

# Контроллеры ввода/вывода

## ЗАО «ЭМИКОН»



В статье рассматриваются вопросы ввода/вывода информации, работа с датчиками и исполнительными механизмами средствами, разработанными и изготавливаемыми специалистами ЗАО «ЭМИКОН».

ЗАО «ЭМИКОН», г. Москва

Вопросы автоматизации технологических процессов многосложны и затрагивают многие направления деятельности человека. Главным документом, по которому строятся системы автоматизации, является ПРОЕКТ. Только заглянув в проект, можно понять, что необходимо для того, чтобы агрегаты системы работали по определенным алгоритмам, а операторы, руководители производства своевременно получали информацию о состоянии механизмов, участвующих в технологическом процессе. В предыдущей фразе затронуты практически все аспекты системы автоматизации. Это создание алгоритмов и обеспечение их исполнения, прием информации от датчиков, определяющих состояние тех или иных устройств, визуализация, т.е. представление полученной информации в виде, понятном оператору.

Известно, что крупные системы автоматизации представляют собой многоуровневые структуры. Условно можно выделить четыре уровня:

- верхний уровень, включающий средства визуализации и управление взаимодействием всех подсистем системы;
- средний уровень, включающий центральный контроллер (КЦ), обеспечивающий выполнение алгоритмов работы системы автоматизации и передачу обработанных данных о состоянии агрегатов на верхний уровень;
- нижний уровень, включающий контроллеры связи с объектом (УСО), имеется в виду, связи с датчиками и исполнительными ме-

ханизмами, которых в системе автоматизации может быть столько, сколько объектов автоматизации;

- полевой уровень, включающий датчики и исполнительные механизмы.

Компания ЗАО «ЭМИКОН» производит три основные серии модулей, на базе которых создаются контроллеры разных уровней, в том числе контроллеры УСО. Наибольший интерес представляют модули серий DCS-2000 и DCS-2001. Ниже приводятся краткие характеристики модулей этих серий.

### Модули серии DCS-2000

Модули DCS-2000, устанавливаемые на DIN-рельс

Контроллеры, построенные на базе модулей серии DCS-2000, устанавливаемых на DIN-рельс, предназначены для создания распределенных систем автоматизации. Контроллеры серии DCS-2000 позиционируются, как контроллеры УСО.

#### Особенности:

Модули ЦПУ построены на базе x86-совместимых микропроцессоров. В качестве управляющего элемента модуля CPU-17В используется микропроцессор Am186CU-50KC. Модули УСО в своем составе содержат микроконтроллер типа ATmega162 и реализуют первичное преобразование входных сигналов, освобождая, тем самым, от этого модули ЦПУ.

#### Конструкция:

Каждый модуль серии DCS-2000 устанавливается в пластмассовый корпус. Корпус имеет крепление для установки на стандартный

DIN-рельс. Для удобства монтажа модулей на корпус нанесены наименования контактов соединителей и индикаторных светодиодов.

#### Организация:

Модули УСО серии DCS-2000 содержат по два интерфейсных канала RS-485 (один основной, второй — резервный), реализующих протокол MODBUS RTU. С помощью интерфейсных каналов модули соединяются в систему. Для соединения контроллеров серии DCS-2000 с устройствами других уровней по каналу типа ETHERNET используются коммуникационные модули CI-06В и CI-07А, которые обеспечивают информационный обмен по одному из двух каналов по интерфейсу RS-485 (протокол MODBUS RTU) и по второму каналу ETHERNET (MODBUS TCP).

Широкая номенклатура модулей включает в себя несколько типов и модификаций ЦПУ, модулей аналогового и дискретного ввода/вывода.

- Максимальное количество каналов аналогового ввода токовых сигналов 0...20 мА на модуль — 4 (основная погрешность преобразования — 0,2 %).
  - Максимальное количество каналов аналогового вывода на модуль — 2.
  - Максимальное количество каналов дискретного ввода на модуль — 8.
  - Максимальное количество каналов дискретного вывода на модуль — 8.
- Модули связи с объектом снабжены устройством гальвани-



▲ Модули DCS-2000, устанавливаемые на DIN-рельс

ческой изоляции объектной части от системной.

