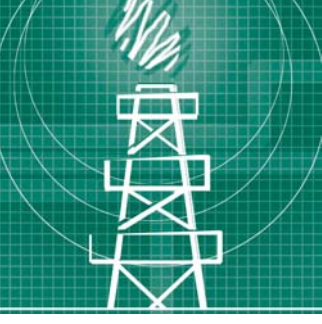




Система «Хортица» для трубопроводного транспорта

Александр Романовский, Александр Гриненко, Геннадий Солодовников, Владимир Кузьминов

В статье описывается информационно-измерительная система, предназначенная для дистанционного контроля параметров и управления технологическим оборудованием на газо- и нефтепроводах.

ВВЕДЕНИЕ

При создании системы автоматизации технологических процессов на трубопроводном транспорте приходится учитывать ряд основных эксплуатационных требований и факторов:

- значительную территориальную рас-средоточенность объектов контроля и управления с большим удалением их от диспетчерского пункта;
- необходимость взаимодействия элементов системы через различные типы каналов связи (проводной выделенный, проводной коммутируемый или радиоканал);
- необходимость интегрирования в информационные системы более высокого уровня;
- создание возможности для адаптации программно-аппаратных средств системы к изменению в течение всего срока эксплуатации количества объектов контроля и состава их входных и выходных сигналов;
- потребность в коммерческом учёте транспортируемого энергоносителя для расчета с потребителями;
- предупреждение или выявление нештатных и аварийных ситуаций за минимально возможное время;

- обеспечение функционирования элементов системы в течение достаточно длительного времени при отсутствии основной питающей электросети.

Учет перечисленных требований при разработке системы «Хортица» по техническому заданию, выданному РАО «Газпром» и ПО «Укргазпром», во многом определил структуру системы и отдельных её элементов, а также алгоритмы их функционирования.

Внедренная на объектах ООО «Мострансгаз» и ДП «Киевтрансгаз» система «Хортица» — это многоуровневая распределенная многопроцессорная информационно-измерительная система открытого типа с модульным построением аппаратных средств, имеющая стандартные интерфейсы и программное обеспечение для адаптации

её к различным объектам контроля и управления.

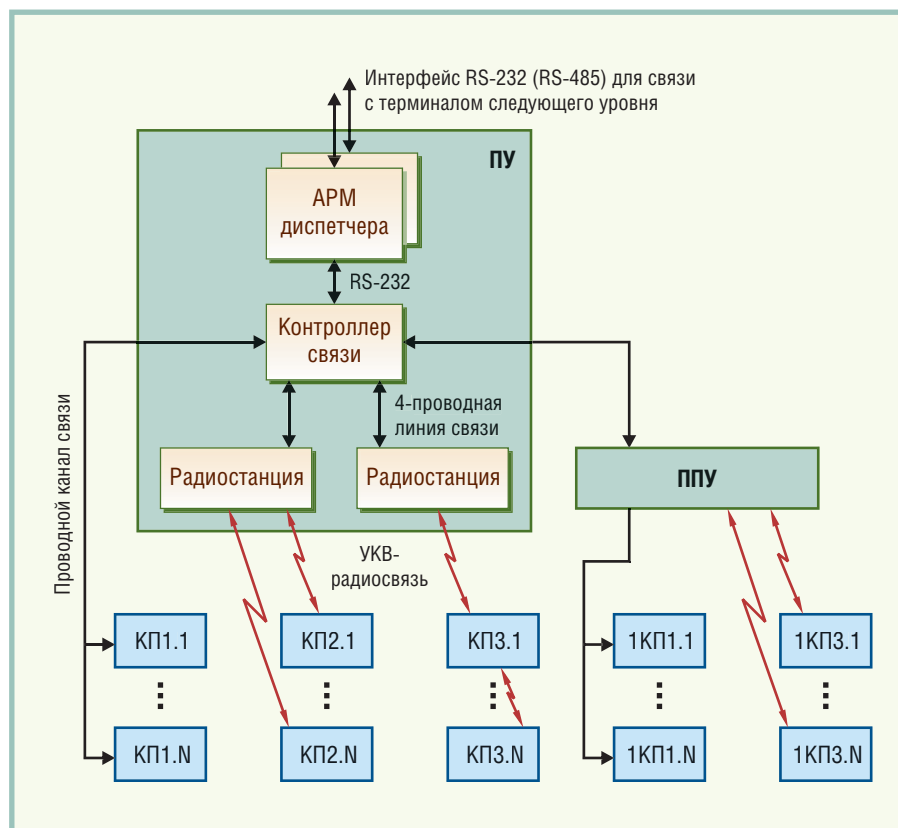
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ

Объектами контроля и управления системы «Хортица» являются:

- крановые узлы на линейных участках и отводах газо- и нефтепроводов;
 - крановые узлы на газораспределительных станциях (ГРС) и пунктах замера газа (ПЗГ);
 - ГРС и ПЗГ в части коммерческого учёта потребляемого газа;
 - установки катодной защиты вдоль газо- и нефтепроводов;
 - объекты добычи газа;
 - ТЭЦ и котельные, работающие на газообразном топливе;
 - другие технологические объекты, имеющие унифицированные с системой входы и выходы.
- По отношению к объектам контроля и управления система обеспечивает выполнение следующих основных функций:
- непрерывное циклическое преобразование и нормирование выходных сигналов датчиков технологических параметров с обработкой по определённому алгоритму;
 - непрерывный циклический опрос датчиков состояний технологи-



Строительство газопровода



Условные обозначения:

ПУ — пункт управления; ППУ — промежуточный пункт управления; КП — контролируемый пункт; N — номер КП (до 127).

Рис. 1. Вариант структурной схемы системы с одним ППУ и комбинированным сочетанием каналов связи

ческого оборудования и сигнализирование о выявленных изменениях;

- управление технологическим оборудованием по командам диспетчера;
- вычисление в коммерческих целях объёмного расхода, объёма и теплотёмкости газа методом переменного перепада давления в соответствии с ГОСТ 8.563.1(2)-97;
- вычисление объёмного расхода и объёма газа при применении турбинных и ротационных счетчиков по ПР50.2.019;
- выявление отказов датчиков технологических параметров, цепей связи с технологическим оборудованием и каналов связи;
- передачу информации о значениях технологических параметров и состоянии оборудования объекта контроля с уровня производственного управления в информационно-измерительные системы уровня производственного объединения.

По отношению к собственным ресурсам система обеспечивает:

- автоматический или автоматизированный (по усмотрению диспетчера) тестовый контроль оборудования до уровня сменного модуля;

- защиту информации при передаче и контроль её достоверности при приёме через каналы связи;

- предотвращение конфликтных ситуаций в каналах связи при необходимости одновременной передачи информации с разных объектов нижнего уровня;
- контроль достоверности вводимой диспетчером и хранящейся в базах данных информации;
- снабжение резервным электропитанием аппаратных средств нижнего уровня в течение требуемого времени;
- контроль состояния собственного оборудования (состояние двери приборного контейнера, наличие аккумуляторной батареи, состояние цепей её заряда и разряда, наличие сети ~220 В) и сигнализирование о выявленных отклонениях на верхний уровень.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ

Структура системы представлена на рис. 1.

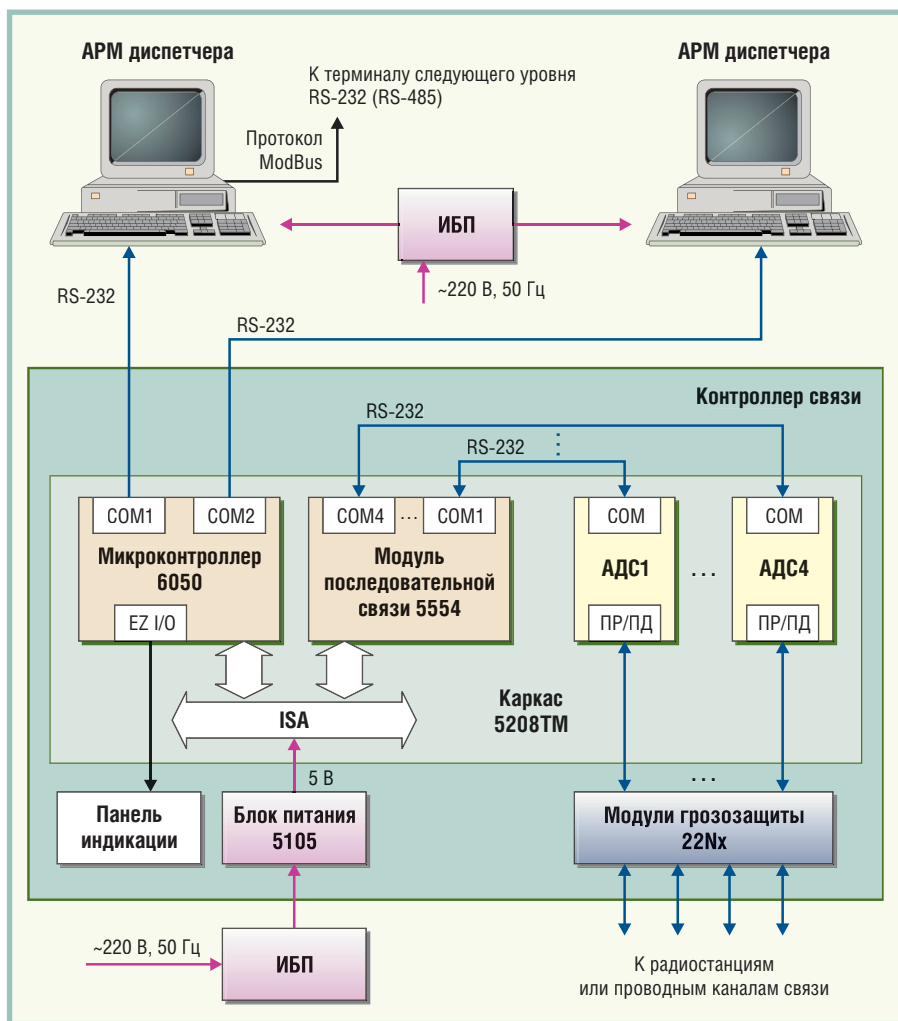
Система «Хортица» состоит из:

