

УДК 681.5

Н.А. ЗАХАРОВ

Авантек Инжиниринг, Москва

ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫЕ АРХИТЕКТУРЫ АСУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И СИСТЕМ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ НА БАЗЕ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛК GE FANUC

Рассмотрены архитектуры систем управления и противоаварийной защиты, реализованные с резервированием для обеспечения гарантированного срабатывания в критических ситуациях. Приведен пример внедрения.

GE Fanuc, ПЛК, GMR, Max-ON, АСУТП, ПАЗ

В промышленности имеется ряд технологических объектов, эксплуатация которых связана с повышенным риском. Для построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и отдельных от АСУТП систем противоаварийной защиты (ПАЗ) таких объектов требуются особые технические решения, предусматривающие аппаратное резервирование компонентов АСУТП и, особенно, ПАЗ. Фирма GE Fanuc (США) [1] предлагает для этих ситуаций свои решения GMR и Max-ON™.

Технология GMR – Genius Modular Redundancy разработана GE Fanuc совместно с английской фирмой Silvertch, имеющей многолетний опыт использования продукции GE Fanuc в системах противоаварийной защиты и пожаротушения для нефтехимической и газовой промышленности.

Структура GMR-системы приведена на рис. 1. На рисунке показаны 3 контроллера, соединенные полевой шиной Genius® с модулями ввода/вывода Genius® и друг с другом. Данная конфигурация для большинства случаев избыточна, как правило, используются дублированные контроллеры и датчики.

В архитектуре GMR применяются ПЛК GE Fanuc Series 90™-70 с ЦПУ, специально выпускаемыми для GMR-приложений. Интеллектуальные модули ввода/вывода Genius® реализуют обработку сигнала

от датчиков, их передачу в контроллеры, голосование при формировании управляющих воздействий, контроль целостности входных/выходных цепей.

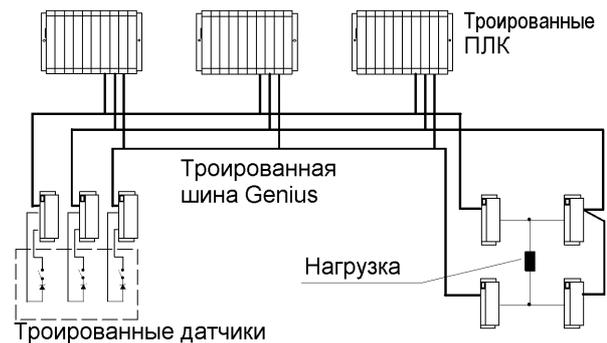


Рис. 1. Система GMR с тройным резервированием

Программное обеспечение GMR-комплекса состоит из системного программного обеспечения «GMR Software», поставляемого GE Fanuc, и программы пользователя, в которой реализуются алгоритмы управления и ПАЗ. При этом операции сравнения дублированных каналов, голосования, самотестирования комплекса выполняются системным программным обеспечением, а пользователь должен программировать логику работы комплекса в целом.

Во время сканирования входов в цикле программы контроллер получает информацию от аналоговых и дискретных модулей ввода и заносит ее в бу-

ферные участки памяти. После этого GMR-логика выполняет голосование и заносит результат в пространство аналоговых и дискретных входов, где он доступен для прикладной программы.

Голосование при формировании дискретных выходов осуществляет не центральный процессор, а модуль Genius®. Каждый модуль Genius® соединяется со всеми CPU в системе и производит анализ выходов, формируемых всеми CPU. Помимо этого, к одному исполнительному элементу можно подключить 4 или 2 модуля Genius®, как показано на рис. 2.