Система программирования контроллеров серии DCS-2000 – CONT-Designer.

**Модули DCS-2000  
каркасного исполнения**

Контроллеры, построенные на базе модулей серии DCS-2000 каркасного исполнения (DCS-2000C), предназначены для создания централизованных и распределенных систем автоматизации. Контроллеры серии DCS-2000C могут позиционироваться как контроллеры КЦ, так и как контроллеры УСО.

**Особенности:**

Модули ЦПУ построены на базе x86-совместимых микропроцессоров. В качестве управляющего элемента модуля CPU-31A используется микропроцессор Am186CU-50KC, а модуля CPU-32A – IPC@CHIP SC143 фирмы ВЕСК. Модули УСО в своем составе содержат микроконтроллер типа ATmega162 и реализуют первичное преобразование входных сигналов, освобождая, тем самым, от этого модули CPU.

**Конструкция:**

Основой конструкции контроллера является каркас, содержащий кроссовую плату, обеспечивающую подключение модулей. Максимальное количество модулей, устанавливаемых в каркас, – 14. Есть возможность объединения каркасов с помощью модулей адаптеров RP-31 и RP-32.

Каждый модуль состоит из печатной платы, корпуса, защищающего плату от механических повреждений, и лицевой панели.

**Организация:**

Контроллеры, включающие модули DCS-2000C, строятся по модульному принципу. Устройством сопряжения модулей является кроссовая плата, содержащая шины питания основного и резервного источников питания, шины двух интерфейсных каналов RS-485 (основного и резервного). Протокол обмена по интерфейсным каналам – MODBUS RTU, максимальная скорость передачи данных – 981600 бит/с.

Широкая номенклатура модулей включает в себя несколько типов и модификаций ЦПУ, модулей аналогового и дискретного ввода/вывода. Модули ЦПУ имеют до пяти интерфейсных каналов ETHERNET (протокол обмена – MODBUS TCP), четыре канала RS-485 (протокол обмена – MODBUS RTU или HDLC, скорость обмена – до 2 Мбит/с), два канала RS-232 (протокол обмена – MODBUS RTU, скорость обмена по одному

каналу – 115200 бит/с, по другому – 460800 бит/с).

▶ Максимальное количество каналов аналогового ввода токовых сигналов 0...20 мА на модуль – 12 (основная погрешность преобразования – 0,1 % или 0,05 % в зависимости от исполнения).

▶ Максимальное количество каналов аналогового вывода на модуль 0...20 мА – 4.

▶ Максимальное количество каналов дискретного ввода на модуль – 16.

▶ Максимальное количество каналов дискретного вывода на модуль – 16.

Модули УСО снабжены устройством гальванической изоляции объектной части от системной.

Система программирования контроллеров серии DCS-2000C – CONT-Designer и CoDeSys.

**Модули серии DCS-2001**

Контроллеры, построенные на базе модулей серии DCS-2001, являются малоканальными и предназначены для управления каким-либо агрегатом (например, станком, типографской машиной и т.п.).

**Особенности:**

Модуль ЦПУ построен на базе 16-ти разрядного микроконтроллера MB90F543G фирмы Fujitsu Semiconductor. Модули УСО в своем составе микроконтроллера не имеют и соединяются с модулем CPU с помощью гибкого ленточного кабеля. Внешними интерфейсными каналами являются RS-485 и RS-232/485. Протокол обмена по каналам – MODBUS RTU, скорость обмена по каналу RS-485 – до 500 Кбит/с, по каналу RS-232/485 – 38460 бит/с.

**Конструкция:**

Контроллеры серии DCS-2001 имеют модульную конструкцию и могут состоять из пяти модулей (один ЦПУ и до четырех УСО). Каждый модуль представляет собой печатную плату, установленную в корпус, который выполнен в виде рамки. Для соединения модулей на платах установлены соединители, к выводам которых с обратной стороны платы припаян ленточный кабель, заканчивающийся соединителем. Сборка контроллера заключается в том, что кабель одного мо-



▲ Модули DCS-2000 каркасного исполнения

дуля присоединяется к соединителю другого. Корпуса крайних модулей снабжены боковыми крышками. Таким образом, получается единый корпус. Корпус имеет крепления для установки на DIN-рельс.

