А.А. АЛЕКСЕЕВ (ЗАО “ЭМИКОН)”

Системы автоматизации нефтеперекачивающих станций на базе микропроцессорных контроллеров с открытой внутренней архитектурой

Приведена концепция построения распределенных систем автоматизации нефтеперекачивающих станций на базе центральных контроллеров с открытой внутренней архитектурой и контроллеров ввода/вывода на базе модулей ЭМИКОН сер. DCS-2000.

The paper presents a design concept of distributed automation systems for oil-transfer stations on the basis centralized controllers with open internal architecture and input/output controllers based on EMICON ser. DCS-2000 modules.

Микропроцессорные системы автоматизации нефтеперекачивающих станций (СА НПС) предназначены для управления технологическим оборудованием (магистральные и подпорные агрегаты, задвижки, системы вентиляции и т.д.), а также для обеспечения различных защит при отклонении параметров ТП или режима работы технологического оборудования от нормы (например, загазованность, повышение вибрации подшипников и т.п.)

СА НПС выполняет следующие функции:

- анализ режимов технологического оборудования;
- контроль технологических параметров, режимов перекачки, готовности магистральных и подпорных насосных агрегатов к запуску;
- обработка предельных значений параметров по агрегату;
- управление (открытие, закрытие, стоп) и контроль станционных и агрегатных задвижек;
- управление (программный и кнопочный пуск, программное и кнопочное отключение) и контроль магистральных и подпорных насосных агрегатов;
- задание уставок регулирования;
- регулирование давления на входе/выходе НПС;
- управление вспомогательными системами;
- управление (пуск, отключение) и контроль агрегатов вспомогательной системы и вспомогательных сооружений;
- контроль исправности РП-2 (напряжения на вводах 6 кВ);
- контроль и сигнализация пожара;
- автоматическое пожаротушение;
- обработка измерений и контроль достоверности измеряемых параметров;
- отображение информации и документирование, формирование кадров отображения ТП, табличных форм представления информации, форм печати оперативных сообщений, архивных данных, отчетных документов;
- прием и передача сигналов в систему телемеханики.

Состав системы

Нижний уровень включает датчики и вторичные преобразователи, а также показывающие приборы и органы управления, устанавливаемые на приборных щитах и отдельно по месту.

Средний уровень обеспечивает сбор информации от датчиков и вторичных преобразователей, ее передачу в центральный контроллер верхнего уровня, а также получение выходной информации от центрального контроллера и формирование управляющих воздействий на ИМ СА НПС.

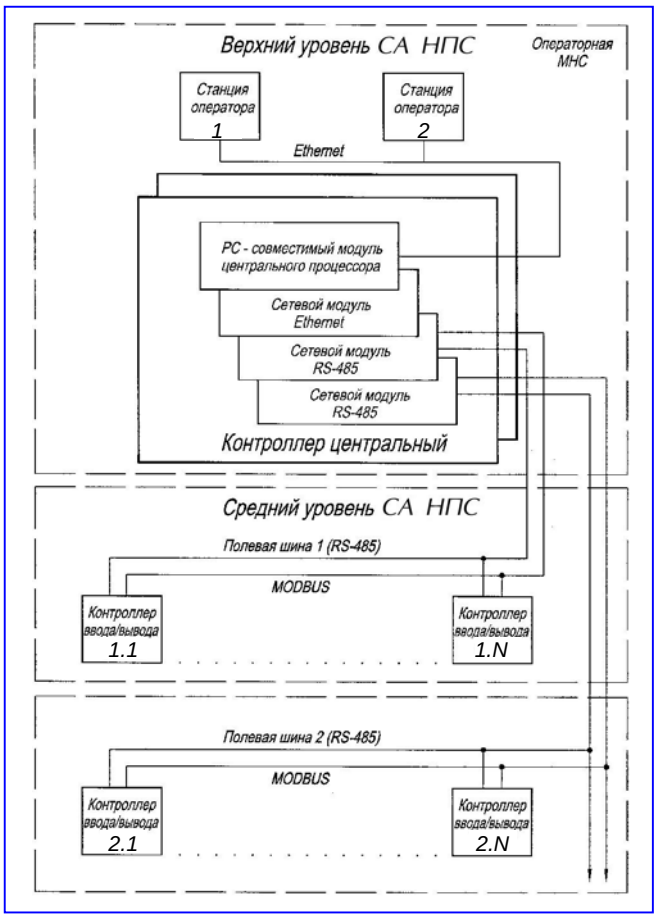
В качестве устройств среднего уровня используются контроллеры ввода/вывода на базе микропроцессорных модулей ЭМИКОН семейства DCS-2000, имеющих в своем составе встроенные барьеры искрозащиты и блоки питания первичных датчиков. Связь между модулем центрального процессора и модулями связи с объектом (МСО) контроллера ввода/вывода осуществляется по последовательному интерфейсу (RS-485, протокол Modbus RTU, скорость передачи до 115,2 Кбит/с). К одному модулю центрального процессора может быть подключено до 64 МСО.

