

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ НПС

А.А. Алексеев  
(ЗАО «Эмикон»),  
В.М. Елисеев  
(АК «Транснефть»),  
О.Л. Иваницкий, В.М. Забазнов,  
В.В. Старицкий  
(ОАО «Черномортранснефть»)

**С**оздание микропроцессорной системы автоматизации (СА) НПС на базе отечественных технических средств, выгодно отличающейся по экономическим показателям от зарубежных аналогов, весьма актуально для вновь строящихся и реконструируемых нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов, входящих в систему АК «Транснефть». Такая система должна обеспечивать:

- расширение функциональных возможностей автоматизации по сравнению с существующими системами;
- повышение уровня надежности работы и «живучести» технологического оборудования и средств автоматизации;
- снижение трудозатрат на техническое обслуживание и ремонт;
- возможность использования СА для НПС с различными технологическими схемами соединения оборудования, наборами вспомогательных систем, конструктивными решениями и вариантами компоновок оборудования;
- работу СА в составе ЕАСУ АК «Транснефть»;
- выполнение заданных функций как автономно под наблюдением оператора, так и в составе системы дистанционного контроля и управления (СДКУ) под наблюдением диспетчера районного диспетчерского пункта (РДП);
- замену в полном объеме или частично на действующих НПС

средств автоматизации различного аппаратного исполнения.

Разработка опытного образца отечественной микропроцессорной системы автоматизации НПС проводится ЗАО «Эмикон» (г. Москва) по договору с АК «Транснефть» в рамках отраслевых планов приоритетных НИОКР АК «Транснефть» на 1997-1998 гг. и финансируется из внебюджетного фонда Минтопэнерго РФ.

Куратором договора является ОАО «Черномортранснефть», на объекте которого (НПС «Родионовская») предусмотрены испытания опытного образца СА и ввод его в эксплуатацию.

Выбору разработчика микропроцессорной системы автоматизации НПС предшествовало тщательное изучение возможностей отечественных организаций.

В 1996 г. был проведен конкурс предложений отечественных организаций на разработку и поставку систем, не уступающих системам ведущих зарубежных фирм по техническим характеристикам при меньшей стоимости.

Одним из ключевых элементов при выборе варианта построения микропроцессорной СА, удовлетворяющей перечисленным требованиям, является программируемый логический контроллер (ПЛК) на базе которого строится СА. Такой ПЛК должен соответствовать требованиям ГОСТ 29125, ГОСТ Р МЭК 870 и МЭК 801-5 и иметь [1]:

- систему гарантийного питания (СГЭП);
- энергонезависимые часы реального времени;
- энергонезависимую память;
- систему рестарта;
- встроенный и/или переносной пульт для наладки и контроля;
- встроенные функции самоконтроля и диагностики;

- защиту входных и выходных цепей от грозовых и коммутационных помех и перенапряжений по МЭК 801-5;

- возможность объединения необходимого числа контроллеров, а также ПЛК и операторских станций в локальную вычислительную сеть.

Желательно также, чтобы для программирования ПЛК использовались проблемно ориентированный язык высокого уровня и интегрированная система разработки программного обеспечения (ПО), позволяющие расширение и модернизацию прикладного ПО силами пользователя.

Как показал анализ характеристик отечественных ПЛК [1], в полной мере перечисленным требованиям удовлетворяют контроллеры ЭК-2000 разработки ЗАО «Эмикон».

При выборе разработчика был принят во внимание опыт успешного сотрудничества АООТ «Прикаспийско-Кавказские МН» с ЗАО «Эмикон». Совместно были разработаны и внедрены, начиная с 1995 г., три микропроцессорные системы автоматического регулирования давления с электроприводом (МСАРДЭ), являющиеся подсистемами автоматики магистральной насосной на НПС-3, НПС-2 нефтебазы «Тихорецкая» и НПС-2 НПС «Родионовская» нефтепровода Лисичанск — Тихорецк-II. Технические решения, заложенные ЗАО «Эмикон» в контроллер, его элементная база и качество изготовления позволяют до настоящего времени эксплуатировать МСАРДЭ в реальных условиях НПС без отказов и сбоев.

Победителю конкурса на разработку и поставку систем автоматизации НПС (ЗАО «Эмикон») были

выданы Технические требования АК «Транснефть» [2], в которых отражались основные принципы построения и исполнения микропроцессорной системы автоматизации НПС магистральных нефтепроводов, в том числе с учетом:

- опыта 1994-1997 гг., накопленного в ходе проектирования и эксплуатации на магистральных нефтепроводах микропроцессорных систем автоматики АО «ММГАМ» (Венгрия);

- требований к обеспечению работы системы в составе ЕАСУ АК «Транснефть» как одной из локальных систем нижнего иерархического уровня.