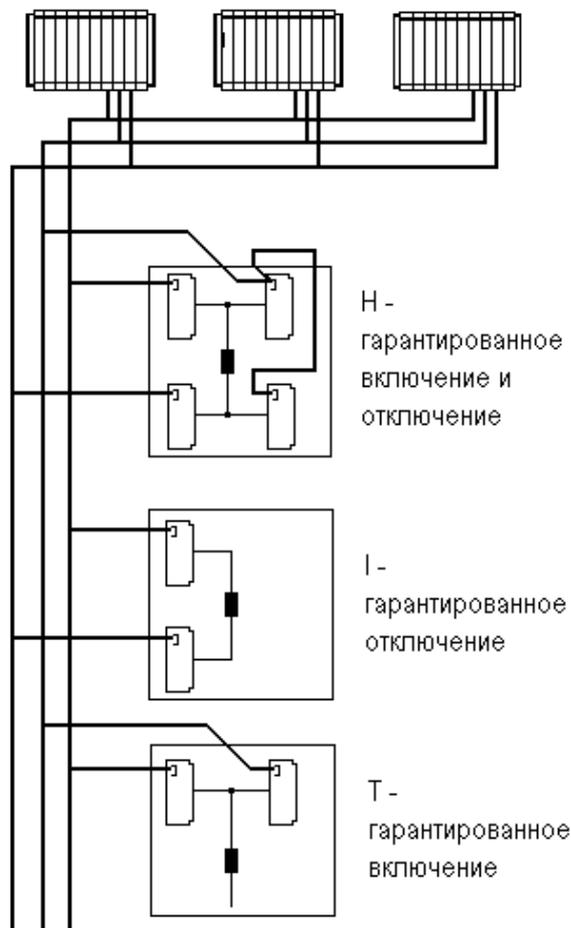


Рис. 2. Варианты резервирования выходных каналов

В N-схеме подключения нагрузки используется три шины Genius® и четыре модуля вывода, два верхних модуля являются источниками тока, два нижних – потребителями. Модули-источники и модули-потребители представляют собой аналогичные

друг другу устройства, различающиеся схемой выходных цепей. В каталоге GE Fanuc они имеют разные номера. Все 4 модуля отконфигурированы как GMR-устройства, имеющие одинаковые адреса в пространстве ввода-вывода контроллера. При использовании такой схемы подключения отказ любой ее составляющей не приводит к потере управления исполнительным элементом.

В T-схеме подключения два выхода работают параллельно на одну нагрузку. Такой вариант может быть использован для случая, когда необходимо обеспечить гарантированное включение исполнительного элемента, как, например, в системах пожаротушения.

Если требуется обеспечить гарантированное отключение нагрузки, как, например, в системах ПАЗ, возможно применение I-схемы. Нагрузка включается между модулем-источником и модулем-потребителем.

Модули Genius® и система GMR в целом обладают развитой диагностикой, позволяющей эффективно обнаруживать неисправности прежде, чем система управления или ПАЗ станет неработоспособной. На рис. 3 приведены схемы входных цепей, позволяющие на уровне модуля ввода обнаружить короткое замыкание и обрыв цепи. Первая схема актуальна для приложений с нормально замкнутыми контактами, когда короткое замыкание в линии не позволяет обнаружить системе ПАЗ возникновение неисправности в технологическом объекте, вторая – для приложений с нормально разомкнутыми контактами.

На уровне модуля вывода осуществляется обнаружение обрыва линии, короткого замыкания, перегрева, перегрузки, несоответствия состояния выхода заданному программой.

Диагностика системы GMR обеспечивает обнаружение несовпадения данных в дублированных каналах. Если в процессе голосования по дискретным входам обнаруживается расхождение между

значением входа и результатом голосования, в таблицу неисправностей заносится соответствующее значение. Эти значения запоминаются, они доступны для прикладной программы контроллера и инструментального программного обеспечения. Кроме этого, выставляются биты неисправности для забранованного входа и для результата голосования. Эти биты могут быть использованы в прикладной программе. Чтобы избежать ложных тревог во время переходных процессов, при диагностике несовпадений используется фильтрация. Постоянная времени фильтра задается при конфигурировании системы.

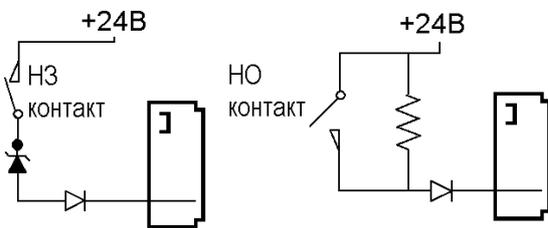


Рис. 3. Контроль исправности входных цепей

При обработке аналоговых входов значение по каждому входу сравнивается с результатом голосования. Если расхождение превышает заданную величину, в таблице неисправностей запоминается соответствующее сообщение. Как и для дискретных входов, используется фильтрация.

