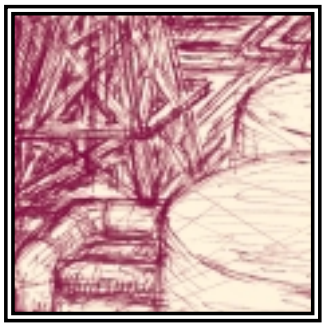


АСУ ТП «Космотроника»

Игорь Фомичев

Рассматривается автоматизированная система управления и контроля технологическими объектами со связью по радиоканалу (АСУ ТП «Космотроника»), которая применяется в энергетике и добыче нефти и газа.

Система «Космотроника» предназначена для решения задач оперативного контроля и управления распределенными на значительной площади технологическими объектами.

Система «Космотроника» разработана в Российском НИИ Космического приборостроения и нашла применение в энергетике и нефтегазодобывающей отрасли.

Основой системы является набор микропроцессорных контроллеров, обеспечивающих передачу информации между измерительными приборами, управляющими ЭВМ и исполнительными механизмами. Контроллеры имеют выход в специализированную сеть пакетной радиосвязи, что дает возможность охватывать станции в радиусе до 50 километров. Для систем, распределенных на расстоянии до километра, используется локальная сеть на основе интерфейса RS-485.

Аппаратура системы устанавливается непосредственно на объекте в пылевлагозащищенных контейнерах в непосредственной близости от датчиков и исполнительных механизмов.

Все внешние цепи контроллеров, включая измерительные, управляющие, локальную сеть и питание, гальванически изолированы.

Контроллеры системы специально предназначены для работы в широком диапазоне температур, имеют малые габариты, обладают прочной конструкцией и, как требуется в современных промышленных применениях, потребляют мало энергии (рис. 1).



Рис. 1. Контроллер среднего уровня

Система «Космотроника» прошла ресурсные испытания в жестких климатических условиях и эксплуатируется в течение более чем двух лет на десятках объектов. Объектами автоматизации являются кусты нефтяных скважин, кустовые насосные станции, подстанции электроснабжения 500 кВт, 220/110 кВт, 35/6 кВт и т. д.

Отличительные особенности системы «Космотроника»

- Время наработки на отказ более 100 000 часов. Гарантийный срок на оборудование системы составляет три года.
- Низкая потребляемая мощность позволяет обходиться без воздушного охлаждения и размещать оборудование в герметичных контейнерах, предназначенных для работы в агрессивных или сильно загрязненных средах.
- Отсутствие необходимости в программировании при подготовке контроллеров для их конкретного применения.
- Возможность настройки контроллеров непосредственно на объекте с помощью специализированного малогабаритного пульта (рис. 2).



Рис. 2. Пульт оператора

- Открытость системы, совместимость с IBM PC.
- Возможность наращивания как по горизонтали, так и по вертикали.
- Используемые в системе средства радиосвязи позволяют передавать как цифровую, так и речевую информацию.

