

плексных АСУ производством, со сроком окупаемости 6...12 месяцев. Невостребованность современных методов управления в лучшем случае низводит процесс создания АСУТП до тривиальной модернизации, не принося никаких существенных улучшений.

Необходимо иметь дело с теми компаниями, которые могут предложить весь спектр работ, подтвержденный на аналогичных предприятиях, и ориентироваться на долговременное сотрудничество. И если сделан правильный выбор, то результат практически предопределен. Можно даже сказать, что происходит инверсия действий по управлению проектом:

- если начальные условия верны, то управление проектом сводится к тому, чтобы предотвращать действия, способные нарушить нормальный ход проекта;
- и наоборот: неверный изначальный выбор приводит к тому, что весь проект будет связан с поиском решений, способных хоть как-то спасти проект, и с постоянной угрозой провала. И никаких перспектив перепрыгнуть через барьер примитивной самозащиты.

Появление международных стандартов безопасности, определяющих особые требования к проектированию и конкретной реализации систем управления и защиты, связано со все большим усложнением и ТП, и средств автоматизации, и соответствующим увеличением числа и масштабов аварий на производстве. Все, что способно снизить уровень этих требований, должно рассматриваться как проявление легкомыслия и с профессиональной, и с социальной точки зрения, и с позиции коммерческих интересов.

*Федоров Юрий Николаевич — главный специалист по АСУТП ООО "Кама-Автоматика".*

*Контактный телефон (8555)-313-919, факс 8-(8555)-319-995.*

*Email: fedorov-yn@mail.ru*

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫСОКОНАДЕЖНЫХ АСУТП ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**О.Г. Тюрин, В.С. Кальницкий (Фирма "Пластик Энтерпрайз")**

*Сформулированы принципы, применяемые фирмой "Пластик Энтерпрайз" при создании АСУТП потенциально опасных производств. Наряду с общепринятой структурно-технической составляющей обеспечения надежности таких систем, поставлен вопрос о важной роли ее интеллектуальной составляющей. Приведены примеры АСУТП, внедренных на предприятиях специальной технической химии в течение последних трех лет.*

Фирма "Пластик Энтерпрайз" в течение многих лет уверенно занимает сегмент рынка автоматизации наиболее представительного класса потенциально опасных объектов — ТП и производств отрасли специальной технической химии. В большинстве своем это непрерывные и непрерывно-периодические процессы переработки опасных веществ и смесей в изделия, сопровождающиеся интенсивным тепло- и газо-выделением.

Наряду с главной особенностью — потенциальной пожаро- и взрывоопасностью для таких ТП характерны также: изготовление дорогостоящих и ответственных изделий; повышенные требования к их качеству; значительная длительность (до нескольких недель)

### Список литературы

1. Стандарт ИЕС 61508 "Functional Safety of Electrical / Electronic / Programmable Electronic Safety Related Systems" (Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем, связанных с безопасностью).
2. Стандарт ИЕС 61511 "Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector" (Функциональная безопасность: Оборудованные под безопасность системы для перерабатывающего сектора промышленности).
3. Стандарт ANSI/ISA 84.01-1996 "Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries" (Применение оборудованных под безопасность систем для технологических процессов).
4. Федоров Ю.Н. "Основы построения АСУТП взрывоопасных производств", в 2-х томах. М.: СИНТЕГ, 2006.
5. Стандарт DIN V 19250 "Fundamental Safety Aspects To Be Considered For Measurement And Control Protective Equipment" (Фундаментальные аспекты безопасности, рассматриваемые для связанного с безопасностью оборудования измерения и управления).
6. Стандарт DIN V VDE 0801 "Principles For Computers In Safety Related Systems" (Принципы для компьютеров в системах, связанных с безопасностью).
7. ГОСТ 34.201-89 Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем.
8. ГОСТ 34.601-90 Автоматизированные системы. Стадии создания.
9. ГОСТ 34.602-89 Комплекс стандартов на автоматизированные системы. ТЗ на создание автоматизированной системы.
10. РД 50-34.698-90 Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов.