ЗАО «Эмикон» в рамках выполняемой по договору НИОКР разработало и согласовало с курирующим акционерным обществом и ОАО «Гипротрубопровод» техническое задание на создание образца современной микропроцессорной системы автоматизации повторного применения для действующих и строящихся НПС различных конфигураций, а также с возможностью полной или частичной замены существующих средств автоматизации различного аппаратного исполнения. Это техническое задание утверждено АК «Транснефть» и согласовано с Госгортехнадзором РФ.

Адаптация микропроцессорной СА к конкретным НПС может быть осуществлена на основе частных технических заданий заказчиков, учитывающих различные варианты исполнения в зависимости от технологии перекачки, типов применяемых насосов и электродвигателей, состава вспомогательных систем и сооружений, конструктивного исполнения зданий, размещения оборудования на площадках и т.п.

Создавая отечественную микропроцессорную систему автоматизации НПС магистральных нефтепроводов, ЗАО «Эмикон» выступает в качестве интегратора и ответственного поставщика комплектов систем автоматизации в

целом, производит отечественные контроллеры на надежной и относительно недорогой импортной элементной базе, а также математическое обеспечение для систем, комплектует системы отечественной датчиковой аппаратурой и кабельной продукцией, привлекая при этом различные предприятия и организации, в том числе оборонных отраслей и бывшего Министерства приборостроения.

В составе рабочего проекта опытного образца системы автоматизации НПС «Родионовская» разработаны основные алгоритмические модули и видеокдры для управления технологическими процессами НПС, которые являются ядром алгоритмического обеспечения системы и позволяют наращивать состав решаемых системой задач для различных конфигураций НПС.

Разработанный ЗАО «Эмикон» опытный образец системы автоматизации предназначен для контроля, защиты и управления оборудованием промежуточной НПС-1 «Родионовская» нефтепровода Лисичанск – Тихорецк, автономного поддержания заданного режима работы насосной станции и его изменения по командам с пульта оператора НПС и из вышестоящего уровня управле-

ния – районного диспетчерского пункта (РДП).

Система автоматизации НПС выполняет следующие функции:

- автоматический контроль технологических параметров, параметров состояния оборудования и окружающей среды в помещении;

- автоматическую защиту НПС по аварийным и предельным значениям контролируемых параметров и при отказах систем обеспечения;

- программное управление и поддержание заданного режима работы НПС и нормативных условий эксплуатации оборудования;

- программное управление и защиту магистральных насосных агрегатов;

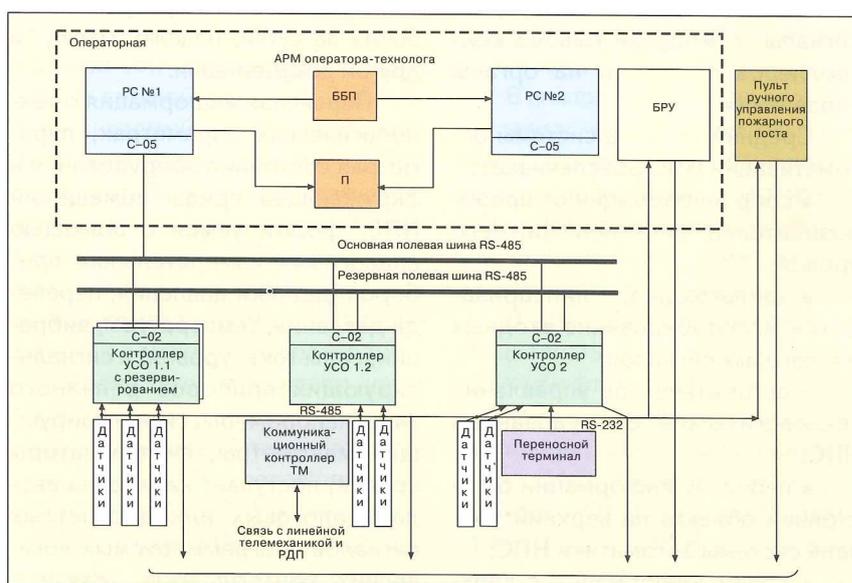
- автоматическое управление вспомогательными системами и сооружениями;

- программное управление подготовкой и переключением оборудования по командам из РДП;

- управление системой автоматического пожаротушения;

- обнаружение отказов оборудования при его работе и при переключениях по результатам контроля выполнения команд;

- отображение и регистрацию в операторной НПС основных



Структурная схема системы автоматизации НПС-1 «Родионовская»

контролируемых технологических параметров и параметров, характеризующих состояние оборудования в процессе перекачки и в условиях проведения ремонтных и пусконаладочных работ;

- подготовку и передачу результатов обработки информации на РДП;

- документирование информации (архивацию событий нижнего уровня и действий оператора).