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

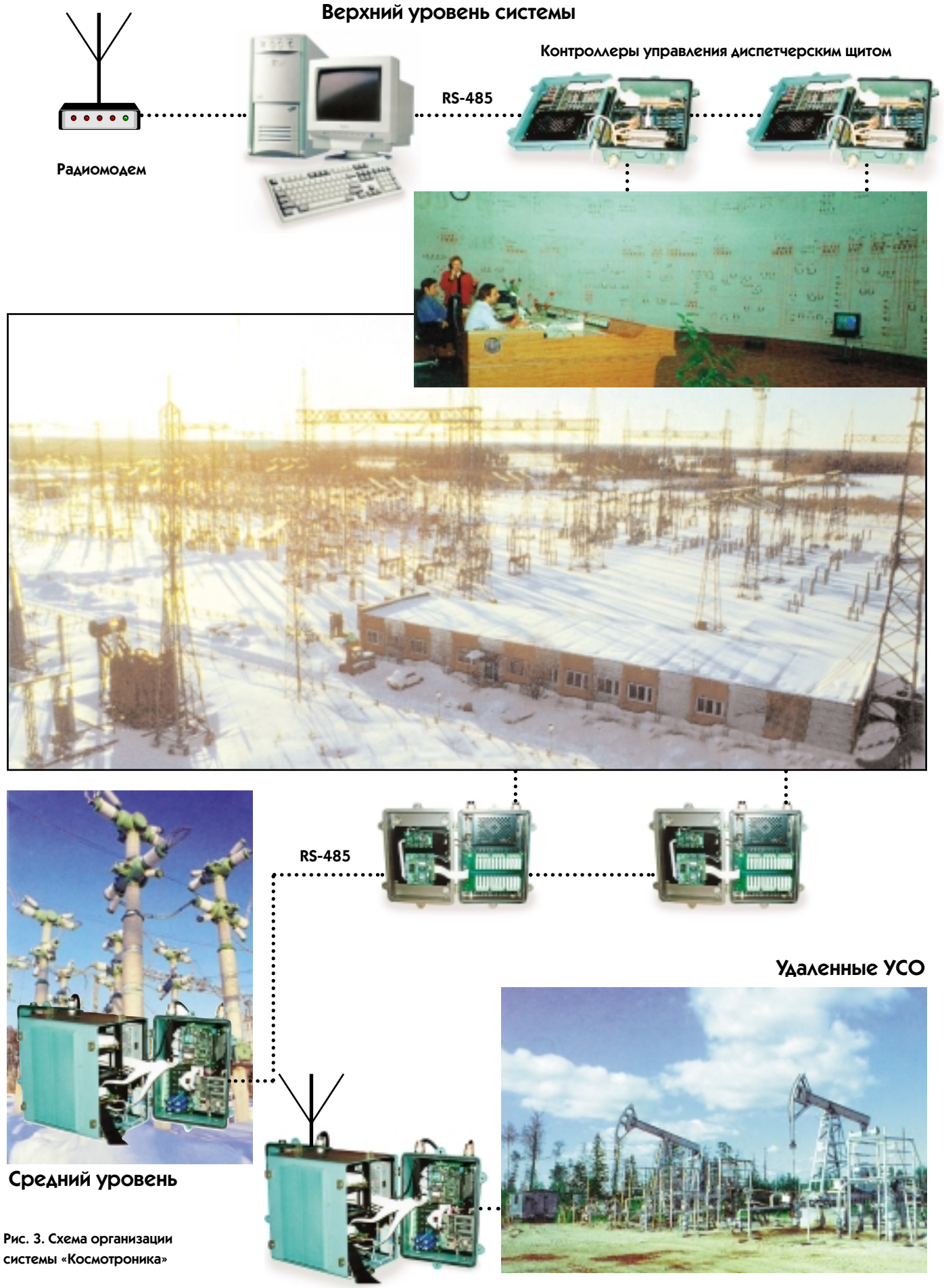


Рис. 3. Схема организации системы «Космотроника»

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

- Возможность эксплуатации в необслуживаемом режиме в широком диапазоне температур от -40°С до +60°С.
- Универсальность и совместимость системы, достигнутая детальной отработкой аппаратного и программного обеспечения.

Структура системы «Космотроника»

Основные технические характеристики системы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики системы «Космотроника»

Максимальное число абонентов в сети пакетной радиосвязи	255
Максимальное число линий ввода/вывода в системе	10000
Минимальное время регистрации изменения отдельного параметра	5 мс
Максимальное число абонентов в сети RS-485 (на один контроллер)	31
Минимальное время передачи изменения отдельного параметра:	
● по сети RS-485	0,2 с
● по сети пакетной радиосвязи	0,8 с
Среднее время получения значения всех параметров от одного абонента при передаче 300 ТС, 60 ТИ и ТИИ:	
● по сети RS-485	2-3 с
● по сети пакетной радиосвязи	20-30 с
Типы каналов ввода/вывода, используемых в системе	
Телеизмерение (ТИ, аналоговый вход)	
● гальванически изолированный вход (точность измерения 0,2%)	0... 5 мА, 0... 20 мА, 4... 20 мА, 0... 20 В, ... 5, +5 В
Телесигнализация (ТС, дискретный вход)	
● гальванически изолированный вход	5... 32 В, сухой контакт
Телеуправление (ТУ, дискретный выход)	
● переменный ток	220в/ 0,03... 3,5 А
● постоянный ток	5... 200В/ 1... 3 А
Телеизмерение интегральное (ТИИ)	
● гальванически изолированный счетно-импульсный вход	200 Гц
Счетно-импульсный вход	1 МГц

Система обладает многоуровневой сетевой структурой (рис. 3). В зависимости от конкретных условий и решаемых задач каждый узел системы может выполнять следующие функции.

Верхний уровень – это автоматизированный диспетчерский пункт с аппаратурой связи и специализированным вычислительным комплексом на базе ПЭВМ типа IBM PC. Пункт предназначен для сбора и регистрации текущей и «исторической» информации о работе агрегатов и узлов, в том числе в аварийных режимах, ее анализа оперативным персоналом для выявления причин неудовлетворительной работы и планирования профилактических или ремонтных действий.