- программно-технических средств пункта управления (ПУ);
- программно-технических средств промежуточных пунктов управления (ППУ);
- программно-технических средств контролируемых пунктов (КП).

ПУ является основной частью верхнего уровня системы и, как правило, располагается в помещении диспетчерской службы компрессорной станции.

Таблица 1. Основные технические характеристики системы «Хортица»

Наименование параметра	Значение
Количество направлений связи между ПУ (ППУ) и КП	4
Максимальное количество КП на каждом из направлений связи	127
Максимальное количество КП на 4 направлениях связи	255 (в соответствии с ТЗ на разработку)
Максимальное количество ППУ, связанных с одним ПУ	2
Максимальный объём параметров при контроле, управлении и вычислении объёма газа одним КП:	
● измерений	47
● сигнализации	24
● управления	24
● регулирования	2
Время от обнаружения изменений технологических параметров до отображения на ПУ при максимальном количестве КП на одном направлении связи, с	Не более 5
Основная приведенная погрешность по каналу измерений, %	Не более $\pm 0,1$
Количество обслуживаемых одним КП трубопроводов при вычислении объёмов газа:	
● с использованием стандартных сужающих устройств	3
● с использованием счётчиков газа	2
Относительная погрешность вычисления объёма газа, %	
● в диапазоне расхода от 10 % до 100 %	Не более $\pm 0,2$
● в диапазоне расхода от 3 % до 10 %	Не более $\pm 0,5$
Среднее время наработки на отказ, ч	50000



Условные обозначения: АДС — адаптер связи; ИБП — источник бесперебойного питания; ПР/ПД — приемопередатчик.

Рис. 2 Структурная схема пункта управления

ППУ также является частью верхнего уровня системы, КП подключены непосредственно к нему. Его технические средства полностью аналогичны техническим средствам ПУ, а отличие заключается в необходимости транслирования информации от своих КП на ПУ, удаленный на большое расстояние.

Для организации взаимодействия ПУ, ППУ и КП в системе «Хортица» используются следующие каналы связи:

- физическая 4-проводная линия связи с усилителями НЧ;
- выделенный 4-проводной канал тональной частоты в соответствии с ГОСТ 25007-81;
- радиоканал;
- последовательные интерфейсы RS-232 (RS-485) для обмена с терминалом информационно-измерительной системы верхнего уровня.

При организации связи ПУ, ППУ и КП возможно комплексное использование проводных каналов и радиоканалов по любым направлениям об-

на. При этом особенности применяемой радиостанции позволяют организовать обмен по радиоканалу между КП.

Основные технические характеристики системы приведены в табл. 1.

Пункт управления

ПУ как основная часть верхнего уровня системы обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- автоматический прием, запоминание и отображение информации со всех КП;
- предоставление диспетчерскому персоналу интерфейса для автоматизированного контроля и управления технологическими объектами и компонентами системы;
- создание базы данных всех технологических объектов и компонентов системы;
- временная синхронизация всех компонентов системы;
- взаимодействие с информационно-измерительной системой газорас-

пределительного предприятия или объединения.

Структурная схема ПУ (ППУ) приведена на рис. 2.

В состав ПУ входят:

- АРМ диспетчера на базе персонального компьютера с процессором Pentium III/800 МГц, 21" монитором и принтером;
- контроллер связи;
- два источника бесперебойного питания: один для обеспечения гарантированного питания АРМ, а второй — контроллера связи;
- УКВ-радиостанция «Орион РР-1».