Для дискретных выходов модули вывода выполняют сравнение команд, поступающих от дублированных CPU. Голосование осуществляется непосредственно в модулях вывода. При этом также проверяется функционирование связи модуля с CPU. Все контроллеры периодически опрашивают диагностику несовпадений во всех модулях. Если обнаруживается, что от одного из контроллеров поступает неправильная команда, система GMR заносит соответствующее сообщение в таблицу неисправностей и выставляет биты неисправностей для некорректно работающих выходов.

GMR-технология позволяет эффективно решать

задачу построения дублированных систем высокой надежности для ответственных приложений. Высокое качество и надежность оборудования GE Fanuc позволяют в ряде случаев получить более экономичный вариант построения системы управления, имеющей полное или частичное резервирование.

Одним из вариантов построения системы управления повышенной надежности является дублирование центральных процессоров, работающих в одной недублированной системе ввода-вывода. В ряде случаев это оправданно, так как полностью дублированная система наиболее надежно работает на объекте, оснащенном дублированным набором датчиков, что на самом деле имеет место далеко не всегда. Устройства Genius® и VersaMax® поддерживают центральные процессорные устройства (ЦПУ), дублированные в режиме Hot Standby и Duplex. Для шины Genius® также предусмотрена возможность дублирования.

В системе с горячим резервированием (Hot Standby) одно ЦПУ является основным, а второе – запасным. Устройства Genius® и VersaMax® передают входную информацию обоим ЦПУ. Они самостоятельно определяют, работает ли основное ЦПУ. Если да, то выходные каналы этих устройств управляются основным ЦПУ. Если оно остановится, или с ним прекратится связь, периферия Genius® и VersaMax® будет выполнять команды резервного ЦПУ. После восстановления основного ЦПУ управление будет передано ему обратно.

Для дискретных модулей вывода можно также использовать Duplex-резервирование. В этом случае выходы блока соответствуют командам ЦПУ, если команды обоих ЦПУ совпадают. Если по одному или нескольким каналам обнаруживается несоответствие, эти каналы переходят в состояние по умолчанию, задаваемое при конфигурировании модуля.

При применении горячего резервирования контроллеров требуется синхронизация их центральных процессоров для обеспечения безударного перехода

управления с основного процессора на резервный и обратно. Для ПЛК Series 90™-70 задача синхронизации решается путем применения двух модулей-передатчиков и двух модулей-приемников, соединенных между собой интерфейсным кабелем. В течение цикла работы ПЛК синхронизация происходит в два этапа. В начале цикла, после сканирования входов и перед сканированием выходов, происходит передача из основного контроллера в резервный входных сигналов и синхронизация таймеров. В конце цикла, перед выдачей выходных сигналов на модули вывода, происходит передача регистров памяти и выходов.

Для построения систем с горячим резервированием на базе ПЛК Series 90™-70 обычно используются две независимые корзины, в которые устанавливаются блоки питания, центральные процессоры, контроллеры полевой шины Genius®, коммуникационные модули. Для удобства также выпускаются вдвоенные корзины, имеющие в своем составе две объединительные платы. В этом случае комплекты двух ПЛК, основного и резервного, располагаются в одной корзине.

Для ПЛК Series 90™-30 компанией GE Fanuc выпускается специализированное ПО Max-ON™, обеспечивающее синхронизацию центральных процессоров с использованием шины Genius® или сети Ethernet. При использовании Max-ON™ каждый процессор выполняет свой цикл независимо от другого, оба процессора осуществляют чтение входов и выполнение прикладной программы, основной контроллер передает в резервный данные, необходимые для синхронизации, и формирует выходы системы. Подпрограмма синхронизации Max-ON™ выполняется в каждом из процессоров после сканирования входов перед выполнением основной логики приложения.