Связь между контроллерами ввода/вывода среднего уровня и центральным контроллером верхнего уровня осуществляется по резервированному последовательному интерфейсу (RS-485, протокол Modbus RTU, скорость передачи до 921,6 Кбит/с).

Модуль центрального процессора, а также источники питания контроллера ввода/вывода, как правило, выполняются по схеме с “горячим” резервированием, что существенно увеличивает надежность контроллера и всей системы в целом.

МСО, совмещенные с объектовыми клеммниками, образуют блоки информационные (БИ), предназначенные только для сбора информации и блоки информационно-управляющие (БИУ), предназначенные как для сбора информации, так и для формирования управляющих воздействий.

БИ и БИУ могут располагаться как в одном электрошкафу с модулем центрального процессора контроллера ввода/вывода, так и в других электрошкафах и даже в других помещениях. Максимальное удаление МСО от модуля центрального процессора – до 5 км.



Использование малоканальных МСО (4…8 каналов в одном модуле) позволяет существенно облегчить обслуживание системы, осуществлять поиск и замену неисправных модулей (в режиме “горячей” замены – hot swap) без остановки НПС.

Верхний уровень обеспечивает:

- логическую обработку входной информации, поступающей от среднего уровня, в соответствии с заданным алгоритмом управления;
- формирование управляющих команд для контроллеров ввода/вывода;
- мониторинг ТП на PC-совместимых станциях оператора;
- архивацию событий, поступающих с объекта и действий оператора.

При разработке микропроцессорной СА НПС основным критерием является выбор центрального контроллера с открытой внутренней архитектурой. Для таких типов контроллеров характерно: удобство программирования, наличие большого количества средств разработки прикладных программ от различных производителей и производителей аппаратных средств, которые полностью конструктивно и функционально совместимы друг с другом.

Аппаратно верхний уровень реализован на базе PC-совместимого контроллера, включенного по схеме с “горячим” резервированием. В составе центрального контроллера, кроме модуля центрального процессора, установлены сетевые модули, поддерживающие интерфейс RS-485, протокол Modbus RTU, скорость передачи до 921,6 Кбит/с, а также интерфейс Ethernet (протокол Modbus); тип ОС – QNX. Система программирования контроллера – ISaGRAF. Структурная схема микропроцессорной СА НПС показана на рисунке.

Центральный контроллер, как правило, располагается в операторной магистральных насосных агрегатов (МНА). Там же располагается одна или две операторские станции, подключенные к центральному контроллеру по интерфейсу Ethernet (протокол Modbus). В случае, когда одна из операторских станций располагается в местном ДП (МДП), связь между этой станцией и центральным контроллером осуществляется по интерфейсу RS-485. Двухканальные сетевые модули с интерфейсом RS-485 поддерживают две или более зарезервированные полевые шины.

К первой полевой шине (протокол Modbus) подключены контроллеры ввода/вывода, расположенные в операторной МНА. Ко второй полевой шине подключены контроллеры ввода/вывода, расположенные в других помещениях, например, в операторной подпорной насосной станции (ПНС). При большом территориальном разбросе СА НПС могут быть организованы дополнительные полевые шины.

Данная конфигурация обеспечивает высокую надежность и живучесть всей системы автоматики НПС и существенно упрощает поиск и устранение неисправностей. Приведенная структурная схема СА в полной мере может быть использована и при автоматизации ПС на нефтепродуктопроводах.