Климатические и механические условия эксплуатации ПУ в помещениях диспетчерской службы, компрессорной станции или линейно-производственного управления позволяют использовать в качестве АРМ компьютер офисного исполнения. Это дает некоторую экономию средств по сравнению с компьютером промышленного исполнения.

Контроллер связи выполнен на базе модулей 6050 и 5554 фирмы Octagon Systems и интеллектуальных адаптеров связи (АДС), обеспечивающих универсальное электрическое подключение или к проводному каналу связи, или к УКВ-радиостанции. Адаптеры выполнены в конструктивном формате MicroPC.

Все указанные устройства установлены в монтажный корпус 5208TM и запитываются от блока питания 5105 фирмы Octagon Systems.

Выходные и входные узлы адаптеров связи защищены с помощью модулей грозозащиты 22Nx фирмы Telebyte.

Количество используемых адаптеров связи и модулей 22Nx зависит от количества направлений обмена между ПУ и КП.

На лицевой панели контроллера связи расположены светодиодные индикаторы, обеспечивающие визуализацию процессов приема-передачи, результа-



Рис. 3. Внешний вид контроллера связи

тов «встроенного» тестового контроля и диагностики каналов связи.

Все элементы контроллера связи размещены в алюминиевом корпусе размерами 340×230×200 мм.

Внешний вид контроллера связи показан на рис. 3.

Количество используемых на ПУ УКВ-радиостанций находится в пределах от 0 до 4 и зависит от количества направлений обмена с КП (ППУ) по радиоканалу.

Обмен между АРМ диспетчера и терминалом информационно-измерительной системы следующего уровня производится по протоколу ModBus через интерфейс RS-232 (RS-485).

Контролируемый пункт

КП как основной элемент системы «Хортица» обеспечивает непосредственное взаимодействие с объектом контроля и управления. КП может быть также использован в качестве вычислителя объёма газа.

КП обеспечивает выполнение в реальном масштабе времени следующих функций:

- тестовая проверка аппаратуры;
- опрос, измерение и допусковый контроль сигналов от датчиков;

- опрос и сигнализирование о состоянии и режимах работы технологического оборудования;
- управление исполнительными механизмами;
- регулирование параметров технологических объектов;
- вычисление объёмного расхода и объёма газа в соответствии с РД 50-213-80, ГОСТ 8.563.1(2)-97 и требованиями ПР50.2.019-96;
- накопление и архивирование в энергонезависимой памяти мгновенных, интегральных и средних значений параметров;
- передача информации на переносную ПЭВМ, а также через модем и канал связи на ПУ;
- вывод информации на ЖКИ;
- управление резервным источником питания.

КП является модульным IBM PC совместимым промышленным контроллером, который в зависимости от выполняемых функций, количества и типов контролируемых технологических параметров и объектов управления имеет несколько вариантов исполне-

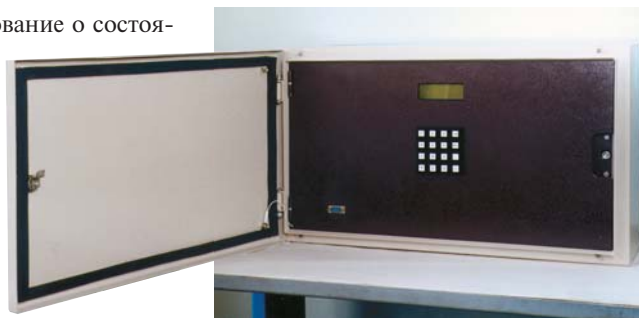


Рис. 4. Внешний вид аппаратуры контролируемого пункта, реализованного на модулях Octagon Systems

ния, отличающихся набором процессорных, периферийных и коммутационных модулей.

С учетом особенностей объектов автоматизации и предъявляемых жестких эксплуатационных требований первые варианты КП были выполнены на базе модулей 5025А, 5710-1, 5600-48 и каркаса 5204RM серии MicroPC фирмы Octagon Systems. Внешний вид и структурная схема такого КП показаны на рис. 4 и 5 соответственно.