Для нового поколения управляющих систем GE Fanuc – PACSystems™ (PAC – Programmable Automation Controller) также предусмотрена органи-

зация горячего резервирования с синхронизацией. Семейство RX7i занимает в номенклатуре PACSystems™ то же место, что и линейка Series 90™-70 в ПЛК Series 90™. Большая часть модулей ввода/вывода Series 90™-70 может применяться в RX7i. Синхронизация контроллеров RX7i, как и Series 90™-70, осуществляется аппаратным путем. Для этого используются два модуля обмена содержимым памяти, соединенные друг с другом оптоволоконным кабелем. Для синхронизации RX3i, как и для Series 90™-30, используется ПО Max-ON™. Синхронизация RX3i возможна по каналам Genius® или Ethernet, модули ввода/вывода также могут быть подключены через Genius® или Ethernet.

Рассмотренное оборудование имеет сертификаты, необходимые для применения в России и ряде стран СНГ. Система GMR аттестована TUV для построения систем противоаварийной защиты для систем до 6-го класса включительно по спецификации DIN VDE 0801 или до SIL 3 согласно IEC 61508.

В качестве примера применения отказоустойчивых систем на базе технических средств GE Fanuc рассмотрим проект замены физически изношенной и морально устаревшей системы управления цеха «Аммиак-3» [2] Новомосковской Акционерной Компании «Азот» (Тульская обл., г. Новомосковск), реализованный фирмой «Авантек Инжиниринг» (Москва).

Производство аммиака характеризуется следующими опасными производственными факторами:

- наличие больших объемов газов, которые с кислородом воздуха образуют чрезвычайно взрывоопасные смеси (технологические блоки 1-й категории);
- наличие горючих веществ и материалов;
- возможность попадания на тело человека высокотемпературных сред;
- эксплуатация оборудования под высоким давлением (до 300 атм.);
- возможность воздействия на человека хими-

катов (жидкий аммиак, каустик и др.);

– наличие токсичных веществ (аммиак, оксид углерода и др.) и удушающих (азот, азото-водородная смесь).

АСУТП цеха построена на двух контроллерах Series 90™-30, каждый из которых имеет дублированную архитектуру с горячим резервированием. Система ввода/вывода в АСУ реализована на станциях VersaMax®, имеющих интерфейс с шиной Genius®.

ПАЗ цеха реализована в рассмотренной выше архитектуре GMR. Применено полное дублирование контроллеров и каналов ввода/вывода. В подсистеме ввода используются дублированные модули Genius®. Входные данные с полевых датчиков приходят к группам, состоящим из двух модулей Genius®. Недублированные дискретные датчики подключены к соединенным параллельно входам модулей, термодары использованы дублированные, для подключения к дублированным каналам недублированных датчиков с выходом 4-20 мА применены разветвители производства фирмы Silvertch. Подсистема вывода сформирована из дублированных дискретных модулей Genius®, подключенных по схеме «Т».

Операторский интерфейс и архив событий реализованы в SCADA среде Proficy (Simplicity) PE. Для обеспечения надежной непрерывной работы АСУ SCADA-сервер выполнен дублированным. К дублированному серверу по сети Ethernet подключены 6 операторских станций. Дополнительно операторная оснащена двумя плазменными панелями, на которых отображаются мнемосхемы, оперативно информирующие о первопричинах нештатных ситуаций.

Операторские станции разделены по технологическим установкам. Каждый оператор имеет доступ только к своему участку ТП. Весь ТП доступен только с рабочей станции начальника смены.

АСУТП и ПАЗ цеха «Аммиак-3» были сданы в промышленную эксплуатацию в декабре 2004 г., цех вышел на запроектированную после реконструкции мощность производства аммиака. При отключении электроэнергии в Московской и Тульской областях в 2005 г. система успешно остановила технологический процесс, не допустив возникновения аварийной ситуации.

Успешная реализация этого проекта говорит о том, что сертифицированные системы автоматизации фирмы GE Fanuc оптимально подходят для опасных производств, обеспечивая надежную и безотказную работу на протяжении всего срока службы.

Литература

1. Захаров Н.А. Средства промышленной автоматизации GE Fanuc и системы на их основе. – М.: Синтег, 2004. – 200 с.
2. Мужичков В.А., Антипов Ю.С., Захаров Н.А., Селезнев С.Б., Тарев Г.В. Система управления и противоаварийной защиты производством аммиака на базе оборудования GE Fanuc // Автоматизация в промышленности. – 2005. – № 8. – С. 52-53.

Поступила в редакцию 30.01.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.М. Конорев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.