Система автоматизации имеет три уровня (рисунок).

*Нижний уровень* включает датчики и вторичные преобразователи, а также показывающие приборы и органы управления, устанавливаемые по месту. Кроме того в систему нижнего уровня входят:

- блок ручного управления (БРУ), устанавливаемый в операторной и обеспечивающий аварийное отключение магистральных насосных агрегатов и управление системой пожаротушения и др.;

- пульт ручного управления пожарного поста.

*Средний уровень* включает программируемые логические контроллеры серии ЭК-2000, работающие в локальной сети (полевая шина MODBUS).

Аналоговые и дискретные входные сигналы поступают на соответствующие модули ввода контроллеров УСО. Выходные сигналы с модулей вывода контроллеров поступают на органы управления.

Средний уровень системы автоматизации НПС обеспечивает:

- сбор информации от преобразователей сигналов нижнего уровня;

- фильтрацию, линеаризацию и масштабирование входных аналоговых сигналов;

- автоматическое управление технологическим оборудованием НПС;

- передачу информации о состоянии объекта на верхний уровень системы автоматизации НПС;

- прием информации с верхнего уровня системы автоматизации

НПС и формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы системы;

- связь с линейной телемеханикой и РДП.

Кроме того, на среднем уровне системы автоматизации может быть использован переносной терминал, подключаемый к любому из контроллеров для обеспечения отображения карты аварийных событий и тестирования контроллеров.

*Верхний уровень системы автоматизации* включает АРМ оператора-технолога, построенный на базе двух рабочих станций (РС), включенных по схеме «горячего» резервирования.

Рабочие станции АРМ оператора подключаются к блоку бесперебойного питания (ББП).

Верхний уровень системы автоматизации НПС обеспечивает:

- прием информации с нижнего уровня о состоянии объекта;

- мониторинг технологического процесса;

- оперативное управление технологическим процессом;

- архивацию событий нижнего уровня и действий оператора.

К рабочим станциям АРМ оператора подключен принтер (П) для печати выводимых на экраны мониторов таблиц, периодических отчетов о работе станции, перечней событий за сутки, неделю, месяц и другой документации.

Первичная информация о технологических параметрах, параметрах состояния оборудования и окружающей среды помещений НПС, формируемая с помощью аналоговых измерительных приборов (датчики давления, перепада давления, температуры, вибрации, силы тока, уровня) и сигнализирующих приборов релейного типа (напоромеры, сигнализирующие манометры, сигнализаторы уровня) поступает на модули ввода аналоговых или дискретных сигналов программируемых логических контроллеров связи с объектом (контроллеров УСО).

Модули ввода аналоговых сигналов преобразуют токовые или потенциальные сигналы в цифровой код для обработки в процессоре контроллера.

Модули ввода дискретных сигналов преобразовывают состояние «включено/выключено» входных цепей в уровень сигналов, необходимых для работы контроллера.

Программное обеспечение (ПО) контроллеров УСО выполнено на языке программирования «Turbo-Cont» с использованием интегрированной среды разработки ПО «Cont-Designer». Оно реализует алгоритмы обработки первичной информации, алгоритмы управления и контроля магистральных насосных агрегатов, вспомогательных систем и запорной арматуры НПС, контроля технологических параметров и защиты НПС, выполняемые системой автоматизации, подготовки и передачи информации о состоянии технологических объектов управления на верхний уровень (на рабочую станцию оператора и в РДП), обработки команд управления с верхнего уровня, обмена информацией с РДП и связи с линейной телемеханикой.

Программное обеспечение верхнего уровня (прикладное программное обеспечение РС АРМ оператора-технолога), разработанное на основе SKADA-пакета Trace Mode фирмы AdAstra, реализует отображение информации на экранах мониторов (видеокадры, табличные формы, графики) для выполнения технологического мониторинга, формирование трендов по измеряемым параметрам, формирование архивной информации, файлов журнала событий и системного журнала, формирование команд управления с пульта оператора технолога.

