



В. А. ВТЮРИН

ПРОГРАММНО- ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Учебное пособие



В. А. ВТЮРИН

ПРОГРАММНО- ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2010

Втюрин В.А.

Программно-технические комплексы: учебное пособие./канд. технич. наук, доцент В.А. Втюрин / - СПб: СПбГЛТУ, 2010. – 233 с.

На рубеже 70-х и 80-х годов XX века ведущие мировые производители средств автоматизации начали выпускать наборы программно-технических комплексов (ПТК) для построения систем автоматизации. К числу других тенденций развития ПТК относятся увеличение объема представляемой информации, приведшее к бурному развитию SCADA-систем, упрощение структур автоматизации, повышение степени их универсальности, появление новых устройств визуализации и индикации (в том числе крупномасштабных дисплеев с использованием мультимедиа), изменение перераспределения функций между уровнями управления. Основными признаками ПТК являются их совместимость, способность функционировать 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.

Основой успешной стратегии производителей ПТК служит концепция модульного состава на уровне аппаратного обеспечения и SCADA-систем, позволяющих обеспечить разнообразные запросы потребителей.

Учебное пособие предназначено студентам специальности «Автоматизация технологических процессов и производств».

© СПбГЛТУ, 2010

© Втюрин В.А., 2010

СПИСОК

АРМ – автоматизированное рабочее место
АСКУЭ – автоматизированная система контроля и учета энергоресурсов
АСУ – автоматизированная система управления
АСУП – АСУ производством
АСУТП – АСУ технологическими процессами
АЦП – аналого-цифровой преобразователь
БД – база данных
ВТ – вычислительная техника
ДП – диспетчерский пункт
ИАСУ – интегрированная АСУ
ИВК – информационно-вычислительный комплекс
ИУ – исполнительное устройство
ИМ – исполнительный механизм
КП – контролируемый пункт
КТС – комплекс технических средств
ЛВС – локальная вычислительная сеть
ОЗУ – оперативное запоминающее устройство
ОС – операционная система
ОС РВ – ОС реального времени
ОУ – объекты управления
П регулятор – пропорциональный регулятор
ПИ регулятор – пропорционально-интегральный регулятор

СОКРАЩЕНИЙ

ПИД – пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор
ПК – персональный компьютер
ПЛК – программируемый логический контроллер
ППП – пакеты прикладных программ
ПО – программное обеспечение
ПТК – программно-технический комплекс
ПЭВМ – персональная ЭВМ
РВ – реальное время
РМВ – реальный масштаб времени
РСУ – распределенная система управления
САПР – система автоматизированного проектирования
САР – система автоматического регулирования
СРВ – система реального времени
СУ – система управления
ТОУ – технологический ОУ
ТП – технологический процесс
ТЭП – технико-экономические показатели
УСО – устройство связи с объектом
УВК – управляющий вычислительный комплекс
ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь
ЦДП – центральный ДП
ЦПС – цифровые промышленные сети
ЧМИ – человеко-машинный интерфейс

ВВЕДЕНИЕ

Большой интерес специалистов к промышленной автоматизации объясняется устойчивой тенденцией роста спроса на средства автоматизации. К отраслям, заинтересованным, прежде всего в системах автоматизации технологических процессов (ТП), относится и деревообработка.

Следует отметить, что отечественная промышленная автоматизация в настоящее время и в ближайшем будущем будет связана главным образом с модернизацией и реконструкцией АСУТП, которые сопровождаются более значительной долей внедрения оборудования и услуг, чем при новых капиталовложениях. По данным зарубежных компаний [1] спрос на устройства управления в составе аппаратных средств верхнего уровня постоянно снижается, что объясняется перемещением интеллектуальных компонентов АСУТП к полевым устройствам, снижением стоимости технических средств, повышением степени унификации (уменьшением разнообразия) программно-аппаратной части средств автоматизации.

На рубеже 70-х и 80-х годов XX века ведущие мировые производители средств автоматизации начали выпускать наборы программно-технических комплексов (ПТК) для построения АСУТП.

К числу других тенденций развития ПТК относятся увеличение объема представляемой информации, приведшее к бурному развитию SCADA-систем, упрощение структур АСУТП, повышение степени их универсальности, появление новых устройств визуализации и индикации (в том числе крупномасштабных дисплеев с использованием мультимедиа), изменение перераспределения функций между уровнями АСУТП.

Основными признаками ПТК являются их совместимость, способность функционировать 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 сосредоточивают 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

РС 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.

Основой успешной стратегии производителей ПТК служит концепция модульного состава на уровне аппаратного обеспечения с применением объектно-ориентированного программирования и SCADA-систем, позволяющих обеспечить разнообразные запросы потребителей. Таким образом, как изготовители ПТК, так и потребители смогут уменьшить стоимость систем, время на их реализацию, эксплуатационные затраты. Важнейшей составляющей эффективности АСУТП является сохранение качества на протяжении всего жизненного цикла, который по оценкам специалистов должен составлять не менее 10 лет. Разработчикам систем необходимо систематически искать возможности снижения затрат на проектирование, монтаж, обучение.

1.ОСНОВЫ ПТК

1.1. Классификация микропроцессорных ПТК

1.2. Краткие сведения о ПТК

1.3. Функциональный состав программно-технических комплексов

1.4. Коммутаторы, концентраторы, интеграторы

1.1. Классификация микропроцессорных ПТК

Все выпускаемые универсальные микропроцессорные ПТК подразделяются на классы, каждый из которых выполняет определенный набор функций. Рассмотрим ПТК, начиная с простейшего класса, минимального по функциям и объему автоматизируемого объекта, и, кончая классом, который может охватывать задачи планирования и технического управления на всем предприятии [1].

а) Контроллер на базе ПК. Это направление существенно развилось в последнее время с повышением надежности работы ПК,

наличия их модификаций в обычном и промышленном исполнении; открытой архитектуры, легкости включения в них любых блоков ввода/вывода; возможности использования уже наработанной широкой номенклатуры ПО (ОС РВ, БД, ППП контроля и управления). Основные сферы использования контроллеров на базе ПК – специализированные системы автоматизации в медицине, научных лабораториях, средствах коммуникации, для небольших замкнутых объектов в промышленности. Общее число входов/выходов такого контроллера обычно не превосходит нескольких десятков, а функции выполняют достаточно сложную обработку измерительной информации с расчетом управляющих воздействий. Рациональную область применения контроллеров на базе ПК можно очертить следующими условиями:

- при нескольких входах и выходах объекта надо производить большой объем вычислений за достаточно малый интервал времени (необходима большая вычислительная мощность);
- средства автоматизации работают в окружающей среде, не слишком отличающейся от условий работы обычных ПК;
- нет необходимости в использовании контроллера;
- реализуемые контроллером функции целесообразно (в силу их нестандартности) программировать не на одном из специальных технологических языков, а на обычном языке программирования высокого уровня типа C++, PASCAL;
- мощная поддержка работы операторов, реализуемая в обычных контроллерах: диагностика, устранение неисправности без остановки работы контроллера, модификация ПО во время работы системы автоматизации.

На рынке контроллеров, на базе ПК в России успешно работают компании: Octagon, Advantech, Analog Devices и др. Многие российские фирмы закупают компьютерные платы и платы ввода/вывода этих фирм и строят из них контроллеры. Следует отметить, что в России этот класс контроллеров непомерно раздут и частично занимает нишу следующих классов ПТК из-за:

- агрессивной рекламы фирм, работающих в этом секторе рынка;
- легкости создания из компьютерных плат новых типов контроллеров, привлекающей многие небольшие российские компании, создающие свои ПТК;
- простоты и привычности создания ПО для ПК;
- непонимания заказчиками важности тех свойств, которые есть у специально разработанных контроллеров и отсутствуют у контроллеров, построенных на базе ПК.

б). Локальный ПЛК. В настоящее время распространяются

несколько их типов:

- встраиваемый в оборудование и являющийся его неотъемлемой частью; примеры такого интеллектуального оборудования: станки с ЧПУ, автомашинисты, современные аналитические приборы;

- автономный, реализующий функции контроля и управления небольшим, достаточно изолированным технологическим объектом. Если встраиваемые контроллеры выпускаются без специального кожуха, поскольку они монтируются в общий корпус оборудования, то автономные контроллеры помещаются в защитные корпуса, рассчитанные на разные условия окружающей среды. Почти всегда эти контроллеры имеют порты, соединяющие их в режиме "точка-точка" с другой аппаратурой, и интерфейсы, которые могут через сеть связывать их с другими средствами автоматизации (PCY, диспетчерскими системами, пультами операторов и т. п.); часто в такой контроллер встраивается или подключается панель ЧМИ, состоящая из дисплея и функциональной клавиатуры.

Следует выделить специальные типы контроллеров, выпускаемых для аварийной защиты процессов и оборудования и отличающиеся высокой надежностью, живучестью, быстродействием. В этих контроллерах предусмотрены различные варианты полной диагностики и резервирования, как отдельных компонентов, так и всего контроллера в целом. Можно отметить следующие распространенные варианты резервирования:

- горячий резерв всех компонентов и/или контроллера в целом (при непрохождении теста в рабочем контроллере управление безударно переходит ко второму контроллеру);

- троирование основных компонентов и/или контроллера в целом с "голосованием" результатов обработки сигналов всех контроллеров (выходной сигнал принимается тот, который дало большинство, а контроллер, давший другой результат, объявляется неисправным);

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

Контроллеры обычно рассчитаны на десятки входов/выходов от датчиков и ИМ; их вычислительная мощность невелика; они реализуют простейшие типовые функции обработки измерительной информации,

логического управления, регулирования. Зарубежные фирмы, работающие в этом секторе рынка:

- General Electric Fanuc Automation с контроллерами сер. 90 Micro;
- Rockwell Automation с контроллерами сер. Micrologic 1000;
- Schneider Automation с контроллерами сер. TSX Nano;
- Siemens с контроллерами сер. C7-620.

в). Сетевой комплекс контроллеров. Этот класс ПТК является наиболее широко внедряемым средством управления ТП во всех отраслях промышленности. Минимальный состав ПТК имеет ряд контроллеров, несколько дисплейных пультов операторов, промышленную сеть, соединяющую контроллеры и пульты между собой.

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

В качестве дисплейных пультов почти всегда используются те или иные ПК в обычном или промышленном исполнении с клавиатурами – обычной алфавитно-цифровой и специальной функциональной, с одним или несколькими мониторами, имеющими большой экран.

Промышленная сеть может иметь различную структуру: шину, кольцо, звезду; она часто подразделяется на сегменты, связанные между собой маршрутизаторами. Информация, передаваемая по сети, достаточно специфична – это ряд как периодических, так и случайных во времени коротких сообщений. К их передаче предъявляются требования: сообщения ни в коем случае не могут быть утеряны (должна быть гарантия их доставки адресату); для сообщений высшего приоритета (например, об авариях) должен быть гарантирован интервал времени их передачи.

В меньшей степени этим требованиям удовлетворяет метод случайного доступа к сети, при котором в случае возникновения аварийной ситуации и, как ее следствия, одновременно резкого увеличения числа экстренных сообщений, которые должны пройти через сеть, может возникнуть затор в сети. Это приведет к потере отдельных сообщений, а не только к задержке их доставки адресату.

Сетевые комплексы контроллеров имеют верхние ограничения как по сложности выполняемых функций (измерения, контроля, учета,

регулирования, блокировки), так и по объему самого автоматизируемого объекта, в пределах тысяч измеряемых и контролируемых величин (отдельный технологический агрегат). Большинство зарубежных фирм поставляет сетевые комплексы контроллеров (порядка сотен входов/выходов на контроллер): DL 205, DL 305 фирмы Koyo Electronics; TSX Micro

фирмы Schneider Automation; SLC-500 фирмы Rockwell Automation; CQM1 фирмы Omron.

г) PCY малого масштаба. Этот класс микропроцессорных средств превосходит большинство сетевых комплексов контроллеров по мощности, и сложности выполняемых функций, но имеет ряд ограничений по объему автоматизируемого производства. Основные отличия этих средств от сетевых комплексов контроллеров заключаются в несколько большем разнообразии модификаций контроллеров, блоков ввода/вывода, панелей оператора; большой мощности центральных процессоров, позволяющих им обрабатывать более 10 000 входных/выходных сигналов; выделении удаленных блоков ввода/вывода, рассчитанных на работу в различных условиях окружающей среды; более развитой и гибкой сетевой структуре. Зачастую они имеют несколько уровней промышленных сетей, соединяющих контроллеры между собой и с пультами операторов (например, нижний уровень, используемый для связи контроллеров и пульта отдельного компактно расположенного технологического узла, и высший уровень, реализующий связи средств управления отдельных узлов друг с другом и с пультом оператора).

Сетевая структура развивается в направлении создания полевых сетей, соединяющих отдельные контроллеры с удаленными от них блоками ввода/вывода и интеллектуальными приборами (датчиками и ИУ). Такие достаточно простые и дешевые сети позволяют передавать информацию между контроллерами и полевыми приборами в цифровом виде по одной витой паре, что значительно сокращает длину кабельных сетей и уменьшает влияние помех.

Маломасштабные PCY охватывают отдельные цеха и участки производства и в дополнении к обычным функциям контроля и управления часто могут выполнять более сложные и объемные алгоритмы управления (статическую и динамическую оптимизацию объекта). Эти алгоритмы в зависимости от объема и динамики реализуются либо в самих контроллерах, либо в вычислительных мощностях пультов операторов.

Примеры маломасштабных PCY: ControlLogix фирмы Rockwell Automation; Simatic S7-400 фирмы Siemens; TSX Quantum фирмы

Schneider Automation.

д). Полномасштабные РСУ. Это наиболее мощный класс микропроцессорных ПТК, практически не имеющий границ ни по выполняемым функциям, ни по объему автоматизируемого объекта. Одна такая система может использоваться для автоматизации производственной деятельности крупномасштабного предприятия.

Данный класс ПТК включает все особенности перечисленных микропроцессорных средств управления и дополнительно имеет ряд свойств, влияющих на возможности их использования:

- наличие промышленных сетей, позволяющих подсоединять к одной шине сотни узлов (контроллеров и пультов) и распределять их на значительные расстояния;
- существование модификаций контроллеров, наиболее мощных по вычислительным возможностям, что позволяет кроме обычных функций реализовать в них сложные и объемные алгоритмы, контроля, диагностики, управления;
- широкое использование информационных сетей (Ethernet) для связи пультов операторов друг с другом, с серверами БД, для взаимодействия ПТК сетью предприятия и построения управляющих центров (планирования, диспетчеризации, оперативного управления);
- взаимодействие пультов управления в режиме клиент/сервер;
- в составе ППП, реализующих функции управления отдельными агрегатами (многоконтурного регулирования, оптимизации и т.д.), диспетчерского управления участками производства, учета и планирования производства в целом.

Примеры фирм: АББ - Symphony; Honeywell - TPC и PlantScape; Valmet - Damatic XDi; Yokogawa -Centum CS, Foxboro - I/A Series, Fisher-Rosemount - Delta-V и др.

Приведенная классификация помогает охватить всю гамму современных микропроцессорных ПТК и выделить основные черты и отличия отдельных классов этих средств. Четких границ между классами ПТК не существует, а в последние годы они тем более размываются, так как открытость и стандартность отдельных компонентов таких комплексов позволяет компоновать их из разных средств, соединять различными типовыми сетями и создавать систему управления из отдельных компонентов, выпускаемых разными фирмами и относящихся к разным классам.

1.2. Краткие сведения о ПТК

В таблице 1.1 представлена краткая информация о некоторых ПТК и многофункциональных контроллерах, позволяющих организовать связь с верхним уровнем автоматизации [2].

Краткая информация о ПТК				Таблица 1.1
Наименование ПТК/контроллера	Состав и характеристики	Назначение	Производитель	
ПТК «САРГОН»	<p>Техническое обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - контроллеры МФК, ТКМ52 (51), Теконик с сетевыми модулями УСО (ЗАО «Текон») - IBM-совместимые персональные компьютеры (ПК); - сетевое оборудование. <p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ОС контроллеров и ПК; - программный комплекс «САРГОН». 	Создание полнофункциональных АСУТП энергетических объектов (энергоблока, котлоагрегата, турбины, цеха, станции).	ЗАО «НВТ-автоматика», г. Москва, nvt.msk.ru	
ПТК «Сириус»	<p>Комплекс включает в себя:</p> <ul style="list-style-type: none"> - контроллер Миконт-М; - контроллер Сателлит – интеллектуальный ПЛК, предназначенный для решения задач автоматизации телемеханики и локального управления объектами; - контроллер пункта управления Виконт, собирающий и обрабатывающий информацию от контроллеров нижнего уровня и передающий ее в ПЭВМ; - ПО «Сириус-QNX» - SCADA-пакет для создания систем управления, работает под управлением ОС РВ QNX. <p>Интерфейсы связи:</p> <p>RS-232, 485, токовая петля 20мА, С1-ТЧ (модем с частотной модуляцией для физической линии, телефонных и радиоканалов).</p> <p>Протоколы:</p> <p>Modbus, Modbus Plus, HDLC, «Сириус» TM120.x.</p>	Создание систем телемеханики в электроэнергетике, нефтегазовом комплексе и других областях.		

Микропроцессорная система контроля и управления МСКУМ	Комплекс построен по принципу децентрализованной системы. Номенклатура изделий комплекса позволяет создавать системы любой сложности и степени децентрализованности. Верхний уровень представлен рабочими станциями ПС 5101. В изделиях используются импортные комплектующие и модули (фирм Intel, IBM, Motorola, Siemens, Advantech и др.).	Предназначен для создания единой интегрированной системы управления технологическими процессами.	АО «Импульс», г. Северодонецк
ПТК «КРУГ-2000»	Полностью открытый сертифицированный ПТК. Техническое обеспечение: - контроллеры серии TREI-05B; - серверы различного назначения; - системы бесперебойного питания; - предусмотрена возможность связи с контроллерами и аппаратурой других фирм. Программное обеспечение: - OSCPВ контроллеров: DOS,QNS; - Windows NT (станция оператора); - Пакет программ «КРУГ-2000».	АСУТП предприятий металлургической, химической, горнодобывающей и других отраслей.	«НПФ «КРУГ», г. Пенза, www.krug-2000.ru
Унифицированный программно-технический комплекс «УПТК»	Состав комплекса: - недорогой промышленный компьютер без модулей УСО; - мультиплексная система связи и управления МСС, содержащая периферийные приемопередатчики (распределенные УСО), ППП и центральное логическое устройство ЦЛУ, связь – по двухпроводной линии; программное обеспечение, построенное на базе SCADA-системы TRACE MODE.	АСУТП предприятий металлургической, химической, горнодобывающей и других отраслей, а также локальных САУ транспортных средств, охранной сигнализации и т.п.	ОАО «Союзцвет-метавтоматика» и ТОО «Мультисеть» (совместно).
	Комплекс построен на основе серии ПЛК ПКЭМ-3.	Предназначен для создания АСУТП предприятий	

ПТК «Дирижер»	<p>В основе контроллера и ПТК: WME-архитектура, ОС РВ OS-9, мезонинные технологии, стандартные коррозионно-стойкие конструктивы, поддержка сетей Profibus, Modbus, Ethernet, технологическое программирование контроллеров в среде ISaGRAF.</p> <p>Контроллер имеет каркасно-модульное исполнение, в качестве базового процессорного модуля использован модуль VIUC производства PER Modular Computer (Германия).</p>	металлургической, химической, горнодобывающей и других отраслей, а также локальных САУ транспортных средств, в том числе и на водном транспорте.	ОАО «Электромеханика» г. Пенза
ПТК «Цитрон»	<p>Комплекс включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - приборы КСО (контроллер связи с объектом) до 30 штук; - IBM-совместимый компьютер в офисном или промышленном исполнении; - сетевые средства связи; - фирменное программное обеспечение центра сбора данных (ПО ЦСБ). 	Предназначен для применения в различных областях автоматизации и измерений в условиях круглосуточной эксплуатации.	ЗАО НПП «Электронные информационные системы» www.eisystem.ufr.ru
ПТК «Круиз»	<p>Комплекс включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PC-совместимые контроллеры (на базе комплектующих Octagon Systems), установленные вместе с блоками устройств сопряжения с объектом (УСО) в функциональные шкафы стандарта Евромеханика; - персональные компьютеры в обычном или промышленном исполнении; - SCADA-система TRACE MODE фирмы AdAstrA Research, Ltd. (Россия). 	Предназначен для построения распределенных автоматизированных систем управления объектами любой степени сложности.	www.piczebra.ru
	<p>Комплекс включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - микропроцессорный контроллер Ремиконт Р- 	Решение задач управления технологическими объектами	ОАО Чебоксарское НПП

ПТК «Квинт»	310; - персональные компьютеры в обычном или промышленном исполнении; - ПО: САПР системы управления, включающее программы для введения базы данных АСУТП, технологического программирования микроконтроллеров, для создания мнемосхем для операторских станций.	различной степени сложности вплоть до объектов, включающих десятки тысяч параметров, в самых разных областях народного хозяйства.	«Элара», www.elara.ru
ПТК «Торнадо»	ПТК «Торнадо» выпускается в четырех основных модификациях, которые отличаются архитектурными решениями и используемым контроллерным оборудованием. Каждый тип ПТК предназначен для определенного класса объектов. Состав комплекса включает: - контроллеры VME9300, IUC9300, Smart I/O, Smart2 производства PER Modular Computer; - контроллер MIF производства «МС Торнадо»; - широкий набор модулей УСО; - SCADA-система In Touch.	Используется для создания АСУТП на промышленных объектах энергетики, нефтяной, газовой, химической промышленности, перерабатывающих отраслей, транспорта, коммунального хозяйства и других.	Компания МС Торнадо г. Новосибирск, www.tornado.nsk.ru
ПТК «Технокоонт»	Компоненты архитектуры ПТК: - контроллер МФК (ЗАО «ТЕКОН» г. Москва); - SCADA-система MasterSCADA (НПФ «ИНСАТ», Москва); - система программирования контроллеров ISaGraf (AlterSys Inc Канада); - коммутационное оборудование сети Ethernet и комплекты PC в ассортименте лучших мировых и проверенных российских производителей.	Используется для создания АСУТП на промышленных объектах энергетики, нефтяной, газовой, химической промышленности, перерабатывающих отраслей, транспорта, коммунального хозяйства и других.	НПО «Технокоонт», www.technocont.ru
	Состав комплекса включает: - управляющий контроллер Descont-182; - модули-мезонины для организации	Создание автоматизированных систем контроля, учета и	Фирма «ДЭП» г. Москва www.dep.ru

ПТК «Деконт»	интерфейсных каналов контроллера Descont-182 (RS232, RS485, модемы и радиомодемы); - большая номенклатура удаленных модулей УСО; - IBM- совместимый компьютер в офисном или промышленном исполнении.	управления на предприятиях, характеризующихся территориальной рассредоточенностью объектов.	
Контроллер КРОСС и система полевых приборов ТРАССА	Комплекс микропроцессорных средств включает: - интеллектуальный шлюз для сети контроллеров Р-130; - высокопроизводительный контроллер КРОСС; - комплект полевых приборов ТРАССА для работы на полевой сети; - распределенные измерительные среды РИС.	Построение распределенных открытых систем в соответствии с международными стандартами и технологиями	ОАО «Завод электроники и механики», www.zeim.ru
ПТК «Машинист»	Техническое обеспечение: - контроллеры измерения, регулирования и управления: контроллеры Smart I/O фирмы PER Modular Computer; - контроллеры защит и концентратор данных: контроллеры VM19000; - рабочие, архивные и инженерные станции: IBM PC совместимые компьютеры; - ОСРВ контроллеров: OS-9; - Windows NT (для рабочих станций); - SCADA: «КРУГ-2000» (НПФ «КРУГ»).	Создание полнофункциональных АСУТП энергетических объектов (энергблока, котлоагрегата, турбины, цеха, станции).	«Энергоавтоматика», г. Уфа, АО «РТ-Софт» г. Москва
ПТК «Турбоком-4000»	Техническое обеспечение: - контроллерный уровень: PC-совместимые контроллеры, выполненные в стандартах VMEbus, CompactPCI, STDBus, PCI, PC/104, ISA и др; - рабочие станции управляющего контура: IBM PC совместимые компьютеры в промышленном	Для решения всех управляющих, информационно-вычислительных и информационно-транспортных задач, возникающих при автоматизации технологических процессов.	ОАО Электронцентрналдка г. Москва

	<p>исполнении (Корунд (Россия), OR, PER, ХУСОМ, Octagon);</p> <ul style="list-style-type: none"> - рабочие станции информационно-вычислительного контура: IBM PC совместимые ПЭВМ общего или индустриального исполнения; - локальные сети Ethernet, AnyLan, Token-Ring, Arcnet; «полевые» сети: CANbus, Lightbus, Profibus и др. <p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ОСРВ QNX 4.2х, Windows NT; - средства программирования ПТК: «Конфигуратор», «Графический редактор», язык Микром 	<p>ПТК может использоваться на объектах с числом параметров от 50...1000 до 30000 ... 50000 в энергетической, металлургической, химической и других отраслях промышленности.</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 [2]:

- 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. 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.

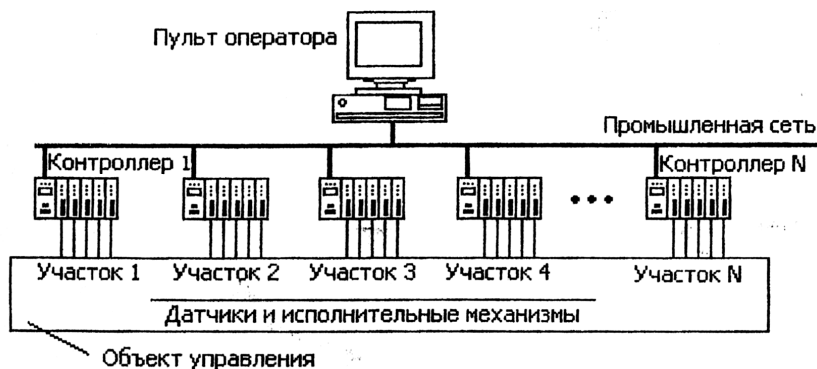


Рис. 1.1. Структура ПТК

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

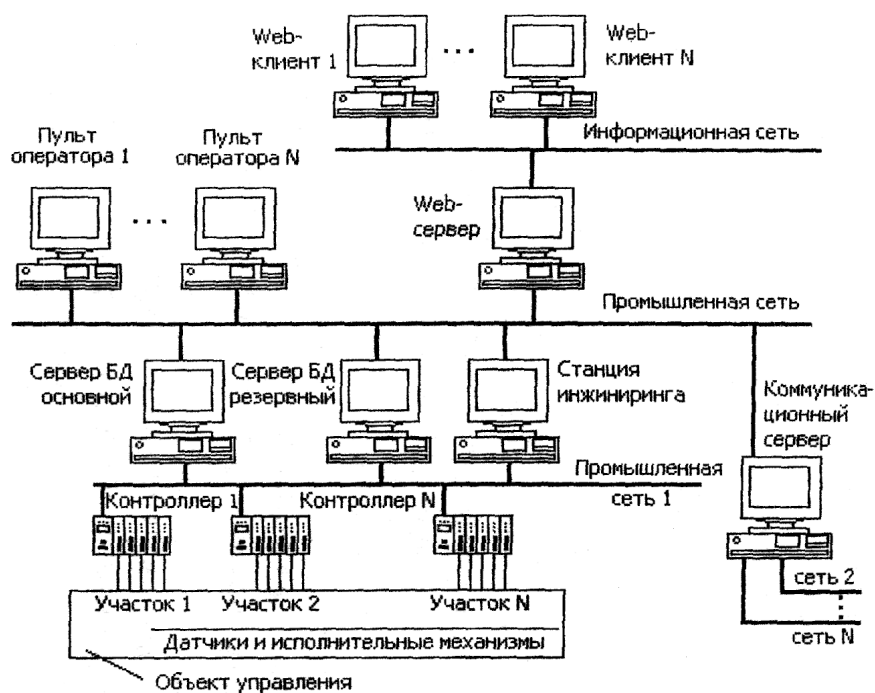


Рис. 1.2. Структура ПТК

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;
- 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 взаимодействовать 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. 4. 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 [2].

На этом этапе приходится решать следующие задачи:

- согласование физических интерфейсов и протоколов различных промышленных сетей (Profibus, CANbus, Modbus, Lon Work 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. 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.

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. 1.3). 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.

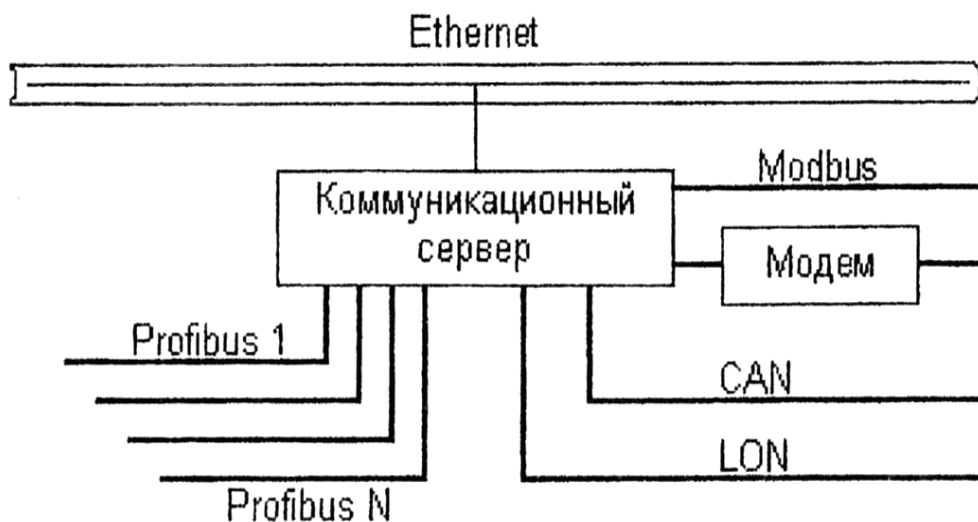


Рис. 1.3. Коммуникационный сервер

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. 1.4).

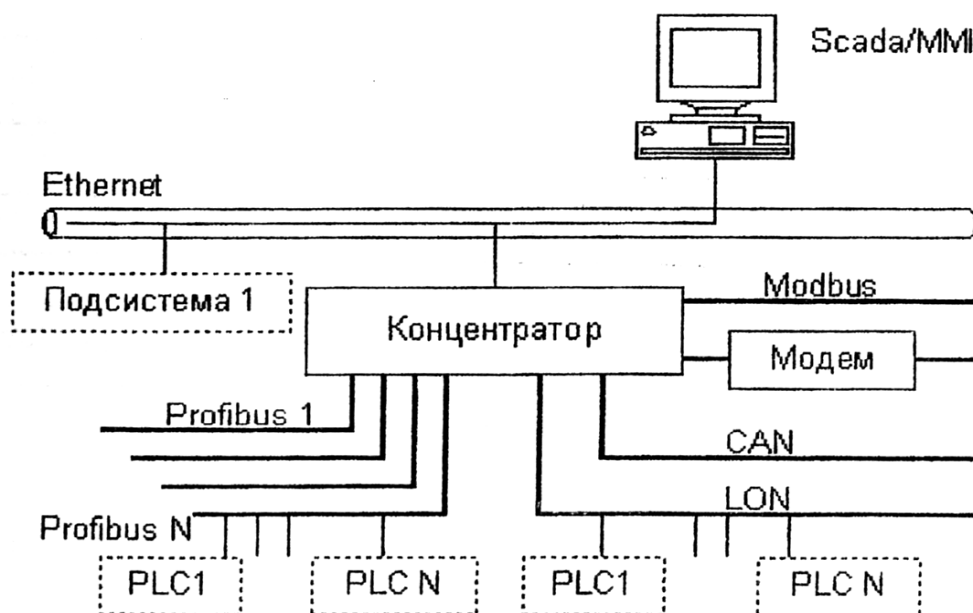


Рис. 1.4. Концентратор

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. 1.5).

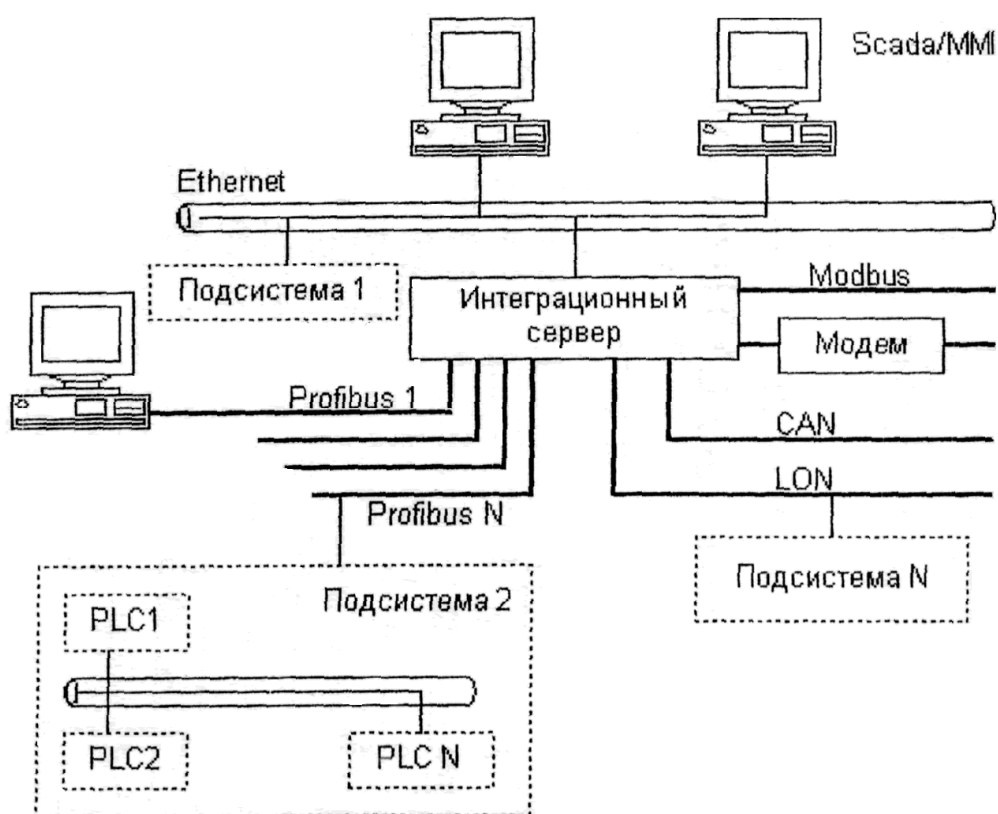


Рис. 1.5. Интеграционный сервер

Вопросы для самопроверки

1. Условия для применения контроллеров на базе ПК.
2. Назвать типы локальных ПЛК и варианты их реализации.
3. Модернизации контроллеров сетевого комплекса, структура используемых промышленных сетей.
4. Отличия РСУ малого масштаба от сетевого комплекса контроллеров, их функции и применение.
5. Свойства и использование полномасштабных РСУ.
6. Назвать основные элементы, образующие ПТК, чем определяется структура ПТК?

7. Характеристика основных структур ПТК.
8. Задачи, которые необходимо решать при модернизации (замене) систем автоматизации.

2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ

2.1. Основные понятия промышленных сетей

2.2. Основные характеристики ЦПС

2.2.1. AS-interface

2.2.2. InstaBus EIB

2.2.3. Foundation Field Bus H1 и H2

2.2.4. HART

2.2.5. InterBus (InterBus Loop)

2.2.6. LonWorks (с трансмиттерами LPT)

2.2.7. Profibus PA

2.2.8. WorldFIP

2.2.9. Технология передачи по IEC 1158-2

2.2.10. Передача данных по силовым линиям (PLC)

2.2.11. Технология Power over Ethernet (PoE)

2.2.12. Интерфейс RS-485

2.1. Основные понятия промышленных сетей

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. 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, Interims, 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 [2]:

- 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 отработку 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). Модель ISO/OSI распределяет сетевые функции по семи уровням.

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.

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.

Более подробно модель OSI рассмотрена в работе [3].

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. 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 устройствами.

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 устройствами 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. 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.

Возрастающая степень автоматизации в технике производства приводит на нижний уровень автоматизации полевой уровень, постоянно увеличивающееся число устройств обработки параметров технологического процесса и влияния на эти параметры. При этом речь идет об измерительных преобразователях, например, для учета температуры, давления, дифференциального давления или потока, а также об электрических или пневматических исполнительных устройствах. Характерным для нижнего уровня автоматизации является то, что между большим числом датчиков, исполнительных и полевых устройств и малым количеством вышестоящих устройств автоматизации происходит обмен данными незначительного информационного содержания.

На сегодняшний день на рынке представлено около сотни различных типов цифровых промышленных сетей (ЦПС), применяемых в системах автоматизации. Технические и стоимостные различия этих систем настолько велики, что выбор решения, оптимально подходящего для нужд конкретного производства, является непростой задачей. Преимущества цифровых сетей по сравнению с централизованными системами можно подразделить на две категории. Переход на цифровую передачу данных означает возможность замены километров дорогих кабелей на несколько сот метров дешевой витой пары. ЦПС обеспечивают дополнительные преимущества по таким показателям, как надёжность, гибкость и эффективность, что является прямым следствием их децентрализованной структуры.

В настоящее время основной тенденцией в организации полевых ЦПС является обеспечение передачи не только данных, но и энергии питания для оконечных устройств. Разработчики ЦПС стараются совместить эти два требования в одной ЦПС, для чего на физическом уровне применяются либо уже готовые стандарты (например, IEC 61158-2), либо разработанные самостоятельно спецификации.

Рассмотрены основные ЦПС с совмещенной передачей энергии питания, а также технологии передачи питания с позиции физической организации взаимодействия устройств [4].

2.2. Основные характеристики ЦПС

К основным характеристикам всех ЦПС следует отнести, прежде всего, информационную пропускную способность сети, топологию организации сети (шина, кольцо, дерево), физическую организацию (витая

пара, оптоволокно, радиоканал и т.д.), максимальное количество подключаемых устройств в сегменте и в целом по сети, максимальную длину сегмента сети без повторителей, и максимальную длину сети с повторителями.

Следует отметить, что полевые шины, предназначены, прежде всего, для организации связи между датчиками и контроллерами имеют максимальную длину сегмента равную примерно 200 м, а в целом обеспечивают передачу данных без передачи энергии питания на расстояния до 13 км.

Также при выборе той или иной сети передачи данных, следует руководствоваться не только затратами на инсталляцию системы, но и затратами на модернизацию сети в том числе и кабельного хозяйства. Кабельное хозяйство сетей на основе витой пары является наиболее легко инсталлируемым, а также меньше подвержено какой либо модернизации, из-за того, что такие ЦПС наиболее приспособлены к зашумленной электромагнитными помехами среде передачи данных и энергии.

В настоящее время принцип одновременной передачи данных и энергии применяются в следующих ЦПС:

- AS-interface (AS-i)
- EIB (InstaBus)
- Foundation Field Bus H1 и H2
- HART
- InterBus (InterBus Loop)
- LONWorks (с трансмиттерами LPT)
- Profibus PA
- WorldFIP

Кратко рассмотрим некоторые характеристики этих ЦПС в таблице 2.1

Из таблицы видно, что каждый интерфейс имеет свои достоинства и недостатки. Что-то больше подходит для передачи больших объемов информации без гарантии доставки данных в определенное время, а другая же шина позволяет передавать малый объем данных, но за достаточно малое время.

Рассмотрим более подробно эти полевые интерфейсы и другие технологии, предоставляющие пользователю удаленную передачу, как данных, так и энергии питания.

Вопросы для самопроверки

1. Назначение узлов промышленной сети.
2. Особенности промышленных сетей.
3. Назвать уровни управления и их назначение в иерархии управления.
4. Основные характеристики ЦПС.

Таблица 2.1

Характеристики полевых интерфейсов передачи данных.

Характеристика	AS-i	EIB	Foundation FieldBus H1\H2	HART	Interus Loop	LON Works	Profius PA	WorldFIP
Поддерживающая организация	AS-i Consortium	Siemens	Fieldbus Foundation	HART communication Foundation	Phoenix Contact, Interbus Club	Echeln Corp.	Siemens	WorldFIP
Управляющие стандарты	EN50295 IEC 62026-2		ISA SP50 IEC 61158\ IEEE 802.3u RFC for IP, TCP & UDP	есть	DIN 19258 EN 50.254		EN50170DIN 19245 part 4 IEC 1158-2	IEC 1158-2
Топология сети	Шина, кольцо, дерево	Дерево	Звезда, шина\ звезда		Кольцо	Дерево	Шина, дерево, звезда	
Среда передачи	витая пара		витая пара, оптоволокну	Экранированная витая пара	витая пара	витая пара, коаксиал, силовая проводка, оптоволокну	витая пара	
Количество устройств	31(v2.0) 62(v2.1)	64 на линию	240 на сегмент +65500 сегментов\ IP адресация	15 slave, 2master (многоочный режим с удаленным питанием)	64	3200 В рамках одного домена	32 (макс 126)	
Максимальное расстояние передачи	300 м	700 м	1900 м (31Кбод)\ 100м (витая пара) 2000м (оптоволокну)	3000 м	100 м (Loop1) 200 м (Loop 2)	В пределах здания	1900 м	

Продолжение табл. 2.1

Характеристика	AS-i	EIB	Foundation FieldBus H1\H2	HART	Interus Loop	LON Works	Profius PA	WorldFIP
Электропитание	2.8А, 8А 29-31 В	DC 24 В		не регламентировано	DC 24В	24/120/220/380/480 В переменного (50/60/400Гц) и постоянного тока	DC 24 В	
Метод коммуникации	Master\Slave циклическим опросом	CSMA/CA	Клиент/ Сервер публикации, подписка, события	Master\Slave с циклическим опросом		CDMA/CS	Master\Slave с передачей маркера между мастерами	
Скорости передачи	53кбит/с	9 600 бит/с	31.25Кбод\100Мбод	1,2 кбит/с		до 1.25 Мбод	31.25	31.25 кбит/с 1 мбит/с, 2.5мбит/с
Размер передаваемых данных	4 бит в пакете			0-25 байт		228 б	0-244 байт	
Коррекция ошибок	Манчестрский код, исправление 2х битов			бит четности байта, байт контрольной суммы для каждого пакета		CRC-16 бит	HD4 CRC	
Время актуальности данных	4.7мс/ 9.4мс			Около 500 мс пакетном режиме-330 мс		5 мс	2 мс	

2.2.1. AS-interface

AS-интерфейс, или AS-i (Actuators/Sensors interface – интерфейс исполнительных устройств и датчиков) является открытой промышленной сетью нижнего уровня систем автоматизации, которая предназначена для организации связи с исполнительными устройствами. Основные концепции AS-интерфейса регламентированы европейскими нормативами EN 50295, а также международным стандартом IEC 62026, базирующимся на спецификациях Международной ассоциации по AS-интерфейсу (AS International Association).

При этом система на базе AS-интерфейса является открытой и независимой от изготовителя, то есть изготовители и пользователи получают возможность самостоятельно разрабатывать системные компоненты, совместимые с изделиями других производителей без дополнительных мер по конфигурированию, и обеспечивать их надежную коммуникацию в единой сети.

AS-интерфейс позволяет решить задачу подключения датчиков и приводов 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. Гибкость управления системой достигается за счёт 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, PROFIBUS, DeviceNet (рис. 2.1).

Локальная вычислительная система низкого уровня на базе AS-интерфейса может иметь только одно ведущее устройство (master). До недавнего времени к нему можно было подключить 31 ведомое устройство (slave). По новой спецификации версии 2.1 стандарта на AS-интерфейс, появившейся весной 2000 года, количество ведомых устройств в одной сети увеличено до 62 за счёт разделения адресного пространства ведущего сетевого устройства на две подобласти: А и В.

В AS-интерфейсе более ранних версий каждое ведомое устройство могло иметь до 4 входов и 4 выходов. Так называемые А/В-устройства (устройства, адресуемые в соответствии со спецификацией версии 2.1) могут иметь до 4 входов и 3 выходов.

AS-интерфейс использует метод доступа к ведомым устройствам, основанный на их циклическом опросе (polling). При опросе системы, состоящей из 31 ведомого устройства, время цикла составляет 4,7 мс.

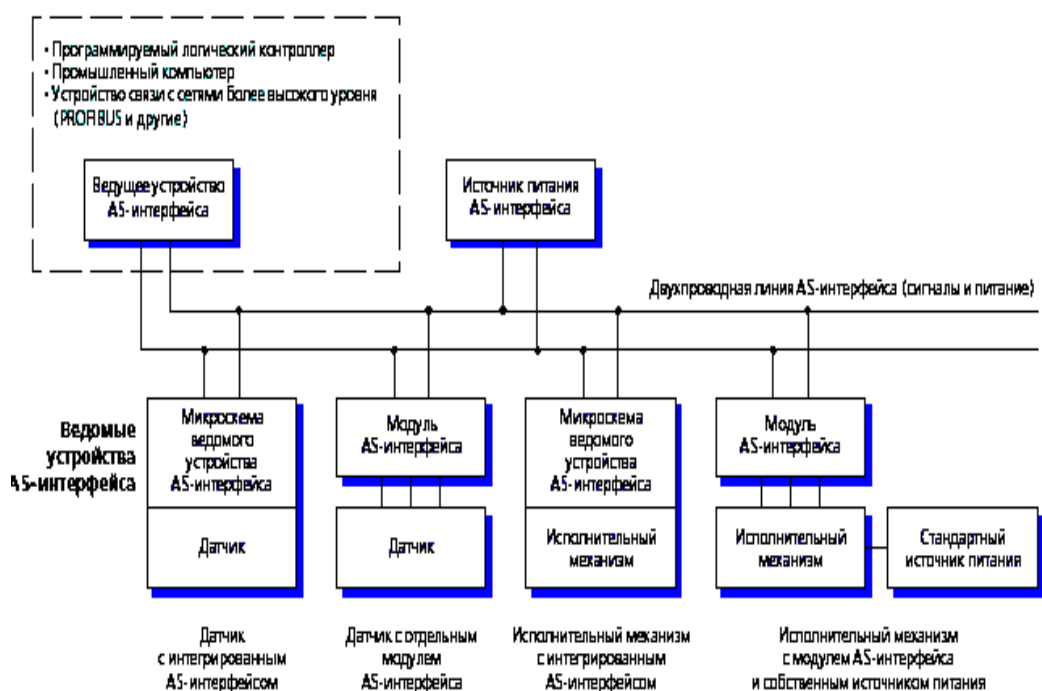


Рис. 2.1. Схема подключения устройств к AS - интерфейсу

Таким образом, не позднее чем через каждые 5 мс каждый датчик или исполнительный механизм системы будет опрошен ведомым устройством. Если в AS-интерфейсе версии 2.1 используются только ведомые устройства подобласти адресного пространства А или В, то время цикла опроса также не превышает 5 мс. В случае использования всего адресного пространства, доступного для данной версии, ведомые устройства подобластей А и В обслуживаются по очереди: в первом цикле производится опрос ведомых устройств подобласти А, во втором – подобласти В, и в такой последовательности циклический процесс опроса повторяется далее. Таким образом, в этом случае суммарное время обслуживания всех ведомых устройств не превышает 10 мс.

Обслуживание ведомых А/В-устройств способны выполнять только ведущие сетевые устройства, поддерживающие спецификацию версии 2.1. Устройства, не поддерживающие данную версию, способны обслуживать не более 31 ведомого устройства (подобласть адресного пространства А).

Топология сети AS-интерфейса очень проста и позволяет подключать ведомые устройства по схемам «шина», «звезда», «кольцо» или «дерево» (рис. 2.2). Единственный пункт, который необходимо учитывать, — это ограничение общей длины кабеля 100 м.

Под общей длиной понимается сумма длин всех ветвей сегмента сети, обслуживаемого одним ведущим устройством. Специальный расширитель позволяет удлинить кабель или разделить ветвь на группы.

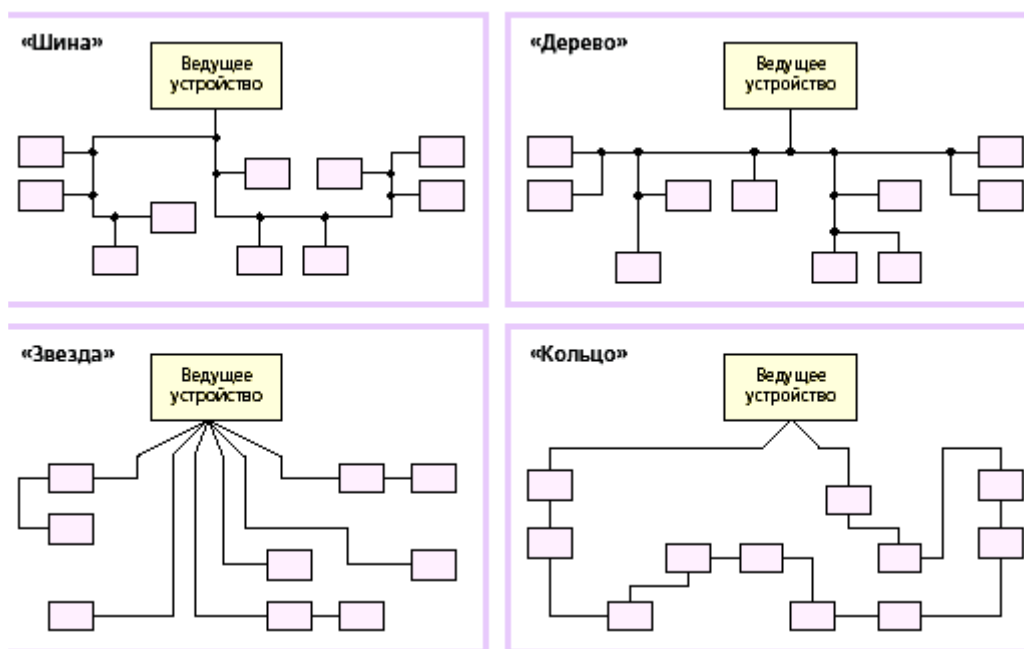


Рис. 2.2. Различные формы топологии сети AS-интерфейса

Если требуется большая длина кабеля, то можно использовать до двух повторителей, что обеспечит надежное соединение при суммарной протяжённости линий связи до 300 м. При этом необходимо учитывать, что каждый сегмент требует отдельного источника электропитания.

Для сетевых устройств должны использоваться только специальные источники, предназначенные для работы с AS-интерфейсом.

В связи со специальными требованиями к линии передачи информации (одновременная передача информации и электропитания для датчиков и исполнительных механизмов, использование неэкранированного кабеля и минимизация полосы частот) потребовалось разработать новый метод модуляции для AS-интерфейса.

Этот метод модуляции для последовательной передачи данных получил название Alternating Puls Modulation (APM, рис. 2.3).

Последовательность передаваемых битов сначала перекодируется в такую последовательность, в которой каждое изменение передаваемого сигнала приводит к фазовой инверсии (кодирование Манчестера).

При этом происходит формирование тока передачи, который в линии AS-интерфейса благодаря имеющейся распределенной индуктивности создает дифференциальные уровни напряжения. Каждое увеличение тока передачи ведет к появлению отрицательного, а понижение — положительного импульса напряжения. На приёмной стороне AS-интерфейса эти сигналы напряжений детектируются и преобразуются в последовательность битов, соответствующую исходной.

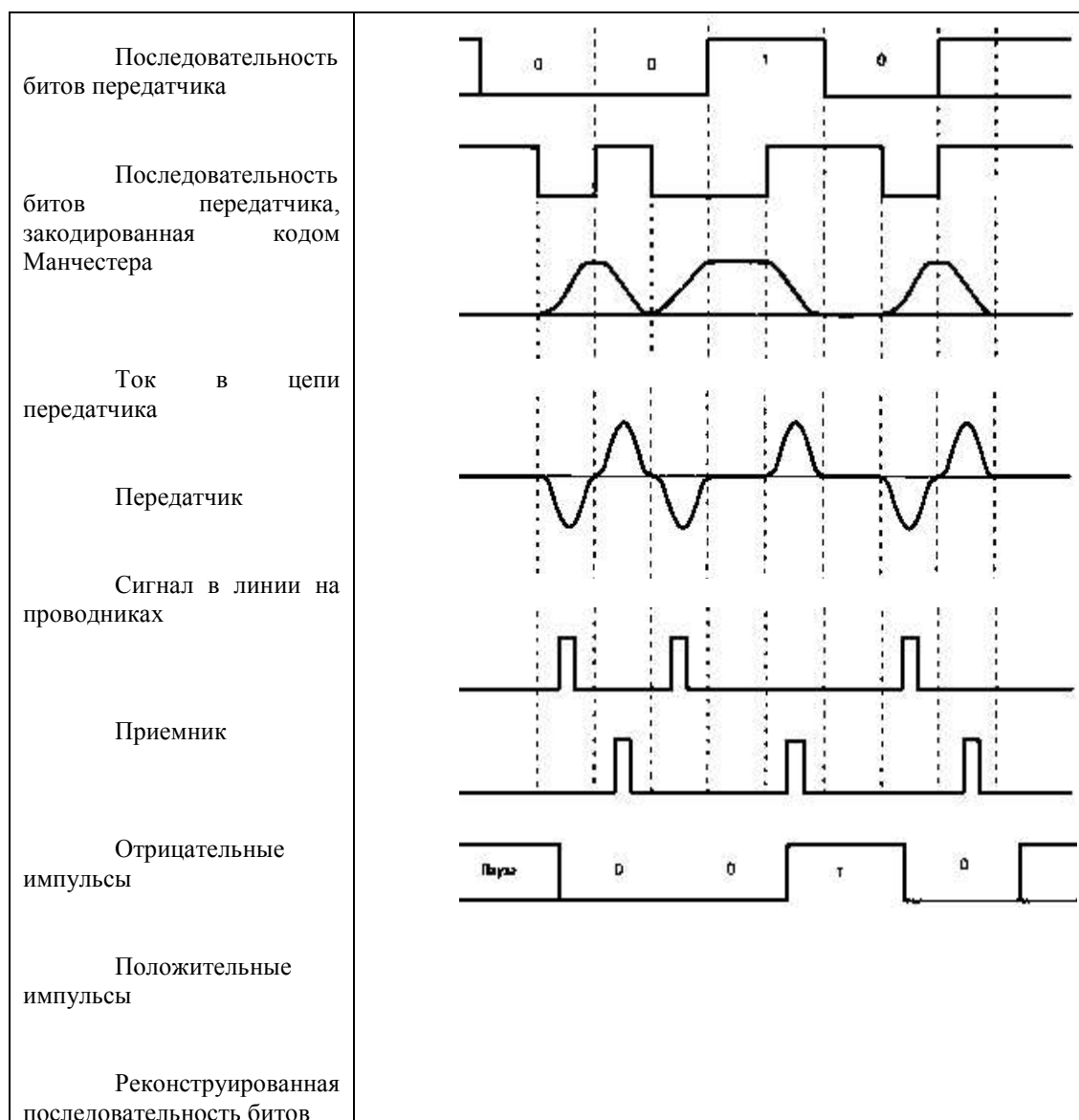


Рис. 2.3. Альтернативная импульсная модуляция

Большое значение для безошибочной передачи данных по неэкранированным и неперевитым проводам AS-интерфейса имеет надежное распознавание ошибок, которое предусмотрено в процессе приема информации.

Протокол AS-интерфейса (рис. 2.4) состоит из запроса ведущего устройства, паузы ведущего устройства, ответа ведомого устройства и, соответственно, паузы ведомого устройства.

Условные обозначения: ST — стартовый бит; SB — управляющий бит; A4...A0 — адрес ведомого устройства; I4...I0 — информационная часть (данные) от ведущего устройства к ведомому и от ведомого к ведущему; PB — бит паритета; EB — признак конца телеграммы

(конечный бит).



Рис. 2.4. Структура протокола AS-интерфейса

В основе безопасности передачи данных по AS-интерфейсу лежит, прежде всего, обмен очень короткими кадрами: запрос ведущего устройства содержит 11 информационных битов, а ответ ведомого устройства — 4 бита.

Для контроля целостности данных используется контрольная сумма (CRC).

Достаточная избыточность кода и знание фиксированных длин кадров позволяют распознавать:

- ошибки стартового или конечного бита, бита паритета, кода Манчестера, а также выход за пределы времени передачи (time-out) и задержки времени паузы;
- задержку модуляции;
- нарушение длины кадров.

С помощью всех названных механизмов для AS-интерфейса достигается высокий показатель Хэмминга $H_{Deff} = 3$, который характеризует устойчивость кода к помехам и оценивается по формуле $HD = e+1$ (e — число достоверно обнаруживаемых ошибок).

На рис. 2.5 схематически показано подключение источника питания к двухпроводной симметричной линии передачи данных. Источник питания имеет выходное напряжение 29.5...31.6 В постоянного тока и выполнен в соответствии с международными стандартами безопасности ИЕС для цепей сверхнизкого напряжения (система изоляции PELV — protective extralow voltage). Рабочий ток источника от 0 до 2,2 А или до 8 А. Источник должен быть оснащен защитами от длительного короткого замыкания и перегрузок.

Схема связи с линией передачи данных, выполненная по рациональному способу в одном корпусе с источником питания, состоит из двух индуктивностей, каждая по 50 мкГн, и двух параллельно включенных сопротивлений по 39 Ом. RL-цепочки служат для того, чтобы токовые импульсы, которые производит передатчик AS-интерфейса, посредством дифференцирования были преобразованы в импульсы напряжения.

AS-интерфейс представляет собой симметричную незаземленную систему (рис. 2.5).

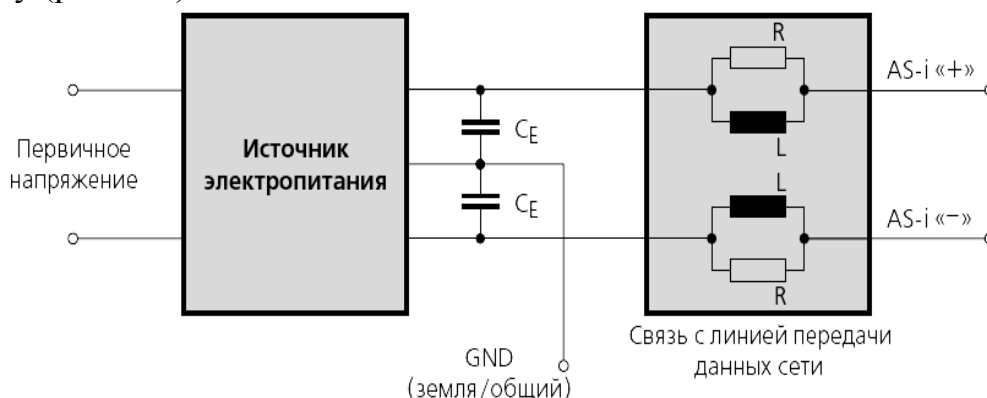


Рис. 2.5. Схема соединения линии с источником питания в AS-интерфейсе

Вопросы для самопроверки

1. Назначение сети и методы подключения.
2. Как осуществляется обслуживание устройств сети?
3. Какие используются топологии в сети?
4. Как осуществляется последовательная передача данных и ее контроль?
5. Объяснить схему питания сети.

2.2.2. InstaBus EIB

Шина Instabus EIB представляет собой децентрализованную систему событийного управления с последовательной передачей данных управления, контроля и сигнализации эксплуатационно-технических функций (рис. 2.6) .

Подключенные к шине абоненты могут обмениваться информацией через общий канал передачи, шину. Передача данных происходит последовательно по точно установленным правилам (протоколу шины).

При этом подлежащая передаче информация упаковывается в телеграмму и транспортируется по шине от датчика (сенсора) (отправителя команд) к одному или нескольким исполнительным механизмам (акторам) (получателям команд).

При успешной передаче каждый приемник квитирует получение телеграммы. При отсутствии квитирования передача повторяется до трех раз. Если и после этого квитирование телеграммы отсутствует, процесс передачи прерывается и в запоминающем устройстве отправителя отмечается отказ.