Средний уровень – это совокупность малогабаритных промышленных контроллеров на базе изделий MicroPC фирмы Octagon Systems, аппаратно и программно совместимых с PC XT/AT. Контроллеры среднего уровня предназначены для управления нижним уровнем системы – устройствами сопряжения с объектом автоматизации. Контроллеры среднего уровня могут выполнять все функции УСО и использоваться в качестве средства связи между верхним и нижним уровнями. На среднем уровне производится оперативный анализ состояния объектов контроля, управление аппаратурой нижнего уровня, сбор поступающей с нее информации для передачи на верхний уровень системы, обеспечивается предварительная обработка информации от контроллеров нижнего уровня и связь с верхним уровнем системы.

Нижний уровень – это интеллектуальные устройства сопряжения с объектом (УСО). Аппаратура нижнего уровня (рис. 4,5) представляет собой локальную сеть контроллеров, предназначенную для снятия и обработки информационных сигналов с измерительных приборов и датчиков сигнализации, а также для выдачи управляющих воздействий и сигналов. Контроллеры аппаратуры нижнего уровня работают под управлением консоли, в качестве которой служит контроллер среднего уровня.

Контроллеры УСО могут быть размещены совместно с оборудованием среднего уровня или автономно в виде удаленных УСО, связь которых с контроллером среднего уровня осуществляется по интерфейсу RS-485.



Рис. 4. Удаленные устройства сопряжения с объектом

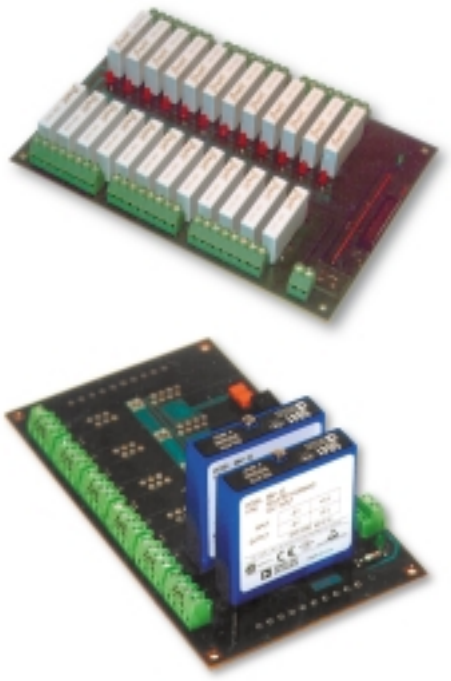


Рис. 5. Модули УСО фирм Grayhill и Analog Devices, используемые в контроллерах

Передача информации между контроллерами может быть организована на основе сети пакетной радиосвязи. Помимо этого, возможно использование ВЧ-связи по линиям высоковольтного напряжения, связи на основе телефонных модемов, а для передачи

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

больших объемов информации – вычислительной сети Ethernet.

Выходные каналы УСО системы обеспечивают управление магнитными пускателями, масляными выключателями, исполнительными механизмами запорно-регулирующей арматуры, локальными системами управления технологическим оборудованием. Также обеспечивается пуск и остановка насосных агрегатов, включение и отключение питающих и отходящих линий трансформаторных подстанций и распределительных устройств, пуск агрегатов с индивидуально настраиваемой выдержкой по времени, защита по определенным значениям параметров и т. д.

Нижний уровень системы реализован на специализированных контроллерах различных типов, которые объединяются в сеть по интерфейсу RS-485. ПО контроллеров заносится в ПЗУ.

Структура программного обеспечения системы «Космотроника»

В соответствии с тем, как разделена аппаратная часть, программное обеспечение также имеет несколько уровней.

Программное обеспечение верхнего уровня реализуется на базе универсальной системы, являющейся мощным средством разработки систем промышленной автоматизации, включающим в себя полный набор программных средств проектирования и запуска в реальном времени прикладной АСУ ТП. Предоставляется возможность разрабатывать прикладные системы автоматизации исключительно в графических редакторах без программирования на машинных языках.

В качестве инструментального средства разработки программ, обеспечивающих пользовательский интерфейс современного уровня, применялась библиотека классов графического интерфейса GWM фирмы ТокСофт (Москва).

В качестве единой информационной базы хранения информации используется система управления базами данных (СУБД) Paradox, позволяющая создавать базы данных, доступные для обработки как в MS-DOS, так и в Windows.

