления (0-100), (0-200), (0-400) Ом . Четырехпроводная схема включения. Основная погрешность преобразования ±0,1%(разрядность 15 бит).	

Блок Т-МК1 может выполнять функции управления, регулирования и защиты автономно от центрального процессора или параллельно с ним. Т-МК1 может использоваться для построения небольших систем автоматизации без применения центрального процессора и имеет систему ввода-вывода блока Т-ADIO1. Один из последовательных портов Т-МК1 может использоваться для подключения блоков Т-ADIO1, Т-DIO1 и Т-МК1 с целью увеличения числа входов-выходов. В этом случае Т-МК1 является «ведущим» в сети. Резидентное программное обеспечение микроконтроллера включает операционную систему реального времени и исполнительную систему ISaGRAF Target. Программирование Т-МК1 осуществляется на любом из шести языков системы ISaGRAF с некоторыми ограничениями на максимальное число переменных.

Проектно-компонованные модули и блоки ввода-вывода сигналов:

- Модуль ADIO1 имеет до 8 ячеек с аналоговыми каналами ввода-вывода; 8 дискретных входов; 8 дискретных выходов.
- Модуль AIO2 имеет до 8 ячеек с аналоговыми каналами ввода-вывода.

Проектно-компонованный блок ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов повышенного быстродействия Т-ADIO1 также имеет проектно-компонованный состав: до 8 ячеек с аналоговыми и дискретными каналами ввода-вывода, устанавливаемых в 8 выделенных мест модуля. Номенклатура и параметры ячеек приведены в табл. 5.2.

Проектно-компонованный блок ввода-вывода дискретных сигналов Т-DIO1 имеет до 8 ячеек с дискретными каналами ввода-вывода, ячейки установлены в 8 выделенных мест модуля.

Модули ввода-вывода постоянного состава в зависимости от вида сигналов подразделяются на 2 группы:

- модули ввода-вывода дискретных сигналов с групповой или индивидуальной гальванической развязкой между каналами;
- модули ввода-вывода аналоговых сигналов с групповой гальванической развязкой.

Терминальные блоки используются для подсоединения внешних цепей к МВВ и микроконтроллеру МК1 через клеммные колодки, а также для преобразования уровней, гальванического разделения и усиления дискретных сигналов

В состав терминальных блоков входят:

- Аналоговые терминальные блоки, имеющие клеммные колодки с винтовыми зажимами Т1-AI, Т1-AIO, Т1-TC, Т1-TR, Т2-A.
- Дискретные терминальные блоки, имеющие клеммные колодки с пружинными зажимами Т1-DI, Т1-DIO, Т1-DI-8, Т1-DO, Т1-DO-8.

- Дискретные терминальные блоки, имеющие дополнительные схемы преобразования входного-выходного сигнала и гальванического разделения между входами и выходами: T1-DI-8/24, T1-DI-8/110, T1-DI-8/220, T2-DI-8/24, T2-DI-8/110, T2-DI-8/220, T1-DO-8S, T1-DO-8R, T1-DO-8P/24, T1-DO-8P/110, T1-DO-8P/220.

Подключение терминальных блоков к МВВ и микроконтроллеру осуществляется при помощи гибких соединений: C1-A, C2-A, C1-D, C2-D-8/8.

Блок переключения БПР-10 выполняет контактное переключение до 8 аналоговых или дискретных сигналов и применяется в схемах резервирования.

Пульт настройки PN1 предназначен для наладки, настройки и конфигурирования модулей, а также контроля и изменения параметров (коэффициентов) ТПП микроконтроллеров в автономном режиме.

Блок питания выполняет преобразование $\sim 220/ = 24$ В и предназначен для питания блоков контроллера. Выходная мощность 45 Вт.

Модули питания предназначены для питания блока центрального процессора и имеют несколько модификаций:

- AC220/5-15 выполняет преобразование $\sim 220/ = 5$ В. Выходная мощность – 15 Вт.

- DC24/5-15 выполняет преобразование $= 24/ 5$ В. Выходная мощность – 15 Вт.

- AC220/5R-15 – резервированный модуль питания, выполняет преобразование $\sim 220/ = 5$ В. Выходная мощность – 15 Вт.

Все модули и терминальные блоки контроллера, кроме блока переключения БПР-10, выполнены для монтажа на DIN-рейку, межмодульные соединения осуществляются при помощи гибкого жгута, что исключает необходимость в специальных конструктивах. Контроллер может быть смонтирован в любой конструктивной оболочке с глубиной не менее 200 мм. Размеры модулей – высота 130(140) мм, длина (глубина) 100(125) мм, ширина (30, 45, 60, 126) мм в зависимости от типа модуля. Каждый модуль имеет разъемы – для подключения внешних сигналов, интерфейса RS-485, пульта настройки и питания.

5.2. Контроллер и модули УСО серии ТЕКОНИК

Система интеллектуальных модулей ТЕКОНИК (рис. 5.4) предназначена для построения распределенных автоматизированных систем управления технологическими процессами, автономных систем управления, систем телемеханики, учета энергоресурсов и диспетчеризации [35]. В отличие от упрощенных зарубежных аналогов модули имеют специальные средства защиты для применения в условиях сильных



Рис. 5.4. Процессорные модули P06 и модули УСО серии ТЕКОНИК

промышленных помех. Система ТЕКОНИК адаптирована для применения в отечественных условиях, имеет большую гибкость при конфигурировании, обладает мощными вычислительными ресурсами (процессоры семейств XScale и x86) и большим количеством каналов ввода-вывода.

Система ТЕКОНИК имеет проектно-компонуюемую конфигурацию и поставляется в соответствии с заказной конфигурацией. Пользователь может самостоятельно наращивать или изменять конфигурацию системы. Система может содержать один процессорный модуль P06, P06 DIO или P04, коммуникационный модуль или преобразователь интерфейсов (конвертор) RS-232/485 TCC485A, панель оператора V04/V04M и до 250 модулей ввода-вывода в произвольной конфигурации. Модули ввода-вывода ТЕКОНИК имеют коммуникационный интерфейс RS-485 с максимальной скоростью 115 кбит/с (ASCII-протокол T4000).

Процессорный модуль P06 на базе технологии t-mezon имеет несколько исполнений, отличающихся друг от друга производительностью процессора (INTEL XScale 266/533 МГц), объемом flash-памяти и оперативной памяти (16/32/64 Мбайт), рабочим диапазоном температур и наличием дополнительных коммуникационных интерфейсов. Исполнения P06 DIO имеют встроенные 32 канала дискретного ввода и 16 каналов дискретного вывода и применяются в качестве автономного высокопроизводительного контроллера с широкими коммуникационными возможностями. Все исполнения P06 и P06 DIO имеют два интерфейса Ethernet IEEE 802.3 10/100 Мбит, энергонезависимое ОЗУ 1Мб, сторожевой таймер WatchDog, астрономический таймер-календарь. Исполнения P06 BASE содержат два интерфейса RS-232/RS-485, а P06 COMM и MAX – шесть интерфейсов RS-232/RS-485.

Основные преимущества модулей ввода-вывода:

- каждый модуль имеет встроенный микроконтроллер, выполняющий коммуникационные функции, диагностику, ввод, вывод и предварительную обработку сигналов;

- низкое энергопотребление и тепловыделение модулей;
- высокая помехоустойчивость входных каналов, защита от импульсных помех;
- двойная гальваническая развязка источника питания и последовательного коммуникационного интерфейса;

Каждый модуль ввода-вывода имеет следующие средства диагностики:

- таймер аппаратного сброса WatchDog;
- проверка контрольной суммы ПЗУ и ЭППЗУ при включении питания;
- тест внутреннего ОЗУ при включении питания;
- непрерывный тест АЦП (для аналоговых модулей);
- настраиваемую функцию обнаружения отсутствия активности сети, интервал времени задается в диапазоне 0...255 с.

Номенклатура модулей ввода-вывода приведена в табл. 5.3.

Программное обеспечение системы ТЕКОНИК предоставляет разработчику АСУ ТП возможность создания, загрузки и отладки прикладных проектов, используя языки технологического программирования в соответствии с международным стандартом МЭК 61131-3. Среда технологического программирования, установленная на инженерной станции разработчика АСУ ТП, взаимодействует с базовым программным обеспечением (БПО) контроллера. Разработчик системы может использовать для программирования контроллеров различные БПО – среду ISaGRAF v.5, а также инструментальные средства, входящие в состав интегрированных пакетов КРУГ-2000, MasterSCADA (MasterLogic), Trace Mode, Каскад (K-logic).

Базовой системой программирования для всей линейки контроллеров ТЕКОН является система ISaGRAF. Среда разработки предоставляет полный набор средств для визуального интерактивного создания программ, документирования проектов, архивации, мониторинга проекта, off-line симуляции, «горячего» редактирования проектов. Загрузка и отладка подготовленных прикладных программ в память процессорного модуля производится по сети Ethernet. Для более удобной и быстрой разработки пользовательских приложений в составе БПО ISaGRAF может поставляться библиотека алгоритмов TIL Pro Std. Алгоритмы библиотеки используются в виде стандартных функций (функциональных блоков) среды ISaGRAF как дополнение к существующему набору алгоритмов. В библиотеку TIL Pro Std включены алгоритмы, реализующие функции регулирования, статических и динамических преобразований, индивидуального и группового управления исполнительными механизмами, контроля и выборки сигналов, а также доступа к системным ресурсам.