#### Организация:

Основой организации контроллера является параллельная шина, формируемая микроконтроллером ЦПУ. Модули УСО, входящие в контроллер, могут быть различного типа. Номенклатура модулей УСО включает в себя модули аналогового и дискретного ввода/вывода.

► Максимальное количество каналов аналогового ввода токовых сигналов 0...20 мА – 8 (основная погрешность преобразования – 0,25 %).

► Максимальное количество каналов аналогового вывода – 2.

► Максимальное количество каналов дискретного ввода – 12.

► Максимальное количество каналов дискретного вывода – 4.

Программное обеспечение контроллера состоит из программ, позволяющих конфигурировать контроллер, принимать данные с датчиков, управлять исполнительными устройствами и производить информационный обмен по интерфейсным каналам.

Каждый уровень иерархии системы автоматизации должен отвечать определенным требованиям. Основные требования, предъявляемые к контроллерам ввода/вывода, следующие:

► обеспечение высокой надежности и живучести;

► удобство разработки прикладных программ;

► обеспечение возможности подключения датчиков различной физической природы;

► работа с датчиками, находящимися во взрывоопасной зоне;

► обеспечение удобства обслуживания.

Анализ технических характеристик модулей вышеуказанных серий показывает, что любая серия способна обеспечить перечисленные требования. Однако большой опыт создания систем автоматизации, накопленный компанией ЗАО «ЭМИКОН» за более чем 20 лет активной работы на рынке автоматизации, продиктовал необходимость расширить серию DCS-2000 модулями, наделенными свойствами модулей серии ЭК-2000, т.е. использовать крепление модулей в корпусе при сохранении последовательного межмодульного интерфейса (серия DCS-2000С). Таким образом, решился вопрос удобства обслуживания и обеспечения возможности «горячей» замены модулей, что очень важно для повышения живучести системы в целом. Выход из строя какого-либо модуля не приводит к останову технологического процесса. Это основное требование всех систем автоматизации.

По архитектуре модули серии DCS-2000, вне зависимости от конструктивного исполнения, одинаковы. Модули имеют две основные части – системную и объектную. Системная часть содержит микроконтроллер, интерфейсные каналы, обеспечивающие связь модулей УСО с модулем ЦПУ, средства адресации модуля в информационной сети и задания скорости передачи по интерфейсным каналам. Объектная часть содержит регистры ввода/вывода, ключи, входные фильтры для модулей дискретного ввода/вывода и аналогоцифровые, цифроанало-

говые преобразователи для модулей аналогового ввода/вывода. Существенным отличием является то, что модули серии DCS-2000, устанавливаемые на DIN-рельс, имеют модификации, содержащие устройство взрывозащиты, которое позволяет подключать модули к датчикам, находящимся во взрывоопасной зоне.

Надежность систем автоматизации, построенных на базе модулей, производимых компанией ЗАО «ЭМИКОН», достигается введением в модули средств диагностики и способами построения систем. В модулях DCS-2000С особого внимания заслуживают устройства контроля функционирования.

Так, в модулях дискретного вывода контролируется работоспособность ключей. Во-первых, после реализации команды включения ключей, проверяется, открылся ли ключ тот, который должен был открыться, контролируется ли возможное короткое замыкание между полевыми цепями. Во-вторых, если через открытый ключ протекает ток больше максимально допустимого 530 мА (возможно короткое замыкание в полевых цепях), то автоматически, на аппаратном уровне, без вмешательства микроконтроллера, выключаются ключи той группы, в которой произошла авария. В-третьих, на аппаратно-программном уровне проверяется работоспособность микроконтроллера. Если в течение 17 мс микроконтроллер не произведет перезапуск охранного таймера, то специальная схема, не зависящая от микроконтроллера, сформирует сигнал, блокирующий включения ключей и, в зависимости от наличия или отсутствия специальной перемычки, либо выключит все ключи, либо оставит ключи в предаварийном состоянии.