В качестве инструментального средства разработки программ манипулирования файлами баз данных применен программный продукт Paradox Engine & Frame Work фирмы Borland, обеспечивающий логическую целостность хранимых в базе данных, а также позволяющий держать их на диске в зашифрованном виде.

В целом программное обеспечение верхнего уровня написано на языке C++ фирмы Borland с использованием библиотек GWM и Paradox Engine & Frame Work и функционирует как под управлением MS-DOS, так и Windows 95.

Все разработанное программное обеспечение полностью открыто, то есть позволяет поддерживать, наращивать и развивать уже сделанное без непосредственного участия разработчиков.

В процессе эксплуатации настройка базовой АСУ ТП на различное сочетание каналов ввода/вывода каждого объекта управления заключается в подготовке текстовых файлов с описаниями требуемой конфигурации.

Программное обеспечение верхнего уровня позволяет модернизировать количество и типы каналов ввода/вывода каждого объекта и наращивать число объектов управления.

В качестве примеров далее приведены окно базы данных телеизмерений (рис. 6), окно функциональной схемы объекта (кустовая насосная станция) с дочерними окнами, отображающими текущие состояния «Телесигналов», «Телеизмерений» и «Аварийных сигналов» для каждого объекта (рис. 7); окно функциональной схемы объекта с дочерним окном - графиком аналогового сигнала объекта (рис. 8).

Программное обеспечение АСУ ТП предоставляет для визуализации информации о процессах, происходящих на распределенных объектах управления, двадцать различных типов окон. Каждый тип окна отображает те-