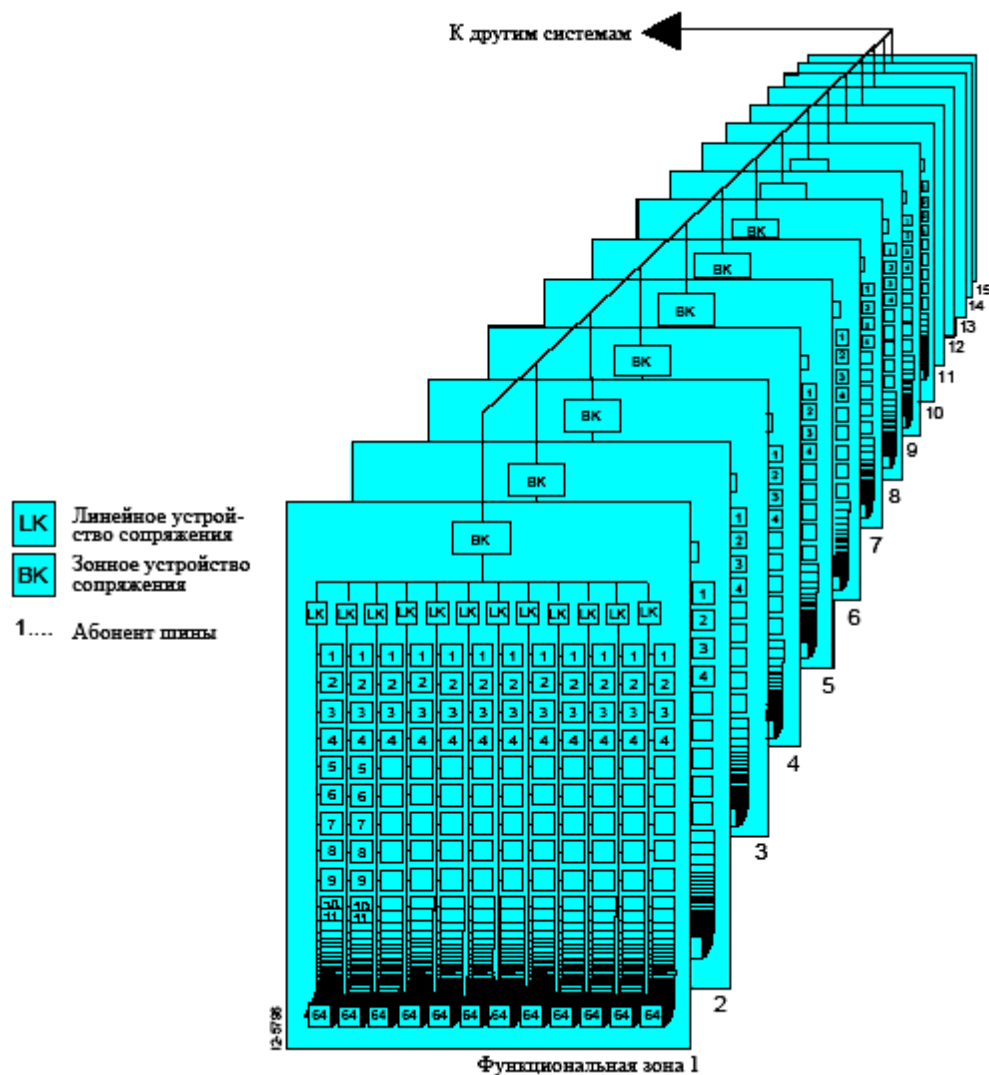


Рис. 2.6. Топология сети InstaBus EIB

Передачи в шине instabus EIB гальванически не разделены, поскольку питание (DC 24 В) абонентов шины подается по ней же. Телеграммы модулируются на этом напряжении постоянного тока, причем логический нуль пересылается в виде импульса. Отсутствие импульса интерпретируется как логическая единица.

Отдельные данные телеграммы пересылаются асинхронно. Тем не менее, пересылка синхронизируется старт и стоп-битами.

К наименьшей единице системы instabus EIB – линии (рис 2.6), могут подключаться и работать до 64 совместимых с шиной устройств (абонентов). Линейными устройствами сопряжения, подключаемыми к так называемой главной линии, могут объединяться в одну зону до 12 линий.

Через зонные устройства сопряжения, подключаемые к так называемой зонной линии, 15 зон могут быть объединены в более крупный

блок. К зонной линии (Gateways) подключаются интерфейсы внешних систем (SICLIMAT X, ISDN и т. п.) или других систем EIB.

Хотя в один блок может быть объединено до 12.000 абонентов, ясная логика системы сохраняется. При работе не возникает никакого информационного хаоса, поскольку телеграмма проходит через интерфейс к другим линиям и функциональным зонам только в том случае, если там под групповым адресом должен быть вызван абонент. При этом линейные и зонные устройства сопряжения выполняют необходимые функции фильтрации.

Физические адреса ориентированы на такую топологическую структуру: каждый абонент может быть однозначно идентифицирован указанием зонного, линейного и абонентского номера.

Для присвоения абоненту эксплуатационно-технических функций групповые адреса разделяются на основные группы и подгруппы.

При проектировании групповые адреса различных механизмов могут быть разделены на 14 основных групп. Каждая основная группа может в соответствии с точкой зрения пользователя содержать до 2048 подгрупп. Групповые адреса присваиваются абонентам независимо от их физических адресов. Благодаря этому каждый абонент может связываться с любым другим абонентом.

Каждая линия в такой топологии требует свой собственный блок питания для абонентов. Этим обеспечивается работоспособность остальной системы instabus EIB даже при выходе из строя одной линии.

Блок питания снабжает отдельных абонентов линии напряжением SELV (безопасным сверхнизким напряжением) DC 24 В и способен в зависимости от исполнения нести нагрузку 320 мА или 640 мА. Он имеет ограничение, как по напряжению, так и по току и поэтому устойчив при коротком замыкании. Кратковременные перерывы напряжения сети перекрываются на время до 100 мс.

Нагрузка шины зависит от характера подключенных к ней абонентов. Абоненты сохраняют работоспособность при минимальном напряжении DC 21 В и обычно потребляют от шины 150 мВт, при дополнительном потреблении конечными устройствами (напр., светодиодами) — до 200 мВт. Если более 30 абонентов установлены на коротком участке линии (напр., в распредустройстве), блок питания должен размещаться вблизи от них.

Для одной линии допустимо максимально 2 блока питания. Между обоими блоками питания должно соблюдаться минимальное расстояние 200 м (длина линии).

При повышенном потреблении к шине instabus EIB может подключаться параллельно и 2 блока через общий дроссель. Допустимая

токовая нагрузка линии повышается при этом на 500 мА.

Доступ к шине как к общему физическому средству связи для асинхронной пересылки должен быть однозначно урегулирован. В шине instabus EIB для этого применяется метод CSMA/CA, речь идет о методе, гарантирующем случайный, бесколлизийный доступ к шине без снижения при этом ее пропускной способности.

Все абоненты шины слушают одновременно, но реагируют только исполнительные механизмы (акторы), вызванные своим адресом. Если абонент хочет начать пересылку, он должен прослушать шину и дождаться момента, когда не будет передачи любого другого абонента (Carrier Sense). Если шина свободна, то, в принципе, любой абонент может приступить к передаче (Multiple Access) Если два абонента одновременно начинают передачу, то на шину без задержки выходит абонент, обладающий более высоким приоритетом (Collision Avoidance), при этом другой абонент уступает, и процесс передачи повторяется в более позднее время. Если оба абонента имеют одинаковый приоритет, то проходит тот, который обладает меньшим физическим адресом.

В табл. 2.2 приведены технические данные для шины instabus EIB.

Таблица 2.2

Технические данные instabus EIB

Провод шины Тип провода	УСЧМ 2 х 2 х 0,8 мм ² пара жил (красная, черная) для пересылки сигналов и подачи питания, пара жил (желтая, белая) для дополнительного использования (SELV или язык)
Прокладка провода	скрытая, поверхностная, открытая
Протяженность проводов линии (диаметр жил: 0,8 мм) м —между двумя абонентами шины, м —между абонентом шины и блоком питания (320 мА)/дросселем м —между блоком питания (320 мА) и дросселем	макс. 1 000 (включая все ответвления) макс. 700 макс. 350 должны монтироваться рядом друг с другом
Топология Абоненты шины Число зон макс. Число линий на каждую зону макс. Число абонентов на каждую линию макс.	линейная, радиальная или древовидная структура 15 12 64

Продолжение табл.2.2	
Провод шины Тип провода	УСЧМ 2 х 2 х 0,8 мм ² пара жил (красная, черная) для пересылки сигналов и подачи питания, пара жил (желтая, белая) для дополнительного использования (SELV или язык)
Блоки питания Системное напряжение Блоков питания на каждую линию Блоков питания на линию при повышенном потреблении макс.	DC 24 В (безопасное сверхнизкое напряжение SELV) 1 блок питания (320 мА) и 1 дроссель или 1 блок питания с встроенным дросселем (640 мА) 2 блока питания на расстоянии мин. 200 м
Передача Техника передачи Скорость передачи	децентрализованная, событийная, последовательная, симметричная 9 600 бит/с

Также в сети возможен обмен информацией через обыкновенную силовую проводку 220В. Такой обмен информацией между компонентами по силовой линии выгодно отличается от передачи по отдельной ТР-линии отсутствием дополнительных затрат на проводку этой самой витой пары (ТР). При условии соответствия имеющейся силовой проводки международным и национальным стандартам, становится возможным размещение элементов ЕІВ в здании (помещении) без переделки имеющихся коммуникаций. В то же время, РL-передача имеет ряд серьезных недостатков: большая, по сравнению с ТР стоимость компонентов, низкая скорость передачи данных, низкая помехозащищенность.

Стандарт передачи данных по силовой линии в ЕІВ получил название РL110 (по используемому частотному диапазону). Основные характеристики РL110:

- модуляция сигнала - частотное манипулирование
- асинхронная передача данных
- синхронизация с основной частотой
- полудуплексная связь

Топология линии связи РL, разумеется, определяется разводкой силовой линии. Силовая линия должна, в первую очередь, соответствовать национальным стандартам. Сеть может быть 2-х или 3-х фазной, напряжение между фазой и нейтралью (по этой цепи идет сигнал) - 230 вольт. Основные характеристики РL110 сведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Основные характеристики PL110

Характеристика	Значение
Среда передачи данных	Силовая проводка
Топология	"Как есть" - звезда, дерево, комбинированная
Скорость передачи	1200 bps
Частота в сети	50 Гц
Максимальное число логических адресов	255
Максимальное число физических адресов	32767
Тип модуляции	частотная манипуляция
Частота для логического нуля	105,6 кГц
Частота для логической единицы	115,2 кГц
Длительность импульса	833.33 мкс
Максимальная выходная мощность	116 дБмкВ
Чувствительность на входе	60 дБмкВ
Стандарт	EN 50065-1:1991
Класс устройства по стандарту	116

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой шина и как передается информация?
2. Как осуществляется асинхронная передача телеграмм?
3. Объяснить метод доступа к шине.
4. Как осуществляется обмен информацией через силовую проводку?

2.2.3. Foundation Field Bus H1 и H2

Эта сеть родилась в результате сотрудничества двух ассоциаций – ISP и WorldFIP, которые до 1993 года пытались самостоятельно создать универсальную промышленную сеть. В 1994 году появилась ассоциация Fieldbus Foundation, продвигающая на рынке и обеспечивающая поддержку сети Foundation Filedbus (FF). После многолетних безуспешных попыток разработать универсальную промышленную сеть, предпринятых ведущими комитетами по стандартизации IEC и ISA, ассоциация Fieldbus Foundation пришла к синтезированному решению с использованием наработок из разных источников под общим названием Foundation Fieldbus. Итак, FF сегодня - это:

- физический уровень H1 FF (медленный), обеспечивающий рабочую скорость 31,25 Кбит/с. Эта реализация физического уровня основана на модифицированной версии стандарта IEC 1158-2 и предназначена для объединения устройств, функционирующих во взрывоопасных газовых средах;
- физический уровень H2 FF (быстрый), обеспечивающий рабочую скорость до 1Мбит/с и также основанный на стандарте IEC 1158-2;

- сетевой уровень, использующий элементы проекта IEC/ISA SP50 универсальной промышленной сети;
- прикладной уровень, включающий элементы из проекта ISP/Profibus.

Основная область применения этой сети - самый нижний уровень распределенной системы автоматизации с обвязкой устройств, работающих во взрывоопасных средах и использующих сеть, как для информационного обмена, так и для собственной запитки.

У протоколов FF и Profibus-PA много общего и именно поэтому со стороны европейской ассоциации по стандартизации CENELEC сделано предложение о включении FF в стандарт EuroNorm 50170 в качестве самостоятельной его части.

Две особенности выделяют Foundation Fieldbus среди других ЦПС. Во-первых, был разработан специальный язык описания оконечных устройств (Device Description Language), использование которого позволяет подключать новые узлы к сети по широко применяемой в обычных IBM PC совместимых компьютерах технологии plug-and-play. Достаточно физически подключить новое устройство, и оно тут же самоопределится на основании заложенного описания DD (Device Description), после чего все функциональные возможности нового узла становятся доступными в сети. При конфигурировании инженеру достаточно соединить входы и выходы имеющихся в его распоряжении функциональных блоков, чтобы реализовать требуемый алгоритм. Пользователям доступны как типовые DD для стандартных устройств (клапанов, датчиков температуры и т.д.), так и возможность описания нестандартных изделий. Во-вторых, в отличие от других промышленных сетей, Foundation Fieldbus ориентирована на обеспечение одноранговой связи между узлами без центрального ведущего устройства. Этот подход даёт возможность реализовать системы управления, распределенные не только физически, но и логически, что во многих случаях позволяет повысить надежность и живучесть

В Foundation Fieldbus реализованы самые сложные технологии обмена информацией: подписка на данные, режим «клиент-сервер», синхронизация распределенного процесса и т.д.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой физический уровень H1 и H2?
2. Область применения и особенности FF.

2.2.4. HART

Стандарт для передачи аналоговых сигналов значениями тока в

диапазоне 4-20 мА известен уже несколько десятков лет и широко используется при создании систем АСУ ТП, в химической промышленности, теплоэнергетике, в пищевой и многих других отраслях промышленности. Традиционно для измерения различных физических величин (давления, объема, температуры и т.д.) предлагается множество приборов с токовым выходом 4-20 мА. Достоинством данного стандарта является простота его реализации, массовое использование в приборах и возможность помехоустойчивой передачи аналогового сигнала на относительно большие расстояния. Однако при создании нового поколения интеллектуальных приборов и датчиков потребовалось наряду с передачей аналоговой информации передавать и цифровые данные, соответствующие их новым расширенным функциональным возможностям.

В середине 80-х годов американская компания Rosemount разработала протокол Highway Addressable Remote Transducer (HART). В начале 90-х годов протокол был дополнен и стал открытым коммуникационным стандартом. Вначале он был нормирован только для применения в режиме соединения «точка-точка», затем появилась возможность применять протокол в режиме многоточечного соединения («multidrop»).

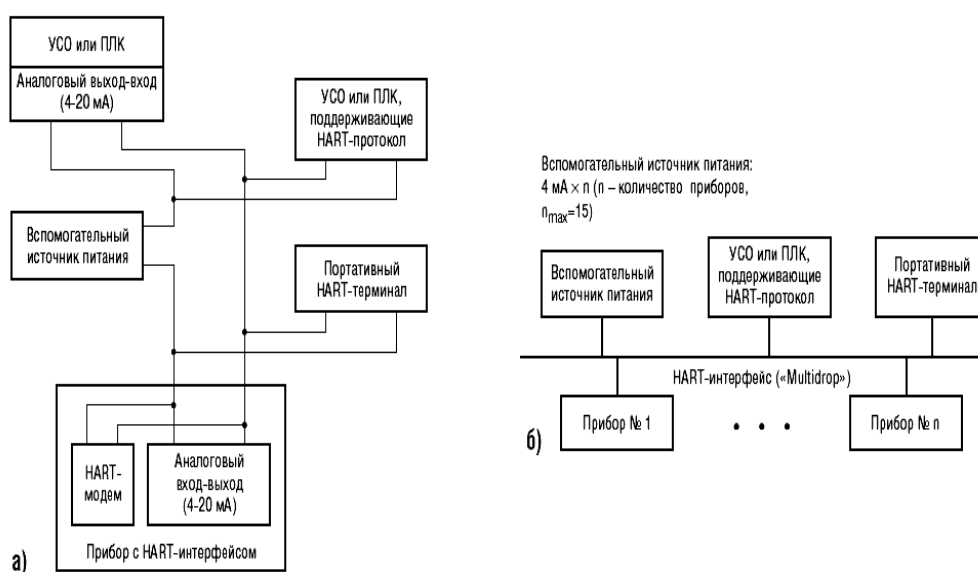


Рис. 2.7. Топология сети согласно спецификации протокола HART

HART-протокол используется в двух режимах подключения. В большинстве случаев применяется соединение «точка-точка» (рис. 2.7а), то есть непосредственное соединение прибора низовой автоматики (преобразователя информации, датчика, исполнительного устройства и т.п.) и не более чем двух ведущих устройств. В качестве первичного

ведущего устройства, как правило, используется устройство связи с объектом (УСО) или программируемый логический контроллер, а в качестве вторичного — портативный HART-терминал или отладочный ПК с соответствующим модемом. При этом аналоговый токовый сигнал передается от ведомого прибора к соответствующему ведущему устройству. Цифровые сигналы могут приниматься или передаваться как от ведущего, так и от ведомого устройства. Так как цифровой сигнал наложен на аналоговый, процесс передачи аналогового сигнала происходит без прерывания.

В многоточечном режиме (рис. 2.7б) до 15 ведомых устройств (slave) могут соединяться параллельно двухпроводной линией с теми же двумя ведущими устройствами (master). При этом по линии осуществляется только цифровая связь. Сигнал постоянного тока 4 мА обеспечивает вспомогательное питание ведомых приборов по сигнальным линиям.

HART-протокол основан на методе передачи данных с помощью частотной модуляции (Frequency Shift Keying, FSK), в соответствии с широко распространенным коммуникационным стандартом Bell 202. Цифровая информация передается частотами 1200 Гц (логическая 1) и 2200 Гц (логический 0), которые накладываются на аналоговый токовый сигнал (рис. 2.8).

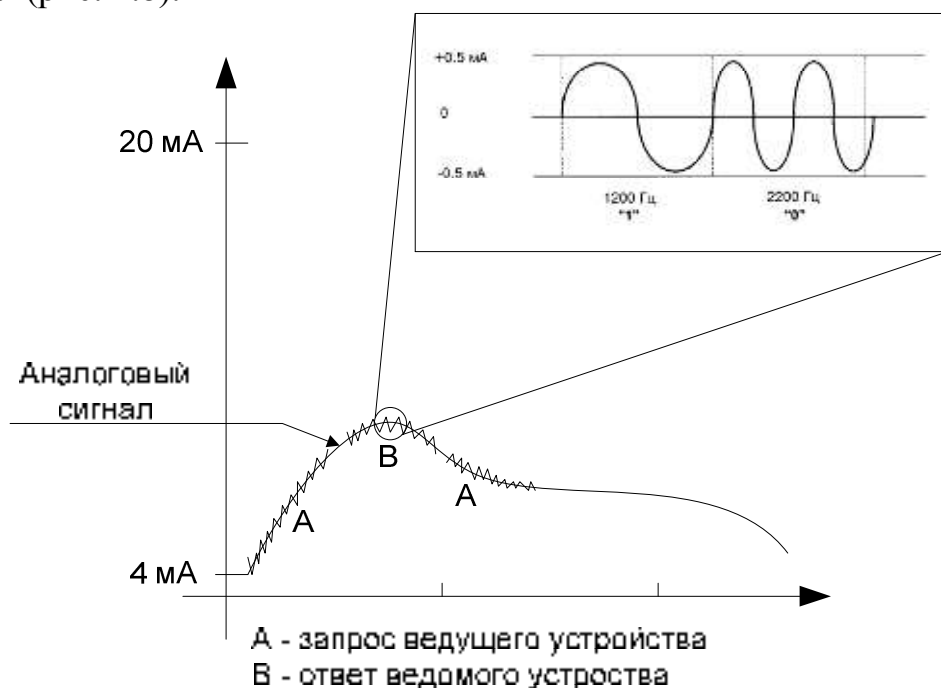


Рис. 2.8. Модуляция сигнала в HART-протоколе

Частотно-модулированный сигнал является двухполярным и при применении соответствующей фильтрации не влияет на основной аналоговый сигнал 4-20 мА. Скорость передачи данных для HART

составляет 1,2 кбит/с. Каждый HART-компонент требует для цифровой передачи соответствующего модема.

Благодаря наличию двух ведущих устройств каждое из них может быть готово к передаче через 270 мс (время ожидания). Цикл обновления данных повторяется 2-3 раза в секунду в режиме запрос/ответ и 3-4 раза в секунду в пакетном режиме. Несмотря на относительно большую длительность цикла, в большинстве случаев он является достаточным для управления непрерывными процессами.

Вопросы для самопроверки

1. В каких режимах используется протокол?
2. Какой метод используется для передачи данных?

2.2.5. InterBus (InterBus Loop)

Interbus использует процедуру доступа к шине по схеме ведущий/ведомый (Master/Slave). При этом шинный Мастер обеспечивает одновременный интерфейс к высокоуровневой управляющей системе и выполняет функции управления шиной. Топология Interbus это физическое и логическое кольцо, у которого физический уровень построен на основе стандарта RS485. Это дифференциальный интерфейс, использующий витую пару для информационных передач. Для реализации кольца Interbus-кабель использует две витые пары (для дуплексного режима) плюс дополнительный провод для передачи сигнала логическая земля. Такая физическая структура позволяет организовать сеть, работающую на скорости 500 кбит/с на расстоянии 400 м между двумя соседними узлами сети. Включенная в каждое сетевое устройство функция повторителя сигнала позволяет расширить систему до 13 км. Общее число устройств сети ограничено 512 узлов.

На базе основного кольца с использованием так называемых терминальных модулей возможна организация дополнительных кольцевых сегментов (Interbus Loop). Идея этого способа интеграции устройств, выходящих непосредственно на датчики (цифровые и аналоговые преобразователи сигналов), состоит в их определенной изоляции в рамках отдельной физической петли, имеющей свои характеристики и интегрируемой с общей сетью через устройства, называемые шинными терминалами (terminal module).

Шинный терминал преобразует вольтовые сигналы общей шины в токовые сигналы (Манчестер-код) локальной шины. Реализация физического уровня локальной шины имеет хороший иммунитет к электромагнитным шумам. Шина организуется на основе использования

обычного двухпроводного неэкранированного кабеля с возможностью запитки через него модулей ввода/вывода (24 В). В сумме на одну петлю локальной шины можно подключить до 64 устройств, которые могут находиться на расстоянии до 20 метров друг от друга с общей длиной кольца до 200 м. (спецификация InterBus'99)

В табл. 2.4 представлены параметры InterBus Loop сети.

Таблица 2.4

Технические характеристики InterBus Loop сети

Системные параметры	Уровень Расширения	
	Loop 1	Loop 2 (99)
Количество устройств на сегмент InterBus Loop	максимально 63, типично.32	
Суммарная длина кабельной линии	100 м	200 м
Максимальная длина кабеля между двумя устройствами	10 м	20 м
Максимальный ток в сегменте	1.5А	1.8 А
Максимальный ток, потребляемый одним устройством	50 мА	50 мА
Напряжение в цепи	24 В	24 В

Вопросы для самопроверки

1. Процедура доступа к шине и топология шины.
2. В чем заключается способ интеграции с низовыми устройствами?

2.2.6. LonWorks (с транзиттерами LPT)

Шина LON (Local Operating Network) первоначально разрабатывалась компаниями Echelon, Motorola и Toshiba для интеллектуальных систем автоматизации зданий. Однако сейчас она используется также и в промышленных системах автоматизации и контроля. Шина LON предназначена для поддержки распределенного интеллекта. Каждый "нейрон" (узловая микросхема) этой сети содержит по 3 микропроцессора, один из которых специально выделен для поддержания коммуникационного протокола LonTalk с довольно большими вычислительными издержками. Для облегчения такой вычислительной нагрузки к одному "нейрону" может быть подключено несколько более простых устройств. На базе 48-разрядных идентификаторов возможно построение сетей LON с числом узлов более 32000.

Для построения управляющей сети используются контроллеры на базе микросхем разработанных Echelon Corp. и специально предназначенных для использования в LonWorks. В настоящее время их производством занимается Toshiba. Если взглянуть на структурную схему, то видно, что каждый из них состоит из трех микропроцессоров с общим АЛУ и памятью, а также из портов в/в и сетевого интерфейса. Также в комплект оборудования входят приемо-передатчики (трансивер) различных типов как разработанные специально для использования совместно с NeuronChip, например FTT-10A, LPT-10, так и универсальные, например RS485.

В табл. 2.5 приведены основные типы интерфейсов, используемые LON контроллерами.

Таблица 2.5

Типы интерфейсов, используемые LON контроллерами

Тип приемо-передатчика	Вид физического канала	Скорость
EIA-485	Экранированная витая пара	от 300 бод до 1.25 Мбод
FTT-10A LPT-10	Витая пара свободной или шинной топологии	78 кбод
TPT/XF-78 TPT/XF-1250	Витая пара с трансформаторной развязкой	78 кбод, 1.25 Мбод
PLT-30	Силовая линия	2 кбод
PLT-21	Силовая линия	5 кбод
PLT-22	Силовая линия	5 кбод
PLT-10A	Силовая линия	10 кбод

Как видно из таблицы для линий электропитания 24/120/220/380/480 В переменного (50/60/400 Гц) и постоянного тока разработано несколько трансиверов (PLT), выполненных в виде микросхем и микросборок.

В табл. 2.6 представлены более подробно характеристики трансиверов типа PLT.

Таблица 2.6

Технические характеристики трансиверов типа PLT

Наименование	Назначение	Тип модуляции	Полоса частот, кГц	Скорость передачи, кбод/с
PLT- 10A	Трансивер	SST	100 - 450	10
PLT-21	Трансивер	BPSK	125 - 140	5
PLT-30	Трансивер	SST	9 - 95	2
PLT-22	Трансивер двухчастотный	BPSK	115, 132	5

Вопросы для самопроверки

1. Из каких элементов состоит шина?
2. Как построена управляющая сеть?

2.2.7. Profibus PA

PROFIBUS-PA применяет расширенный PROFIBUS-DP-протокол передачи данных. Техника передачи согласно IEC 1158-2 обеспечивает надежность и питание полевых приборов через шину. Приборы PROFIBUS-PA могут благодаря применению специальных устройств (PROFIBUS-PA-Links) в простейшем случае интегрироваться в PROFIBUS-DP-сеть.

В PROFIBUS-PA используется передающая техника по IEC 1158-2.

Технология передачи предоставляет взрывозащищенность и питание устройств через шину. Она базируется на следующих основных принципах:

- у каждого сегмента только один источник питания;
- при передаче данных, питания не происходит;
- пассивная терминация линии с обоих концов основной шины и т.д.

Характеристика технологии передачи данных показана в табл.2.7.

Таблица 2.7

Характеристика технологии передачи данных

Передача данных	Цифровая, бит синхронизации, манчестерский код
Скорость передачи	31.25 кбит/сек
Безопасность данных	Предусмотрен анализ ошибок
Кабель	Двухжильная витая пара
Удаленное питание	Через линии данных
Взрывозащита	Может быть как с ней так и без
Топология	Линия, дерево, комбинация
Количество станций	До 32 на сегмент, макс. 126
Повторителя	До 4

С помощью PROFIBUS-PA могут быть реализованы отдельные структуры: линейные, древовидные, звездообразные, а также их комбинации.

Количество шинных сегментов, занятых участниками шины зависит

от установленных источников питания, тока, потребляемого участниками, типа кабеля и экрана шинной системы. На шинную систему можно подключить до 32 участников. Чтобы повысить надежность системы, можно сделать сегмент резервированным. Подключение шинных сегментов PA к сегменту PROFIBUS-DP осуществляется с помощью сегментных разветвителей - DP/PA-Copler (рис. 2.9) или сегментных соединителей - DP/PA-Link.

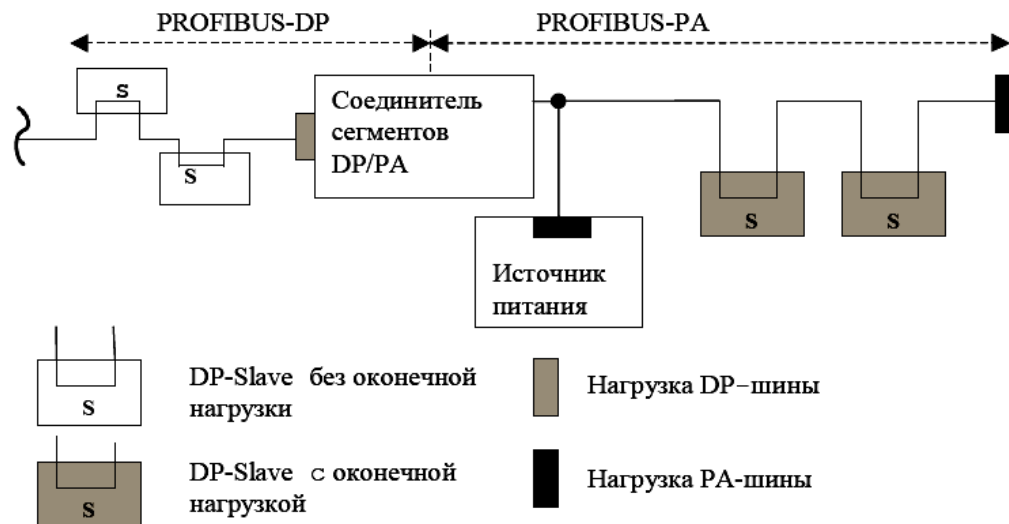


Рис. 2.9. Конфигурация шины с соединителем сегментов DP/PA

Технология передачи PROFIBUS-PA предназначена для взрывоопасных помещений с обеспечением внутренней безопасности и поэтому работает, используя синхронный, низкоэнергетический метод передачи. Во взрывоопасных помещениях с обеспечением внутренней безопасности на одном сегменте PROFIBUS-PA могут работать до десяти абонентов, при условии, что общее потребление тока никогда не превышает 100 мА. В помещениях, не требующих обеспечения внутренней безопасности, на одном сегменте PROFIBUS-PA могут работать до 30 абонентов. Используемая скорость передачи равна тогда 31,25 Кбит/с.

Вопросы для самопроверки

1. Технология передачи данных через шину.
2. Где рекомендуется использовать шину?

2.2.8. WorldFIP

WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol) был разработан на основе французского стандарта, известного как NFC46-600 или FIP. Это продукт консорциума компаний, производящих полевые устройства, в

которых используется система сообщений. Протокол WorldFIP удовлетворяет требованиям реального времени. Главными членами консорциума являются: Honeywell, Baily Controls, Cegelec, Allen Bradley, Telemecanique, Electricity de France, Elf.

Протокол построен на гибридном (централизованном-децентрализованном) доступе к шине и для передачи данных использует режим широкого вещания (broadcast). Контроль ведется со стороны центрального узла сети, называемого “Арбитром”. Основной поток данных организован как набор отдельных переменных, каждая из которых идентифицирована своим именем. Любая переменная, обработанная в одном узле-передатчике, может быть прочитана всеми узлами-приемниками одновременно. Режим широкого вещания избавляет от процесса присваивания каждому устройству уникального сетевого адреса.

Функции управления процессом могут быть распределены между различными устройствами на шине. Это возможно, так как все “приемники” одновременно принимают одинаковые переменные, а обновление данных и их передача подчиняются строгому контролю.

Один из физических уровней WorldFIP также основан на IEC 1158-2.

Вопросы для самопроверки

1. На каком принципе построен доступ к шине?

2.2.9. Технология передачи по IEC 1158-2

Технология передачи ориентированная на нужды химической промышленности. Предоставляет взрывозащищенность и питание устройств через шину. Она базируется на следующих основных принципах:

- у каждого сегмента только один источник питания
- при передаче данных, питания не происходит
- пассивная терминация линии с обоих концов основной шины и т.д.

Для передачи данных используется бит-синхронизированный, с манчестерским кодом протокол передачи без постоянной составляющей (обозначается также как H1). При передаче данных с помощью манчестерского кода бинарный «0» передается как смена фронта с 0 на 1, а бинарная «1» как смена фронта с 1 на 0. Данные передаются с помощью модуляции $\pm 9\text{mA}$ основного тока шинной системы I_b (рис. 2.10).

Скорость передачи составляет 31,25 кбит/с. В качестве среды передачи используется витой экранированный или неэкранированный провод. Шина, как это видно из рис. 2.11, состоит из сегментов, к которым подключены участники, сегменты замкнуты на RC-цепочки

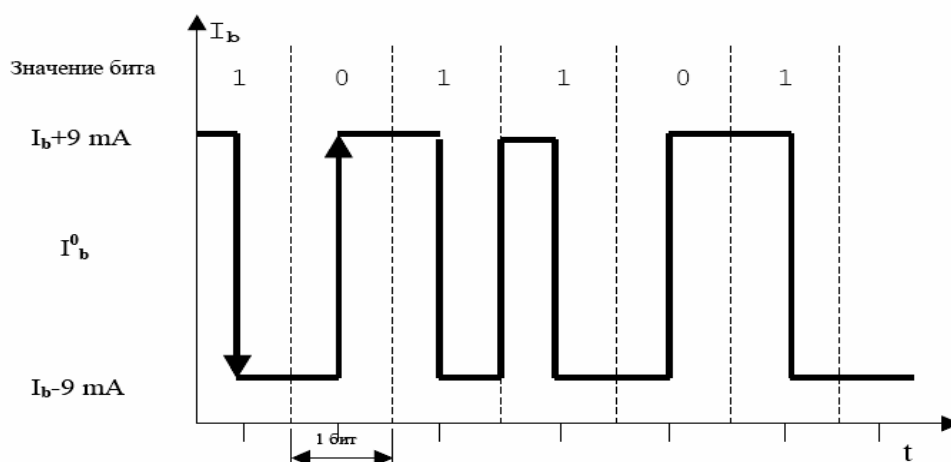


Рис.2.10. Передача данных IEC 1158-2 с помощью модуляции тока (Манчестерский код II)

Максимальная длина сегмента сильно зависит от применяемого источника питания, типа провода и потребления тока подключенными участниками.

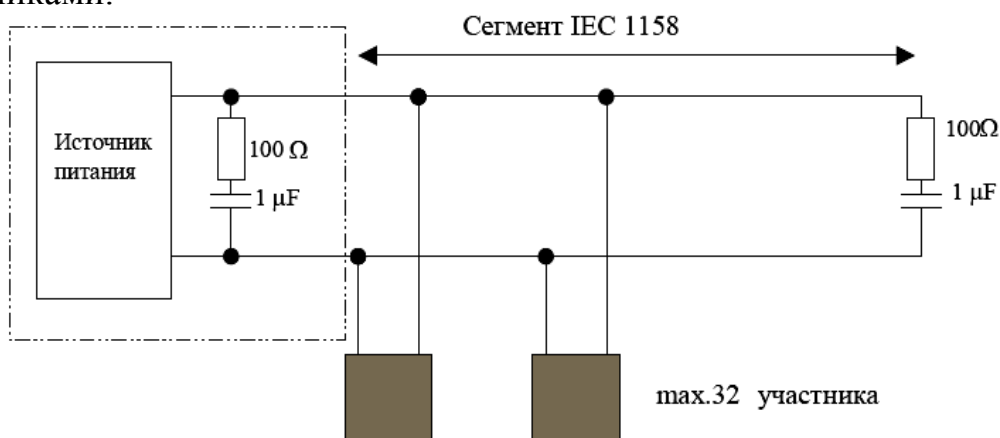


Рис. 2.11. Структура шинного сегмента по IEC 1158-2

В табл. 2.8 представлены технические данные использования сети по IEC 1158-2.

Таблица 2.8

Технические данные сети согласно стандарту IEC 1158-2

Передача данных	Цифровая, бит синхронизации, манчестерский код
Скорость передачи	31.25 кбит/сек
Безопасность данных	Предусмотрен анализ ошибок
Кабель	Двухжильная витая пара
Удаленное питание	Через линии данных
Взрывозащита	Может быть как с ней так и без
Топология	Линия, дерево, комбинация
Количество станций	До 32 на сегмент, макс. 126
Повторители	До 4

В DIN 61158-2 предложены для применения стандартные кабели для IEC 1158-2 (PROFIBUS-PA), называемые типами A-D (таблица 2.9).

Таблица 2.9

Предлагаемые типы кабеля для IEC 1158-2

	Тип А (основной)	Тип В	Тип С	Тип D
Структура кабеля	Витой двухжильный экранированный	Одна или несколько витых пар экранированных	Несколько витых пар неэкранированных	Несколько невитых пар неэкранированных
Площадь сечения (номинальная)	0,8 мм ² (ABG18)	0,32 мм ² (ABG32)	0,13 мм ² (ABG26)	1,26 (ABG16)
Погонное сопротивл. (пост. ток)	44 Ом/км	112 Ом/км	264 Ом/км	40 Ом/км
Волновое сопротивлен. при 31,25 кГц	100 ± 20%	100 ± 30%		
Затухание при 39 кГц	3 Дб/км	5 Дб/км	8 Дб/км	8 Дб/км
Емкостное Рассогласование	2 пФ/км	2 пФ/км		
Групповое время запаздывания (7,9...39 кГц)	1,7 мс/км			
Степень экранирования	90%			
	Тип А (основной)	Тип В	Тип С	Тип D
Рекомендуемая длина сети, включая ¼ - волновые согласующие фильтры	1900 м	1200 м	400 м	200 м

Вопросы для самопроверки

1. Принцип передачи данных.
2. Типы кабеля применяемые для шины.

2.2.10. Передача данных по силовым линиям (PLC)

Передача данных по силовым линиям нашла широкое применение в сетях автоматизации зданий. Например, в сетях типа LONWorks, InstaBus

EIB возможен обмен информацией через обыкновенную силовую проводку 220В. Такой обмен информацией между компонентами по силовой линии выгодно отличается от передачи по отдельной ТР-линии отсутствием дополнительных затрат на проводку этой самой витой пары (ТР).

Некоторые стандарты сетей по электропроводке еще только развиваются (например, CEA R7.3), часть уже существует. Следует упомянуть технологию PowerPacket компании Intellon.

Технология Intellon PowerPacket послужила основой для стандарта HomePlug Powerline Alliance. Она использует модуляцию OFDM (ортогональное мультиплексирование с разделением частот) подобно DSL модемам. В нашей же ситуации доступный диапазон частот электрической проводки (от 4,3 МГц до 20,9 МГц) разбивается на 84 отдельных канала. Пакеты данных посылаются одновременно по различным несущим частотам, что дает как увеличение скорости, так и надежности. Таким образом, осуществляется подобная Ethernet связь по электрической проводке.

Последнее поколение технологии PowerPacket обеспечивает пропускную способность 14 Мбит/с, что находится на уровне телефонных и беспроводных сетей.

В табл. 2.10 приведены технические характеристики системы передачи.

Таблица 2.10

**Технические характеристики системы передачи через силовую сеть
Intellon PowerPacket**

Скорость передачи	до 14 Мбит
Номинальное расстояние передачи	200 м
Частота передачи	4.3 – 20.9 МГц
Модуляция	OFDM символьная модуляция DQPSK DBPSK ROBO carrier modulation

Технология PLC (Power Line Commuunications) делает возможным передачу данных по силовым электрическим кабелям. Помимо использования в области управления технологическими процессами, технологию можно будет использовать для подключения бытовых пользователей к Интернет и IP-телефонии.

Вопросы для самопроверки

1. Технология передачи данных.

2.2.11. Технология Power over Ethernet (PoE)

В 1999 г. в Институте инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) была создана группа разработчиков, перед которой стояла задача стандартизации применения технологии электропитания по сетям Ethernet. Сегодня Power-over-Ethernet является самой распространенной спецификацией для передачи данных в сетях. Рабочая группа под названием 802.3af (питание DTE через MDI) была подчинена специальной группе IEEE 802.3, отвечавшей в свое время за утверждение спецификации Ethernet. Проект документа IEEE 802.3 содержит подробную информацию о разработке электропитающих компонентов Ethernet.

Непрерывную работу оборудования обеспечивает источник бесперебойного питания (Uninterruptible Power Supply, UPS). До сих пор в подобных случаях каждый компонент обычно снабжался отдельным источником, а в качестве альтернативы устанавливалась сеть переменного тока. Технология Power-over-LAN позволяет параллельно с сетью передачи данных сформировать топологию «точка — много точек» для подачи электрического тока. Эта конфигурация позволяет ограничиться единственной централизованной системой бесперебойного питания для всех подключенных к сети компонентов.

Спецификация IEEE 802.3af предусматривает два основных компонента: устройства-источники энергии (Power Sourcing Equipment – PSE) и устройства-потребители энергии (Powered Devices – PD), которые являются нагрузкой. Топология системы – звезда, т. е. PD соединяются выделенным каналом с одним из портов PSE. Последние обеспечивают удаленную подачу напряжения, например от ИБП или от внешнего источника постоянного тока. Различают два типа PSE в зависимости от их локализации по отношению к каналу связи. Если источник питания совмещен с зависимым от среды передачи интерфейсом (MDI), другими словами – встроен в коммутатор, то его называют Endpoint PSE, если же он внешний, то говорят о Midspan PSE. В последнем случае к имеющемуся коммутатору подключается питающее устройство, а уже к нему – терминальные.

При подаче питания по свободным парам контакты 4 и 5 замыкаются и подключаются к положительному полюсу источника тока, а контакты 7 и 8 таким же образом – к отрицательному (рис. 4.12а). При использовании информационных пар токовое соединение происходит между центральными отводами обмоток соответствующих линейных трансформаторов в приемопередатчике (рис. 4.12б). При этом полярность контактов 3/6 и 1/2 может быть любой.

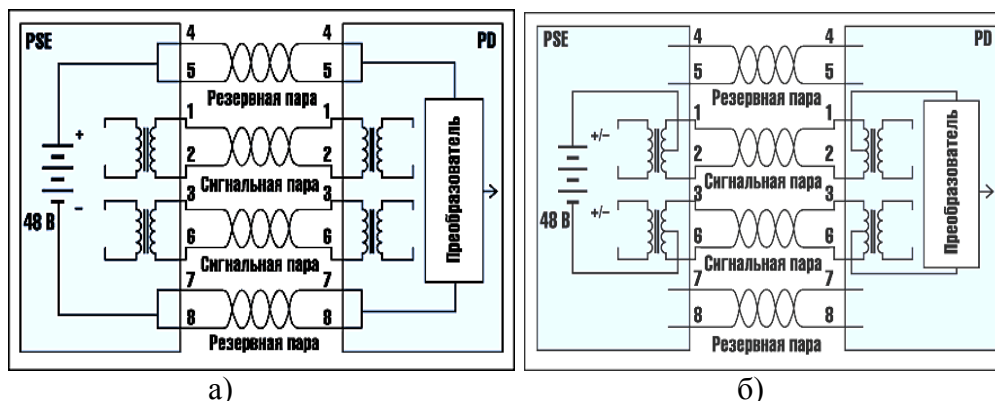


Рис. 2.12. Возможная разводка витых пар, при подаче питания по технологии PoE

Номинально подаваемое напряжение составляет 48 В при максимально допустимой потребляемой PD мощности 13 Вт. Это напряжение поступает на преобразователь постоянного тока, на выходе которого формируется требуемое значение для питания PD.

При интеграции PoE с традиционной сетью необходимы меры для предотвращения выхода из строя оборудования, не поддерживающего стандарт. В этом случае спецификация предусматривает процедуру распознавания (discovery process). Она позволяет определить, соответствуют ли оконечные устройства стандарту IEEE 802.3af без какой-либо их модификации. Для этого каждый порт PSE прикладывает к линии безопасное по величине напряжение, с помощью которого можно установить, является ли линия разомкнутой или нагруженной. Стандартом предписывается использовать в качестве нагрузки сопротивление 25 кОм. Напряжение 48 В подается на устройство только тогда, когда это сопротивление присутствует. При этом запрашиваемое устройство должно потреблять минимальный ток. Иначе, скажем, если оно отключено, напряжение 48 В снимается и процедура распознавания повторяется.

Вопросы для самопроверки

1. Компоненты и топология шины.
2. Как осуществляется диагностика шины?

2.2.12. Интерфейс RS-485

Интерфейс RS-485 (другое название - EIA/TIA-485) - один из наиболее распространенных стандартов физического уровня связи. Физический уровень - это канал связи и способ передачи сигнала (1 уровень модели взаимосвязи открытых систем OSI) [5].

Сеть, построенная на интерфейсе RS-485, представляет собой

приемопередатчики, соединенные при помощи витой пары – двух скрученных проводов. В основе интерфейса RS-485 лежит принцип дифференциальной (балансной) передачи данных (рис.4.13). Суть его заключается в передаче одного сигнала по двум проводам. Причем по одному проводу (условно А) идет оригинальный сигнал, а по другому (условно В) – его инверсная копия. Другими словами, если на одном проводе "1", то на другом "0" и наоборот. Таким образом, между двумя проводами витой пары всегда есть разность потенциалов: при "1" она положительна, при "0" - отрицательна.

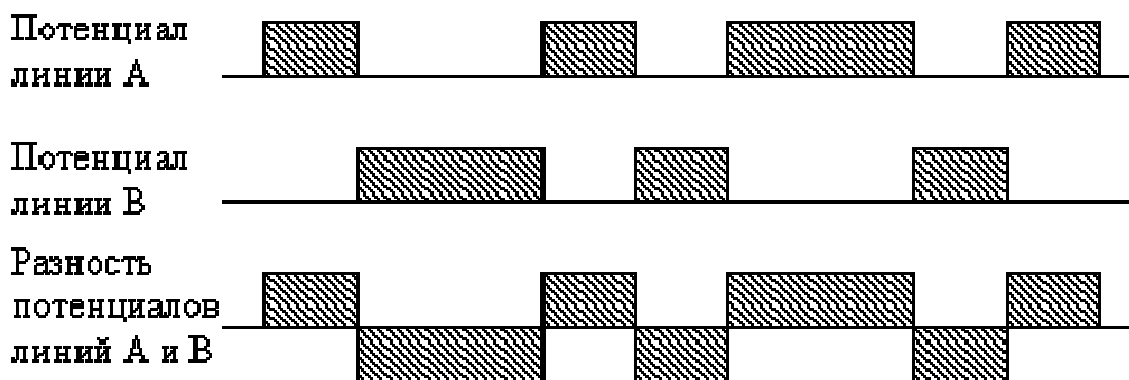


Рис. 2.13. Принцип дифференциальной передачи данных

Именно этой разностью потенциалов и передается сигнал. Такой способ передачи обеспечивает высокую устойчивость к синфазной помехе. Синфазной называют помеху, действующую на оба провода линии одинаково. К примеру, электромагнитная волна, проходя через участок линии связи, наводит в обоих проводах потенциал. Если сигнал передается потенциалом в одном проводе относительно общего, как в RS-232, то наводка на этот провод может исказить сигнал относительно хорошо поглощающего наводки общего ("земли"). Кроме того, на сопротивлении длинного общего провода будет падать разность потенциалов земель – дополнительный источник искажений. А при дифференциальной передаче искажения не происходит. В самом деле, если два провода пролегают близко друг к другу, да еще перевиты, то наводка на оба провода одинакова. Потенциал в обоих одинаково нагруженных проводах изменяется одинаково, при этом информативная разность потенциалов остается без изменений.

Аппаратная реализация интерфейса – микросхемы приемопередатчиков с дифференциальными входами/выходами (к линии) и цифровыми портами (к портам UART контроллера). Существуют два варианта такого интерфейса: RS-422 и RS-485.

RS-422 - полнодуплексный интерфейс (рис.4.14а). Прием и передача идут по двум отдельным парам проводов. На каждой паре проводов может

быть только по одному передатчику.

RS-485 – полудуплексный интерфейс (4.14б). Прием и передача идут по одной паре проводов с разделением по времени. В сети может быть много передатчиков, так как они могут отключаться в режиме приема.

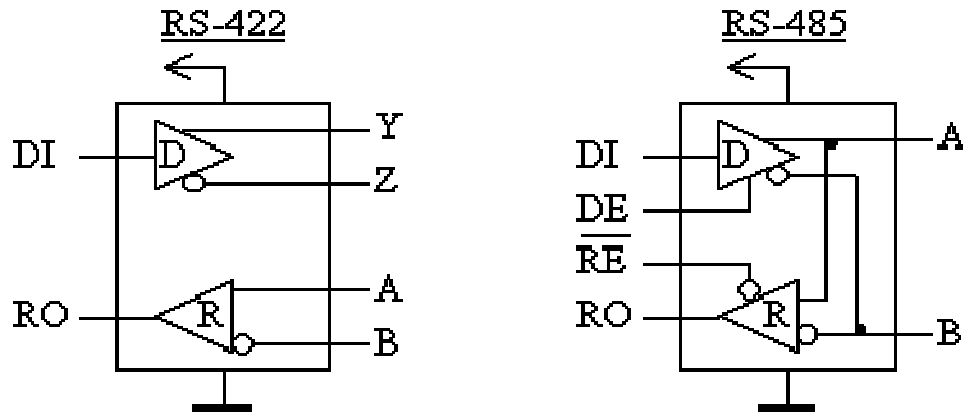


Рис.2.14. Интерфейсы RS-422 (а), RS-485 (б)

D (driver) - передатчик;

R (receiver) - приемник;

DI (driver input) - цифровой вход передатчика;

RO (receiver output) - цифровой выход приемника;

DE (driver enable) - разрешение работы передатчика;

RE (receiver enable) - разрешение работы приемника;

A - прямой дифференциальный вход/выход;

B - инверсный дифференциальный вход/выход;

Y - прямой дифференциальный выход (RS-422);

Z - инверсный дифференциальный выход (RS-422).

Рассмотрим подробнее приемопередатчик RS-485 (рис.2.15). Цифровой выход приемника (RO) подключается к порту приемника UART (RX). Цифровой вход передатчика (DI) к порту передатчика UART (TX). Поскольку на дифференциальной стороне приемник и передатчик соединены, то во время приема нужно отключать передатчик, а во время передачи – приемник. Для этого служат управляющие входы – разрешение приемника (RE) и разрешения передатчика (DE). Так как вход RE инверсный, то его можно соединить с DE и переключать приемник и передатчик одним сигналом с любого порта контроллера. При уровне "0" – работа на прием, при "1" – на передачу.

Приемник, получая на дифференциальных входах (AB) разность потенциалов (UAB) переводит их в цифровой сигнал на выходе RO. Чувствительность приемника может быть разной, но гарантированный пороговый диапазон распознавания сигнала производители микросхем приемопередатчиков пишут в документации.

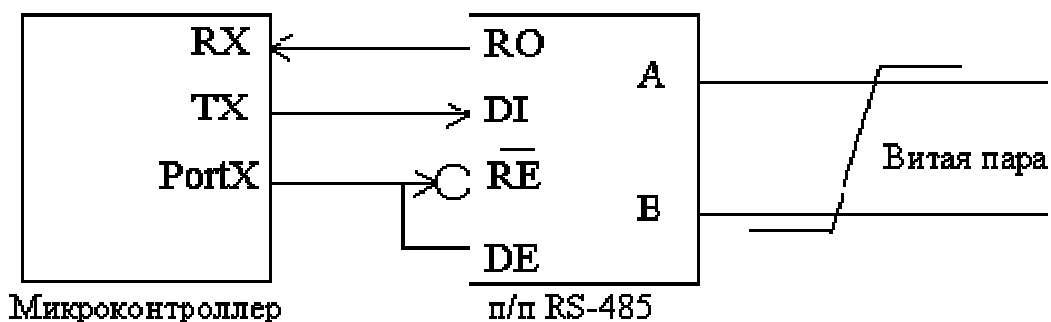


Рис.2.15. Приемопередатчик интерфейса RS-485

Обычно эти пороги составляют ± 200 мВ. То есть, когда $U_{AB} > +200$ мВ – приемник определяет "1", когда $U_{AB} < -200$ мВ – приемник определяет "0". Если разность потенциалов в линии настолько мала, что не выходит за пороговые значения – правильное распознавание сигнала не гарантируется. Кроме того, в линии могут быть и не синфазные помехи, которые исказят столь слабый сигнал.

Все устройства подключаются к одной витой паре одинаково: прямые выходы (А) к одному проводу, инверсные (В) – к другому.

Входное сопротивление приемника со стороны линии (R_{AB}) обычно составляет 12 КОм. Так как мощность передатчика не беспредельна, это создает ограничение на количество приемников, подключенных к линии. Согласно спецификации RS-485 с учетом согласующих резисторов передатчик может вести до 32 приемников. Однако есть ряд микросхем с повышенным входным сопротивлением, что позволяет подключить к линии значительно больше 32 устройств.

Максимальная скорость связи по спецификации RS-485 может достигать 10 МБод/сек. Максимальное расстояние – 1200 м. Если необходимо организовать связь на расстоянии большем 1200 м или подключить больше устройств, чем допускает нагрузочная способность передатчика – применяют специальные повторители (репитеры). Характеристики интерфейсов RS-422 и RS-485 представлены в таблице 2.11.

Таблица 2.11

Характеристики интерфейсов RS-422 и RS-485

Стандартные параметры интерфейсов	RS-422	RS-485
Допустимое число передатчиков / приемников	1 / 10	32 / 32
Максимальная длина кабеля	1200 м	1200 м
Максимальная скорость связи	10 Мбит/с	10 Мбит/с
Диапазон напряжений "1" передатчика	+2...+10 В	+1.5...+6 В

Продолжение табл. 2.11		
Стандартные параметры интерфейсов	RS-422	RS-485
Диапазон напряжений "0" передатчика	-2...-10 В	-1.5...-6 В
Диапазон синфазного напряжения передатчика	3...+3 В	-1...+3 В
Допустимый диапазон напряжений приемника	7...+7 В	-7...+12 В
Пороговый диапазон чувствительности приемника	± 200 мВ	± 200 мВ
Максимальный ток короткого замыкания драйвера	150 мА	250 мА
Допустимое сопротивление нагрузки	100 Ом	54 Ом
Входное сопротивление приемника	4 кОм	12 кОм
Максимальное время нарастания сигнала передатчика	10% бита	30% бита

Согласование и конфигурация линии связи

При больших расстояниях между устройствами, связанными по витой паре и высоких скоростях передачи начинают проявляться так называемые эффекты длинных линий. Причина этому – конечность скорости распространения электромагнитных волн в проводниках. Скорость эта существенно меньше скорости света в вакууме и составляет немногим больше 200 мм/нс. Электрический сигнал имеет также свойство отражаться от открытых концов линии передачи и ее ответвлений. Грубая аналогия – желоб, наполненный водой. Волна, созданная в одном конце, идет по желобу и, отразившись от стенки в конце, идет обратно, отражается опять и так далее, пока не затухнет. Для коротких линий и малых скоростей передачи этот процесс происходит так быстро, что остается незамеченным. Однако, время реакции приемников – десятки/сотни нс. В таком масштабе времени несколько десятков метров электрический сигнал проходит отнюдь не мгновенно. И если расстояние достаточно большое, фронт сигнала, отразившись в конце линии и вернувшийся обратно, может исказить текущий или следующий сигнал. В таких случаях нужно каким-то образом подавлять эффект отражения.

У любой линии связи есть такой параметр, как волновое сопротивление $Z_{\text{в}}$. Оно зависит от характеристик используемого кабеля, но не от длины. Для обычно применяемых в линиях связи витых пар $Z_{\text{в}}=120$ Ом. Оказывается, что если на удаленном конце линии, между проводниками витой пары включить резистор с номиналом равным

волновому сопротивлению линии, то электромагнитная волна, дошедшая до "тупика" поглощается на таком резисторе. Отсюда его названия – согласующий резистор или "терминатор".

Большой минус согласования на резисторах – повышенное потребление тока от передатчика, ведь в линию включается низкоомная нагрузка. Поэтому рекомендуется включать передатчик только на время отправки посылки. Есть способы уменьшить потребление тока, включая последовательно с согласующим резистором конденсатор для развязки по постоянному току. Однако такой способ имеет свои недостатки. Для коротких линий (несколько десятков метров) и низких скоростей (меньше 38400 бод) согласование можно вообще не делать.

Эффект отражения и необходимость правильного согласования накладывают ограничения на конфигурацию линии связи.

Линия связи должна представлять собой один кабель витой пары. К этому кабелю присоединяются все приемники и передатчики. Расстояние от линии до микросхем интерфейса RS-485 должно быть как можно короче, так как длинные ответвления вносят рассогласование и вызывают отражения.

В оба наиболее удаленных конца кабеля ($Z_{\text{в}}=120 \text{ Ом}$) включают согласующие резисторы R_t по 120 Ом (0.25 Вт) (рис.2.16). Если в системе только один передатчик и он находится в конце линии, то достаточно одного согласующего резистора на противоположном конце линии.

Защитное смещение

Как уже упоминалось, приемники большинства микросхем RS-485 имеют пороговый диапазон распознавания сигнала на входах А-В – $\pm 200 \text{ мВ}$ (рис. 2.17). Если $|U_{\text{аб}}|$ меньше порогового (около 0), то на выходе приемника RO могут быть произвольные логические уровни из-за несинфазной помехи. Такое может случиться либо при отсоединении приемника от линии, либо при отсутствии в линии активных передатчиков, когда никто не задает уровень.

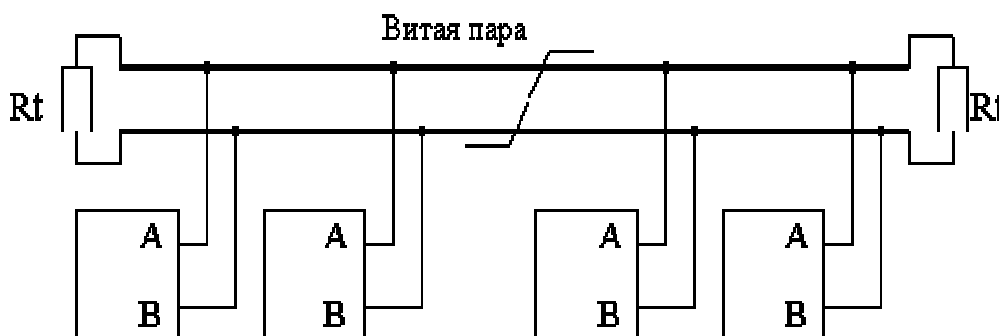


Рис.2.16. Схема включения согласующих резисторов

Чтобы в этих ситуациях избежать выдачи ошибочных сигналов на приемник UART, необходимо на входах А-В гарантировать разность потенциалов $U_{ab} > +200\text{мВ}$. Это смещение при отсутствии входных сигналов обеспечивает на выходе приемника логическую "1", поддерживая, таким образом, уровень стопового бита.

Добиться этого просто – прямой вход (А) следует подтянуть к питанию, а инверсный (В) – к "земле". Получается делитель:

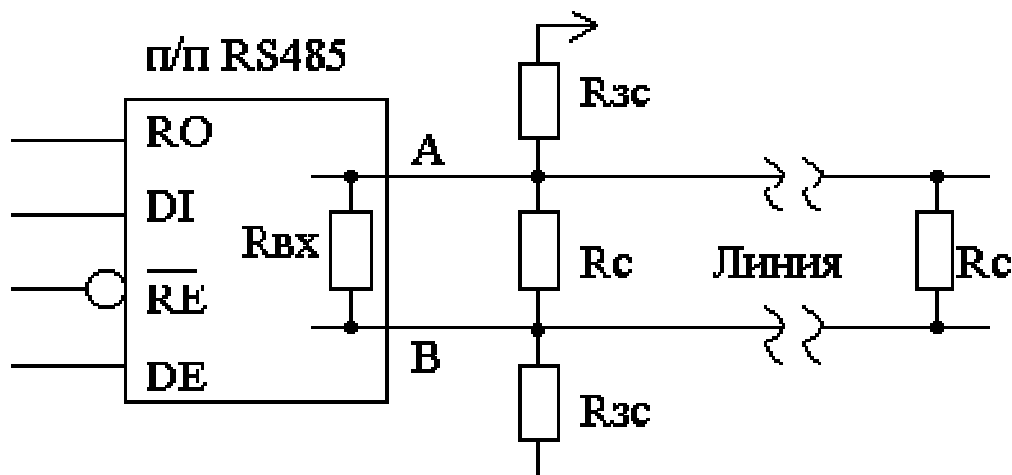


Рис.2.17. Схема, обеспечивающая выдачу ошибочных сигналов

R_{вх} – входное сопротивление приемника (обычно 12 кОм);

R_с – согласующие резисторы (120 Ом);

R_{зс} – резисторы защитного смещения.

Величины сопротивлений для резисторов защитного смещения (R_{зс}) нетрудно рассчитать по делителю. Необходимо обеспечить $U_{ab} > 200\text{мВ}$. Напряжение питания – 5В. Сопротивление среднего плеча – $120\text{Ом} // 120\text{Ом} // 12\text{КОм}$ на каждый приемник – примерно 57 Ом (для 10 приемников). Таким образом, выходит примерно по 650 Ом на каждый из двух R_{зс}. Для смещения с запасом – сопротивление R_{зс} должно быть меньше 650 Ом. Традиционно ставят 560 Ом.

Обратите внимание: в расчете номинала R_{зс} учитывается нагрузка. Если на линии висит много приемников, то номинал R_{зс} должен быть меньше. В длинных линиях передачи необходимо так же учитывать сопротивление витой пары, которое может "съедать" часть смещающей разности потенциалов для удаленных от места подтяжки устройств. Для длинной линии лучше ставить два комплекта подтягивающих резисторов в оба удаленных конца рядом с терминаторами.