жизненного цикла изготовления; большое число параметров контроля, регулирования, сигнализации и блокировок; существенные транспортные запаздывания, обусловленные территориальной рассредоточенностью оборудования; нестандартность самого технологического оборудования и сложность протекающих в аппаратах физических, химических, термомеханических, физико-химических, химико-физических и других процессов, а также их динамических характеристик при нанесении управляющих воздействий; отсутствие в ряде случаев измерительной аппаратуры для контроля важных информативных параметров, обусловленное специфическими свойствами перерабатываемого сырья и полуфабрикатов;

многоцелевой характер ТП, требующий организации управления по нескольким антагонистическим критериям: обеспечение безопасности процесса, обслуживания, обслуживающего персонала, а также максимального выхода продукции заданного качества при минимальных затратах на ее производство.

Потенциально опасными дискретными являются в этой отрасли процессы механической обработки, транспортировки, перекладки и др., осуществляемые специализированными робото-техническими комплексами и автоматизированными поточно-механизированными линиями.

#### Принципиальные соображения по обеспечению безопасности ТП и надежности АСУ

Необходимо иметь в виду, что автоматика и автоматизация – отрасли науки и техники, занимающиеся высокими технологиями, позволяющими создавать наукоемкую продукцию, которая станет главным фактором обеспечения экономической безопасности страны в XXI веке.

Авторы убеждены, что каждая АСУТП – "штучный" продукт, который нельзя поставить на поток. Ее тактико-технические характеристики прямо пропорциональны умению и мастерству разработчиков.

К сожалению, готовых универсальных методов и решений по автоматизации конкретного объекта управления не существует. Поэтому мы являемся принципиальными сторонниками технологического объектно-ориентированного подхода к решению проблем и задач, предложенного и развиваемого ИПУ РАН. Суть его заключается в том, чтобы систематическими методами осуществлять использование накопленных знаний и опыта, подбор подходящих методов и инструментальных средств, их адаптацию и интеграцию в рамках работ по конкретной проблеме (задаче) в соответствии с установленными требованиями и сроками.

Итак, вначале необходимо грамотно и четко сформулировать проблему (или тему обсуждения), затем структурировать ее на конкретные задачи и попытаться их решить известными способами.

1. Общеизвестно, что при функционировании потенциально опасных производств высший приоритет имеет цель – обеспечение безопасности ТП, которая может быть достигнута двумя путями: совершенствованием как технологии и оборудования, так и методов и средств автоматизации и управления.

Очевидно, что для технологических "автоматчиков" проблема формулируется следующим образом: "Необходимо обеспечить безопасность ТП методами и средствами автоматизации". Структуризация на основе имеющегося у авторов научного и практического опыта показывает, что решить ее можно также двумя путями: обеспечением заданной надежности системы управления и повышением степени ее интеллектуализации. При этом надо иметь в виду, что часть

интеллектуальных функций АСУТП участвует в обеспечении безопасности ТП не только непосредственно как самостоятельный важный элемент математического обеспечения, но и косвенно через повышение надежности системы. Вопросы интеллектуализации АСУТП особенно важны для потенциально опасных производств<sup>1</sup>.

Таким образом, в отличие от царящей до сих пор терминологической путаницы в понятиях "безопасность" и "надежность" применительно к системам мы на основе структуризации проблемы определили каждому термину его сущность, предназначение и четко структурированную нишу, в которой они должны находиться.

2. Что касается обеспечения заданной надежности АСУТП, то искусство разработчика здесь заключается в умении определить комплекс всех факторов, влияющих на этот показатель качества функционирования системы для конкретного объекта управления, выбрать наиболее эффективные и реализовать соответствующие научно-технические решения.

К сожалению, традиционный подход к решению вопросов надежности сводится к анализу представляемых изготовителем расчетных показателей качества надежности выбранных технических средств и последующему расчету по этим данным отказоустойчивости АСУТП в целом в зависимости от структурной компоновки.

Все знают, что эти показатели являются виртуальными, не проверенными практикой, но в соответствии со стандартом МЭК изготовители продолжают, мягко говоря, вводить заказчиков систем в заблуждение.

Авторы убеждены, что проблема с отказами технических устройств на современном этапе развития автоматки и микропроцессорной техники несколько преувеличена. Ведущие производители (Siemens, Schneider Electric и др.) обеспечивают высокое качество своей продукции. Призываем разработчиков АСУТП не мудрствовать лукаво, а разумно рассчитать и выбрать ЗИП, тем более, что в большинстве ТП есть возможность "горячей" или "холодной" замены отказавшего устройства.

Совершенствованием структурно-технической составляющей обеспечения надежности АСУТП необходимо продолжать заниматься, не забывая при этом об экономической оптимизации технических средств по критерию "цена-качество".