Кроме обеспечения основных задач ПО системы автоматизации реализует дополнительные специальные функции, необходимые

для работы оператора в реальной обстановке (при регламентных работах, ремонте и др.):

- маскирование параметров — принудительного введения запрета на обработку соответствующего аналогового или дискретного входного сигнала от датчика (при маскировании считается, что этот сигнал соответствует нормальной работе);

- установление системными средствами (или ввод оператором) признака недостоверности аналоговых параметров при их отображении и выводе на печать;

- имитация аналоговых параметров — игнорирования физического входа и замещение текущего значения параметра значением, введенным с операторской станции; отображение и печать значения имитируемого параметра выполняется с соответствующей меткой;

- испытательный режим аналоговых и дискретных параметров, при котором по предельным значениям параметра выдаются только оперативные сообщения с соответствующей меткой, без выдачи управляющих сигналов;

- имитация состояния задвижек (кроме агрегатных) — имитация открытого или закрытого положения задвижки при маскировании сигналов от концевых выключателей;

- квитиование звуковой сигнализации (зуммера) и световой сигнализации (пульсации на видеокадре);

- ограничение доступа к системе — разрешения текущей работы по управлению технологическим процессом и оборудованием НПС, выставления режимов телеуправления для НПС и отдельных магистральных насосных агрегатов, корректировки уставок срабатывания общестанционных и агрегатных защит, корректировки временных уставок, констант генерации, предельных значений аналоговых параметров и ручного ввода параметров состояния оборудования по паролям оператора, диспетчера РДП.

Сформированные системой автоматизации сигналы на управление технологическими объектами с помощью модулей вывода, осуществляющих коммутацию выходного напряжения на активную и/или индуктивную нагрузку, передаются на соответствующие исполнительные устройства.

Контроллеры УСО и рабочие станции АРМ оператора-технолога связаны в локальную вычислительную сеть с «горячим» резервированием.

Для повышения надежности выполнения системой автоматизации основных функций защит НПС, контроля и управления магистральными насосными агрегатами, контроля и управления маслосистемой и системой энергоснабжения, реализуемых в контроллере УСО №1.1, этот контроллер выполнен по схеме «горячего» резервирования.

Сетевые модули С-02А, установленные в контроллерах, используют два независимых канала интерфейса *RS-485* для реализации полевой шины с «горячим» резервом, при этом каждая из РС АРМ оператора-технолога связана с контроллерами по собственной независимой полевой шине. Скорость передачи информации по полевым шинам — 576 кбит/с, канальный протокол *ModBus*.

Ведущим устройством в локальной сети среднего уровня является сетевой модуль С-05А, устанавливаемый в рабочей станции АРМ оператора-технолога. При этом сама РС и контроллеры являются подчиненными устройствами. Сетевой модуль С-05А обеспечивает обмен информацией как между компьютером и контроллером, так и между контроллерами.

Кроме того на среднем уровне системы автоматизации используется переносной терминал, подключаемый по последовательному интерфейсу (*RS-232*) к любому из контроллеров УСО. Переносной терминал выполнен на базе графической программируемой панели

оператора *ER-25T* семейства *UniOP* фирмы *Exor* (Италия). На сенсорном экране переносного терминала отображаются различные переменные в удобном для пользователя формате и тактильные клавиши, задаваемые программно. При подключении к контроллеру на экране переносного терминала отображаются карты общестанционных и агрегатных защит, а также состояние всех входных и выходных сигналов контроллера.

Связь системы автоматизации с РДП и линейной телемеханикой осуществляется через коммуникационный контроллер системы телемеханики, подключаемый по последовательному интерфейсу (*RS-485*) к контроллеру УСО № 1.2.

Информационный обмен между системой автоматизации и другими системами осуществляется по стандартному протоколу последовательной передачи данных, соответствующему ГОСТ Р МЭК 870-5 «Устройства и системы телемеханики. Протоколы передачи» и требованиям СДКУ.

Для резервирования основных функций защит НПС — тревожной сигнализации и защитных отключений, а также пожаротушения в случае потери работоспособности контроллеров и/или РС в состав системы автоматизации включены блок ручного управления (БРУ) и пульт ручного управления пожарного поста.

В январе 1998 г. были проведены заводские испытания опытного образца отечественной микропроцессорной системы автоматизации НПС «Родионовская» по программе, утвержденной комиссией АК «Транснефть».