5.3. Характеристики модулей ввода-вывода

Наименование	Описание
T3702	Модуль ввода дискретных сигналов 24 В, 16 каналов
T3703	Модуль ввода дискретных сигналов 220 В, 8 каналов
T3601	Модуль вывода дискретных сигналов 220 В, 8 каналов (электромеханические реле)
T3602	Модуль вывода дискретных сигналов 220 В, 8 каналов (симисторы)
T3603	Модуль вывода дискретных сигналов 24 В, 16 каналов (герконовые реле)
T3604	Модуль вывода дискретных сигналов 24 В, 12 каналов (оптореле)
T3801	Модуль ввода-вывода дискретных сигналов, 24 В, 32 канала ввода, 16 каналов вывода
T3802	Модуль ввода-вывода дискретных сигналов, 24 В, 64 канала ввода, 32 канала вывода
T3101	Модуль ввода аналоговых сигналов 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...10 В, 8 каналов, групповая развязка
T3102	Модуль ввода аналоговых сигналов 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...10 В, 6 каналов, индивидуальная развязка
T3204/T3204-02	Модуль ввода аналоговых сигналов низкого уровня (T3204) или аналоговых сигналов термопар (T3204-02), 8 каналов, групповая развязка
T3204/T3204-02	Модуль ввода аналоговых сигналов низкого уровня (T3204) или аналоговых сигналов термопар (T3204-02), 8 каналов, групповая развязка
T3205/T3205-01/ T3205-02 (для системы термометрии)	Модуль ввода аналоговых сигналов термометров сопротивления по 3-проводной схеме (T3205) или по 4-проводной схеме (T3205-01, T3205-02), 8 каналов, групповая развязка
T3501-03, T3501-05/ T3501-04, T3501-06	Модуль вывода аналоговых сигналов 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, 4 канала (T3501-03/ T3501-05) или 2 канала (T3501-04/ T3501-06), индивидуальная развязка

В качестве средств местного операторского интерфейса в системе ТЕКОНИК используется графическая панель оператора V04M. Программирование панели оператора выполняется на персональном компьютере с помощью системы VisiBuilder разработки НПКФ «Дейтамик-ро», которая входит в комплект поставки V04M.

Для связи с системами верхнего уровня или со сторонними информационными или управляющими системами применяется ТесонОПС-сервер, который представляет собой универсальное средство доступа к данным процессорного модуля со стороны SCADA-систем, которые поддерживают стандартную технологию OPC. Сервер получает данные с процессорного модуля (значения каналов ввода-вывода и переменные ISaGRAF) по сети Ethernet (протокол TCP/IP), по GPRS-каналу, по CDMA-каналу или по обычному модемному соединению. В процессе работы ведется журнал событий с регистрацией времени подключения и отключения, нарушений качества передачи данных. Реализована процедура автоматического восстановления сетевого соединения.

Серия ТЕКОНИК предназначена, в первую очередь, для построения распределенных систем управления. Рис. 5.5 иллюстрирует пример построения распределенной системы управления (PCY), которая представляет собой двухуровневую сетевую структуру. Первый уровень реализован с помощью сети Ethernet, позволяющей объединить программируемые контроллеры и операторские станции. Роль программируемых контроллеров выполняют процессорные модули P06 с модулями ввода-вывода. Такая сеть позволяет объединить технологические контроллеры различных типов, серверы технологических баз данных, операторские и инженерные станции. При этом к процессорным модулям системы ТЕКОНИК можно подключить различные внешние периферийные устройства по последовательным интерфейсам RS-232/RS-485 или по сети Ethernet.

Данная структура в полной мере использует большие коммуникационные возможности системы ТЕКОНИК, позволяющие с помощью стандартных интерфейсов и протоколов подключиться к вычислительным средствам верхнего уровня (в том числе сторонних информационных и управляющих систем), и наиболее интересна при автоматизации крупных объектов.

Второй уровень PCY реализован на основе полевой шины RS-485. К полевой шине могут подключаться модули ввода-вывода ТЕКОНИК, интеллектуальные датчики температуры TCT11 и другие устройства. Полевая сеть может строиться с использованием нескольких линий передачи данных. Например, модули или устройства, которые должны опрашиваться быстро, выделяются в отдельную сеть. Процессорный модуль P06 позволяет напрямую без преобразователей подключать

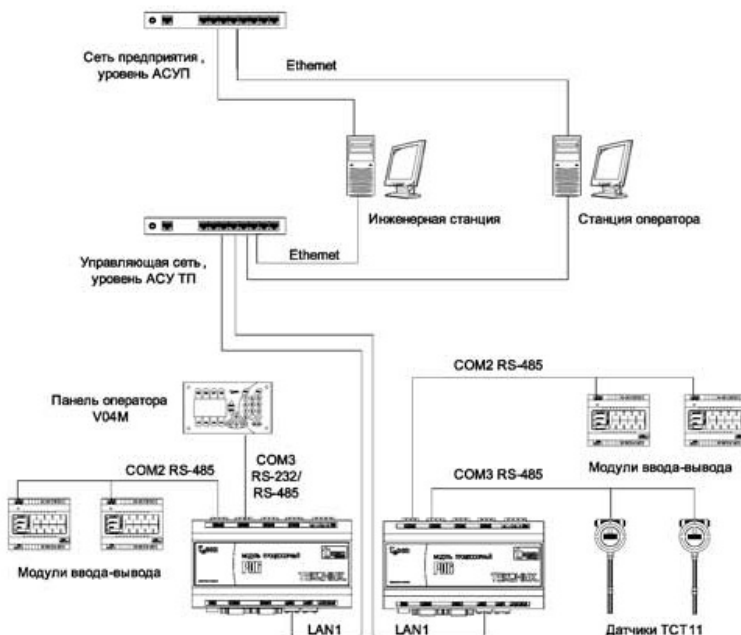


Рис. 5.5. Пример построения распределенной системы управления

до 4 интерфейсов RS-485. Модули ввода-вывода могут располагаться в общем монтажном шкафу с контроллером (процессорным модулем Р06) или располагаться на значительном расстоянии от него.

Контроллеры и УСО серии ТЕКОНИК широко используются для:

- построения систем управления центральными тепловыми пунктами (ЦТП) и другими объектами теплоэнергетики;
- в качестве устройств передачи данных (УСПД) в системах технологического и коммерческого учета энергоресурсов;
- создания системы защит и блокировок;
- построения систем мониторинга удаленных объектов, в том числе необслуживаемых с передачей данных по выделенным или коммутируемым каналам, передачей по радиоканалам, в сотовых сетях GSM/GPRS;
- создания АСУ ТП малой и средней сложности на предприятиях с непрерывными или дискретными технологическими процессами различных отраслей: энергетические, химические, нефте- и газодобывающие, пищевые производства, машиностроительные, сельскохозяйственные, производство стройматериалов, предприятия коммунального хозяйства и т.п.

5.3. Контроллеры и модули удаленного ввода-вывода серии I-7000

Контроллеры серии I-7000 представляют собой PC-совместимые контроллеры фирмы ICP DAS (www.icpdas.com). Изделия этой серии являются аналогами популярных в России контроллеров и модулей связи с объектом ADAM-4000 (Advantech), NuDAM-6000 (ADLink). Контроллеры включены в Государственный реестр средств измерений и допущены к применению в Российской Федерации.

Серия I-7000 обеспечивает недорогое, гибкое и эффективное решение для самого широкого спектра промышленных и лабораторных задач. Изделия этой серии предназначены для управления технологическим процессом, встраивания в технологическое оборудование, удаленного сбора и обработки информации, могут использоваться в качестве коммуникационных устройств и т.п. Линейка выпускаемых продуктов включает в себя коммуникационные модули, модули аналогового ввода и аналогового вывода, дискретного ввода/вывода, таймеры/счетчики, модули PC-совместимых контроллеров [36].

Каждый модуль представляет собой функционально-законченное устройство, заключенное в пластмассовый корпус и оснащенное клеммными соединителями с винтовой фиксацией для подключения входных и выходных цепей (рис. 5.6). Установка модулей не требует специальных объединительных плат и может осуществляться как на стандартный несущий DIN-рельс, так и на любую плоскую панель или стенку. Модули ввода-вывода могут находиться на значительном расстоянии от контроллера, подключаясь к нему по интерфейсу RS-485.

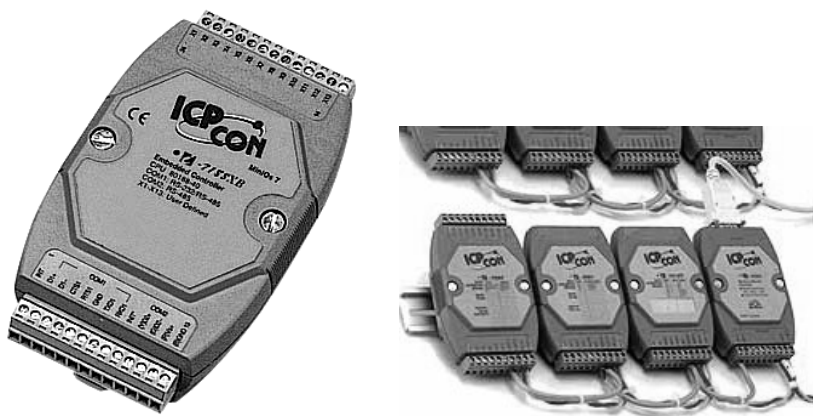


Рис. 5.6. Модули серии I-7000

Общие технические характеристики модулей серии I-7000

- Модули объединяются в асинхронную полудуплексную двухпроводную сеть по стандарту RS-485.
- Максимальная длина сегмента сети без повторителя – до 1200 м.
- Скорость передачи данных: 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200, 38 400, 57600, 115 200 бод.
- Возможность объединения до 256 модулей в один сегмент сети без повторителя.
- Возможность использования в одном сегменте сети различных скоростей обмена и форматов данных, до $2048 = 256 \times 8$ модулей в системе с использованием повторителей.
- Формат данных серии I-7000 10 бит = 1 стартовый бит + 8 бит данных + 1 стоповый бит.
- Возможность контроля четности при передаче данных.
- Протокол передачи данных: ASCII символы.
- Напряжение изоляции входных цепей 3000 В.
- Питание от источника нестабилизированного постоянного тока напряжением от +10 В до +30 В.
- Защита по цепям питания от перенапряжения, неправильной полярности подключения питания.
- Возможность «горячей» замены любого модуля.
- Работоспособность в широком диапазоне температур: от -10°C до $+70^{\circ}\text{C}$.