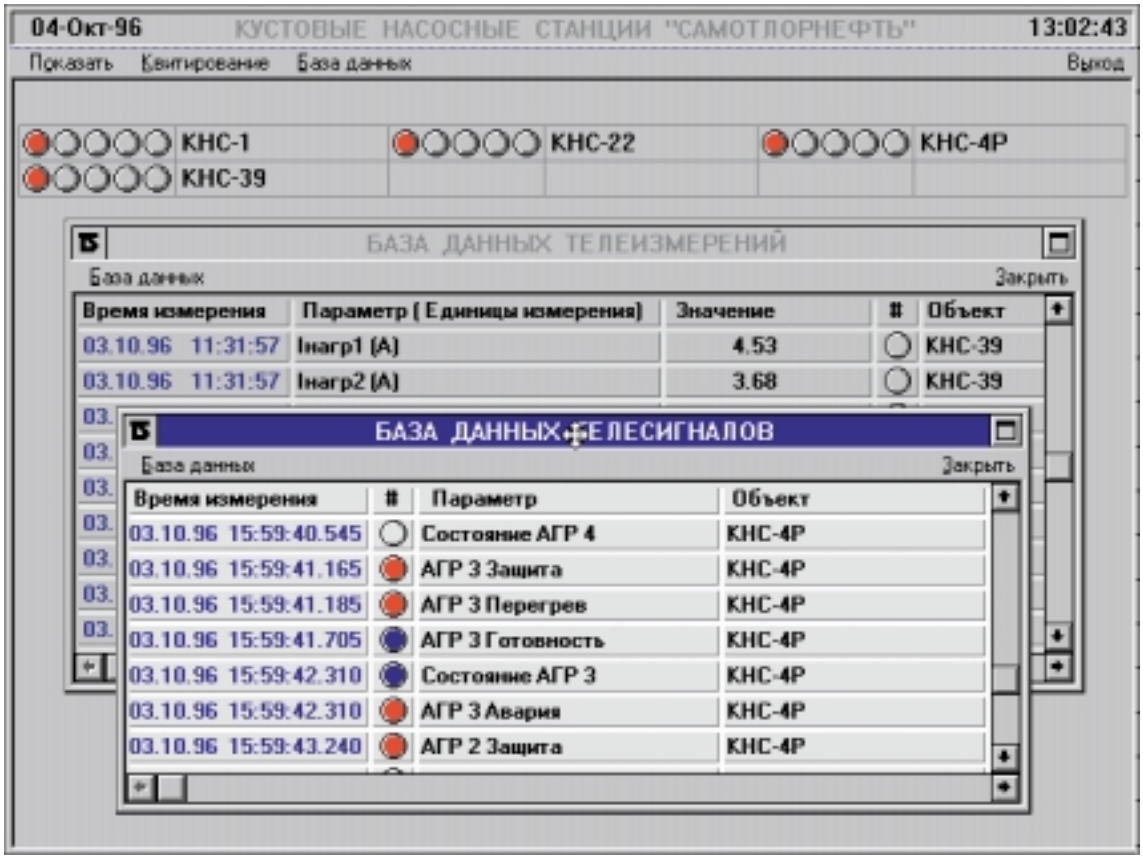


Рис. 6. Окно базы данных телеизмерений

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

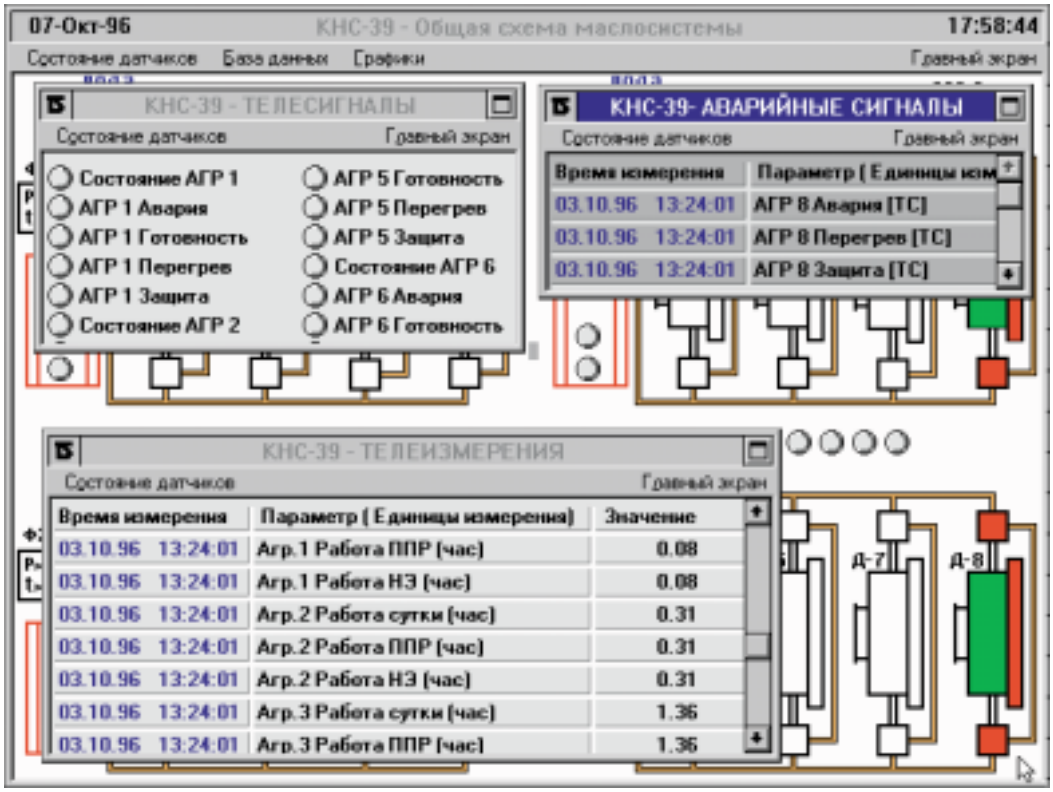


Рис. 7. Окно функциональной схемы объекта

кущее или предшествующее состояние соответствующих параметров объектов или графики изменения аналоговых сигналов во времени.

Программное обеспечение среднего уровня предназначено для предварительной обработки полученных данных, передачи соответствующей информации на верхний уровень, управления аппаратурой нижнего уровня. Тот факт, что архитектура контроллеров среднего уровня совместима с IBM PC, значительно облегчил создание программного обеспечения. Имеется возможность заменять программы дистанционно, используя последовательный интерфейс, модем или радиоканал. ПО хранится на флэш-диске процессорной платы контроллера, который может быть перепрограммирован более 10000 раз. Кроме всего прочего, процессорная плата контроллера содержит в своем ПЗУ операционную систему, совместимую с MS-DOS 5.0. ПЗУ воспринимается как электронный диск, поэтому загрузка и функционирование системы проходит точно так же, как в любом настольном ПК.

В процессе эксплуатации при конфигурировании контроллеров не требуется программирования на каких-либо машинных языках.

Конфигурирование контроллеров среднего уровня

Настройка программных средств среднего уровня может быть осуществлена двумя способами.

1. Формирование файла описателя на ПЭВМ с последующей его загрузкой в соответствующий контроллер с помощью поставляемых программных средств. Загрузка может осуществляться через последовательный порт компьютера или радиоканал.