Однако основные усилия разработчиков должны быть направлены на развитие интеллектуальной составляющей обеспечения высокой надежности систем автоматизации. Имеется в виду широкое использование информационных моделей систем, совершенствование методов обработки и повышения достоверности информации, разработка прикладных алгоритмов и ПО для автоматического резервирования и дублирования отдельных элементов, измерительных и управля-

<sup>1</sup> Тюрин О.Г., Кальницкий В.С., Ершенко В.П., Жегров Е.Ф., Куренков В.С. Интеллектуальные АСУТП спецхимических производств // Автоматизация в промышленности. 2005. №8.



Рис. 1

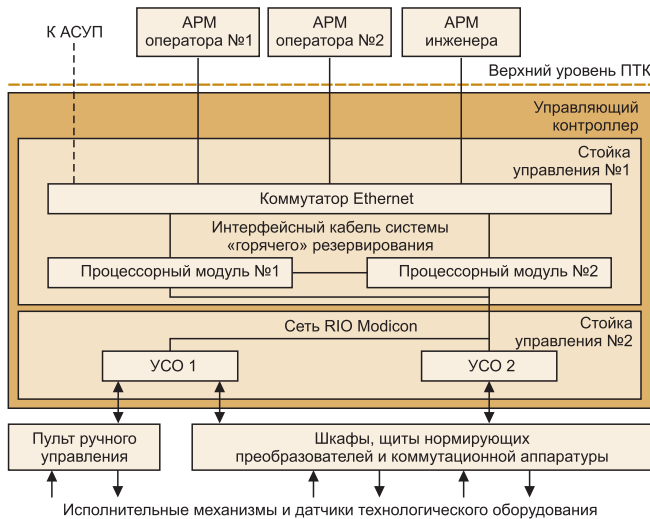


Рис. 2

ющих каналов, а также переконфигурирования схем прохождения сигналов и структур в целом в зависимости от той или иной технологической ситуации и оперативного состояния технических средств. Для обеспечения долговременной работоспособности назрела необходимость организации в ответственных АСУТП подсистем автоматического самоконтроля (не пугать с оперативной самодиагностикой), анализа состояния и прогнозирования жизнеспособности отдельных элементов и узлов с периодической выдачей обслуживающему персоналу рекомендаций по поддержанию заданного уровня надежности.

3. Немаловажное значение имеет организационное обеспечение работ по созданию АСУТП, то есть наличие системы качества на предприятии-разработчике, позволяющей внести весомый вклад в надежность системы управления. Никакие суперсовременные технические средства и вложенный интеллект не

помогут создать высоконадежную систему, если некачественно выполнены проект, сборка, монтаж, пуско-наладка и не проведен комплекс испытаний.

В современных условиях эту проблему можно решить путем интеграции всех указанных видов работ на одном предприятии. Только тогда на практике может быть реализован основной принцип эффективности – работа "под ключ", когда разработчик является и проектировщиком, и конструктором, и программистом, и монтажником, и наладчиком. Такой подход дает возможность применения индустриальных методов, когда ПТК как готовый продукт с заданными техническими характеристиками поставляется заказчику и устанавливается на объекте. При этом сокращаются сроки внедрения, обеспечивается качество и гарантируется надежная работа изделия.

#### Примеры практической реализации. Автоматизация непрерывных ТП

Изложенные выше подходы реализованы в полном объеме в АСУТП производств пластмасс и нитрования, созданных на базе современных ПТК и построенных по принципу двухуровневой иерархической системы. Они успешно функционируют в производственном комплексе ФГУП "ФЦДТ "Союз" (Московская обл.).

Особенности объектов автоматизации: переработка опасных веществ и смесей; быстропотекающие непрерывные процессы; достаточно компактное расположение технологического оборудования; длительность технологического цикла – до 7 суток; число параметров – до 500 ед., число тегов – до 2000 ед.

На рис. 1 и 2 приведены обобщенные функциональная и структурная схемы ПТК этих систем, реализующих централизованное супервизорное управление ТП с помощью АРМ оператора, контроллерного и полевого оборудования. Выделенные на рис.1 подсистемы непосредственно решают задачи обеспечения безопасности и надежности. Выбор архитектуры и технических средств ПТК произведен, исходя из требований обеспечения достаточной надежности, возможности работы в режиме "горячего" резервирования, открытости аппаратной структуры и ПО.