Модули ЭМИКОН семейства DCS-2000, используемые при создании контроллеров ввода/вывода рассмотренной СА НПС

Семейство модулей DCS-2000 предназначено для использования в рассредоточенных системах автоматизации общего назначения, а также для автоматизации объектов, находящихся во взрывоопасных зонах. Отличительной особенностью модулей DCS-2000 является наличие встроенных барьеров искробезопасности, а также искрозащищенных блоков питания. Это позволяет подключать непосредственно к модулям такие устройства, как датчики давления, термосопротивления, пассивные дискретные датчики (например, реле давления, напора, датчики уровня и др.)

В связи с тем, что в контроллере не требуется использование дополнительных устройств в виде внешних барьеров и источников питания, схема подключения датчиков существенно упрощается и фактически может быть представлена в виде таблицы сигналов. Все МСО семейства DCS-2000 имеют гальванически развязанный интерфейс RS-485 (протокол Modbus RTU), скорость передачи до 115,2 Кбит/с.

В составе DCS-2000 имеется модуль CPU-11, который имеет ОС-188 (на базе RMX 86) и тестовый язык программирования CONT. На базе модулей DCS-2000 разработаны и сданы в промышленную эксплуатацию более 10 систем автоматизации ПС на трубопроводах АК “Транснефть”.

Краткие характеристики модулей сер. DCS-2000

Семейство модулей DCS-2000 содержит: CPU-11 – модуль центрального процессора; CI-01 – модуль преобразования интерфейсов; AI-11 – модуль аналогового

ввода (сопряжения с термосопротивлениями); AI-12 – модуль аналогового ввода (токовые сигналы 4…20 или 0…5 мА); CTF-11 – модуль сопряжения с тензодатчиками; DI-11 – модуль дискретного ввода; DIO-11 – модуль дискретного ввода/вывода; AO-11 – модуль аналогового вывода (токовые сигналы 0…20 мА).

Все модули ввода аналоговых и дискретных сигналов имеют входные цепи искрозащищенного исполнения (ExibIIc). Модули выполнены в виде многослойных печатных плат размером 77x85 мм, установленных в пластмассовых корпусах с габаритными размерами 114x102x25 мм. Масса – не более 0,15 кг. Модули имеют элементы крепления на стандартный DIN-рельс типа DIN3 (TS35/F6) или DIN1 (TS32/F6). Питание осуществляется от стабилизированного источника напряжением 24 В.

Рабочие условия эксплуатации модулей

Температура окружающего воздуха (без конденсации влаги), °С	25…85
Относительная влажность воздуха (при температуре 25 °С), %	85
Атмосферное давление, кПа	84…107

Все модули УСО семейства DCS-2000 имеют идентичные системную и интерфейсную части и цоколевку системного разъема XT1.

Интерфейсная часть выполнена на основе микросхемы AD485, имеет свой источник питания и гальванически изолирована от других схем модуля. Напряжение изоляции составляет не менее 500 В. В качестве управляющего устройства используется микропроцессор AT90S8535, в состав которого входят: память программ – 8 Кбайт; ОЗУ – 512 байт; энергонезависимая память – 512 байт; 8-канальный 10-разрядный АЦП; последовательный порт; 3 таймера.

Все цепи модулей семейства DCS-2000 гальванически изолированы от внешнего источника питания 24 В. Напряжение изоляции составляет не менее 500 В. Поскольку модули одной подсистемы связаны только по локальной сети конструктивно, они могут располагаться как в одном электрошкафу, так и в разных электрошкафах, в том числе и в разных помещениях.

Модуль центрального процессорного устройства CPU-11 является основным функциональным узлом контроллера и предназначен для работы в семействе DCS-2000.

Основные технические характеристики модуля CPU-11

Тип процессора	N80C188EB20
Тактовая частота процессора, МГц	20
Объем Flash-памяти, Кбайт	512
Объем оперативной памяти, Кбайт	128
Количество уровней прерывания	7
Количество 16-разрядных таймеров	3
Количество низкоскоростных последовательных каналов	1 – RS-232
(протокол Modbus, скорость до 115200 бод)	1 – TTL
Количество высокоскоростных последовательных каналов (протокол SDLC, скорость до576000 бод), TTL	2
Ток потребления от системного источника 24 В, не более, мА	100

На переднем торце пластмассового корпуса модуля расположены 8 светодиодов индикации режимов работы и состояния последовательных интерфейсов.