Сеть RS-485 для модулей серии I-7000 является наиболее мощной и гибкой двухпроводной сетью RS-485. Эта сеть работает с различными скоростями обмена и различными форматами данных. Это обстоятельство позволяет объединить в одну сеть все модули УСО, контроллеры PLC и другое оборудование, которые настроены на различные скорости обмена или используют различные форматы данных. В обычной сети RS-485 скорость обмена и формат данных должны иметь одинаковые значения у всех устройств, подключенных к сети. Преобразователь RS-232 в RS-485 (I-7520) оснащен встроенным «Self Tuner», что и позволяет ему обнаруживать скорость обмена и формат данных автоматически и напрямую управлять сетью RS-485.

На рис. 5.7 представлена распределенная система управления и сбора данных на основе модулей I-7000.

Схема взаимодействия ведущего компьютера (HOST) с модулями, объединенными в одну сеть на основе RS-485, довольно проста. При этом порядок работы выглядит следующим образом:

1. Ведущий компьютер выдает команду в сеть через порт COM1.
2. Преобразователь I-7520 преобразует сигнал RS-232 в RS-485.

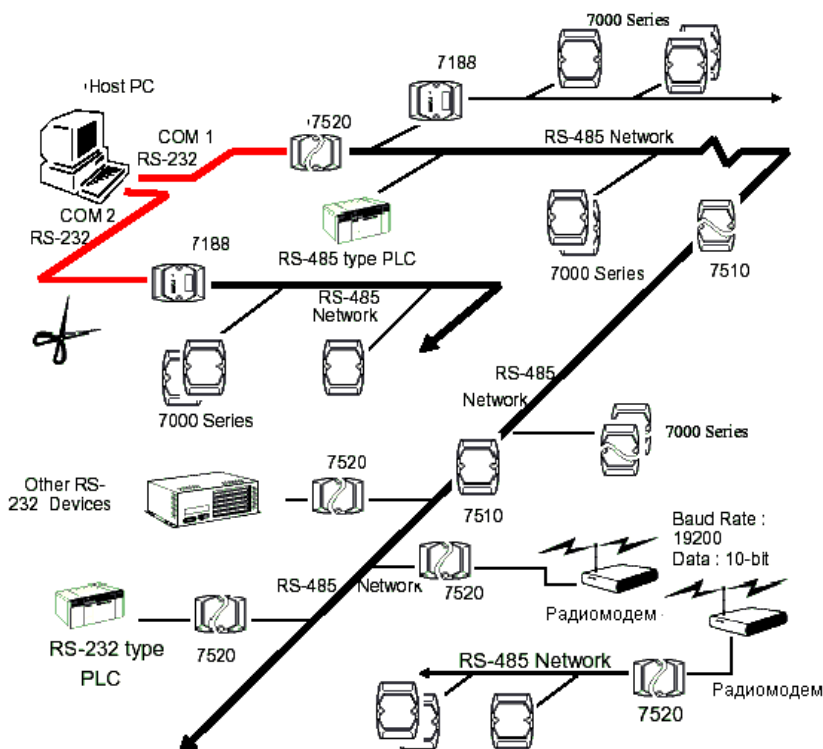


Рис. 5.7. Распределенная система управления и сбора данных на основе модулей I-7000

3. Все модули, подключенные к сети RS-485, получают эту команду и сравнивают поле адреса этой команды со своим собственным адресом.

4. Модуль, у которого эти адреса совпадут, выполнит эту команду, а остальные ее проигнорируют.

5. После выполнения команды модуль посылает ответ о результатах выполнения в сеть RS-485. Ведущий компьютер обрабатывает ответ и выдает следующую команду.

При построении сети на основе интерфейса RS-485 следует учитывать то обстоятельство, что лишь одно из устройств в ней может быть ведущим (Master), а остальные – ведомыми (Slave). При этом по ходу работы приоритеты работы разных устройств могут меняться.

Система, построенная на основе модулей серии I-7000, имеет ряд характерных особенностей:

- Простота построения системы под управлением HOST-компьютера. Модули объединяются в сеть любой сложной топологии на основе широко распространенного стандарта RS-485; все модули используют для коммуникации простой протокол «Запрос/Ответ», иницируемый HOST-компьютером.

- «Встроенный интеллект». Модули обеспечивают приведение сигнала к требуемому уровню, мониторинг системы, выдачу аварийных сигналов, сохранность важнейших параметров настроек.

- Гибкость настройки. Конфигурация и калибровка модулей осуществляется программно с HOST-компьютера. 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 перепрограммируемом ПЗУ.

- При наличии в сети модуля I-7188 система может работать без внешнего HOST-компьютера.

В модулях серии I-7000 реализован широкий диапазон скоростей передачи данных по сети RS-485 – от 1200 до 115 200 бод. При этом модули, подключенные к одному последовательному порту HOST-компьютера, необязательно должны работать на одной и той же скорости. Модули конверторов интерфейсов RS-232/RS-485, а также модули повторителей (I-7510) имеют функцию самонастройки. Суть ее заключается в том, что эти модули автоматически определяют направление передачи данных, скорость передачи и формат посылки. Другими словами, для информационных потоков модули конверторов и повторителей полностью прозрачны.

Каждый из модулей серии I-7000 имеет двойной сторожевой таймер (WatchDog). Это одна из важнейших особенностей данной серии, которая значительно увеличивает показатель надежности и работоспособности всей системы в целом. 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 RS-485. Если по истечении заданного интервала времени никаких посылок не было, то делается вывод об отказе HOST-компьютера 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.

Повышению живучести системы управления способствует также 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 СЕРИИ I-7000

Контроллер I-7188. Модуль I-7188 представляет собой PC-совместимый микроконтроллер, который является, по существу, маленьким PC-совместимым компьютером. В нем есть процессор AMD 80 188 – 40 МГц, 128 – 512 кбайт SRAM памяти (ОЗУ), электронный Flash-диск (аналог жесткого диска) объемом 256 кбайт или 512 кбайт, часы реального времени, последовательные порты, порт Ethernet (в некоторых модификациях) – т.е. почти все необходимые атрибуты обычного компьютера. В контроллере имеется BIOS, особенностью которого является возможность работы без жесткого и флоппи-дисков, стандартной клавиатуры и монитора. Конструктивно модуль I-7188 выполнен аналогично другим модулям серии. Выпускается в двух вариантах: с 5-значным 7-сегментным индикатором или без него. Контроллер не требователен к питанию: достаточно подать нестабилизированное напряжение в диапазоне 10 – 30 В постоянного тока. При этом модуль потребляет не более 3 Вт.

В настоящее время модуль I-7188 – один из самых маленьких и недорогих PC-совместимых контроллеров. Области его применения могут быть самыми разнообразными. Прежде всего, это идеальный удаленный контроллер для управления группой модулей серии I-7000 или им подобных (например, ADAM-4000, NuDAM-6000). Вам обязательно подключать модули напрямую к управляющему промышленному компьютеру или дорогостоящему PLC. Контроллер I-7188 вполне справится с задачей сбора данных от модулей удаленного ввода-вывода и первичной обработкой информации. Кроме того, при помощи контроллера I-7188 и группы модулей можно реализовать очень недорогую автономную замкнутую систему автоматического управления. При этом на удаленной рабочей станции (АРМ) через последовательный интерфейс можно осуществлять контроль и оперативное управление подобной системой.

Контроллеры построены на базе процессора AMD80188, который работает под управлением операционной системы MSDOS или MiniOS7. MiniOS7 – это DOS-совместимая система, разработанная специально для контроллеров серии I-7000 и I-8000. В ней исключены некоторые неиспользуемые функции MSDOS и упрощена файловая система, но добавлена поддержка модулей ввода-вывода, устройств дополнительной памяти, есть функции самодиагностики, ускорена процедура загрузки. Процессорные модули имеют ограниченные возможности по расширению ресурсов. Модули с операционной системой DOS – не расширяемы, а в модули с MiniOS7 (I-7188X...) можно установить одну плату расширения. Существуют платы расширения памяти, аналоговых и дискретных входов-выходов и дополнительных последовательных портов.

Разработка программ для контроллера осуществляется на обычном компьютере. Можно использовать обычные языки программирования, такие как C/C++, Pascal, Basic, Ассемблер (но вследствие того, что в контроллере используется процессор 80188, в программе нельзя использовать инструкции процессора 286). Затем скомпилированную программу следует записать на Flash-диск модуля I-7188. Это делается после подключения контроллера через COM4 к любому последовательному порту обычного компьютера при помощи специальной утилиты, предоставляемой в комплекте с контроллером.

Совместно с контроллером бесплатно поставляются все необходимые утилиты, библиотеки и образцы исходных текстов на языке C.

Контроллер I-7188 имеет множество модификаций, отличающихся друг от друга объемом оперативной памяти и Flash-диска, наличием различных плат расширения дискретного ввода-вывода, наличием пятиразрядного 7-сегментного индикатора. Имеются модификации контроллеров с предустановленной средой исполнения ISaGRAF.

Модули аналогового ввода. Эти модули преобразуют аналоговый входной сигнал в цифровую форму и передают данные по интерфейсу RS-485 в формате ASCII. Измеренный сигнал может представляться в инженерных единицах измерения (мВ, В, мА), в процентах от диапазона измерения или в шестнадцатеричном коде. Все модули имеют встроенный микропроцессор для управления аналого-цифровым преобразователем с 16-битным разрешением. При помощи модулей аналогового ввода можно измерять напряжение, силу тока, температуру, давление и другие типы входных аналоговых сигналов. В модулях нет переключателей, нуждающихся в предварительной установке. Все параметры модулей конфигурируются программно с помощью обычного персонального компьютера. Для модуля необходимо установить сетевой адрес,

скорость передачи данных, диапазон изменения входного сигнала, формат представления измеренной информации (инженерные единицы, процент от диапазона или шестнадцатеричный код), разрешить или запретить проверку контрольной суммы.

В табл. 5.4 представлена номенклатура модулей аналогового ввода. Модули I-70xxD – содержат цифровой индикатор; модули, содержащие «P» имеют расширенный диапазон измерения, а букву «F» – повышенную частоту замеров.

Модули аналогового вывода. Модули обеспечивают выходные сигналы в виде различных значений напряжения и силы тока (0...10 В, ± 5 В, ± 10 В, 0...20 мА, 4...20 мА). 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).