Управляющий контроллер выполнен на базе контроллера Modicon TSX Quantum Schneider Electric. Структурно состоит из двух идентичных процессорных модулей 140 CPU43412, размещенных в отдельных процессорных корзинах, и общих модулей УСО, подключенных к интерфейсу Rio Modicon с помощью процессоров удаленного ввода/вывода 140 CRP932. Процессорные модули работают в режиме "горячего" резервирования, повышая надежность функционирования ПТК в случаях выхода из строя компонентов процессорной корзины. Интерфейс Rio Modicon имеет дублированные линии связи для повышения устойчивости при обрыве одной из них. Связь с АРМ оператора осуществляется по локальной сети Ethernet верхнего уровня через модули 140 NOE 771.

АРМы оператора выполнены на базе высокопроизводительных промышленных ПК ROBO-2000 с целью повышения надежности эксплуатации в производственных условиях и работают также в режиме "горячего" резервирования. Одно из АРМ является основным и управляет ТП, выступая в роли сервера ввода/вывода, обеспечивающего связь с оборудованием нижнего уровня. Второе АРМ находится в резерве, получая всю информацию о ТП, но не участвуя в управлении. Переключение на резервное АРМ происходит автоматически, обеспечивая тем самым непрерывное управление ТП. АРМ инженера, построенное на базе компьютера офисного исполнения с установленным комплексом инструментальных и отладочных программных средств, обеспечивает работоспособность технических средств ПТК, а также используется в качестве тренажера операторов.

Для программирования управляющего контроллера применяется инструментальная система Concept 2.5 XL, поддерживающая языки программирования по стандарту МЭК 61131-3. В качестве системного ПО верхнего уровня используется ОС Windows 2000 Professional. Прикладное ПО верхнего уровня — SCADA-система Citect — обладает широкими возможностями визуализации для построения операторских интерфейсов высокой степени сложности, развитой системой представления трендов процессов, архивирования технологических параметров, регистрации событий, генерации объектов, поддержкой режима "горячего" резервирования АРМ оператора и др. Обеспечение информацией всех подсистем ПТК производится через объединенную БД.

Для обеспечения их надежности реализованы следующие структурно-технические и программные решения:

- применение датчиков аналоговых сигналов с токовым выходом 4...20 мА. Контроллерный модуль аналогового вывода выполняет диагностику канала (датчик+линия связи) и фиксирует отказ канала при выходе токового канала за пределы 4...20мА (обрыв датчика/линии связи при токе <4 мА, короткое замыкание датчика/линии связи при токе >20 мА);
- установка резервных датчиков и использование переключения управления параметром (например, температурой) с основного датчика контура управления на резервный. При обнаружении контроллером отказа измерительного канала происходит автоматическое включение в контур управления другого датчика этого же параметра, до этого использовавшегося только для контроля параметра;
- диагностика каналов управления путем контроля времени с момента выдачи контроллером управляющего сигнала до момента срабатывания исполнительного механизма. Срабатывание контролируется по датчикам положения (конечным выключателям).

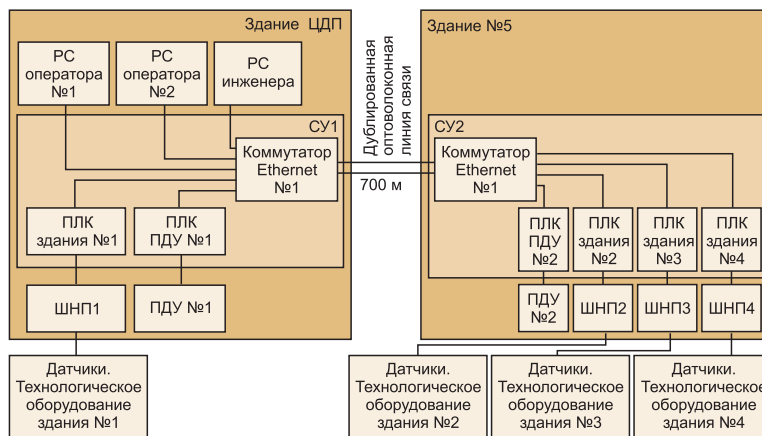


Рис. 3

При превышении установленного времени срабатывания фиксируется отказ исполнительного механизма (при исправном контроллерном модуле вывода). Дальнейшие действия определяются алгоритмом управления конкретным оборудованием;

- "горячее" резервирование процессорных модулей;
- дублирование сети для системы распределенных устройств ввода/вывода (Rio Modicon);
- самодиагностика контроллеров;
- возможность "горячей" замены отказавшего модуля без выключения контроллера и остановки процесса управления;
- резервирование контроллерных модулей и других устройств с малым временем замены (ЗИП);
- оснащение ПТК необходимым числом источников бесперебойного питания (ИБП).

