



Отказоустойчивый ПЛК Fastwel для АСУ ТП повышенной надёжности

Алексей Бармин

Конечной целью функционирования большинства АСУ ТП является в первую очередь повышение эффективности работы технологического оборудования. Но при этом в зависимости от характера производства и/или особенностей производимой продукции она должна также обеспечивать гарантированную непрерывность управления технологическим процессом, поскольку в противном случае аварийная остановка или некорректное его завершение могут привести к значительным экономическим потерям, стать угрозой здоровью людей или состоянию окружающей среды. В этой статье приведён обзор отказоустойчивого ПЛК Fastwel для автоматизации критически важных процессов.

Введение

Особые требования по надёжности функционирования предъявляются к системам управления технологическими процессами для предприятий нефтехимической, химической, горнодобывающей промышленности, объектов добычи и транспортировки углеводородов, энергетических установок и других.

От систем управления подобными объектами требуется высокая надёжность аппаратной части и выполнения алгоритмов управления, а также возможность резервирования элементов системы при управлении критическими процессами.

Задача непосредственного управления в АСУ ТП, как правило, решается на её среднем иерархическом уровне, основу которого обычно составляют программируемые логические контроллеры (ПЛК), объединённые в единую структуру каналами связи.

Ниже приводится описание контроллера и коммуникационного оборудования Fastwel, которое благодаря своим техническим характеристикам и функциональным возможностям обеспечивает реализацию систем АСУ ТП повышенной надёжности.

ПЛК Fastwel F800

Российский ПЛК Fastwel F800 (рис. 1), серийный выпуск которого в полном объёме стартовал в 2025 году, предназначен для реализации локальных и распределённых АСУ ТП повышенной надёжности для технологических установок и производственных участков как с дискретным, так и непрерывным характером производства.

Для использования в составе АСУ непрерывных производственных процессов ПЛК F800 обладает поддержкой го-

рячей замены периферийных модулей, модуля центрального процессора в схеме частичного резервирования ПЛК, а также возможностью реализации различных схем резервирования линий связи.

Наличие в составе серии Fastwel F800 модулей повышенной точности измерения и формирования аналоговых сигналов позволяет реализовывать на базе ПЛК промышленные измерительные системы и испытательные установки различного назначения.