Многие производители приемопередатчиков заявляют о функции безотказности (failsafe) своих изделий, заключающейся во встроенном смещении. Следует различать два вида такой защиты:

Безотказность в открытых цепях. (Open circuit failsafe.) В таких

приемопередатчиках применяются встроенные подтягивающие резисторы. Эти резисторы, как правило, высокоомные, чтобы уменьшить потребление тока. Из-за этого необходимое смещение обеспечивается только для открытых (ненагруженных) дифференциальных входов. В самом деле, если приемник отключен от линии или она не нагружена, тогда в среднем плече делителя остается только большое входное сопротивление, на котором и падает необходимая разность потенциалов. Однако, если приемопередатчик нагрузить на линию с двумя согласующими резисторами по 120 Ом, то в среднем плече делителя оказывается меньше 60 Ом, на которых, по сравнению с высокоомными подтяжками, ничего существенного не падает. Поэтому, если в нагруженной линии нет активных передатчиков, то встроенные резисторы не обеспечивают достаточное смещение. В этом случае, остается необходимость устанавливать внешние резисторы защитного смещения, как это было описано выше.

Истинная безотказность. (True failsafe.) В этих устройствах смещены сами пороги распознавания сигнала. Например: -50 / -200 мВ вместо стандартных порогов ± 200 мВ. То есть при $U_{ab} > -50$ мВ на выходе приемника RO будет логическая "1", а при $U_{ab} < -200$ – на RO будет "0". Таким образом, и в разомкнутой и в пассивной линии при разности потенциалов U_{ab} близкой к нулю, приемник выдаст "1". Для таких приемопередатчиков внешнее защитное смещение не требуется. Тем не менее, для лучшей помехозащищенности все-таки стоит дополнительно немного подтягивать линию.

Сразу виден минус внешнего защитного смещения – через делитель постоянно будет протекать ток, что может быть недопустимо в системах малого потребления. В таком случае можно сделать следующее:

а). Уменьшить потребление тока, увеличив сопротивления $R_{зс}$. Хотя производители приемопередатчиков и пишут о пороге распознавания в 200 мВ, на практике вполне хватает 100 мВ и даже меньше. Таким образом, можно сразу увеличить сопротивления $R_{зс}$ раза в два-три. Помехозащищенность при этом несколько снижается, но во многих случаях это не критично.

б). Использовать true failsafe приемопередатчики со смещенными порогами распознавания. Например, у микросхем MAX3080 и MAX3471 пороги: -50 мВ / -200 мВ, что гарантирует единичный уровень на выходе приемника при отсутствии смещения ($U_{ab}=0$). Тогда внешние резисторы защитного смещения можно убрать или значительно увеличить их сопротивление.

в). Не применять без необходимости согласование на резисторах. Если линия не будет нагружена на 2 по 120 Ом, то для обеспечения

защитного смещения хватит подтяжек в несколько килоом в зависимости от числа приемников на линии.

Для опторазвязанной линии подтягивать следует к питанию и "земле" изолированной линии. Если не применяется опторазвязка, подтягивать можно к любому питанию, так как делитель создаст лишь небольшую разность потенциалов между линиями А и В. Нужно только помнить о возможной разности потенциалов между "землями" устройств, расположенных далеко друг от друга.

Рекомендации по организации протокола связи

На физическом уровне линия связи готова к работе, однако, нужен еще и протокол – договоренность между устройствами системы о формате посылок.

По природе интерфейса RS-485 устройства не могут передавать одновременно – будет конфликт передатчиков. Следовательно, требуется распределить между устройствами право на передачу. Отсюда основное деление: централизованный (одномастерный) обмен и децентрализованный (многомастерный).

В централизованной сети одно устройство всегда ведущее (мастер). Оно генерирует запросы и команды остальным (ведомым) устройствам. Ведомые устройства могут передавать только по команде ведущего. Как правило, обмен между ведомыми идет только через ведущего, хотя для ускорения обмена можно организовать передачу данных от одного ведомого к другому по команде ведущего.

В децентрализованной сети роль ведущего может передаваться от устройству к устройству либо по некоторому алгоритму очередности, либо по команде текущего ведущего к следующему (передача маркера ведущего). При этом ведомое устройство может в своем ответе ведущему передать запрос на переход в режим ведущего и ожидать разрешения или запрета.

Последовательный канал по меркам контроллера – штука медленная. На скорости 9600 бод передача одного символа занимает больше миллисекунды. Поэтому, когда контроллер плотно загружен вычислениями и не должен их останавливать на время обмена по UART, нужно использовать прерывания по завершению приема и передачи символа. Можно выделить место в памяти для формирования посылки на передачу и сохранения принятой посылки (буфер посылки), а также указатели на позицию текущего символа. Прерывания по завершению приема или передачи символа вызывают соответствующие подпрограммы, которые передают или сохраняют очередной символ со сдвигом указателя и проверкой признака конца сообщения, после чего возвращают управление основной программе до следующего прерывания. По

завершению отправки или приема всей посылки либо формируется пользовательский флаг, обрабатываемый в основном цикле программы, либо сразу вызывается подпрограмма обработки сообщения.

В общем случае посылка по последовательному каналу состоит из управляющих байтов (синхронизация посылки, адресов отправителя и получателя, контрольной суммы и пр.) и собственно байтов данных.

Протоколов существует множество и можно придумать еще больше, но лучше пользоваться наиболее употребительными из них. Одним из стандартных протоколов последовательной передачи является MODBUS, его поддержку обеспечивают многие производители промышленных контроллеров.

Программные методы борьбы со сбоями

Для повышения надежности связи обязательно нужно предусмотреть программные методы борьбы со сбоями. Их можно условно разделить на две группы: защита от рассинхронизации и контроль достоверности.

1). Защита от рассинхронизации. Несмотря на защитное смещение, сильная помеха может пробиться в линию без активных передатчиков и нарушить правильную последовательность приема посылок. Тогда возникает необходимость первой же нормальной посылкой вразумить принимающие устройства и не дать им принять помеху за посылку. Делается это с помощью синхронизации кадров (активная пауза) и синхронизации посылок (преамбула).

Защита от рассинхронизации кадров. Обязательная мера! Все последующие меры синхронизации посылок имеют смысл только совместно с этой (рис.2.18). Помеха ложным старт-битом может сбить правильный прием кадров последующей посылки. Чтобы вернуться к верной последовательности, нужно сделать паузу между включением приемопередатчика на передачу и посылкой данных. Все это время передатчик удерживает в линии высокий уровень, через который помехе трудно пробиться (активная пауза). Паузы длительностью в 1 кадр на данной скорости связи (10-11 бит) будет достаточно для того, чтобы любое устройство, принимавшее помехи приняло стоп-бит. Тогда следующий кадр будет приниматься с нормального старт-бита.

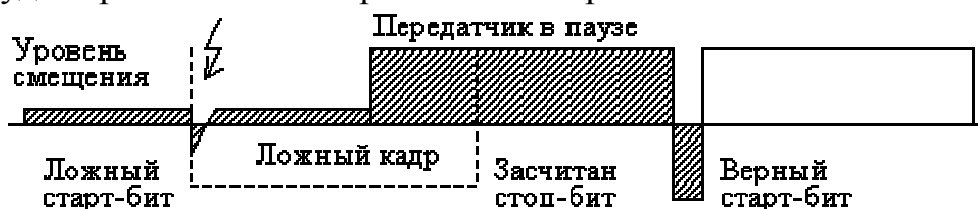


Рис. 2.18. Защита от рассинхронизации кадров

Того же эффекта можно добиться передачей символа FFh перед

первым байтом послылки, так как кроме старт-бита, все его биты – "1". (Если старт-бит символа FFh попадет на стоп-бит ложного кадра, будет просто засчитана ошибка кадра).

Защита от рассинхронизации посылок. Применяется совместно с предыдущей защитой! Особо подлая помеха может замаскироваться под управляющий символ и сбить принимаемую затем послылку. Кроме того, предыдущая послылка может быть прервана. Из-за этого крайне желательно в подпрограмме приема и сохранения данных предусмотреть меры по опознанию настоящего начала послылки и сбросу приемного буфера послылки (области памяти, куда сохраняются принимаемые байты). Для этого служит преамбула – предварительный признак начала послылки.

Стартовый символ. В ASCII протоколе роль преамбулы играет специальный управляющий символ начала послылки. По каждому приему такого символа нужно сбрасывать буфер: обнулять число принятых байт, перемещать указатель на начало буфера и т.п. То же самое нужно делать при переполнении буфера. Это позволит настоящему управляющему символу сбросить предыдущую "посылку", начатую ложным символом.

Пример. Последний управляющий символ " : " сбросит предыдущую ложную послылку:

_____ :) _____ : 1 2 R S 4 8 5 /PC/ _____

Стартовая пауза. В двоичном протоколе, где не предусмотрен уникальный управляющий символ, и синхронизация посылок идет по заданной паузе между байтами, достаточно увеличить активную паузу, описанную в синхронизации кадров, до длительности паузы между байтами, по которой начинается прием новой послылки. То есть, между включением приемопередатчика на передачу и отправкой первых байтов послылки нужно сделать паузу длительностью в 1.5 - 3.5 кадра UART. При активном передатчике во время такой преамбулы помехе трудно будет прорваться к приемникам, они зафиксируют нужную паузу, сбросят буфер послылки и настроятся на прием новой послылки. Этот метод применяется, в частности, для протокола MODBUS RTU.

Стартовая последовательность. Если в двоичном протоколе синхронизация осуществляется лишь по корректному началу послылки, то отфильтровать ложную послылку можно только по логике ее структуры. Преамбула в данном случае – некоторая стартовая последовательность символов, которая не может встретиться в данных послылки, и которую вряд ли сформирует помеха. Преамбула отсылается перед основной послылкой. Принимающее устройство отслеживает в поступающих данных эту стартовую последовательность. Где бы она не состоялась, принимающее устройство сбрасывает буфер послылки и начинает принимать новую.

Вариант 1. Посылка начинает заново приниматься после приема "go!" (вместо символов могут быть любые 8-битные данные):

_____ : - Ъ ____ g o ! 1 2 R S 4 8 5 _____

Вариант 2. Посылка начинает заново приниматься после приема не менее трех "Е" подряд и стартового байта " : " (вместо символов могут быть любые 8-битные данные):

_____ > : - Е ____ Е Е Е : 1 2 R S 4 8 5 _____

Даже если до стартовой последовательности было два таких символа подряд, посылка начнет сохраняться только за последовательностью из не менее чем трех подряд (лишние игнорируются) и стартового символа. Если вместо "Е" использовать байт FFh - можно совместить синхронизацию кадров и посылок. Для этого посылаются четыре FFh, а принимающее устройство ожидает не менее трех, с учетом того, что первый байт FFh может уйти на синхронизацию кадров.

2). Контроль достоверности. Особо сильная помеха может вклиниться в посылку, исказить управляющие символы или данные в ней, а то и вовсе уничтожить ее. Кроме того, одно из подключенных к линии устройств (абонент) может выйти из строя и перестать отвечать на запросы. На случай такой беды существуют контрольная сумма, тайм-ауты и квитирование.

Контрольная сумма - в общем случае 1-2 байта кода, полученного некоторым преобразованием из данных посылки. Самое простое – "исключающее или" всем байтам данных. Контрольная сумма рассчитывается и включается в посылку перед отправкой. Принимающее устройство производит ту же операцию над принятыми данными и сверяет рассчитанную контрольную сумму с полученной. Если посылка была повреждена, то, скорее всего, они не совпадут. В случае применения ASCII протокола – код контрольной суммы также передается ASCII-символами.

Тайм-аут – максимальное время ожидания ответа от запрашиваемого устройства. Если посылка была повреждена или запрашиваемое устройство вышло из строя, то ведущее устройство не повиснет в ожидании ответа, а по истечении определенного времени признает наличие сбоя. После чего можно еще пару раз повторить запрос и, если сбой повторяется, перейти на отработку аварийной ситуации. Тайм-аут отсчитывается с момента завершения передачи запроса. Его длительность должна с небольшим запасом превышать максимальное время ответной передачи плюс время, необходимое на обработку запроса и формирование ответа. Ведомому устройству тоже не мешает отработка тайм-аутов. Особенно в ситуациях, когда отсутствие регулярного обновления данных или новых команд от ведущего устройства критично для работы устройств системы. Самая простая реализация для ведомого – сброс сторожевого

таймера по приему посылки. Если по какой-либо причине данные перестали поступать – устройство сбросится по переполнению сторожевого таймера. После сброса устанавливается безопасный режим до приема первой команды.

Квитирование – подтверждение доставки (квитанция). Когда важно, чтобы ведомый обязательно получил данные или команду, возникает необходимость проконтролировать получение им посылки. Ведущее устройство, отправив ведомому данные, ждет ответа с подтверждением. Ведомое устройство, получив данные, в случае их корректности посылает ответ, подтверждающий доставку. Если по истечении тайм-аута ведущее устройство не получает подтверждение, делается вывод о сбое в связи или в ведомом устройстве. Дальше обычные меры – повтор посылки. Но тут есть нюанс: повреждена и не получена может быть сама квитанция. Ведущее устройство, не получив квитанцию, повторяет посылку, и ведомое обрабатывает ее повторно. Не всегда это существенно, но если перепосылалась команда типа "увеличить параметр на 1" это может привести к незапланированному двойному увеличению параметра. В таком случае надо предусмотреть что-нибудь типа циклической нумерации посылок, чтобы ведомое устройство отличало повторные посылки от новых и не обрабатывало их.

Защита устройств от перенапряжений в линии связи

Разность потенциалов между проводниками линии и между линией и "землей" приемопередатчика, как правило, не должна выходить за пределы -7...+12 В. Следовательно, может потребоваться защита от разности потенциалов между "землями" и от перенапряжений из-за замыкания на высоковольтные цепи.

Разность потенциалов между "землями". При организации сети на основе интерфейса RS-485 следует учитывать неявное присутствие третьего проводника – "земли". Ведь все приемопередатчики имеют питание и "землю". Если устройства расположены недалеко от начального источника питания, то разность потенциалов между "землями" устройств в сети невелика. Но если устройства находятся далеко друг от друга и получают местное питание, то между их "землями" может оказаться существенная разность потенциалов. Возможные последствия – выход из строя приемопередатчика, а то и всего устройства. В таких случаях следует применять гальваническую развязку или дренажный провод.

Гальваническая развязка линии и устройств осуществляется либо опторазвязкой цифровых сигналов (RO, DI, RE, DE) с организацией изолированного питания микросхем приемопередатчиков, либо применением приемопередатчиков со встроенной гальванической развязкой сигналов и питания (например, MAX1480). Тогда вместе с

дифференциальными проводниками прокладываются провод изолированной "земли" (сигнальной "земли") и, возможно, провод изолированного питания линии.

Дренажный провод – провод, прокладываемый вместе с витой парой и соединяющий "земли" удаленных устройств (рис. 2.19). Через этот провод уравниваются потенциалы "земель". При включении устройства в линию дренажный провод следует подсоединять первым, а при отключении – отсоединять последним. Для ограничения тока через дренажный провод его заземляют в каждом устройстве через резистор в 100 Ом (0.5 Вт).

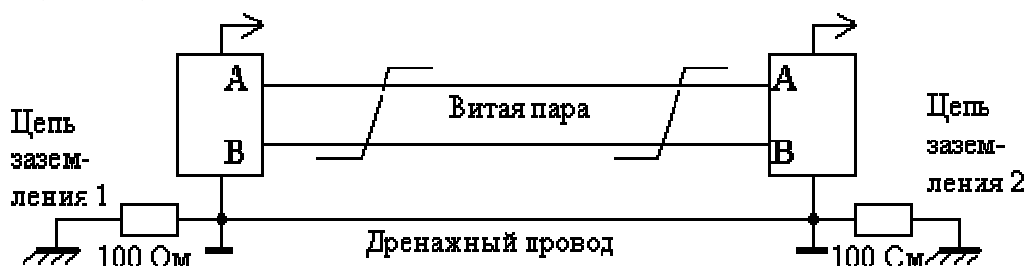


Рис.2.19. Защита от перенапряжений «дренажный провод»

Замыкание на высоковольтные цепи. Если существует опасность попадания на линию или одну из местных "земель" высокого напряжения, следует применять опторазвязку или шунтирующие ограничители напряжения. А лучше и то и другое.

Напряжение пробоя опторазвязанного интерфейса составляет сотни и даже тысячи вольт. Это хорошо защищает устройство от перенапряжения, общего для всех проводников линии. Однако, при дифференциальных перенапряжениях, когда высокий потенциал оказывается на одном из проводников, сам приемопередатчик будет поврежден.

Для защиты от дифференциальных перенапряжений все проводники линии, включая изолированный общий, шунтируются на локальные "земли" при помощи ограничителей напряжения (рис.2.20). Это могут быть варисторы, полупроводниковые ограничители напряжения и газоразрядные трубки. Физический принцип их действия разный, но суть одна – при напряжении выше порогового их сопротивление резко падает, и они шунтируют линию. Газоразрядные трубки могут шунтировать очень большие токи, но имеют высокий порог пробоя и низкое быстродействие, поэтому их лучше применять по трехступенчатой схеме вместе с полупроводниковыми ограничителями. Когда заземление линии невозможно, проводники линии шунтируются ограничителями между собой. Но это защитит только от дифференциальных перенапряжений – защиту от

общего должна взять на себя опторазвязка.

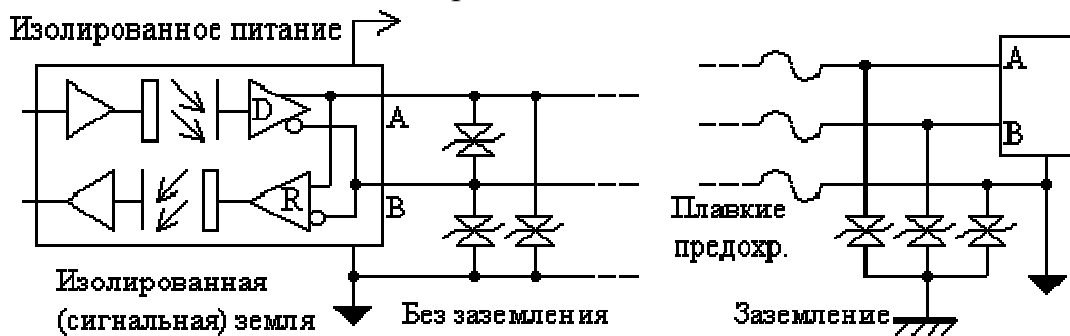


Рис.2.20. Защита от дифференциальных перенапряжений

Защита ограничителями напряжения действенна при кратковременных перенапряжениях. При длительных – токи короткого замыкания могут вывести ограничители из строя, и устройства на линии окажутся без защиты. Для защиты от коротких замыканий в линию можно последовательно включить плавкие предохранители.

Дополнительные меры защиты от помех

Диагностика. Если есть возможность выбора маршрута прокладки кабеля с замером уровня помех – не стоит ей пренебрегать. Даже если программная коррекция ошибок успешно справляется со сбоями, нужно сделать все, чтобы физически снизить уровень помех в линии. Полезно предусмотреть в программе диагностический режим, в котором накапливалась бы статистика сбоев, отрабатываемых программной коррекцией (провал по контрольной сумме или тайм-ауту). Если сбоев слишком много, желательно поработать над поиском и устранением их причины. Снижение скорости связи (бодрейта) во многих случаях повышает помехоустойчивость. Не имеет смысла устанавливать скорость обмена больше, чем необходимо для нормальной работы системы.

Прокладка кабеля. По возможности не следует проводить витую пару вдоль силовых кабелей, тем более в общей оплетке, так как существует опасность наводок от силовых токов через взаимную индуктивность. Силовое оборудование, коммутирующее большие токи, также является источником помех. Сигнальные цепи питания оптоизолированной линии лучше не использовать для питания чего-либо еще, так как протекающие по сигнальной "земле" лишние токи могут вносить в линию дополнительный шум. Некачественная витая пара с асимметричными характеристиками проводников – еще один источник проблем. Чем меньше шаг витой пары (чаще перевиты провода) – тем лучше. Даже если не применяется опторазвязанная линия или дренаж, стоит сразу провести кабель с запасной витой парой – на случай, если произойдет обрыв первой или все же понадобится провести сигнальную

землю.

Экранирование и заземление. В промышленных условиях, тяжелых в плане электромагнитного шума, рекомендуется применять экранированный кабель с витой парой. Экран, охватывающий проводники линии, защищает их от паразитных емкостных связей и внешних магнитных полей. Экран следует заземлять только в одной из крайних точек линии. Заземление в нескольких точках недопустимо: из-за разности потенциалов местных "земель" по экрану могут протекать существенные токи, которые будут создавать наводки на сигнальные проводники. Некоторые разработчики рекомендуют для защиты от радиопомех дополнительно включать в нескольких местах между экраном и заземлением специальные высокочастотные конденсаторы емкостью 1...10 нФ.

Индуктивные фильтры. Если в линию все же попадают высокочастотные помехи, их можно отсеять индуктивными фильтрами (рис. 2.21). Существуют специальные индуктивные фильтры, предназначенные для подавления высокочастотных помех в линиях связи. Они последовательно включаются в линию непосредственно у приемников. Например, B82790-S**** фирмы Epcos, выполненный в виде четырехполюсника, через который витая пара подсоединяется к приемнику.

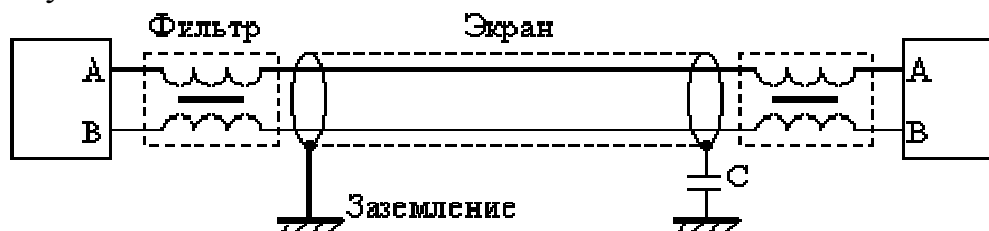


Рис. 2.21. Защита от помех индуктивными фильтрами

Вопросы для самопроверки

1. Как передается сигнал в сети?
2. Как осуществляется аппаратная реализация интерфейса?
3. Объяснить работу приемопередатчика.
4. Как осуществляется согласование и конфигурация линии связи?
5. Как реализуется защитное смещение в сети?
6. Объяснить работу защит от смещения.
7. Как организован протокол связям?
8. Объяснить работу программных методов борьбы со сбоями.
9. Как обеспечивается защита устройств от перенапряжения?
10. Какие существуют способы защит от помех?

Заключение

Концепция промышленных шин родилась в Европе и развивалась там в течение многих лет. В настоящее время в самых разных специализированных прикладных областях используется более 50 промышленных шин. Вместе с тем (по мере их распространения в США) количество широко поддерживаемых шин не превышает половины десятка. Применение технологии промышленных шин знаменует собой совершенно новую эпоху в управлении процессами. Одна из важнейших примет этой эпохи – смещение интеллекта на нижние иерархические уровни систем автоматизации. Растущие масштабы активного применения промышленных шин позволят вынести несложные задачи контроля за рамки централизованной системы управления на цеховой уровень. Распределенные интеллектуальные средства, исполняющие эти задачи, смогут также одновременно собирать информацию реального времени и передавать ее узлам более высокого иерархического уровня.

В результате объем информации цехового уровня, собираемой в реальном масштабе времени, значительно возрастет. Только для сохранения, анализа и вывода результатов в реальном времени понадобится повысить производительность и расширить функциональные возможности используемых рабочих станций. Благодаря подобному подходу к "рассредоточению" интеллекта, операторы (а не только инженеры) получат возможность контролировать, настраивать и даже менять параметры автоматизированного процесса непосредственно с рабочего места. Использование в качестве стандартной цеховой платформы операционной системы Windows NT обеспечит применение необходимого инструментария на гораздо более низком управляющем уровне, что приведет к снижению затрат на разработку, а также к ускорению ввода разработанной системы в эксплуатацию.

3. КОНТРОЛЛЕРЫ

3.1. КРОСС – 500

3.1.1. Назначение и область применения

3.1.1. Назначение и область применения

Основное назначение контроллера КРОСС-500 – построение высокоэффективных (недорогих и надежных) систем автоматизации различных технологических объектов [12]. По своим функциональным, структурным и конструктивным особенностям контроллер сопоставим с

семейством контроллеров различной сложности и производительности. Он обеспечивает при этом оптимальное соотношение производительность/стоимость одного управляющего или информационного канала, однородность аппаратуры автоматики на предприятии, уменьшает затраты на ЗИП, обучение персонала и т.п. Контроллер поддерживает принцип функционально-группового управления, широко используемый при построении АСУ ТП.

Контроллер КРОСС-500 является проектно-компонентным и программируемым изделием. Его состав и ряд параметров определяются потребителем и указываются в заказе. Программирование контроллера может осуществляться как с помощью различных технологических языков, не требующих привлечения профессиональных программистов, так и с помощью профессиональных процедурных языков.

Контроллер предназначен для решения следующих типовых задач автоматизации:

- сбор информации с датчиков различных типов и ее первичная обработка (фильтрация сигналов, линеаризация характеристик датчиков, „офизичивание" сигналов и т.п.);
- выдача управляющих воздействий на исполнительные органы различных типов;
- контроль технологических параметров по граничным значениям и аварийная защита технологического оборудования;
- регулирование прямых и косвенных параметров по различным законам;
- логическое, программно-логическое управление технологическими агрегатами, автоматический пуск и останов технологического оборудования;
- математическая обработка информации по различным алгоритмам;
- регистрация и архивация технологических параметров;
- технический учет материальных и энергетических потоков (электроэнергия, тепло) различными участками производства;
- обмен данными с другими контроллерами в рамках контроллерной управляющей сети реального времени;
- 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 ПЭВМ верхнего уровня;
- обслуживание техперсонала 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.

Контроллер может выполнять свои функции, как в приборном, так и в календарном времени, как в приборных, так и в физических размерностях технологических параметров.

Решение этих задач поддерживается аппаратными, программными и языковыми средствами контроллера.

Основные области применения контроллера – системы автоматизации технологических объектов широкого класса (простых и сложных, медленных и быстрых, сосредоточенных и рассредоточенных в пространстве) в различных отраслях с непрерывными или дискретными технологическими процессами. Контроллер ориентирован на построение недорогих систем различной алгоритмической и информационной (число каналов) сложности:

- макро-систем (256-500 каналов);
- миди-систем (64-128 каналов);
- мини-систем (16-64 каналов);
- микросистем (8-16 каналов);
- систем малой, локальной автоматики (бесконтактная релейная логика).

Минимизация стоимости достигается точной настройкой архитектуры контроллера на алгоритмическую и информационную сложность объекта.

3.1.2 Основные технические характеристики

Центральный процессор

Центральный процессор ЦП контроллера построен на базе PC-совместимого модуля Wafer 4821 и содержит микропроцессор i486DX4-100 с встроенным сопроцессором, флэш-память, оперативную энергонезависимую и динамическую память, сторожевой таймер, таймер календарь каналы связи с УСО и внешними устройствами.

Входы-выходы контроллера

Контроллер обеспечивает ввод-вывод сигналов следующих типов:

- входные аналоговые сигналы;
- выходные аналоговые сигналы;
- входные дискретные сигналы;
- выходные дискретные/импульсные сигналы.

Максимальное число аналоговых/дискретных входов-выходов контроллера:

- одношинный вариант — 112/128;
- контроллера в целом (до 4-х шин) – 448/512.

Каналы ввода-вывода размещаются в модулях с фиксированным или проектно-компонруемым составом, а также в терминальных блоках (дискретные сигналы 110 и 220 В). Электрические, точностные и динамические характеристики, а также тип гальванической развязки входных и выходных сигналов определяются типом модуля или канальной ячейки.

Контроллер обеспечивает ввод-вывод аналоговых и дискретных сигналов со следующими характеристиками.

1. Входные аналоговые сигналы:

- унифицированные сигналы тока или напряжения 0-10 В, 0-5, 0-20, 4-20 мА, 0-5 мА, ($R_{вх}=400\text{ Ом}$; 0-20 мА, $R_{вх}=100\text{ Ом}$; 4-20 мА, $R_{вх}=100\text{ Ом}$; 0-10 В, $R_{вх}=27\text{ кОм}$);
- сигналы термопар типа сигналов термопар ТВР (А-1, А-2, А-3), ТПР (В), ТПП(R,S) ТХА (К), ТХК(L,T), ТНН(N), ТМК (Т), ТЖК(J) ГОСТ Р 50342-92;
- трех- и четырехпроводные сигналы термометров сопротивлений ТСМ50, ТСМ100, ТСП50, ТСП100 ГОСТ 6651;
- частотные и число-импульсные сигналы 0-50 кГц.

Для модулей с фиксированным составом:

- разрешающая способность АЦП – 12 разрядов;
- основная погрешность – 0,2 %;
- цикл обновления значения сигнала – 0,32 с;
- гальваническая развязка – индивидуальная для всех типов сигналов или групповая (8 каналов в группе) для унифицированных сигналов тока или напряжения.

Для модулей с проектно-компонруемым (переменным) составом:

- разрешающая способность АЦП – 12 или 15 разрядов;
- основная погрешность – 0,2 или 0,1 %;
- цикл обновления значения сигнала – 2 мкс, 60 мс, 120 мс на канал
- гальваническая развязка – индивидуальная для всех типов сигналов или групповая (4 канала в группе) для унифицированных сигналов тока или напряжения.

2. Выходные аналоговые унифицированные сигналы тока 0-5, 0-20, 4-20 мА:

- 0-5 мА, ($R_{н}=2\text{ кОм}$);
- 0-20 мА, ($R_{н}=0,5\text{ кОм}$);
- 4-20 мА, ($R_{н}=0,5\text{ кОм}$).

Для модулей с фиксированным составом:

- разрешающая способность ЦАП – 12 разрядов.
- основная погрешность – 0,2 %;
- время преобразования – 3 мс;
- гальваническая развязка – групповая (4 канала в группе).

Для модулей с проектно-компонруемым составом:

- разрешающая способность ЦАП – (12 разрядов).
- основная погрешность – 0,2 %;
- время преобразования – 20 мкс;
- гальваническая развязка – индивидуальная или групповая (2 канала в группе).

3. Входные дискретные сигналы:

- 24V DC;
- 24V AC;
- 110V AC;
- 220V AC;

5. Дискретные (импульсные) выходные сигналы:

- транзистор, 24V/0.3A DC;
- симистор, 220V/1.0A AC;
- реле, 12-220V/6A DC/AC;
- твердотельное реле, исполнения 24V/1A, 110V/0.19A, 220V/0.14A DC/AC.

- гальваническая развязка – индивидуальная или групповая (8 каналов в группе);

- защита от короткого замыкания в цепи нагрузки – имеется.

Внешние интерфейсы

Контроллер имеет следующие внешние интерфейсы:

1. Системный канал Ethernet 10 BaseT для подключения к верхнему уровню и обмена данными между контроллерами. Канал имеет следующие характеристики:

- режимы работы канала – master/slave;
- физический интерфейс – RJ45;
- скорость передачи данных – 10МБод;
- линия связи – витая пара.

2. Системный канал с протоколами Modbus или альтернативными протоколами для подключения к верхнему уровню. Канал имеет следующие характеристики:

- режимы работы канала – master/slave;
- физический интерфейс – RS-485;
- скорость передачи данных – стандартный ряд скоростей COM-порта;

- линия связи – витая пара.
3. Канал для резервирования процессоров и контроллеров. Канал имеет следующие характеристики:
- режимы работы канала – master/slave;
 - физический интерфейс – RS-232;
 - скорость передачи данных – до 1 МБод;
 - линия связи – девятипроводный кабель.
4. Канал для подключения инженерной станции. Канал имеет следующие характеристики:
- режимы работы канала – slave;
 - физический интерфейс – RS-232;
 - скорость передачи данных – стандартный ряд скоростей COM-порта.
 - линия связи – трехпроводный кабель.
5. Канал для подключения пульта технолога-оператора. Канал имеет следующие характеристики:
- режимы работы канала – master;
 - физический интерфейс – RS-232;
 - скорость передачи данных – стандартный ряд скоростей COM - порта.
 - линия связи – трехпроводный кабель.
6. Каналы для подключения модулей ввода-вывода. Каналы имеют следующие характеристики:
- число параллельно работающих каналов – до четырех;
 - режимы работы канала – master;
 - физический интерфейс – SPI;
 - скорость передачи данных – до 2 МБод;
 - линия связи – десятипроводный кабель (с шинами питания и резервными линиями).
7. Каналы для подключения полевых приборов.
- число каналов – до четырех;
 - режимы работы канала – master;
 - физический интерфейс – RS-485;
 - линия связи – витая пара.

Общие технические характеристики

1. Параметры питания:

- напряжение – 24 В, 220 В, 240 В;
- частота – 50 Гц, 60 Гц;
- потребляемая мощность – 18 Вт, 25 ВА.

2. Эксплуатационные характеристики

- диапазон рабочих температур от +5°C до +50°C;
- влажность до 95% без конденсата;
- не требует принудительной вентиляции в диапазоне рабочих температур;
- гарантия – 18 мес. со дня ввода в эксплуатацию, сопровождение-10 лет

3.1.3. Архитектура контроллера

Как уже отмечалось, контроллер не имеет базового состава и может функционировать в рамках как процессорных, так и беспроцессорных структур. Архитектура процессорного контроллера, включающая две внутренние шины SPI и одну резервированную полевую сеть, приведена на рис.3.1, микроконтроллерная архитектура беспроцессорного контроллера – на рис.3.2. Структурные схемы контроллеров при различных вариантах резервирования его аппаратных средств приведены в разделе «Методы резервирования».

Контроллер имеет функционально-децентрализованную мультимикроконтроллерную архитектуру (ФДА), которая обеспечивает его высокие технические характеристики и системные качества при их минимальной стоимости. В состав контроллера, кроме традиционного центрального процессора (ЦП) процессора и модулей ввода-вывода (МВВ), входят различные модули микроконтроллеров (МК). Все модули контроллера имеют на борту свои собственные каналы ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов, а также встроенный бортовой микропроцессор, выполняющий функции модуля независимо и асинхронно по отношению к центральному процессору. МВВ осуществляют все функции ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов, их преобразования и предварительной обработки (фильтрация, линеаризация, калибровка, широтно-импульсное модулирование и т.п.), а также диагностику цепей и установку выходов в безопасное состояние в аварийных ситуациях. МК, кроме этого, осуществляют различные функции контроля и управления технологическим оборудованием. МК могут выполнять свои функции как под управлением центрального процессора (или параллельно с ним), получая от него некоторые обобщенные команды (например, задание регулятору), повышая, таким образом, живучесть всего процесса управления, так и при отсутствии последнего, например, в мини- и микро-системах, снижая стоимость автоматизации несложных объектов при сохранении однородности аппаратуры.

Обмен данными центрального процессора с модулями также децентрализован и осуществляется с помощью четырех процессоров (микроконтроллеров) ввода-вывода (ПВВ), каждый из которых управляет одной шиной.

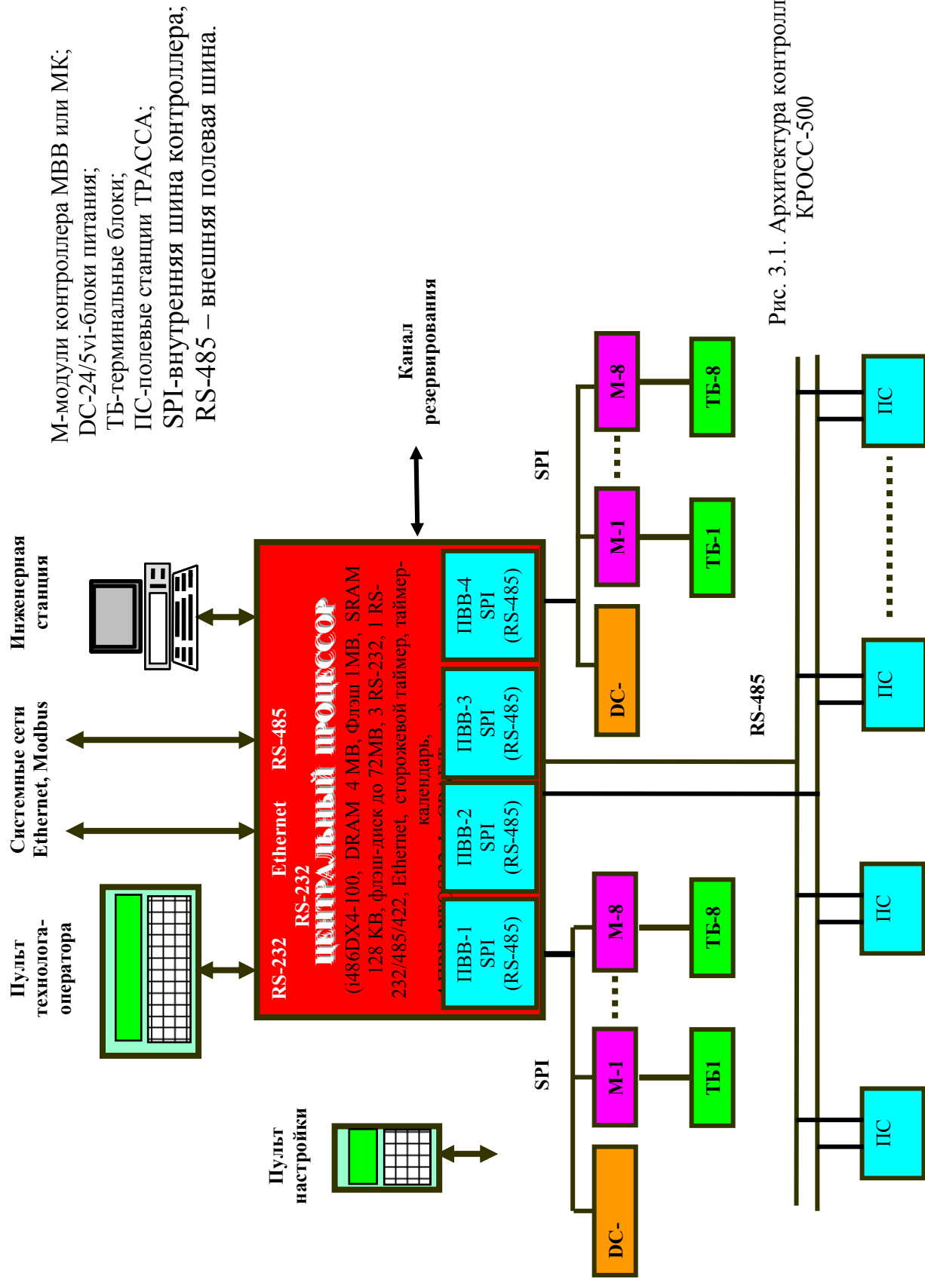


Рис. 3.1. Архитектура контроллера КРОСС-500

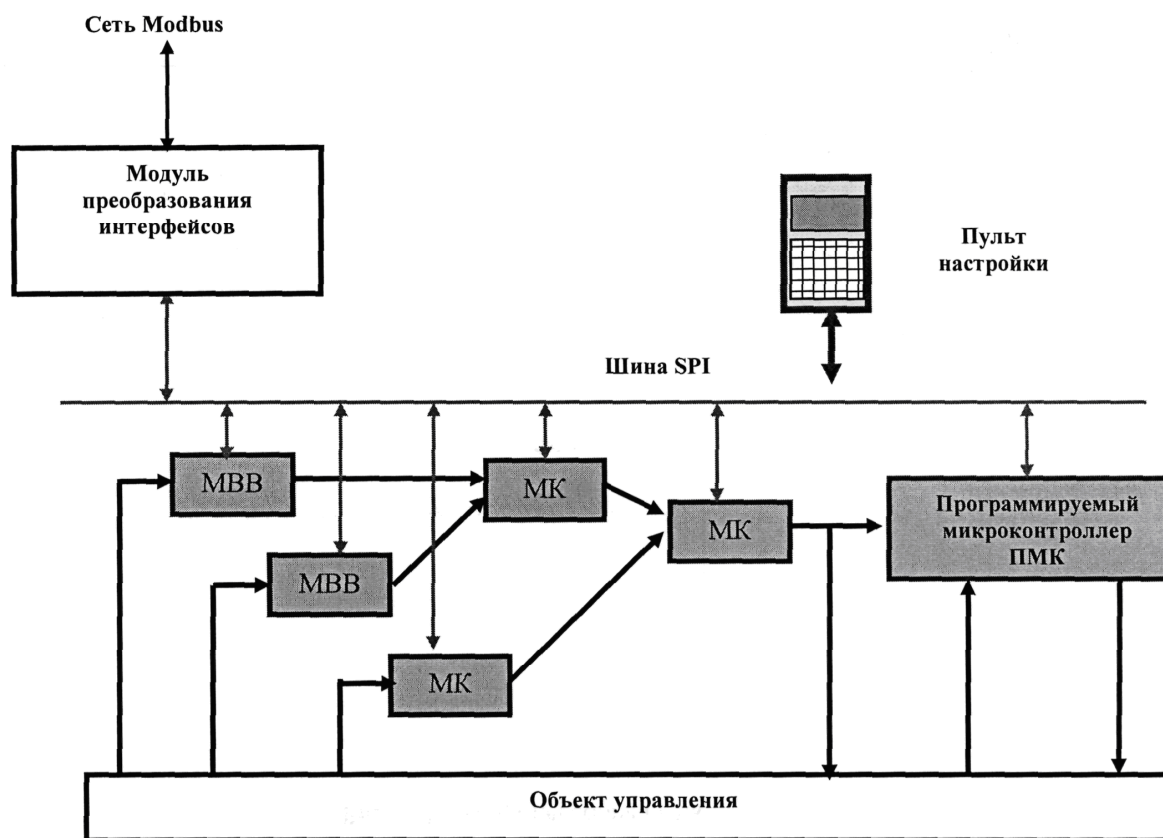


Рис. 3.2. Архитектура беспроцессорного контроллера

Обмен данными центрального процессора с модулями также децентрализован и осуществляется с помощью четырех процессоров (микроконтроллеров) ввода-вывода (ПВВ), каждый из которых управляет одной шиной. Все ПВВ работают параллельно и независимо по отношению к ЦП и друг другу. ЦП взаимодействует с остальными модулями контроллера через базу данных ПВВ с быстрым доступом.

На рис. 3.3 показана традиционная циклограмма работы контроллера, на рис.3.4-циклограмма работы контроллера КРОСС-500.

Децентрализация функций контроллера и наличие четырех параллельно работающих шин резко снижает интенсивность обменов данными между ЦП и модулями. Это позволяет без снижения общей производительности перейти к последовательным шинам межмодульного обмена с малым числом линий, что существенно повышает надежность контроллера и гибкость его конструкции, а также снижает сложность и стоимость модулей и конструктивов. Каждый ПВВ имеет последовательную шину для подключения модулей контроллера-внутреннюю с интерфейсом SPI или (по заказу) полевою с интерфейсом RS-485. К полевой шине могут подключаться модули контроллера ТРАССА или, в перспективе, полевые приборы других фирм (например, ADAM-4000).

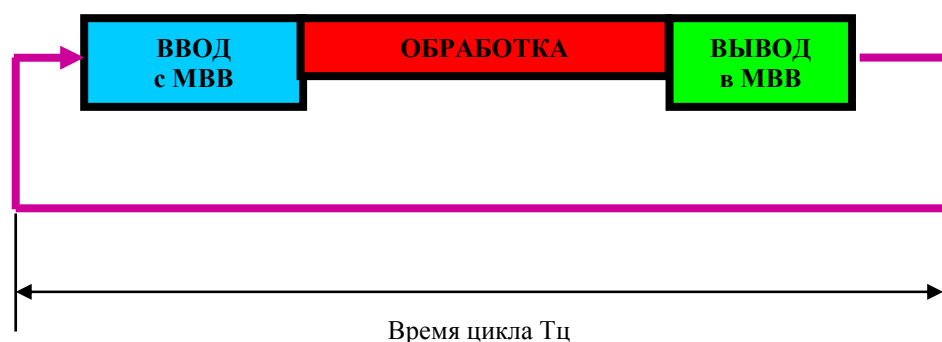


Рис.3.3. Циклограмма контроллера с традиционной архитектурой

Из рисунков видно, что в контроллере КРОСС-500 различные составные части параллельно выполняют следующие задачи:

- **ЦП** - текущий цикл обработки данных;
- **ПВВ** - вывод выходных значений предыдущего цикла работы ЦП в МВВ и МК, а также ввод значений сигналов с МВВ и МК в ЦП для следующего цикла его работы;
- **МК**-циклическое решение своих задач управления с собственным значением времени цикла, существенно меньшим, чем цикл работы контроллера, и за один цикл контроллера МК выполняют несколько циклов своей работы.

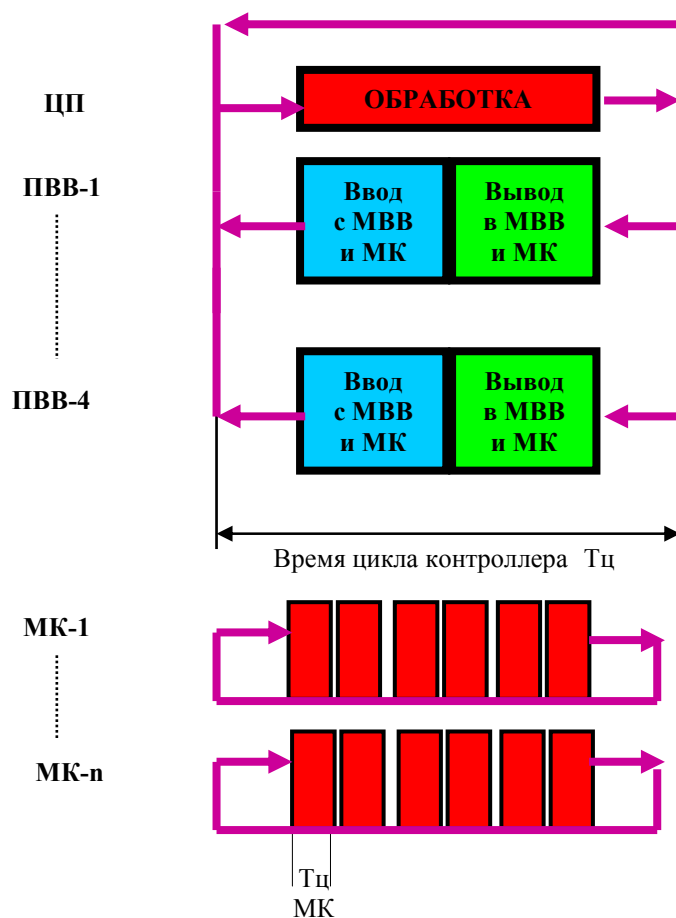


Рис.3.4. Циклограмма контроллера КРОСС-500

Таким образом, ФДА обеспечивает:

- высокую производительность и динамические качества управления в реальном времени контроллера в целом и отдельных его задач, возможность снижения мощности и стоимости центрального процессора;
- высокую живучесть контроллера за счет автономного (или дублированного с центральным процессором) выполнения наиболее ответственных управляющих функций (защита, регулирование и т.п.);
- снижение интенсивности обменов между модулями, возможность перехода на узкие последовательные шины, обеспечивающие тотальный контроль достоверности передаваемых данных, малое число контактов межмодульных соединений, гибкий DIN-конструктив.
- отсутствие понятия «базовый состав» контроллера, возможность оптимального применения средств контроллера для автоматизации объектов как высокой и средней сложности (структуры контроллера на базе центрального процессора, МК и MBV), так и малой сложности (структуры контроллера на базе МК, без центрального процессора).

3.2. Распределенный контроллер ТРАССА

В настоящее время получают все более широкое распространение полевые системы удаленного ввода-вывода сигналов. Они имеют, по сравнению с сосредоточенными контроллерами, следующие преимущества [13]:

- сокращение количества локальной проводки;
- сокращение числа контактных соединений, повышенная надежность;
- снижение стоимости оборудования;
- снижение стоимости проектирования;
- снижение стоимости монтажных работ.

В то же время существующие системы обладают рядом недостатков:

- низкие динамические качества систем;
- низкая живучесть систем из-за централизации функций при низкой надежности линий связи;
- большие затраты на сетевую аппаратуру.

В ОАО «ЗЭиМ» (г. Чебоксары) в развитие контроллеров серии Р-130 и КРОСС разработан распределенный контроллер ТРАССА, представляющий собой информационно-управляющую систему полевых приборов, свободную от этих недостатков. Основное назначение контроллера - построение высокоэффективных систем автоматизации территориально-рассредоточенных, протяженных или небольших объектов.

По сравнению с известными семействами полевых приборов удаленного ввода-вывода сигналов, контроллер ТРАССА имеет следующие отличительные особенности, определяющие его потребительские качества:

- функционально-децентрализованную мультимикроконтроллерную архитектуру;
- развитые сетевые возможности;
- гибкие возможности масштабирования при настройке на объект;
- стандартные средства программирования и настройки.

3.2.1. Концепция построения системы

Контроллер ТРАССА является территориально распределенным аналогом контроллера КРОСС-500. Функционально-децентрализованная мультимикроконтроллерная архитектура обеспечивает высокие

технические характеристики и системные качества контроллера при минимальной стоимости. В состав ТРАССЫ входят хост-контроллер (ХК) и стандартные модули ввода и вывода (МВВ) различных сигналов полевой сети, обеспечивающие географическую децентрализацию систем ввода-вывода контроллера. Кроме того, имеется ряд модулей микроконтроллеров (МК), выполняющих различные функции контроля и управления автономно, независимо от хост-контроллера сети, и обеспечивающих таким образом как географическую, так и функциональную децентрализацию систем. При этом достигаются следующие качества систем:

- снижение стоимости систем за счет сокращения количества линий связи и затрат на проектирование, монтаж и эксплуатацию, то есть их географической децентрализации;
- высокие надежность и живучесть систем за счет функциональной децентрализации;
- высокие динамические качества выполнения функций за счет их автономного и параллельного выполнения, исключения задержек в передаче данных к хост-контроллеру и обратно;
- резкое снижение интенсивности обменов данными полевой сети, возможность использования дешевого низкоскоростного сетевого оборудования.

Развитые сетевые возможности

В системе ТРАССА аппаратура полевой сети конструктивно оформлена в виде отдельного прибора - сетевого шлюза. Такое решение обеспечивает следующие возможности:

- обслуживание одним сетевым шлюзом нескольких полевых приборов, находящихся в зоне технологического объекта (полевая станция), что снижает стоимость систем за счет сокращения объемов сетевой аппаратуры;
- возможность осуществления транзакций между приборами в пределах одной полевой станции без использования ресурсов полевой шины;
- адаптация полевых приборов к различным типам полевых сетей путем установки в полевой станции соответствующего сетевого шлюза (Modbus, Rofibus, CAN, ASCI, Ethernet);
- дублирование полевых сетей путем установки дублированных сетевых шлюзов.

Гибкие возможности масштабирования приборов и систем

Система ТРАССА обеспечивает настройку на объект с точностью до одного аналогового канала, то есть имеет нулевую избыточность. Это обеспечивается следующими возможностями приборов:

- проектная компоновка полевой системы (до 4 полевых сетей, подключенных к хост-контроллеру)
- проектная компоновка полевых сетей (до 127 полевых станций в сети)
- проектная компоновка полевых станций (до 8 приборов в станции, не считая шлюза)
- проектная компоновка полевых приборов каналами ввода-вывода сигналов (до 32 аналоговых и/или дискретных каналов ввода-вывода).

Стандартная система программирования

В качестве средств программирования и инженерного обслуживания приборов ТРАССА используются соответствующие средства контроллера КРОСС-500:

- стандартные компиляторы Microsoft Visual C++ или Borland C++ Builder;
- система технологического программирования ISaGRAF (стандарт МЭК 61131-3)
- система инженерного обслуживания приборов КОНФИГУРАТОР.

3.2.2. Архитектура систем на базе приборов ТРАССА

На рисунке 3.5. показана архитектура информационно-управляющей системы, имеющей три полевых сети, подключенных к хост-контроллеру, одна из которых дублирована:

Состав контроллера ТРАССА

В состав системы входят следующие устройства:

- хост-контроллер ХК;
- модули ввода-вывода МВВ;
- модули микроконтроллеров МК;
- сетевые шлюзы СШ и сетевые повторители;
- пульты;
- блок питания.

Ниже рассматриваются краткие технические характеристики этих устройств.

Хост-контроллер, пульты, блок питания

В качестве хост-контроллера полевой системы, пульта инженера, пульта оператора и блока питания используется блок процессора контроллера КРОСС-500 и его пульта. В качестве блока

питания полевых приборов и дискретных каналов используется модуль DRA-60-24 для преобразования напряжения $\sim 220V$ в напряжение $=24V/2A$

Модули ввода-вывода

Имеется два типа модулей ввода-вывода:

- 1) проектно-компонованный модуль ввода-вывода дискретных сигналов T-DIO;
- 2) проектно-компонованный модуль ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов повышенного быстродействия T-ADIO.

Модуль T-DIO предназначен для ввода-вывода дискретных сигналов и содержит 8 мест для установки ячеек ввода или вывода дискретных сигналов.

Модуль имеет проектно-компонованную конструкцию и обеспечивает точную настройку полевого прибора на объект, снижая избыточность и стоимость систем. Объектами компоновки (заказа) являются каналные ячейки дискретных сигналов.

Имеются следующие типы каналных ячеек:

- 1) ячейка ввода двух дискретных сигналов (24V DC);
- 2) ячейка ввода одного дискретного сигнала (исполнения 24, 110, 220V AC);
- 3) ячейка вывода двух дискретных сигналов (транзистор, 24V/0.3A DC);
- 4) ячейка вывода одного дискретного сигнала (симистор, 220V/1.0A AC);
- 5) ячейка вывода одного дискретного сигнала (реле, 12-220V/6A DC/AC);
- 6) ячейка вывода одного дискретного сигнала (твердотельное реле, исполнения 24V/1A, 110V/0.19A, 220V/0.14A DC/AC).

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

Модуль T-ADIO предназначен для ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов повышенного быстродействия и содержит 8 мест для установки ячеек ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов. Все ячейки работают параллельно, чем обеспечиваются высокие динамические качества модуля.

Модуль имеет проектно-компонованную конструкцию и обеспечивает точную настройку полевого прибора на объект, снижая избыточность и стоимость систем. Объектами компоновки (заказа) являются каналные ячейки аналоговых и дискретных сигналов.

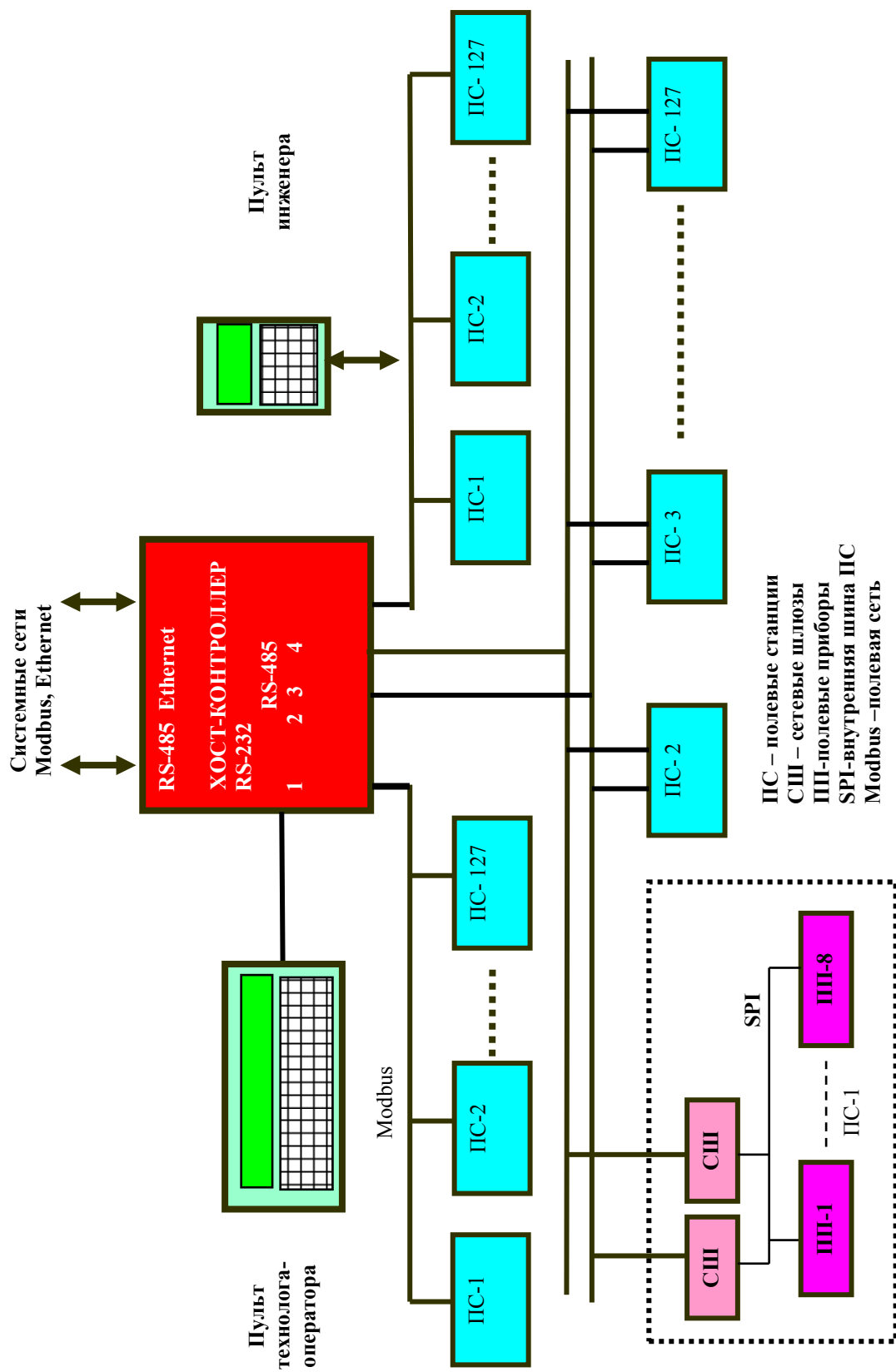


Рис. 3.5. Архитектура системы ТРАССА

Имеются следующие типы канальных ячеек:

- 7) ячейка ввода двух дискретных сигналов (24V DC);
- 8) ячейка ввода одного дискретного сигнала (исполнения 24, 110, 220V AC);
- 9) ячейка вывода двух дискретных сигналов (транзистор, 24V/0.3A DC);
- 10) ячейка вывода одного дискретного сигнала (симистор, 220V/1.0A AC);
- 11) ячейка вывода одного дискретного сигнала (реле, 12-220V/6A DC/AC);
- 12) ячейка вывода одного дискретного сигнала (твердотельное реле, исполнения 24V/1A, 110V/0.19A, 220V/0.14A DC/AC).

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

Модуль T-ADIO предназначен для ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов повышенного быстродействия и содержит 8 мест для установки ячеек ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов. Все ячейки работают параллельно, чем обеспечиваются высокие динамические качества модуля.

Модуль имеет проектно-компоновочную конструкцию и обеспечивает точную настройку полевого прибора на объект, снижая избыточность и стоимость систем. Объектами компоновки (заказа) являются канальные ячейки аналоговых и дискретных сигналов.

Имеются следующие типы канальных ячеек:

- 1) ячейка ввода унифицированного сигнала тока или напряжения AI1 (0-10 В, 0-5, 0-20, 4-20 мА, 60 мс, 15 разрядов);
- 2) ячейка быстрого ввода унифицированного сигнала тока или напряжения AI2 (0-10 В, 0-5, 0-20, 4-20 мА, 2 мкс, 12 разрядов, настройка времени фильтрации);
- 3) ячейка ввода четырех унифицированных сигналов тока AI3 (0-5, 0-20, 4-20 мА, 120 мс на канал, 15 разрядов);
- 4) ячейка вывода унифицированного сигнала тока AO1 (0-5, 0-20, 4-20 мА, 20 мкс, 12 разрядов);
- 5) ячейка вывода двух унифицированных сигналов тока AO2 (0-5, 0-20, 4-20 мА, 20 мкс, 12 разрядов);
- 6) ячейка ввода сигнала термопар TC1 (± 70 мВ, 60 мс, 15 разрядов);
- 7) ячейка ввода трехпроводного сигнала термосопротивлений TR1 (0-200 Ом, 0-400 Ом, 60 мс, 15 разрядов);
- 8) ячейка ввода четырехпроводного сигнала термосопротивлений TR2 (0-200 Ом, 0-400 Ом, 60 мс, 15 разрядов);

9) ячейка ввода двух четырехпроводных сигналов термосопротивлений, измерения разности температур TR3 (0-200 Ом, 60 мс, 15 разрядов, $\Delta \leq 0.2\%$ при разности 50 °С);

10) ячейка ввода 2-х частотных или число-импульсные сигналов FI1 (0-50 кГц).

11) ячейка ввода четырех дискретных сигналов DI (24V DC);

12) ячейка вывода четырех дискретных сигналов DO (транзистор, 24V/0,3A DC);

Все аналоговые ячейки имеют основную погрешность $\Delta \leq 0.1\%$.