Заслуживает внимания распределенная система управления, внедренная в 2006 г. на одном из производственных комплексов ФКП "Комбинат "Каменский". Главные особенности этого производства — большая территориальная рассредоточенность локальных технологических объектов управления; значительная удаленность (700 м) их от ЦДП; длительность технологического цикла — до 30 суток; суммарное число сигналов ТП — 450 ед., тегов — 1900 ед. Из-за большой инерционности ТП не критичны по времени включения резерва или замены вышедших из строя технических средств (≤2 часов). Структурная схема двухуровневого ПТК приведена на рис. 3 (где ПДУ — пульт дистанционного управления, ШНП — щит нормопреобразователей). Функциональная схема аналогична рис. 1.

В данной системе принято дополнительное по сравнению с описанными выше решение по надежности: устойчивый информационный обмен между ПК оператора, контроллерным оборудованием СУ1 и СУ2 (удаленных друг от друга на 700 м), а также дистанционное управление технологическими объектами зданий №№ 2, 3, 4 с ПДУ №1 ЦДП обеспечивается по дублированной оптоволоконной линии связи сети Ethernet. Кроме того, в структуру системы введены резервные каналы управления технологическими

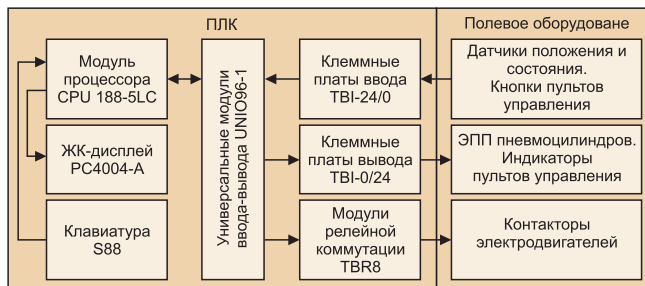


Рис. 4

объектами с ПДУ1 и ПДУ2 через посредство соответствующих ПЛК.

Контроллерный уровень построен на базе ПЛК SIMATIC S-7-300 производства фирмы Siemens. ПК оператора выполнены на базе промышленных ПК ROBO-2000. Для организации сети Ethernet используются коммутаторы MOXA EDS-308-MM-SC с шестью каналами проводных линий и двумя оптическими каналами для оптоволоконной линии связи. В качестве ПК инженера применен компактный компьютер (лэптоп) HP Compaq nx6125 фирмы Hewlett Packard с внешним приводом для записи DVD- и CD-дисков и ОЗУ 512 Мбайт. На ПК оператора установлены: ОС MS Windows XP Professional и SCADA WinCC v.6.0; на ПК инженера – ОС MS Windows XP Professional, SCADA WinCC v.6.0, инструментальное ПО программирования ПЛК Step 7 v.5.3.

#### Автоматизация дискретных производств

На ФКП "Пермский пороховой завод" создан и внедрен ряд ПТК для управления робототехническими комплексами (РТК) и поточно-механизированными линиями (ПМЛ) мехобработки изделий.

В состав типового объекта РТК и ПМЛ входят: транспортеры загрузки и выгрузки; станки мехобработки изделий (некоторые оборудованы системой ЧПУ Sinumerik 802C фирмы Siemens и электроприводами Simodrive 611 фирмы Siemens); автооператор для перемещения обрабатываемых изделий между транспортерами и станками; вспомогательные механизмы: кантователи, шиберы системы стружкоудаления и др.

Технологическое оборудование располагается в нескольких помещениях, имеющих категорию ВIIа. В одном помещении находятся два станка и автооператор. В этих же помещениях расположены элементы управления исполнительными механизмами, датчики и местные посты управления. Оборудование ПЛК и пульт дистанционного управления располагаются в некатегорийных помещениях.

РТК и ПМЛ как объекты управления содержат исполнительные устройства (пневмоцилиндры и электродвигатели), датчики положения (концевые выключатели) и состояния (дополнительные контакты контактов) этих устройств, датчики и приборы, обеспечивающие безопасное выполнение технологических операций. Как правило, с помощью современных аппаратно-программных средств решаются задачи

логики-программного управления в рамках заданных циклограмм.