В модулях дискретного ввода, при наличии дополнительных резисторов во входных каналах, контролируется целостность полевых цепей (обрыв, короткое замыкание). В каждом программном цикле путем формирования тестовых сигналов проверяется входной тракт модуля. По состоянию охранного таймера контролируется работоспособность микроконтроллера.

В модулях аналогового вывода контролируется ток в нагрузке, сформированный модулем.



▲ Модули серии DCS-2001

В модулях аналогового ввода с помощью реперных точек проверяется работоспособность входного тракта, в том числе и аналогоцифрового преобразователя.

Кроме того, в программном цикле каждого модуля микроконтроллер записывает свое состояние в специальную область памяти, которая по интерфейсным каналам считывается модулем ЦПУ.

Перечисленные средства диагностики позволили повысить надежность контроллера в целом и предотвратить фатальные неисправности системы автоматизации.

Архитектура систем автоматизации предусматривает резервирование основных, наиболее уязвимых устройств, которые могут привести к отказу. Это каналы межмодульных интерфейсов, источники питания и модули ЦПУ. Наилучшим образом проработаны средства резервирования в новых модулях серии DCS-2000С. Использование модулей CPU-31А и CPU-32А обуславливает опрос модулей УСО по двум независимым интерфейсным каналам, так как эти каналы выведены на системный соединитель. Резервирование модулей ЦПУ связано с двумя основными вопросами: формирование сигналов, обеспечивающих переключение с ведущего модуля ЦПУ на резервный, и выравнивание памяти в резервном модуле. В модулях ЦПУ компании ЗАО «ЭМИКОН» выбран классический метод переключения модулей, который заключается в том, что, если в основном модуле перестает перезапускаться специальный таймер, то через 250 мс формируется сигнал, останавливающий работу основного модуля и разрешающий работу резервного. Для обеспечения мягкого перехода с основного модуля на резервный необходимо, чтобы в резервном модуле находилось состояние входных, выходных каналов модулей УСО, идентичное состоянию, находящемуся в основном модуле. С целью выравнивания памяти модули CPU-31А и CPU-32А содержат отдельный интерфейсный канал типа ETHERNET, который отсутствует в модулях ЦПУ других серий. В модулях CPU-17В (серия DCS-2000) и CPU-03С (серия ЭК-2000) для выравнивания памяти ис-

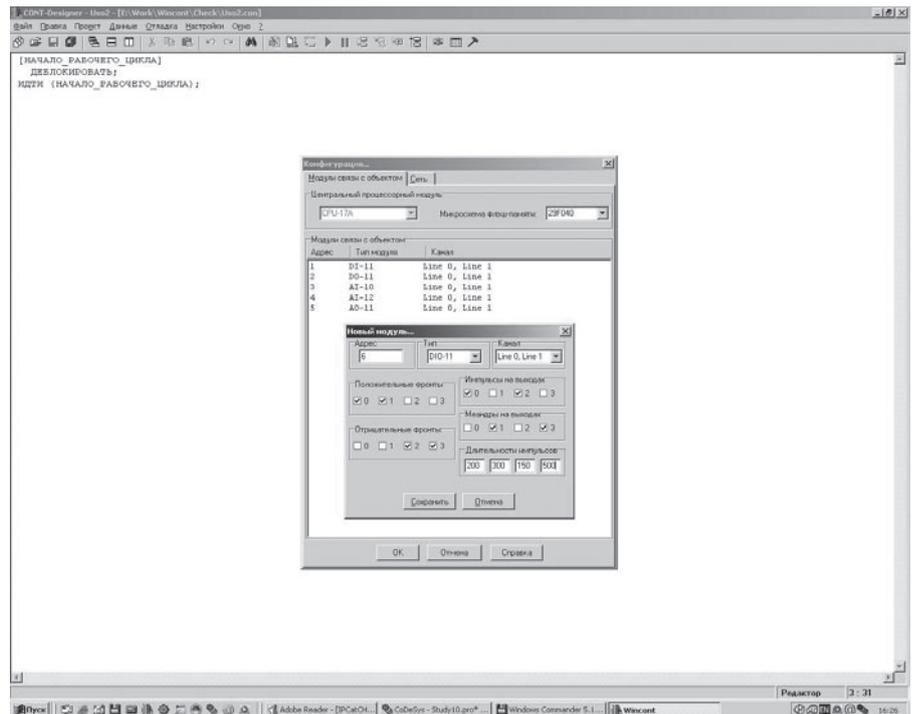


Рис. 1. Конфигуратор модулей удаленной связи с объектом серии DCS-2000

пользуется один из интерфейсных каналов, что часто приводит к введению в проект дополнительных сетевых модулей.