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

Модули микроконтроллеров

Номенклатура модулей микроконтроллеров МК содержит следующие модули:

- микроконтроллер исполнительных органов (Т-МК1);
- микроконтроллер аналого-дискретных преобразований (Т-МК2);
- программируемый микроконтроллер (Т-МК3).

Микроконтроллер Т-МК1 построен как проектно-компонруемое по заказу потребителя изделие на базе подсистемы ввода-вывода модуля Т-DIO, содержит до 16 дискретных входов-выходов и является полным функциональным аналогом модуля МК1 контроллера КРОСС-500.

Микроконтроллер аналого-дискретных преобразований Т-МК2 построен как проектно-компонруемое по заказу потребителя изделие на базе подсистемы ввода-вывода модуля Т-ADIO, содержит до 32 аналоговых и/или дискретных каналов ввода-вывода и является полным функциональным аналогом модуля МК2 контроллера КРОСС-500.

Программируемый микроконтроллер Т-МК3 построен как проектно-компонруемое по заказу потребителя изделие на базе подсистемы ввода-вывода модуля Т-ADIO, содержит до 32 аналоговых и/или дискретных каналов ввода-вывода и является полным функциональным аналогом модуля МК3 контроллера КРОСС-500.

Сетевые шлюзы сетевые повторители

В настоящее время в состав контроллера входит один сетевой шлюз с протоколом Modbus, как наиболее популярным и простым при подключении полевых сетей непосредственно к компьютеру, без использования хост-контроллера. В будущем, при появлении потребности и заявок потребителей, планируется расширение номенклатуры шлюзов со следующими протоколами:

- протоколы других полевых сетей (ASCI, Profibus, CAN и т.п.);

- протоколы сопряжения с проводными и радио-модемами;
- протоколы телемеханики.

В качестве сетевого повторителя используется модуль преобразования интерфейсов МПИ контроллера КРОСС-500, работающий в режиме репитера RS-485/RS-485.

Конструктивы

Конструктивно полевые приборы содержат процессорный модуль, модуль ввода-вывода, блок питания, клеммно-модульный соединитель, корпус и светодиодные индикаторы значений дискретных сигналов.

Все полевые приборы выполнены для монтажа на DIN-рейку. Соединения приборов в полевой станции осуществляются при помощи гибкого жгута, что исключает необходимость в специальных конструктивах. Полевая станция может быть смонтирована в любой конструктивной оболочке с глубиной не менее 200 мм. Размеры приборов (длина L x глубина В x высота Н, мм): сетевой шлюз- 96x110x118, остальных приборов – 146x110x118. Приборы устанавливаются на DIN-рейку стороной L.

Соединение приборов и Т-МК1 с внешними цепями осуществляется через встроенные клеммные соединители. Ввод-вывод дискретных сигналов 220V DC/AC в приборах Т-АДИО Т-МК2 и Т-МК3 может быть осуществлен через терминальные блоки контроллера КРОСС-500. Внешний вид приборов ТРАССА показан на рис. 2.

Эксплуатационные характеристики

- диапазон рабочих температур от +5°C до +50°C;
- влажность до 95% без конденсата
- не требует принудительной вентиляции в диапазоне рабочих температур;
- гарантия – 18 мес. со дня ввода в эксплуатацию, сопровождение-10 лет.

Вопросы для самопроверки

1. Назначение и отличительные особенности контроллера.
2. Объяснить концепцию построения контроллера.
3. Какие возможности обеспечивает сетевой шлюз?
4. Что дают масштабирование и стандартная система программирования?
5. Перечислить устройства, входящие в состав контроллера?

3.3. Программируемый контроллер ПКЭМ-3

3.3.1. Назначение

Контроллер ПКЭМ-3 представляет собой многоцелевое

микропроцессорное устройство, архитектура которого оптимизирована для решения задач автоматического управления технологическими процессами[14]. Контроллер предназначен для управления технологическим оборудованием в различных отраслях промышленности. При этом он может использоваться как в качестве автономного технического средства, решающего комплекс задач непрерывно-дискретного управления и регулирования, так и в децентрализованной системе автоматического управления на базе промышленной сети Ethernet.

Система управления технологическим оборудованием на базе контроллера строится методом проектной компоновки. Контроллер имеет блочно-модульную структуру. Широкий набор отдельных функциональных модулей, предназначенных для использования в составе контроллера, определяется пользователем в зависимости от требуемого числа и вида каналов ввода/вывода информации. Модули, используемые в контроллере, выполнены по Евростандарту в формате 3U (100x160 мм). В зависимости от сложности конструкции модулей их ширина составляет 4HP или 8HP (1HP = 5,08 мм). По количеству входов/выходов контроллер относится к классу мини-ПК, хотя по своим функциональным возможностям превосходит большие ПК (с количеством входов/выходов 1024 и более).

3.3.2 Основные достоинства

Стандартизация. Стандартная шина VME (стандарт МЭК 821), стандартные конструктивы модулей--и каркаса (3U) позволяют применять широкий набор модулей, работающих с шиной VME, и создают благоприятные возможности создания многопроцессорной системы управления.

Наличие программно-аппаратной поддержки стандартной локальной сети Profibus обеспечивает коммуникацию с другими системами управления. Применение модуля мезонинных плат ММП значительно облегчает задачу оптимизации системы благодаря использованию широкого спектра мезонинных плат, имеющих интерфейс ModPack.

Надежность. Внутренние программно аппаратные средства диагностики (Watchdog) и многопроцессорный принцип построения системы управления обеспечивают возможность создания отказобезопасной и отказоустойчивой системы управления на основе дублирования, "горячего" резервирования, мажорирования.

Наличие энергонезависимой памяти обеспечивает сохранение программы при отключенном напряжении питания. Высокая надежность работы обеспечивается также применением контактов и разъемов фирмы

WAGO и AMP.

Коммуникация. Коммуникационные средств Profibus позволяют:

- создавать децентрализованные системы управления с несколькими активными абонентами (до 32 абонентов) при общем количестве абонентов до 122;
- обеспечивать связь с другими системами управления, с периферийными устройствами – панелями оператора, мониторами, ПЭВМ и др.

Модульная конструкция обеспечивает гибкость в конфигурации системы управления.

Компактная конструкция экономит место при монтаже в шкафах электрооборудования или в пультах управления.

Комфортабельность и сервис. Удобство обслуживания посредством простой техники подключение монтажных проводов разрешает:

- быструю коммутацию модулей ввода/вывода с объектом управления;
- оперативную замену модулей.

Комфортабельное программирующее устройство с инструментальной системой разработки обеспечивает:

- удобство при программировании;
- широкий набор языков программирования;
- экономию времени отладки программ управления объектом.

3.3.3. Состав контроллера

Программируемый контроллер ПКЭМ-3 состоит из процессорного блока и модулей ввода/вывода.

Процессорный блок включает блок монтажный; процессорный модуль VSBC 32; блок питания.

Монтажный блок контроллера выполнен из коррозионно-стойких алюминиевых сплавов в соответствии с рекомендациями МЭК (стандарт IEC 297).

Объединительная плата с 96-ю контактными разъемами входит в состав монтажного блока и осуществляет функцию связи между модулями по интерфейсу VME (стандарт МЭК 821).

Процессорный модуль VSBC 32 используется на шине VME в настоящей конфигурации как "системная плата". VSBC 32 осуществляет функции: арбитра шины, арбитра прерываний, системного сброса, контроля питания, контроля времени ответа по запросу модулей, системной синхронизации.

Состав и технические характеристики

Процессор 68020 реализован на базе микропроцессора MC68EN360, работающего при тактовой частоте 33 МГц, а также содержит сопроцессор ("коммуникационный" процессор), управляющий работой последовательных каналов платы VSBC 32 и работающий параллельно с основным процессором.

EPROM - до 1 Мбайт электрически программируемого ПЗУ или Flash.

SRAM - до 1 Мбайт - энергонезависимое ОЗУ, в которое загружается управляющая рабочая программа.

RTC - энергонезависимый таймер реального времени, имеющий возможность программирования для выдачи прерывания через определенные программно установленные интервалы времени, для контроля работы процессорной платы. Имеет в своем составе два 32-разрядных таймера.

Watchdog - внутренняя схема контроля времени ответа от выбранного устройства на шине VME. Может быть включен или выключен по желанию.

Арбитр шины VME - выполняет одноуровневый алгоритм арбитража линии BR3 и активизирует приоритетную цепочку разрешения шины для линии BR3.

Арбитр прерываний - IRQ1-IRQ7 - схема приема с шины VME запросов на прерывание, проверка их приоритета и выдача ответа - сигнал IACK с кодом прерывания по шине адреса.

RS-232 - радиальный интерфейс, необходимый для подключения ПЭВМ типа IBM PC.

RS-485 - магистральный последовательный интерфейс, необходимый для создания локальной сети Profibus.

Блоки питания

I

Блок питания БП-5В/8А предназначен для формирования стабилизированных вторичных напряжений +5 В, ±12 В на шине контроллера ПКЭМ-3 для процессорных блоков на 7-15 мест. Подключение к питающему напряжению осуществляется с помощью быстросъемного разъема типа WAGO на лицевой панели блока питания. В данном блоке питания предусмотрены защита цепей от перенапряжения на выходе блока; переполюсовки входного напряжения; перегрузки по току по всем выходным цепям.

Габаритные размеры блока - 40x128,5x196 мм.

Блок питания БП-5В/12А предназначен для формирования стабилизированных вторичных напряжений +5 В, ±12 В на шине 21-местного ПКЭМ-3. Подключение к питающему напряжению осуществляется с помощью быстросъемного разъема типа WAGO на

лицевой панели блока.

В блоке питания предусмотрена защита цепей:

- от перегрузки по току по всем выходным цепям;
- от переплюсовки входного напряжения;
- от перенапряжения на выходе блока.

Индикация рабочего и аварийного состояний осуществляется с помощью индикаторов на лицевой панели.

Габаритные размеры блока питания - 40x262x 196 мм.

Блок питания БП-220 предназначен для формирования стабилизированных вторичных напряжений +5 В, ■ ±12 В на шине контроллера ПКЭМ-3 для процессорных блоков на 7-15 мест.

Габаритные размеры блока - 40x 128,5x 196 мм.

В блоке питания предусмотрена защита цепей от перегрузок по цепям электропитания 220 В с помощью предохранителя от короткого замыкания по выходу, от перенапряжения на выходе, суммарной токовой перегрузки преобразователя.

Индикация рабочего и аварийного состояний осуществляется с помощью индикаторов на лицевой панели: индикатор "работа" зеленый; индикатор "авария" - красный.

Трансфилтър ТФ предназначен для преобразования напряжения 220/110 В сети переменного тока в постоянное нестабилизированное напряжение =24 В и может быть использован для питания контроллера ПКЭМ-3 с блоками питания БП-5В/8А и БП-5В/12А, а также устройств электроавтоматики технологического объекта. В трансфилтре предусмотрена защита от короткого замыкания в нагрузке с помощью плавкого предохранителя.

Модули ввода/вывода

Внешние подключения и соединения между модулями и объектом осуществляются посредством разъемов:

- процессорный модуль - типа DB-9, DB-15;
- модули ввода/вывода (кроме модулей ВЫВОД ЦА, ВВОД АЦ и ММП) и блоки питания - фирмы WAGO (клеточная пружина);
- модуль АЦ типа DB-37;
- модуль ЦА фирмы Weidemuller (под винт);
- модуль ММП фирмы AMP.

Модуль дискретного ввода ВВОД _24 предназначен для приема от управляемого объекта сигналов в виде для напряжения 24 В постоянного тока, преобразования и выдачи их на шину VME контроллера, а также для гальванической развязки между управляемым объектом и шиной VME. В модуле предусмотрена защита от инверсии полярности входного сигнала.

Модуль дискретного ввода ВВОД ~ 110 предназначен для приема от управляемого объекта сигналов в виде напряжения ~ 110 В переменного тока, преобразования и выдачи их на шину VME контроллера, а также для обеспечения гальванической развязки между управляемым объектом и шиной VME.

Модуль дискретного ввода ВВОД ~ 220 предназначен для приема от управляемого объекта сигналов в виде напряжения 220 В переменного тока, преобразования и выдачи их на шину VME контроллера, а также для обеспечения гальванической развязки между управляемым объектом и шиной VME.

Модуль дискретного вывода ВЫВОД $=24/1$ предназначен для формирования из информационных сигналов шины VME контроллера сигналов дискретного управления технологическим объектом в виде напряжения 24 В постоянного тока, а также для гальванической развязки управляемого объекта с контроллером. В модуле предусмотрена электронная защита от короткого замыкания и перегрузки каждого канала.

Модуль дискретного вывода ВЫВОД $\sim 220/2$ предназначен для формирования из информационных сигналов шины VME контроллера сигналов управления технологическим объектом в виде напряжения сети питания 110/220 В переменного тока, а также для гальванической развязки управляемого объекта с шиной VME. В модуле предусмотрена защита выходов каналов от перегрузки с помощью плавкого предохранителя.

Модуль дискретного вывода ВЫВОД РЕЛЕ предназначен для формирования из интерфейсных сигналов шины VME контроллера сигналов управления технологическим объектом в виде напряжения переменного или постоянного тока, а также для гальванической развязки управляемого объекта с шиной VME. В модуле предусмотрена защита контактов реле от короткого замыкания и перегрузки каждого канала вывода.

Модуль аналого-цифрового преобразователя ВВОД АЦ предназначен для преобразования входных аналоговых сигналов в сигналы шины VME.

Модуль цифро-аналогового преобразователя ВЫВОД ЦА предназначен для преобразования сигналов шины VME в выходной аналоговый сигнал тока или напряжения.

Модуль мезонинных плат ММП является платой-носителем мезонинных плат (МП) и предназначен для обеспечения связи любых двух (идентичных или различных) МП, имеющих интерфейс ModPack, с шиной VME и объектом управления.

Применение мезонинных плат

Стандартные мезонинные платы с интерфейсом ModPack обеспечивают гибкие механизмы создания конечной системы, минимизируют ее габариты и обеспечивают быстроту и ценовую эффективность конечных решений. Например, возникла необходимость реконфигурировать систему управления для организации точного позиционирования. Можно спроектировать комбинированную плату быстрых счетчиков и необходимое количество дискретных входов/выходов. Это займет как минимум год, а если взять один модуль ММП и определенный набор мезонинных плат ModPack, то эту задачу можно решить в течение одного часа. Для этого необходимо взять модуль ММП, установить на него мезонинную плату PB-CNT2, выбрать в соответствии с задачей необходимую мезонинную плату ввода/вывода (PB-DIN/PB-DOOUT/PB-DIO4) и установить ее на ММП, вставить модуль ММП с мезонинными платами в контроллер и составить программу управления, пользуясь готовыми "драйверами".

Если возникла необходимость организовать позиционирование с интерполяцией (например, с 6 степенями свободы), Вам достаточно на модуль ММП установить две PB-CNT2, а на второй модуль ММП установить необходимый набор мезонинных плат с аналоговыми и дискретными входами/выходами. Если необходимо увеличить количество каналов RS-232/422/48 просто возьмите модуль ММП и установите на нее мезонинные платы с необходимыми последовательными каналами.

3.3.4. Программирование

Инструментальная система разработки ISaGRAF имеет набор драйверов для модулей, применяемых в составе контроллера ПКЭМ-3, который пополняется при расширении состава модулей. Наличие готовых драйверов практически сводит разработку программы к адресации модулей, привязке к ним необходимых переменных и описания логики их действия, используя языки программирования: SFC, LD, ST, FBD, IL, C.

Составление и ввод программы в контроллер осуществляется системным программатором ПС-3 - комплектом принадлежностей для программирования ПКЭМ-3, который применяется в комплекте с ПЭВМ типа IBM PC.

Тесты программ вводятся с помощью программирующих средств с дискеты, пользуясь руководством оператора. Программатор ПС-3 представляет собой ПЭВМ типа Notebook, оснащенную пакетом ISaGRAF, работающую под управлением MS Windows.

Программирование контроллера осуществляется с помощью

инструментальной системы ISaGRAF, работающей в среде операционной системы реального времени OS-9. ISaGRAF - это интегрированная среда, поддерживающая программирование контроллеров в стандарте IEC 1131-3. Основным достоинством ISaGRAF является простой, понятный для технолога, графический интерфейс: встроенные средства отладки, моделирования, тестирования и документирования, поддержка промышленных сетей Profibus и Modbus. Языки программирования ISaGRAF включают:

- язык последовательных функциональных схем (Sequential Function Charts; Grafcet), описывающий логику программы как последовательность процедурных шагов и условных переходов;
- язык функциональных блочных диаграмм (Function Block Diagrams), на котором процедура строится из различных функциональных блоков, имеющих в библиотеке (арифметические выражения, управление логикой, ПИД-регуляторы, блоки описания законов управления, мультиплексоры и т.д.);
- язык релейных диаграмм (Ladder Diagrams), строящий программу из логических переключателей;
- структурированный текст (Structured Text), являющийся языком высокого уровня типа PASCAL, полезен при написании процедур обработки данных;
- список инструкций (Instruction List);
- язык низкого уровня для создания оптимизированных процедур;
- интерфейс с функциями, написанными на ANSI C (при наличии компилятора).

ISaGRAF позволяет свободно вставлять блоки, написанные на одном языке, в процедуры, написанные на другом языке. ISaGRAF может поставляться заказчику как отдельный программный продукт, так и в составе компьютера типа Notebook. Такое устройство называется ПС-3 - программатор системный.

По заказу потребителя контроллер может комплектоваться хорошо известными на российском рынке автоматизации SCADA-системами Trace Mode и In TOUCH.

В качестве средств визуализации систем управления на базе ПКЭМ-3 поставляются панели оператора фирм Exor Elektronik R&D (Италия) или Allen-Bradley.

3.3.5. Условия эксплуатации

Контроллер ПКЭМ-3 необходимо эксплуатировать при следующих параметрах окружающей среды:

- температура воздуха при эксплуатации - от 1 до 55 °С;
- относительная влажность воздуха - от 5 до 95 %;
- атмосферное давление - от 84 до 107 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.);
- вибрации частотой от 10 до 55 Гц с амплитудой 0,35 мм.

Для более суровых условий контроллер может быть поставлен в исполнении с расширенным температурным диапазоном эксплуатации (от -40 до 85 °С).

Контроллер устойчив к воздействию:

- переменного напряжения частотой от 100 Гц до 30 МГц синусоидальной характеристики амплитудой от 1 мВ до 1 В (эффективное значение) по каждой фазе электропитания;
- пилообразного напряжения частотой от 10 Гц до 1 МГц амплитудой от 1 мВ до 1 В по каждой фазе электропитания;
- микросекундных импульсных помех амплитудой 1 кВ по цепи питания и интерфейсной цепи модулей ввода/вывода;
- электростатических разрядов амплитудой 4 кВ на корпус контроллера;
- наносекундных импульсных помех амплитудой 1 кВ по цепям питания амплитудой 0,5 кВ по интерфейсным цепям модулей ввода/вывода;
- динамических изменений напряжения питания: провал - 30 % от номинального длительностью 500 нс; превышение — 100 % от номинального длительностью 100 нс; выброс - 20 % от номинального длительностью 500 нс.
- кондуктивных радиопомех частотой: 0,15-0,5 МГц амплитудой 80 дБ; 0,5-2,5 МГц амплитудой 74 дБ; 2,5-30 МГц амплитудой 66дБ;
- радиопомех, распространяемых по полю, частотой от 0,15 до 300 МГц с уровнем 60 дБ.

Вопросы для самопроверки

1. Назначение контроллера.
2. Перечислить основные достоинства контроллера.
3. Назвать состав контроллера и технические характеристики.
4. Как обеспечивается программирование контроллера?
5. Параметры окружающей среды, при которых необходимо эксплуатировать контроллер.

3.4. ТКМ700 - программируемый контроллер для универсальных решений

Сердцем любого современного программно-технического комплекса АСУ ТП является программируемый логический контроллер. От его технических возможностей, надежности, удобства подключения, программирования и эксплуатации во многом зависят технико-экономические показатели работы автоматизированной системы и эффективность технологического процесса в целом. Группа компаний "ТЕКОН" имеет большой опыт в разработке и производстве ПТК, удовлетворяющих требованиям для решения задач автоматизации различной сложности и масштаба [15].

Широкая номенклатура продукции позволяет оптимально выбирать аппаратные и программные средства, исходя из особенностей объектов управления. Такие контроллеры, как МФК, ТКМ410, ТКМ52, ТКМ51 и ТЕКОНИК® успешно эксплуатируются на сотнях объектов. Вся линейка контроллеров "ТЕКОН", включая новые разработки, является программно и аппаратно совместимой, что позволяет, однажды освоив программно-техническую базу, быстро и качественно разрабатывать АСУ ТП и обеспечивать высокий уровень сопровождения ПТК.

В 2005 г. популярная серия контроллеров среднего класса ТКМ дополнена новым изделием - ТКМ700. По своей информационной мощности новинка приближается к возможностям контроллеров серии МФК и значительно превосходит другие контроллеры серии ТКМ. Контроллер имеет распределенную архитектуру и модульный принцип построения, что позволяет создавать оптимальную конфигурацию контроллера, выбирая различные типы объединительных панелей (крейтов) и модулей ввода/вывода для конкретного объекта автоматизации. Для сравнения в таблице 3.1 приведены основные функциональные характеристики контроллеров серии ТКМ.

Таблица 3. 1

Основные функциональные характеристики контроллеров серии ТКМ

Основные функциональные характеристики контроллеров серии ТКМ				
Контроллер	ТКМ700		ТКМ52	ТКМ410
Конструкция	Модульная с крейтами расширения		4-модульный моноблок	Моноблок
Процессор	32-бит XScale 400 МГц	32-бит RISC 54 МГц	586/100/133 МГц	32-бит RISC 33 МГц
Системное ПЗУ	32 Мбайта	1 Мбайт	16 Мбайт	2 Мбайта
Системное ОЗУ	64 Мбайта	4 Мбайта		
Энергонез ОЗУ	3 Мбайта		512 Кбайт	512 Кбайт

Продолжение табл. 3.1			
Контроллер	TKM700	TKM52	TKM410
Количество типов модулей ввода/вывода	16	12	-
Количество модулей ввода/вывода (макс.)	51	4	-
Возможности расширения	4 крейта (панели)	Модули ТЕКОНИК, ТСТ11	Модули ТЕКОНИК, ТСТ11
Горячая замена модулей	Есть	Нет	Нет
Максимальное число каналов: дискретные входы, дискретные выходы, аналоговые входы, аналоговые выходы.	3264 3264 408 408	192 160 64 32	36 24 16 2
Интерфейсы	Ethernet 10Base-T или Ethernet 10/100Base-T, COM1/RS-232 и COM2/RS-232/RS-485	Ethernet 10Base-T, COM1/RS-232, (COM2/RS-232/RS-485/VGA), LPT1	Ethernet 10Bas3xRS-232, 1xRS-232/RS-485, 1xRS-485
Местный операторский интерфейс	V04M	V04, V03	V04M

Контроллер TKM700 был создан в тесном сотрудничестве с фирмой Тесо а.с. (Чехия). Такое международное партнерство позволило в короткие сроки создать современный продукт, сочетающий в себе европейский дизайн и качество с особенностями российской эксплуатации и требованиями отечественных ГОСТ. TKM700 предназначен для построения управляющих и информационных систем автоматизации технологических процессов среднего и большого, (по числу входов/выходов) уровня сложности. Открытые стандартные интерфейсы позволяют легко интегрировать контроллер в различные сетевые структуры АСУ ТП. Контроллер отличают гибкость при конфигурировании в составе ПТК АСУ ТП, расширенные функции непрерывной самодиагностики, высокая надежность и низкое энергопотребление.

Основные преимущества TKM700:

- модульная структура и широкий выбор модулей ввода/вывода, включая 64-канальные дискретные модули;
- высокая надежность за счет низкого энергопотребления и применения современной элементной базы, оригинальных схмотехнических решений

и отлаженной технологии производства;

- непрерывная самодиагностика процессорного модуля и модулей ввода/вывода;
- горячая замена и автоматическое конфигурирование модулей ввода/вывода ("plug-&play");
- невысокая стоимость при широких функциональных возможностях;
- возможность резервирования электропитания (источники питания могут работать параллельно).

Контроллер выполнен в виде крейта с устанавливаемыми на объединительную панель модулями. В состав контроллера входят: объединительная панель RM-7941 (8 посадочных мест) или RM-7942 (15 посадочных мест), источник питания PW-7903 (занимает 2 посадочных места), процессорный модуль CP-7010 или CP-7002, модули ввода/вывода. Максимальное количество модулей ввода/вывода - 56 объединительных панелей - 4, которые могут быть удалены на расстояние до 300 м. В состав объединительной панели входят металлический каркас, внутренняя шина с разъемами для подключения модулей, переключатель для установки адреса панели и разъемы для подключения дополнительных панелей расширения или установки терминаторов. При размещении дополнительных панелей расширения контроллера в одном шкафу по объединительным кабелям вместе с сигналами внутренней шины может передаваться питание. Контроллер позволяет резервировать источники питания, при этом нагрузка источников питания распределяется равномерно. Внутренняя диагностика контроллера позволяет определять работоспособное состояние и контролировать величину нагрузки для каждого источника питания.

Совместно с ТКМ700 разработчик АСУ ТП может использовать модули ввода/вывода ТЕКОНИК® и интеллектуальные датчики ТСТ11, располагая их в непосредственной близости от объекта управления. Пример структуры ПТК АСУ ТП на базе ТКМ700 представлен на рис. 3.6.

В зависимости от масштаба АСУ ТП, количества и сложности технологических алгоритмов разработчик может выбрать один из двух вариантов процессорных модулей. Экономичная младшая модель CP-7002 выполнена на основе современного 32-разрядного RISC-процессора с тактовой частотой 54 МГц. Системные ресурсы CP-7002 включают: flash-память для хранения системного ПО (СПО) объемом 1 Мбайт, энергонезависимое статическое ОЗУ для хранения данных и прикладного ПО объемом 4 Мбайта с питанием от резервной литиевой батарейки, встроенные часы реального времени, COM1, COM2, Ethernet 10Base-T, сторожевой таймер аппаратного сброса WatchDog.

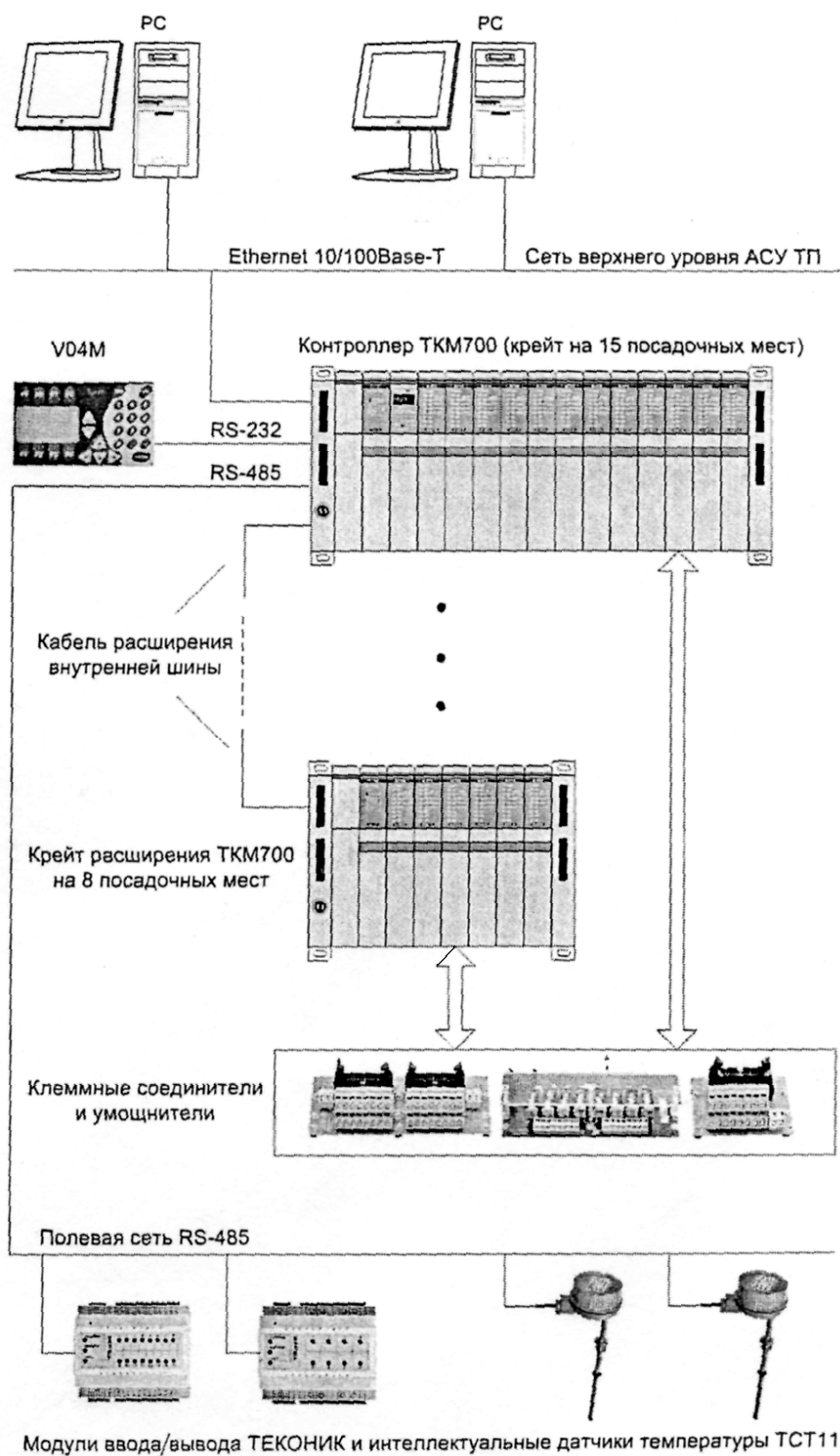


Рис. 3.6. ПТК АСУТП на базе ТКМ700

Старшая модель CP-7010 имеет 32-разрядный RISC-процессор Intel XScale с тактовой частотой 400 МГц. Вычислительные ресурсы CP-7010 включают: flash-память для хранения СПО и прикладного ПО контроллера объемом 32 Мбайта, динамическое ОЗУ SDRAM PC 133 64 Мбайта, энергонезависимое статическое ОЗУ объемом 3 Мбайта с питанием от резервной литиевой батарейки, встроенные часы реального времени, COM1, COM2, Ethernet 10/100Base-T, сторожевой таймер аппаратного сброса WatchDog.

Применение современных RISC-процессоров позволило отказаться от вентиляторов и радиаторов охлаждения, существенно снизить энергопотребление, повысить надежность процессорных модулей и контроллера в целом. При этом быстродействие процессорных модулей выше аналогичных модулей с PC- совместимыми процессорами.

Эксплуатация большинства систем управления требует развитых средств человеко-машинного интерфейса, графических операторских панелей, на которые выводятся: текстовая и графическая информация о текущих технологических параметрах и состоянии оборудования, предупредительные и аварийные сообщения, настройка параметров регуляторов и другие технологические уставки. В качестве панели оператора ТКМ700 применяется удобное, надежное и функциональное устройство - графическая панель оператора V04M. Программирование панели оператора осуществляется посредством инструментальной системы VisiBuilder фирмы Дэйтамикро (г. Таганрог). С помощью VisiBuilder определяются используемые при работе протоколы обмена и их параметры, проектируются рабочие и аварийные экраны и описывается логика обработки входных данных для организации навигации по экранам.

В номенклатуру модулей ввода/вывода контроллера ТКМ700 входят 16 аналоговых и дискретных модулей. Полная конфигурация контроллера с 4 крейтами, 4 источниками питания и одним процессорным модулем включает 51 модуль ввода/вывода. В такой конфигурации контроллер может вводить до 3264 дискретных и до 408 аналоговых сигналов. Входные и выходные сигналы подключаются с помощью разъемов, расположенных спереди под откидной крышкой модулей. При проектировании АСУ ТП разработчик может выбрать модули с различным способом подключения объектовых сигналов. Многие модули имеют разъемы для группового подключения сигналов плоским кабелем на специальные клеммные соединители и умушнители. Такой способ подключения хорошо себя зарекомендовал при проектировании и эксплуатации систем на базе контроллера МФК. При этом возможно комбинирование сигналов различных типов на одном модуле

ввода/вывода, облегчаются наладка и техническое обслуживание системы на объекте, обеспечиваются щадящие тепловые режимы работы всего оборудования, размещенного в контроллерном шкафу.

Модули контроллера легко фиксируются в крейте с помощью одного винта и могут устанавливаться и извлекаться из крейта без выключения питания контроллера (так называемая "горячая замена" модулей). При установке нового модуля системное ПО контроллера определяет его идентификатор и загружает в его память данные конфигурации ("plug-&-play"). На лицевой стороне модулей имеются индикаторы, отображающие состояния входных и выходных сигналов и диагностическую информацию.

Дискретные модули ввода и вывода контроллера могут принимать и коммутировать сигналы напряжением 24 и 220 В. Высокая плотность входных и выходных каналов достигается путем применения клеммных соединителей (TCC16L, TCC_220DAC) и *Щ* уомощнителей (TCB08RT/ST), допускающих непосредственное подключение объектовых кабелей. Подключение сигналов к модулю выполняется с помощью плоского кабеля, что существенно упрощает монтаж в шкафу.

Модуль IB-7310 имеет 64 дискретного ввода. С помощью специальных клеммных соединителей этот модуль способен одновременно принимать сигналы 24 и 220 В переменного или постоянного тока (для каждой группы независимо). Модуль OS-7410 с помощью уомощнителей сигналов может коммутировать до 64 сигналов 24 и 220 В переменного или постоянного тока (для каждой группы независимо). Модуль IS-7510 совмещает ввод и вывод дискретных сигналов (32 канала ввода и 32 канала вывода). Кроме модулей с большим количеством сигналов, имеются модули на 32 и 16 каналов, к которым можно подключать сигналы без использования указанных клеммных соединителей.

Уомощнители дискретных сигналов имеют электромеханические (TCB08RT) или полупроводниковые (TCB08ST) выходные каскады с индивидуальной гальванической развязкой. К их выходам можно непосредственно подключать исполнительные механизмы (220 В, 2 А). В целях повышения надежности выходные каскады содержат встроенные цепи защиты от перенапряжений и защиты от коммутационных помех.

Номенклатура модулей аналогового ввода/вывода содержит модули для ввода и вывода унифицированных сигналов IT-7607 (два исполнения) и OT-7652. Модуль IT-7607 имеет 8 каналов ввода и 1 канал вывода стандартных сигналов тока или напряжения. Все каналы имеют индивидуальную гальваническую развязку. Время аналого-цифрового преобразования

входных сигналов - 20 мс, предел допускаемой основной приведенной погрешности - $\pm 0,1$ %. Входные каналы могут индивидуально настраиваться на разные измерительные диапазоны 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА или 0...10 В. Выходной канал может настраиваться на диапазоны 0...5 мА, 0...20 мА и 4...20 мА. Модуль ОТ-7652 имеет 8 каналов вывода аналоговых сигналов постоянного тока с групповой гальванической развязкой. Его выходные каналы также могут индивидуально настраиваться на любой диапазон. Выбор того или иного диапазона для входного или выходного канала осуществляется пользователем программным путем.

Модуль IT-7609 имеет 8 каналов аналогового ввода для измерения сигналов датчиков термопар, термопреобразователей сопротивления или сигналов напряжения низкого уровня. Все каналы имеют индивидуальную гальваническую развязку. Время измерения, линеаризации и компенсации холодного спая входных сигналов - 550 мс, предел допускаемой основной приведенной погрешности - $\pm 0,1...0,15$ %. Модуль IT-7609 обеспечивает ввод сигналов термопар по ГОСТ Р 9,585-2001 и сигналов термопреобразователей сопротивления - по ГОСТ 6651-94. Поддерживаются основные импортные и отечественные типы датчиков, включая снятые с производства (ТСП 46П - 21 градуировка, ТСМ 53М - 23 градуировка по ГОСТ 6651-78). Пользователь может самостоятельно выбрать тип датчика и измерительный диапазон программным путем. Первичная и периодическая метрологические поверки проводятся в соответствии с документом "Инструкция по поверке", утвержденным ФГУП ВНИИМС. Для измерения сигналов термопар рекомендуется применять клеммный соединитель ТСС L16i с датчиком термопреобразователя сопротивления, используемым для компенсации холодного спая.

Аналоговые модули ввода имеют настраиваемые программные фильтры входных диапазонов: апериодическое звено первого порядка и ограничение скорости, что позволяет фильтровать сигнал автоматически, не усложняя прикладной проект. Для смены диапазонов любого из аналоговых модулей не требуется дополнительное оборудование. Изменение диапазонов входных и выходных сигналов производится с помощью встроенного конфигулятора контроллера путем выбора соответствующего раздела меню.

Программа-конфигуратор входит в состав системного ПО контроллера ТКМ700. Конфигуратор предоставляет удобный сервис для изменения параметров, настройки и тестирования контроллера. Программа имеет web-интерфейс и представляет собой набор html-страниц. Доступ к программе можно получить, подключившись к

контроллеру по сети Ethernet с помощью web-браузера или через COM-порт в терминальной программе.

С помощью встроенного конфигулятора ТКМ700 можно:

- изменять параметры контроллера (например, IP-адрес контроллера, параметры последовательных портов и др.);
- читать/изменять значения входных и выходных каналов контроллера;
- читать служебную информацию контроллера;
- устанавливать текущее время и дату внутренне-то таймера-календаря;
- удалять прикладные задачи;
- выполнять автоконфигурацию модулей ввода/вывода контроллера;
- изменять настройки входных и выходных каналов контроллера.

Программирование ТКМ700 осуществляется с помощью системы ISaGRAF PRO, базовой для линейки контроллеров ТЕКОН. Разработчику АСУ ТП также доступны алгоритмы из библиотеки TIL PRO Std, реализующие функции регулирования, статических и динамических преобразований, индивидуального и группового управления исполнительными механизмами, контроля и выборки сигналов, управления аппаратным сторожевым таймером WatchDog. Функциональные блоки библиотеки TIL PRO Std служат дополнением к существующим стандартным функциям и функциональным блокам, интегрированным в среду ISaGRAF PRO. Применение указанных функциональных блоков предоставляет разработчику АСУ ТП средства для более удобной и быстрой разработки пользовательских приложений.

Для организации доступа к данным в контроллере со стороны SCADA-систем применяется технология OPC. ТесонOPC-сервер получает данные с контроллера (значения каналов ввода/вывода и переменные ISaGRAF PRO) по сети Ethernet (протокол TCP/IP). В процессе работы ведется журнал событий с регистрацией времени подключения и отключения, нарушений качества передачи данных. Реализована процедура автоматического восстановления сетевого соединения.

В большинстве случаев использование контроллеров на объектах требует их размещения в специальных конструктивах — шкафах, обеспечивающих необходимую степень защиты и подключение объектовых кабелей. Заказ комплектного контроллерного шкафа, выполненного в соответствии с требованиями заказчика и полностью готового к монтажу на объекте, существенно снижает затраты на этапах проектирования, монтажа, пусконаладки и эксплуатации АСУ ТП.

Типовой шкаф ТКМ700 изготавливается на базе металлической

оболочки одностороннего обслуживания и степенью защиты от IP54 до IP65. В шкафу размещаются контроллер, клеммы для подключения объектовых проводов, автоматы электропитания и другое вспомогательное оборудование. На двери шкафа размещаются панель оператора V04M, сигнальные лампы, индицирующие наличие электропитания и основные режимы работы, а также необходимые кнопки и/или переключатели.

Возможна поставка отдельных контроллеров в соответствии с картой заказа. При этом инжиниринговым компаниям и проектным организациям предоставляется полный комплект методической, конструкторской и эксплуатационной документации в электронном и печатном виде. На этапе проектирования, внедрения и эксплуатации ТКМ700 Службой сервиса компании "Промконтроллер" осуществляется техническая поддержка. Как и на всю остальную продукцию "ТЕКОН", на ТКМ700 распространяется фирменная 3-летняя гарантия.

Вопросы для самопроверки

1. Структура контроллера и его преимущества.
2. Перечислить модули, входящие в контроллер, их назначение и характеристика.
3. Что такое конфигуратор и его назначение.
4. Программирование контроллера и его размещение.

3.5. Проектно-компонуемый отечественный промышленный контроллер ЭЛПК-ОЗМ

Промышленный контроллер ЭЛПК-03 предназначен для создания АСУ широкого профиля: от простейших измерительных и управляющих контроллеров до иерархических распределенных АСУТП [16]. Модульный принцип построения контроллера позволяет создавать АСУТП конкретных объектов быстро и с минимальными затратами. А также по мере необходимости наращивать объем и мощность системы. Высокая надежность контроллера обеспечена элементной базой индустриального применения ведущих фирм мира, использованием SMD-технологии, применяемой при изготовлении плат, и встроенными средствами самоконтроля.

3.5.1. Структура и характеристики контроллера ЭЛПК-ОЗМ

Контроллер ЭЛПК-ОЗМ построен по модульному принципу и представляет собой многофункциональный проектно компонентный комплекс программно-технических средств, имеющий большую гибкость

при конфигурировании, что позволяет потребителю методом проектной компоновки выбирать необходимый аппаратный состав для решения различных задач управления, а также быстро перестраивать или наращивать контроллер в случае изменения параметров объекта управления. Основная функция ЭЛПК-ОЗМ заключается в непосредственном управлении технологическим оборудованием: сбор сигналов с аналоговых и дискретных датчиков, обработка собранной информации по заданным алгоритмам, выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы, обеспечение связи контроллера с пультом оператора или центральным диспетчерским пультом. Контроллер ЭЛПК-ОЗМ стыкуется с внешними системами посредством стандартных интерфейсов (Modbus, Profibus и т.п.), что позволяет расширить систему, при наращивании ее подсистемами. В состав контроллера входят вычислительные модули LC-01, кросс платы BS-01 и модули УСО различного назначения.

Обобщенная структура контроллера ЭЛПК-ОЗМ представлена на рис. 3.7.

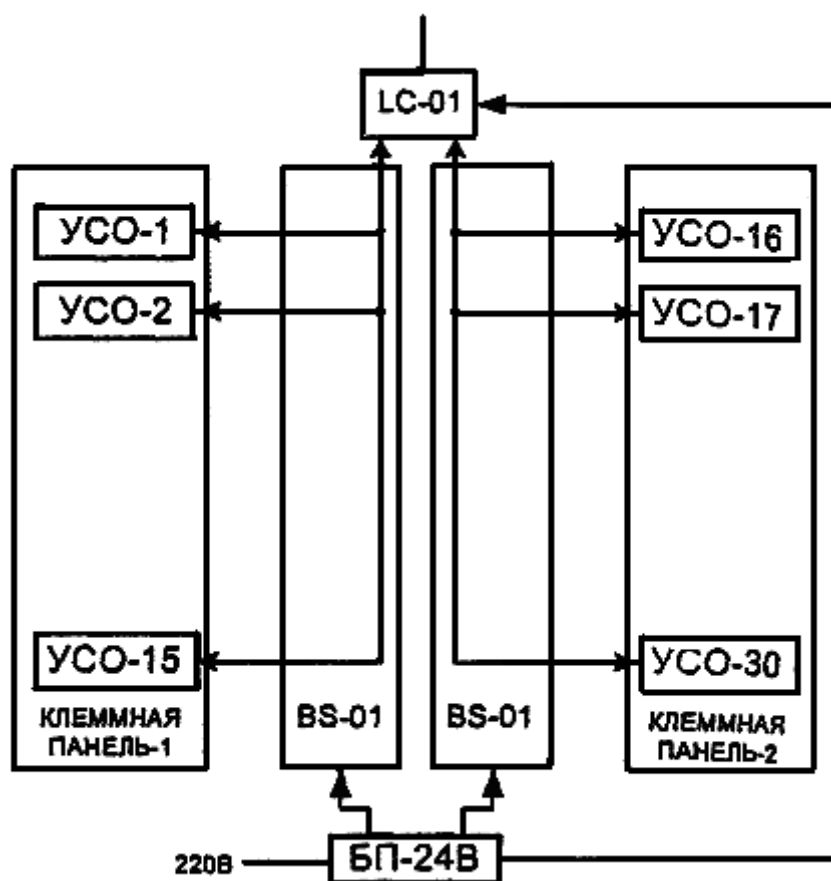


Рис. 3.7. Обобщенная структура контроллера ЭЛПК-ОЗМ

Конструкция контроллера позволяет встраивать его в стандартные монтажные шкафы или другое монтажное оборудование,

защищенное от воздействий внешней среды. Клеммная панель с разъемами для установки модулей контроллера (кроме LC-01) обеспечивает механическое крепление модулей к панели шкафа или ящика управления и подключение к модулям внешних электрических цепей. Клеммных панелей может быть одна или две (в зависимости от состава контроллера, определяемого при его проектном конфигурировании). На каждой клеммной панели может быть установлено до 15 модулей УСО.

Клеммная панель установлена на панели шкафа управления на DIN-рейке, модуль LC-01 выполнен в корпусе СМ62 и установлен непосредственно на DIN-рейке.

Контроллер расположен на несущей панели шкафа. Блоки УСО, клеммные колодки, источники питания, автоматы защиты установлены на шинах DIN. Электрический монтаж между устройствами и блоками выполнен проводами и ленточными жгутами, уложенными в специальные кабельные каналы. Подключение к элементам комплекса осуществляется посредством разъемов и зажимов.

Система сохраняет работоспособность после пребывания в нерабочем состоянии при температуре окружающей среды от -60 до +50 °С. Время установления температурного режима комплекса после пребывания в нерабочем состоянии не превышает 1 час (после установления температуры воздуха внутри шкафа управления не менее 5 °С).

По устойчивости к воздействию атмосферного давления исполнение системы соответствует группе Р1 по ГОСТ 12997-84. По устойчивости к механическим воздействиям исполнение системы является виброустойчивым, соответствующим группе N3 по ГОСТ 12997-84. Система сохраняет свои характеристики при воздействии постоянных и переменных, частотой (50 ± 1) Гц, магнитных полей напряженностью до 400 А/м, промышленных радиопомех, значения которых не превышают норм "8", предусмотренных "Общесоюзными нормами допускаемых промышленных радиопомех" (нормы 1-95 -9-95)".

Уровень радиопомех, создаваемых комплексом при работе, не превышает норм "8", предусмотренных в "Общесоюзных нормах допускаемых промышленных Радиопомех (нормы 1-95 - 9-95)". Ввод внешних кабелей осуществляется через специальные вводы в полу шкафа управления. После окончания монтажных работ кабельные вводы должны быть загерметизированы. Шина защитного заземления размещена в нижней части шкафа управления, к ней подсоединяются выводы "┴" источников питания, а также все металлические части шкафа. Шина имеет маркировку "┴".

HOST-машина и коммутатор интерфейса RS-232 фирмы MOXA в состав контроллера не входят, но являются необходимыми элементами при объединении контроллеров в сеть нижнего уровня. Схема объединения контроллеров в сеть приведена на рис. 3.8

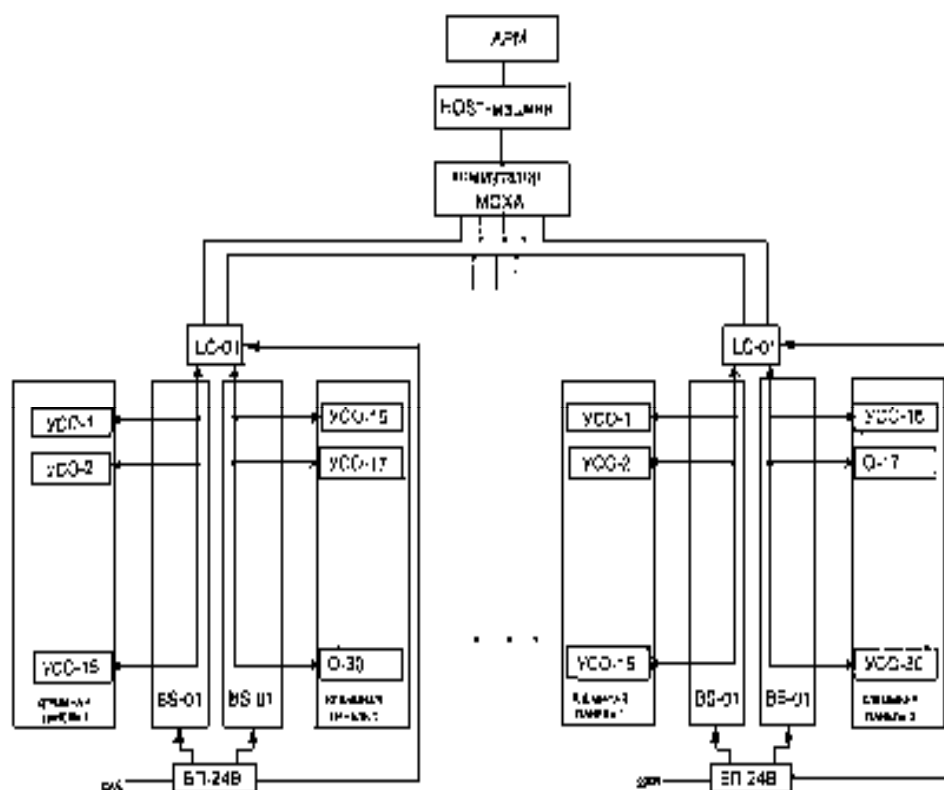


Рис. 3.8. Схема объединения контроллеров в сеть

- клеммной колодки с максимальным количеством установленных на ней модулей УСО (15) - не более 3,2 кг, 500х90х100 мм;
- одного модуля УСО - не более 0,1 кг, 30х50х75 мм;
- модуля LC-01 - не более 0,3 кг, 62х75х106 мм;
- кросс-платы BS-01 - не более 0,5 кг, 500х30х40 мм;
- HOST-машины, коммутатора MOXA и блоков питания (БП-24В) - в соответствии с паспортными данными на упомянутые изделия.

Контроллер – восстанавливаемое, многоканальное, ремонтируемое изделие. Закон распределения времени безотказной работы и времени восстановления работоспособного состояния – экспоненциальный. Средняя наработка на отказ контроллера составляет не менее 47000 ч при максимальном количестве модулей УСО. Среднее время обнаружения неисправности и восстановления контроллера – не более 15 мин при замене отказавших модулей на аналогичные из состава ЗИП. Средний срок службы контроллера при условии полного его восстановления во время регламентных и ремонтных работ, замены и ремонта отдельных входящих в него модулей – не менее 10 лет.

3.5.2 Вычислительный узел контроллера – модуль LC-01

Вычислительными узлами контроллера являются модули сбора данных LC-01, в основу которых положена плата ARMCore (фирмы Compulab) на базе процессора XScale PXA255 (фирмы Intel). В качестве операционной системы модуля LC-01 используется Linux, что позволяет работать с контроллером как с обычной ПЭВМ. Для программирования и управления контроллером, а также для связи со SCADA-системой верхнего уровня используется технологический пакет ISaGRAF (фирмы ICStriplex). Структурная схема модуля LC-01 представлена на рис. 3. 9.

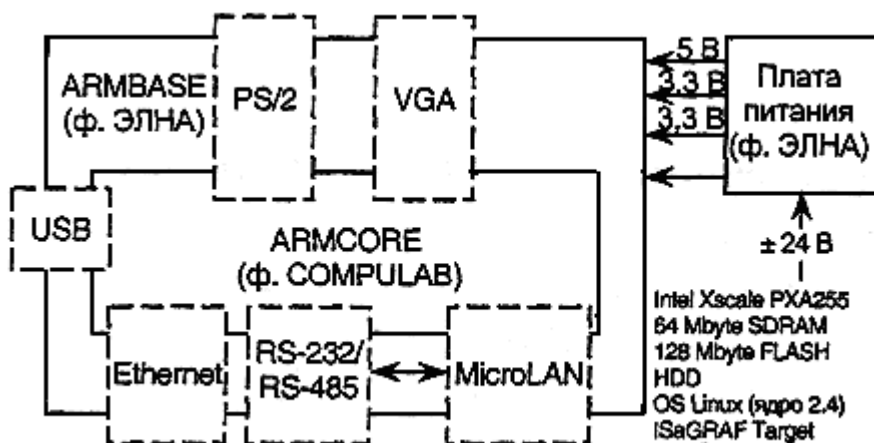


Рис. 3.9. Структурная схема модуля LC-01

Модули сбора данных LC-01 обеспечивают прием и обработку информации, поступающей с модулей ввода по межмодульному интерфейсу, запись, чтение и хранение информации, обмен информацией с верхним уровнем по интерфейсу RS-232 с использованием протокола ModBus, передачу информации на модули вывода.

Гибкая структура построения контроллера достигнута не только разумной компоновки состава ЭЛПК-ОЗМ под различные проекты, но

и при необходимости закладывать гибкую систему резервирования, наделяя вычислительные модули LC-01 различными функциями управления и соединяя их через имеющиеся интерфейсы.

Модуль LC-01 в зависимости от выполняемых задач может поставляться без вычислительного ядра ARM CORE и реализовать только функцию связи по MicroLAN HOST-машины и двух кросс-плат BS-01.

Кросс-плата BS-01

Кросс-плата включает системную магистраль (шины MicroLAN и USB), шины питания и разъемы для подключения модулей контроллера.

В кросс-плате расположены также плавкие предохранители, включенные в цепи питания каждого модуля.

Кросс-плата BS-01 рассчитана на подключение 15 модулей УСО. Модули УСО подключаются посредством 8-контактного разъема RJ-45, на который выведены питающие напряжения (5 и 24 В), шины USB и MicroLAN, а также дополнительный сигнал координатного процессора. Кросс-плата содержит в своем составе координатный процессор и 4 USB-хаба для шин MicroLAN и USB соответственно.

Модули УСО контроллера

Модули УСО выполнены в стандартном корпусе LEERSTCKER TYP8 10-POLIG. Модули устанавливаются в секцию из пяти клемм (4-LEITERBASISKLEMME-2,5) фирмы WAGO, закрепленную на DIN-рейке. Модули дискретного ввода типа ID обеспечивают прием дискретных сигналов постоянного (ID-8K24) или переменного (ID-8K220) тока.

Модули аналогового ввода IA-4K42 обеспечивают прием и измерение (аналого-цифровое преобразование) входных аналоговых сигналов постоянного тока.

Модули дискретного вывода OD-5K, OD-6K обеспечивают коммутацию внешних цепей управления постоянного или переменного тока.

Таблица 3.2

Характеристики модулей УСО приведены в табл. 3.2.

Наименование (условное обозначение) модуля	Функциональное назначение. Входная/выходная величина. Состояние выходных контактов	Диапазон изменения физической величины
Модули ввода дискретных сигналов ID – 8K24	Регистрация дискретных сигналов постоянного тока: $U_{BX} = (0 \dots 8) \text{ В/Пров.ур.}$ $U_{BX} = (8 \dots 16) \text{ В/Лог.} \gg 0 \gg$ $U_{BX} = (16 \dots 30) \text{ В/Лог.} \gg 1 \gg$	$= (0 \dots 30) \text{ В}$

Продолжение табл. 3.2		
Наименование (условное обозначение) модуля	Функциональное назначение. Входная/выходная величина. Состояние выходных контактов	Диапазон изменения физической величины
Модули ввода дискретных сигналов ID – 8K220	Регистрация дискретных сигналов постоянного тока: $U_{BX} = (0 \dots 70) \text{ В/Пров.ур.}$ $U_{BX} = (70 \dots 150) \text{ В/Лог.} \gg 0 \gg$ $U_{BX} = (150 \dots 220) \text{ В/Лог.} \gg 1 \gg$	$= (0 \dots 220) \text{ В}$
Модули ввода дискретных сигналов OD-5K	Выдача дискретных сигналов управления: Лог. «0» - «Р» Лог. «1» - «З»	Нагрузочная способность контактов $= 220 \text{ В/6 А}$
Модули аналогового ввода IA – 4K42	Измерение входных аналоговых сигналов	$= (4 \dots 20) \text{ мА,}$ $R_{BX} = 100 \text{ Ом} \pm 0,1\%$

Калибровка модулей УСО приведена в инструкции по эксплуатации КТС, которая поставляется в составе эксплуатационной документации. Все вышеперечисленные модули УСО обладают возможностью самодиагностики и определения неисправностей.

Информационный обмен с модулями УСО осуществляется посредством шин MicroLAN и USB. MicroLAN представляет собой информационную сеть, использующую для осуществления цифровой связи одну линию данных и один возвратный (или земляной) провод. Таким образом, для реализации среды обмена этой сети могут быть использованы как доступные кабели, содержащие неэкранированную витую пару той или иной категории, так и обычный телефонный провод.

Основой архитектуры сетей MicroLAN является топология общей шины, когда каждое из устройств подключено непосредственно к единой магистрали без каких-либо каскадных соединений или ветвлений. При этом в качестве базовой используется структура сети с одним ведущим или мастером и многочисленными ведомыми. Конфигурация сети MicroLAN может произвольно меняться в процессе ее работы, не создавая помех дальнейшей эксплуатации и работоспособности всей линии в целом, если при этих изменениях соблюдаются основные принципы организации однопроводной шины. Эта возможность достигается благодаря присутствию в протоколе 1-Wire интерфейса специальной команды поиска ведомых устройств (поиск ПЗУ), которая позволяет быстро определить новых участников информационного обмена. Стандартная скорость отработки такой команды составляет ~ 75 узлов сети в секунду.

При реализации однопроводного интерфейса используются

стандартные КМОП/ТТЛ логические уровни сигналов. Питание большинства компонентов сети MicroLAN может осуществляться от внешнего источника с рабочим напряжением в диапазоне от 2,8 до 6,0 В.

Блоки УСО, выполненные по технологии MicroLAN, "размещаются" в различных ветвях сети. Данные и команды распределяются по портам интерфейса RS-232 системного блока, передаются в модули LC-01 и далее по общей шине всем подключенным устройствам стандарта MicroLAN. Максимальная скорость обмена по шине MicroLAN составляет 115200 Мбит/с.

Возможности шины USB следуют из ее технических характеристик:

- высокая скорость обмена (full-speed signaling bit rate)- 12 Мбит/с;
- максимальная длина кабеля для высокой скорости обмена -5 м;
- низкая скорость обмена (low-speed signaling bit rate)- 1,5 Мбит/с;
- максимальная длина кабеля для низкой скорости обмена - 3 м;
- максимальное количество подключенных устройств (включая разноточечники) - 127;
- возможно подключение устройств с различными скоростями обмена;
- отсутствие необходимости в установке пользователем дополнительных элементов, таких как терминаторы для SCSI;
- напряжение питания для периферийных устройств - 5 В.

USB шина соединяет устройства USB с хостом USB. На физическом уровне топология USB представляется в виде многоуровневой звезды. В центре каждой звезды находится концентратор (hub). Каждый сегмент провода - двухточечное соединение между хостом и концентратором или функцией или концентратором, соединенным с другим концентратором или функцией. Рис. 3.10 иллюстрирует топологию шины USB.

В любой USB системе может быть только один хост. Интерфейс USB в главной компьютерной системе упоминается как хост-контроллер. Хост-контроллер может быть выполнен в комбинации аппаратных средств, программируемого оборудования или программного обеспечения. Корневой концентратор (root hub) интегрирован внутрь хост-системы, чтобы обеспечивать одну или большее количество точек подключения.

Имеются два режима передачи сигналов. Полноскоростной побитный режим USB передачи информации со скоростью 12 Мбит/с. Также определен ограниченный по возможности низкоскоростной режим передачи сигналов со скоростью 1,5 Мбит/с.



Рис. 3.10. Топология шины USB

Низкоскоростной режим позволяет работать при меньшем уровне защиты от электромагнитных помех (EMI). Оба режима могут одновременно обеспечиваться в той же самой USB системе с помощью переключения режима между передачами в устройстве.

Модули дискретного ввода ID-8K24

Количество входных каналов в одном модуле дискретного ввода ID-8K24 - 8. Быстродействие на входе каналов модулей ID-8K24 - не хуже 2 мс на весь модуль. Тип и диапазон входных сигналов модулей ID-8K24 соответствуют значениям, приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Тип и диапазон входных сигналов

Тип модуля	Диапазон изменения входных сигналов		
	Лог.»0«	Проверочный	Лог.»1«
ID – 8K24	(8....16) В	(0....8) В	(16...30) В

Электрическая изоляция пар каналов ввода относительно общей шины контроллера и между узлами (гальваническое разделение) модулей ID-8K24 выдерживает напряжение 500 В (по ГОСТ Р51841). Структурная схема модуля дискретного ввода ID-8K24 представлена на рис. 3.11.