ПТК оперирует дискретными сигналами в диапазоне 600...700 ед. (соотношение ввода/вывода примерно 1,5:1,0). Типовая структурная схема ПТК приведена на рис. 4.

При разработке ПТК реализованы следующие принципы: использование высоконадежных технических средств; конструктивное исполнение, обеспечивающее надежную работу оборудования, а также быструю замену неисправных элементов; тестирование аппаратных и программных средств перед запуском ПТК в рабочий режим; контроль времени выполнения каждой операции технологического оборудования и формирование на этой основе диагностических сообщений о неисправности как полевого (датчики и исполнительные устройства), так и контроллерного оборудования.

В ПТК использованы высоконадежные модули и платы, производимые фирмой Fastwel. Модуль процессора CPU 188-5LC, выполненный в стандарте MicroPC, установлен в объединительной панели ICC191. В эту же панель устанавливается необходимое число универсальных модулей ввода/вывода UNIO96-1, имеющих по четыре программируемых порта на 24 входа/выхода. К этим портам подключены клеммные платы ввода TBI-24/0 и вывода TBI-0/24, обеспечивающие опторазвязку внутренних электрических цепей ПЛК и цепей полевых устройств. На платах ввода/вывода расположены светодиодные индикаторы, отражающие состояние всех сигналов, проходящих через них. К UNIO96-1 также подключены восьмиканальные модули релейной коммутации TBR8, с помощью которых включаются контакторы электродвигателей и коммутируются цепи питания внешних устройств. К CPU 188-5LC подключены ЖК-дисплей Powertip PC4004-A (4 строки по 40 символов) и матричная клавиатура Grayhill S88 (4x5 кнопок). Такое исполнение ПЛК обеспечивает простой и надежный монтаж контроллерного оборудования, быстрое и удобное его обслуживание и ремонт.

Конструктивно оборудование ПЛК смонтировано в электротехническом шкафу фирмы ZPAS. Для пультов используются корпуса фирмы HENSEL, кнопки и индикаторы фирмы Weidmuller и Schneider Electric. Для обеспечения взрывозащиты применяется полевое оборудование с маркировкой Exd (взрывонепроницаемая оболочка) и Exr (метод повышенного давления). Монтаж оборудования выполнен с применением клеммных соединителей фирмы WAGO. Внутри шкафов для монтажа широко используются плоские шлейфы, а внешние проводки выполнены контрольным кабелем КВВГ.

Прикладное ПО выполняет логические и вычислительные операции по реализации функций сбора, обработки, анализа, передачи и представления данных в соответствии с функциями ПТК и строится по модульному принципу. Программа написана на языке

ке Pascal, версия компилятора Turbo Pascal 7.0. Контроллер имеет IBM PC совместимую архитектуру. ОС совместима с MS DOS 6.22.

Программа содержит модули обеспечения надежности ПТК и безопасности ТП. Специальный модуль имитирует работу полевого оборудования, что позволяет проводить тестирование без пуска технологического оборудования. В рабочем режиме при работе по циклограмме, соответствующей технологической единице, в случае сбоя временного цикла или неисправности оборудования диагностируются и отображаются на дисплее код ошибки и рекомендации по ее устранению. Исполнительные механизмы при этом обесточиваются.

### Новый проект

Особый интерес представляет создаваемая в настоящее время компанией "Пластик Энтерпрайз" и ФЦДТ "Союз" АСУТП долговременного хранения продукции (завершен рабочий проект), главная особенность которой заключается в обеспечении непрерывной бесперебойной работы в течение  $\geq 20$  лет (рис. 5). Кроме автоматического мониторинга и управления режимами хранения, система должна вести историю каждого из сотен образцов продукции за этот период в условиях постоянного обновления и пополнения, постоянно диагностировать собственное состояние, принимать оперативные меры по недопущению сбоев и отказов и давать эксплуатационникам своевременные рекомендации по профилактическим работам и замене (в случае необходимости) элементов ПТК.

Для обеспечения высокой надежности на нижнем уровне выбран управляющий контроллер Quantum нового поколения фирмы Schneider Electric. Он имеет модульно-адаптируемую архитектуру. Комплект процессоров контроллера состоит из двух идентичных процессорных корзин №1 и №2, работающих в режиме "горячего" резервирования и расположенных в стойке управления. К процессорным корзинам по схеме удаленного ввода/вывода с дублированными линиями связи подключаются блоки УСО, расположенные в стойках УСО-1 (основная) и УСО-2 (резервная).