Таблица 5.4

Наименование	Краткая характеристика
I-7011, I-7011D, I-7011P, I-7011PD	1-канальный модуль ввода сигнала с термопары. Дополнительно 1 DI, 2 DO
I-7012, I-7012D, I-7012F, I-7012FD	1-канальный модуль аналогового ввода. Дополнительно 1 DI, 2 DO
I-7013, I-7013D	1-канальный модуль ввода сигнала с термометра сопротивления
I-7014D	1-канальный модуль аналогового ввода. Дополнительно 1 DI, 2 DO
I-7016, I-7016D	2-канальный модуль ввода сигнала с тензодатчика. Дополнительно 1 AO, 1 DI, 4DO
I-7016P, I-7016PD	1-канальный модуль ввода сигнала с тензодатчика. Дополнительно 1 AO, 1 DI, 4DO
I-7017, I-7017F	8-канальный модуль аналогового ввода.
I-7018, I-7018D	8-канальный модуль ввода сигнала с термопары.
I-7033, I-7033D	-7033 3-канальный модуль аналогового ввода сигнала с термосопротивления. Дополнительно 1 DI, 2 DO

Условные обозначения:

DI – дискретный ввод; DO – дискретный вывод; AO – аналоговый выход.

Таблица 5.5

Наименование	Краткая характеристика
I-7021	1-канальный модуль аналогового вывода (разрешение 12 бит)
I-7021P	1-канальный модуль аналогового вывода повышенной точности (разрешение 16 бит)
I-7022	2-канальный модуль аналогового вывода (каналы изолированы, разрешение 12 бит)
I-4024	4-канальный модуль аналогового вывода (каналы не изолированы, разрешение 14 бит)

В табл. 5.5 представлена номенклатура модулей аналогового вывода.

Модули цифрового ввода-вывода. Номенклатура модулей цифрового ввода-вывода достаточно широка. Данные модули 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 табл. 5.6 представлена номенклатура модулей аналогового ввода. Модули I-70xxD содержат цифровой индикатор.

Таблица 5.6

Наименование	Краткая характеристика
I-7041, I-7041D	14-канальный модуль дискретного ввода с изоляцией
I-7042, I-7042D	13-канальный модуль дискретного вывода с открытым коллектором
I-7043, I-7043D	16-канальный модуль дискретного вывода без изоляции
I-7044, I-7044D	Модуль дискретного ввода-вывода с изоляцией (4 DI, 8 DO)
I-7050, I-7050D	Модуль дискретного ввода-вывода без изоляции (7 DI, 8 DO)
I-7052, I-7052D	Модуль дискретного ввода-вывода с изоляцией (8 DI)

Наименование	Краткая характеристика
I-7053, I-7053D	Модуль дискретного ввода-вывода без изоляции (16 DI)
I-7060, I-7060D	Модуль дискретного ввода-вывода с изоляцией (4 DI, 4 DO – релейный)
I-7063, I-7063D	Модуль дискретного ввода-вывода с изоляцией (8 DI, 3 DO – релейный)
I-7063A, I-7063AD	Модуль дискретного ввода-вывода с твердотельными реле для переменного тока (8 DI, 3 DO – релейный)
I-7063B, I-7063BD	Модуль дискретного ввода-вывода с твердотельными реле для постоянного тока (8 DI, 3 DO – релейный)
I-7065, I-7065D	Модуль дискретного ввода-вывода с изоляцией (4 DI, 5 DO – релейный)
I-7065A, I-7065AD	Модуль дискретного ввода-вывода с твердотельными реле для переменного тока (4 DI, 5 DO – релейный)
I-7065B, I-7065BD	Модуль дискретного ввода-вывода с твердотельными реле для постоянного тока (4 DI, 5 DO – релейный)
I-7066, I-7066D	7-канальный модуль изолированного дискретного вывода с фотоМОП реле
I-7067, I-7067D	7-канальный модуль изолированного дискретного релейного вывода
<i>Условные обозначения:</i>	
DI – дискретный ввод; DO – дискретный вывод.	

Модули таймеров/счетчиков. Модуль I-7080 оборудован двумя 32-битными счетчиками и программируемым таймером для измерения частоты (до 100 кГц). В дополнение к этому имеется входной программируемый цифровой фильтр для фильтрации помех входных сигналов. Ко всему прочему, модуль I-7080D может отображать показания на пятиразрядном светодиодном индикаторе.

Коммуникационные модули. Модули типа I-7520/I-7520R необходимы для преобразования сигналов стандарта RS-232 в RS-485, а также гальванической развязки HOST-компьютера и контроллеров от сети на основе интерфейса RS-485. Модули I-7510 являются повторителями 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 м. Их применение необходимо, если протяженность сети более 1200 м или в сети на основе RS-485 более 255 устройств.

При построении территориально-распределенной системы автоматического управления и сбора данных для обмена информацией между удаленными устройствами иногда требуется в качестве физической среды обмена информацией использовать радиоканал. Для этих целей можно использовать 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 на расстояние до 5 км.

5.4. Модульные контроллеры компании ICP DAS

Помимо контроллеров и модулей УСО серии I-7000 компания ICP DAS предлагает несколько серий модульных контроллеров: iPAC-8000/I-8000, WinPAC-8000/LinPAC-8000, XPAC, ViewPAC.

Существует множество задач, когда применять серию I-7000 не совсем целесообразно. Например, в следующих случаях:

- в одном месте сконцентрировано значительное количество каналов ввода/вывода;
- необходимо обеспечить высокую скорость опроса датчиков;
- необходимо обеспечить высокую скорость передачи данных;
- вычислительные процессы предполагают наличие расширенного объема памяти.

В этих случаях с успехом могут быть применены контроллеры и модули ввода/вывода перечисленных выше серий.

КОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ iPAC-8000/I-8000

Серия I-8000 – это компактные РС-совместимые контроллеры модульного типа с диапазоном рабочих температур $-25^{\circ}\text{C} \dots +75^{\circ}\text{C}$, позволяющие реализовывать различные типы систем сбора и обработки данных: удаленных, распределенных, автономных и т.п.

Состав серии:

- блоки контроллеров с 4 или 8 слотами расширения;
- интерфейсные модули расширения;
- блоки расширения на 4, 5, 8 или 9 слотов;
- модули УСО с параллельным интерфейсом;
- модули УСО с последовательным интерфейсом.

Контроллеры серии I-8000 имеют трехуровневую систему гальванической развязки 3000 В, что позволяет снизить влияние электромагнитных помех, устранить гальваническую связь с оборудованием контролируемых объектов, а также предотвратить неисправности, которые

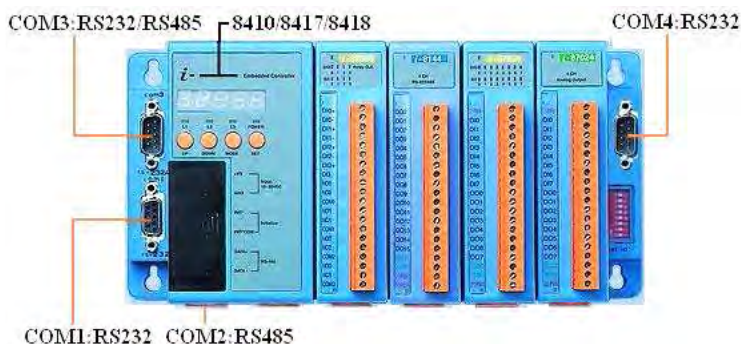


Рис. 5.8. Контроллер серии I-8000 с 4-мя слотами расширения

могут быть вызваны случайными выбросами напряжения питания и переходными процессами при коммутации силового оборудования. Питание блоков контроллеров и блоков расширения осуществляется постоянным нестабилизированным напряжением 10...30 В.

Конструктивно контроллер серии I-8000 (рис. 5.8) выполнен в виде отдельного блока из негорючего пластика. Блок содержит центральный процессор, источник питания, панель управления, коммуникационные порты и объединительную плату для установки модулей ввода-вывода на 4 или 8 модулей.

Контроллер может быть установлен на DIN-рейку или на панель. Причем для монтажа не требуется никаких дополнительных конструктивных элементов. При этом обеспечивается открытый и удобный доступ к панели управления, к слотам для установки или замены модулей ввода-вывода и коммуникационным разъемам.

Для удобства оперативного контроля за работой I-8000 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 входов-выходов (информация о состоянии дискретных входов-выходов выводится на светодиоды, расположенные на модулях расширения). Четыре кнопки оперативного управления «Up», «Down», «Mode», «Set» позволяют пользователю оперативно просматривать необходимые данные на дисплее и управлять статусом работы контроллера. Дополнительно на панели расположен индикатор питания.

Каждый из контроллеров серии I-8000 имеет до пяти коммуникационных портов:

- COM0: внутренний порт контроллера для обеспечения связи с модулями ввода-вывода, установленными в слот; недоступен для непосредственного доступа;

- COM1: RS232 служит для загрузки программ с компьютера во Flash-память контроллера;
- COM2: один из трех вариантов RS485, CAN или Ethernet для организации сети или передачи данных на верхний уровень;
- COM3: RS232/RS485 для подключения внешних устройств с последовательным интерфейсом;
- COM4: RS232 для подключения внешних устройств с последовательным интерфейсом.

На рис. 5.9 представлена структурная схема контроллера серии I-8000.