В дальнейшем с целью уменьшения стоимости аппаратуры КП и снижения массо-габаритных характеристик, а также в связи с необходимостью коррекции ПО вычислителя расхода газа в

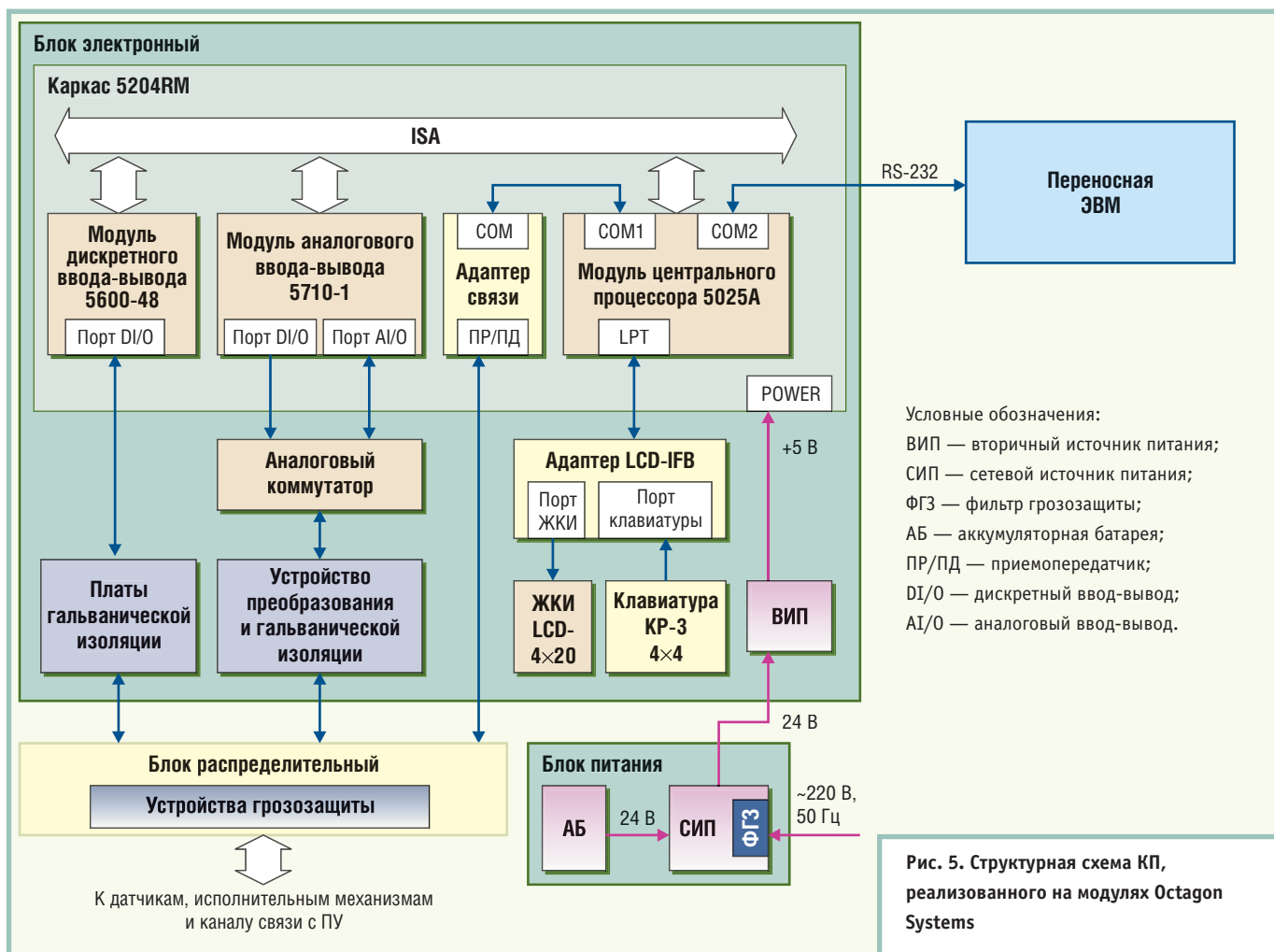


Рис. 5. Структурная схема КП, реализованного на модулях Octagon Systems

соответствии с требованиями ГОСТ 8.863.1(2)-97 был разработан КП на базе модуля микроконтроллера CPU188-5MX фирмы Fastwel.

Модуль CPU188-5MX по своим надёжностным и эксплуатационным показателям не уступает процессорным модулям фирмы Octagon Systems, а по функциональной насыщенности и коммутационным возможностям эквивалентен 2-3 периферийным платам.

Внешний вид и структурная схема такого КП приведены на рис. 6 и 7 соответственно.

В состав КП входят:

- блок электронный;
- блок питания;
- блок распределительный;
- УКВ-радиостанция (при работе по радиоканалу).