Интересно решается вопрос резервирования питания в контроллерах, построенных на базе модулей DCS-2000С. Дело в том, что питание подводится к кроссовой плате карка-

са через модули адаптера RP-31 или RP-32, которые снабжены отдельными соединителями для подключения основного и резервного источников питания. В данном случае нет необходимости создавать устройства для резервирования питания.

Для построения контроллеров УСО на базе модулей DCS-2000 со-

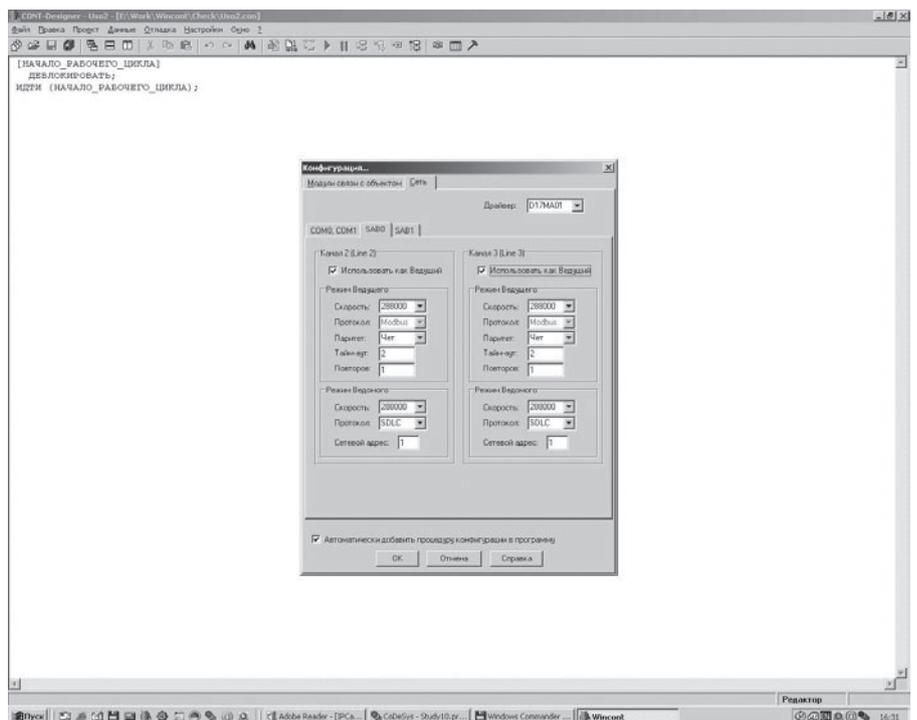


Рис. 2. Конфигуратор информационных каналов контроллера