Модули дискретного ввода ID-8K220

Количество входных каналов в одном модуле дискретного ввода ID-8K220 - 8. Быстродействие на входе каналов модулей ID-8K220 - не хуже 2 мс на весь модуль. Тип и диапазон входных сигналов модулей ID-8K220 соответствуют значениям, приведенным в табл. 3.4

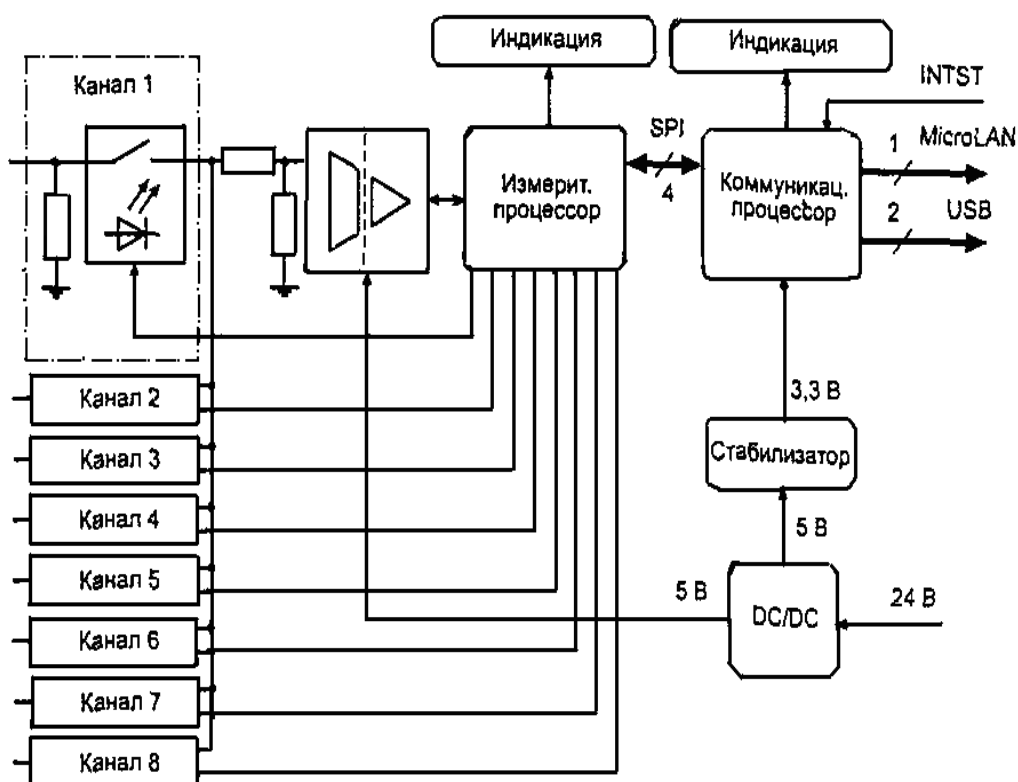


Рис. 3.11. Структурная схема модуля дискретного ввода ID – 8K24

Таблица 3.4

Тип и диапазон входных сигналов модулей ID-8K220

Тип модуля	Диапазон изменения входных сигналов		
	Лог.»0«	Проверочный	Лог.»1«
ID – 8K220	(70...150) В	(0....70) В	(150....220) В

Электрическая изоляция пар каналов ввода относительно общей шины контроллера и между узлами (гальваническое разделение) модулей ID-8K220 выдерживает напряжение 1500 В (по ГОСТ Р51841). Структурная схема модуля дискретного ввода (ID-8K220) представлена на рис. 3.12.

Модули дискретного вывода OD-5K и OD-6K

Число выходных каналов в одном модуле OD-5K - 5, в одном модуле OD-6K - 6. Быстродействие модулей OD-5K, OD-6K по выходу - не хуже 2 мс на весь модуль. Тип и диапазон выходных сигналов соответствуют значениям, приведенным в табл. 3.5

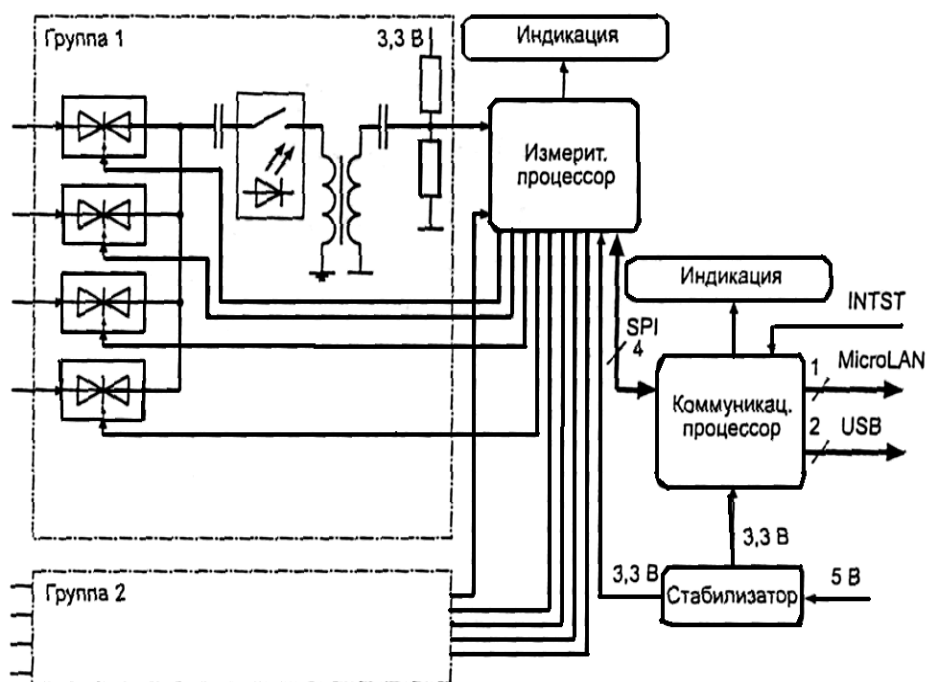


Рис. 3.12. Структурная схема модуля ввода ID – 8K220

Таблица 3.5

Тип и диапазон выходных сигналов

Тип модуля	Диапазон изменения выходных сигналов (состояние «сухих» контактов) [состояние индикаторных светодиодов]		Максимальный ток контактов не более
	Лог.»0«	Лог.»1«	
OD – 6K OD – 5K	Разомкнуты [не светится]	Замкнуты [светится]	5А

Структурная схема модуля дискретного вывода OD-6K представлена на рис. 3.13.

В модуле OD-6K в каналах с нормально-замкнутыми контактами лог. "0" соответствует замкнутое состояние контактов, при этом светодиод, индицирующий состояние данного канала, не светится. Структурная схема модуля дискретного вывода OD-5K представлена на рис. 3.14.

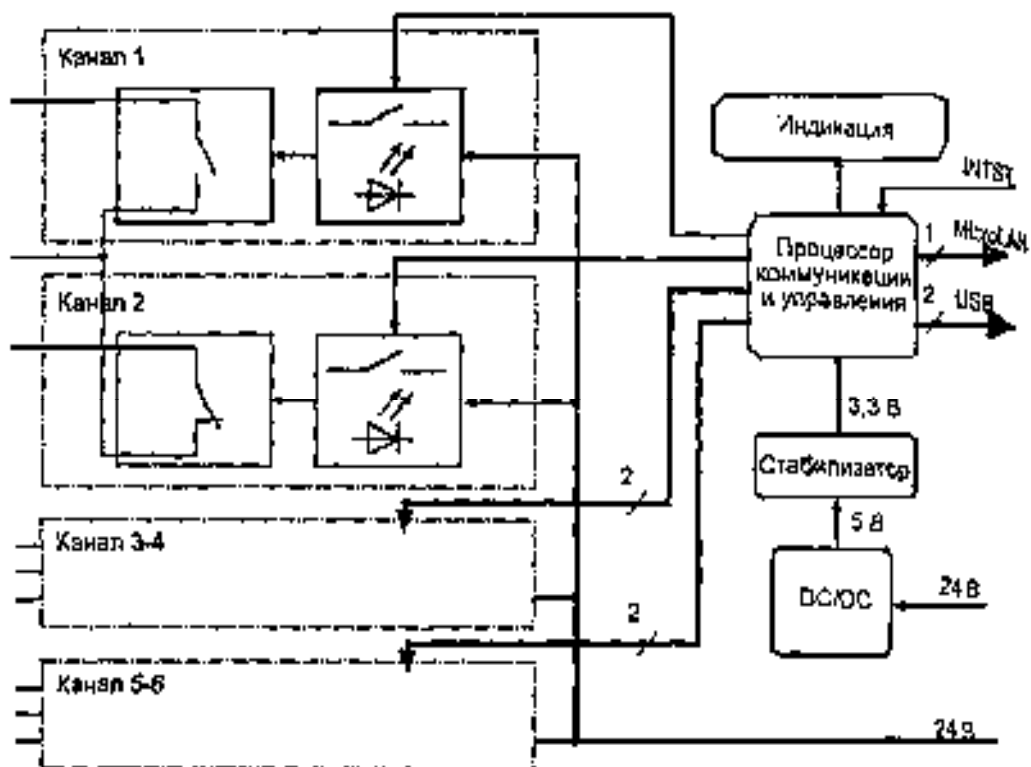


Рис. 3.13. Структурная схема модуля дискретного вывода OD – 6K

Электрическая изоляция контактов каналов дискретного вывода относительно общей шины контроллера и между узлами (гальваническое разделение) выдерживает напряжение не менее 1500 В (по ГОСТ Р 51841).

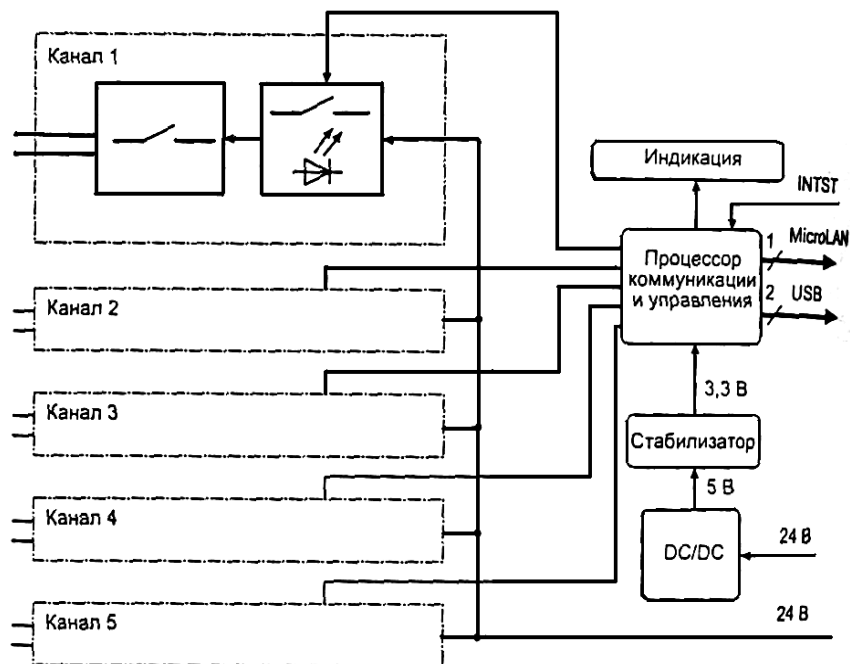


Рис. 3.14. Структурная схема модуля дискретного вывода OD – 5K

Модули аналогового ввода IA - 4K42

Модули аналогового ввода IA – 4K42 обеспечивают измерение аналоговых сигналов постоянного тока от 4 до 20 мА при $R_{BX} = 100 \text{ Ом} \pm 0,1\%$. Электрическая изоляция пар каналов ввода относительно общей шины контроллера и между узлами (гальваническое разделение) модулей IA – 4K42 выдерживает напряжение 500 В (по ГОСТ Р 51841). Модуль IA – 4K42 имеет 4 измерительных канала. При нормальных условиях эксплуатации основная приведенная погрешность аналоговых каналов – не хуже $\pm 0,1\%$. Модуль IA – 4K42 работает с быстродействием не хуже 2 мс на весь модуль. Структурная схема модуля аналогового ввода IA – 4K42 представлена на рис.3.15.

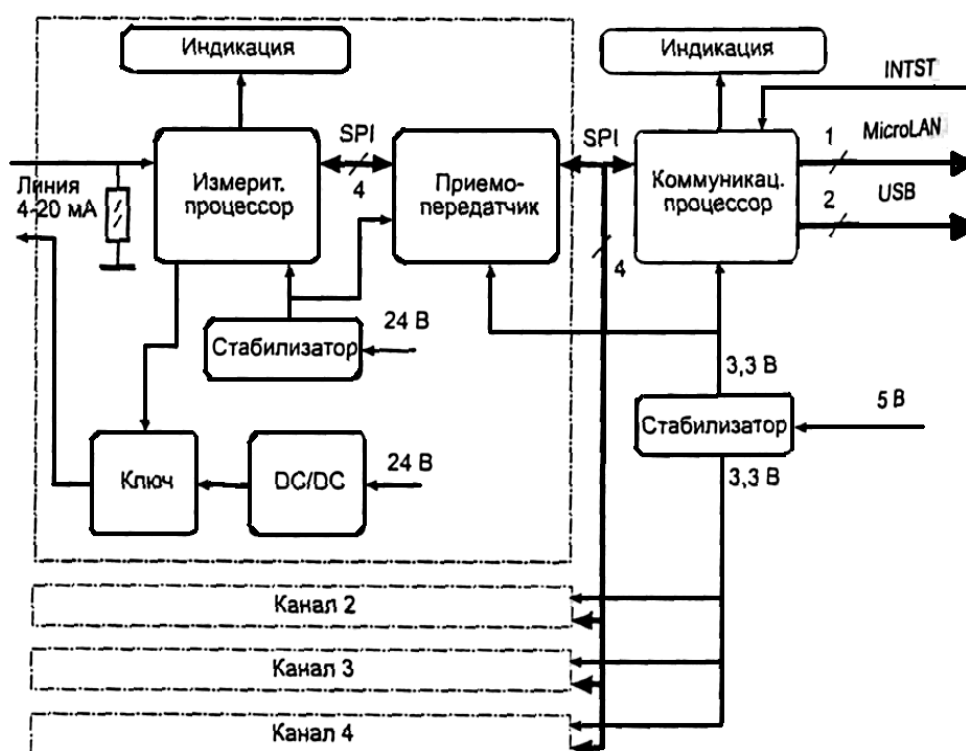


Рис. 3.15. Структурная схема модуля аналогового ввода IA-4K42

Вопросы для самопроверки

1. Назначение, структура и характеристик контроллера.
2. Размещение контроллера.
3. Как реализована схема объединения контроллеров в сеть?
4. Назначение вычислительного узла и его структура.
5. Назначение модулей УСО и их характеристики.
6. Назначение шины USB и ее топология.

4. ПТК ДЛЯ АСУТП

4.1. Программно-технический комплекс «САРГОН-6»

4.1.1. Технические средства

4.1.2. Программное обеспечение

4.1.3. Реализация функций в ПТК «САРГОН-6»

4.1.4. АСУТП на базе ПТК «САРГОН»

4.1.5. Состав и структура ПТК САРГОН

4.1.1. Технические средства

ПТК «САРГОН-6» (Система Автоматизации энеРГетического ОборудоваНия) – это отечественная система для создания полнофункциональных АСУТП энергетических объектов (энергоблока, цеха, станции/производства), основанная на современных схемотехнических решениях, технологиях системного программирования и дружественных интерфейсах.

Основными средствами оптимизации соотношения цена/качество ПТК стали: использование широкого ряда современных отечественных контроллеров, повышение дружелюбности интерфейсов программных средств, как с разработчиками, так и с операторами, широкое применение типовых решений. Автоматизация процесса разработки и модернизации АСУТП, обеспечиваемая программными средствами ПТК, позволяет упростить и значительно ускорить создание крупных систем, приводя к быстрой отдаче вложенных средств. Системы, спроектированные на базе ПТК «САРГОН», являются полнофункциональными и могут легко модифицироваться в процессе эксплуатации силами самого заказчика. Рассмотрим основные компоненты ПТК «САРГОН-6».

Микропроцессорные контроллеры

ПТК «САРГОН-6» представляет исключительно широкий набор микропроцессорных контроллеров различной информационной мощности – от многоканального контроллера МФК, обрабатывающего свыше 750 входных и выходных сигналов, до одноконтурного регулятора ТКМ-21 и распределенных модулей УСО, обрабатывающих всего несколько сигналов.

Все контроллеры ПТК «САРГОН-6» программно совместимы и построены на базе самых современных схемотехнических решений:

- все модули УСО контроллеров – интеллектуальные;
- в модулях отсутствуют подстроечные элементы – калибровка выполняется программно;
- измерительные каналы имеют точность $0,1 \div 0,15$.

Контроллеры ПТК «САРГОН-6» обеспечивают прямой прием температурных сигналов всех основных типов, прием и выдачу сигналов 220В (непосредственно с модулей УСО или через клеммники – преобразователи, входящие в комплект поставки). Контроллеры ПТК «САРГОН-6» прошли экспертизу РАО «ЕЭС России» на соответствие основным техническим требованиям, метрологически аттестованы, внесены в Государственный реестр средств измерений.

Компьютеры АРМ персонала

Для АРМ персонала могут быть использованы компьютеры, функционирующие под различными версиями Windows.

Конструктивное исполнение (промышленное, офисное, плоско панельное, переносное) выбирается исходя из условий эксплуатации. Применение промышленных компьютеров оправдано, когда АРМ расположено вблизи действующего оборудования или при отсутствии блочного/группового щита управления. Переносные компьютеры (notebook) применяются в качестве АРМ инженеров АСУ, пультов программирования и тестирования контроллеров, для периодически обслуживаемых АРМ технологов. ПО «САРГОН» обеспечивает резервирование компьютеров АРМ оператора без использования дополнительной аппаратуры.

Рекомендуемые требования к компьютерам АРМ оперативного контура (под Windows NT/2000): Pentium4 1,7 МГц, 128MB RAM, 40 GB EIDE. Однако, высокая эффективность ПО «САРГОН» обеспечивает запуск просматривающих АРМ даже на конфигурации Pentium-133, 32 MB RAM, 1 GB EIDE при задержке в 1-3с с отображением информации.

Сетевое оборудование

Обмен между основными вычислительными узлами АСУТП осуществляется по сети 10/100 Мбит Ethernet. Для связи с удаленными УСО или малоканальными контроллерами используются каналы типа RS-485.

Сетевое оборудование комплекса включает:

- сетевые коммутаторы и маршрутизаторы;
- сетевые кабели: витая пара 5-й категории в экране на расстояниях менее 100м, и оптоволоконный на больших дистанциях;
- сетевые платы, устанавливаемые в вычислительные узлы (от 1 до 3 на узел, в зависимости от конкретной схемы).

Серверы-маршрутизаторы используются не только для хранения архивов данных, но и для развязки оперативного и неоперативного контуров АСУТП, что позволяет надежно защитить оперативный контур

от перегрузки при массовом обращении со стороны просматривающих АРМ.

В качестве серверной ОС может использоваться как Windows NT/2000 Server, так и Novell IntraNetware (по выбору Заказчика).

Для повышения надежности ПТК оперативного контура ЛВС может быть дублирована.

4.1.2. Программное обеспечение

ПО ПТК «САРГОН-6» включает: ОС, устанавливаемые на контроллерах, компьютерах и серверах; наборы тестов и драйверов, поставляемых изготовителями технических средств; фирменное ПО комплекса "САРГОН" (ЗАО "НВТ-Автоматика").

Основу фирменного ПО составляют следующие компоненты:

Система реального времени «ТкА»

Современная высокоэффективная исполняющая система реального времени, устанавливаемая на все вычислительные узлы АСУТП.

Кроме традиционных SCADA-компонент в ТкА встроены:

- виртуальная машина эффективного исполнения программ, написанных на технологическом языке;
- набор драйверов типовых сетей и устройств;
- система передачи и исполнения команд с диспетчером приоритетов;
- микроядро многопоточного исполнения технологических программ, не зависящее от ОС;
- система автоматического сквозного контроля достоверности информации;
- средства мониторинга и отладки конфигураций в РВ.

Решение многих проблем обработки данных и организации управления на системном уровне обеспечивает высокую надежность прикладных программ и разгружает их от деталей реализации.

Существует два типа задач ТкА, имеющих общее исполняющее ядро:

- ТкА5с – для PC-совместимых микропроцессорных контроллеров;
- ТкА5w – для АРМ операторов, работающих под различными версиями Windows.

Графический конфигуратор мнемосхем TkAdraw

Использует технологию визуального проектирования:

- интуитивно-понятный многооконный интерфейс разработчика;
- широкий выбор типовых элементов изображения;
- объектные окна;
- простоту динамизации изображений путем визуального связывание элемента изображения с элементом базы данных проекта;
- библиотечный набор схем изображения (палитр), позволяющий путем однократного выбора задать изображение всех возможных состояний динамического объекта;
- возможность создания пользовательских палитр;
- удобную систему подсказок.

Совокупность указанных свойств определяет простоту и эффективность создания мнемосхем в ПТК «САРГОН».

Система автоматического конфигурирования TkAconf

обеспечивает:

- ведение единой БД проекта АСУТП, включающей до 1000 вычислительных узлов и 100000 параметров;
- поддержку всех стадий проектирования и сопровождения АСУТП;
- автоматизацию процесса проектирования, включая автоматическую генерацию конфигураций ПО всех вычислительных узлов АСУТП и автоматическую трассировку передаваемой информации;
- автоматическое отслеживание изменений;
- возможность перемещения программных компонентов по «дереву» АСУТП.

Автоматические процедуры, встроенные в систему проектирования, существенно снижают трудоемкость привязки АСУТП к объекту, что позволяет многократно выполнять ее, например, при многоэтапном внедрении системы.

Система технологического программирования TkAprog использует передовые технологии системного программирования:

- объектный подход, используемый в ПТК на всех уровнях (от датчика до ТЭС), позволяет описать управление ТП любого уровня сложности в виде набора простых алгоритмов, технологически очевидно связанных между собой;
- систему технологического программирования обеспечивает представление программы в виде набора таблиц и диаграмм, максимально

естественных для пользователя (за простым интерфейсом скрывается мощь непроцедурного языка, построенного на теории автоматов);

- простоту описания параллельно выполняющихся процессов, т.к. взаимодействие между ними организуется на системном уровне ;
- виртуальную машину САРГОН на всех вычислительных узлах АСУТП, обеспечивающую уникальную независимость технологических программ от распределения по контроллерам – ни перенос программного модуля в другой контроллер, ни, даже, изменение типа контроллера (в пределах ПТК САРГОН) не требует модификации технологической программы;
- сочетание режимов интерпретации и компиляции в системе программирования, обеспечивающее простоту отладки и эффективность исполнения программ в реальном времени;
- эффективность многократного использования компонентов, обеспечиваемая объектной технологией;
- возможность применения готовых библиотечных компонентов при создании собственных программ.

Система комплексной отладки и моделирования «Abtester» обеспечивает уникальные возможности отладки технологических программ:

- полнофункциональное имитационное моделирование работы системы управления до энергоблока включительно на обычном персональном компьютере с минимальным дополнительным программированием и конфигурированием (менее 5% от проектного);
- отладку любого алгоритма и заданной совокупности алгоритмов в режимах: имитации, выполнения на тестовой конфигурации, пошагового выполнения на реальном объекте;
- использование в процессе имитации и отладки тех же системных механизмов, что и в режиме on-line ТкА, гарантирующее адекватность результатов тестирования.

Система информационного тестирования «ИнфАтест» предназначена для тестирования информационных связей между программными компонентами, которые рассматриваются как «черные ящики»:

- включает набор тестов, контролирующих правильность передачи и обработки информации в АСУТП;
- позволяет обнаруживать различные виды ошибок и отслеживать изменения в обработке данных, происходящие при изменении

версии базового программного обеспечения, технологической программы или конфигурации.

Система тестирования особенно эффективна для полномасштабной АСУТП станции/производства, включающей сотни вычислительных узлов.

Библиотеки типовых решений

Набор библиотек, содержащий готовые решения распространенных задач автоматизации:

- объектная библиотека базовых терминальных моделей (задвижки, клапана, насосы, аналоговые и дискретные параметры, системы регулирования), реализованная на языке «НАВТ»;
- библиотека регулирования VAR, содержащая типовые звенья САР (компонент «САРГОН», производимый ЗАО «Дельфин-Информатика» г. Москва);
- объектные библиотеки моделей, ориентированные на определенный тип объекта управления, реализованные на языке технологического программирования.

Компоненты ПТК «САРГОН» показаны на рис. 4.1.

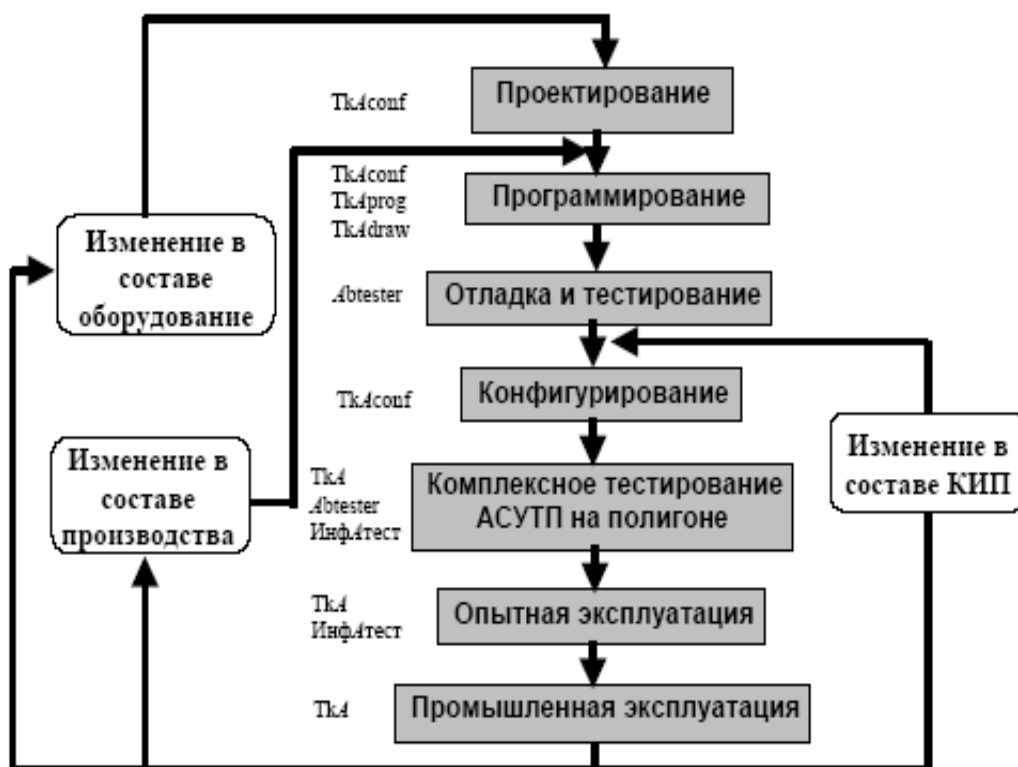


Рис. 4.1. Компоненты ПТК «САРГОН» в цикле жизни АСУТП

4.1.3. Реализация функций в ПТК «САРГОН-6»

ПТК «САРГОН-6» выполняет информационные, управляющие и вспомогательные (сервисные) функции в автоматическом и автоматизированном режимах. Перечень функций и характеристики их выполнения полностью соответствуют требованиям, приведенным в РД 153-34.1-35.127-2002. При реализации функций особое внимание уделяется трем компонентам: надежности, эффективности и дружественному интерфейсу.

Информационные функции ПТК «САРГОН»:

- сбор и первичная обработка информации, включая нормирование;
- представление информации оператору в виде мнемосхем, графиков, диаграмм, таблиц;
- технологическая сигнализация - индивидуальная и групповая;
- регистрация аварийных ситуаций;
- регистрация событий;
- анализ действия защит (АДЗ);
- документирование;
- обработка, архивирование и представление ретроспективной нормативно-справочной информации;
- контроль действий оператора, контроль несанкционированного вмешательства;
- диагностика состояния технологического оборудования;
- расчет технико-экономических показателей.

Объектный подход и развитая классификация элементов технологического объекта и системы в «САРГОН» обеспечивает возможность реализации информационных функций АСУТП, построенных на базе этого ПТК, практически, без программирования. Оно требуется только для производства сложных вычислений, например, расчета ТЭП.

Управляющие функции ПТК «САРГОН»:

- дистанционное управление исполнительными устройствами;
- технологические защиты и блокировки, включая АВР;
- автоматическое регулирование;
- программно-логическое (функционально-групповое) управление, автоматизированный пуск и останов технологического оборудования в режиме управления или совета.

В ПТК «САРГОН» особое внимание уделено эффективной и

максимально надежной реализации управляющих функций. Для этого в основу функционирования всех систем программного комплекса положена специально разработанная подсистема «СПИК» (Система Передачи и Исполнения Команд). Эта система обеспечивает:

- независимость программной реализации алгоритмов от их размещения по вычислительным узлам АСУТП;
- возможность параллельной выдачи и исполнения команд компонентами АСУТП;
- гарантированную доставку команды исполнителю;
- автоматический учет приоритетов команд и запретов на их исполнение;
- учет режима управления исполнителя при передаче ему команды;
- регистрацию процессов прохождения, исполнения и отмены команд.

Программно-логическое управление реализуется максимально просто, т.к. автоматные структуры прикладной программы «САРГОН» оптимальны для сложных алгоритмов переключений.

Сервисные функции ПТК «САРГОН»:

Основные сервисные функции реализуются на всех АРМ операторов:

- слежение за работой системы в реальном времени;
- самодиагностика программно - технического комплекса в реальном времени.

В ПО «САРГОН» все элементы ПТК (контроллеры, каналы связи, модули УСО и т.п.) являются такими же объектами, как задвижки и технологические параметры. Поэтому для контроля и самодиагностики ПТК используются те же программные средства, что и для контроля за состоянием ТП. Кроме того, SCADA-система «САРГОН» имеет специальные системные окна, позволяющие в режиме «инженера АСУТП» непосредственно контролировать и изменять: значение любой переменной, значения параметров любого объекта, системные настройки.

На инженерной станции доступны расширенные сервисные функции, которые реализуются набором тестовых технических и программных средств ПТК. Они обеспечивают тестирование работоспособности и правильности функционирования вычислительных устройств, каналов ввода/вывода и модулей КТС.

4.1.4. АСУТП на базе ПТК «САРГОН»

За короткие сроки на базе ПТК «САРГОН» может быть создана АСУТП ТЭС (энергетического объекта, производства), имеющая следующие характеристики:

ПТК «САРГОН» позволяет создавать функционально-полные АСУТП масштаба станции/производства. При этом обеспечиваются:

высокие надежность и качество при оптимальной цене:

- наработка контроллеров на отказ более 100000ч;
- высокая надежность компонентов, возможность резервирования;

- современный дизайн и конструктивы;
- цены в несколько раз ниже большинства импортных ПТК при сопоставимом качестве и лучшей приспособленности к российским условиям эксплуатации;

высокая открытость и расширяемость системы:

- открытые протоколы и интерфейсы, встроенная поддержка наиболее популярных стандартов;

- функционально-полный комплект инструментального ПО за небольшую цену;

- поставка прикладного ПО в исходных текстах;

быстрое внедрение АСУТП с четкой разбивкой на законченные этапы, без увеличения совокупной стоимости внедрения, например:

- создание общестанционной информационной системы в объеме параметров РАС всех энергоблоков (энергетических установок) как основы АСУТП станции;

- решение локальных задач регулирования, защиты, блокировок;

- подключение существующих микропроцессорных средств автоматизации к АСУТП (может выполняться одновременно с созданием АСУТП ТЭС);

- создание АСУТП ХВО, электроцеха и т.д.;

- поочередное создание управляющих АСУТП энергоблоков (энергетических установок) путем дополнения действующих информационных АСУТП управляющими функциями;

- интеграция в АСУ энергосистемы через Интернет или Интранет.

4.1.5. Состав и структура ПТК САРГОН

Программный комплекс "САРГОН" реализует следующие

современные технологии:

- объектный подход;
- компонентная структура;
- ресурсная загрузка конфигураций;
- технология "промежуточного слоя" с микроядром;
- непроцедурное программирование.

Объектный подход - мощная современная технология проектирования и программирования, разработанная в конце 80-х годов. К настоящему времени АСУТП в силу большой инерционности остается одной из наименее освоенных этой технологией областей. Он практически не используется в системах технологического программирования, а при организации управления "объектность" не поднимается выше уровня задвижки и регулятора. Преимущества объектного подхода в сравнении с функциональным доказаны как теоретически, так и 15-летней практикой его использования.

В "САРГОН" активно используются такие преимущества объектной технологии как естественный параллелизм процессов, легкость расширения набора функций без изменения структуры системы (например, при переходе от информационной системы к управляющей), простота расширения системы при увеличении объема автоматизации объекта, эффективность тиражирования на аналогичные объекты.

Компонентная структура - современная технология построения программной системы из набора типовых элементов (компонентов). Для всех компонентов разрабатывается единый протокол взаимодействия с исполняющей системой, пользователями и другими компонентами.

При программировании конкретного компонента достаточно описать внутреннюю логику его работы и реализацию указанного протокола, а все взаимодействия с окружением реализует исполняющая система. Использование технологии существенно сокращает сроки разработки и увеличивает надежность программного обеспечения.

Компонентная структура широко используется во всех современных SCADA- пакетах, однако различные варианты OLE, на которых основаны большинство из них, недостаточно эффективны для крупных систем реального времени. При числе объектов более 1000 такие системы "захлебываются" даже на мощных компьютерах.

В "САРГОНе" OLE используется для организации внешних интерфейсов. Внутренний компонентный механизм имеет собственный эффективный протокол, обеспечивающий одновременную работу десятков тысяч компонентов с децисекундным циклом даже на P133, и до 2000 компонентов на контроллере с 386 процессором и 1 МБ ОЗУ. Такая эффективность не ограничивает разработчика в принимаемых технических

решениях и позволяет нормально использовать в АСУТП уже установленную у Заказчика вычислительную технику.

Ресурсная загрузка конфигураций - современная технология, позволяющая оформить наиболее часто изменяемый код в виде файлов данных специальной структуры, называемых "ресурсными".

В "САРГОНе" реализован эффективный механизм динамической загрузки ресурсов во время выполнения задачи, обеспечивающий возможность контроля практически неограниченного объема информации на вычислителе с небольшим объемом памяти.

Использование ресурсов позволяет на всех РС- совместимых вычислительных узлах с одинаковой операционной системой исполнять одну и ту же базовую задачу, что резко увеличивает надежность работы ПО реального времени. Все различия в прикладных программах этих узлов полностью описываются файлами ресурсов.

Технология "промежуточного слоя"- современная технология, обеспечивающая высокую степень переносимости ПО путем создания в программной системе внутреннего системного слоя и максимальной локализации и стандартизации его взаимодействия с операционной системой (рис.4. 2).

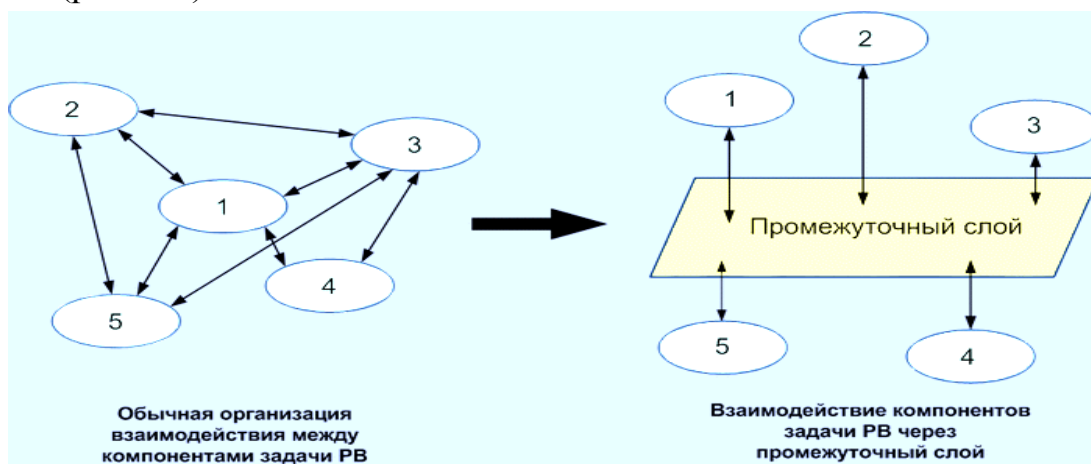


Рис. 4.2. Взаимодействие компонентов SCADA-систем

Система реального времени ТкА, составляющая основу комплекса "САРГОН", имеет трехслойную архитектуру с микроядром, реализующим системно-независимые службу времени и многопоточный механизм взаимодействия подсистем и компонентов (рис. 4.3).

Многослойная организация системы полностью изолирует технологическую логику работы прикладного ПО от используемых технических и низкоуровневых программных средств, обеспечивает высокую переносимость программного комплекса.



Рис.4.3. Структура системы реального времени ТкА

Непроцедурные языки - современное направление системного программирования, позволяющее сконцентрировать внимание разработчика на описании целей и правил, а не на последовательности действий по их реализации (т.е. описывается "что делать" вместо "как делать"). Использование непроцедурного языка обеспечивает максимально возможную простоту и понятность программ для разработчика-технолога, перенося сложности процедурной реализации на системный уровень, что сокращает трудоемкость и сроки разработки, увеличивает надежность ПО.

Рассмотрим, какие преимущества обеспечивает "САРГОН" оперативному персоналу.

Основными преимуществами "САРГОН" для:

I. оператора-технолога являются:

1. Единообразность выполнения операций по управлению объектами всех уровней: от клапана до энергоблока в целом.

2. Универсальность автоматизированных рабочих мест: на одном АРМ могут выполняться все функции, предусмотренные РД 153-34.1-35.127-2002. Настройка функций осуществляется конфигурационным путем, что обеспечивает простоту внесения изменений.

3. Возможность гибкого использования всех АРМ в зависимости от технологической потребности: любой АРМ может быть одним нажатием клавиши переведен в режимы: отображения мнемосхем, событийной станции, просмотра истории процесса и др. Смена режима занимает менее 1сек. При выполнении наиболее ответственных операций, например, при пуске, для дополнительного контроля может использоваться даже АРМ другой группы оборудования (соседнего энергоблока).

4. Полная свобода в определении объема контроля с вышестоящих уровней за ходом технологического процесса. Зона видимости индивидуально задается для каждого компонента-объекта. Просматривающие АРМ могут быть легко настроены на полный или

выборочный контроль информации по каждой технологической установке.

Действуя в режиме "ассистирования" интерфейс системы реального времени обеспечивает простейшую реализацию требуемых переключений, но не навязывает их оператору. Например, при получении аварийного сообщения система предоставит возможность перехода на рекомендуемую "антиаварийную" мнемосхему за одно нажатие клавиши, но решение о переключении принимает оператор, т.к. несанкционированное воздействие системы на интерфейс может помешать противоаварийным действиям оператора.

Типизация компонентов позволяет легко перенастраивать интерфейс для конкретного Заказчика (например, для отображения состояний включен/выключен на одной половине объектов используют сочетание красный/зеленый, а на другой - наоборот).

II. инженера-технолога Заказчика:

1. Легкость понимания технологических программ, написанных на максимально естественном для технолога непроцедурном языке.
2. Возможность самостоятельной модификации технологических программ при изменении технологии производства.
3. Возможность полномасштабной проверки технологических программ управления любого объекта (от клапана до энергоблока включительно) на одном компьютере. Для проверки используется уникальная система отладки и моделирования, включенная в состав "САРГОН", которая обрабатывает непосредственно код, подготовленный для выполнения в реальном времени. При этом не требуется никакого дополнительного программирования.

III. инженера, обслуживающего АСУТП:

1. Простоту контроля и управления работой АСУТП. С точки зрения "САРГОН" все элементы АСУТП (вычислительные узлы, базы данных, каналы связи, модули УСО и т.п.) являются такими же объектами-компонентами, как и задвижка или аналоговый параметр, поэтому процесс контроля и управления работой АСУТП с инженерной станции практически не отличается от управления работой технологического оборудования с АРМ оператора-машиниста.
2. Удобство настройки, которое предопределяется компонентной структурой системы с ресурсным конфигурированием компонентов.
3. Простоту модификации, основанную на единой базе данных проекта, средствах автоматического конфигурирования и тестирования.
4. Возможность комплексной проверки правильности работы системы в сборе перед внедрением, которая обеспечивается развитыми средствами тестирования и ресурсной формой кода, предоставляющей возможность внешнего контроля.

5. Контроль за изменениями в конфигурациях и работе ПО, который обеспечивается развитыми средствами информационного тестирования "САРГОН".

IV. системным интеграторам:

1. не нужно заваливать своих разработчиков бесконечно теряющимися и противоречивыми бумажками с описанием сигналов проекта - ЕДИНСТВО ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ обеспечит непротиворечивость и целостность на всех этапах: от описания объекта до работы модулей реального времени после ввода системы в эксплуатацию.

2. технологам и алгоритмистам не нужен английский - язык разработки технологических алгоритмов - РУССКИЙ, построенный на основе МЭК1131.3

3. НЕ ПОТРЕБУЮТСЯ ПРОГРАММИСТЫ для разработки - для них просто нет работы.

4. разработчикам не придется сидеть и выстраивать БЕСКОНЕЧНЫЕ ЦЕПОЧКИ "Канал - Сигнал - Элемент отображения", допуская при этом все мыслимые и немыслимые ошибки. Компонентная структура SCADA "ТкА" позволяет создавать типовые технологические модели объектов автоматизации. Они связываются с изображением элементов на мнемосхемах. Например, если вы решили, что закрытая задвижка должна на мнемосхемах быть серой, а не черной, то достаточно в описании типового изображения задвижки изменить одно свойство в состоянии "ЗАКРЫТО" поставить цвет изображения "Серый" и все задвижки выбранного типа на всех мнемосхемах проекта в закрытом состоянии будут закрашиваться серым цветом.

5. не потребуется подробная разработка различных оперативных и неоперативных АРМов - различие в функциональных особенностях рабочих мест (например, способность осуществлять оперативное управление) задается просто как параметр в конфигурации SCADA-системы.

6. никогда еще СОЗДАНИЕ ТИПОВЫХ ПРОЕКТОВ не было так просто - вы просто копируете проект в новую директорию, вносите только необходимые изменения, затем запускаете автоматическое конфигурирование и новый проект готов (по опыту трудозатраты составляют не более 10-15% от первоначальных) (рис. 4.4).

7. не придется начинать весь проект заново, если ваш новый проект отличается от уже сделанного только типом контроллера или если заказчик в последний момент решил сменить тип контроллера. ВЫБОР ТИПА КОНТРОЛЛЕРА и привязка сигналов к нему - одна из последних стадий разработки и может быть с легкостью повторена для другого типа контроллера.

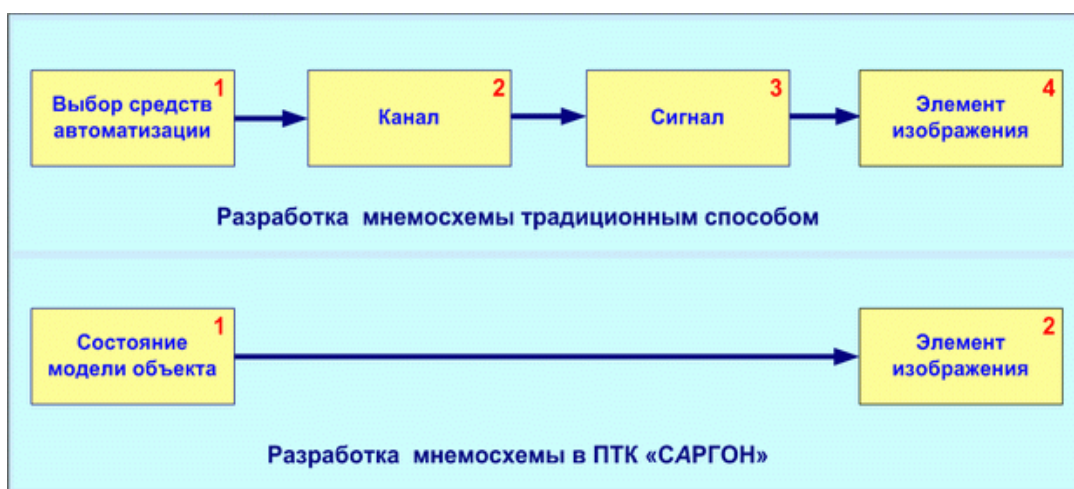


Рис.4.4. Этапы разработки мнемосхем

8. не потребуется продумывать и разрабатывать АСУТП с использованием различных типов промышленных сетей, устанавливать специальные **ДОРОГОСТОЯЩИЕ ТИПЫ СЕТЕЙ** для ответственных участков - все вычислительные узлы и контроллеры оперативного контура связываются по обычной сети Ethernet , так как "САРГОН" имеет встроенную подсистему гарантированной доставки сообщений. При создании АСУТП верхнего уровня используются стандартные технические средства и сетевые операционные системы.

9. При сопровождении проектов Вам не придется, добавив на мнемосхему один лишний параметр или клапан без конца ездить на объект, пытаясь установить новую конфигурацию. Предлагаем InfAtest - средство для проверки соответствия новой и предыдущей конфигурации. Реализуется принцип "ПРИЕХАЛ - УСТАНОВИЛ - РАБОТАЕТ".

10. Если объект автоматизации не влезает в один контроллер, то теперь не придется ломать голову из-за невозможности проверить правильность написанных алгоритмов его работы. Abtester позволит проверять и отлаживать работу систем управления любых технологических объектов до **КРУПНОГО ЭНЕРГОБЛОКА** включительно одновременно и на одном компьютере, независимо от того, где они размещаются в реальной АСУТП.

11. В подавляющем большинстве случаев системный интегратор работает со средствами автоматизации одного производителя. Переход на новые средства автоматизации или на продукцию другого производителя сопряжен с огромными трудностями, так как при этом теряются в значительной части все предыдущие наработки и типовые проекты автоматизации приходится создавать заново. Использование "САРГОНА" делает системного интегратора как бы "всеядным". Переход на новое поколение средств автоматизации или на контроллер любого

производителя требует минимальных затрат, и при этом все наработки, типовые проекты и т.п. будут готовы для использования. Это существенно повышает конкурентоспособность и дает возможность использовать самые современные решения и технические средства для создания АСУТП.

Вопросы для самопроверки

1. Дать характеристику основным компонентам ПТК.
2. Перечислить и дать характеристику основным компонентам ПО ПТК.
3. Перечислить и дать характеристику функциям в ПТК.
4. Характеристики АСУТП на базе ПТК.
5. На каких технологиях реализован ПТК?
6. Назвать основные преимущества ПТК.


4.2. ПТК СИРИУС

4.2.1. Назначение и основные функции ПТС СИРИУС

4.2.2. ПТС верхнего уровня - пункт управления СИРИУС

4.2.3. ПТС нижнего уровня – контролируемый пункт СИРИУС

4.2.1. Назначение и основные функции ПТС СИРИУС

СИРИУС представляет собой географически распределенную систему диспетчерского контроля и управления технологическими процессами. Под этой торговой маркой сегодня выпускается более 50 наименований технических средств, объединенных широко известными товарными знаками СИРИУС и , - это приборные шкафы, контроллеры, блоки, модули и аксессуары к ним, а также ПО для создания SCADA-систем.

Открытость, высокая надежность, простота настройки способствовали тому, что система нашла широчайшее применение для контроля и управления многочисленными объектами:

- распредсетями - электрические подстанции 110-35-10 кВ, объектами городских сетей РП, ТП (автоматизировано более 100 районов электрических сетей);

- объектами горгаза ГРП, ПГРП, горэлектротранспорта ТП, горводоканала (артезианские скважины - автоматизировано более 400 объектов);

- продуктопроводами (нефть, газ, аммиак);

- теплосетями ЦТП;

- энергоресурсами крупных промышленных пред

приятый (газ, электроэнергия, вода).

Гарантийные сроки эксплуатации на ПТС устанавливаются от 2 до 5 лет. Комплекс СИРИУС имеет установленный технический ресурс не менее 10 лет.

Комплекс СИРИУС является недорогим решением с характеристиками, соответствующими требованиям к современным ПТК. Он легко конфигурируется под разнообразные объекты автоматизации. Реальная его структура и цена определяются на стадии формирования ТЗ. В то же время цены на отдельные компоненты всегда доступны потенциальным заказчикам.

В создаваемых заводом АСДУ СИРИУС развивается разработанная НПА "Вира Реалтайм" удачная организация верхнего уровня на контроллерах ВИКОНТ, позволяющая обеспечить высокую надежность и живучесть создаваемых систем. Для малоинформативных систем верхний уровень может быть выполнен на контроллере САТЕЛЛИТ.

В целом ПТК СИРИУС к настоящему моменту обладает следующими положительными свойствами:

- наличием широкой номенклатуры серийно изготавливаемых технических и программных средств с поставкой взаимно увязанных технических решений и поддержкой от одного производителя;

- наличием удачных конструктивных решений, обеспечивающих высокие эксплуатационные характеристики комплекса;

- наличием возможности работы устройств в отечественных условиях эксплуатации и широком температурном диапазоне от -40 до +70 °C (без применения средств обдува или подогрева);

- наличием распределенных блоков ввода/вывода, устанавливаемых непосредственно на технологическом оборудовании (как следствие: уменьшается объем монтажа, достигается высокая помехоустойчивость, сокращаются сроки модернизации объектов автоматизации);

- наличием широкого набора сменных мезонинов, образующих различные цифровые интерфейсы, позволяющих подключать объектное цифровое оборудование: цифровые защиты, счетчики электроэнергии, тепла, газа, преобразователи I, U, P и др.;

- наличием встроенных программируемых универсальных модемов, ориентированных на обеспечение надежной связи по различным видам связного оборудования, используемого в промышленности;

- наличием интеллектуальных КП, работающих в фирменном "быстром", спорадическом протоколе на низкоскоростных каналах связи с учетом загружаемых

режимов с диспетчерского пункта (каналов ТС, ТИ, апертуры по ТИ и т.д.) и осуществляющих привязку на КП к временным меткам дискретной и аналоговой информации;


- наличием самовосстанавливающихся защит по цепям ТС, ТИ, каналам связи;

- наличием специализированных программных и технических средств, обеспечивающих вывод состояний объектов контроля и управления на экранные мнемосхемы и диспетчерские щиты;

- наличием удобного инструментального программного комплекса внесения корректировок и изменений в программное обеспечение системы в процессе эксплуатации, позволяющего создавать SCADA-системы.

Важнейшей особенностью ПТС СИРИУС является то, что заказчик имеет возможность самостоятельно выбрать степень заводской готовности заказываемых программно-технических решений, составляющих каждую объектно-ориентированную систему. Это позволяет ему выбрать типовые решения или заказать набор ПТС под собственные решения. При комплектном заказе ПТС СИРИУС к моменту поставки они проходят тестирование и наработку на техническом полигоне завода, что определяет в целом высокую надежность поставляемого законченного решения.

Обладая 10-летним опытом реализованных проектов АСДТУ, специалисты завода предлагают оптимальные по цене и качеству решения. Заказчик, работая напрямую с производителем ПТС СИРИУС, имеет доступ к последним серийным разработкам, оригинальным техническим решениям и получает протестированное комплектное оборудование.

Кроме этого, системные интеграторы всегда имеют возможность создания ПТК на основе серийных ПТС СИРИУС, используя собственные оригинальные программно-технические решения. Важно, чтобы заказчик не был введен в заблуждение относительно характеристик, свойств и места изготовления продукции. При этом должны соблюдаться права изготовителя относительно товарных знаков СИРИУС, САТЕЛЛИТ, МИКОНТ, ВИКОНТ, .

4.2.2. ПТС верхнего уровня - пункт управления СИРИУС

Программное обеспечение "СИРИУС ПО" разработано специалистами РПУП "Завод Измериель" для платформы Windows и является полностью 32-разрядным приложением, тем самым исполь-

зуются все преимущества одной из самых распространенных операционных систем. Внутренняя архитектура "СИРИУС ПО" реализует многозадачный режим с применением множества готовых приложений Windows, обеспечивающих решение различных задач обработки и представления информации. Модули ПО разделяются на серверы и клиенты. Связь между ними осуществляется с использованием распределенной общей модели объектов - COM и DCOM фирмы Microsoft.

Основа "СИРИУС ПО" - это три сервера процессов: сервер телемеханики, сервер БД и сервер событий. Серверы взаимодействуют между собой и с клиентскими модулями посредством COM/DCOM технологии, что позволяет отдельным компонентам легко взаимодействовать друг с другом. Для связи с внешними приложениями используются стандартные интерфейсы - DCOM и OPC. Систему, построенную на базе "СИРИУС ПО", легко поддерживать, развивать и интегрировать в сторонние информационные системы.

Реализованная клиент-серверная технология позволяет оптимизировать ресурсы компьютера, процесс обработки возникающих событий и достигать высокой производительности даже в больших системах.

Инструментальная среда "СИРИУС ПО" позволяет создавать мнемосхемы любой сложности. При этом можно использовать как имеющиеся в системе графические элементы, так и создаваемые пользователями. Функции рисования в "СИРИУС ПО" базируются на векторной графике, и при разработке редактора много внимания было уделено созданию удобного, интуитивно понятного интерфейса, позволяющего создавать удачные решения специалистам, не обладающим дизайнерскими навыками. Используя возможность редактора по изменению цвета подложки кадра (вплоть до черного), можно значительно снизить зрительную нагрузку операторов диспетчерских служб при работе с монитором. Редактор "СИРИУС ПО" предлагает более 500 наиболее распространенных объектов: насосы, двигатели, клапаны, элементы электрических станций и др. Пользователь может создавать новые графические библиотеки или модифицировать стандартные объекты и создавать свою внешнюю библиотеку элементов. Эффективное использование графических библиотек обеспечивает быструю разработку сложной, выразительной графики и позволяет осуществлять стандартизацию изображений.

Супервизор "СИРИУС ПО" - настоящая оконная среда реального времени, окна могут содержать графические изображения, сводки тревог, диаграммы и отчеты.

"СИРИУС ПО" ведет журналы и историю изменения всех параметров. Анализатор истории позволяет собрать и понятно

отобразить в одной таблице или в одном графике множество параметров простыми средствами. Подготовленные наборы можно сохранять для последующего просмотра, что позволяет пользователю максимально быстро получать совместные графики многих технологических параметров, сопоставлять графики периодических процессов, приводя их к единому масштабу времени, быстро составлять и изменять всевозможные отчеты и т.д.

Контроллер верхнего уровня ВИКОНТ

Представляет собой стационарный проектно-компонруемы крейт, в который устанавливается до 5 пар блоков - СИМПС с ЦП, ТЕЛЕКОН с ЦП и блок питания. На программном уровне режим его работы устанавливается путем загрузки управляющих программных модулей. ВИКОНТ связывает все удаленные устройства системы в единый комплекс и является инициатором обмена в системе. Блоки, устанавливаемые в контроллер ВИКОНТ, и контроллеры между собой объединяются по витой паре. В одну сеть можно объединять до 30 блоков (6 контроллеров ВИКОНТ). Масса контроллер ВИКОНТ с установленными блоками составляет не более 7 кг. Габаритные размеры 405х283х335 мм. Потребляемая мощность от сети не более 40 ВА. Условия эксплуатации: от 5 до 45 °С. Для контроллера ВИКОНТ используется специально разработанный блок питания БП-У.

Не вдаваясь в описание достаточно известных блоков ЦП-У, СИМПС-У, МУССОН-У, ТЕЛЕКОН-У, можно отметить, что их ПО постоянно уточняется с учетом замечаний и предложений, возникающих в серийном производстве и при их эксплуатации.

В настоящее время основным блоком контроллера ВИКОНТ является блок ТЕЛЕКОН-УЦ. В паре с процессорным блоком ЦП-У он является универсальным базовым модемом. ТЕЛЕКОН-УЦ обеспечивает как связь контроллеров ВИКОНТ с ПЭВМ через интерфейс RS-232C на скорости до 57 Кбит/с в протоколе СИРИУС-СИМПС, так и позволяет организовать обмен между удаленными устройствами комплекса по различным каналам связи с ЧМ или ФМ модуляцией, а также по RS-232C в протоколе СИРИУС-САТЕЛЛИТ. С помощью ТЕЛЕКОН-УЦ можно подключать к системе различные КП в широко используемых протоколах, типа: УВТК-УН, ГРАНИТ, ТМ-120.ХХ, МКТ и т.п. ТЕЛЕКОН-УЦ имеет пять коммутируемых каналов для работы с ЧМ модуляцией (до 1200 бод) либо фазовой манипуляцией (до 4800 бод) и один канал для работы по цифровому интерфейсу RS-232C (до 57 Кбит). Он позволяет компактно и надежно строить системы с большим числом разнообразных каналов связи,

что особенно важно, например, для объектов энергетики. Чувствительность приемника не хуже 30 мВ. Максимальная амплитуда сигнала на выходе передатчика не менее 1,5 В. Количество абонентов в канале связи — до 30, имеется ключ для управления радиостанцией. Блоки имеют габариты 261x246x19,5 мм и массу не более 0,5 кг.

В процессе эксплуатации и наладки систем часто возникает необходимость совместной проверки работы какого-либо одиночного КП со SCADA-системой верхнего уровня в автономном режиме. Для этих целей был разработан переносной контроллер ВИКОНТ-М, в который может быть установлено два блока ТЕЛЕКОН-УЦ с ЦП-У. Он позволяет, используя ноутбук с предустановленной SCADA-системой, тестировать штатную работу системы (оборудование и SCADA-систему) непосредственно на КП при отсутствующем канале связи.

4.2.3. ПТС нижнего уровня – контролируемый пункт СИРИУС

Аппаратура контролируемых пунктов изготавливается с применением современной импортной и отечественной элементной базы по технологии поверхностного монтажа с трехслойным покрытием лаком. Она поставляется в шкафах производства завода и представляет собой комплектное решение, включающее контроллеры МИКОНТ, САТЕЛЛИТ, аккумуляторную батарею, сетевой автомат, розетки, клеммники, элементы защиты от перенапряжений, блок питания радиостанции и т.д.

Контроллер нижнего уровня САТЕЛЛИТ

Предназначен для создания интеллектуального КП. В контроллере используется модульный принцип. Конструктивно он представляет собой каркас - крейт, имеющий 12 либо 8 посадочных мест для размещения функциональных блоков и место для блока питания. Все цифровые блоки связаны с помощью пассивной объединительной панели. В качестве связующей шинной магистрали используется усеченная шина ISA. Контроллер имеет как корпусное, так и бескорпусное исполнение. Его конфигурация определяется типом и объемом входных сигналов. Для контроллера выпускается широкая номенклатура блоков питания, УСО и служебных блоков. В служебных блоках в условиях завода предустановленно специализированное ПО, что, как правило, не требует разработки дополнительных программ. К служебным блокам относятся: центральный процессор ПР-4, выполненный на основе процессора TN80C188EB; блок связи (модем) БВС-4, выполненный на основе процессора ADSP-2181; блок БВС-5, предназначенный для организации сети контроллеров САТЕЛЛИТ, свя-

занных по интерфейсу RS-485A в режиме Master-slave, либо для подключения внешних источников цифровой информации. Основная номенклатура УСО (субблоков ввода/вывода) приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Основная номенклатура УСО (субблоков ввода/вывода)

Наименование Входа/выхода	Характеристика цепи	Наименование и его параметры
Аналоговый вход	-20...+20мА,-5...+5мА	ВТИ-16АI – 16 каналов, групповая развязка от шины контроллера 12р АЦП
Аналоговый вход	-20...+20мА,-5...+5мА	ВТИ-32АI – 32 канала, групповая развязка от шины контроллера 12р АЦП
Аналоговый выход	-20...+20мА,-5...+5мА	ВТР – 4 канала телерегулирования
Дискретный вход	«Сухой» или потенциальный контакт 10-24 В	ВДС-32М, 32 ТС, индикация состояния каждого входа
Дискретный выход	Открытый коллектор (24 В, 200 мА)	ВТУ-32А – 64 ТУ, контроль состояния выходных ключей
Питание датчиков	24 В, 50 мА	ВДС-В8 – 8 отдельных каналов
Цифровой вход/выход	Сменный интерфейс RS-232C, RS485A, ИРПС 20 мА, ЧМ	БВС-7 – обмен с распределенными блоками по протоколу Modbus
Импульсный вход	0 – 10 мА	БУЭ – 16 сертифицированных каналов коммерческого или технического учета электрической энергии.

Исходя из анализа рынка промышленной автоматизации и требований к современным системам диспетчерского контроля и управления, завод постоянно работает над расширением номенклатуры ПТС. Внедрение новых собственных разработок, таких как блоки учета электроэнергии БУЭ, модули ввода/вывода сер. МИМ-100, МИМ-200, блоки БВС-7, БВС-9, адаптеры интерфейсов УПИ-2, УПИ-2И, МИМ-260, различные блоки питания, позволяет расширить возможности решаемых комплексом СИРИУС задач. Системы контроля и управления, построенные с применением этих ПТС, максимально удовлетворяют современным требованиям.