В состав блока электронного, кроме базовых модулей, входят:

- адаптер связи;
- жидкокристаллический индикатор LCD-4x20 фирмы Octagon Systems;
- матричная клавиатура (4x4) КР-3 фирмы Octagon Systems;
- вторичный источник питания, выполненный на базе DC/DC преобразователя

зователя TEN10-2411 фирмы Traco Power Products;

- платы гальванической изоляции дискретных сигналов на основе панелей MPB с модулями серии G5 фирмы Grayhill или плат TBI-24/0, TBI-0/24 фирмы Fastwel;
- устройство преобразования и гальванической изоляции аналоговых сигналов на основе монтажных панелей и модулей серии 5B фирмы Analog Devices;
- коммутатор аналоговых сигналов AIMUX-32C фирмы Fastwel.

В состав блока питания входят сетевой источник питания и две аккумуля-

торные батареи напряжением 12 В и ёмкостью 88 А·ч. Сетевой источник питания, выполненный на основе AC/DC преобразователя TSL120-124 фирмы Traco Power Products, содержит фильтр грозозащиты фирмы Wago и устройство подзаряда аккумуляторных батарей.

Блок распределительный выполнен на основе двух- и трёхуровневых клемм фирмы Wago, устройств грозозащиты и защиты от импульсных помех фирм Wago и Telebyte.

Конструктивно блок электронный, сетевой источник питания и блок распределительный размещены в одном



Рис. 6. Внешний вид КП, реализованного на базе микроконтроллера CPU188 (Fastwel)