Промышленная сеть нижнего уровня ПТК базируется на сетевой технологии Rio Modicon. Сеть обеспечивает работу с удаленными модулями ввода/вывода на удалении до 4,5 км при использовании специализированного коаксиального кабеля. Скорость передачи данных составляет 1,544 Мбит/с. Кабельная система Rio Modicon состоит из магистральной линии с ответвлениями и ответвительными кабелями до каждого отдельного удаленного узла. В сети Rio ПТК сконфигурировано четыре удаленных узла, расположенных в стойках УСО.

Для повышения надежности передачи данных используется вариант конфигурации с резервным кабелем. Отказ каналов связи не влияет на работоспособность подключенных к ним модулей. Процессоры удаленного ввода/вывода средствами самодиагности-

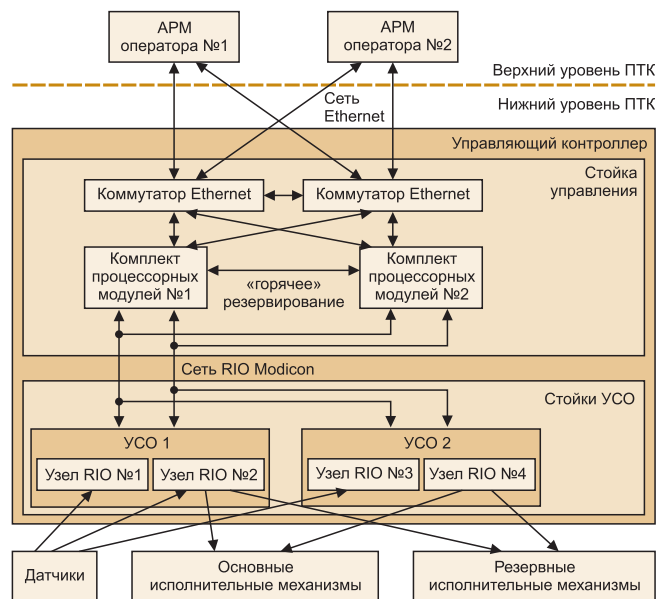


Рис. 5

ки выполняют обнаружение и индикацию неработающей линии связи. При этом контроллер переходит на резервную линию или, при ее отсутствии — в автономный режим работы.

При прекращении связи с удаленным контроллером выходы модулей УСО сохраняют последнее рабочее состояние, а их данные сохраняются в управляющем контроллере на время удержания, задаваемое при конфигурации пользовательских программ. По окончании времени удержания выходы УСО переходят в заданное конфигурацией контроллера состояние, а состояние входов обнуляется.

Все модули УСО позволяют выполнять "горячую" замену без отключения питания. К модулям аналоговых входов УСО подключены датчики и измерительные преобразователи технологических параметров с токовым выходом 4...20 мА. К модулям аналоговых выходов подключены устройства с входным сигналом 4...20 мА. Аналоговые сигналы, подключенные к устройствам во взрывоопасных зонах, защищены барьерами искрозащиты.

К модулям дискретных входов подключены блоки релейные контакты магнитных пускателей, электроприводов насосов, контакты сигнализаторов, датчиков конечных положений, переключателей режимов управления. К модулям дискретных выходов подключены цепи управления исполнительными механизмами.

В состав ПТК на верхнем уровне входят два АРМ оператора, содержащие серверные компьютеры в промышленном исполнении и функционирующие в режиме "горячего" резерва. В структуре ПТК имеется информационное табло, управляемое любым из двух системных блоков АРМ в зависимости от оперативной ситуации.

По сравнению с описанными разработками впервые в реализацию ПТК заложен целый комплекс новых структурных и интеллектуальных программно-технических решений, позволяющий обеспечить высокий уровень надежности системы.

Надежное функционирование ПТК обеспечивается путем комплексного контроля входящих, исходящих и внутренних информационных сигналов, дублированием всех элементов измерительных и управляющих каналов, а также оперативным перекомфигурированием аппаратно-программных средств в случае обнаружения сбоев и отказов.