Файл-описатель представляет собой текстовой файл с произвольным именем, подготовка которого может осу-

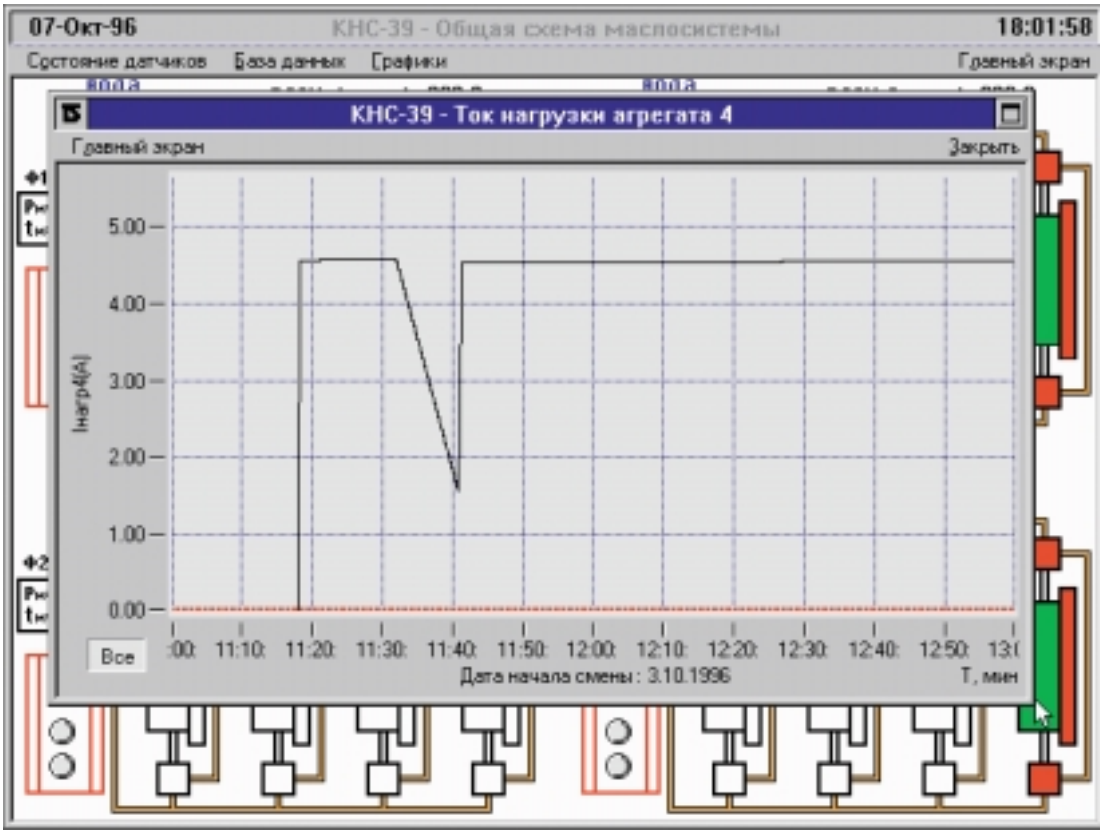


Рис. 8. График аналогового сигнала объекта

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

Таблица 2

Настройки, производимые в процессе конфигурации

Задаваемое значение	Примечание
Телеизмерение (аналоговый вход)	
Номер УСО, к которому подключен параметр	Адрес в пределах от 1 до 255
Адрес подключения параметра	Порядковый номер параметра в группе параметров, подключенных к одному УСО
Размерность параметра	Единица измерения (ампер, киловольт)
Точность представления	Количество знаков после десятичной точки, выводимых на экран при отображении значения параметра
Возможность ручного ввода значения параметра	Возможность задавать значение с пульта оператора в случае отказа или отсутствия датчиков
Разрешена или запрещена обработка	Позволяет в случае отказа или отсутствия датчика запретить режим опроса
Период контроля	По истечении этого периода текущее значение параметра передается на верхний уровень
Минимальный код	Код, соответствующий минимальному значению
Максимальный код	Код, соответствующий максимальному значению
Минимально допустимый код	Минимальный код, при котором датчик считается исправным
Максимально допустимый код	Максимальный код, при котором датчик считается исправным
Минимальное значение шкалы	Физическое значение, соответствующее минимальному коду
Максимальное значение шкалы	Физическое значение, соответствующее максимальному коду
Апертура	При отклонении текущего значения параметра от ранее переданного на эту величину текущее значение безусловно передается по каналу связи
Максимальная технологическая граница	Физическое значение, выше которого значение считается отклонившимся от нормы
Минимальная предаварийная граница	Физическое значение, ниже которого значение считается предаварийным
Максимальная предаварийная граница	Физическое значение, выше которого значение считается предаварийным
Минимальная аварийная граница	Физическое значение, ниже которого значение считается аварийным
Максимальная аварийная граница	Физическое значение, выше которого значение считается аварийным
Телесигнализация, телеуправление (дискретный ввод/вывод)	
Номер УСО, к которому подключен параметр	Адрес в пределах от 1 до 255
Адрес подключения параметра	Порядковый номер параметра в группе параметров, подключенных к одному УСО
Возможность ручного ввода значения параметра	Возможность задавать значение с пульта оператора в случае отказа или отсутствия датчиков
Разрешена или запрещена обработка	Позволяет в случае отказа или отсутствия датчика запретить режим опроса
Признак инверсии	Если он задан, то полученное от УСО значение параметра инвертируется
Период контроля	По истечении этого периода текущее значение параметра безусловно передается на верхний уровень
Время дребезга:	
● минимальное	Время в мс от последнего переключения, в течение которого все изменения значения считаются дребезгом
● максимальное	255 мс, если задано нулевое значение, то контроль на дребезг не производится