Кроме того, модуль имеет:

- выходной дискретный сигнал индикации исправности – 24 В, 50 мА, изоляция 2500 В;
- выходной дискретный сигнал общего назначения – 24 В, 50 мА, изоляция 2500 В;
- входной сигнал блокировки – 24 В, 5 мА, изоляция 2500 В.

Модуль CI-01 предназначен для преобразования последовательных данных модуля CPU-11 в виде сигналов TTL-уровня в сигналы интерфейса RS-485 с гальванической развязкой цепей. На переднем торце пластмассового корпуса модуля расположены 4 светодиода индикации состояния последовательных интерфейсов.

Основные технические характеристики модуля CI-01

Количество низкоскоростных преобразователей последовательных каналов (TTL/RS-485, скорость до 115200 бод, изоляция 2500 В)	2
Количество высокоскоростных преобразователей последовательных каналов (TTL/RS-485, скорость до 2500000 бод, изоляция 2500 В)	2
Ток потребления от системного источника 24 В, мА, не более	50

Модуль AI-11 предназначен для подключения к нему по трехпроводной схеме термометров сопротивления типа ТСМ (ТСП)-50 или ТСМ (ТСП)-100 и преобразования полученного с них входного напряжения в десятиразрядный цифровой код. Искробезопасность цепей модуля достигается за счет ограничения тока защитными резисторами и соответствующей конструкцией модуля. Эти резисторы конструктивно выделены в отдельную зону и для исключения их повреждения залиты специальным компаундом.

Технические характеристики и параметры модуля

Количество каналов ввода	4
Диапазон измеряемого сопротивления, Ом	40…90 или 80…180 (выбирается джампером на плате)
Время коммутации канала, мкс, не более	1000
Время преобразования, мкс, не более	180
Разрядность аналого-цифрового преобразования, бит	10
Основная погрешность преобразования, %, не более	0,3
Дополнительная температурная погрешность, %/ ºС	0,01
Величина тока встроенного источника, мА	2 или 4

Диапазон измеряемых модулем температур составляет -45...185 ºС при использовании медных термометров сопротивлений и -50...210 ºС для платиновых. Модуль имеет 2 постоянные времени фильтра входного сигнала (выбирается джампером на плате) – одну стандартную, вторая предназначена при использовании датчика в условиях высокого уровня помех, например, когда термометр сопротивления установлен внутри мощного электродвигателя для измерения температуры обмотки.

ПО модуля обеспечивает тестирование узлов модуля, аналого-цифровое преобразование входного сигнала, фильтрацию результата измерения, индикацию работоспособности модуля и информационный обмен с устройствами верхнего уровня.

Модуль AI-12 предназначен для подключения к нему датчиков с токовым выходом и преобразования измеренного тока в десятиразрядный цифровой код. Датчики могут быть как активными (имеющие собственный источник питания), так и пассивными, использующими встроенный в модуль источник питания. По виду взрывозащиты,

уровню искробезопасной электрической цепи и подгруппе взрывозащищенного электрооборудования модуль полностью идентичен AI-11.

Технические характеристики и параметры модуля

Число каналов ввода 4
Диапазон измерения тока, мА ..... 4…20 или 0…5
Время, мкс, не более
коммутации канала 1000
преобразования 180
Разрядность аналого-цифрового
преобразования, бит 10
Основная погрешность
преобразования, %, не более 0,3
Дополнительная температурная
погрешность, % / ºС 0,01
Величина входного сопротивления, Ом 100

Для сохранения свойств полностью дифференциального входа каждый канал имеет свой изолированный источник питания (DC/DC конвертер) пассивного датчика.

Модуль сопряжения с тензодатчиками CTF-11 предназначен для работы в составе распределенных систем управления для подключения к нему по шестипроводной схеме тензодатчиков мостового типа, например, тензорезисторных датчиков силы типа Т2 и преобразования полученного входного напряжения в 10-, 12- или 16-разрядный цифровой код. При десятиразрядном коде на выходе обеспечивается минимальное время преобразования, при 16 – максимальная точность преобразования.