Отказ элементов ПТК фиксируется системой самодиагностики. В зависимости от характера отказа происходит полный или частичный останов оборудования (выведение процесса в более безопасное состояние до момента устранения неисправности), либо продолжается управление технологическим узлом с потерей некоторых функций, не являющихся жизненно важными (функциональное резервирование с деградацией функций).

С помощью средств самодиагностики фиксируются следующие ситуации: отказы контроллера, индивидуальных модулей, источников питания, АРМ оператора; обрыв в цепи ввода каждого из дискретных сигналов; несоответствие текущего состояния дискретных выходов заданному пользовательской программой; отклонение сигналов от заданных предельных значений. При отказе сети Ethernet информация продолжает проходить по альтернативному (дублирующему) каналу. При отказе модуля одного из процессоров контроллера управление автоматически передается находящемуся в горячем резерве второму комплексу процессорных модулей. При отказах локальной сети нижнего уровня Rio для передачи информации используется резервный канал.

*Тюрин Олег Георгиевич — канд. техн. наук, директор-главный конструктор, Кальницкий Вадим Семенович — канд. техн. наук, доц., заместитель директора по науке фирмы "Пластик Энтерпрайз".*

*Контактный телефон (86352) 4-61-71. E-mail: plastic@plasticenterprise.ru [Http://www.plasticenterprise.ru](http://www.plasticenterprise.ru)*

## РЕЗЕРВИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КОНТРОЛЛЕРОВ ТЕКОН для ответственных применений

**Д.А. Филимонов, В.В. Скороходов (ЗАО ПК "Промконтроллер")**

Компания ТЕКОН еще в 90-е годы одной из первых в России разработала и начала серийный выпуск устройств, предназначенных для обеспечения непрерывной и безотказной работы объектов, прекращение работы которых связано с существенными производственными потерями. Именно снижением вероятности производственных потерь обусловлено применение отказоустойчивых систем автоматизации на базе ПЛК с повышенным коэффициентом готовности. При этом система автоматизации проектируется таким образом, чтобы она всегда оставалась готовой к заранее определенным (запрограммированным) действиям при любых ситуациях, даже в случае возникновения отказа одного или нескольких компонентов системы. Чем выше уровень производственных потерь, связанных с незапланированным остановом промышленного объекта, тем более целесообразно применение отказоустойчивой системы автоматизации. Рассмотрены отказоустойчивые комплексы, построенные на базе контроллеров ТЕКОН, обеспечивающие непрерывную и безотказную работу ТП ответственных производств.

Обеспечение высокой надежности функционирования контроллерного оборудования, которая непосредственно связана с отказоустойчивостью системы автоматизации в целом, является ключевой отличительной особенностью сложных и ответственных систем, выполненных на базе контроллеров ТЕКОН.

Требуемый уровень надежности достигается комплексом мероприятий, к числу которых относятся:

Измерение параметров осуществляется тремя однотипными датчиками; от двух датчиков сигналы поступают в УСО-1, от третьего — в УСО-2. Процессорные модули принимают информацию от УСО-1 и УСО-2, при отказе одного из УСО (или подключенных к нему датчиков) решение об управлении принимается на основании информации работающего УСО.

Дискретные входные сигналы аналогично поступают по отдельным цепям в стойки УСО-1 и УСО-2. Дискретные выходные сигналы поступают от УСО-1 и УСО-2 на панели реле, в которых реализованы схемы многоточечного управления.

Аналоговые выходные сигналы поступают от УСО-1 и УСО-2 к исполнительным механизмам, а в ПЛК реализуется алгоритм параллельного бесконфликтного управления.

Надежность прикладного ПО верхнего уровня обеспечивается дублированием на АРМ следующих программных серверов: файловых; ввода/вывода; трендов; тревог; отчетов. Дублирование серверов обеспечивает "горячее" переключение соответствующих функций верхнего уровня без потери данных в аварийных ситуациях. Вся информация об отказах выдается на экраны АРМ и архивируется для дальнейшего изучения и анализа.

Принципы построения и технические решения, заложенные в представленный проект новой системы управления и направленные на обеспечение ее долговременной жизнеспособности, могут служить основой для создания высоконадежной интеллектуальной АСУТП XXI века.

- использование в контроллерах современной элементной базы. Технические средства включают оптимальное число электронных компонентов, имеющих повышенную надежность;

- специальные меры по снижению потребляемой и рассеиваемой мощности оборудования для уменьшения вероятности возможного локального перегрева аппаратуры и ее отказов;