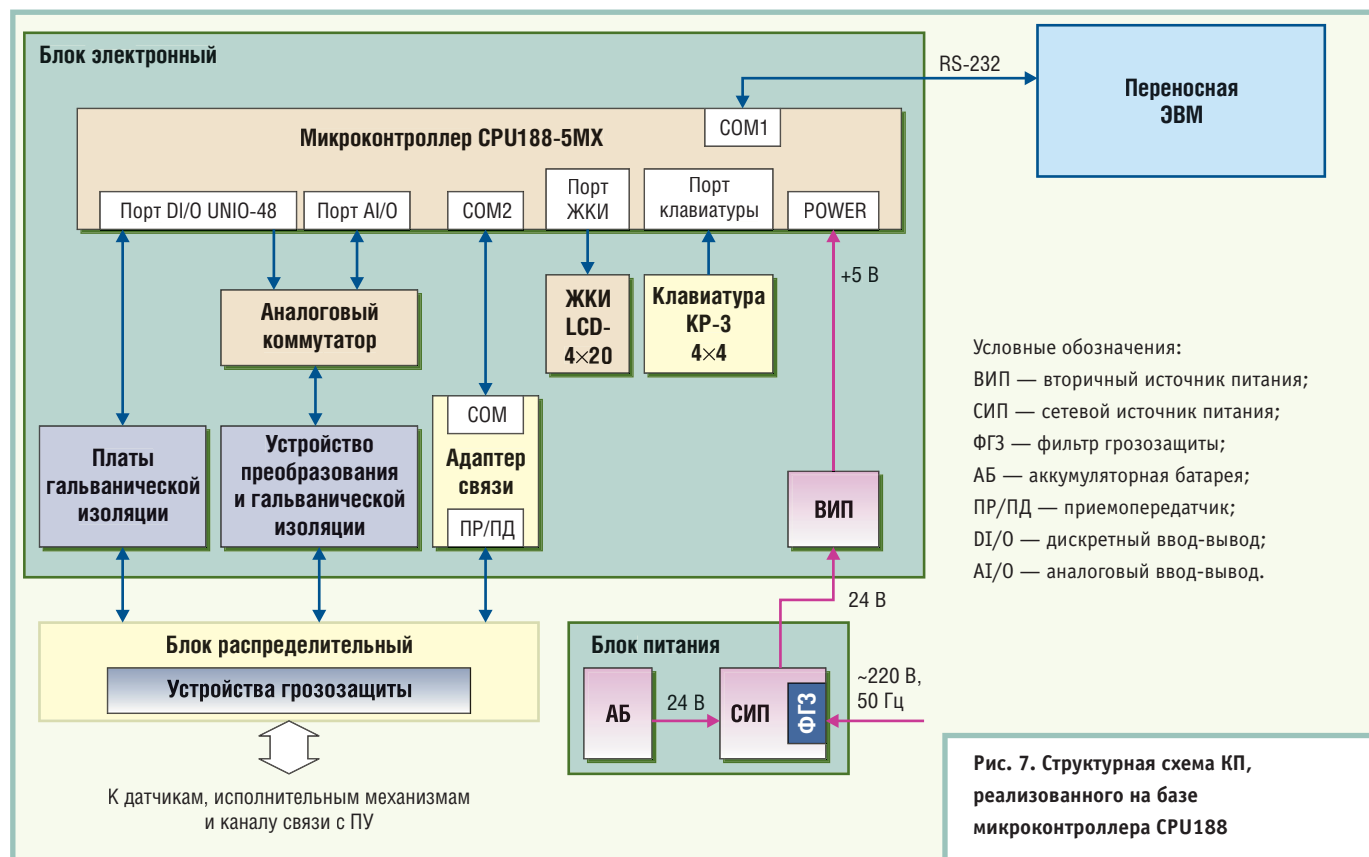


Рис. 7. Структурная схема КР, реализованного на базе микроконтроллера CPU188

металлическом корпусе Atlantik фирмы Legrand со степенью защиты от пыли и влаги IP55(65). Габаритные размеры корпусов варьируются в зависимости от варианта исполнения КР.

Основные технические характеристики КР приведены в табл. 2.

КР (вычислитель объема газа «Хор-тица») прошел полный цикл Государственных приемочных и контрольных испытаний на Украине на соответствие правилам РД50-213-80 и внесен в Государственный реестр средств измерительной техники под № У1066-00.

В настоящее время ведутся работы по подготовке к Государственным приемочным испытаниям на соответствие ГОСТ 8.563.1(2)-97 и ПР50.2.019-96.

Адаптер связи

В соответствии со структурой системы каждое из направлений обмена между ПУ (ППУ) и КР представляет собой мультиплексный канал связи с множественным доступом.

При случайном характере возможных попыток выхода на связь с ПУ разных КР одного направления в таком канале связи неизбежны конфликтные ситуации при передаче информации. Избежать таких коллизий позволяет адаптер связи (АДС). АДС реализован на базе однокристального микроконтроллера AN 87C196KD фирмы Intel.

Вычислительные ресурсы АДС позволили освободить процессорные модули КР и ПУ от реализации функций обеспечения обмена в канале связи. С помощью АДС в каждом направлении обмена системы реализована дисциплина множественного доступа с про-

слушиванием несущей. АДС, установленный в контроллере связи ПУ, на время приёма им сообщений от КР выдаёт в канал связи несущую частоту, информирующую о занятости канала связи. При аварийных ситуациях на КР и занятом канале связи устройство

Таблица 2. Основные технические характеристики КР

Наименование параметра	Значение
Максимальное количество гальванически изолированных	
• дискретных входов (5-32 В, «сухой» контакт)	24
• счётно-импульсных входов (до 5000 Гц)	8
• дискретных выходов (24/110 В, 40 Вт)	24
• аналоговых входов (0-5 В, 0-10 В, 0-5 мА, 4-20 мА)	39
• аналоговых выходов (0-5 В, ±5 В, 4-20 мА)	2
Объём энергонезависимого ОЗУ, кбайт	128
Предел допустимой основной приведенной погрешности при преобразовании аналоговых сигналов, %	Не более ±0,1
Предел допустимой основной относительной погрешности при вычислении объёмного расхода и объёма газа, не более, %	
• в диапазоне расхода от 10 до 100%	±0,2
• в диапазоне расхода от 3 до 10%	±0,5
Абсолютная погрешность текущего времени в сутки, с	Не более ±2
Скорость обмена информацией с переносной ПЭВМ по интерфейсу RS-232, бод	57600
Возможность работы с интеллектуальными датчиками по HART-протоколу и со сдвоенными датчиками перепада давления	Предусмотрена
Напряжение питания:	
• основное	85-265 В, 47-63 Гц
• резервное (от аккумуляторной батареи)	24 В, 88 А·ч
Гарантийный срок эксплуатации, лет	3,5
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+60
Потребляемая мощность, Вт	Не более 7

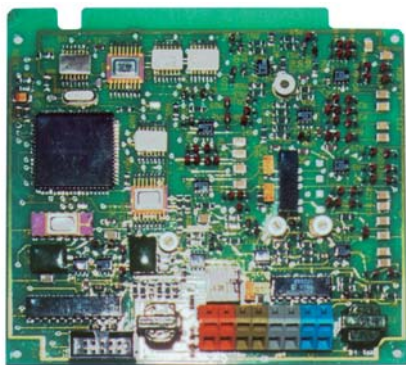


Рис. 8. Плата адаптера связи (АДС)

АДС, установленное в электронном блоке КП, может выдать аварийный сигнал, воспринимаемый АДС ПУ одновременно с информацией от других КП.