Основные технические характеристики модуля CTF-11

Диапазон измеряемого напряжения, мВ ..... 0…20
Защита от подачи напряжения питания
обратной полярности ..... Имеется
Количество каналов ввода 1
Номинальное напряжение питания датчиков, В 10
Время преобразования, мс, не более:
10-разрядный код 8
12-разрядный код 35
16-разрядный код 350
Основная погрешность
преобразования, %, не более 0,1
Дополнительная температурная
погрешность, %/ ºС 0,005
Гальваническая развязка между внешним
стабилизированным источником питания 24 В
и питанием модуля, В, не менее 500
Интерфейс RS-485
Протокол ..... Modbus
Скорость передачи, бод ..... До 115200

Модуль DI-11 предназначен для ввода дискретных сигналов с напряжением 24 В постоянного тока. На переднем торце пластмассового корпуса модуля расположены десять светодиодов. Светодиоды IN1…IN8 индицируют состояние входных сигналов. Светодиоды светятся, когда на входе модуля устанавливается низкий активный уровень сигнала (состояние “Включено”). Светодиод RXD индицирует прием информации из ЛВС; светодиод TXD – передачу информации из модуля в ЛВС.

Технические характеристики и параметры модуля DI-11

Число каналов ввода 8
Напряжение встроенного стабилизированного
источника питания постоянного тока, Uвс, В 24
Входной ток, мА:
номинальный 5
максимальный 6
Задержка входного сигнала, мс, не более 20
Напряжение опто-электрической изоляции, В 1500

Модуль DIO-11 предназначен для ввода/вывода дискретных сигналов напряжением 24 В постоянного тока. Электрические цепи соединения модуля с датчиками дискретного ввода являются искробезопасными. Цепи дискретного вывода, не являющиеся искробезопасными, выведены на отдельный пользовательский клеммный соединитель XT3.

На торце пластмассового корпуса модуля расположены 7 светодиодов. Светодиоды IN1…IN4 индицируют состояние входных сигналов. Свечение этих светодиодов означает, что на входе модуля установился низкий активный уровень сигнала. Светодиод RXD индицирует прием информации из ЛВС, светодиод TXD – передачу информации из модуля в ЛВС. Свечение светодиода RUN свидетельствует о том, что модуль находится во включенном, рабочем состоянии.

Технические характеристики и параметры модуля DIO-11

Число каналов ввода 4
Напряжение встроенного стабилизированного
источника питания постоянного тока, Uвс, В 24
Входной ток, мА:
номинальный 6
максимальный 8
Задержка входного сигнала мс, не более 20
Количество каналов вывода 4
Напряжение внешнего источника питания
постоянного тока для дискретных
выходов, Uвн, В ..... 24±20 %
Максимальный ток нагрузки одного выхода, А 0,1
Максимальный ток утечки выхода в
состоянии “Выключено”,мА 1
Напряжение опто-электрической
изоляции выхода, В 1500

Модуль АО-11 предназначен для преобразования 12-ти разрядного цифрового кода в аналоговые токовые сигналы в диапазоне 0…20 мА. На торце пластмассового корпуса модуля расположены 3 светодиода. Светодиод RXD индицирует прием информации из ЛВС, светодиод TXD – передачу информации из модуля в ЛВС. Свечение светодиода RUN свидетельствует о том, что модуль находится во включенном, рабочем состоянии.

Технические характеристики и параметры модуля АО-11

Число каналов вывода 2
Шкала выходного тока, мА ..... 0…20
Время преобразования, мкс, не более 100
Разрядность цифроаналогового
преобразования, бит 12
Основная погрешность преобразования, %,
не более 0,2
Дополнительная температурная
погрешность, %/ ºС 0,005
Максимальная величина сопротивления
нагрузки, Ом 400

Алексей Александрович Алексеев – канд. техн. наук,
генеральный директор ЗАО “ЭМИКОН”.
Контактный телефон (095) 460-38-44.
E-mail:emicon@dol.ru