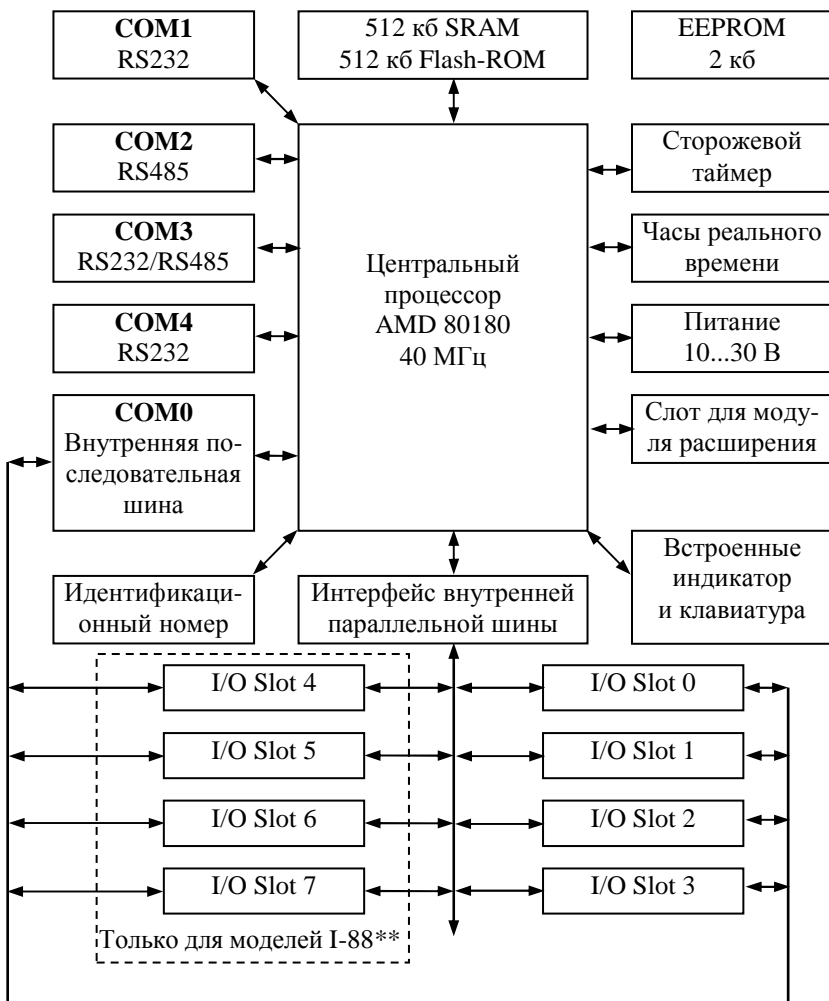


Рис. 5.9. Структурная схема контроллера серии I-8000

Контроллер серии I-8000 имеет процессор AMD-188/186 (40 или 80 МГц), 512 кбайт оперативной памяти с возможностью питания от отдельной батареи, 512 кбайт флеш-памяти, встроенные часы реального времени и сторожевой таймер. Объем флеш-памяти можно наращивать до 32 Мбайт. Встроенный сторожевой таймер представляет собой аппаратно реализованную схему сброса, контролирующую рабочее состояние контроллера. В случае непредвиденного «зависания» контроллера сторожевой таймер автоматически перезапустит его. Контроллеры имеют также встроенные аппаратные и программные средства самодиагностики.

Контроллеры серии I-8000, так же как и серии I-7000, работают под управлением операционной системы MiniOS7. В состав серии контроллеров I-8000 входят модификации, отличающиеся количеством слотов расширения (4 или 8), частотой процессора (40 или 80 МГц), наличием порта Ethernet, наличием предустановленной среды исполнения ISaGRAF.

К контроллерам серии I-8000 через один из коммуникационных портов могут подсоединяться дополнительные модули ввода/вывода последовательного типа, установленные в специальные блоки расширения серий 87k4/5/8/9 (рис. 5.10). Они имеют встроенный источник питания и, соответственно, 4, 5, 8 или 9 слотов для дополнительных модулей. Всего к одному контроллеру может быть присоединено до 255 модулей расширения, установленных в соответствующее число блоков расширения.

По интерфейсу RS 485 к контроллерам можно также подсоединять и любые модули серии I-7000. Модули серии I-8000 поддерживают систему команд, совместимую с системой команд для модулей серии I-7000, поэтому смешанные системы на основе двух этих серий создавать очень быстро, легко и удобно.

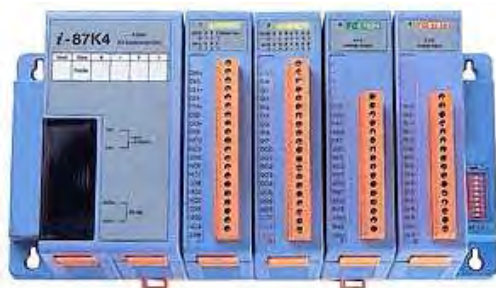


Рис. 5.10. Блок расширения на I-87K4 на 4 слота

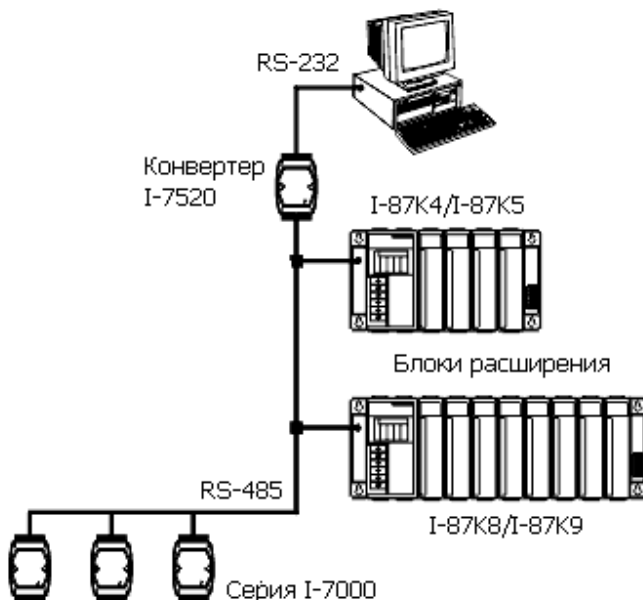


Рис. 5.11. Система сбора данных и управления на базе блоков расширения I-87Kx

Модули серии I-8000, установленные в блоки расширения, можно подсоединять непосредственно к последовательному порту компьютера или контроллера. Таким образом, можно организовать недорогую систему сбора данных и управления для задач, не требовательных к быстродействию (рис. 5.11).

Модули ввода/вывода серии I-8000 делятся на два типа: параллельные и последовательные. Модули параллельного типа – высокоскоростные интеллектуальные устройства, которые могут быть установлены только в контроллеры. Они обмениваются данными с контроллером непосредственно через шину процессора, тем самым, обеспечивая высокое быстродействие функций ввода-вывода. Модули последовательного типа работают через интерфейс RS-485 и обладают более низкой скоростью обмена. Они могут устанавливаться как в слоты расширения контроллеров, так и в слоты блоков расширения.

Номенклатура модулей серии I-8000 с параллельной шиной включает в себя модули аналогового ввода и аналогового вывода, модули дискретного ввода-вывода, таймеры/счетчики, модули контроля и управления перемещением, коммуникационные модули и модули для наращивания объема оперативной и Flash-памяти. В табл. 5.5 представ-

лен перечень модулей ввода-вывода серии I-8000. Все модули имеют светодиодные индикаторы, которые отображают:

- для модулей дискретного ввода-вывода – состояние входа или выхода;
- для модулей аналогового ввода-вывода – выход аналоговой величины за заранее установленные границы диапазона.

Модули обладают съемными клеммными соединителями с винтовой фиксацией внешних проводов.

Таблица 5.5

Модули аналогового ввода-вывода	
I-8017H	Скоростной 8-канальный модуль аналогового ввода с изоляцией. Тип входа: по напряжению $-0,15...+0,15$, $-0,5...+0,5$, $-1...+1$, $-5...+5$, $-10...+10$ В; по току $-20...+20$ мА
I-8024	4-канальный модуль аналогового вывода. Диапазоны выходного сигнала: по напряжению $0...+5$, $0...+10$, $-5...+5$, $-10...+10$ В; по току $0...20$, $4...20$ мА.
Модули дискретного ввода-вывода	
I-8040	32-канальный модуль дискретного ввода с изоляцией.
I-8041	32-канальный модуль дискретного вывода с изоляцией.
I-8042	Модуль дискретного ввода-вывода с изоляцией – 16 DI, 16 DO
I-8050	Модуль универсального дискретного 16-канального ввода-вывода
I-8051	16-канальный модуль дискретного ввода
I-8052	Модуль дискретного дифференциального ввода с изоляцией – 8 DI
I-8053	16-канальный модуль дискретного ввода с изоляцией
I-8054	Модуль дискретного ввода-вывода с изоляцией – 8 DI, 8 DO
I-8055	Модуль дискретного ввода-вывода без изоляции – 8 DI, 8 DO
I-8056	16-канальный модуль дискретного вывода с изоляцией
I-8057	16-канальный модуль дискретного вывода с изоляцией
I-8060	6-канальный модуль релейного дискретного вывода
I-8063	Модуль дискретного 4-канального ввода и 4-канального релейного вывода с изоляцией

I-8064	8-канальный модуль мощного релейного дискретного вывода
I-8065	Модуль дискретного 8-канального вывода с изоляцией, переменный ток
I-8066	Модуль дискретного 8-канального вывода с изоляцией
I-8068	8-канальный модуль релейного дискретного вывода
I-8069	8-канальный модуль релейного дискретного вывода с фотоМОП-реле
Модули счетчиков/частотомеров	
I-8080	4-канальный счетчик, 0,1...5 кГц
I-8081	4-канальный счетчик, 0,1...100 кГц
I-8083	4-канальный счетчик, 0,1...1 МГц
Условные обозначения:	
DI – дискретный вход; DO – дискретный выход.	

Среди модулей с параллельным интерфейсом также имеются интерфейсные модули (I-8112, I-8114, I-8142, I-8142i, I-8144, I-8210) и модули управления движением (I-8090, I-8091).

Модули последовательного типа работают через интерфейс RS 485 и обладают более низкой скоростью обмена по сравнению с модулями параллельного типа. Они могут устанавливаться как в слоты расширения контроллеров, так и в блоки расширения 87кх. В контроллер можно устанавливать модули в любой комбинации: как параллельные, так и последовательные.

Номенклатура модулей последовательного типа достаточно широка и включает модули аналогового и дискретного ввода-вывода (табл. 5.6).