В комиссии работали ведущие специалисты и руководители АК «Транснефть», ОАО «Черномортранснефть», ОАО «Уралсибнефтепровод», ОАО «Сибнефтепровод», ОАО «Верхневолжскнефтепровод» и ОАО «Северо-Западные МН», ЗАО «ЭЛЕСИ». В рабочих группах, образованных этой комиссией, участвовали также спе-

циалисты ОАО «Гипротрубопровод» и ЗАО «Эмикон».

Основная цель заводских испытаний — проверка отработки аппаратных и отладки программных средств верхнего и среднего уровня системы и подтверждение готовности СА к проведению испытаний в реальных условиях на НПС-1 «Родионовская».

Программой заводских испытаний предусматривалось следующее:

- проверка комплектности и тестирование элементов СА;
- метрологический контроль оборудования среднего и верхнего уровня;
- проверка выполнения алгоритмов управления отдельными подсистемами СА;
- проверка функционирования СА в ручном режиме (с пульта оператора);
- проверка функций маскирования параметров, установления недостоверности аналоговых параметров, имитации аналоговых параметров, квитирования звуковой и световой сигнализации;
- проверка функционирования в автоматическом режиме запуска и работы вспомогательных систем;
- проверка функционирования СА в испытательном режиме запуска МНА;
- проверка функционирования СА в испытательном и автоматическом режиме запуска и работы МНА;
- проверка взаимодействия СА с системой телемеханики;
- проверка доступа к корректировке уставок срабатывания общестанционных и агрегатных защит по паролю главного инженера РДП;
- комплексные испытания срабатывания защит НПС, включая оценку временных характеристик;
- проверка выполнения задач обработки измерений и построения трендов;
- проверка работоспособности СА при предусмотренных по техническому заданию предельных отклонениях напряжения питания

( $220 \pm 20\%$ , кратковременное, до 20 с, снижение напряжения питания на 50 %), а также при отключении питания и работе от блоков бесперебойного питания.

При выполнении перечисленных испытаний одновременно проверялось функционирование интерфейса «оператор—СА» (доступ оператора к системе и защита от несанкционированных действий, задание режимов работы, отображение информации, управление, регистрация и документирование оперативных сообщений). Проверяли работу как основного, так и резервного контроллера УСО 1.1., в том числе выполнение автоматического переключения на резервный контроллер.

При проведении заводских испытаний для проверки работоспособности аппаратных средств и прикладного программного обеспечения среднего и верхнего уровня микропроцессорной СА использовали имитаторы аналоговых и дискретных сигналов, поступающих от технологических объектов управления. Для имитации аналоговых датчиков применяли токовые задатчики (4 ... 20 мА, или другие диапазоны); для имитации дискретных входных сигналов — выключатели и переключки. Для регистрации дискретных выходных сигналов управления объектами применяли реле, снабженные световой индикацией срабатывания.

Комплексный стенд для проведения заводских испытаний включал имитаторы входных/выходных сигналов, подключаемые к соответствующим модулям ввода/вывода штатных контроллеров системы автоматизации.

В процессе заводских испытаний комиссия провела проверку соответствия техническому заданию технической документации на рабочий проект, аппаратного обеспечения опытного образца системы, алгоритмического и программного обеспечения, а также рассмотрела вопросы метрологии и стандартизации.

По результатам заводских испытаний комиссией было отмечено следующее:

- аппаратные средства опытного образца соответствуют техническому заданию на разработку микропроцессорной системы автоматизации и ЧТЗ на систему автоматизации НПС «Родионовская» и достаточны для проведения последующих испытаний;
- алгоритмическое и программное обеспечение в целом соответствует техническому заданию, но требует доработок, касающихся, в основном, повышения эффективности некоторых алгоритмов управления и отображения информации на верхнем уровне системы;
- метрологические параметры контроллеров соответствуют техническому заданию;
- технические средства, программные модули, формы сообщений и отображения отвечают требованиям технического задания в части унификации, что обеспечивает их повторное применение.

Таким образом, заводские испытания опытного образца отечественной микропроцессорной системы автоматизации подтвердили соответствие системы требованиям технического задания, готовность опытного образца к монтажу на объекте и проведению дальнейших испытаний в реальных условиях на НПС «Родионовская». Предварительные испытания системы автоматизации и ввод ее в эксплуатацию предусмотрены в III квартале 1998 г.

#### *Литература*

1. В.А. Саенко. О реконструкции АСУ ТП и создании распределенной трехуровневой системы диспетчерского контроля и управления в составе ЕАСУ АК «Транснефть» // Трубопроводный транспорт. — 1995, № 5.
2. Микропроцессорная система автоматизации НПС. Технические требования. — М.: АК «Транснефть», 1996.