Настройки, производимые в процессе конфигурации

Задаваемое значение	Примечание
Импульсный вход	
Номер УСО, к которому подключен параметр	Адрес в пределах от 1 до 255
Адрес подключения параметра	Порядковый номер параметра в группе параметров, подключенных к одному УСО
Разрешена или запрещена обработка	Позволяет в случае отказа или отсутствия датчика запретить режим опроса
Минимальная длительность правильного импульса в мс	Все импульсы меньшей продолжительности считаются ложными и отсекаются
Минимальная длительность паузы между импульсами	Все паузы меньшей продолжительности считаются ложными и отсекаются
Период контроля ошибок	Время, в течение которого считается количество импульсов с неправильной длительностью
Минимально допустимое число ошибок	Если на заданном периоде количество ложных импульсов и пауз превысило минимально допустимое число ошибок, то значение параметра считается недостоверным
Телеизмерение интегральное	
Номер счетчика импульсов	Номер входа УСО, по которому ведется подсчет импульсов
Размерность параметра	Единица измерения (ампер, киловольт)
Точность представления	Количество знаков после десятичной точки, выводимых на экран при отображении значения параметра
Возможность ручного ввода значения параметра	Возможность задавать значение с пульта оператора в случае отказа или отсутствия датчиков
Разрешена или запрещена обработка	Позволяет в случае отказа или отсутствия датчика запретить режим опроса
Период контроля	По истечении этого периода текущее значение параметра передается на верхний уровень
Период суммирования	После истечения периода параметру присваивается нулевое значение
Эталонное количество импульсов и соответствующее ему физическое значение	Используются для перевода числа импульсов в реальное значение мощности (кВт, кВт/ч)
Начальное значение	Значение, с которого начинается отсчет
Максимальное значение шкалы	При достижении этого значения параметру присваивается нулевое значение
Апертура	При отклонении текущего значения параметра от ранее переданного на эту величину текущее значение безусловно передается по каналу связи
Минимальная технологическая граница	Физическое значение, ниже которого значение считается отклонившимся от нормы
Максимальная технологическая граница	Физическое значение, выше которого значение считается отклонившимся от нормы
Минимальная предаварийная граница	Физическое значение, ниже которого значение считается предаварийным
Максимальная предаварийная граница	Физическое значение, выше которого значение считается предаварийным
Минимальная аварийная граница	Физическое значение, ниже которого значение считается аварийным
Максимальная аварийная граница	Физическое значение, выше которого значение считается аварийным

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

ществляться в любом текстовом редакторе. Файл-описатель состоит из отдельных блоков, в которых описываются настройки, специфические для каждого канала ввода-вывода.

2. Изменение конфигурации системы с пульта оператора непосредственно на объекте автоматизации.

В процессе диалога оператору доступны следующие функции:

- вызов значения технологического параметра на экран в режиме слежения (то есть все изменения значения заданного параметра отображаются на экране);
- просмотр списка сообщений, поступивших за некоторый период времени (порядка 30 последних сообщений), с разбивкой по тематике (изменения параметров, аварии, состояние технических средств и т. п.);
- отображение текущего состояния канала связи и устройств связи с объектом;
- ручной ввод значения параметра;
- ввод текущего времени и даты;
- функция конфигурирования системы.

Настройки, задаваемые в процессе конфигурирования, зависят от типа канала ввода/вывода и сведены в табл. 2.