Таблица 5.6

Модули аналогового ввода-вывода	
I-87013	4-канальный модуль аналогового ввода сигналов термосопротивлений
I-87016	4-канальный модуль аналогового ввода сигналов тензодатчиков
I-87017	8-канальный модуль аналогового ввода. Тип входа: по напряжению $-0,15...+0,15$, $-1...+1$, $-5...+5$, $-10...+10$ В; по току $-20...+20$ мА
I-87018	8-канальный модуль аналогового ввода сигналов термопар

I-87022	2-канальный модуль аналогового вывода. Диапазоны выходного сигнала: по напряжению 0...10 В; по току 0...20, 4...20 мА
I-87024	4-канальный модуль аналогового вывода. Диапазоны выходного сигнала: по напряжению 0...+5, 0...+10, -5...+5, -10...+10 В; по току 0...20, 4...20 мА
I-87026	2-канальный модуль аналогового вывода. Диапазоны выходного сигнала: по напряжению 0...10 В; по току 0...20, 4.. 20 мА
Модули дискретного ввода-вывода	
I-87051	16-канальный модуль дискретного ввода
I-87052	8-канальный модуль дискретного ввода с индивидуальной изоляцией
I-87053	16-канальный модуль дискретного ввода, изолированный
I-87054	Модуль дискретного ввода-вывода с изоляцией – 8 DI, 8 DO
I-87055	Модуль дискретного ввода-вывода без изоляции – 8 DI, 8 DO
I-87057	Модуль дискретного вывода с изоляцией – 8 DO
I-87058	Модуль дискретного ввода с индивидуальной изоляцией – 8 DI (240 В, 50 Гц)
I-87063	Модуль дискретного ввода-вывода с индивидуальной изоляцией – 4 DI, 8 DO (реле 30 В, 2 А)
I-87064	Модуль дискретного вывода с индивидуальной изоляцией – 4 DI, 8 DO (реле 250 В, 5 А)
I-87065	Модуль дискретного вывода с индивидуальной изоляцией – 8 DO (оптореле 265 В, 1 А)
I-87066	Модуль дискретного вывода с индивидуальной изоляцией – 8 DO (оптореле 30 В, 1 А)
I-87068	Модуль дискретного вывода с индивидуальной изоляцией – 8 DO (реле 30 В, 1 А)
I-87082	2-канальный счетчик 1 Гц – 100 кГц

Серия iPAC-8000 отличается от I-8000 переработанным процессорным модулем с расширенным функционалом и возможностью работать с высокопрофильными модулями ввода-вывода, поддерживающими функции горячей замены и автоконфигурированием. Все контроллеры также работают под управлением операционной системы MiniOS7.

КОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ WinPAC-8000/LinPAC-8000

Контроллеры WinPAC-8000 – дальнейшее развитие модульных промышленных контроллеров от ICP DAS – начали производиться с 2008 года. Устройства оснащены 32-битным процессором PXA270 (520МГц), встроенной операционной системой Windows CE.NET 5.0, интерфейсами VGA, USB, Ethernet, RS-232/485. В зависимости от модели контроллеры имеют 1, 4 или 8 слотов (рис. 5.12) для подключения модулей ввода/вывода с высокоскоростной параллельной шиной (высокопрофильная серия I-8K) и модулей с последовательной шиной (высокопрофильная серия I-87K).

В новой линейке контроллеров существенно расширились функциональные возможности:

- *Встроенный видеоадаптер.* Встроенный порт VGA можно использовать для прямого подключения к обычному LCD монитору. На этом дисплее может осуществляться работа с приложениями SCADA или HMI (запущенными на WinPAC-8000) с помощью клавиатуры и мыши, так же как это делается на обыкновенном персональном компьютере.

- *«Горячая» замена модулей ввода-вывода.* WinPAC-8000 поддерживает возможность «горячей» замены модулей ввода-вывода, что позволяет не отключать питание контроллера для установки/замены модуля. Операционная система оповестит пользователя об установке или удалении модуля, послав ему информационное сообщение. Это свойство также может быть использовано при создании собственных приложений.

- *Резервный вход для питания.* Чтобы избежать случайного отключения от электросети, модуль блока питания на WinPAC предусматривает дополнительный вход для подключения электропитания. При пропадании электропитания на одном из входов работа контроллера не прервется, а сработает реле, к выходу которого может быть подключен какой-либо аварийный сигнализатор.



Рис. 5.12. Контроллер серии WinPAC-8000 с 8 слотами расширения

- *Разнообразие интерфейсов ввода/вывода* (RS-232/485, Ethernet, FRnet, CAN). Помимо локальных слотов ввода/вывода, на WinPAC-8000 имеется несколько встроенных RS-232/485 интерфейсов и два Ethernet порта. В слоты расширения могут быть установлены дополнительные модули с коммуникационными интерфейсами FRnet и CAN.

- *64-битный серийный номер*. 64-битный серийный номер уникален для каждого конкретного контроллера. Пользователи могут использовать привязки к этим номерам в своих приложениях, чтобы защититься от несанкционированного копирования (пиратства).

- *Встроенный флеш-диск*. В обычной ситуации пользователь хранит свои приложения и данные на MicroSD или флеш-модулях USB. Но если контроллер подвергается вибрациям (как это бывает, например, при движении корабля), то контакт с этими устройствами может нарушиться, что приведет к потере данных и остановке работы. Использование встроенного флеш-диска позволяет исключить возникновение такого рода проблем.

- *Сторожевой таймер*. Система имеет защиту от сбоев в работе операционной системы или приложения. Для этого в контроллере реализованы два сторожевых таймера (один – для контроля операционной системы, второй – для контроля приложений), которые автоматически перезапустят процессор, если случится подобный сбой. Эта разработка повышает надежность функционирования всей системы.

- *SDRAM с резервным питанием*. Контроллер WinPAC-8000 оснащен 512 Кб SDRAM, к которой подводится резервное питание от двух литиевых батарей. Такая архитектура обеспечивает сохранность данных в случае отключения питания. Эти батарейки способны обеспечить сохранение информации на микросхемах на протяжении 10 лет. Наличие сразу двух батарей позволяет избежать потери данных при замене одной из них.

- *Два порта Ethernet*. На WinPAC-8000 есть два порта Ethernet. Они могут быть использованы для создания дублирующих или отдельных Ethernet подключений (например, один для подключения к Internet, другой – для локальной сети).

Использование операционной системы Windows CE.NET 5.0 в контроллерах WinPAC-8000 позволяет получить следующие преимущества:

- Загрузочный модуль небольших размеров, что ускоряет загрузку операционной системы при включении питания или при перезапуске.

- Используя встроенные программные средства, облегчается написание приложений в средах программирования: Visual Basic.NET, Visual C#, Embedded Visual C++ и др.

- Использование контроллера как HTTP сервера с возможностью удаленного доступа к контроллеру через Интернет.

- Работа программы в режиме Real Time.

В контроллер включены следующие программные средства, совместимые с MS программным обеспечением:

- FTP server;
- Http server;
- ASP (Java script, VB script);
- Встроенный SQL server;
- Compact.Net framework 2.0.

Благодаря встроенному FTP-серверу отпала необходимость в прямом доступе к WinPAC 8000 для изменения программного обеспечения. Используя FTP-server и программу VCEP, можно «на лету» менять установленное ПО, проводить копирование нужных файлов и, в случае необходимости, полностью перевести управление WinPAC на удаленный компьютер через Ethernet.

Используя встроенный OPC-сервер, WinPAC легко интегрируется в любую систему SCADA.

При работе с «родными» модулями сбора данных фирмы ICPDAS используется протокол DCON.

Если будет необходимость связаться и получить информацию с оборудования других фирм по COM порту или через Ethernet, для этих целей WinPAC имеет встроенные протоколы связи Modbus/RTU, Modbus/ASCII и Modbus/TCP.

Для облегчения разработки программного обеспечения WinPAC поставляется в нескольких вариантах с возможностью использования следующих средств программирования:

- Visual Studio. Net 2003/2005;
- Среду разработки ISaGRAF. Как и в предыдущих версиях контроллеров, ISaGRAF поддерживает пять языков программирования IEC 61131-3;
- KW-software системы визуализации хода технологических процессов;
- ПО Indusoft для создания HMI и SCADA приложений на базе самого контроллера.

Применение режима Real Time позволит также использовать контроллер как систему АСУТП, где предъявляются жесткие требования к временным диаграммам работы технологического оборудования.

Встроенный Java script и VB script позволяют довольно легко и быстро создавать WEB-приложения с возможностью удаленного доступа и управления контроллером через Internet через обычный WEB браузер. Использование Java script разгружает процессор контроллера, так как скрипты выполняются на стороне клиентской машины. Для этого в браузере должна быть включена поддержка Java script: <script

type=«text/javascript»>. Для получения информации с модулей сбора данных и отображении их на WEB-страничке необходимо в Java script подключить функцию работы со встроенной базой данных SQL server.

Пользователям, предпочитающим ОС Linux, доступна модель контроллера с этой установленной ОС. Серия носит название LinPAC и аппаратно полностью идентична серии WinPAC.

Контроллеры серии LinPAC-8000 работают под управлением операционной системы Linux 2.6. Для разработки приложений можно использовать GNU C Linux, Java и GUI или ISAGRAF 5.0.

В составе контроллеров серии WinPAC-8000/LinPAC-8000 могут использоваться только высокопрофильные модули ввода/вывода. В номенклатуре модулей ввода/вывода они имеют суффикс «W». Например, модуль I-8024 – низкопрофильный модуль аналогового вывода, а модуль I-8024W – аналогичный высокопрофильный.

КОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ XPAC

Контроллеры серии XPAC-8000 – это новое поколение программируемых контроллеров автоматизации от компании ICP DAS. Данный контроллер совмещает в себе открытость и функциональность компьютера (PC) и надежность программируемого логического контроллера PLC. По сравнению с компьютером или логическим контроллером XPAC обладает наилучшим соотношением цена/производительность. Контроллер XPAC универсален и может использоваться в автоматизации производства, автоматизации зданий, нефтехимической индустрии, в задачах мониторинга и телемеханики, решениях M2M и др.