Все АДС нижнего уровня имеют свой индивидуальный номер, совпадающий с номером КП, и выбирают передаваемые от ПУ сообщения. АДС верхнего уровня при необходимости передаёт циркулярные сообщения с нулевым номером КП, воспринимаемые всеми АДС нижнего уровня.

Все передаваемые АДС сообщения защищаются контрольным циклическим полиномом (код БЧХ) в соответствии со стандартными рекомендациями Международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии (МККТТ). На принятые АДС сообщения (кроме циркулярных) выдаются квитанции, содержащие информацию о результатах проверки полученного сообщения. В случае отсутствия квитанции или получения квитанции с отрицательными результатами проверки правильности сообщения посылается повторное сообщение, но не более 8 раз.

Внешний вид АДС показан на рис. 8, а основные технические характеристики АДС приведены в табл. 3.

УКВ-радиостанция

Радиостанция «Орион РР-1», используемая для организации УКВ-радиосвязи между уровнями системы, а также между КП (ретрансляция сигналов), обеспечивает, кроме приёма-передачи цифровой информации, канал передачи речевых сообщений.

Радиостанция сопрягается с адаптером связи по физической 4-проводной линии длиной до 1 км. Функционирование её основных узлов производится под микропроцессорным управлением.

Антенна радиостанции, установленной на ПУ, имеет круговую диаграмму



Рис. 9. Радиостанция «Орион РР-1»

направленности, а радиостанции, установленной на КП, — направленную.

Внешний вид радиостанции показан на рис. 9, а основные технические характеристики представлены в табл. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение хотелось бы сделать следующие выводы.

- Вычислительные ресурсы модулей MicroPC фирм Octagon Systems и Fastwel, используемых в КП, позволили решить весь спектр задач контроля и управления объектами, включая вычисление объёмов газа по нескольким трубопроводам. К примеру, КП214, который установлен на ГРС, обеспечивающей подачу газа на Новочеркасскую ГРЭС, контролирует 41 параметр, управляет двумя установками катодной защиты и охранным краном, а также вычисляет объём газа по шести трубопроводам. При этом обеспечивается общая экономия затрат по сравнению с такими вычислителями, как, например, Superflo II, в 2 раза, а в целом с учётом функций линейного КП — даже в 3 раза.
- В отличие от многих известных распределённых систем управления с периодическим циклическим опросом устройствами верхнего уровня объектов нижнего уровня в системе «Хортица» нижний уровень (КП) является активным. Это в значительной степени повышает оперативность в обнаружении нештатных и аварийных ситуаций и изменений технологических параметров, особенно при большом количестве КП. При этом избежать конфликтных ситуаций в каналах связи с множественным доступом помогают программно-технические возможности адаптеров связи.
- Конфигурирование КП для конкретного объекта с помощью пас-

Таблица 3. Основные технические характеристики АДС

Наименование параметра	Значение
Вид модуляции	ЧМ
Скорость приёма-передачи, бод	1200
Диапазон регулирования уровня выходного сигнала, дБ	От -4 до 26
Чувствительность на входе приёмника, дБ	От -43 до 0
Входное и выходное сопротивление со стороны канала связи, Ом	600
Напряжение питания, В	5±0,5
Ток потребления, мА	250
Габаритные размеры, мм	124,5×114,3

Таблица 4. Основные технические характеристики радиостанции «Орион РР-1»

Наименование параметра	Значение
Диапазон частот, МГц	От 146 до 174
Число программируемых рабочих каналов	80
Число программируемых уровней мощности	7
Мощность передатчика, Вт	От 0,8 до 20
Дальность связи без ретрансляции, км	До 55
Максимальная девиация частоты, кГц	Не более 5
Чувствительность приёмника при отношении сигнал/шум 12 дБ, мкВ	Не более 0,4
Коэффициент нелинейных искажений, %	Не более 5
Напряжение питания:	
● основное	220 В, 50 Гц
● резервное (от аккумуляторной батареи)	12 В
Габаритные размеры, мм	Не более 200×250×280

портов параметров, подготавливаемых обслуживающим персоналом и загружаемых с ПУ, позволяет оперативно адаптировать программно-технические средства КП к любым технологическим объектам без перепрограммирования. Это придаёт системе «Хортица» универсальные свойства для использования её при автоматизации любых систем и объектов трубопроводного транспорта.



Авторы — сотрудники фирмы НПП «Хартрон-ЮКОМ»

Телефоны: (8-10-38-061) 234-1353, 233-3304

Факс: (8-10-38-061) 234-23-79