Пакетная радиосвязь

Связь в системе может быть организована на базе сети пакетной радиосвязи. Все радиостанции при этом работают на одной частоте, но не мешают друг другу, так как контроллеры передают сообщения в канал только в те интервалы времени, когда он не занят другими абонентами.

Каждая станция, оснащенная контроллером пакетной связи, может выступать как терминал, ретранслятор, шлюз с одного радиодиапазона на другой или электронный накопитель информации. Возможно объединение пакетных радиосетей с телефонными информационными сетями. Радиосети с применением контроллеров пакетной связи в зависимости от типа применяемой радиостанции работают на УКВ, КВ, ДЦВ и СВЧ-диапазонах.

Важнейшей отличительной чертой компьютерной сети пакетной связи является 100% достоверность.

Для передачи пакетов по сети используется протокол AX.25, который одинаково хорошо работает как в полудуплексном, так и в дуплексном режимах.

Протокол создан для обеспечения надежной работы как двух отдельных пакетных станций, так и для связи отдельной станции с многопортовым диспетчером.

AX.25 позволяет устанавливать более одного соединения канального уровня на устройство, если оно имеет такую возможность.

Контроллер пакетной радиосвязи обеспечивает скорость передачи данных по сети 1200 бод и поддерживает два режима:

- терминальный режим – Terminal Mode Operation (используется большинством диалоговых коммуникационных программ типа PROCOMM и т. п. для пересылки текстовых данных);
- подчиненный режим – Host Mode Operation (реализует пересылку данных произвольного типа).

Контроллер пакетной радиосвязи связан с компьютером по интерфейсу RS-232C, а с приемопередающей радиостанцией по низкочастотному входу. Применение различных радиостанций позволяет использовать практически любые радиочастоты.

Достоинством реализованного протокола радиосвязи является отсутствие необходимости постоянного опроса станцией верхнего уровня подчиненных ей абонентов.

Встроенное программное обеспечение контроллера пакетной радиосвязи поддерживает три группы команд:

- настроечные команды позволяют установить индивидуальный позывной для каждого контроллера в сети, максимальный размер информационного пакета, максимальное количество информационных пакетов в блоке, количество повторов при сбоях в передаче, при переключении с приема на передачу, режим обмена информацией (полный дуплекс или полудуплекс) и т. п.;
- управляющие команды позволяют установить соединение с конкретным абонентом, передать информацию, выдать принятую информацию из внутреннего буфера, разъединиться;
- команды определения состояния – идентификация режима соединения, получение позывных вызывающего, определение наличия во внутреннем буфере принятой информации, определение состояния передачи (количество переданных пакетов, количество подтвержденных пакетов, количество повторов) и т. п.

Заключение

Целью создания системы «Космотроника» является обеспечение рациональных режимов ведения технологических процессов за счет повышения достоверности и степени использования информации, оперативности оценки складывающейся на объектах ситуации и принятия решений, оперативности реализации управляющих воздействий на ход технологических процессов и на этой основе повышение технико-экономических показателей производства.

Комплекс технических и программных средств системы «Космотроника» обладает универсальными возможностями и может служить базовым для оперативного ведения технологических процессов добычи, сбора и транспортировки нефти.

Система «Космотроника» прошла всесторонние испытания в Нижневартовском регионе, где в эксплуатации находятся свыше 100 контроллеров системы.

Объектами автоматизации, на которых установлены контроллеры «Космотроника» в компаниях «Самотлорнефть» и «Нижневартовские электросети», являются

- подстанции электроснабжения 500 кВт, 220/110 кВт, 35/6 кВт;
- кустовые насосные станции;
- система управления механизированным кустом скважин;
- диспетчерские щиты районов электрических сетей.

Контроллеры установлены также на механизированные кусты скважин и дожимную насосную станцию Урмышлинского месторождения нефти.

Структура системы «Космотроника» и большая номенклатура контроллеров позволяют автоматизировать как небольшие объекты с минимальным набором датчиков, так и крупные объекты, имеющие несколько тысяч датчиков и узлов управления.

В настоящее время ведутся работы по автоматизации управления энергоблоком на 800 МВт Нижневартовской ГРЭС.

Многолетний опыт создания систем и оборудования для космических исследований, тесное сотрудничество с подразделениями, ответственными за эксплуатацию объектов потребителей, обладание знаниями и ресурсами для предоставления своим заказчикам эффективной поддержки в поиске наилучших решений позволяет создавать системы управления технологическими объектами любой сложности. ●

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru