

ного резерва. При восстановлении работы главного сервера он вновь становится резервным. Соединение главного и резервного серверов с ПЛК осуществляется по дублированным каналам Ethernet, обеспечивая надежную доставку данных в SCADA-систему.

Заключение

ПО ПТК СМ СИКОН создано на базе ОС РВ, что позволяет использовать данный ПТК в проектах с высокими требованиями к надежности и отказоустойчивости системы управления. Исходные коды ПО систем как нижнего, так и верхнего уровня полно-

стью контролируются отечественными разработчиками, так что при необходимости возможно их исследование и сертификация для применения в самых ответственных приложениях. ПТК СМ СИКОН с успехом применяется на ответственных объектах производства карбамида и аммиака (Таджик Азот), а также для испытания ракетных двигателей (НИИХиммаш). Планируется его адаптация для объектов энергетики.

ПТК СМ СИКОН можно рекомендовать к применению на ответственных участках опасных объектов химической, атомной и др. отраслей промышленности, требующих катастрофоустойчивости.

*Зиновьев Валерий Леонидович — зам. директора ООО "Компьютерные комплексы",
Фрейдман Андрей Витальевич — зам. директора Научного центра "Науцилус".*

Контактные телефоны (495) 135-35-91, (495) 939-58-72.

E-mail: zin@kompex.ru freydmann@nautsilus.ru

СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ И "КРИТИЧЕСКОГО" УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ TRICONEX

Д.Ю. Свечников, П.Н. Кирюшин (Компания "Инвенсис Системс")

Представлен обзор систем противоаварийной защиты и управления критическими с точки зрения безопасности объектами, реализованных на аппаратных средствах повышенной отказоустойчивости фирмы Triconex.

Подразделение Трайконекс (Triconex) в составе ООО "Инвенсис Системс" представляет на рынках России, стран СНГ и Балтии ряд продуктов, решений и инженерных услуг для систем противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ), отказоустойчивого управления промышленными объектами, а также средства и системы управления турбокомпрессорным оборудованием.

Противоаварийная защита

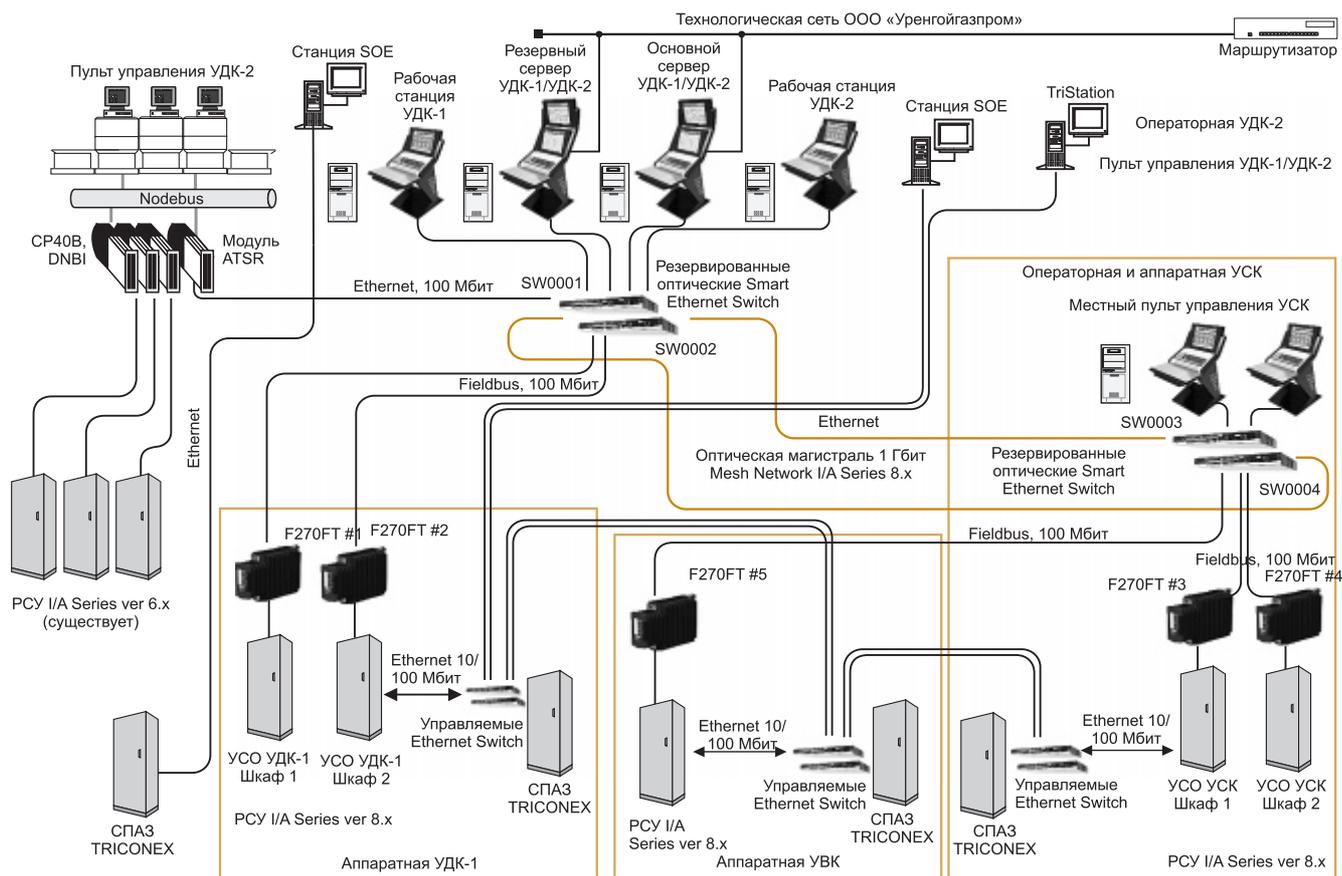
Противоаварийная защита — особое звено в АСУТП. Российским специалистам известен краткий термин — ПАЗ. За рубежом принято обозначать соответствующий круг функций термином ESD (Emergency Shut-Down), а группу оборудования — SIS (Safety Instrumented System). ПАЗ — сфера исключительной ответственности и жесткой стандартизации, выработанная на основе тяжелого опыта промышленных аварий и катастроф.

В России нормативным документом, формулирующим основные требования к ПАЗ, являются "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств" ПБ 09-540-03. Эти правила устанавливают ряд обязательных инженерных решений и ограничений (независимость функционирования ПАЗ от системы управления, резервирование, диагностика и самодиагностика систем и др.). При этом, однако, в документе нечетко разделены функции между системами управления и ПАЗ, присутствует ряд терминологических неопределенностей, а самое главное — взрывоопасность рассматривается в отрыве от прочих производственных опасностей (пожарной, газовой, связанной с движущимися

механизмами и др.). Наличие большого числа отраслевых руководящих документов не столько закрывает нормативную неполноту, сколько создает путаницу.

Стандарты США и Западной Европы, получившие мировое признание, отличаются комплексным подходом к промышленным опасностям и исчерпывающей четкостью формулировок. Они охватывают все вопросы, начиная от контроля технических средств ПАЗ в процессе их производства и заканчивая вопросами эксплуатации и технического обслуживания. Главным критерием допуска технических средств и инженерных решений в системы ПАЗ является общий уровень опасности объекта, оцениваемый по числу возможных человеческих жертв в случае аварии. Стандарт DIN V 19250 определяет восемь классов опасности объектов от наименьшего АК1 до наивысшего АК8. Стандарт Международного Электротехнического Комитета IEC 61508 устанавливает четыре уровня полноты безопасности (Safety Integrity Level, SIL) от минимального SIL1 до максимального SIL4. Для каждого из указанных классов определены требуемые показатели надежности систем ПАЗ.

Сертификацию технических средств ПАЗ осуществляет Ассоциация Технического Надзора Германии (TUV) — независимая организация, сертификат которой официально признан в настоящее время более чем в 40 странах мира. Компания Triconex ведет последовательное и плодотворное сотрудничество с международными контролирующими и сертифицирующими организациями. Контроллеры Tricon и Trident имеют сертификаты TUV. Контроллеры архитектуры TMR (Triple Modular Redundancy) являются универсальным и наиболее функциональным микропроцессорным средством для уровней до АК6 и SIL3.



Структурная схема АСУ ТП УДК-1/УСК УПКТ

Функциональность современных систем ПАЗ

Задача ПАЗ — только останов производства в случае аварии? Нет! Функциональность современных систем ПАЗ гораздо шире. В круг их задач входит:

- автоматизация последовательных алгоритмов пуска и планового останова ТП;
- реализация разнообразия алгоритмов последовательного останова в зависимости от его причин;
- автоматическое переключение на резервное технологическое, насосное и иное оборудование при сбоях в отдельных узлах ТП;
- автоматическое взведение/снятие деблокировочных ключей;
- непрерывная диагностика исправности каналов ввода/вывода, датчиков, исполнительных механизмов, логики выполняемого процесса;
- прогнозирование развития аварийных и предаварийных ситуаций;
- регистрация последовательностей событий с целью выявления первопричин любых остановов и переключений;
- исключение "человеческого фактора" как фактора аварийности (контроль и регистрация действий оператора, блокировка заведомо ошибочных действий, формирование сообщений оператору о необходимых действиях).

Пример реализации системы ПАЗ на аппаратных средствах Triconex, интегрированной в распределенную систему управления I/A Series на УДК-1/УСК УПКТ ООО "Уренгойгазпром", представлен на рисунке.

"Критическое" управление

Системы "критического" или отказоустойчивого управления хотя и не являются системами ПАЗ, но приближаются к ним по предъявляемым требованиям. Наряду с высокими показателями надежности в таких системах требуется непрерывность управления. В этот класс входят системы управления для таких объектов, останов которых недопустим по условиям эксплуатации или ведет к гигантским экономическим потерям. Сюда же входят производства, на которых возможно скоротечное развитие аварийных ситуаций, а также объекты, обеспечивающие безопасное функционирование крупных цехов и целых предприятий (печи, факельные установки).

Контроллеры архитектуры TMR обеспечивают непрерывность управления за счет отсутствия элементов, одиночные отказы которых способны привести к сбою системы. Кроме того, в этих контроллерах исключены отказы, связанные с рассогласованием информации и управляющих воздействий в каналах, что достигается мажоритарной выборкой информации, непрерывной взаимной корректировкой баз оперативных данных процессорных модулей и процессоров ввода/вывода, развитыми средствами системной самодиагностики.

Управление турбокомпрессорным оборудованием

Управление мощными турбинами и центробежными компрессорами — еще одна особая область в современной промышленной автоматизации. Мощ-

ные машины несут значительную потенциальную опасность, требуют непрерывности управления и высокого быстродействия. Кроме того, для них используются особые алгоритмы – антипомпажное управление, распределение нагрузок между машинами, противоразгонная защита турбин. Для профессиональной разработки систем управления турбокомпрессорным оборудованием необходимы специальные знания в областях термодинамики, гидрогазодинамики, электрического привода.

Функции управления и ПАЗ турбокомпрессорного оборудования целесообразно объединять в единой отказоустойчивой системе на базе контроллеров архитектуры TMR. Для разработки прикладного ПО таких систем Triconex предлагает специализированные библиотеки функций. Компанией также поставляются специализированные контроллеры для выполнения отдельных функций. Эти контроллеры могут работать как автономно, так и в интеграции с системами управления Triconex или иных поставщиков.

Антипомпажный алгоритм, как и все остальные алгоритмы турбомашинного управления, разрабатывается на языке FBD. Фирма Triconex создала специальные библиотеки FBD блоков для решения следующих задач:

- управление подачей топлива в газовые турбины;
- управление частоты вращения паровой турбины, регулирование отбора пара;
- управление компрессорами – противопомпажная защита, регулирование технологических переменных, распределение нагрузки;
- управление нагрузкой и синхронизация электрогенератора.

Архитектура TMR

Тройное модульное резервирование (Triple Modular Redundancy, TMR) – уникальная архитектура контроллеров, включающая следующие основные элементы:

- полное тройное резервирование главных процессоров и каналов ввода/вывода;
- непрерывная диагностика всех элементов контроллера и внешних цепей;
- непрерывный обмен данными между главными процессорами, осуществляемый каждым исправным процессором независимо, обеспечивающий идентичность данных в памяти каждого из процессорных модулей, на каждом цикле выполнения программы контроллера;
- мажоритарная выборка данных исправных дискретных каналов по схеме "два из трех";
- арифметическое усреднение данных между исправными аналоговыми каналами;
- тройное резервирование внутрисистемных шин и коммуникаций.

Контроллеры Tricon и Trident, построенные на основе архитектуры TMR, обладают не только полной устойчивостью к единичным отказам элементов, но исключительно устойчивы ко множественным отка-

зам. При двух отказах элементов даже в самом худшем случае, когда они происходят в одном узле системы, работа может продолжаться на оставшемся третьем канале.

Архитектура TMR – эффективное средство повышения не только безопасности производства, но и его эффективности за счет исключения остановов из-за ложного срабатывания отдельных элементов системы.

С точки зрения монтажа, подключения средств ввода/вывода, программирования и обслуживания системы TMR являются едиными. Каждый датчик, реле или иное внешнее оборудование подключается к одной паре клемм. Необходимые электрические соединения выполнены внутри контроллера. Все вопросы взаимодействия между троированными элементами берет на себя ОС контроллера.

Контроллер Tricon архитектуры TMR – наиболее мощный по числу сигналов ввода/вывода. Он предназначен для систем отказоустойчивого управления и ПАЗ крупных производственных объектов. Основными сферами применения контроллера являются: нефтяные и газовые промыслы; различные установки и блоки нефте- и газоперерабатывающих заводов (ЭЛОУ, АТ, АВТ, каталитический крекинг, риформинг, гидроочистка, висбрекинг, изомеризация, резервуарные парки, сливно-наливные эстакады и др.); нефтехимия (производства полиэтилена, ацетилена, окиси этилена, гликолей и др.); основная химия (агрегаты аммиака, азотной кислоты, аммиачной селитры, карбамида и др.); котельные установки и агрегаты; печи и факельные установки различного назначения; компрессорные цеха и газоперекачивающие станции.

Контроллер Tricon в зависимости от конфигурации поддерживает до 7500 сигналов ввода/вывода. На главном монтажном шасси контроллера размещаются три главных процессора, коммуникационные модули различных типов и до шести модулей ввода/вывода. Кроме того, в состав системы могут входить до 14 шасси местного и/или удаленного расширения, обеспечивающие размещение шести или восьми модулей ввода/вывода в каждом шасси. Все шасси системы соединены между собой троированными линиями связи. Для удаленного расширения используются оптические кабели, что делает доступным расстояние до 12 км. Каждое шасси снабжено двумя независимыми, изолированными модулями электропитания.

Каждый логический слот ввода/вывода имеет по две установочные позиции для модулей. Если в модуле архитектуры TMR обнаруживается отказ, диагностическое сообщение поступает на инженерную станцию. Работа модуля продолжается на двух оставшихся каналах. Персонал, допущенный к обслуживанию системы, устанавливает рядом с отказавшим модуль из комплекта ЗИП. Система проводит диагностику нового модуля и в случае неисправности передает управление ему. После этого отказавший модуль можно извлечь и направить в ремонт. Процедура замены не создает нарушений в ТП и не влияет на безопасность. Механиче-

ские ключи защищают систему от ошибочной установки модулей разных типов в один логический слот. Если необходимо, в системе обеспечивается "горячее" резервирование всех модулей. При этом все они постоянно подвергаются диагностике. В систему Tricon входит широкое разнообразие модулей, поддерживающих различные физические типы сигналов:

- аналоговый и дискретный вход (до 64 точек на модуль);
- дискретный выход (16 или 32 точки на модуль);
- аналоговый выход (8 точек на модуль);
- импульсный вход (8 точек на модуль).

Существующие модули позволяют создавать конфигурации, полностью соответствующие архитектуре TMR. Тем не менее, для отдельных приложений и групп сигналов, несвязанных с безопасностью, могут использоваться модули дублированной или нерезервированной архитектуры. Для подключения электрических цепей ввода/вывода предусмотрены терминальные панели, обеспечивающие простоту монтажа и питание от дублированных источников. В случае необходимости вместо терминальных панелей Triconex могут использоваться "разделанные" кабели для подключения промежуточных реле, либо специальные кабели для прямого подключения терминальных плат с барьерами искробезопасности серий NiD2000, D1000 и т. д.

Коммуникационные модули контроллера Tricon поддерживают как принятые в мире стандартные интерфейсы (MODBUS, TCP/IP, ETHERNET), так и специализированные протоколы для прямой интеграции с распределенными системами управления (PCU) всех поставщиков (Nodebus, UCN, LCN, Data Hiway и т.п.).

Trident – отказоустойчивый контроллер средней мощности архитектуры TMR

Области применения Trident:

- объекты тех же классов и с теми же требованиями, что и для контроллера Tricon, но с меньшим числом сигналов ввода/вывода (до 750 ед.);
- отдельные контуры и подсистемы управления, для которых наряду с отказоустойчивостью критичным является быстрдействие ("Главный регулятор" производства полиэтилена, антипомпажное управление компрессорами, противорагонная защита турбин и др.);
- отдельные компрессорные агрегаты, в том числе входящие в состав технологических установок (производство азотной кислоты, каталитический крекинг и др.);
- передвижные электростанции.

Модули контроллера Trident устанавливаются на монтажных платах, которые в свою очередь крепятся на DIN-рейке. Платы соединяются между собой перемычками, обеспечивающими электропитание и передачу данных по системной шине. Комплекты кабелей расширения позволяют размещать компоненты одной системы на нескольких рейках. Таким образом, система Trident отличается исключительной

простотой монтажа и обслуживания среди всех существующих отказоустойчивых систем управления.

Каждая процессорная плата позволяет установить три процессорных модуля, платы коммуникаций и ввода/вывода – по два модуля. Система имеет два независимых ввода электропитания. Большинство модулей Trident имеет архитектуру TMR:

- аналоговый и дискретный вход (по 32 точки на модуль);
- дискретный/аналоговый выход (16/4 точек на модуль);
- импульсный вход (6 точек на модуль).

Если допустимо по условиям процесса, могут использоваться также модули релейного выхода нерезервированной архитектуры на 32 точки. Как и для контроллера Tricon, есть возможность "горячей" замены модулей. Контроллеры Trident поддерживают стандартные интерфейсы MODBUS, TCP/IP, Ethernet.

Программная среда TriStation 1131 предназначена для конфигурирования, программирования и диагностики контроллеров Tricon и Trident; содержит все необходимые средства для разработки и документирования прикладного проекта. Поддерживает языки функциональных блок-диаграмм (FBD – язык, рекомендуемый в качестве основного), релейно-лестничной логики (RLL), структурированного текста (ST) и причинно-следственных матриц (СЕМ). Включает развитые библиотеки стандартных функций, комплекс диагностических средств, а также возможность эмуляции контроллера для отладки прикладной программы вне производственного объекта. Функционирует в ОС MS Windows.

Регистратор последовательностей событий SOE Recorder – программное средство, позволяющее с высокой точностью по времени регистрировать и анализировать переключения, происходящие в системах Tricon или Trident. В отличие от стандартных систем архивирования данных позволяет установить точную первопричину срабатывания блокировок, исключает останов процесса "по неизвестным причинам".

САУ турбокомпрессорным оборудованием

Как зона повышенной ответственности, задачи управления турбокомпрессорным оборудованием входят в сферу деятельности подразделения Triconex компании Invensys. Triconex предлагает широкий спектр технических решений для управления турбинами и компрессорами.

Система TS3000 (Tri – Sen 3000) на базе контроллера Tricon (TMR) и системы вибромониторинга Bently Nevada реализует комплекс функций управления и защиты турбокомпрессорных агрегатов. Включает библиотеки специализированных функций, регистратор последовательности событий, местный операторский интерфейс. Интегрируется с распределенными системами управления и SCADA пакетами. На базе системы TS 3000 осуществляется интегрированный подход к управлению турбомашинами. Мощность системы позволяет выполнять все функции последовательного уп-

правления, регулирования и защиты четырех турбомашин. Под турбомашинной понимается комплекс состоящий, например, из паровой турбины и компрессора или газовой турбины и компрессора и т.п., нагрузкой может быть и электрогенератор.

Кроме контроллеров TMR архитектуры (Tricon и Trident) компания выпускает семейство нерезервированных контроллеров локального назначения с ограниченным вводом/выводом. Контроллеры для паровых турбин TS310, TS310SV, TS320 обеспечивают регулирование частоты вращения и технологических параметров; реализуют: автоматический пуск, останов, предотвращение работы в зоне критической скорости. Имеют встроенные операторские интерфейсы и порты Modbus. Контроллер для антипомпажного управления центробежным компрессором TS160 имеет встроен-

ный интерфейс. Поддерживает протокол Modbus. TurboSentry – троированное электронное устройство для противоразгонной защиты вращающихся машин.

Все продукты Triconex помимо количественных показателей надежности отвечают самым гибким требованиям по сервисному обслуживанию (межремонтные сроки, "горячая" замена модулей без останова производства, развитые средства диагностики). Обеспечивается надежная защита от сбоев, связанных с "человеческим фактором": разграничение доступа и пароли, механические ключи, система ограничений в среде разработки прикладного ПО. Предусмотрено ведение истории как при разработке проекта, так и в процессе эксплуатации. С 1993 г. по настоящее время специалистами Triconex реализовано около 150 проектов в России и странах СНГ.

Свечников Денис Юрьевич – ведущий инженер по системам ПАЗ,

Кiryushin Павел Николаевич – ведущий инженер по турбомашинному направлению ООО "Инвенсис Системс".

Контактный телефон (495) 787-28-90.

E-mail: pavel.kiryushin@ips.invensys.com, denis.svechnikov@ips.invensys.com

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

А.И. Елов, Г.И. Пургин (ООО "Прософт-Системы")

Рассматриваются разработки Инженерной компании ООО "Прософт-Системы" в области высоконадежного оборудования для ответственных применений – троированный электронный автомат безопасности (ЭПЗ-800) и аппаратура вибрационного контроля ЦВА.

PROSOFT®
SYSTEMS

При автоматизации технологических процессов в отраслях промышленности, связанных с потенциально опасными условиями производства, важнейшим требованием является повышенная надежность применяемого оборудования. Несмотря на высокое качество современного электронного и микропроцессорного оборудования, используемого в промышленной автоматизации, одним из путей повышения надежности является реализация дублированных и троированных решений при построении систем.

Инженерная компания ООО "Прософт-Системы" в течение 12 лет занимается разработкой приборов и систем для ответственного применения в различных областях промышленности – энергетике, металлургии, нефтегазовой, пищевой и химической отраслях.

Система менеджмента качества компании соответствует международному стандарту ISO 9001. Компания имеет все необходимые лицензии на производство средств измерений, проектирование и внедрение систем автоматизации, в том числе лицензии Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Одной из основных задач по защите технологического оборудования при выработке электроэнергии является защита турбогенераторов от разгона, то есть достижения критических частот вращения ротора турбины за которыми следует разрушение агрегата.

Традиционно все турбоагрегаты оборудуются механическим автоматом безопасности с так называемыми "бойками", который требует механической настройки