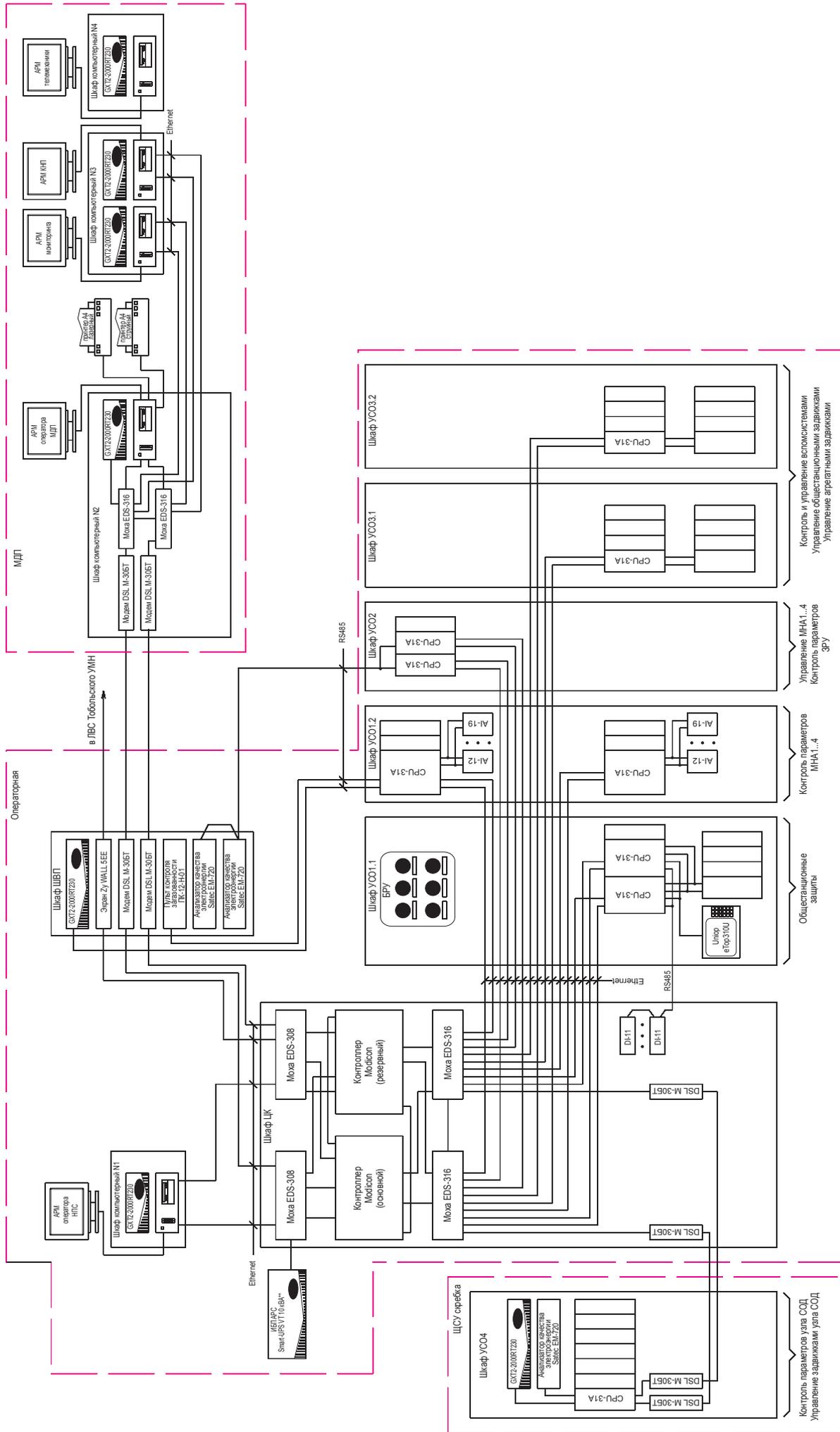


Рис. 3. Структурная схема системы автоматизации нефтедобывающей станции «Сетово-2»

всем не обязательно владеть навыками программирования: вся необходимая работа сводится к нескольким несложным действиям, выполняемым в графическом пользовательском интерфейсе интегрированной среды CONT-Designer. Достаточно лишь выбрать в конфигураторе необходимые модули (рис. 1) и настроить, опять-таки с помощью конфигуратора, информационные каналы контроллера (рис. 2), скомпилировать и загрузить в контроллер получившийся проект.