Блоки БУЭ-01, БУЭ-02 разработаны и сертифицированы по заданию концерна БЕЛЭНЕРГО специалистами завода совместно с сотрудниками БелТЭИ (г. Минск). Они позволяют с помощью встроенного вычислителя решать задачи коммерческого или технического учета электрической энергии, и предназначены для сбора, обработки, хранения и отображения

данных об энергопотреблении автономно, а также в составе АСКУЭ. Блоки обеспечивают получение информации от приборов учета, как по импульсным, так и по цифровым выходам. Блок БУЭ-01 устанавливается в крейт контроллера САТЕЛЛИТ. Блок БУЭ-02 имеет несколько интерфейсных выходов и выполнен в автономном исполнении с питанием от сети. Система телемеханики, дополненная блоками БУЭ, позволяет реализовать задачи баланса подстанций, оперативно оценивать потребляемые энергоресурсы и контролировать их расход и потребление. В этих блоках встроена функция защиты от несанкционированного доступа потребителя к средствам контроля и учета расходуемой энергии.

Контроллер «Сателлит» собирает данные не только от своих блоков ввода/вывода, но и с оборудования других фирм. Такая возможность решает проблему взаимодействия разнообразного оборудования на технологических объектах. Контроллер «Сателлит», объединяя различные устройства и телемеханику, создает целостную систему автоматизации объекта. Возможные структуры построения системы показаны на рис. 4.5.

конфигурирования и тестирования блока. В качестве физического интерфейса в блоках МИМ используется сменный мезонин RS-485А, но при необходимости может быть установлен универсальный мезонин ИРПС 20 мА, RS-232С или ЧМ, что позволяет оптимально выбрать соединение с учетом специфики каналов связи или объекта.

Блоки удаленного ввода/вывода осуществляют сбор и предварительную обработку информации с технологических объектов.

Они обеспечивают эффективную гальваническую развязку, позволяют значительно уменьшить наведенные ложные сигналы, что увеличивает помехоустойчивость системы и повышает ее быстродействие в целом.

Все блоки сер. МИМ-200 имеют типовое исполнение и представляют функционально завершенное устройство в стальном защитном корпусе с платой, смонтированной по технологии SMD монтажа. Стальной корпус обеспечивает им высокую электромагнитную устойчивость. Блоки серии МИМ-200 используются в качестве удаленных блоков ввода/вывода. Они имеют открытый протокол ModBus.

Блоки выполнены с использованием микропроцессора AT89S8252 фирмы ATMEL, имеют сторожевой таймер, извлекаемые клеммные соединители, защиту от перенапряжений цепей ввода/вывода. Номенклатура типовых блоков приведена в табл. 4.2.

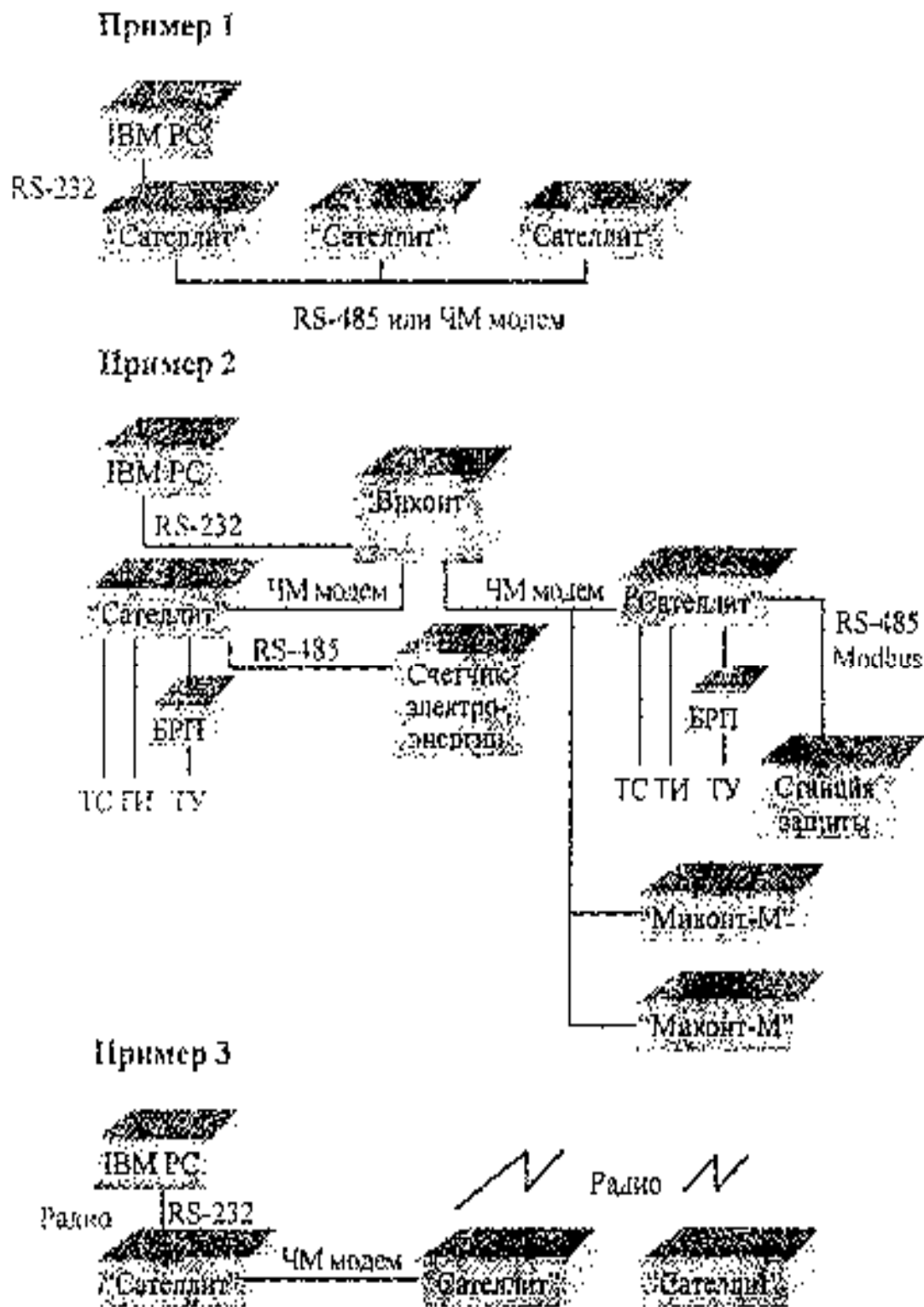


Рис 4.5. Возможные структуры системы «Сириус»

ЧМ модем – частотно-модуляционный модуль;
БРП – блок радиопередачи

Таблица 4.2

Номенклатура типовых блоков ввода/вывода

Наименование блока	Характеристика цепи	Наименование и его параметры
МИМ-250	ТС – «сухой» или потенциальный контакт ТИТ - -20...+20мА,-5...+5мА; ТУ- ~250В, 5А	Комбинированный блок: 8 дискретных, 4 аналоговых с 12р АЦП, 4 телеуправления
МИМ-231	-20...+20мА,-5...+5мА	8 аналоговых каналов, индивидуальная развязка каналов, 12р АЦП
МИМ-232	-20...+20мА,-5...+5мА	16 аналоговых каналов, групповая развязка каналов, 12р АЦП
МИМ-212	«Сухой» или потенциальный контакт 10-24 В	16 дискретных каналов, питание сухих контактов
МИМ-255	ТС - «сухой» или потенциальный контакт ТИТ – 0-5 мА, 0-20 мА ТУ – ~250 В, 5 А встроенные часы	Комбинированный блок: 16 дискретных, 8 аналоговых, 32 телеуправления. Требуется внешних клеммных окончаний (платы КА-01А) и реле повторителей (БР-4)
МИМ-П/12	Блок питания ~220 В в =12 В. Один канал	Питает до 10 блоков МИМ. Поддерживает управление внешним аккумулятором
МИМ-П/12-2	Блок питания 24 В и 12 В. Два канала	Питает до 14 блоков МИМ. Поддерживает управление внешним аккумулятором
МИМ-260	Сменный интерфейс RS-232C, RS-485A, ИРПС 20 мА, ЧМ	Позволяет на один порт источника подключаться двум потребителям
МИМ-128	Вывод ТС на диспетчерский щит	Позволяет управлять 32/64 двух/одноцветными диодами
МИМ-144	Вывод ТИ на диспетчерский щит	Позволяет управлять 8 четырехразрядными цифровыми индикаторами

Блоки предназначены для работы в расширенном температурном диапазоне от -40 до +60 °С. Габаритные размеры: 200х180х40 мм.

Питание блоков осуществляется от внешнего источника постоянного тока 10... 15 В. Максимальная потребляемая мощность одного блока МИМ 5 Вт. Цепи питания защищены от переплюсовки. Для питания контроллеров ПТС СИРИУС заводом разработаны и серийно изготавливаются блоки

питания БП-У, БП-У/12, БП-У\24, БП-УМ2Ш. Блоки питания обеспечивают переход на резервную аккумуляторную батарею, ее мониторинг, предохранение от глубокого разряда, заряд и являются полностью взаимозаменяемыми с ранее выпущенным оборудованием.

Блок БВС-7 выполняет функции процессора сбора в сегменте сети. Он устанавливается в контроллер САТЕЛЛИТ и предназначен для формирования базы данных от удаленных модулей ввода/вывода МИМ-200 через интерфейс RS-485 в протоколе Modbus. БВС-7 является связующим звеном между процессором контроллера САТЕЛЛИТ и модулями удаленного ввода/вывода. В качестве физического интерфейса в блоках БВС-7 используется сменный мезонин RS-485А, но при необходимости может быть установлен универсальный мезонин ИРПС 20 мА, RS-232С или ЧМ, что позволяет оптимально выбрать интерфейс с учетом специфики каналов связи или источника информации. Этот блок широко используется для сопряжения с цифровыми защитами или другим технологическим оборудованием объекта автоматизации, имеющим цифровые выходы. Конструктивно блок БВС-7 устанавливается в слоты контроллера так же, как модули.

Конфигурируется блок с помощью специального ПО, которое позволяет производить параметрирование блоков для работы в сети и выполнять диагностику его работы.

Сегодня ПТС СИРИУС позволяют оптимально сочетать решения централизованных и распределенных (децентрализованных) систем сбора и управления, построенных на основе полевых шин и блоков удаленного ввода/вывода. Структура построения КП определяется конкретным технологическим объектом. Количество локальных сетей удаленного ввода/вывода, номенклатура блоков в локальной сети, их число определяется требованиями к системе сбора информации с объекта (информативность, время реакции, быстродействие и т.д.).

Дальнейшее развитие системы СИРИУС идет по пути расширения номенклатуры стандартных интерфейсов, разработки блоков со встраиваемыми приложениями, развитием объектно-ориентированного инструментального ПО для конфигурирования и параметрирование оборудования со специализированными библиотеками алгоритмов.

Вопросы для самопроверки

1. Назначение и основные функции ПТК.
2. Как обеспечивается управление верхним уровнем?
3. Состав контроллера верхнего уровня.
4. Как обеспечивается управление нижним уровнем?

4.3. МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ МСКУ 2М

4.3.1. Промышленная локальная сеть МАПС – основа МСКУ 2М

4.3.2. Архитектура сети МАПС

4.3.3. Описание локальной промышленной сети МАПС

4.3.4. Физическая реализация магистрали МАПС

4.3.5. Описание контроллера связи КСв-31

4.3.6. Применение КСв-31

4.3.7. Программное обеспечение

4.3.1. Промышленная локальная сеть МАПС – основа МСКУ 2М

МСКУ 2М [7] имеет все функции и средства, необходимые для создания современных систем управления технологическими процессами: регистрацию и обработку параметров процесса, регулирование, управление, защиты и блокировки, сигнализации, вычислительные операции, оптимизацию, экспертные системы, визуализацию процесса на экранах мониторов, дистанционное управление. Надежность систем на базе МСКУ 2М обеспечивается комплексом организационных, технологических, аппаратных, системных и программных решений. Показатели высокой надежности подтверждены разрешениями на использование МСКУ 2М для автоматизации объектов атомной энергетики.

Сеть МАПС имеет следующие функциональные возможности:

- широкие топологические возможности;
- реактивность и скорость передачи данных, удовлетворяющие современным требованиям к ПТК для АСУ ТП;
- гарантированное время для доставки сообщения;
- высокая надежность за счет резервирования сетевой аппаратуры:
 - резервирование арбитра;
 - включение в сеть до трех магистралей;
 - обеспечение межмагистрального обмена сообщениями;
- возможность объединения нескольких сетей МАПС;
- функции арбитра МАПС выполняют рабочие станции ПС 5110 или ПЭВМ.

Основные принципы архитектурной организации сети МАПС и характеристики представлены в таблицах 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3

Основные принципы архитектурной организации сети МАПС

Структура	магистральная
Базовый сетевобразующий элемент	сегмент магистрали
Способ доступа	маркерный
Управление магистралью	централизованное (арбитр)
Физическая среда	радиочастотный кабель
Способ резервирования	аппаратный (дублирование, троирование)

Таблица 4.4

Характеристики сети МАПС

Максимальное количество абонентов в одной сети	63
Скорость передачи данных в линии связи	1 Мбит/с
Максимальное количество абонентов на одном сегменте магистрали	16
Максимальная длина сегмента магистрали на базе радиочастотного кабеля при подключении:	
- 16 абонентов	1200 м
- 8 абонентов	1600 м
- 2 абонентов	1800 м
Количество магистралей в одном сегменте	до трех

Модульный коммутатор HP ProCurve Switch 8000M:

- 19" 4U rack-mount;
- 10 универсальных слотов для коммутирующих модулей с поддержкой "горячей" замены;
- До 40 портов 100Mbps FO (SC) с памятью по 512 Кбит/с;

- Пропускная способность внутренней магистрали коммутатора 3.8 Гбит/с;
- Радиальные оптические дуплексные линии связи длиной до 1 км;
- Режим Full Duplex исключает возникновение коллизий;
- Управление потоками IEEE 802.3x Flow Control предотвращает переполнение буферной памяти и потерю пакетов путем выдачи управляющих сообщений для приостановки и возобновления передачи данных;
- Соответствие стандартам и спецификациям: IEEE 802.1p Priority, IEEE 802.1D Spanning Tree, IEEE 802.1Q VLANs Automatic Broadcast Control Port Trunking & Switch Meshing Protocol Filter.

4.3.2. Архитектура сети МАПС

Магистралью МАПС называется совокупность программно-аппаратных средств, включающая в себя:

- КСв - контроллеры связи (с внутренним программным обеспечением), обеспечивающие управление магистралью передачи данных;
- взаимодействующие между собой абоненты: МСКУ – микропроцессорные субкомплексы контроля и управления, рабочие станции ПС 5110, персональные ЭВМ и т.п.

Сетью МАПС называется одна, две или три магистрали МАПС, абоненты которых взаимодействуют между собой. Магистрали в составе сети нумеруются числами 1, 2 и 3.

Адресом абонента в МАПС является целое число в пределах от 0 до 255 включительно, причем, адрес, равный 255, означает одновременную адресацию всех абонентов магистрали. Допустимыми значениями адреса являются 0-62 и 255; таким образом, максимальное количество абонентов на магистрали - 63.

Любой абонент магистрали может иметь, помимо выхода на данную магистраль, до двух дополнительных портов, предназначенных для связи с другими магистралями сети (например, в дублированных и троированных комплексах). Эти порты, включая выход на данную магистраль, называются "шлюзами" и нумеруются числами 1, 2, 3, помещаемыми в соответствующие двухразрядные поля. Значение 00 в этих полях означает, что сообщение относится непосредственно к данному абоненту. Исходное сообщение в этом случае может быть передано через любой шлюз абонента. Исходные сообщения с ненулевым значением в данных разрядах передаются по магистрали, к которой подключен соответствующий шлюз абонента, но могут при необходимости передаваться по другой магистрали

(например, при отказе первой). Ответные сообщения всегда передаются по той магистрали, по которой было принято исходное сообщение.

Как правило, шлюзы обеспечивают выход на разные магистрали одной сети, при этом адреса их на магистралях должны совпадать. Кроме того, если абонент подключен к магистралям сети и имеет адрес, равный i , то на магистралях сети, к которым он не подключен, значение i не должно использоваться в качестве адреса подключения какого-либо абонента.

Таким образом, максимальное количество абонентов в сети совпадает с максимальным количеством абонентов на магистрали, равным 63. Количество шлюзов у абонента и количество магистралей, к которым подключен абонент, может не совпадать. Так, абонент с тремя шлюзами может быть подключен к одной, либо двум магистралям. В этом случае сообщение любому шлюзу абонента передается по одной из магистралей, к которым он подключен, а передача сообщения тому шлюзу, которому оно адресовано, возлагается на самого абонента.

Основным (активным) арбитром на магистрали называется КСв, который фактически выполняет управление магистралью.

Резервным (пассивным) арбитром на магистрали называется КСв, который не выполняет управление магистралью, а анализирует работоспособность основного арбитра и, в случае выявления неработоспособности последнего, заменяет его.

Приоритетными абонентами называются абоненты, которые могут выдавать приоритетные (срочные) сообщения или запросы. Таким абонентам магистраль предоставляется в первую очередь.

Неприоритетными абонентами называются абоненты, которые выдают только неприоритетные сообщения и запросы. Им магистраль предоставляется в случае, когда осталось время после обслуживания всех заявок от приоритетных абонентов.

Инициативным абонентом называется абонент, которому в любой момент времени может потребоваться магистраль для передачи сообщений.

Пассивным абонентом называется абонент, который осуществляет только прием сообщений и выдачу ответных сообщений на запрос без разрыва связи.

Активизируемый абонент - это абонент, который в исходном состоянии является пассивным, но переходит в активное состояние (идентичное состоянию инициативного абонента) при получении различных команд (сообщений, предусматривающих вывод ответных сообщений) и в ряде случаев, описанных ниже.

Таким образом, абоненты МАПС разделяются на следующие типы:

- арбитр сети;

- приоритетные инициативные абоненты;
- неприоритетные инициативные абоненты;
- приоритетные активизируемые абоненты;
- неприоритетные активизируемые абоненты;
- пассивные абоненты.

Возможно динамическое изменение типа абонента.

Тип абонента определяется в процессе проектирования соответствующих технических средств. Так, для МСКУ в настоящее время допустимыми являются два типа: инициативный приоритетный и инициативный неприоритетный, что определяется при генерации управляющей системы МСКУ.

Если в сети МАПС имеется более одной магистрали и необходимо обеспечивать взаимодействие между абонентами, подключенными к разным магистралям сети, то в состав сети должны входить так называемые межмагистральные адаптеры (ММА).

ММА - это устройство, которое, во-первых, подключено к двум или трем магистралям сети и имеет возможность передавать данные между своими шлюзами, во-вторых, осуществляет прием и обработку сообщений, предназначенных для взаимодействия абонентов разные магистралей. Функции ММА могут выполнять только арбитры магистралей, передавая сообщения из одной магистрали в другую.

4.3.3. Описание локальной промышленной сети МАПС

Модульная асинхронная перестраиваемая сеть (МАПС) является открытой локальной промышленной сетью и предназначена для обмена информацией между компонентами микропроцессорной системы контроля и управления МСКУ М.

Сеть МАПС представляет собой совокупность следующих элементов:

- абоненты сети (комплексы, субкомплексы, рабочие станции, персональные компьютеры и др.), в том числе и арбитры;
- сетевобразующая аппаратура (контроллеры, модемы, мосты и др.);
- физическая среда передачи сигналов (кабели, тройники, соединители, жгуты);
- программное обеспечение сети МАПС;
- протоколы сети МАПС.

Сеть МАПС состоит из одной, двух или трёх магистралей МАПС.

Объединение магистралей в сеть, как правило, осуществляется в целях повышения надёжности функционирования сети за счёт резервирования аппаратуры магистралей. Магистрали в составе сети

нумеруются цифрами 1, 2 и 3. В дублированных и троированных сетях МАПС абоненты могут иметь выходы либо на все магистрали сети, либо только на некоторые из них. Каждый абонент сети МАПС имеет свой индивидуальный адрес, являющийся числом от 0 до 62 включительно. Структурная схема сети МАПС приведена на рисунке 4.6.

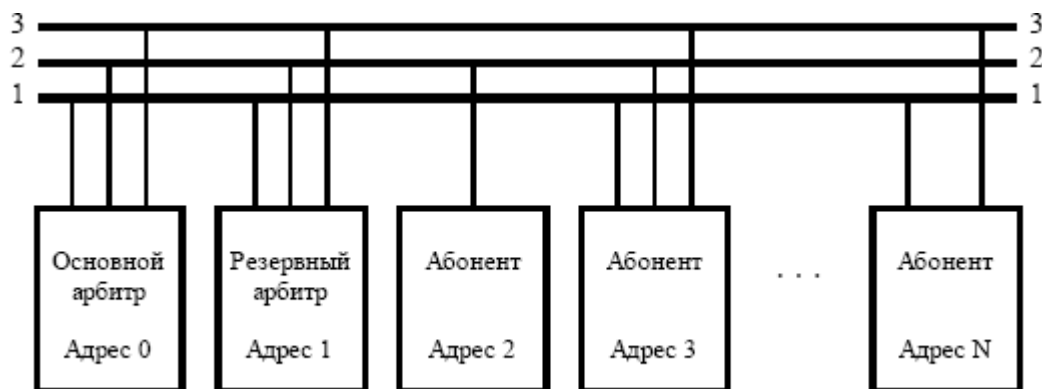


Рис.4.6. Структурная схема сети МАПС

Подключение абонентов сети к магистрали МАПС осуществляется при помощи контроллеров связи. Контроллеры связи имеют индивидуальные адреса на магистрали, совпадающие с адресами абонентов сети МАПС.

Контроллеры связи выполняют функции абонентов магистрали, обеспечивая обмен данными между абонентами сети через магистраль МАПС. Управление работой магистрали МАПС осуществляет контроллер связи, выполняющий, помимо функций абонента магистрали, функции основного арбитра магистрали. С целью повышения надёжности на магистрали могут работать контроллеры связи, выполняющие, помимо функций абонентов магистрали, функции резервных арбитров магистрали и, в случае выхода из строя основного арбитра магистрали, принимающие его функции на себя. Как правило, арбитрам присваиваются начальные адреса, основным является арбитр с минимальным адресом. Структурная схема магистрали МАПС приведена на рисунке 4.7.

В системах с жёсткими требованиями к арбитражу многомагистральной сети МАПС (в частности, к поддержанию единого времени на всех магистралях сети) один или несколько абонентов сети должны выполнять функции арбитров сети (основного и резервных). Резервирование арбитра в таких системах выполняется в рамках всей сети МАПС. Абоненты сети МАПС, выполняющие функции арбитров сети, должны иметь выходы на все магистрали сети.



Рис. 4.7. Структурная схема магистрали МАПС

Контроллеры связи основного арбитра сети МАПС выполняют функции основных арбитров своих магистралей. Контроллеры связи резервного арбитра сети МАПС выполняют функции резервных арбитров своих магистралей, при этом, решение об инициализации их работы в качестве основных арбитров своих магистралей возлагается на абонента сети.

В системах с одномагистральными сетями МАПС и в системах с многомагистральными сетями МАПС без жёстких требований к арбитражу находит применение резервирование арбитра в рамках магистрали сети, при этом, решение об инициализации работы в качестве основного арбитра магистрали возлагается на сам контроллер связи. В подобных системах допускается ситуация, когда разными магистралями управляют арбитры с разными адресами в сети.

Основные характеристики сети МАПС:

- магистральная топология с возможностью дублирования и троирования;
- маркерный метод доступа к магистрали;
- коаксиальный радиочастотный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом в качестве среды передачи данных;
- номинальная скорость передачи данных – 1 Мбит/с;
- максимальное число абонентов на одной магистрали – 16;
- максимальная длина магистрального кабеля при конфигурации с 16 абонентами – 1200 м;
- максимальная длина отвода – 3 м;
- возможность выхода в сеть второго уровня;
- пропускная способность магистрали – не менее 40 кБит/с.

4.3.4. Физическая реализация магистрали МАПС

Магистраль МАПС формируется из отрезков магистрального кабеля, соединяемых тройниками МАПС. Абоненты магистрали МАПС

подключаются к тройникам кабельными отводами. Максимальное количество абонентов на одной магистрали – 16.

В качестве магистрального кабеля рекомендуется использовать радиочастотные коаксиальные кабели следующих типов: РК75-4-11, РК75-4-22, РК75-4-37, Belden 9259, Belden 89108. Допускается также применять другие коаксиальные кабели с волновым сопротивлением 75 Ом, сетчатым экраном и внешним диаметром до 10,0 мм.

Суммарная длина магистрального кабеля не должна превышать предельно допустимого значения. Предельно допустимая длина магистрального кабеля зависит от величины затухания сигнала в кабеле и количества отводов.

Значение предельно допустимой длины магистрального кабеля можно рассчитать по формуле:

$$L = (13 - 0,3n)/1,1r;$$

где L – предельно допустимая длина магистрального кабеля, km;

n – количество отводов от магистрального кабеля;

r – затухание сигнала в кабеле, дБ/км.

Расчетные значения предельно допустимых длин для некоторых типов магистрального кабеля приведены в таблице 4.5. При вычислении суммарной длины магистрали длину отводов учитывать не нужно.

Таблица 4.5

Расчетные значения предельно допустимых длин

Количество абонентов	Предельно допустимая длина магистрали, м	
	РК75 - 4 – 11	РК75- 4 – 22, РК75 – 4 - 37
16	900	1200
12	1000	1400
8	1200	1600
4	1300	1800

Отводы от магистрального кабеля рекомендуется выполнять из радиочастотных коаксиальных кабелей следующих типов: РК75-2-11, РК75-2-12, РК75-2-13, РК75-2-21, РК75-2-22, РК75-3-11, РК75-3-12, РК75-3-13, РК75-3-21, РК75-3-22, РК75-3-23, Belden 82241, Belden 82259. Допускается также применять другие коаксиальные кабели с волновым сопротивлением 75 Ω, сетчатым экраном и внешним диаметром до 6,5 мм.

Отводы от магистрального кабеля должны иметь длину не более 3 м. Для подключения отводов к магистральному кабелю применяются тройники МАПС двух типов: 5.436000 и 467239.013. Тройник типа 5.43600 имеет два ввода для магистрального кабеля диаметром от 6,5 мм до 8,0 мм

и один ввод для отвода диаметром от 3,5 мм до 4,0 мм. Тройник типа 467239.013 имеет два ввода для магистрального кабеля диаметром от 5,0 мм до 10,0 мм и один ввод для отвода диаметром от 3,0 мм до 6,5 мм. Длина отрезка магистрального кабеля между двумя соседними тройниками должна быть не менее 10 м. Максимальная длина отрезка между двумя соседними тройниками ограничивается на уровне максимальной длины всей магистрали.

Согласование магистральной линии связи выполняется путём распайки в двух тройниках, находящихся на концах магистрали, согласующих резисторов типа С2-23-0,25-75 $\Omega \pm 5\%$.

Специальные требования

Кабель магистрали МАПС не должен укладываться в одном канале с силовыми кабелями и кабелями, подключенными к индуктивной нагрузке. Расстояние между кабелем магистрали МАПС и силовым кабелем должно быть не менее 0,2 м и не менее 50 диаметров силового кабеля. Все разъёмные электрические соединители, используемые при построении магистрали МАПС, должны быть надёжно зафиксированы.

Контроллеры связи абонентов сети МАПС должны быть закреплены в корпусах устройств винтовыми соединениями.

Абоненты сети МАПС, имеющие конструктивное исполнение в виде шкафа, должны подключаться к магистрали МАПС с соблюдением следующих требований:

– экранная оплётка отвода от магистрали должна быть заземлена через RC-цепочку на корпус шкафа в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 4.8.



Рис. 4.8. Схема подключения экрана отвода к шкафу

Заземление должно быть выполнено в точке входа отвода в шкаф, длины проводников от корпуса шкафа до RC-цепочки и от RC-цепочки до экрана отвода не должны превышать 30 мм. Конденсатор С1 должен быть высокочастотным (тангенс угла потерь не более 0,004) с напряжением

пробоя не менее 1 кВ;

– на всём пути прохождения внутри шкафа отвод должен находиться в дополнительной экранной оплётке, заземлённой на корпус шкафа в точке входа отвода проводником длиной не более 30 мм.

4.3.5. Описание контроллера связи КСв-31

КСв-31 предназначен для подключения рабочих станций ПС 5101, ПС 5110, а также других IBM PC/AT-совместимых компьютеров, имеющих слоты расширения интерфейса ISA (далее РС), к локальной промышленной сети МАПС (модульная асинхронная перестраиваемая сеть).

При изучении и эксплуатации КСв-31 необходимо дополнительно пользоваться документом “Блок приемо-передатчиков микроэлектронный БППд-17. Техническое описание. 468125.001 ТО”.

КСв-31 имеет исполнения в соответствии с таблицей 4.6.

Таблица 4.6

Исполнение КСв-31

Наименование	Обозначение	Исполнение
Контроллер связи КСв-31	468332.094 - 02	Общепромышленное АЭС

Климатические условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от +5 до +60 °С;
- относительная влажность воздуха при температуре +30 °С от 40 до 90 %;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа.

КСв-31 обеспечивает подключение РС к магистрали локальной промышленной сети МАПС.

КСв-31 - устройство на основе цифрового сигнального процессора ADSP-2181 фирмы Analog Devices и многофункционального связного контроллера SCN2652 фирмы Philips Electronics.

КСв-31 имеет оперативную память ёмкостью 80 кБ, интегрированную в процессор ADSP-2181 (48 кБ – память программ и 32 кБ – память данных) и доступную для РС.

Для взаимодействия КСв-31 с РС используется системный интерфейс промышленного стандарта ISA. КСв-31 подключается к ISA как 16-разрядное устройство ввода-вывода.

В адресном поле устройств ввода-вывода РС КСв-31 использует четыре 16-разрядных порта со смежными адресами. Базовый адрес ввода-вывода КСв-31 выбирается из следующего ряда: 220h, 228h, 2A0h, 2A8h, 320h, 328h, 3A0h или 3A8h.

КСв-31 использует одну линию запроса прерывания процессора РС,

выбираемую из следующего ряда: IRQ3, IRQ4, IRQ5, IRQ7, IRQ10, IRQ11, IRQ12 или IRQ15.

КСв-31 поддерживает одну скорость обмена по магистрали МАПС – 1 Mbit/s.

В качестве соединителя для подключения к магистрали МАПС в КСв-31 используется вилка типа DRB-9MA (МАПС). В качестве среды передачи данных предполагается использование радиочастотного коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом.

Испытательное напряжение гальванической развязки входных цепей КСв-31 – 1250 В (эффективное значение).

КСв-31 имеет два светодиодных индикатора, отображающих его работу: зелёный индикатор Rx - приём данных из магистрали, жёлтый индикатор Tx - передача данных в магистраль.

Питание КСв-31 осуществляется от источника питания РС.

Используется один номинал выходного напряжения источника питания: $+5\text{ В} \pm 5\%$. Потребляемый ток - не более 0,65 А.

Конструктивно КСв-31 выполнен в виде блока элементов на основе четырехслойной печатной платы половинного размера формата IBM PC/AT (длина – 185 мм, ширина – 122 мм), который устанавливается в любой слот расширения интерфейса ISA.

Конструктивно КСв-31 выполнен на четырехслойной печатной плате половинного формата IBM PC/AT с односторонним расположением элементов.

На крепёжном кронштейне КСв-31, выходящем на заднюю панель РС, располагаются вилка МАПС, через которую осуществляется подключение КСв-31 к магистрали МАПС и два светодиодных индикатора (Tx и Rx), отображающих работу устройства. Расположение основных элементов КСв-31 на печатной плате изображено на рисунке 4.9.

Функционально КСв-31 состоит из четырёх основных узлов:

- узел сопряжения с ISA;
- узел сигнального процессора ADSP-2181;
- узел связного контроллера SCN2652;
- узел сопряжения с МАПС (модем).

Центральным узлом КСв-31 является узел сигнального процессора ADSP-2181, который управляет работой всего устройства.

ADSP-2181 – HARC-микропроцессор (Harvard Architecture Computer) фирмы Analog Devices, который обладает производительностью 32 MIPS при тактовой частоте 32 MHz и оптимизирован для высокоскоростной цифровой обработки сигналов. ADSP-2181 имеет базовую архитектуру семейства ADSP-2100 (три вычислительных устройства, два генератора адресов данных и блок управления последовательностью выполнения

программы).

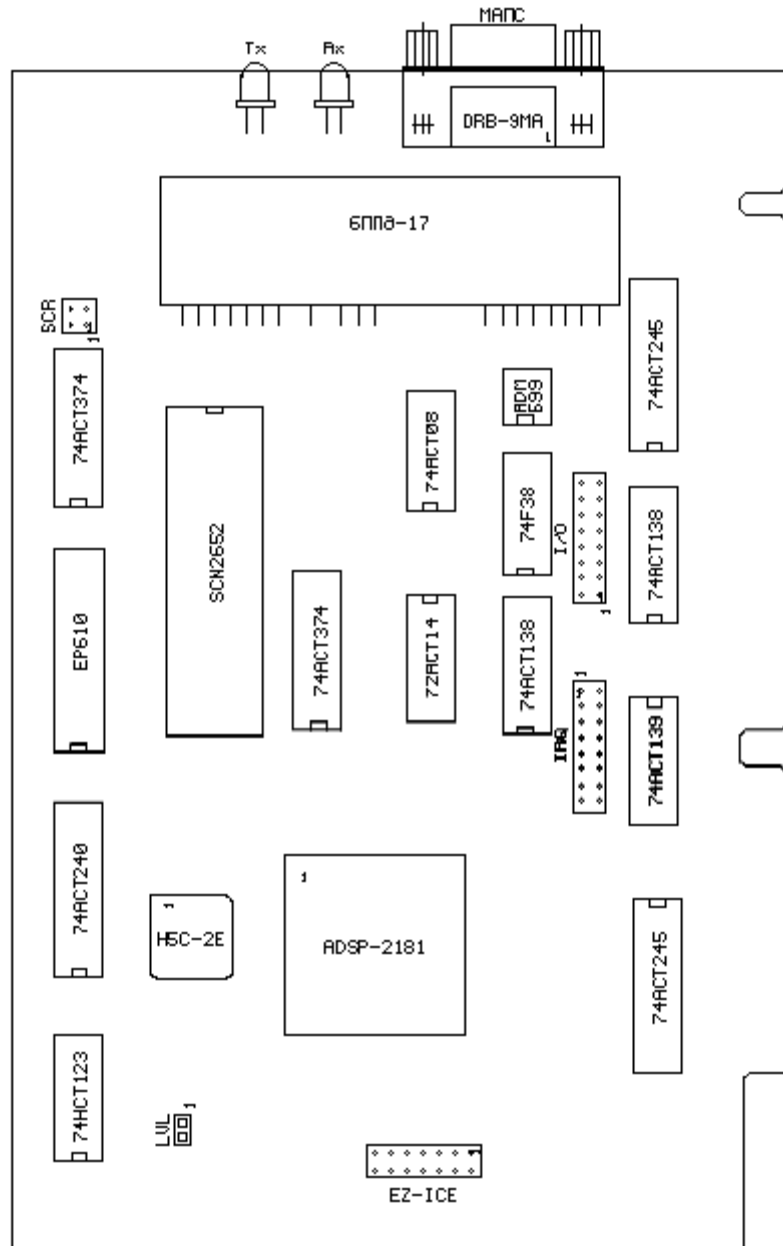


Рис. 4.9. Расположение основных элементов КСв - 31

И дополнена двумя последовательными портами, 16-разрядным внутренним портом прямого доступа к памяти, 8-разрядным внешним портом прямого доступа к памяти, программируемым таймером, флаговыми входами-выходами, расширенными возможностями по обработке прерываний и встроенной памятью программ и данных.

Структурная схема КСв-31 приведена на рисунке 4.10.

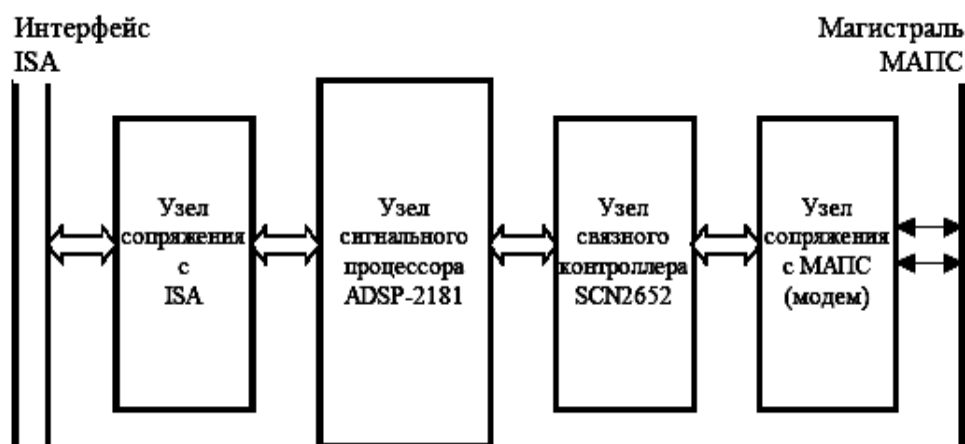


Рис. 4.10. Структурная схема КСв – 31

В КСв-31 используются следующие аппаратные ресурсы сигнального процессора ADSP-2181:

- память программ ёмкостью 48 кБ (16384 24-разрядных слова), - применяется для хранения программы функционирования КСв-31;
- память данных ёмкостью 32 кБ (16384 16-разрядных слова), - применяется для организации интерфейсной области памяти, обеспечивающей взаимодействие КСв-31 с РС, а также для буферирования сообщений, выдаваемых в магистраль и принимаемых из магистрали;
- три вычислительных устройства (арифметико-логическое устройство, умножитель-аккумулятор и сдвигатель), - применяются для обработки и анализа данных в процессе функционирования КСв-31;
- внутренний порт прямого доступа к памяти, - применяется для сопряжения КСв-31 с интерфейсом ISA;
- внешний параллельный порт, - применяется для сопряжения ADSP-2181 со связным контроллером SCN2652;
- два последовательных порта, флаговые входы-выходы и входы запросов на прерывание, - применяются для управления работой связного контроллера SCN2652 и модема.

В узел сигнального процессора ADSP-2181 также входят кварцевый генератор H5C-2E 16 MHz, задающий тактовую частоту процессора, и супервизор ADM699, обеспечивающий формирование сигнала первоначального сброса процессора в течение 140 мс после подачи напряжения питания на КСв-31.

Соединитель EZ-ICE предназначен для подключения внутрисхемного эмулятора сигнального процессора ADSP-2181, используемого при отладке программ функционирования КСв-31.

Узел сопряжения с ISA обеспечивает взаимодействие КСв-31 с РС и выполняет следующие функции:

- дешифрация адреса КСв-31 и кода выполняемой на интерфейсе операции (запись-чтение данных, запись адреса данных, прерывание процессора КСв-31 или сброс КСв-31);

- согласование шин данных интерфейса ISA и внутреннего порта прямого доступа к памяти процессора ADSP-2181;

- формирование запроса прерывания (IRQ) процессора PC;

- формирование других необходимых сигналов интерфейса ISA;

- выбор базового адреса ввода-вывода КСв-31 и используемой линии запроса прерывания процессора PC путём установки джемперов (перемычек) на соединителях I/O и IRQ, соответственно.

Узел связного контроллера SCN2652 обеспечивает работу КСв-31 на магистрали МАПС в соответствии с принятым в сети МАПС бит-ориентированным протоколом обмена.

SCN2652 – многопротокольный программируемый связной контроллер фирмы Philips Electronics, который обеспечивает передачу и приём последовательных синхронных данных со скоростью до 2 Mbit/s и поддерживает несколько бит - и байт-ориентированных протоколов обмена.

В КСв-31 связной контроллер SCN2652 работает в следующем режиме:

- бит-ориентированный протокол обмена SDLC (Synchronous Data Link Control) со скоростью приёма-передачи данных 1 Mbit/s;

- автоматическое генерирование и распознавание символов начала и конца сообщения;

- автоматическое распознавание адреса КСв-31 на магистрали МАПС;

- автоматическая проверка контрольной суммы сообщения с использованием циклического полинома деления.

В узел связного контроллера SCN2652 также входят два светодиодных индикатора, отображающих его работу (зелёный индикатор Rx светится при приёме сообщения из магистрали МАПС, жёлтый индикатор Tx светится при передаче сообщения в магистраль МАПС), и группа логических элементов, обеспечивающих взаимодействие с сигнальным процессором ADSP-2181.

Узел сопряжения с МАПС (модем) выполняет модуляцию передаваемых последовательных данных и синхронизирующего сигнала в двухполярный сигнал с фазоразностным кодированием, выдаваемый в магистраль МАПС, и демодуляцию принимаемых последовательных данных и синхронизирующего сигнала из двухполярного сигнала с фазоразностным кодированием, принимаемого из магистрали МАПС. Способ кодировки сигналов в магистрали МАПС показан на рисунке 4.11.

Модем состоит из кодировщика-декодировщика (кодека) сигналов и блока приёмо-передатчиков.

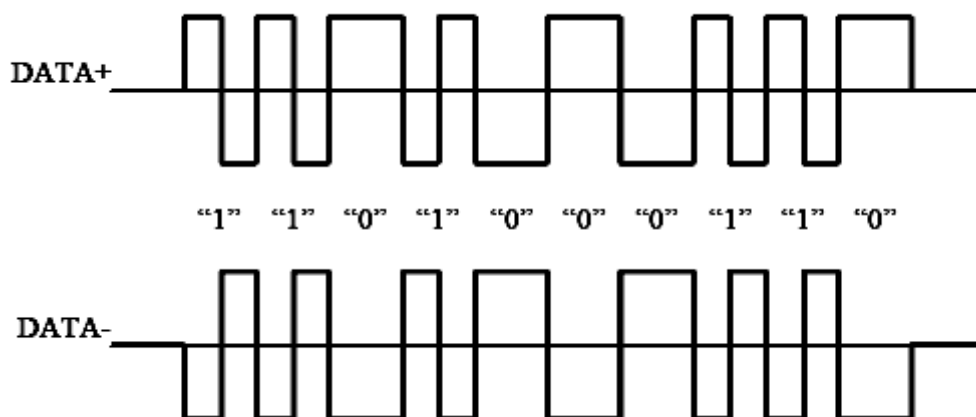


Рис.4.11. Кодировка сигналов в магистрали МАПС

Кодек реализован на базе программируемой логической матрицы EP610 фирмы Altera и выполняет кодировку последовательных данных и синхросигнала в парафазные частотно-модулированные сигналы при передаче сообщения, а также декодировку последовательных данных и синхросигнала из частотно-модулированного сигнала при приёме сообщения.

Блок приёмо-передатчиков БППд-17 представляет собой микросборку на основе печатной платы, устанавливаемую в качестве навесного элемента на КСв-31, и выполняет преобразование сформированных кодом парафазных частотно-модулированных сигналов в двухполярный сигнал, выдаваемый в магистраль МАПС, а также преобразование принимаемого из магистрали МАПС двухполярного сигнала в частотно-модулированный сигнал, подаваемый на кодек. Блок приёмо-передатчиков БППд-17 непосредственно соединён с вилкой МАПС, через которую осуществляется подключение КСв-31 к магистрали МАПС. Штыревой соединитель LVL предназначен для задания амплитуды выдаваемых в магистраль МАПС сигналов. Штыревой соединитель SCR предназначен для задания способа подключения к КСв-31 экрана магистрали МАПС.

В узел сопряжения с магистралью МАПС также входит одновибратор, обеспечивающий отключение передатчика блока БППд-17 в случае превышения допустимого времени выдачи сообщения в магистраль МАПС.

4.3.6. Применение КСв-31

Работа КСв-31 на магистрали МАПС КСв-31 может выполнять функции основного арбитра, резервного арбитра и абонента магистрали

МАПС. Режим работы КСв-31 на магистрали МАПС определяются загружаемой в него из РС программой функционирования.

В режиме абонента магистрали МАПС КСв-31 обеспечивает функционирование РС, к которой он подключен, в качестве абонента сети МАПС.

В режиме основного арбитра магистрали МАПС КСв-31, помимо абонентских функций, выполняет управление работой магистрали в соответствии с протоколом сети МАПС.

В режиме резервного арбитра магистрали МАПС КСв-31, помимо абонентских функций, анализирует работоспособность основного арбитра и, в случае выявления неработоспособности последнего, заменяет его.

Работа РС как абонента сети МАПС

Под функционированием РС в качестве абонента сети МАПС понимается получение РС информации о текущей конфигурации и текущем времени сети МАПС, а также возможность передавать сообщения другим абонентам сети и принимать сообщения от других абонентов сети. КСв-31 обеспечивает выполнение всех перечисленных функций.

В интерфейсной области памяти КСв-31, доступной со стороны РС, постоянно хранятся и периодически обновляются, в соответствии с принимаемыми от арбитра магистрали сообщениями, текущая конфигурация и текущее время сети МАПС.

При выдаче сообщения другому абоненту сети, РС формирует и записывает сообщение в буферную область памяти данных КСв-31, а КСв-31, в свой сеанс владения магистралью, осуществляет передачу сообщения адресату.

При приёме сообщения от другого абонента сети, КСв-31 записывает принятое сообщение в буферную область памяти данных и информирует РС об этом, а РС выполняет чтение и обработку сообщения.

Работа РС как арбитра сети МАПС

Если РС имеет выходы через КСв-31 на все магистрали многомагистральной сети МАПС, то РС может выполнять функции основного или резервного арбитра сети МАПС.

4.3.7. Программное обеспечение

Функции и структура программного обеспечения МСКУ 2М (ПО МСКУ 2М) ориентированы на методику проектирования и программирования задач управления технологическими процессами, в которой задействованы не только средства для сбора и обработки информации от объектов АСУ ТП, но и программные комплексы для отображения информации, для взаимодействия между абонентами сети, для подготовки и отладки программ, для измерительных и тестовых

процедур и т.д. Компоненты ПО МСКУ 2М разработаны на платформах операционных систем: MS DOS, ОС 5000, LINUX, WINDOWS. Многозадачная операционная система реального времени ОС 5000 применяется в МСКУ 2, рабочих станциях ПС5110 и IBM-совместимых ПЭВМ. Она обеспечивает управление процессом параллельного выполнения до 100 задач в режиме реального времени.

В ОС 5000 реализованы следующие функциональные возможности:

- управление выполнением задач;
- взаимодействие между задачами через аппарат передачи сообщений;
- включение процедур по прерываниям;
- поддержка текущего времени суток и даты, управление программными таймерами, генерация временных меток;
- вызов при инициализации ОС указанных при генерации пользовательских процедур (рестарт-процедур);
- динамическое выделение группы событий и синхронизация выполнения задач с ними;
- управление ресурсами с последовательным доступом и семафорами;
- управление буферными пулами и кольцевыми списками;
- управление драйверами функциональных клавиатур, ЛВС и т.п.;
- управление передачей данных между абонентами разных сетей (нижнего и верхнего уровней) - организация моста;
- выполнение в МСКУ 2 всех операций, предоставляемых управляющей системой МСКУ 2;
- выполнение задач, созданных для работы под управлением MS DOS (только в рабочих станциях).

ОС 5000 составляет основу исполнительной системы МСКУ 2 (ИС МСКУ 2), настраиваемую под конфигурацию технических средств и состав системных и прикладных функций конкретного МСКУ. Программное обеспечение МСКУ 2М представлено на рис. 4.12.

Системное ПО МСКУ 2

МСКУ 2 функционирует под управлением управляющей системы (УС МСКУ 2), находящейся на FLASH-диске контроллера МСКУ 2.

УС МСКУ 2 включает:

- стартовое программное обеспечение контроллера (Стартовое ПО);
- исполнительную систему (ИС МСКУ 2).

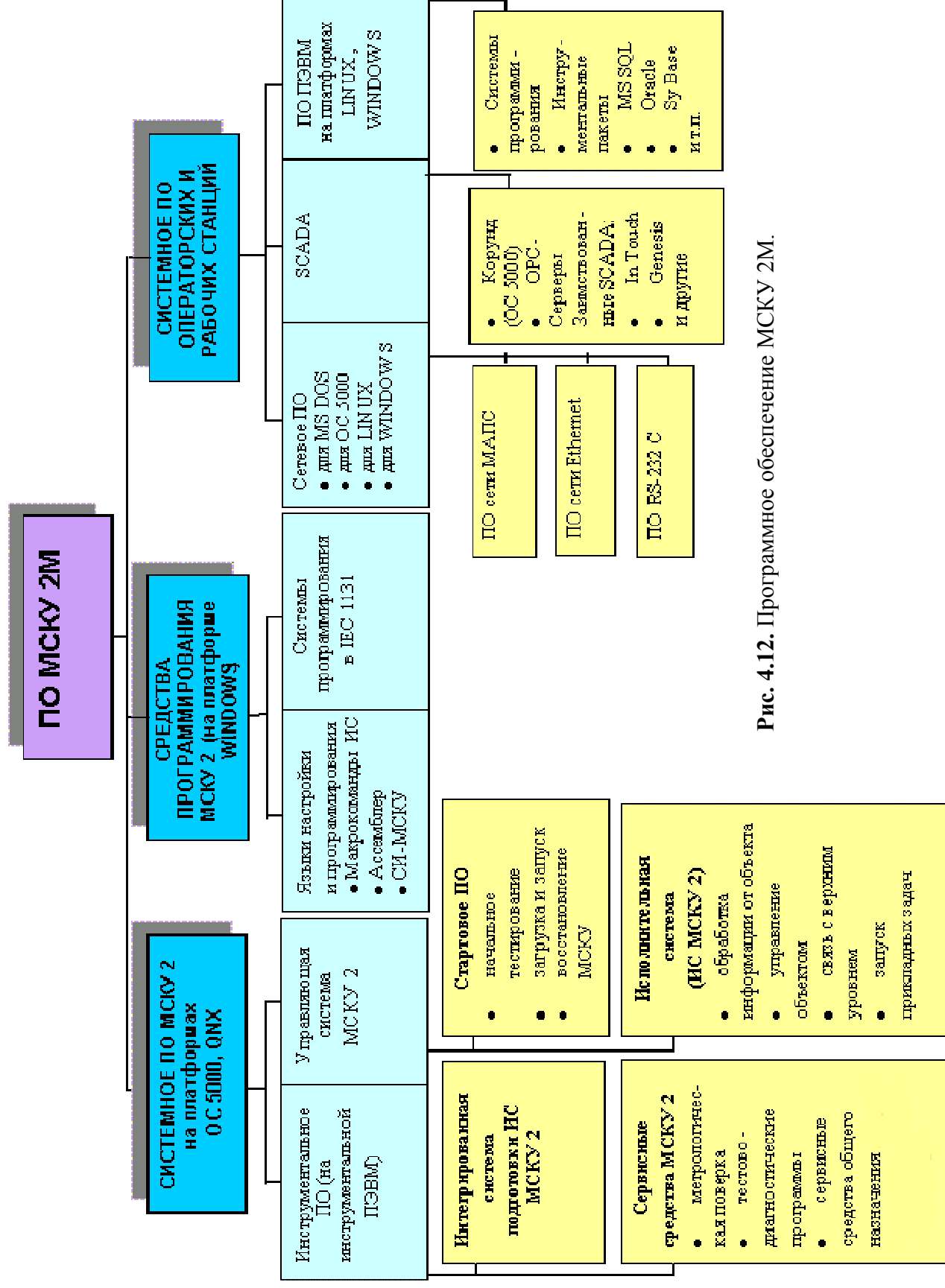


Рис. 4.12. Программное обеспечение MSCU 2М.

Стартовое ПО

- начальное тестирование и запуска контроллера;
- запуск ИС МСКУ;
- запуск МСКУ по включению питания;
- восстановление функций МСКУ (после замены отказавшего

контроллера в резервированном МСКУ).

Стартовое ПО недоступно пользователю.

Исполнительная система МСКУ 2

• Исполнительная система - совокупность управляющих и прикладных программ, организующих работу МСКУ 2.

Функции системных управляющих программ:

- поддержка функционирования как нерезервированных, так и резервированных конфигураций;
- обмен информацией между МСКУ и внешними абонентами МСКУ (другими МСКУ, рабочими станциями ПС 5110, ПЭВМ) по магистралям сети МАПС или интерфейсам ИРПС, RS-232C;
- ввод и обработка информации от каналов связи с объектом (аналоговых, дискретных, число-импульсного типа);
- формирование и вывод управляющих воздействий на объект (через формироваватели аналоговых, дискретных и импульсных сигналов);
- автоматическое логическое отключение отказавших сменных блоков, не влияющих на общую работоспособность МСКУ;
- автоматическое восстановление функций ИС МСКУ в резервированных МСКУ при замене отказавшего сменного блока на исправный (без выключения МСКУ);
- поддержание единого времени в контроллерах резервированных МСКУ, а также единого времени с другими компонентами системы управления;
- запуск прикладных задач (по временному расписанию, по командам внешних абонентов);
- контроль и защита от несанкционированного доступа к МСКУ;
- периодический и непрерывный контроль работоспособности технических и программных средств МСКУ в процессе функционирования;
- выполнение тестово-диагностических операций при техническом обслуживании МСКУ и др.

Инструментальное ПО МСКУ 2

• Включает интегрированную систему подготовки исполнительной системы МСКУ 2 и сервисные средства МСКУ 2. Инструментальное ПО реализовано на инструментальной ПЭВМ.

Средства программирования МСКУ2

Основной язык программ МСКУ - язык Си-МСКУ. В Си-МСКУ сохранены основные возможности языка Borland C и введены дополнительные функции, ориентированные на программирование задач управления технологическими процессами (регулирования аналогового логического управления и др.). Возможности языка поддержаны специализированными библиотеками, входящими в состав системы программирования.

Система Си-МСКУ представляет собой интегрированную среду со специальными инструментальными и технологическими программными средствами.

Системное ПО операторских и рабочих станций

SCADA-система МСКУ М КОРУНД и заимствованные SCADA используются в рабочих станциях, а также в IBM-совместимых ПЭВМ на верхнем уровне управления. Функции: сбор, обработка и отображение технологической информации, ведение архива нарушений технологического процесса и архива (журнала) изменений значений параметров технологического процесса, подготовка и выдача отчетов о ходе технологического процесса, ручное управление объектом. OPC-сервер (для ОС Windows NT) обеспечивает взаимосвязь МСКУ 2 и рабочих станций, функционирующих под управлением системного ПО МСКУ 2М, с рабочими станциями, функционирующими под управлением заимствованных SCADA (Genesis, In Touch, Trase Mode и т.п.).

В системном ПО операторских и рабочих станций может использоваться любое программное обеспечение IBM PC совместимых ПЭВМ:

- универсальные и специализированные системы программирования;
- инструментальные пакеты;
- СУБД и т.д.

Вопросы для самопроверки

1. Описать функциональные возможности сети МАПС.
2. Архитектура сети МАПС.
3. Назначение сети МАПС.
4. Как реализована магистраль МАПС?
5. Назначение контроллера связи КСв-31.
6. Применение контроллера связи КСв-31.
7. Функции и структура ПО ПТК.

4.4. Программно-технический комплекс «КРУГ-2000»

4.4.1. Описание ПТК

4.4.2. Диагностика

4.4.3. Техническое обеспечение ПТК

4.4.4. Системы и средства передачи информации

ПТК «КРУГ-2000» [2] предназначен для создания:

- автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП);
- систем противоаварийных защит;
- 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 «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.;
- ремонтпригодность и эффективное сопровождение на объектах России;
- мощные инструментальные средства и САПР.

4.4.1. 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.

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

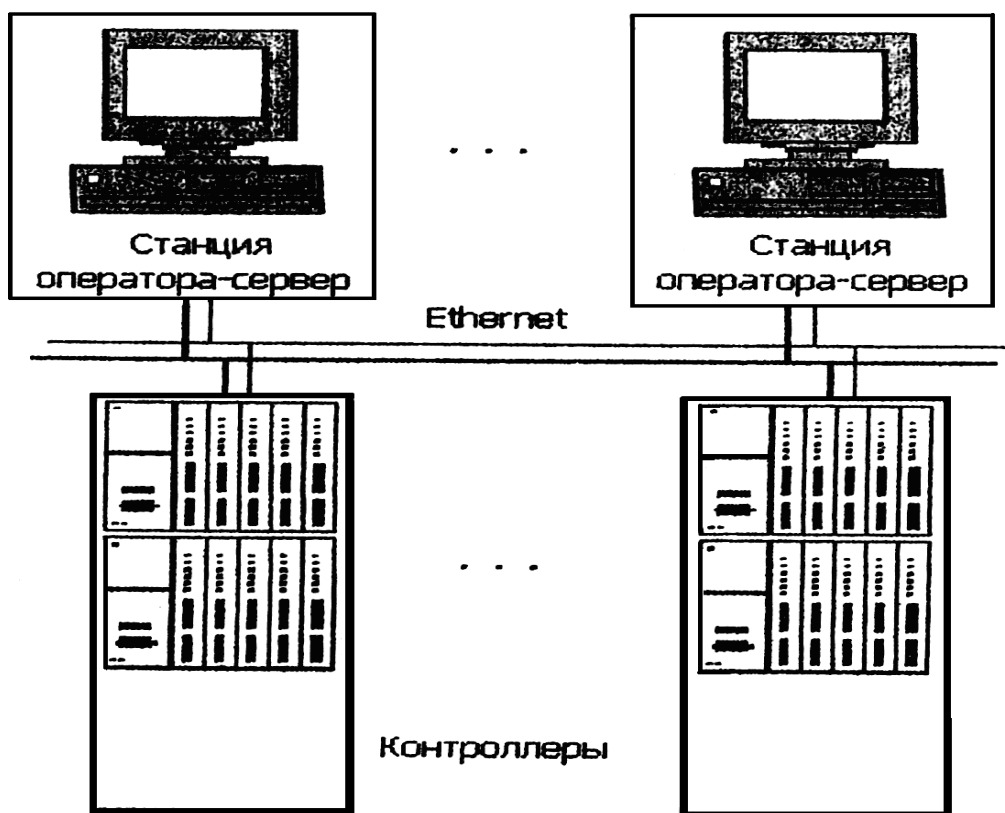


Рис. 4.13. Простая локальная АСУТП

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. 4.13, 4.14);

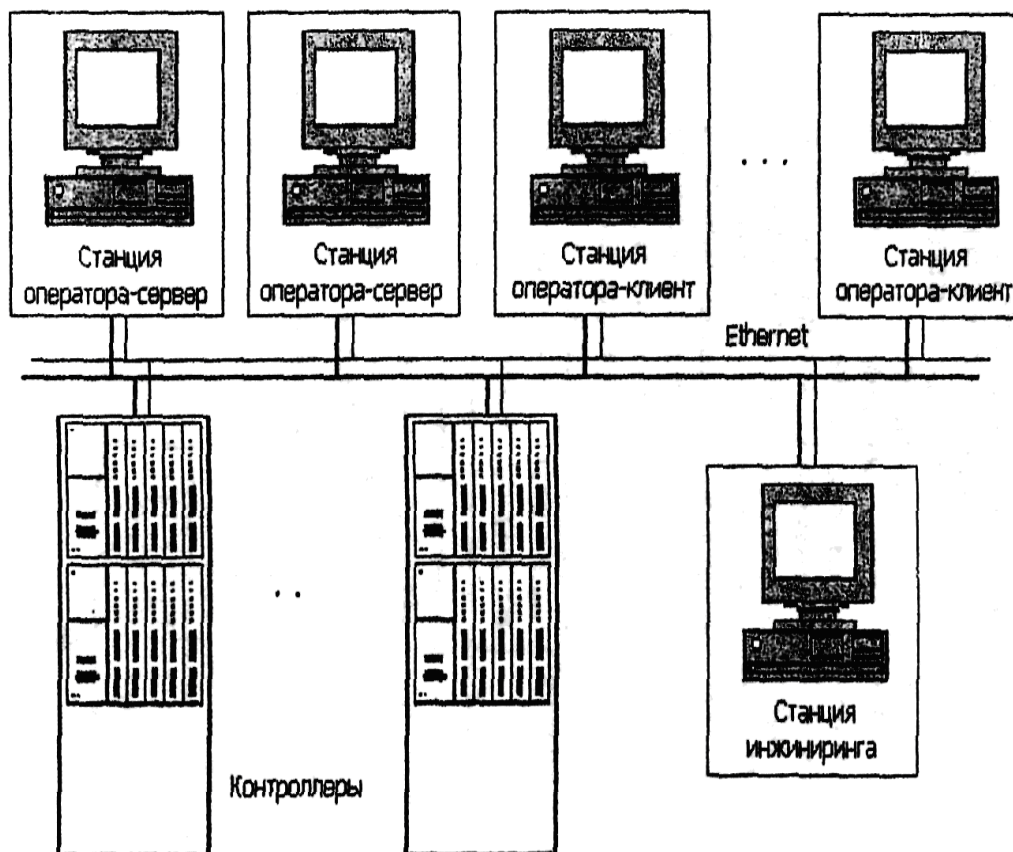


Рис. 4.14. АСУ ТП с использованием архитектуры клиент-сервер

- 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. 4.15);
- распределенная многоуровневая система управления, использующая клиент-серверную архитектуру и резервирование выделенных серверов (рис. 4.16).

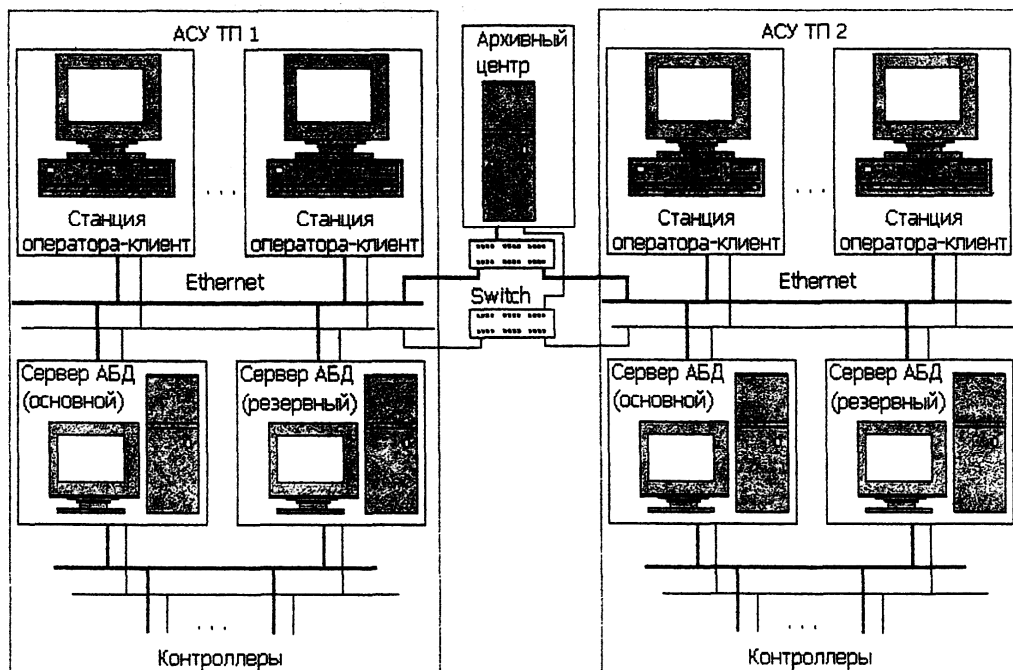


Рис. 4.15. АСУТП с использованием модуля «Архивный центр»

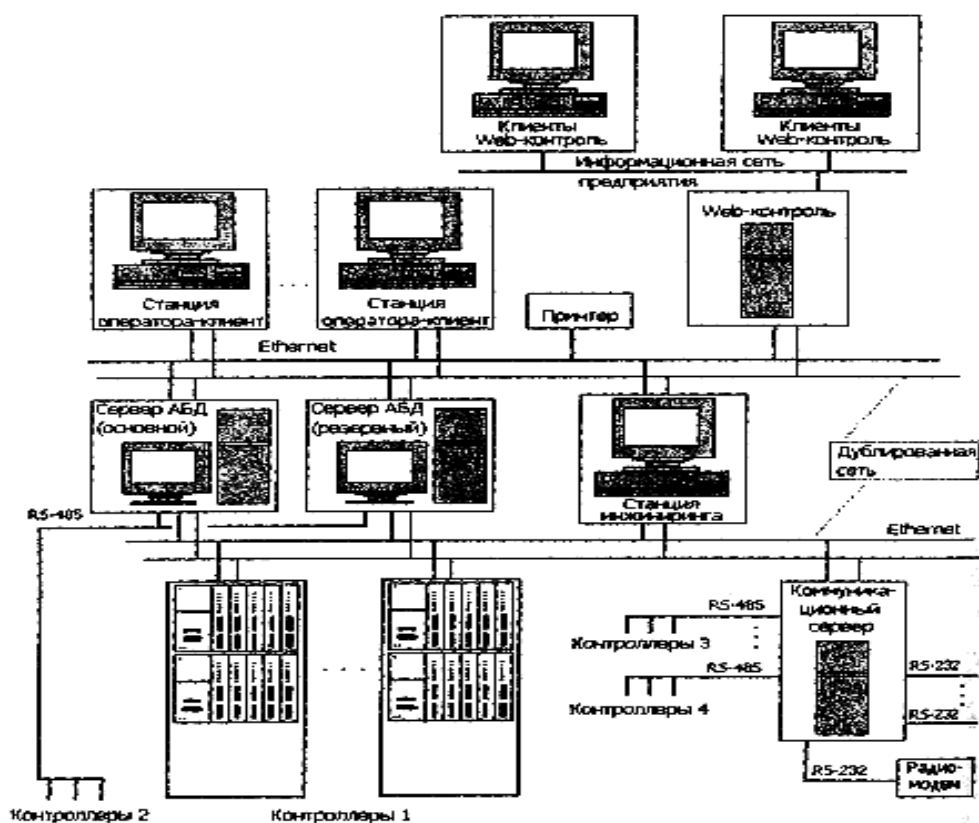


Рис. 4.16. Распределенная АСУТП с использованием архитектуры клиент-сервер и резервированием выделенных серверов

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);
- ВС 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 «надстройка» протокола, обеспечивающая его адаптацию к специальным требованиям, предъявленным 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.

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

4.4.2.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.

Таблица 4.7

Основные технические характеристики ПТК

Информационная мощность	
Количество входных/выходных сигналов, шт.:	
на 1 контроллер TREI – 05- 00	от 1 до 768
на 1 контроллер TREI – 05- 02	от 1 до 2048
на ПТК в целом	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.	До 8 000
на архивной станции, шт.	Не ограничено
Количество исторических трендов:	
на станции оператора	До 3 000
на станции архивирования	До 30 000
Количество трендов:	
на станции оператора	До 10 000
на станции архивирования	До 50 000
Периодичность обновления трендов на станции оператора и архивирования, с	1 и выше
«Глубина» трендов:	
на станции оператора	100 000 точек
на станции архивирования	не ограничено (хранение по суткам)
Быстродействие	
Контроллер TREI – 05:	
время опроса дискретных сигналов	Не более 20мкс на 1 канал
время опроса аналоговых входных сигналов	Не более 1,5 мс на 1 канал
Отображение информации:	
время полной смены кадра, с	От 0,5 до 2,0
цикл обновления оперативной информации на мониторе, с	От 0,25 до 1,0
время полного перезапуска системы после перерыва питания, с	От 30 до 60
время полного перезапуска контроллеров после перерыва питания, с	От 20 до 30

4.4.3. Техническое обеспечение ПТК

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-компонруемые 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 термодпар 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 трех типов контроллеров:

- TREI-5B-00 - средний по мощности контроллер, рассчитан на 192 (768) канала ввода/вывода, поддерживает шину ISA.
- TREI-5B-01 - наименьший по мощности контроллер семейства, рассчитан на 128 дискретных или 24 аналоговых каналов ввода/вывода, поддерживает шину PC-104.
- TREI-5B-02 - наибольший по мощности контроллер семейства, 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.

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

Контроллеры поддерживают набор типовых портов и интерфейсов:

- TREI-5B-00 - ИППС, RS-232, RS-485, Ethernet;
- TREI-5B-01 - RS-232, RS-485;
- TREI-5B-02 - RS-232, RS-485, Ethernet, Profibus DP и FMS, Modbus.

Контроллеры TREI-5B-01 и TREI-5B-02 поддерживают дополнительные интерфейсы к типовым промышленным сетям, совместимым с шиной PC-104.

Связь контроллеров и рабочих станций осуществляется по сети Ethernet со скоростью передачи данных до 10 Мб/с на оптоволокне или по Fast Ethernet со скоростью до 100 Мб/с. 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. Число узлов, подключаемых к линии, может достигать 124 устройств.

Таблица 4.8

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 термодатчиков	ТХА, ТХК
Сигналы термосопротивлений ТСМ и ТСП	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 220В и до 0,5А (релейный выход); 220 В, более 5 А (при использовании силового преобразователя 24/220 В)

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. Контроллеры TREI-5В 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 видеокадров 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) со следующими характеристиками: процессоры от PENTIUM II 266 МГц, высокоскоростная шина PCI, высокоскоростная кэш-память емкостью от 256 до 512 кбайт.

Дисковый интерфейс - типа Fast Wide SCSI. Графический SVGA PCI адаптер не менее чем с 4 Мб видеопамятью. Объем ОЗУ - не менее 128 Мб. 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 21" 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 21");
- 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 видеокadres 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. В качестве средств долговременного хранения архивов используются магнитооптические накопители емкостью не менее 230 Мб и/или съемные жесткие диски, которые устанавливаются в архивную станцию.

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.

4.4.4. 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 разноплатформенной техники при построении, развитии и дальнейшей модернизации системы. При использовании протокола TCP/IP предусмотрена программная «надстройка» 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.

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.

Вопросы для самопроверки

1. Назначение и особенности ПТК «КРУГ-2000».
2. Состав ПТК «КРУГ-2000» и уровни иерархии.
3. Какие структуры имеют системы управления?
4. Способы, средства связи для информационного обмена между компонентами ПТК.
5. С помощью каких средств обеспечивается диагностика?
6. Техническое обеспечение ПТК.
7. Основные средства отображения информации.
8. Какие системы и средства обеспечивают передачу информации?

4.5. ПТК «Дирижер»

4.5.1. Условия эксплуатации контроллера ПКЭМ-3

4.5.2. Инструментальная система ISaGRAF

4.5.3. Достоинства ПТК «Дирижер»

Более 15 лет пензенское ОАО «Электромеханика» является одним из российских лидеров по выпуску средств автоматизации и, прежде всего, промышленных ПЛК. Сегодня на рынок поступили качественно новые изделия объединения – ПЛК ПКЭМ-3 и ПТК «Дирижер» на его базе [1].

Для производства контроллеров целесообразно выпускать некоторый базовый набор средств, при этом следует оперативно изучать запросы потребителей, и комплектовать контроллеры требуемыми программными и аппаратными средствами ведущих зарубежных фирм, таких как Siemens, PEP, Allen-Bradley.

В основе контроллера и ПТК "Дирижер":

- VME-архитектура;

-ОС РВ OS-9;

- технологическое программирование контроллеров ISaGRAF;
- мезонинные технологии;
- стандартные коррозионно-стойкие конструктивы;
- промышленные сети Profibus, Modbus, Ethernet.

Набор этих средств, а также встроенная самодиагностика позволяют организовать многопроцессорный принцип построения СУ с возможностью создания отказоустойчивой многозадачной системы на основе дублирования, «горячего резервирования» или мажорирования.

4.5.1. Условия эксплуатации контроллера ПКЭМ-3

Температура воздуха, °С 1...55	Атмосферное давление, кПа 84... 107	
Относительная влажность, % 5...95	Частота вибрации, Гц 10...55 (с амплитудой 0,35 мм)	

Для более суровых условий эксплуатации контроллер может быть исполнен с расширенным температурным диапазоном: -40...+85 °С и общей степенью защиты IP20.

Электропитание контроллера осуществляется однофазным напряжением переменного тока 220/110 В (50 Гц), или от нестабилизированного источника питания напряжением +24 В.

Контроллер имеет каркасно-модульное исполнение. Высокие требования к жесткости конструкции определили формат модулей 3U с размерами печатных плат 100x160 мм и шириной модулей 4 или 8 HP (1 HP = 5,08 мм). Каркас изготавливается в пяти вариантах: с числом модульных мест 7, 9, 12, 15 и 21, причем одно из них занимает процессорный модуль. Блок питания располагается в каркасе.

Контроллер комплектуется процессорными модулями различной конфигурации, в качестве базового выбран наиболее оптимальный по функциональным возможностям и цене — модуль VIUC производства фирмы PER Modular Computers (Германия).

Техническая характеристика модуля VIUS

Тактовая частота, МГц..... 20	Flash..... 512
Память, Кбайт:	Таймер РВ..... RTS
SRAM энергонезависимая. 512	Последовательные интерфейсы RS-232, -485

Если необходимо, контроллер комплектуется процессорными модулями с более широким диапазоном параметров.

Тактовая частота, МГц..... 25/40	Таймер реального времени RTS
SRAM, Кбайт/Мбайт 256/1	Последовательные интерфейсы RS-232(2 канала)
DRAM, Мбайт 16/32	

Основные характеристики перечисленных модулей приведены в табл. 4.9, 4.10 и 4.11

Таблица 4.9. В основе современной элементной базы используются модули ведущих зарубежных изготовителей. Все модули ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов имеют гальваническую развязку внешних сигналов от шины контроллера, индивидуальную индикацию состояния канала и съемные соединители, выпускаемые фирмами WAGO и AMP для подключения сигналов объекта управления к контроллеру.

Таблица 4.9

Характеристика модулей ввода

Модуль	Число каналов	Номинальное напряжение $U_{ВВ}$, В	Номинальный ток $I_{ВВ}$, мА	Время задержки входных сигналов, мс
Ввод=24	16	24	15	1...5
Ввод 110	-	110		15
Ввод 220		220		

Таблица 4.10. К модулям ввода/вывода дискретных сигналов относятся:

- Ввод =24 – модуль ввода дискретных сигналов постоянного тока напряжением 24 В;
- Ввод ~ 110 – то же, переменного тока напряжением 110В;
- Ввод ~ 220 – то же, переменного тока напряжением 220 В;
- Вывод =24/1, 2 – модуль вывода дискретных сигналов постоянного тока напряжением 24 В, модификации на ток 1 и 2 А соответственно;
- Вывод ~ 220/2 - то же, переменного тока напряжением 60...250 В;
- Вывод-реле – модуль вывода дискретных сигналов (типа «сухой контакт»).

Таблица 4.10

Характеристика модулей вывода

Характеристика модулей вывода				
Модуль	Число каналов	Номинальное напряжение В	Ток нагрузки, А	Защита
Вывод=24/2	8	=24	2	От короткого замыкания и перегрузки
Вывод=24/1	16		1	
Вывод 220/2	8	80...250	2	
Вывод - реле		=48		
		220		

Таблица 4.11. К модулям ввода/вывода аналоговых сигналов относятся АЦП и ЦАП.

Таблица 4.11

Характеристика модулей АЦП и ЦАП

Модуль	Сигналы	Число каналов	Погрешность преобразов., %	Время преобразов.,мс
Ввод АЦ	0..5..10, ± 5 , $\pm 10V$ 0..20, ± 20 , 0..5, $\pm 5mA$	16НС		1 на канал
	50М,50П,100М,100П , ХА(К), ХК(L),ХК(Е)	8 (ТС/ТП)	0,2	
Вывод ЦА	0...5, 0...10, ± 5 , $\pm 10V$; 0...24, 0...20; 4...20mA	4		3 на 4 канала

К модулям собственного производства относится также универсальный модуль - носитель мезонинных плат семейства Modpack: ММП, который позволяет разместить две мезонинные платы и организовать комбинированный модуль ввода/вывода дискретных, аналоговых, частотных сигналов, различные интерфейсы последовательной передачи данных.

Контроллер может быть доукомплектован устройствами других фирм: быстродействующими счетчиками; модулями памяти, управления шаговыми двигателями накопителей HDD и FDD; последовательным многоканальным модулем ввода/вывода; графическими контроллерами.

Номенклатура мезонинных плат очень широка и способна удовлетворить любой спрос.

Программирование контроллера осуществляется с помощью инструментальной системы ISaGRAF, работающей в среде OS-9 и поддерживающей программирование контроллеров в стандарте IEC 1131-3.

Главное достоинство ISaGRAF - простой, понятный для технолога графический интерфейс: встроенные средства отладки, моделирования, тестирования и документирования, поддержка промышленных сетей Profibus и Modbus.

4.5.2. Инструментальная система ISaGRAF

Включают следующие языки программирования:

- последовательных функциональных схем, описывающих логику программы как последовательность процедурных шагов и условных переходов;

- функциональных блоковых диаграмм, где процедура строится из различных функциональных имеющихся в библиотеке блоков (арифметические выражения, управление логикой, ПИД-регуляторы, блоки описания законов управления, мультиплексоры и т.д.);

- релейных диаграмм, использующих логические переключатели.

Система содержит:

- структурированный текст, являющийся языком высокого уровня типа PASCAL, применяемый для обработки данных;

- список инструкций (Instruction List);

- язык низкого уровня для оптимизации процедур;

- интерфейс с функциями, написанными на языке AN-SIC (при наличии компилятора).

Пакет ISaGRAF может поставляться как отдельный программный продукт и в составе компьютера типа Notebook, называемого системным программатором.

Контроллер комплектуется известными на российском рынке SCADA-системами: Trace Mode и In Touch. В качестве средств визуализации систем управления на базе ПКЭМ-3 поставляются панели оператора фирм Exor Elektronik или Allen-Breadley.

4.5.3. Достоинства ПТК «Дирижер»

VME архитектура - это стандартная, аппаратно- и программно-независимая архитектура сопряжения различных устройств (процессорных модулей, ЦАП, АЦП, модулей ввода/вывода сетевых и графических контроллеров и т. п.). Она принята в качестве стандарта IEC (МЭК), ANSI, IEEE. Стандарт VME объединяет в себе электрическую спецификацию шины VME и формата Eurocard, который представляет различные изделия, базирующиеся на стандартах: стойки, субблоки, печатные платы и разъемы. На шине VME строятся управляющие системы на базе процессоров Pentium/MMX/PROAI, PowerPC, Alpha MC68K и др. Могут быть использованы ОС как общего назначения: Windows 3. xx/95/NT, так и ОС PB: OS9, VxWorks, LynxOS, QNX и др.

Сегодня насчитывается более 200 производителей аппаратуры в стандарте VME. Высокая степень стандартизации, наличие независимых лабораторий, тестирующих продукцию на соответствие стандарту, делает совместимой продукцию разных производителей ПТК «Дирижер»

Profibus и Modbus. Исследования, проведенные независимыми

западными маркетинговыми компаниями, свидетельствуют о том, что Profibus покрывает свыше 40 % рынка открытых промышленных сетей в Германии и Европе. Стремительно завоевывается американский рынок. В настоящее время Profibus рассматривается как кандидат на получение статуса международного стандарта IEC (МЭК).

Главное преимущество протокола Modbus - простота и независимость от типа интерфейса. По оценкам специалистов этот протокол можно назвать наиболее распространенным в мире; для работы со своими изделиями его используют десятки фирм.

OS-9 является многозадачной и многопользовательской, модульной и переносимой ОС для встраиваемых приложений PB, может поддерживать различные семейства 32-разрядных процессоров, включая:

Motorola 68K (680x0, 683xx); Cirrus Logic ARM (PS71 lx);

Motorola/IBM PowerPC

(4xx, 5xx, 6xx, 7xx, 8xx);

Digital Strong ARM (SA-1100);

Intel/AMD (386/486/586/Pentium); Hitachi SuperH (SH-3).

В состав OS-9 входит самое совершенное ядро из имеющихся на рынке. Все функциональные компоненты OS-9, включая ядро, иерархические файловые менеджеры, систему ввода/вывода и средства разработки, реализованы в виде независимых модулей. Комбинируя их, разработчик может создавать системы с самой разной конфигурацией: от миниатюрных автономных ПЗУ-ориентированных ядер до полномасштабных многопользовательских систем разработки. Как правило, разработка программ ведется в полнофункциональных конфигурациях.

ISaGRAF относится к классу систем CASE-типа, она предназначена для разработки прикладного ПО ПЛК. Система ISaGRAF включает: разработку (ISaGRAF Workbench) и исполнение (ISaGRAF Target).

Система разработки предназначена для создания прикладных задач, исполняемых под управлением ядра ISaGRAF, она устанавливается на компьютере IBM PC (или совместимом с ним) под управлением MS Windows. Специальных требований к компьютеру не предъявляется.

Система исполнения либо загружается, либо прожигается в ПЗУ. Она включает в себя ядро ISaGRAF и набор модулей связи. В качестве целевой системы могут выступать контроллеры (или компьютеры), построенные на основе микропроцессоров Intel и Motorola и работающие как под управлением ОС.

Основные достоинства системы ISaGRAF:

- графический интерфейс системы разработки;

- пять стандартных языков программирования IEC 1131-3 (SFC,

FBD, LD, IL, ST);

- легкость в освоении и удобство при использовании;
- обеспечение качественных разработок пользовательских приложений;

- встроенные средства программирования промышленных сетей;

- удобные и эффективные отладочные средства.

Методология структурного программирования, заложенная в ISaGRAF, позволяет пользователю описать в наиболее удобной форме автоматизируемый процесс. Тестирование любого программного продукта составляет существенную часть всей разработки, а наличие хороших отладочных средств является необходимым условием для создания ПО. Таким средством в ISaGRAF является мощный графический отладчик, интегрированный в систему.

Мезонинные технологии. Применение входящего в состав ПКЭМ-3 несущего модуля VME для установки мезонинов Modpack, имеющих большую номенклатуру, открыло широкие возможности для гибкой реализации системы ввода/вывода. Стандартные мезонинные модули Modpack экономят много времени и сил при проектировании практически любой системы ввода/вывода. Такие модули обеспечивают гибкие механизмы создания конечной системы, минимизируют ее габариты и, главное, обеспечивают высокую ценовую эффективность конечных решений. Возможно также использование мезонинов IP с соответствующим несущим модулем, например, фирмы Motorola.

SCADA-системы. В зависимости от реализации системы исполнения ISaGRAF под определенный тип контроллеров существует поддержка различных протоколов промышленных сетей непосредственно из ISaGRAF. Например, для модуля VIUC 3318 компании PER Modular Computers, применяющегося в контроллере ПКЭМ-3, реализована поддержка протоколов Modbus, Profibus-FMS. Это позволяет использовать одно и то же инструментальное средство и для программирования логики контроллеров, и при конфигурировании многоузловых сетей с включением систем визуализации на базе PC (In Touch, Trace Mode, Factory Link, и т.д.). ПТК "Дирижер" комплектуется SCADA-системами In Touch и Trace Mode.

Вопросы для самопроверки

1. Что лежит в основе ПТК «Дирижер»?
2. Какие модули используются в современной элементной базе

ПТК «Дирижер»?

3. Что включает в себя инструментальная система ISaGRAF?

4. Достоинства ПТК «Дирижер»?

4.6. Программно-технический комплекс АСУ ТП «КРУИЗ»

4.6.1. Функционирование комплекса

Комплекс предназначен для построения распределенных автоматизированных систем управления и по своему техническому воплощению подобен системам зарубежных фирм [8].

Комплекс решает задачи информационного обеспечения и автоматизированного (автоматического) управления техническими объектами любой степени сложности.

Комплекс проходит испытания и отрабатывается в соответствии со стандартами военно-космической отрасли России.

На нижнем уровне (НУ) осуществляется:

- опрос аналоговых и дискретных сигналов;
- первичная обработка сигналов;
- реализация защит;
- автоматическое регулирование;
- выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы;
- передача информации на верхний уровень и на удаленные объекты (модем);
- фоновый тестовый контроль;
- объектовая обработка информации по алгоритмам Заказчика.

Функциональная аппаратура нижнего уровня komponуется в стойки и навесные шкафы стандарта "Евромеханика". Габариты 6-ти этажной стойки 200x56x60 см. Принудительной вентиляции не требуется. Рабочий температурный диапазон от -20°C до +50°C.

Питание функциональных стоек осуществляется от трехфазной сети переменного напряжения 380 В и/или от резервного постоянного напряжения 220 В. Питание навесных шкафов - от однофазной сети 220 В.

Используется промышленный контроллер (micro-PC) на базе комплектующих модулей фирмы Octagon Systems (США), совместимый с IBM PC 386/486/Pentium. В стойке размещаются два контроллера (дублирование).

Компоненты:

5066 - 16 MB, 133 MHz, PCcontrol card

5300 - counter/Timer I/O card

5500 - ethernet card

5600 - digital I/O card, 96 lines

5710 - 12-bit analog I/O card и другие

Устройства связи с объектом (УСО) выполнены на смешанной комплектации с использованием компонентов фирм "Octagon Systems", "Analog Devices", "Advantech", "Grayhill", "Computer Products" и др.

Аналоговые сигналы 4-20 (0-5) мА, 0-5В принимаются на коммутатор, затем гальванически развязываются (группами по 30 сигналов), преобразовываются в цифровую форму (АЦП - 11 разрядов со знаком). В одном крейте (этаже стойки) размещаются шесть блоков по 30 сигналов ($6 \times 30 = 180$ сигналов).

Входные дискретные сигналы имеют индивидуальную гальваническую развязку. Типы сигналов: сухой контакт, $\pm 24В$, $\sim 24В$, $\pm 48В$, $\pm 220В$, $\sim 220В$. В крейте размещаются 6 блоков по 32 сигнала ($6 \times 32 = 192$ сигналов).

Управляющие дискретные сигналы выдаются бесконтактным способом. Коммутируются: $\sim 220В - 2А$, $\pm 220В - 1А$, $\pm 50В - 2А$. В крейте размещаются 6 блоков по 16 сигналов ($6 \times 16 = 96$ сигналов).

Блоки ШИМ-управления коммутируют напряжения 50В - 1А, имеют встроенные счетчики временных интервалов и предназначены для управления клапанами, например, типа ПБРЗ, ФЦ610 и др. В крейте размещаются 6 блоков, каждый блок управляет 4-мя регуляторами.

Сигналы с термопар и термосопротивлений принимаются на нормирующие усилители, затем подаются на стандартные аналоговые входы. В крейте размещаются 18 блоков нормирующих усилителей по 10 сигналов ($18 \times 10 = 180$ сигналов).

Стандартная стойка содержит 5 функциональных крейтов (этажей). В одном из них размещается дублированный контроллер, а в остальных четырех - вышеуказанные согласующие блоки. Шестой этаж используется для размещения блоков питания преобразователя в 27В. Собственно источники вторичного питания (5В, 15В и пр.) размещаются непосредственно в функциональных крейтах.

Навесной шкаф может содержать от одного до трех функциональных крейтов.

На верхнем уровне (ВУ) осуществляется:

- оперативное отображение состояния объекта;
- оперативное управление объектом (дистанционное, резервное, аварийное);
- визуализация информации в виде мнемосхем, графиков, гистограмм и т.д.;
- архивация информации;

- генерация отчетов, печать отчетов, PLAYBACK;
- аварийная сигнализация, отчет тревог;
- глубокий архив (стриммер, магнитооптика);
- расчетные задачи (ТЭП и др.);
- диагностика комплекса;
- оперативная смена уставок;
- автоматическая загрузка ПО в контроллеры нижнего уровня по включению питания и после сбоев;

В качестве базовых программных пакетов используются:

- операционные системы DOS, Microsoft Windows NT;
- сетевая ОС LANtastic или другая, поддерживающая сетевой протокол NetBios;

- SCADA-система Trace Mode фирмы AdAstrA Research Group Ltd.;

- монитор реального времени (для контроллеров НУ) Micro-Trace Mode;

- СУБД-системы Microsoft Excel, Microsoft Access и другие.

Основные технические характеристики:

- количество датчиков и исполнительных органов - до 10 000;
- время визуализации измененного значения датчика - не более 2с;
- время смены видеокадра - не более 2с;
- архивы: уровневый, отчет тревог, регистратор изменений;
- поддержка сообщений оператору средствами MultiMedia;
- минимальный интервал регистрации аварийных ситуаций - 50мс;
- минимальный цикл расчета регулятора - 0,1с;
- минимальная длительность выходных сигналов, формируемая регулятором - 10мс, точность выдачи интервала - 5%;
- энергопотребление НУ не более 0,3Вт/датчик.

Функциональная аппаратура верхнего уровня компонуется на базе персональных компьютеров (ПК) типа IBM PC Pentium/Pentium II как в обычном, так и в промышленном исполнении. Средства отображения могут быть дополнены проекционными (просветными) экранами и печатающими устройствами. Персональные компьютеры размещаются на столешницах офисной мебели, адаптированной для промышленных применений.

Верхний и нижний уровень комплекса объединены резервируемой сетью типа Ethernet с возможностью использования оптоволоконных кабелей.

Для питания персональных компьютеров и сетевого оборудования поставляются источники бесперебойного питания со встроенными герметизированными аккумуляторами.

Резервная (аварийная) система управления содержит, как правило, одну-две функциональные стойки, пульт оператора и персональный компьютер. На пульте оператора располагаются органы ручного управления и необходимые индикационные приборы, а также персональный компьютер.

Пульт оператора работает под управлением функциональной стойки, которая имеет выход, как в основную локальную сеть, так и в резервную сеть (RS-485). По последней осуществляется управление нижним уровнем с пульта или персонального компьютера резервной системы в случае отказа верхнего уровня.

С пульта оператора возможно прямое ручное управление ограниченным объемом наиболее важных управляющих органов объекта (аварийное управление).

Вопросы для самопроверки

1. Какие функции выполняются на нижнем уровне ПТК?
2. Какие функции выполняются на верхнем уровне ПТК?

4.7. КВИНТ

4.7.1. Методика проектирования АСУ ТП на базе Квинта

4.7.2. Концепция Квинта

4.7.3. Функциональные возможности

4.7.4. Структура Квинта

4.7.5. Основные компоненты Квинта

4.7.6. Состав ИВК

4.7.7. Состав сетевых средств

4.7.8. Состав средств проектирования

4.7.9. Архитектура Квинта. Компоненты архитектуры

4.7.10. Операторская станция. Функции операторской станции

Программно-технический комплекс Квинт разработан в научно-исследовательском институте теплоэнергетического приборостроения НИИТеплоприборе. Институт имеет два основных направления деятельности – программно-технические комплексы и датчики технологических параметров.

Основное назначение Квинта – автоматизация производственных процессов. Это широкий круг производств – тепловые и атомные электростанции, газотурбинные установки, химические и

металлургические комбинаты, районные тепловые станции, полупроводниковые, цементные и стекольные производства, сельскохозяйственные хранилища, системы кондиционирования и т.п. Квинт нацелен на автоматизацию разнообразных отраслей промышленности, связанных с выработкой, преобразованием и передачей энергии, получением новых веществ, материалов и продуктов, созданием комфортных условий работы для людей и оборудования.

Квинт охватывает все задачи автоматизации технологических процессов, связанные с управлением, защитой, представлением, хранением и передачей информации. Для всех этих задач Квинт имеет единое информационное пространство, единые аппаратные решения и развитый САПР для подготовки прикладных программ. Исходно Квинт инвариантен относительно характера технологического процесса, поэтому его можно использовать в различных отраслях промышленности. Во всех случаях Квинт позволяет автоматизировать отдельные группы оборудования, отдельные агрегаты и производство в целом.

Модульное построение аппаратных средств и объектно-ориентированное программное обеспечение создают хорошие предпосылки для поэтапной модернизации Квинта с сохранением общей концепции и всей методологии использования. Это позволит в дальнейшем легко ассимилировать в Квинт новые технологические достижения в области базовых аппаратных средств и программных продуктов.

4.7.1. Методика проектирования АСУ ТП на базе Квинта

Создание современных АСУ ТП – достаточно сложный процесс, требующий скоординированных действий различных групп специалистов, ведущих прикладное проектирование систем управления. В рамках Квинта разработана методология такого проектирования, включающая подготовку базы данных, технологическое программирование технических средств и полигонную отладку запроектированной системы.

Все прикладное проектирование ведется с помощью САПР, – неотъемлемого инструмента Квинта, который существенно облегчает работу системных и наладочных организаций.

Технический уровень Квинта

Квинт построен в соответствии с самыми последними достижениями в области программно-технических средств АСУ ТП, – их архитектуры, функциональных возможностей, методов обеспечения надежности и человеко-машинного интерфейса.

В Квинте используется иерархическая распределенная архитектура сетевых средств, на нижнем уровне которых расположены

специализированные микропроцессорные контроллеры, а на верхнем – информационно-вычислительные средства представления и хранения информации.

Для повышения надежности Квинт предлагает пользователю целый набор вариантов, из которых он может выбрать наиболее подходящий. Так в Квинте можно дублировать блоки силового питания и фидеры, от которых они запитываются, дублировать или троировать отдельные информационные каналы, дублировать или троировать отдельные модули связи с аналоговыми и дискретными датчиками, дублировать контроллеры целиком, дублировать цифровые каналы последовательной связи, резервировать рабочие станции. Встроенные в Квинт средства самодиагностики обеспечивают автоматический переход на горячий резерв без останова оборудования. Отдельные средства резервирования предусматриваются и в других системах, однако только Квинт позволяет по частям или одновременно задействовать весь указанный арсенал средств повышения надежности.

При автоматизации крупных сложных в управлении объектов особое значение имеет организация человеко-машинного интерфейса. В этом отношении Квинт предоставляет пользователю особые удобства.

4.7.2. Концепция Квинта

В основе концепции Квинта лежат следующие принципы:

1. Принцип распределенного управления, в соответствии с которым общая задача управления разбивается на участки, обслуживаемые отдельными контроллерами (Ремиконтами), связанными между собой последовательным цифровым каналом.
2. Принцип избирательного централизованного контроля, при котором вся требуемая информация представляется оператору на экране одной или нескольких операторских станций, связанных с Ремиконтами последовательными каналами цифровой передачи информации.
3. Принцип централизованной подготовки базы данных и ее децентрализованного оперативного обслуживания; это обеспечивает единство общей базы данных, с одной стороны, и живучесть системы управления, – с другой.
4. Принцип технологического программирования, означающий, что для подготовки, отладки и модификации прикладных программ не требуется знаний в области формальных методов программирования. В то же время само свойство программируемости сохраняется, что придает Квинту универсальные возможности и позволяет использовать его для автоматизации самых разнообразных технологических процессов.

5. Принцип объектной ориентируемости, облегчающий проектирование, отладку и модернизацию АСУ ТП на базе Квинта.

6. Принцип масштабируемости, позволяющий легко наращивать систему управления, получая для различного масштаба системы оптимальное отношение, стоимость/производительность.

7. Принцип проектируемой надежности, согласно которому стандартно используется обычное (не резервированное) построение технических средств, а в особо ответственных случаях пользователю предоставляется возможность выбрать различные варианты резервирования, каждый из которых имеет соответствующую аппаратную и программную поддержку.

4.7.3. Функциональные возможности

Задачи, решаемые Квинтом, можно разделить на две части – управление и представление информации. Первый вид задач решается микропроцессорными контроллерами – Ремиконтами, второй – рабочими станциями информационно-вычислительного комплекса (ИВК).

С помощью Ремиконтов решаются следующие задачи:

- сбор и предварительная обработка информации
- формирование управляющих воздействий
- автоматическое регулирование
- шаговое логико-программное управление
- защиты и блокировки
- регистрация событий
- ручное управление (совместно с операторской станцией)

Рабочие станции ИВК используются для решения следующих задач:

- представление информации оператору
- архивирование
- анализ архивной информации
- сигнализация
- расчеты и оптимизация
- организация единого времени
- наладка системы
- ручное управление (совместно с Ремиконтами).

Из этого перечня видно, что на базе Квинта можно построить полнофункциональную интегрированную АСУ ТП. В тех редких случаях, когда какие-то задачи автоматизации выходят за рамки Квинта, для их решения могут привлекаться другие средства, - Квинт позволяет их ассимилировать и, тем самым, обеспечить единое для АСУ ТП информационное пространство.

4.7.4. Структура Квинта

Квинт содержит две категории программно-технических средств:

- оперативные средства
- средства проектирования АСУ ТП

Оперативные средства работают в режиме реального времени (on-line). Они взаимодействуют с технологическим объектом и выполняют все задачи, предусмотренные проектом автоматизации.

Средства проектирования работают не в реальном времени (off-line). Они не связаны напрямую с технологическим процессом и предназначены для подготовки прикладных программ, «настраивающих» Квинт на специфику конкретного автоматизируемого объекта.

Оперативные средства

Квинт содержит 3 вида оперативных средств:

- Ремиконты
- рабочие станции и серверы информационно-вычислительного комплекса (ИВК)
- сетевые средства

Ремиконты – это контроллеры, входящие в Квинт. Ремиконты отвечают за сбор и предварительную обработку информации, автоматическое регулирование и логико-программное управление, защиты и блокировки, выработку команд управления и фиксацию событий.

Рабочие станции и серверы ИВК – это персональные компьютеры и серверы, выполненные на платформе Intel и оснащенные фирменным программным обеспечением. Рабочие станции и серверы ИВК занимаются представлением, хранением и анализом информации, а также специальными расчетами, организацией службы единого времени и мониторингом технических средств.

Сетевые средства обеспечивают единое информационное пространство Квинта. В качестве системной (опорной) сети в Квинте используются сети Ethernet и FastEthernet, а также концентраторы и коммутаторы, работающие с этими протоколами.

Средства проектирования

Средства проектирования представляют собой рабочие станции и серверы класса РС, оснащенные фирменным программным обеспечением. Входящая в Квинт совокупность фирменных программ, образующих интегрированную среду автоматизированного проектирования (САПР), позволяет администрировать весь проект, создавать информационную базу данных, подготавливать мнемосхемы и разрабатывать технологические алгоритмы управления.

4.7.5. Основные компоненты Квинта

На 4.17 показан полный состав Квинта. Как уже указывалось, Квинт включает в себя оперативные средства, работающие в режиме реального времени - Ремиконты, рабочие станции, серверы ИВК, сетевые средства, а также средства проектирования АСУ ТП - рабочие станции и серверы САПР.

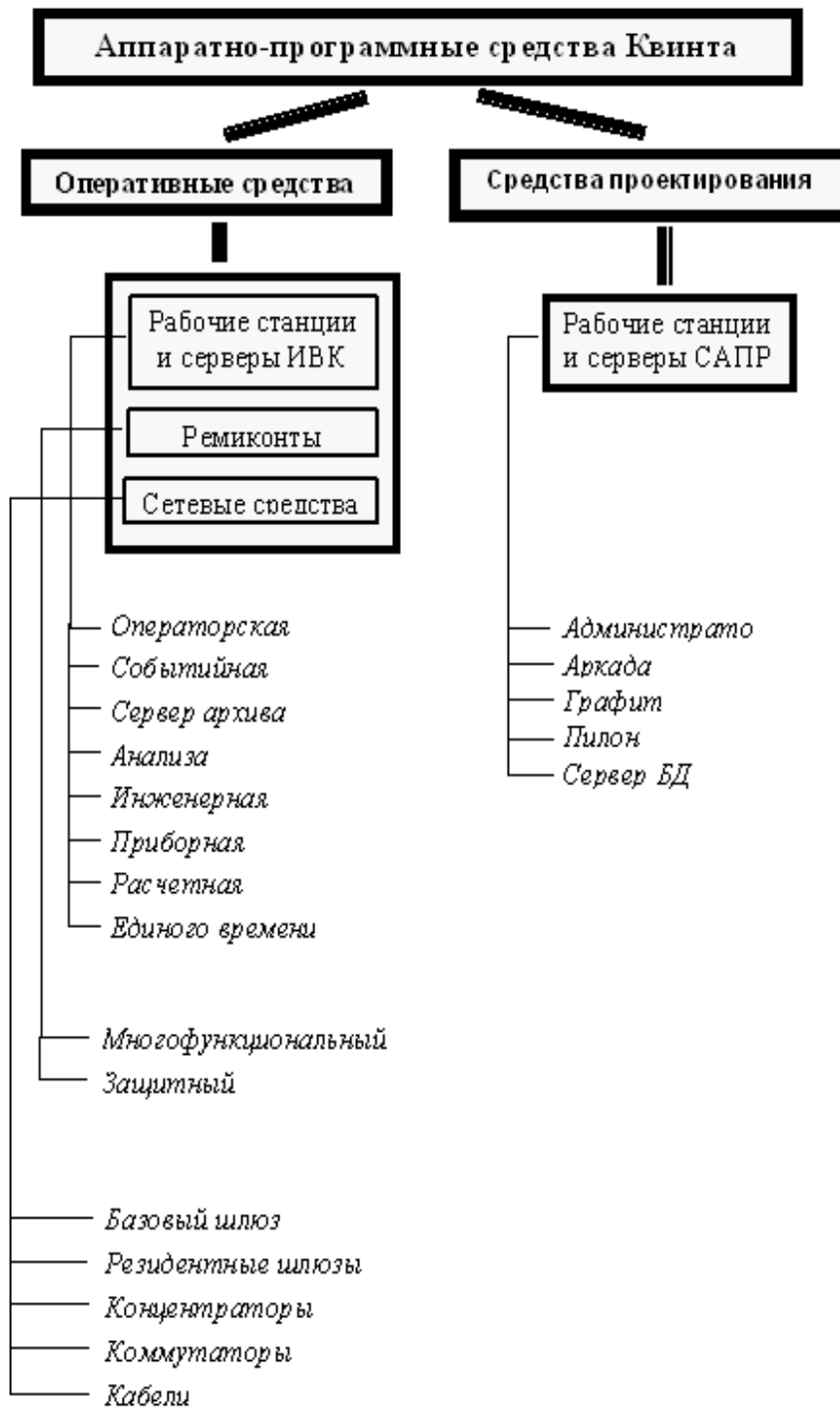


Рис. 4.17. Состав Квинта

Состав Ремиконтов

В состав Квинта входят 2 вида Ремиконтов:

- многофункциональный контроллер
- защитный контроллер

Многофункциональный контроллер Р-310 решает все задачи автоматического управления и регистрации событий. Для объектов, не предъявляющих особо высоких требований к надежности, он может использоваться также и в цепях технологических защит и блокировок.

Защитный контроллер Р-315 специализирован под задачи защит теплотехнического оборудования. Этот контроллер имеет специализированное программное обеспечение и отличается особо высокой надежностью.

4.7.6.Состав ИВК

Информационно-вычислительный комплекс Квинта строится на базе рабочих станций и серверов, работающих на компьютерной платформе Intel. В состав Квинта входят специализированные программные компоненты, в совокупности решающие все задачи представления, хранения и анализа информации. К этим средствам относятся:

- операторская станция ОС-300
- событийная станция СС-300
- сервер архива АР-300
- станция анализа СА-300
- инженерная станция ИС-300
- приборная станция ПС-300
- расчетная станция РС-300
- станция единого времени СВ-300

Операторская станция используется для ручного управления и представления информации оператору-технологу. Информация представляется в виде мнемосхем, графиков, текстовых и звуковых сообщений и т.п.

Событийная станция, как и операторская, предназначена для оператора-технолога, но ее назначение узко специализировано, - на экран событийной станции выводится только информация о текущих событиях.

Сервер архива хранит всю информацию о предыстории технологического процесса, - как аналоговую информацию о непрерывно меняющихся параметрах, так и дискретную информацию о происшедших событиях.

Станция анализа позволяет просматривать архивную информацию и анализировать ситуацию за заданный промежуток времени. Эта станция готовит также отчетную информацию – протоколы, ведомости и т.д.

Инженерная станция используется для загрузки технологических программ в Ремиконты и для настройки параметров Ремиконтов.

Приборная станция, расширяющая функции инженерной станции, позволяет следить за состоянием всех технических средств Квинта. При любых неисправностях на экран приборной станции выдается информация о месте неисправности и ее причине.

Расчетная станция выполняет специализированные расчеты, например расчет ТЭП. Она может использоваться также для расчетов, связанных с оптимизацией технологического процесса.

Станция единого времени обеспечивает привязку к единому времени всех технических средств Квинта. Эта станция может работать либо в автономном режиме, либо, корректируя свое время по астрономическому времени, получаемому от навигационных спутников.

Каждая из указанных выше функций может выполняться либо на отдельных рабочих станциях, либо одна рабочая станция может одновременно выполнять несколько функций.

4.7.7. Состав сетевых средств

В состав сетевых средств Квинта входят:

- базовый шлюз
- резидентные шлюзы
- концентраторы
- коммутаторы
- сетевые кабели

Базовый шлюз используется в комплекте с Ремиконтами. Он информационно объединяет группу Ремиконтов в один системный модуль и сопрягает его с системной сетью. Для всех Ремиконтов в Квинте используется один тип базового шлюза.

Резидентные шлюзы выполняют ту же роль, что и базовый шлюз Квинта, но применительно к техническим средствам, напрямую в Квинт не входящим. Резидентные шлюзы позволяют интегрировать в Квинт другие технические средства, - либо специализированные, либо ранее установленные у заказчика. Для каждого типа резидентов имеется «свой» тип резидентного шлюза.

Концентраторы и коммутаторы – это стандартные средства, предназначенные для объединения абонентов сети Ethernet в единое информационное пространство. В Квинте такими абонентами являются базовые и резидентные шлюзы, а также рабочие станции и серверы ИВК и САПРа.

Сетевые кабели используются для физического объединения всех

технических средств Квинта (сюда не входят кабельные связи для подключения датчиков и исполнительных устройств). В зависимости от расстояния в качестве сетевых кабелей используется медная витая пара или оптоволокно.

4.7.8. Состав средств проектирования

Квинт содержит следующие программные средства проектирования АСУ ТП:

- Администратор
- Аркада
- Графит
- Пилон

Администратор – это программа, с помощью которой формируется логическая структура всей АСУ ТП, определяются ее общие свойства и задаются права доступа персонала к различной информации.

Аркада является программным инструментом доступа к базе данных. С помощью Аркады формируются информационные объекты системы управления - описываются их свойства и распределение по категориям, определяется состав текстовых сообщений, сопутствующие изменению состояния объектов и т.п.

Графит используется для подготовки мнемосхем. Однако Графит – больше чем обычный графический редактор. Он работает не только с графическими примитивами, но и с библиотечными технологическими изображениями – мнемосимволами и оперативными окнами. В Графите выполняется анимация объектов, определяется реакция системы на действия оператора и все информационные объекты «привязываются» к базе данных Квинта.

Пилон – это программа технологического программирования Ремиконтов. Она в графической форме задает общий алгоритм управления, предварительно распределяя его по отдельным Ремиконтам, а внутри каждого Ремиконта – по отдельным задачам.

Все средства проектирования – Администратор, Аркада, Графит, Пилон – формируют единую для всей системы базу данных, которая хранится на сервере базы данных. После того, как база данных подготовлена, она загружается во все рабочие станции и, таким образом, для оперативной работы сервер базы данных не требуется. К нему приходится обращаться только тогда, когда нужно откорректировать проект, - добавить новые компоненты, изменить параметры и т.п.

4.7.9. Архитектура Квинта. Компоненты архитектуры

Архитектура Квинта отражает состав, соподчинение и

информационное взаимодействие отдельных компонентов, как аппаратных, так и программных. В целом архитектурные особенности Квинта описываются тремя видами структур:

- логической
- физической
- информационной

На логическом уровне определяется иерархия структурных элементов Квинта. На физическом – состав и физические связи его компонентов. На информационном – организация информационных потоков между этими компонентами.

Логическая структура

Самым крупным логическим элементом Квинта является интегрированная АСУ ТП, - обычно это система управления предприятием в целом, например, всеми энергоблоками и электрической частью электростанции, химическим комбинатом и т.п. (4.18).

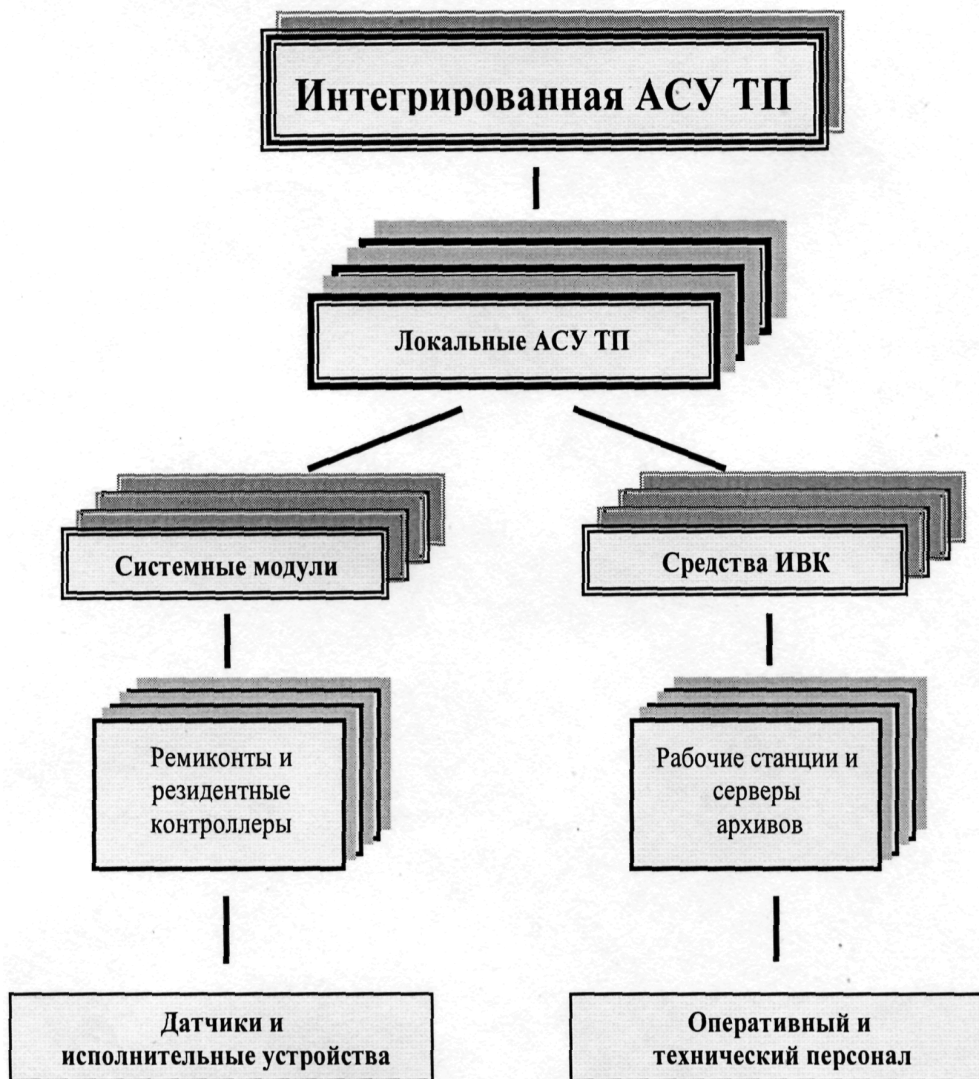


Рис.4.18. Логическая структура Квинта

В состав интегрированной системы входят локальные АСУ ТП.

Пример локальной АСУ ТП - система управления энергоблоком, ректификационной колонной и т.д. Локальная система является сравнительно автономным элементом интегрированной системы, - ее работа практически не зависит от работы смежных локальных систем. В то же время, все локальные системы образуют единое информационное пространство в рамках интегрированной АСУ ТП.

Каждая локальная система содержит средства управления, состоящие из системных модулей, и средства ИВК, состоящие из рабочих станций и серверов.

Системный модуль – это совокупность контроллеров, обслуживающих отдельный участок технологического процесса, например, котел, турбину и т.п. В состав Квинта входят многофункциональные и защитные контроллеры. Кроме того, в Квинт могут «встраиваться» ряд контроллеров других фирм, называемых резидентами.

Средства ИВК состоят из рабочих станций и серверов. Рабочие станции используются для представления информации операторам и инженерно-техническому персоналу, на серверах хранится архивная информация.

Физическая структура

Физическая структура отражает состав физических элементов Квинта и организацию реальных (кабельных) связей между ними (4.19).

Все Ремиконты подключаются к датчикам и исполнительным устройствам индивидуальными кабелями. Если в состав системы входят резиденты, то они подключаются к датчикам и исполнительным устройствам так же, как Ремиконты.

Группы контроллеров, входящих в один системный модуль, подключены к шлюзу, причем Ремиконты подключаются к базовому шлюзу Квинта, а резидентные контроллеры – к резидентному шлюзу. Эти шлюзы выполняют роль «мастера» контроллерной сети, работающей на частоте до 2 МГц.

Все шлюзы наравне с рабочими станциями являются абонентами системной сети. В зависимости от масштаба системы эта сеть работает по протоколу Ethernet или FastEthernet. В пределах одной локальной АСУ ТП территориально сосредоточенные группы абонентов подключаются к локальным концентраторам (Hub), которые, в свою очередь, подключаются к локальному коммутатору (Switch). Непосредственно к локальному коммутатору подключается также сервер архива.

Интегрированная АСУ ТП

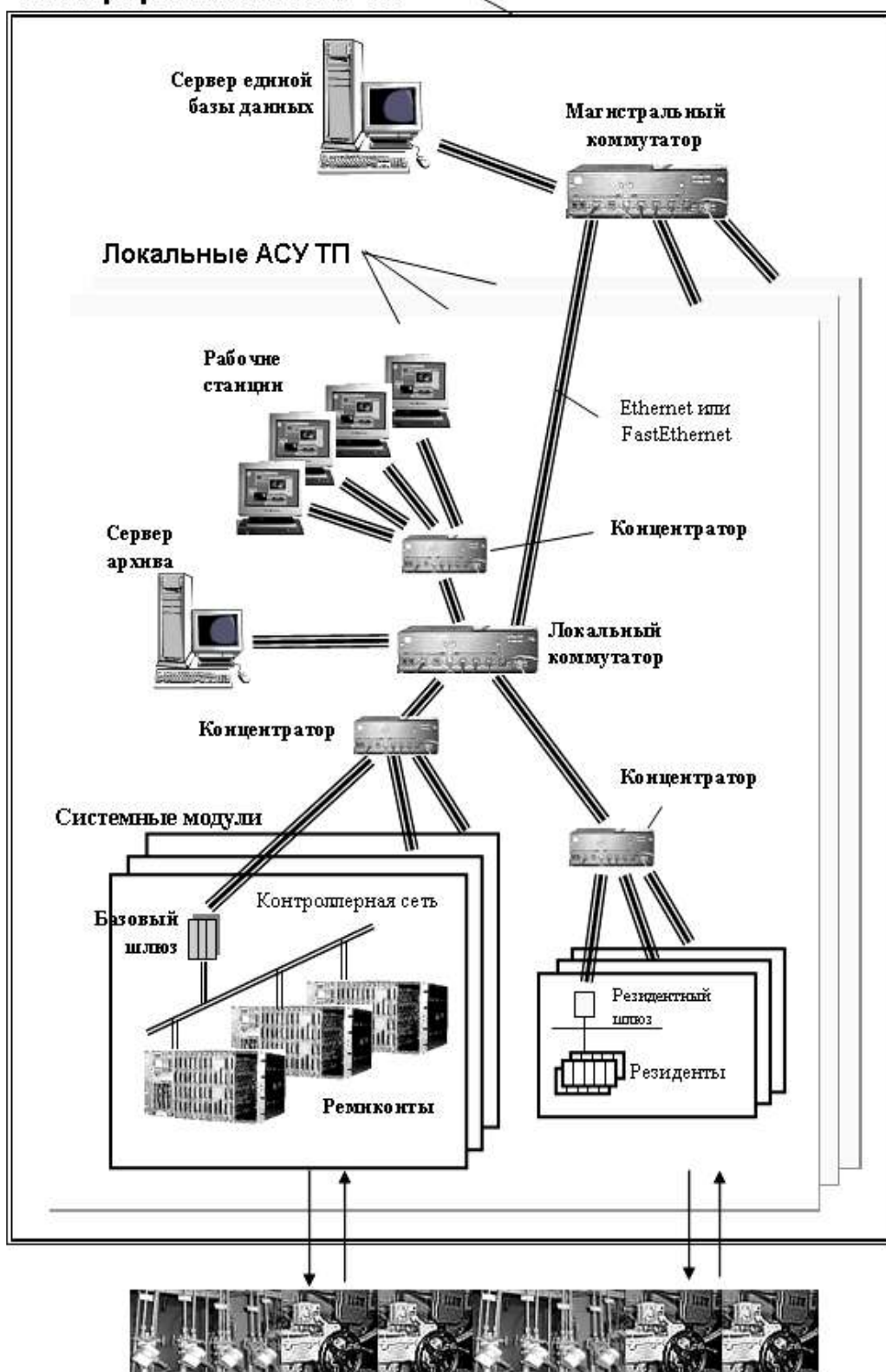


Рис. 4.19. Физическая структура Квинта

Локальные АСУ ТП связываются между собой посредством магистрального коммутатора, к которому непосредственно подключен сервер единой базы данных. Эти компоненты являются общими для интегрированной системы управления, в остальном локальные АСУ ТП работают автономно и могут функционировать независимо друг от друга.

Показанная на **Ошибка! Источник ссылки не найден.** структура Квинта характерна для систем крупного масштаба. Системы среднего масштаба обычно представляют собой одну локальную АСУ ТП, а малые системы могут вовсе не иметь коммутаторов, - все их средства объединяются посредством одного или нескольких концентраторов.

Информационная структура

Все средства Квинта работают в едином информационном пространстве. Это означает, что информация, формируемая любым из компонентов Квинта, потенциально доступна любому компоненту.

Организация информационных потоков в Квинте учитывает уровень ответственности различных подсистем Квинта. С этой точки зрения все элементы Квинта делятся на 3 категории:

1-я категория – это наиболее ответственная часть системы, непосредственно взаимодействующая с технологическим процессом. Чтобы обеспечить максимальную автономность средств управления, датчики и исполнительные устройства напрямую связываются с контроллерами. В результате управляемость объектом сохраняется даже при полном отказе средств ИВК и сетевых средств.

2-я категория – это средства повышенной ответственности. К ним относятся средства обмена информацией между контроллерами, средства представления информации оператору-технологу и средства ручного управления (обе последние функции выполняются с помощью операторской станции). Обмен информацией между этими компонентами выполняется без «посредников» в виде других станций ИВК, - это гарантирует, что указанные функции сохранятся при отказе сервера архива или других рабочих станций.

3-я категория – все остальные технические средства, отказ которых не приводит к серьезным последствиям.

На рис. 4.20 показана полная информационная структура Квинта, которая отличается следующими свойствами:

1. Контроллеры непосредственно взаимодействуют с технологическим объектом, а также с другими контроллерами, операторской, архивной, инженерной и приборной станциями. В архив контроллеры направляют архивируемую информацию, инженерная

2. Сервер архива взаимодействует со станцией анализа, а также с событийной, операторской и расчетной станциями. Архивная информация передается на станцию анализа для ее анализа, на событийную станцию – для представления текущих событий оператору-технологу, на операторскую станцию – для представления информации в виде трендов, на расчетную станцию – для выполнения сложных расчетов. В свою очередь, операторская и инженерная станции записывают в архив информацию о действиях персонала. Через сервер архива организуется также обмен информацией со средствами АСУ П.



- 1 – сигналы от датчиков
- 2 – команды на исполнительные устройства
- 3 – текущая информация для оператора
- 4 – команды ручного управления
- 5 – архивируемая технологическая информация
- 6 – информация об ошибках технических средств
- 7 – текущие сигналы и параметры контроллеров для наладчиков
- 8 – команды изменения настроек
- 9 – архивирование действий персонала
- 10 – тренды
- 11 – представление оператору текущих событий
- 12 – анализируемая архивная информация
- 13 – информация для расчетов
- 14 – распечатка протоколов и ведомостей
- 15 – информация для руководителей
- 16 – обмен информацией между АСУ ТП и АСУ П
- 17 – метки единого времени (ко всем абонентам)
- 18 – обмен информацией между контроллерами

3. Станция руководителя представляет собой вариант операторской станции. Эта станция работает только в информационном режиме (т.е. с ее помощью ничего нельзя изменять) и получает информацию непосредственно из архива, причем это может быть как текущая (актуальная) информация, так и предыстория процесса.

4. Станция единого времени связана со всеми техническими средствами Квинта. Она синхронизирует «часы», находящиеся во всех активных компонентах Квинта, и, тем самым, привязывает все события к единому времени.

Следует иметь ввиду, что показанная на Рис. .20 информационная структура является «виртуальной». Реально все элементы Квинта соединяются по общим правилам, принятым для сетей Ethernet.

4.7.10. Операторская станция. Функции операторской станции

В состав функций операторской станции входит:

- наблюдение за ходом технологического процесса
- сигнализация о любых отклонениях от нормы
- обзор трендов
- ручное управление исполнительными устройствами.

При наблюдении за ходом процесса информация в операторской

станции представляется на экране монитора в виде мнемосхем, цифровых значений, барографов (столбиков), текущих графиков и текстовых сообщений.

Сигнализация свидетельствует о нарушениях хода технологического процесса. Для сигнализации используются световые эффекты - цветовое выделение и мигание отдельных элементов изображения, а также привлекающие внимание оператора звуковые или голосовые сообщения.

На экран операторской станции можно вызвать из архива тренды, представляющие в графическом виде предысторию процесса. На одном графике можно отобразить любое число трендов, - ограничения связаны лишь с удобством их анализа.

Ручное управление предназначено для ручного изменения положения исполнительных устройств и ручного изменения оперативных параметров элементов управления - сигналов задания, режимов регуляторов, состояний шаговых программ и т.п.

Аппаратура операторских станций

Операторская станция - это рабочее место оператора-технолога. Все операторские станции однотипны и построены на базе компьютера класса Pentium с частотой не ниже 233 МГц. Помимо стандартного компьютера в состав операторской станции входит:

- адаптер связи с системной сетью
- сторож цикла
- мышь или планшетный манипулятор

Адаптер связи – это плата стандарта Ethernet с частотой 10/100 МГц, которая вставляется в одно из гнезд расширения компьютера и связывает операторскую станцию с системно сетью. Сторож цикла представляет собой специализированный модуль, который автоматически перезапускает операторскую станцию в случае ее зависания. Мышь используется для выбора мнемосхем и для ручного управления. Чтобы повысить надежность, рекомендуется использовать оптическую мышь типа IntelliEye (без шарика) либо заменяющий мышь планшетный сенсорный манипулятор - неподвижное устройство, выполненное в пылезащищенном исполнении.

Операторская станция может работать с монитором любого размера и любого типа, но рекомендуемый размер – не меньше 21". В качестве монитора можно использовать также газоразрядный или жидкокристаллический экран коллективного пользования. В любом случае информация на мониторе представляется в формате 1024x768.

Принципы построения

Операторская станция позволяет получить полную информацию, необходимую оператору-технологу, так что в принципе никакие другие

традиционные контрольно-измерительные приборы и ключи управления не требуются. Однако в целях страховки можно использовать минимальный набор ключей, в основном предназначенных для аварийного останова оборудования.

Вся информация и все команды ручного управления потенциально доступны одной операторской станции. Тем не менее, в рамках одной АСУ ТП часто используют несколько операторских станций, - это позволяет разместить станции в разных помещениях, взаимно их резервировать, одновременно наблюдать за большим числом параметров и дистанционно управлять несколькими исполнительными устройствами.

В Квинте предусмотрены два режима работы операторской станции – управляющий и информационный. В управляющем режиме можно наблюдать за процессом и управлять им вручную, в информационном режиме функция ручного управления заблокирована. Обычно информационный режим устанавливается на операторских станциях руководителей – директора, главного инженера и т.д., а также на операторских станциях, с которыми работает дежурный персонал.

Поскольку Квинт имеет единую базу данных, то любой операторской станции потенциально доступна информация о любом оперативном объекте, занесенном в эту базу. Однако, имеется возможность ограничить информацию, которую «видит» каждая станция. Для этого в Квинте используется понятие «среза» - совокупности информации, которую можно наблюдать на экране той или иной станции. Возможности срезов широко используются в интегрированных АСУ ТП, - например, для операторских станций, относящихся к агрегату N1, срез может включать все оперативные объекты этого агрегата плюс некоторую часть объектов, относящихся к агрегату N2 и наоборот.

Вопросы для самопроверки

1. Характеристики и назначение ПТК «Квинт».
2. Технология проектирования и технический уровень ПТК «Квинт».
3. Какие принципы заложены в концепции Квинта.
4. Какие задачи решает ПТК «Квинт»?
5. Из каких средств состоит структура ПТК «Квинт»?
6. Основные компоненты ПТК «Квинт» и их назначение.
7. Что входит в состав Ремиконтов и ИВК?
8. Что входит в состав сетевых средств и средств проектирования?
9. Какими структурами описывается ПТК «Квинт»?
10. Функции операторской станции, ее аппаратура и принципы построения.

4.8. ПТК Торнадо

4.8.1. Назначение и особенности ПТК

4.8.2. Структура и состав ПТК "Торнадо"

4.8.3. Основные типы ПТК "Торнадо"

4.8.4. Характеристики ПТК "Торнадо" и некоторых его элементов

4.8.5. Типовые решения по компоновке контроллеров

4.8.6. Автоматизированные Рабочие Места

ПТК серии «Торнадо» разработаны в соответствии с современными требованиями распределенных систем управления и предназначены для создания АСУТП, АСДУ, а также информационно-измерительных систем на промышленных объектах энергетики, нефтяной, газовой, химической промышленности, перерабатывающих отраслей, транспорта, коммунального хозяйства и других объектах [10]. ПТК предназначен для выполнения функций локального управления высокой сложности на объектах любой степени ответственности, с любым полевым уровнем включая отечественный КИП.

4.8.1. Назначение и особенности ПТК

ПТК "Торнадо" является современной полнофункциональной системой созданной на базе микропроцессорной техники. ПТК может внедряться взамен традиционных систем автоматизации как на строящихся, так и на реконструируемых объектах, обеспечивая управление технологическими процессами на качественно новом уровне. Внедрение ПТК "Торнадо" улучшает технико-экономические показатели управляемого объекта за счет реализации более сложных и современных законов управления, наглядности и полноты предоставления информации, диагностики средств АСУ ТП и технологического оборудования.

ПТК является программируемым устройством и относится к проблемно-ориентированным изделиям с переменным составом функциональных блоков, необходимых для создания требуемых конфигураций каналов ввода-вывода и реализации конкретных функций и задач. ПТК выпускается в четырех модификациях, отличающихся архитектурой и используемыми контроллерами. Применение той или иной модификации зависит от масштаба и сложности объекта автоматизации.

ПТК базируются на современных, открытых и стандартных программных и технических средствах. Используются только надежные элементы с высоким временем наработки на отказ. Все основные элементы

ПТК не раз использовались для создания систем управления и контроля на российских предприятиях и имеют соответствующие документы.

В ПТК применяются архитектурные решения, которые обеспечивают соответствующую объекту степень готовности и надежности. ПТК является модульным и масштабируемым, что дает возможность пользователю поэтапно развивать внедренную систему, постепенно добавляя новые функции. Высококачественные элементы и специальные архитектурные решения гарантируют надежную работу ПТК. Никакой единичный отказ не может привести к потере функциональности системы.

ПТК серии "Торнадо" разрабатывались при участии проектных и технологических организаций. При разработке ПТК учитывались особенности приборов и оборудования российского производства, были найдены удачные решения по стыковке ПТК с оборудованием полевого уровня. При проектировании ПТК соблюдались все необходимые российские стандарты. ПТК "Торнадо" - это российский продукт, созданный в соответствии с российскими нормативными документами для решения задач на отечественных предприятиях.

4.8.2. Структура и состав ПТК "Торнадо"

Технические и программные средства ПТК распределены по трем уровням (рис. 4.21).

- Верхний уровень – серверы и операторские станции Автоматизированных Рабочих Мест (АРМ), реализованные на стандартных средствах вычислительной техники в промышленном или офисном исполнении.
- Сетевой уровень – устройства, с помощью которых осуществляется взаимодействие технологических контроллеров, серверов и АРМ.
- Нижний уровень – технологические контроллеры

Состав ПТК и назначение его элементов

ПТК является проектно-компонентным изделием и его состав зависит от сложности объекта управления и требуемого объема автоматизации. В общем случае в состав ПТК входят:

- а) технологические контроллеры или контроллеры функциональных узлов (КФУ), содержащие: крейты контроллеров с электронными модулями, специальные кроссовые элементы - блоки полевых интерфейсов (БПИ), шкафное оборудование.

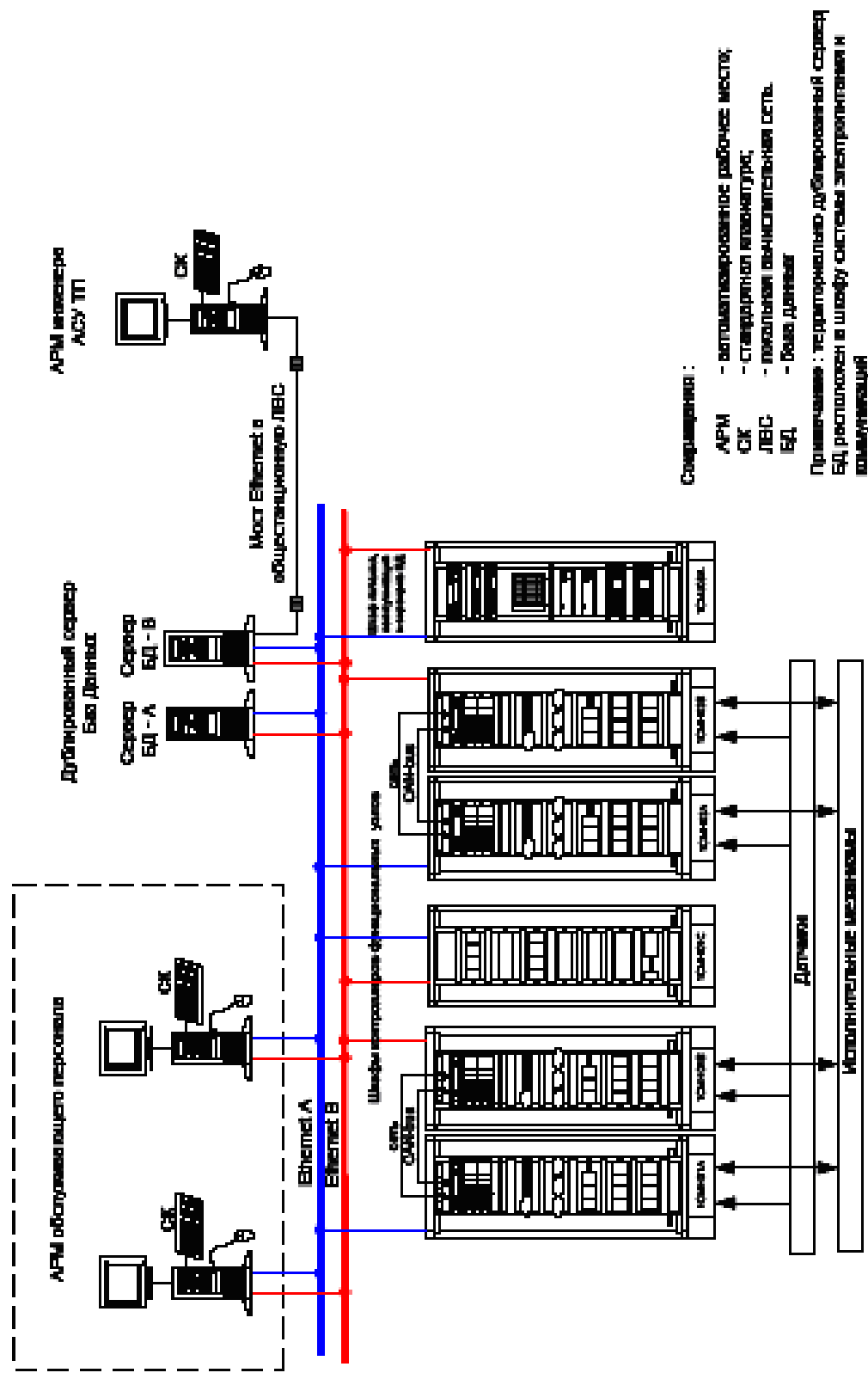


Рис. 4.21. Структурная схема ПТК

б) коммуникационное, серверное оборудование и система электропитания, содержащие технические средства сетей Ethernet, Profibus и других в соответствии с проектными решениями, источники бесперебойного питания компьютеров и коммуникационного оборудования, шкафное оборудование.

в) персональные компьютеры АРМ, серверов баз данных (БД), серверов приложений, а также оборудование для их установки и размещения.

Электронные модули технологических контроллеров предназначены для преобразования сигналов от датчиков физических величин в цифровую форму, цифровой обработки сигналов, хранения мгновенной базы данных (значений) сигналов, отправки измеренных значений сигналов на АРМ, серверы и другие контроллеры, получения команд, выдачи управляющих воздействий на контролируемое оборудование по заданному алгоритму.

БПИ служат для подключения сигнальных кабелей от датчиков технологических параметров, первичного преобразования (нормирования) сигналов, индикации состояния дискретных сигналов, подачи электропитания на датчики.

Компьютеры АРМ предназначены:

- для отображения состояния технологического оборудования,
- сигнализации о событиях в системе (световой и звуковой),
- взаимодействия с оперативным и обслуживающим персоналом,
- ведения Оперативной Базы Данных (ОБД),
- функционирования программ сервера приложений,
- обслуживания автоматизированной системы,
- модернизации автоматизированной системы,
- хранения параметров конфигурации автоматизированной системы,
- записи архивов на долговременные носители информации,
- распечатки отчетов и других документов.

Сервер баз данных служит для хранения параметров конфигурации системы, хранения архива сигнализации, подготовки отчетов, хранения архива отчетов.

Коммуникационное оборудование служит для: объединения компьютеров АРМ, серверов и контроллеров (дублированной) сетью Ethernet, Profibus и др., связи с локальной сетью объекта.

Источники бесперебойного питания (ИБП) служат для питания компьютеров АРМ, сервера БД и коммуникационного оборудования. ИБП обеспечивают работу оборудования при кратковременном пропадании

питающего напряжения в сети. Технологические контроллеры также обеспечиваются системой гарантированного электропитания.

Состав программного обеспечения ПТК

Программное обеспечение (ПО) ПТК включает в себя ПО отображения информации, ПО сбора и хранения информации, ПО передачи информации, ПО контроля за технологическими процессами и управления технологическим оборудованием.

Для отображения информации используется SCADA-система InTouch фирмы Wonderware. InTouch имеет в своем составе программные инструменты для создания графических элементов (видеокадры), описания их поведения, программные сетевые интерфейсы. В небольших информационно-измерительных системах также применяется программный пакет TorIS - система визуализации на базе Internet Explorer производства "Модульные Системы Торнадо".

Сервер Приложений, служащий для регистрации и хранения оперативных данных и интерфейса между подсистемой отображения информации и ПО технологических контроллеров. Реализован с использованием пакета LavView фирмы National Instruments на объектно-ориентированном графическом языке.

Сбор и хранение архивной информации, а также ее обработка (например, получение отчетов) осуществляется в базах данных, построенных с использованием SQL-сервера фирмы Microsoft.

ПО передачи информации для минимизации накладных расходов при передаче данных по сети реализовано на языках высокого уровня типа C++.

ПО контроля за технологическими процессами и управления агрегатами и механизмами реализовано на технологических языках программирования стандарта IEC 1131-3 в среде разработки ISaGRAF.

4.8.3. Основные типы ПТК "Торнадо"

ПТК "Торнадо" выпускается в четырех основных модификациях, которые отличаются архитектурными решениями и используемым контроллерным оборудованием. Каждый тип ПТК предназначен для определенного класса объектов.

Программно-Технический Комплекс "Торнадо-М "

- предназначен для крупных объектов с функциями локального управления высокой сложности, любой степени ответственности, с любым полевым уровнем, включая отечественный КИП.

- Примеры объектов: АСУ ТП ТЭС (очереди, энергоблоки, турбины, котлоагрегаты), котельные и другие крупные разнородные объекты, где количество каналов измеряется тысячами.
- Каждый MIF-контроллер в ПТК обрабатывает до 1000 дискретных или 500 аналоговых каналов.
- Технические средства: MIF-модуль (шина CAN, 32-р процессор 68360) или MIF-PPC (процессор XPC860TZP) производства "Модульные Системы Торнадо". Характеристика контроллеров показана в табл. 4.12.
- Особенности: высокая надежность и отказоустойчивость, модульное построение, горячая замена и автоинициализация модулей после замены, прямое подключение датчиков и исполнительных устройств в шкаф контроллера, развитая система самодиагностики, простота и наглядность монтажа, удобство эксплуатации и сервисного обслуживания.

Таблица 4.12

Характеристика MIF-контроллера

Крейт контроллера	ASM6-MIF - 19"	ASM6-MIF - 19"
Процессорное устройство	MIF - BaseT	MIF-PPC
Память	DRAM до 16 Mbyte, SRAM(энергонезависимая) до 1 Mbyte, FLASH до 1 Mbyte, EEPROM до 16 Kbyte	SDRAM 16 Mbytes, FLASH - 2 Mbytes, SRAM 1 Mbytes, EEPROM до 16 Kbyte
Сеть	Ethernet, CANbus	Ethernet, CANbus
Модуль-носитель	MIF-Base - интеллектуальный модуль-носитель для трех субмодулей MODPACK	MIF-PPC - интеллектуальный модуль-носитель для трех субмодулей MODPACK
Число слотов УСО	до 16 слотов в однокрейтовом исполнении и до 32 слотов в двухкрейтовом. Максимальное число субмодулей в контроллере - 48/96	то же
Разъем к Блоку Полевого Интерфейса	F-connector на 48 контактов на объединительной плате с тыльной стороны крейта	то же
Горячая замена модулей	Да	Да
Многопроцессорность	Да	Да
Резервирование	Да	Да

ПТК "ТОРНАДО-М " был специально спроектирован с учетом специфических требований к системам автоматизации крупных объектов теплоэлектроэнергетики, нефтехимии и других крупных объектов со сложными технологическими процессами.

Программно-Технический Комплекс "Торнадо-I "

- Предназначен для объектов со сложными функциями локального управления.
- Примеры объектов: АСУ ТП объектов энергетики (ТЭС, котельных, электросетей и других), нефтеперерабатывающих и химических предприятий, объектов ж/д транспорта, промышленных установок и др.
- Количество каналов в локальных подсистемах ПТК - до 280.
- Технические средства: МІС-860, производство "Модульные Системы Торнадо" или ІUC-32, производство Kontron (PEP Modular Computers).
- Особенности: высокая надежность оборудования, модульное построение, применение Блоков Полевых Интерфейсов для стыковки с полевым уровнем, что позволяет напрямую подключать любые датчики и исполнительные устройства, наглядность монтажа, удобство эксплуатации.

ПТК "Торнадо-I " является оптимальным решением для создания АСУ ТП объектов средней сложности. Состав контроллера, включая процессор, ввод/вывод, источники питания, схемы резервирования, сетевые интерфейсы многое другое является проектно-компонуемым. Характеристика контроллера МІС-860 показана в таблице 4.13

Таблица 4.13

Характеристика контроллера

Характеристика	МІС-860
Крейт контроллера	19" крейт, Евромеханика 3U, шина СХС, источник питания
Процессорное устройство	ІUC-32 - CPU Motorola XPC860TZP80
Память	SDRAM 16/32/64 Mbytes, FLASH 4/16/32 Mbytes, SRAM 1 Mbytes, EEPROM от 2Kbytes
Сеть	Серия TSI-xxx, ЕМІІ-xx
Модуль-носитель	МІС-СВ - модуль-носитель для двух субмодулей MODPACK
Число слотов УСО	до 7 слотов в крейте для установки модулей-носителей. Максимальное число субмодулей в контроллере - 14
Разъем к БПИ	AMP-50, расположен на лицевой стороне модуля-носителя
Резервирование	Возможно резервирование источников питания, модулей на функциональном уровне

4.8.4. Характеристики ПТК "Торнадо" и некоторых его элементов

Показатели надежности ПТК:

- Среднее время наработки на отказ технологических контроллеров, входящих в состав ПТК, составляет не менее 150000 часов для систем с применением резервирования и не менее 50000 часов для систем без резервирования.
- Среднее время восстановления работоспособного состояния технологических контроллеров, входящих в состав ПТК, составляет не более 1 часа.
- Средний срок службы технологических контроллеров, входящих в состав ПТК, не менее 10 лет.
- Среднее время наработки на отказ устройств верхнего уровня ПТК (АРМ, серверы) составляет не менее 14000 часов.
- Значение коэффициента готовности ПТК не менее 0,996, а для систем с применением резервирования - не менее 0,99999.
- Время готовности ПТК к работе после подачи питания на технологические контроллеры не превышает 2 минут.
- Время сохранения информации в энергонезависимом ОЗУ при отключении сетевого питания составляет 168 ± 1 часов.

Условия окружающей среды:

- По устойчивости к климатическим воздействиям ПТК соответствует исполнению УХЛ категории 4.2 по ГОСТ 15150, при этом диапазон рабочих температур ПТК- от 0°C до +70°C.
- Шкафы технологических контроллеров обеспечивают степень защиты от проникновения воды, пыли и посторонних твердых частиц не ниже IP55 по ГОСТ 14254.
- Технологические контроллеры и их компоненты, входящие в состав ПТК, сохраняют работоспособность при воздействии относительной влажности окружающего воздуха до 95% без конденсации влаги. Также есть варианты исполнения технологических контроллеров, сохраняющих работоспособность при конденсации влаги.
- Технологические контроллеры и модули ввода/вывода не требуют принудительной вентиляции и способны работать в широком диапазоне температур (стандартный диапазон: 0С...+70 С, расширенный: -40С...+85С).
- По устойчивости к воздействию атмосферного давления ПТК выполнен по группе Р1, по стойкости к механическим воздействиям ПТК

выполнен в вибропрочном исполнении N2, виброустойчивом исполнении L3 по ГОСТ 12997.

- Устойчивость ПТК "Торнадо" к электростатическим разрядам, к динамическим изменениям напряжения сети электропитания, к микросекундным импульсным помехам большой энергии по цепям электропитания удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 50839 п. 4.2, ГОСТ Р 51318.24 Р.8 с критерием качества функционирования А.

- Квазипиковые и средние значения напряжения, силы тока и напряженности поля импульсных радиопомех, создаваемых ПТК, удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 51318.22 Р.5, Р.6 для оборудования класса В.

- Компьютеры и другое активное сетевое оборудование, входящие в состав ПТК, сохраняют работоспособность при температуре от плюс 1°С до плюс 40°С, относительной влажности воздуха от 10 до 90% при температуре плюс 30°С (без конденсации влаги).

Электропитание ПТК и потребляемая мощность

Электрическое питание технических средств ПТК как верхнего, так и нижнего уровня осуществляется от трехпроводной (с проводом заземления) однофазной сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Потребляемая мощность ПТК складывается из потребляемой мощности устройств верхнего уровня (компьютеров, принтеров и др.) и потребляемой мощности шкафов технологических контроллеров, а также шкафов питания. Максимальное значение потребляемой мощности определяется составом и объемом технических средств ПТК.

Номинальная потребляемая мощность компьютера от сети первичного электропитания не более 350 Вт (не считая принтеров и других электромеханических устройств). Номинальная потребляемая мощность шкафа технологических контроллеров с габаритными размерами 800x800x2000 мм составляет около 200 ВА.

4.8.5. Типовые решения по компоновке контроллеров

Компоновка шкафов контроллеров

Современные конструкторские разработки, применяемые при создании Программно-Технического Комплекса (ПТК) "Торнадо" позволяют достичь ряда преимуществ:

- проектная компонуемость шкафов-контроллеров, разнообразные конструкции шкафного оборудования (от небольших навесных щитов до стационарных стоек);

- высокотехнологичная сборка шкафов-контроллеров, не требующая специальных промышленных условий и оборудования;
- быстрые сроки сборки и монтажа шкафов;
- удобное сервисное обслуживание контроллеров на объекте;
- прямое подключение полевого кабеля в шкаф контроллера, минуя шкафы-проммклемники и другие преобразователи;
- высокая степень защиты (широкий температурный диапазон, виброударопрочность, помехозащищенность и др.);
- низкое энергопотребление (шкаф контроллера, обслуживающий 256 термопар потребляет не более 50Вт);
- и другие.

В шкафу технологического контроллера "Торнадо" смонтированы:

- крейт, в который в зависимости от модификации ПТК устанавливаются модули-носители с субмодулями ввода/вывода, модуль микропроцессора, модуль, выполняющий функции информационной связи между составными частями ПТК и другое оборудование;
- блоки полевых интерфейсов (БПИ);
- распределенная система электропитания;
- сервисное оборудование;
- вспомогательное оборудование.

В ПТК "Торнадо" обычно используются шкафы двустороннего обслуживания. С фронтальной стороны обслуживаются крейт контроллера и БПИ. Тыльная сторона шкафа используется только для установки БПИ. Обычно применяются одно-, двух- и трехшкафные варианты компоновки контроллеров.

Крейт контроллера и БПИ

Важной особенностью технологических контроллеров "Торнадо" является возможность прямого подключения кабельных связей от периферийных устройств (датчиков, исполнительных механизмов и т.п.)

Это достигается использованием встраиваемых в шкаф Блоков Полевых Интерфейсов, позволяющих подключать натуральные сигналы от термопар, термометров сопротивлений, датчиков тока и напряжения, а также дискретные сигналы и команды 24В и 220В. Кроме согласования с натуральными сигналами они обеспечивают необходимый уровень защиты системы от выбросов напряжений.

Все эти свойства контроллера позволяют отказаться от традиционного использования шкафов-проммклемников и релейных шкафов для подключения дискретных сигналов и команд высокого уровня.

БПИ подключаются внутри шкафа непосредственно к модулям ввода/вывода, расположенным в крейте контроллера. Типовые решения по

вводу/выводу основаны на применении "мезонинной" технологии MODPACK. Каждое устройство сопряжения с объектом (УСО) представляет собой функциональный submodule MODPACK, который устанавливается на модуле-носителе, обеспечивающем интерфейс к системной шине контроллера. Использование "мезонинной" технологии позволяет унифицировать решения по вводу/выводу и проектно компоновать свойства и состав подсистемы ввода/вывода в контроллере.

В ПТК "Торнадо-М ", где реализована "горячая замена" MIF-модулей, подключение БПИ к модулям осуществляется с задней стороны крейта. Это значительно упрощает сервисное обслуживание контроллера. В частности, для замены вышедшего из строя модуля не требуется отключать кабель с передней панели и обесточивать контроллер.

Система электропитания

Распределенная система электропитания шкафа контроллера включает в себя систему электропитания контроллера напряжением 5 В постоянного тока, систему электропитания БПИ напряжением 24 В постоянного тока, систему электропитания БПИ напряжением 230 В / 220 В постоянного тока. Электропитание каждого из крейтов контроллера осуществляется от двух источников вторичного электропитания с выходным напряжением 5 В. Два источника в крейте работают параллельно, при этом мощности каждого из этих источников достаточно, чтобы питать крейт контроллера, если другой источник выйдет из строя. Один источник подключается к электросети 220 В постоянного тока аккумуляторной батареи. Другой источник подключается к питающей электросети 220 В переменного тока. Тем самым обеспечивается повышенная надежность работы контроллера в случаях аварий в системе электропитания.

Для электропитания оптронных преобразователей, обмоток выходных реле и датчиков используется напряжение 24 В постоянного тока. В шкафах контроллера имеется по два независимых источника вторичного электропитания с выходным напряжением 24 В. Источники электропитания БПИ одного шкафа работают параллельно. Мощности каждого из этих источников достаточно для обеспечения электропитанием преобразователей и датчиков. Один источник подключается к питающей электросети 220 В постоянного тока аккумуляторной батареи. Другой источник подключается к питающей электросети 220 В переменного тока.

Для питания датчиков дискретных сигналов типа "сухой контакт", подключаемых к БПИ FIN220 используется дополнительный источник питания, который подключается к двум питающим электросетям: к электросети напряжения 220 В постоянного тока аккумуляторной батареи,

и к электросети напряжения 220 В переменного тока. Питание датчиков дискретных сигналов осуществляется напряжением 230 В / 220 В постоянного тока, при этом используется мощность питающей сети переменного тока. В случае исчезновения или снижения напряжения питающей электросети переменного тока ниже порогового, питание датчиков дискретных сигналов происходит за счёт аккумуляторной батареи.

Сервисное и вспомогательное оборудование

К сервисному оборудованию относятся лампы освещения и электрическая розетка. Лампы освещения находятся в верхней части шкафов контроллеров, на лицевой и задней сторонах. В корпуса ламп встроены выключатели. При закрытии дверей шкафа лампы освещения выключаются автоматически концевым выключателем. Сервисная электророзетка расположена в правой части блока выключателей. Напряжение на лампы и на розетку подается при помощи выключателя. Номинальный ток автомата - 6 А.

Вспомогательное оборудование включает в себя кабельные короба, монтажные рейки и скобы, предназначенные для монтажа кабелей.

4.8.6. Автоматизированные Рабочие Места

В структуре ПТК "Торнадо" присутствуют операторские станции, образующие АРМ машинистов, операторские станции персонала, обслуживающего АСУ ТП, инженерные станции, предназначенные для модификации системы и станции метролога.

Назначение, функции и оснащение АРМ

Главная задача автоматизированного рабочего места – обеспечить оператору возможность эффективного управления любым звеном процесса без потери контроля за событиями, влияющими на процесс в целом:

- управление технологическим процессом во всех режимах работы оборудования;
 - управление запорной арматурой и механизмами собственных нужд;
 - управление устройствами автоматического регулирования;
 - управление устройствами логического управления;
 - управление вводом и выводом технологических защит;
 - световая, звуковая (или речевая) сигнализация отклонения параметров и нарушения процесса;
 - отображение выходных форм производственных задач.
- В общем случае АРМ выполняют следующие функции:
- отображение состояния технологического оборудования;
 - сигнализации о событиях в системе (световой и звуковой);

- взаимодействие с оперативным и обслуживающим персоналом;
- обслуживание автоматизированной системы;
- модернизация автоматизированной системы;
- запись архивов на долговременные носители информации;
- распечатка отчетов и других документов.

АРМ машинистов и инженеров выполняется на базе IBM-PC совместимых компьютеров в промышленном или офисном исполнении. Компьютеры АРМ оснащаются 21" или 19" мониторами, стандартными клавиатурами и манипуляторами "мышь". Предусмотрены одно - и двухмониторные конфигурации АРМ.

Возможно использование промышленных АРМ, а также установка экрана коллективного пользования или мозаичного щита. В малых системах также применяются строчные или графические операторские панели, монтируемые непосредственно на шкаф контроллера.

Из прикладного программного обеспечения на каждом из компьютеров АРМа машиниста функционирует программа сервера приложений Aist Server производства "Модульные Системы Торнадо" и программа визуализации (SCADA-система InTouch производства Wonderware или TorIS производства "Модульные Системы Торнадо").

Рабочие места оснащаются специализированной мебелью (столы, консоли, шкафы, тумбы) специально разработанной для применения в жестких промышленных условиях. Возможно выполнение индивидуальных проектов по компоновке и размещению мебели АРМ на объекте.

На АРМ оператора и инженера реализована защита от случайного или несанкционированного воздействия:

- Функциональность каждой станции определяется правами доступа конкретного оператора.
- Предусмотрен дифференцированный допуск операторов к отдельным операциям, каждый пользователь системы имеет строго определенные права на управление объектом и получение информации.
- Реализована защита от подачи неправильных команд, реализована развитая система сигнализации.
- Все действия оператора протоколируются.

Интерфейс АРМ оператора

При создании интерфейса оператора особое внимание уделяется отображению состояния средств АСУ ТП и технологического оборудования. Информация о ходе технологического процесса предоставляется оператору в следующем виде:

- мнемосхемы разной степени детализации, которые являются основным инструментом управления;
- графики изменения текущего значения параметров, ретроспективный просмотр параметров, а также значения вычисленных параметров;
- таблицы записи (для контроля значительного количества параметров, объединенных в группы по смысловому признаку);
- гистограммы (для удобства сравнения однотипных параметров);
- сигнализация (для извещения оперативного персонала о возникновении нарушений в протекании технологических процессов, срабатывании защит и блокировок, выявленных неисправностях технических средств АСУ ТП).
- меню и функциональные кнопки, позволяющие быстро переходить к любому технологическому узлу объекта.

Мнемосхемы являются основным инструментом отображения информации. Они представляют информацию о текущих параметрах процесса и о процессе в целом в наиболее удобной для оператора форме. Мнемосхемы полностью конфигурируемы и содержат графические элементы и символы, дающие точную и легко читаемую картину работы управляемого объекта. Для иллюстрации текущего состояния процесса на мнемосхемах используются цветные символы, численные значения, гистограммы.

Видеокадры графиков могут содержать несколько кривых, характеризующих временные зависимости с высоким разрешением. Временная шкала обеспечивает непрерывное наблюдение за отдельными параметрами. Для измерения значений любой точки на кривой используется перемещаемая линейка.

Панель сигнализации отражает список зарегистрированных событий в хронологическом порядке. Она включает аварийные и предупредительные сигналы, сигналы недостоверности параметров. Этот список позволяет производить прямой анализ причин конкретных событий.

Для эффективного управления крупными объектами экран монитора АРМ делится на три зоны:

- Первая зона (верх экрана): аварийные сообщения, главное меню, переход в режим сигнального дисплея, вывод графиков процесса, отображение выходных форм производственных задач.
- Вторая зона (низ экрана): функциональная клавиатура, вызов предыдущего видеокадра, квитация звукового и светового сигнала, вход в систему по паролю.

- В третьей зоне (центр экрана) высвечиваются видеограммы процесса.

Такая структура операторского интерфейса позволяет машинисту с помощью нескольких действий "мыши" получить быстрый доступ к любому участку управляемого объекта а также создавать собственные пути перехода к нужной видеограмме или фрагменту мнемосхемы.

АРМ инженера АСУ ТП

АРМ инженера АСУ ТП оснащается программными средствами для модификации системы: пакет разработки InTouch Development (Wonderware) и средство программирования контроллеров ISaGRAF (AlterSys). В общем случае АРМ инженера предназначен для выполнения следующих функций:

- конфигурирование параметров и характеристик АСУ ТП;
- настройка программно-технического комплекса (ПТК);
- восстановление системы после аварийных ситуаций;
- диагностика и тестирование ПТК;
- регламентные работы;
- создание резервных копий программного обеспечения и баз данных;
- формирование отчетов о течении технологического процесса;
- внесение изменений в программы технологических контроллеров и в программы визуализации.

АРМ метролога

Метрологическая служба "Модульные Системы Торнадо" проводит комплексную метрологическую аттестацию, поставляемых Программно-Технических Комплексов. Все измерительные модули калибруются, на каждый модуль выдается соответствующий сертификат. Помимо этого, Заказчик получает комплект методик калибровки измерительных каналов и модулей, согласованных с Госстандартом РФ, а также специальное программное обеспечение (Автоматизированное Рабочее Место метролога), позволяющее Заказчику самостоятельно выполнять все работы по калибровке и поверке измерительных каналов и модулей непосредственно на объекте.

Автоматизированное Рабочее Место метролога обеспечивает в автоматизированном режиме выполнение процедур калибровки (поверки) и выпуска необходимых метрологических документов (протоколы, сертификаты и т.д.) АРМ метролога АСУ ТП предназначено для выполнения калибровки (поверки) измерительных каналов в составе АСУ ТП и калибровки (поверки) измерительных модулей, входящих в состав ПТК. В составе АРМ метролога реализованы программы "Калибровка

измерительных каналов" и "Калибровка измерительных модулей".

Программа "Калибровка измерительных каналов" предназначена для автоматизированной калибровки (поверки) измерительных каналов АСУ ТП и выполняет следующие функции:

1. Проверка работоспособности измерительных каналов.
2. Сбор измерительной информации при подаче на вход измерительных каналов эталонных сигналов.
3. Расчет основной абсолютной погрешности инструментального тракта измерительных каналов и ряда других метрологических характеристик.
4. Заключение о годности измерительных каналов.
5. Печать протоколов и сертификатов о калибровке измерительных каналов.

Программа "Калибровка измерительных модулей" предназначена для автоматизированной калибровки (поверки) измерительных модулей, входящих в состав ПТК и выполняет следующие функции:

1. Проверка работоспособности измерительных модулей (опробование).
2. Сбор измерительной информации при подаче на вход измерительных модулей эталонных сигналов.
3. Расчет основной абсолютной погрешности и ряда других метрологических характеристик модуля.
4. Заключение о годности измерительных модулей.
5. Печать протоколов и сертификатов о калибровке измерительных каналов.

Вопросы для самопроверки

1. Назначение и особенности ПТК «Торнадо».
2. Структура и состав ПТК «Торнадо».
3. Состав программного обеспечения ПТК «Торнадо».
4. Назвать основные типы ПТК «Торнадо».
5. Характеристика ПТК «Торнадо» и его элементов.
6. Типовые решения по компоновке контроллеров ПТК «Торнадо».
7. Как реализовано электропитание ПТК «Торнадо»?
8. Назначение, функции и оснащение АРМ ПТК «Торнадо».
9. Как организованы интерфейсы АРМ оператора, инженера, метролога?

4.9. ПТК Интегратор

4.9.1. Функции ПТК Интегратор

4.9.2. Аппаратура в стандарте VME

4.9.3. Аппаратура в стандарте CompactPCI

4.9.4. Базовые программные средства

4.9.5. Типы Интеграторов

РТСофт систематизировал и обобщил свой опыт и его партнеров при проектировании и разработке больших систем АСУТП, фронтальных PLC, цеховых контроллеров, концентраторов контроллеров, шлюзов для промышленных сетей, и авторы [11] пришли к выводу, что большинство проблем можно разрешить, выделив в системе элемент (программно-технический комплекс). Этот комплекс они назвали Интегратором, и возложили на него все функции по взаимодействию различных подсистем. Причем функция подстраивания лежит как раз на Интеграторе, что освобождает пользователей от необходимости изменять уже существующие подсистемы. Этот элемент стихийно появляется во многих отечественных конфигурациях и конфигурациях других фирм. Его базовые функции повторяются. После нескольких проектов авторы пришли к осознанию места и назначения этого элемента, что позволило сформулировать набор требований к нему, разработать и создать инструментарий для построения масштабируемых настраиваемых Интеграторов для систем разных классов. Были сформулированы основные функции и требования к Интегратору, затем принципы выбора аппаратно-программных компонентов Интегратора и описаны базовые компоненты и типы Интеграторов. А далее определены преимущества и недостатки построения автоматизированных систем на базе Интегратора.

4.9.1. Функции ПТК Интегратор

ПТК Интегратор это отдельный узел АСУТП, связанный с подсистемами и/или контроллерами и оснащенный необходимыми, в зависимости от выполняемых функций, аппаратными и программными средствами. Аппаратное и программное оснащение Интегратора 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.

Базовые возможности Интегратора:

- сбор данных от различных подсистем АСУТП и/или контроллеров, их обработка, преобразование в единый формат и передача на верхний уровень для визуализации и архивирования,

- взаимодействие между различными подсистемами АСУТП и/или контроллерами,
- сбор данных от различных подсистем АСУТП и/или контроллеров, их обработка, преобразование в единый формат и передача на верхний уровень для визуализации и архивирования,
- взаимодействие между различными подсистемами АСУТП и/или контроллерами.

Для того, чтобы реализовать эти возможности в общем случае, Интегратор должен обеспечить выполнение перечисленных ниже функций.

1. Одно из базовых требований к Интегратору возможность функционирования в промышленных условиях эксплуатации (температура, влажность, вибрация и т.д.). Это типовое требование к аппаратным компонентам АСУТП, и, естественно, Интегратор также должен этому требованию соответствовать. Более того, если учесть, что Интегратор является, как правило, ядром системы и его надежность определяет надежность системы в целом, должна быть предусмотрена в том числе и возможность построения Интегратора из аппаратных компонентов повышенной надежности.

2. Другая важная группа функций относится к коммуникационным возможностям Интегратора. Так как Интегратор предназначен для того, чтобы объединять самые разные, в том числе и нестандартные подсистемы, он должен обеспечивать функции шлюза при передаче данных между подсистемами и между уровнями АСУТП. Естественно, при выборе аппаратно-программных платформ, на базе которых строится Интегратор, должна быть предусмотрена возможность широкого выбора аппаратных и программных компонентов, поддерживающих коммуникации.

Эти компоненты должны включать поддержку интерфейсов и протоколов промышленных сетей, таких как PROFIBUS, CANBUS, MODBUS, LONWORK и др., поддержку локальных сетей и их базовых протоколов (TCP/IP, IPX/SPX, NETBIOS и т.д.). Кроме того, должна быть предусмотрена работа с удаленными контроллерами или подсистемами, и, соответственно, включена поддержка работы модемов и радиомодемов. И, наконец, должна быть предусмотрена поддержка телекоммуникационных каналов и протоколов. Что касается телекоммуникаций, то существует много ведомственных нормативов на каналы передачи данных и протоколы, и невозможно создать набор библиотек на все случаи жизни. Однако понятно, что среди аппаратных компонентов Интегратора должны быть устройства сопряжения и интерфейсы, обеспечивающие возможность работы с синхронными и

асинхронными каналами передачи данных на низких скоростях (до 50 бод).

3. Обеспечение взаимодействия со SCADA-системами, СУБД и MMI-интерфейсами верхнего уровня.

4. Группа специальных функций, обеспечивающих интеграцию систем и контроллеров. Набор функций этой группы может быть очень широк и зависит от применения. Часто требуются следующие функции:

- функции обработки данных, такие как достоверизация и масштабирование,
- функции, реализующие комплексные (например, общецеховые) алгоритмы управления,
- тестирование и диагностика аппаратно-программных средств,
- поддержка единого времени в системе и привязка его к астрономическому,
- синхронизация работы подсистем,
- поддержание единой адресации параметров системы,
- организация архивов по выбранным параметрам,
- буферирование информации, резервирование каналов передачи данных.

Естественно, что конкретная конфигурация, конкретный вариант Интегратора должен обеспечивать выполнение конкретного набора функций и не быть избыточным, он должен быть оптимальным по цене и выполняемым функциям. Следовательно, одно из базовых требований к Интегратору его масштабируемость. Это требование может быть выполнено, если использовать при построении Интегратора следующие принципы.

Основной принцип, используемый при построении масштабируемых систем модульность программного и аппаратного обеспечения.

Следовательно, в качестве аппаратной платформы Интегратора должна быть выбрана архитектура, предоставляющая

- широкий набор процессорных плат различной производительности,
- большое количество модулей ввода-вывода,
- большой набор коммуникационных контроллеров и интерфейсов.

Кроме того, аппаратные компоненты Интегратора должны базироваться на популярной и перспективной современной технологии, поддержанной большим количеством производителей (отечественных и зарубежных). Это необходимо, так как при создании любой АСУТП

должна быть уверенность в том, что систему можно будет модифицировать и развивать в будущем, что в любое время можно будет приобрести необходимые компоненты, совместимые с используемыми в системе. Именно по этой причине не рассматриваются частнофирменные (даже удачные на настоящий момент) решения.

Другой принцип открытость программных и аппаратных спецификаций, что необходимо в случаях доработки или изменения компонентов Интегратора, особенно при его сопряжении с нестандартными контроллерами и подсистемами.

И, наконец, компоненты Интегратора должны удовлетворять современным международным стандартам. Это касается базового программного обеспечения, аппаратных и программных коммуникационных протоколов, магистральных шин, конструктивов. Это условие обеспечивает как большой выбор аппаратных и программных средств в качестве компонентов Интегратора, так и возможность использования Интегратора в качестве связующего звена различных подсистем.

4.9.2. Аппаратура в стандарте VME

Архитектура VME самая популярная современная магистально-модульная архитектура. Ее поддерживает более трехсот производителей. Эта архитектура идеально подходит для построения аппаратно-программных комплексов реального времени и используется для построения мощных Интеграторов, работающих по многим направлениям с различными протоколами и подсистемами. Имеет наиболее широкий спектр модулей ввода-вывода. Возможны многопроцессорные конфигурации серверов, построенных на базе архитектуры VME, что позволяет легко наращивать вычислительные мощности и создавать резервируемые серверы. Возможно оснащение таких серверов большими объемами внешней памяти на жестких и энергонезависимых дисках, что часто используется для резервного хранения трендов и архивов. Для построения интеграционных серверов в стандарте VME обычно используются двухпроцессорные контроллеры, содержащие коммуникационный сопроцессор в дополнение к основному. Коммуникационные возможности серверов, построенных на базе архитектуры VME, практически безграничны, так как могут быть расширены стандартными модулями VME и мезонинными модулями (IP, ModPack, CXM), реализующими огромный набор аппаратных интерфейсов, таких как RS232, RS422, RS485, PROFIBUS, Ethernet, CAN, LON, MIL1553 и многих других.

Как правило, на базе платформы VME строятся Интеграторы типа интеграционный сервер или концентратор.

Интеллектуальные контроллеры типа IUC

Эта более дешевая и менее мощная архитектура представляет собой упрощенный вариант архитектуры VME и не предполагает многопроцессорности. Используется для построения, прежде всего, коммуникационных серверов (см. раздел Типы интеграторов). Контроллеры IUC могут оснащаться контроллерами сетей CAN, LON, PROFIBUS, Ethernet, многоканальными последовательными интерфейсами RS232, RS422 и RS485.

4.9.3. Аппаратура в стандарте CompactPCI

CompactPCI новая перспективная магистрально-модульная технология, активно завоевывающая рынок. Она поддержана международным стандартом и удовлетворяет всем требованиям к Интегратору. Использование этой аппаратной архитектуры для создания Интеграторов также обусловлено ее модульностью, большой номенклатурой плат ввода-вывода в стандарте CompactPCI, поддержкой стандартных PMC-мезонинов.

Процессорный модуль Интегратора можно выбирать из широкого спектра модулей разной производительности от Pentium 133 до Pentium 300 (с ДОЗУ от 32 до 256 Мбайт). Многие процессорные модули содержат наплатный Ethernet (10, 100 Мбит).

Коммуникационные платы в стандарте CompactPCI поддерживают промышленные сети CAN, LON, PROFIBUS, INTERBUS. Большое количество разнообразных коммуникационных контроллеров реализовано на PMC-мезонинах: контроллеры промышленных сетей в различных конфигурациях, многоканальные последовательные интерфейсы RS232 со встроенной реализацией протоколов, контроллеры MIL1553 и др.

Аппаратура в стандарте Compact PCI используется для построения серверов всех, трех типов и дополнительно может включать функции отображения и архивирования данных.

Мезонины

Мезонины в стандарте IP и PMC значительно расширяют спектр вычислительных возможностей и возможностей ввода-вывода Интегратора. Достаточно установить в крейт VME или Compact PCI плату-носитель для мезонинов и вы получаете возможность использовать сотни дополнительных модулей, среди которых очень велик выбор коммуникационных модулей, контроллеров промышленных сетей и модулей ввода-вывода.

4.9.4. Базовые программные средства

Программная поддержка Интегратора базируется на операционных системах реального времени. Хотя в принципе возможно применение различных операционных систем в зависимости от выбранной аппаратной платформы и в зависимости от конфигурации Интегратора, понятно, что обеспечить надежную и предсказуемую работу Интегратора способны только операционные системы реального времени.

Какие операционные системы реального времени могут использоваться в качестве базовой операционной системы Интегратора? Используются наиболее распространенных и популярных ОСРВ по той простой причине, что они оснащены хорошим инструментарием, включающим продвинутое системы разработки, различные CASE-средства, коммуникационные пакеты. Еще одна важная причина практически все разработчики модулей ввода/вывода (VME, CPCI, мезонины) снабжают свои изделия драйверами именно для этих операционных систем.

Так, при построении Интеграторов на базе аппаратных средств VME, CXC мы используем операционные системы реального времени OS9 и VxWorks. При использовании аппаратуры CompactPCI операционные систем VxWorks, QNX, OS9 и расширения реального времени для Windows NT.

В качестве инструментов для программирования контроллеров используются программные пакеты, удовлетворяющие стандарту IEC 1131, такие, например, как ISaGRAF. Для организации коммуникаций используются пакеты SPF, SoftStax, библиотеки функций, реализующие спецификации PROFIBUS, MODBUS, и др., а также специализированные пакеты для создания шлюзов, разработанные нами.

4.9.5. Типы Интеграторов

Принципы построения ПТК Интегратор и используемые для его построения компоненты позволяют создать Интегратор, функции которого оптимально соответствуют требуемым. В соответствии с наиболее часто встречающимися конфигурациями можно выделить три основных типа Интегратора.

Коммуникационный сервер (Сервер-шлюз). Основные функции серверов этого типа поддержка различных промышленных и локальных сетей и обеспечение транспорта данных из одной сети в другую. (Рис. 4.22). Как правило, Интегратор этого типа используется в конфигурациях

АСУТП, где используются 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.

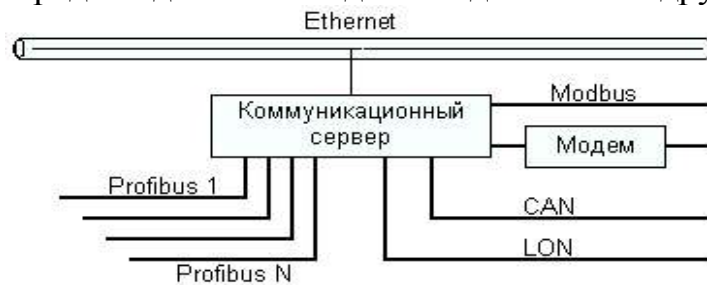


Рис. 4.22. Коммуникационный сервер

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. 4.23).

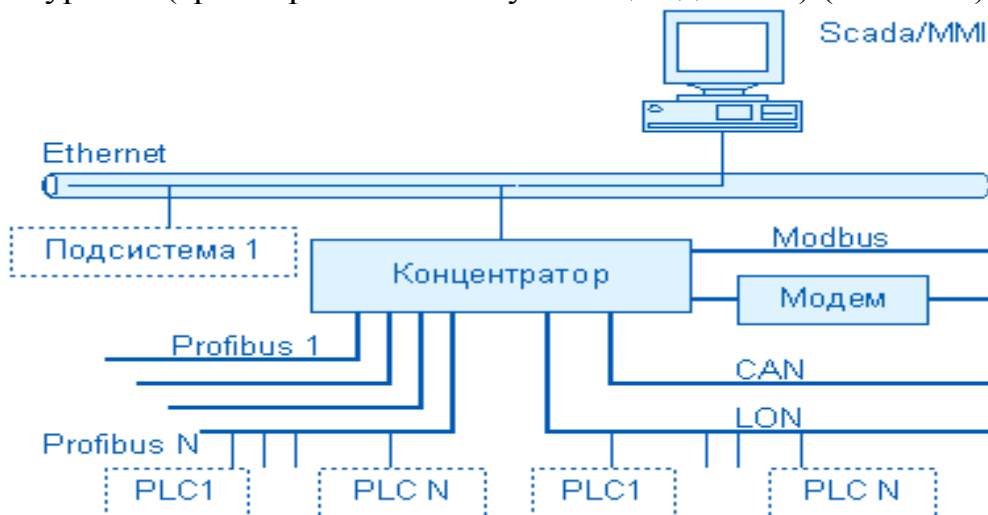


Рис. 4.23. Концентратор

Интеграционный сервер обеспечивает интеграцию различных подсистем в единую АСУТП. Это полнофункциональные серверы, наиболее мощные среди всех типов серверов по аппаратному и программному оснащению. Интеграторы этого типа включают в себя функции коммуникационного сервера и концентратора и выполняют при этом широкий набор специальных функций и функций по обработке данных, реализуют комплексные алгоритмы управления, обеспечивают синхронизацию работы подсистем и поддержку единого времени в системе и пр. (рис. 4.24).

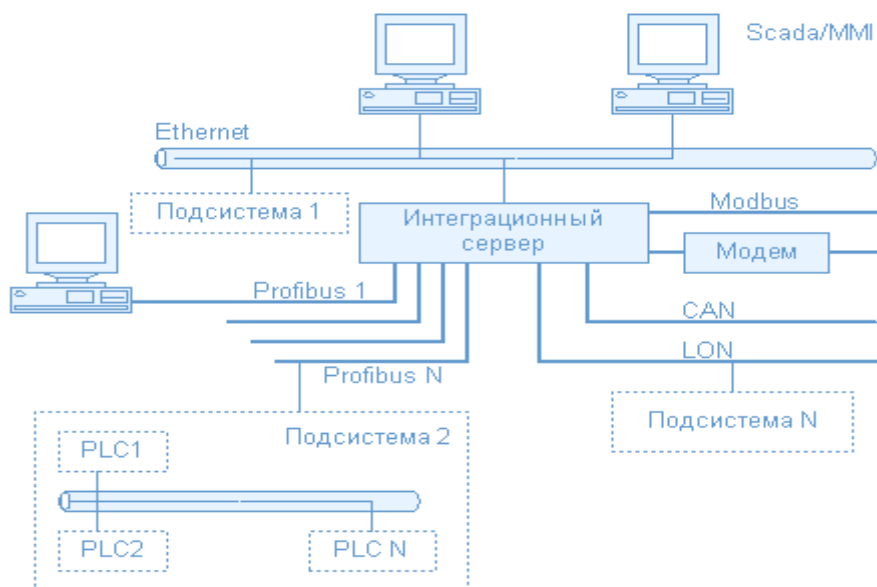


Рис. 4.23. Интеграционный сервер

Преимущества построения АСУТП с помощью Интегратора

Прежде, чем говорить о преимуществах, скажем о недостатках. На первый взгляд, недостатком можно считать то, что в системе появляется дополнительный элемент. Следовательно, увеличивается стоимость аппаратуры и программного обеспечения, используемых в системе. Однако при построении сколько-нибудь сложной автоматизированной системы стоимость ее создания и особенно последующего обслуживания будет заведомо ниже при использовании выделенного интегрирующего узла, построенного по рекомендуемой технологии. Кроме того, стоимость программно-аппаратных средств автоматизации часто составляет небольшой процент от стоимости оборудования в целом и стоимости монтажа и пуско-наладочных работ.

Первое и главное это красивая и естественная топология систем, позволяющая интегрировать подсистемы от разных производителей в единую систему.

Во-вторых, получаем легко наращиваемую систему, как по функциям, так и по оборудованию. Не будет больших проблем в том, чтобы добавить в действующую систему новые алгоритмы обработки данных или новые подсистемы (такие, как АСКУЭ, например). Это свойство позволяет проводить поэтапную модернизацию производства и постепенную замену старых подсистем новыми.

Идеология Интегратора позволяет (с небольшими затратами) включать в единую систему нестандартные контроллеры или подсистемы. Для этого достаточно добавить к Интегратору соответствующий интерфейс (может быть, с устройством сопряжения) и разработать программный модуль поддержки соответствующего

коммуникационного протокола. Этого будет достаточно, чтобы данные от нестандартной подсистемы были включены в общий трафик (вместе с алгоритмами обработки и доставки на уровень визуализации).

И, наконец, с помощью Интегратора удобно решать проблемы резервирования и надежности, вынося на его уровень функции арбитра для основных и резервных каналов. При этом друг друга могут резервировать совершенно разные коммуникационные каналы, например, такие, как PROFIBUS и Ethernet.

Вопросы для самопроверки

1. Какие функции реализует ПТК Интегратор?
2. Что представляет собой аппаратура ПТК Интегратор?
3. Какие программные средства использует ПТК Интегратор?
4. Назвать основные типы Интегратора.

Библиографический список

1. *Аристова Н.И., Корнеева А.И.* Промышленные программно-аппаратные средства на отечественном рынке АСУТП. М., ООО Издательство «НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ», 2001 г.
2. *Елизаров И.А., Мартеньянов Ю.Ф., Схиртладзе А.Г., Фролов С.В.* Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры: Учебное пособие. М.: «Издательство Машиностроение - 1», 2004. 180 с.
3. *Втюрин В.А.* Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Текст лекций. ИПО СПбГЛТА, 2006,
4. *Логунцов С.В.* Сетевые интерфейсы с одновременной передачей данных и энергии питания. <http://programan.narod.ru/pub/2.doc>
5. *Е.А.Бень.* RS-485 для чайников. www.mayak-bit.narod.ru
6. *Мельников П.Ю.* Назначение и основные функции ПТС СИРИУС. Промышленные АСУ и контроллеры. Ж-л. №4, 2006 г.
7. <http://www.imp.lg.ua/msku-net.html>
8. <http://www.user.cityline.ru/~wrfil/bigone.html>
9. Квинт. Программно-технический комплекс для автоматизации производственных процессов. Краткие сведения. НИИТеплоприбор. М., 2000. <http://www.elara.ru/files/Quint5.doc>
10. Техническое описание ПТК «Торнадо». <http://www.tornado.nsk/ptk/descr.shtm#up>
11. *Болдырев А.А.,* РТСофт (Уфа), *Бреиман В.В., Громов В.С.* ЗАО РТСофт (Москва). Построение АСУТП с помощью ПТК Интегратор. www.rtssoft.ru.

12. Плескач Н.В., Бородулин В.А., Иванов А.А., Павлов Е.И., Сизов Н.Н. (ОАО "ЗЭИМ"). Контроллер КРОСС – 500.

13. Плескач Н.В. Контроллеры с функционально-децентрализованной архитектурой КРОСС-500 и ТРАССА. // ПРОМЫШЛЕННЫЕ АСУ И КОНТРОЛЛЕРЫ, № 12, 2003.

14. Программируемый контроллер ПКЭМ-3. АО «Электромеханика» (Пенза). Промышленные АСУ и Контроллеры. Ж-л. 2006. №1.

15. Романов Б.А., Д.А. Филимонов Д.А. ТКМ700 – программируемый контроллер для универсальных решений.

16. К.Ю. Кузьмин. Проектно-компонентный отечественный промышленный контроллер ЭЛПК-03М. Ж-л. Промышленные АСУ и контроллеры. 2006. №2.

Оглавление

Список сокращений	3
Введение	4
1.ОСНОВЫ ПТК	
1.1. Классификация микропроцессорных ПТК.....	5
1.2. Краткие сведения о ПТК.....	10
1.3. Функциональный состав программно-технических комплексов.....	16
1.4. Коммутаторы, концентраторы, интеграторы.....	19
2.ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ	
2.1.Основные понятия промышленных сетей.....	22
2.2. Основные характеристики ЦПС.....	26
2.2.1. AS-interface.....	28
2.2.2. InstaBus EIB.....	35
2.2.3. Foundation Field Bus H1 и H2.....	40
2.2.4. HART.....	42
2.2.5. InterBus (InterBus Loop).....	44
2.2.6. LonWorks (с трансмиттерами LPT).....	45
2.2.7. Profibus PA.....	47
2.2.8. WorldFIP.....	49
2.2.9. Технология передачи по IEC 1158-2.....	49
2.2.10. Передача данных по силовым линиям (PLC).....	52
2.2.11. Технология Power over Ethernet (PoE).....	53
2.2.12. Интерфейс RS-485.....	55
3.КОНТРОЛЛЕРЫ	
3.1. КРОСС – 500.....	71
3.1.1. Назначение и область применения.....	71
3.1.2 Основные технические характеристики.....	73
3.1.3. Архитектура контроллера.....	76

3.2. Распределенный контроллер ТРАССА.....	81
3.2.2. Архитектура систем на базе приборов ТРАССА.....	83
3.3. Программируемый контроллер ПКЭМ-3.....	88
3.3.1. Назначение.....	88
3.3.2 Основные достоинства.....	89
3.3.3. Состав контроллера.....	90
3.3.4. Программирование.....	94
3.3.5. Условия эксплуатации.....	95
3.4. ТКМ700 – программируемый контроллер для универсальных решений.....	97
3.5. Проектно-компонуемый отечественный промышленный контроллер ЭЛПК-ОЗМ.....	105
3.5.1. Структура и характеристики контроллера ЭЛПК-ОЗМ.....	105
3.5.2 Вычислительный узел контроллера – модуль LC-01.....	109
4. ПТК ДЛЯ АСУТП	
4.1. Программно-технический комплекс «САРГОН-6».....	118
4.1.1. Технические средства.....	118
4.1.2. Программное обеспечение.....	120
4.1.3. Реализация функций в ПТК «САРГОН-6».....	124
4.1.4. АСУТП на базе ПТК «САРГОН».....	126
4.1.5. Состав и структура ПТК САРГОН.....	126
4.2. ПТК СИРИУС.....	133
4.2.1. Назначение и основные функции ПТС СИРИУС.....	133
4.2.2. ПТС верхнего уровня - пункт управления СИРИУС.....	135
4.2.3. ПТС нижнего уровня – контролируемый пункт СИРИУС.....	138
4.3. Микропроцессорная система контроля и управления МСКУ 2М.....	144
4.3.1. Промышленная локальная сеть МАПС – основа МСКУ 2М.....	144
4.3.2. Архитектура сети МАПС.....	146
4.3.3. Описание локальной промышленной сети МАПС.....	148
4.3.4. Физическая реализация магистрали МАПС.....	150
4.3.5. Описание контроллера связи КСв-31.....	153
4.3.6. Применение КСв-31.....	158
4.3.7. Программное обеспечение.....	159
4.4. Программно-технический комплекс «КРУГ-2000».....	164
4.4.1. Описание ПТК.....	165
4.4.2. Диагностика.....	170
4.4.3. Техническое обеспечение ПТК.....	172
4.4.4. Системы и средства передачи информации.....	177
4.5. ПТК «Дирижер».....	178
4.5.1. Условия эксплуатации контроллера ПКЭМ-3.....	179
4.5.2. Инструментальная система ISaGRAF.....	181

4.5.3. Достоинства ПТК «Дирижер».....	182
4.6. Программно-технический комплекс АСУ ТП «КРУИЗ».....	185
4.6.1. Функционирование комплекса.....	185
4.7. Квинт.....	188
4.7.1. Методика проектирования АСУ ТП на базе Квинта.....	189
4.7.2. Концепция Квинта.....	190
4.7.3. Функциональные возможности.....	191
4.7.4. Структура Квинта.....	192
4.7.5. Основные компоненты Квинта.....	193
4.7.6. Состав ИВК.....	194
4.7.7. Состав сетевых средств.....	195
4.7.8. Состав средств проектирования.....	196
4.7.9. Архитектура Квинта. Компоненты архитектуры.....	196
4.7.10. Операторская станция. Функции операторской станции.....	202
4.8. ПТК Торнадо.....	205
4.8.1. Назначение и особенности ПТК.....	205
4.8.2. Структура и состав ПТК "Торнадо".....	206
4.8.3. Основные типы ПТК "Торнадо".....	209
4.8.4. Характеристики ПТК "Торнадо" и некоторых его элементов.....	212
4.8.5. Типовые решения по компоновке контроллеров.....	213
4.8.6. Автоматизированные Рабочие Места.....	216
4.9. ПТК Интегратор.....	220
4.9.1. Функции ПТК Интегратор.....	221
4.9.2. Аппаратура в стандарте VME.....	224
4.9.3. Аппаратура в стандарте CompactPCI.....	225
4.9.4. Базовые программные средства.....	226
4.9.5. Типы Интеграторов.....	226
Библиографический список	229
Оглавление.....	230