Контроллеры серии XPAC-8000 работают под управлением Windows Embedded Standard 2009 (WES) или Windows Embedded CE6, имеют различные порты (VGA, USB, Ethernet, RS-232/RS-485) и слоты расширения (0/1/3/7). Контроллеры обладают мощными процессорами: XP-8000 имеет AMD LX800, XP-8000-Atom работает под Intel Atom, который быстрее в 5-6 раз чем LX-800.

Основные компоненты системы:

1. Мощный процессорный модуль.
 - Процессор: для XPAC-8000 – AMD LX 800-500MHz; для XPAC-8000-ATOM – Intel Atom-1.1 или 1.33 GHz.
 - Оперативная память: 1 GB RAM (для WES 2009) / 512MB RAM (для CE 6.0).
 - Порты ввода-вывода: VGA, два Ethernet, USB, RS-232, RS-485.
2. Встроенная операционная система. Операционная система Windows Embedded Standard 2009 имеет свои преимущества. Прежде всего,

она поддерживает тот же API Win32, как и Windows XP Professional. То есть программа, работающая под Windows XP, может быть легко запущена на Windows Embedded Standard 2009. Также разработчик может воспользоваться популярными средствами программирования: Delphi, Borland C++ Builder, VS .NET 2005/2008. Операционная система Windows CE 6 – следующее поколение операционных систем реального времени. Основные особенности – надежность и производительность. Ядро WindowsCE6 (в отличие от CE5) поддерживает значительно большее количество одновременно запущенных процессов: от 32 до 32 000 процессов, каждый из которых может работать в 2 Гб виртуальной памяти. Для разработки приложений можно использовать C++ на VS .NET 2005/2008 или языки МЭК-61131-3 на ISAGRAF. Для операторского интерфейса доступны средства TRACE MODE или INDUSOFT.

3. Модули ввода-вывода. Контроллер XPAC-8000 имеет 1, 3, 7 слотов расширения для установки модулей ввода-вывода. Модули расширения для установки в крейт контроллера делятся на 2 типа: I-8K, работающие по параллельной шине, и I-87K, работающие по последовательной шине.

4. Удаленный ввод-вывод. XPAC-8000 имеет порты RS-485 и Ethernet для подключения корзин расширения RU-87Pn/ET-87Pn или модулей ввода-вывода I-7000 / M-7000 / ET-7000. Также используя коммуникационные модули CAN и FRNET, контроллер XP-8000 может работать устройствами и модулями ввода-вывода FRNET и CAN.

5.5. Комплекс Деконт

Комплекс Деконт производства компании ДЭП (www.dep.ru) предназначен, в первую очередь, для создания автоматизированных систем управления территориально-распределенными технологическими процессами в различных отраслях промышленности.

Отличительными особенностями комплекса являются: децентрализованная распределенная модульная схема; повышенная помехоустойчивость; дополнительная защита по перегрузкам; разнообразные каналы передачи данных; расширенный температурный диапазон.

Комплекс состоит из набора унифицированных аппаратных и программных модулей, позволяющий, как в конструкторе, собирать практически любые системы автоматизации. Скомпоновав несколько модулей, можно получить, например, блок управления кондиционером. Добавлением еще одного элемента создается автоматическая система управления насосной станцией, теплопунктом. Комбинация с другим

модулем превратит предыдущий блок локальной автоматики в контрольный пункт телемеханики, готовый передавать наверх телеметрию и принимать команды диспетчерского управления (не теряя при этом функций автономного регулирования) по практически любому каналу связи – радио, выделенным или коммутируемым линиям связи, аппаратуре уплотнения данных. Комплекс с успехом применяется как база для создания современных автоматизированных систем в таких отраслях, как теплоснабжение, водоснабжение, электроснабжение, нефте- и газоснабжение, на предприятиях машиностроительной, металлургической, химической, горнодобывающей промышленности и связи, в жилом фонде и других объектах городского хозяйства (гостиницы, вокзалы, аэропорты).

Благодаря практически неограниченной информационной емкости комплекса и простоте его наращивания, решение компании ДЭП остается простым и эффективным для любого объекта. Малые размеры и распределенная модульная архитектура комплекса позволяют сделать это с минимальными затратами на сигнальные и управляющие кабели.

Возможности комплекса позволяют создавать как простейшие системы, включающие в себя консольный компьютер с группой распределенных контроллеров, объединенных локальной технологической сетью, так и сложные иерархические системы, объекты которых распределены по территории в сотни квадратных километров и объединены разнообразными каналами связи – локальной технологической сетью, телефонной связью, радиоканалом.

Комплекс ДЕКОНТ позволяет создавать:

- системы диспетчеризации и телемеханики;
- системы локальной автоматики и регулирования;
- системы архивирования технологической информации и регистрации событий;
- системы технического и коммерческого учета энергоресурсов;
- комбинированные системы.

Микропроцессорные изделия комплекса изначально проектировались для длительной и надежной работы в сложных условиях эксплуатации. Специальные мероприятия по повышению надежности и используемые технологии производства позволяют достичь времени наработки на отказ одного устройства не менее 100 000 часов. Высокая надежность комплекса также обеспечивается применением комплектующих от мировых лидеров производства электронных компонентов, таких как ANALOG DEVICES, ZILOG, SIMENS, NATIONAL SEMICONDUCTOR, MICROCHIP, AMD и др.

Все основные аппаратные компоненты комплекса предназначены для круглосуточного непрерывного режима работы в температурном диапазоне $-40...70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это позволяет устанавливать модули комплекса на промышленных объектах без дополнительного подогрева или охлаждения.

Для повышения надежности, точности измерений и защиты оборудования от электромагнитных помех используются специальные конструктивные решения:

- каждый модуль размещается в отдельном металлическом корпусе;
- печатные платы покрываются защитным лаком;
- питание модуля может осуществляться в широком диапазоне 9...30 В;

- каждый модуль имеет гальваническую изоляцию от источника питания и локальной сети, входные цепи внешних сигналов также имеют групповую или индивидуальную гальваническую изоляцию.

Все модули имеют одинаковый унифицированный размер. Каждый модуль представляет собой конструктивно и функционально законченное изделие, имеющее собственный встроенный источник питания, интерфейс RS-485. Поэтому отдельные модули ввода-вывода можно размещать как в общем шкафу, так и распределять по территории объекта (до 1 км) ближе к датчикам – «по месту».

Встроенное программное обеспечение (ПО) модуля ввода-вывода обеспечивает удобный доступ к обрабатываемой информации непосредственно на месте установки. Для этого в каждом модуле предусмотрено отдельное гнездо для подключения универсального минипульта. С помощью одного минипульта можно автономно настроить любой модуль комплекса, проверить подключение внешних цепей, параметров настройки, значений технологических переменных.

Программирование контроллеров осуществляется в современной интегрированной среде разработки алгоритмов, обеспечивающей пользователям интуитивно понятный инструментарий, базирующийся на методах функциональных блоков FDB – в соответствии с международным стандартом МЭК (IEC)-61131-3. Для пользовательских приложений верхнего уровня обеспечивается доступ в единую базу данных системы по интерфейсу OPC-сервера. Это позволяет использовать распространенные программные продукты, поддерживающие данный открытый промышленный стандарт.

В состав комплекса Деконт входят:

- модули ввода-вывода;
- программируемый контроллер Деконт-A9;

- сменные интерфейсные платы к контроллеру;
- малогабаритный пульт оператора (Минипульт);
- стационарный пульт оператора;
- ПО для контроллеров и верхнего уровня управления.

Контроллер Деконт-А9. Контроллер Деконт-А9 играет ключевую роль в построении любой системы на базе комплекса. Он обслуживает взаимодействие с модулями ввода-вывода, ведет алгоритмы, архивы, поддерживает связь с другими контроллерами и верхним уровнем. Дополняемый сменными интерфейсными платами, контроллер позволяет организовывать разнообразные каналы связи между удаленными объектами автоматизации и верхним уровнем управления.

Габаритные и присоединительные размеры контроллера совпадают с размерами модулей ввода-вывода – это облегчает монтаж системы и упрощает ее проектирование.

Основным конструктивным отличием контроллера от модулей ввода-вывода является его «мезонинная» архитектура. На плате контроллера присутствуют разъемы для подключения двух сменных интерфейсных плат. Интерфейсные платы расширяют коммуникационные возможности контроллера. Для установки такой платы достаточно снять верхнюю крышку контроллера, вставить ответную часть разъема, присутствующего на плате, в один из двух имеющихся разъемов (гнездо интерфейса «С» или «D») на плате контроллера (рис. 5.13). Один контроллер Деконт-А9 позволяет подключать до двух любых интерфейсов, которые образуют «2-й этаж» процессорного модуля. Такое решение обеспечивает гибкую реконфигурацию интерфейсных цепей системы пользователя, удобное резервирование каналов связи, простоту наращивания при минимальных затратах.

Помимо сменных интерфейсов на плате контроллера присутствуют обязательные встроенные интерфейсы RS-485 (интерфейс «В»), RS-232 (интерфейс «А»), Ethernet 10/100T-Base (интерфейс «Е»), а также USB-интерфейсы («F», «G»).

Модули ввода-вывода. Модули ввода-вывода – это микропроцессорные устройства связи с объектом, осуществляющие первичную обработку входных непрерывных и дискретных сигналов и выдачу управляющих воздействий на исполнительные механизмы. Каждый модуль имеет выход в промышленную сеть на основе интерфейса RS-485. Вычислительные мощности модуля обеспечивают ряд дополнительных функций: выработку сигналов о выходе значения за допустимые пределы, синхронизацию времени для ведения единого времени системы, взаимодействие с контроллером, минипультом и т.п.

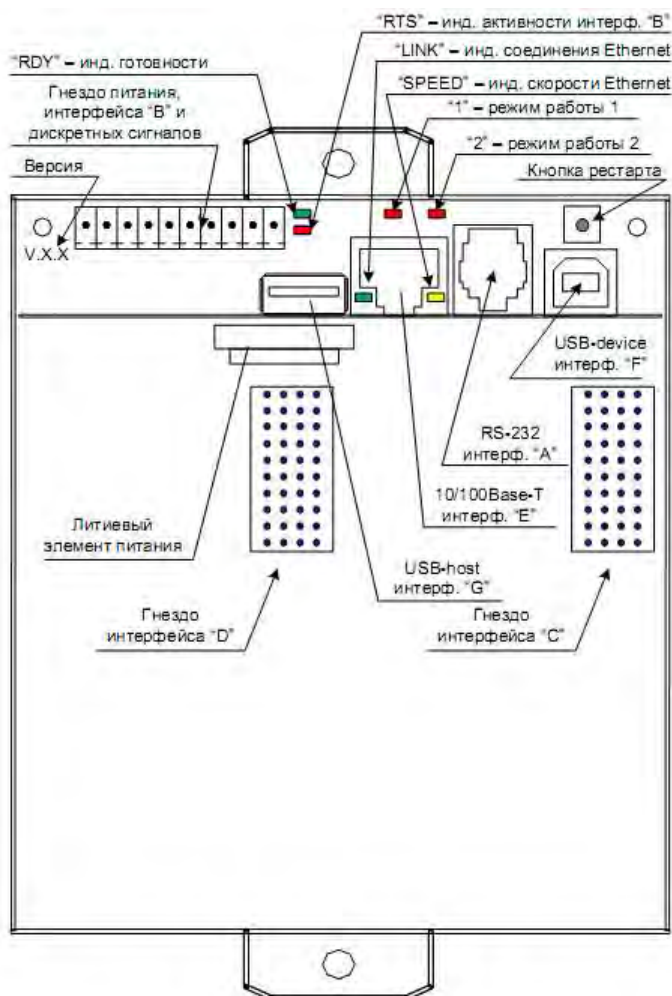


Рис. 5.13. Расположение интерфейсов контроллера Деконт-А9

Каждый модуль представляет собой функционально законченное устройство, заключенное в металлический защитный корпус. Все модули имеют единый конструктив, интерфейс и питание.

Номенклатура наиболее часто используемых модулей ввода-вывода представлена в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Наименование	Характеристика модуля
DIN16(X)-xx	16 каналов дискретного ввода с общим проводом
DIN8-220	8 изолированных каналов дискретного ввода
AIN8-I20	8 изолированных каналов аналогового ввода (0...5 мА, 0...20 мА, 0...10 В)
AIN16-I20	16 каналов аналогового (0...20 мА) и дискретного ввода-вывода
AIN16-P10	16 каналов аналогового ввода с общим проводом (–10...+10 В)
AIN16-P20	16 каналов аналогового ввода с общим проводом (–20...+20 мА)
AIN8-U60	8 изолированных каналов аналогового ввода (0...60 мВ)
T-R3IN4-50 T-R3IN4-100	4 канала ввода термосопротивлений (3-проводная схема)
R3IN6x-xx	6 каналов ввода термосопротивлений (3-проводная схема)
CIN8	8 изолированных каналов дискретного счетного ввода
AOUT1-05	1 канал аналогового вывода (0...5 мА)
AOUT1-10	1 канал аналогового вывода (0...10 В)
AOUT1-20	1 канал аналогового вывода (0...20 мА)
AOUT4-U10	4 канала аналогового вывода (0...10 В)
DOUT8-R07	8 изолированных каналов релейного вывода
DOUT16-T80	16 каналов дискретного вывода типа «открытый коллектор»
DIO16-T05	16 каналов ввода-вывода («сухой контакт» / светодиод)
DOUT64-T80	64 канала дискретного вывода типа «открытый коллектор»
DOUT8-T220	8 каналов коммутации (250 В / 1 А)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винер, Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – М. : Советское радио, 1958. – 215 с.
2. Ицкович, Э.Л. Как выбирать контроллерные средства / Э.Л. Ицкович // archiv.expert.ru.
3. Технические средства автоматизации химических производств : справ. изд. / В.С. Балакирев, Л.А. Барский, А.В. Бугров и др. – М. : Химия, 1991. – 272 с.
4. Родионов, В.Д. Технические средства АСУ ТП / В.Д. Родионов, В.А. Терехов, В.Б. Яковлев ; под ред. В.Б. Яковлева. – М. : Высшая школа, 1989. – 263 с.
5. Ицкович, Э.Л. Классификация микропроцессорных программно-технических комплексов / Э.Л. Ицкович // Промышленные АСУ и контроллеры. – 1999. – № 10.
6. Ицкович, Э.Л. Особенности микропроцессорных программно-технических комплексов разных фирм и их выбор для конкретных объектов / Э.Л. Ицкович // Приборы и системы управления. – 1997. – № 8. – С. 1 – 5.
7. Кругляк, К. Промышленные сети: цели и средства / К. Кругляк // Современные технологии автоматизации. – 2002. – № 4. – С. 6 – 17.
8. Любашин, А.Н. Первое знакомство: краткий обзор промышленных сетей по материалам конференции FieldComms 95 / А.Н.Любашин // www.mka.ru.
9. Райс, Л. Эксперименты с локальными сетями микроЭВМ / Л. Райс ; пер. с англ. – М. : Мир, 1990. – 268 с.
10. Половинкин, В. Основные понятия и базовые компоненты AS-интерфейса / В. Половинкин // Современные технологии автоматизации. – 2002. – № 4. – С. 18 – 29.
11. Половинкин, В. HART-протокол / В. Половинкин // Современные технологии автоматизации. – 2002. – № 1. – С. 6 – 14.
12. Щербаков, А. Протоколы прикладного уровня CAN-сетей / А. Щербаков // Современные технологии автоматизации. – 1999. – № 3. – С. 6 – 15.
13. Карпенко, Е.В. Возможности CAN-протокола / Е.В. Карпенко // Современные технологии автоматизации. – 1998. – № 4. – С. 16 – 20.
14. Гусев, С. Краткий экскурс в историю промышленных сетей / С. Гусев // Современные технологии автоматизации. – 2000. – № 4. – С. 78 – 84 .
15. Иванов, А.Н. Построение АСУ ТП на базе концепции открытых систем / А.Н. Иванов, С.В. Золотарев // Мир ПК. – 1998. – № 1. – С. 40 – 44.
16. Бурцев, А. Типовые аппаратные решения построения систем сбора данных / А. Бурцев // www.mka.ru.
17. Ковалев, Н.Д. Программно-технический комплекс «Интегратор» / Н.Д. Ковалев, А.А. Жданов, А.В. Халявка // Промышленные АСУ и контроллеры. – 1999. – № 8.
18. Болдырев, А.А. Построение АСУ ТП с помощью ПТК «Интегратор» / А.А. Болдырев, В.В. Бретман, В.С. Громов // www.mka.ru.

19. Куцевич, Н. SCADA-системы, или муки выбора / Н. Куцевич // www.mka.ru.
20. Ицкович, Э.Л. Выбор пакета визуализации измерительной информации (SCADA-программы) для конкретной системы автоматизации производства / Э.Л. Ицкович // Приборы и системы управления. – 1996. – № 10. – С. 20 – 23.
21. Кузнецов, А. SCADA-системы: программистом можешь ты не быть / А. Кузнецов // Современные технологии автоматизации. – 1996. – № 1. – С. 32 – 35.
22. Соболев, О.С. Системы визуализации в сравнении / О.С. Соболев // Приборы и системы управления. – 1996. – № 10. – С. 56 – 59.
23. Калядин, А.Ю. SCADA-системы для энергетиков / А.Ю. Калядин // Энергетик. – 2000. – № 9.
24. Золотарев С.В. Станет ли OLE for Process Control (OPC) новым промышленным стандартом // asutp.interface.ru.
25. Теркель, Д. OLE for Process Control – свобода выбора / Д. Теркель // Современные технологии автоматизации. – 1999. – № 3. – С. 28 – 32.
26. Калядин, А.Ю. Методы повышения надежности систем SCADA / А.Ю. Калядин // Мир компьютерной автоматизации. – 2000. – № 1.
27. Производственное объединение ОБЕН : Каталог продукции. – 2011. – 172 с.
28. Крец, М. Новая линейка приборов ОБЕН TPM2xx / М. Крец // Автоматизация и производство. – 2004. – № 1. – С. 3 – 5.
29. Разаренов, Ф. Новая концепция построения систем автоматизации на базе приборов ОБЕН. Двухканальный программный ПИД-регулятор TPM151 / Ф. Разаренов // Автоматизация и производство. – 2004. – № 1. – С. 6 – 9.
30. Регуляторы-измерители. Блоки питания. Устройства коммутации. Программное обеспечение : буклет № 50, КАТАЛОГ 2012 / КонтРАВТ. – 2012. – 81 с.
31. Алюнов, В.А. Контроллер Р-130 – на базе IBM-совместимого процессора / В.А. Алюнов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2002. – № 12.
32. Тимошенко, Д.П. МФК1500 – новый промышленный контроллер средней информационной мощности / Д.П. Тимошенко, Н.Н. Сергиенко // Информатизация и системы управления в промышленности. – 2010. – № 3(27).
33. Многофункциональный контроллер МФК : руководство по эксплуатации ДАРЦ.420002.001.РЭ. v. 2.0 / АО «ТЕКОН».
34. Микропроцессорные контроллеры : каталог продукции / АБС ЗЭиМ // Автоматизация. – 2011. – 22 с.
35. Филимонов, Д.А. ТЕКОНИК® – гибкая и расширяемая система ввода-вывода для построения распределенных и автономных систем управления / Д.А. Филимонов // Информатизация и системы управления в промышленности. – 2007. – № 1(13).
36. I-7000. Преобразователь интерфейсов : руководство пользователя // www.plcsystems.ru.

Учебное электронное издание

ЕЛИЗАРОВ Игорь Александрович,
МАРТЕМЬЯНОВ Юрий Федорович,
СХИРТЛАДЗЕ Александр Георгиевич,
ФРОЛОВ Сергей Владимирович

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ
КОМПЛЕКСЫ И КОНТРОЛЛЕРЫ

Учебное пособие

Редактор Т.М. Г л и н к и н а
Инженер по компьютерному макетированию И.В. Евсеева

Подписано в печать 15.06.2012.
Формат 60 × 84 /16. 10,46 усл. печ. л. Заказ № 349

Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14