После создания нового проекта автоматически генерируются все необходимые программные данные, а также скрытый от пользователя программный код, реализующий:

- › обмен данными ЦПУ с модулями DCS-2000 по одному или двум каналам. При этом модули DCS-2000 могут быть подключены как к одной, так и двум 2-канальным микросхемам, реализующим быстрый интерфейс RS-485 контроллера УСО;

- › считывание аналоговых и дискретных входных сигналов, а также положительных и отрицательных фронтов на дискретных входах;

- › считывание из модулей DCS-2000 диагностической информации;

- › формирование упакованных массивов входной и диагностической информации;

- › формирование импульсных и статических сигналов, а также мандров на дискретных выходах;

- › запись аналоговых выходных сигналов;

- › формирование информации о качестве связи с модулями DCS-2000;

- › обмен данными с центральным контроллером по двум каналам, причем, ведущим устройством может быть как центральный контроллер, так и контроллер УСО;

- › обмен данными с резервным ЦПУ по двум каналам;

- › переход на резервный канал при потере связи ЦПУ с модулем (или с центральным контроллером,

или с резервным ЦПУ) по основному каналу;

- › специальный алгоритм, оптимизирующий обмен данными ЦПУ с модулями, подключенными по двухканальной схеме;

- › передача управления резервному контроллеру при блокировке, пропадании связи с КЦ или по инициативе вышестоящего уровня.

Как показал опыт, функциональности, имеющейся в автоматически сгенерированном проекте, вполне достаточно для решения задач, возлагаемых на УСО, т.е. разработки пользователями дополнительных программ не требуется. Если требуется решение более сложных задач управления, пользователь может расширить функциональные возможности программного обеспечения контроллеров УСО путем реализации собственных прикладных процедур на текстовом языке высокого уровня CONT, а также использования библиотек стандартных функций, создания своих переменных и констант.

Современная микроэлектроника серьезным образом повлияла на развитие устройств нижнего уровня систем автоматизации. Если еще несколько лет назад датчики были аналоговые и дискретные, то сейчас на рынке появилось большое количество интеллектуальных датчиков и устройств, имеющих в своем составе микроконтроллер, преобразующий входную физическую величину в цифровую форму представления. Как правило, интеллектуальные датчики имеют достаточно распространенный последовательный интерфейс RS-485. Одним из наиболее распространенных протоколов интеллектуальных устройств является MODBUS RTU. Для подключения интеллектуальных устройств был разработан сетевой интерфейсный модуль CI-31A, содержащий десять последовательных интерфейсных каналов RS-485. По двум каналам модуль опрашивается модулем ЦПУ (в данном случае

модуль работает в режиме SLAVE), а по восьми другим каналам модуль опрашивает интеллектуальные устройства (каждый из восьми каналов может работать в режиме MASTER или SLAVE).

В тех случаях, когда датчики классического типа расположены во взрывоопасной зоне, модули УСО серии DCS-2000, имеющие устройство взрывозащиты, используются как интеллектуальные барьеры. Системы автоматизации выглядят так: контроллер ввода/вывода строится на базе модулей DCS-2000С. Модуль CPU-31A по двум системным интерфейсным каналам опрашивает модули, установленные в каркас, и по двум внешним интерфейсным каналам RS-485 опрашивает интеллектуальные барьеры. Связь с устройствами других уровней осуществляется по каналам ETHERNET. На рис. 3 приведена структурная схема системы автоматизации, выполненной на базе модулей серии DCS-2000 и DCS-2000С.

Удобство обслуживания контроллеров ввода/вывода является важнейшим вопросом эксплуатации. Особенно это очевидно становится в случаях выявления неисправного модуля и «горячей» его замены. Компания ЗАО «ЭМИКОН» здесь действует в двух направлениях. Первое – специалисты компании проводят обучение представителей заказчика, второе – конструктивное исполнение модулей. Конструкция модулей содержит сервисные устройства, включающие индикацию работоспособности системной части и состояния каналов ввода/вывода, а безотверточное крепление модулей DCS-2000С в каркас значительно упрощает «горячую» замену.

В заключение хотелось бы сказать, что контроллеры ввода/вывода, производимые компанией ЗАО «ЭМИКОН», отвечают всем необходимым требованиям и занимают достойное место на рынке автоматизации.

А.А. Алексеев, к.т.н., генеральный директор,

А.В. Алексеев, к.т.н., ведущий специалист,

З.М. Варшавский, начальник научно-исследовательского отдела,

ЗАО «ЭМИКОН», г. Москва,

тел./факс: +7 (495) 785-5182, 460-3844, 460-4059

e-mail: emicon@dol.ru, www.emicon.ru