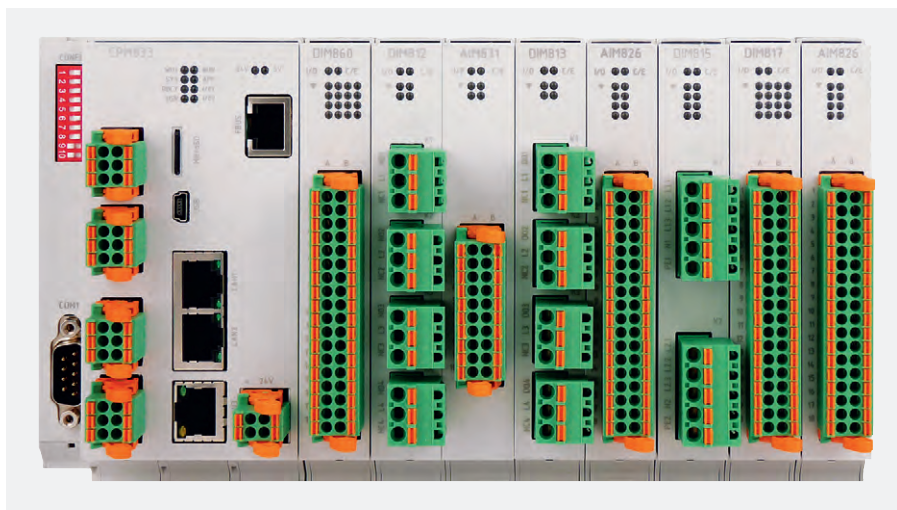


Рис. 1. ПЛК Fastwel F800

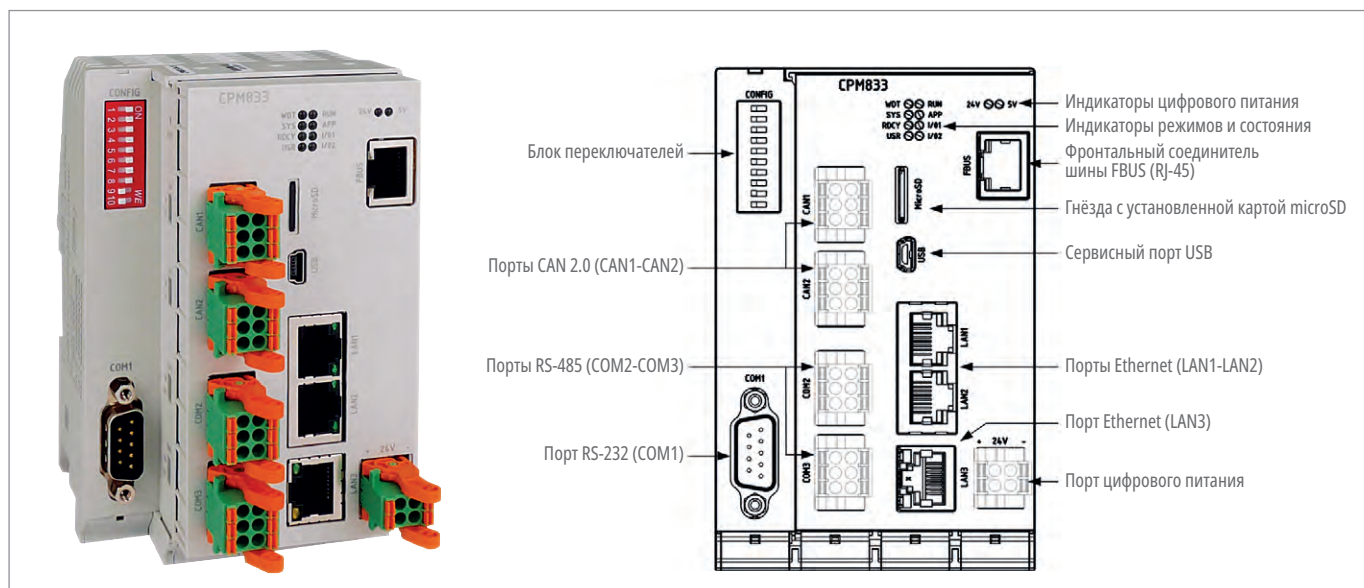


Рис. 2. Внешний вид программируемого контроллера CPM833

Особенности

Отметим ключевые особенности и основные возможности ПЛК:

- до 64 периферийных модулей на одной системной шине,
- до 384 периферийных модулей в составе одного ПЛК,
- период исполнения пользовательских алгоритмов от 1 мс,
- поддержка резервирования контроллеров,
- «горячая» замена периферийных модулей,
- бесплатная интегрированная среда разработки,
- диапазон рабочих температур от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$,
- срок гарантии 3 года.

ПЛК Fastwel F800 выполнен по классической модульной схеме, в которой основным элементом является программируемый контроллер, выполняющий функцию модуля центрального процессора. Обмен данными между программируемым контроллером и периферийными модулями осуществляется по внутренней межмодульной шине FBUS последовательного типа, к которой может быть подключено до 64 периферийных модулей. Скорость передачи данных по шине FBUS равна 2 Мбит/с, но благодаря особенностям протокола обмена, к примеру, время опроса 1024 каналов дискретного ввода составляет всего 1 мс.

Особенностью ПЛК Fastwel F800 является то, что шина FBUS может быть как локальной, когда периферийные модули подключаются напрямую к мастеру шины программируемого контроллера, так и удалённой (образно го-

воря, «FBUS через Ethernet»), реализуемой по сети Ethernet с применением специального коммуникационного модуля NIM845. Наличие удалённой шины FBUS позволяет реализовывать на базе ПЛК Fastwel F800 не только локальные, но и небольшие территориально-распределённые системы управления.

Программируемые контроллеры и периферийные модули Fastwel F800 обладают аппаратно-программной совместимостью со всеми модулями ввода-вывода и коммуникационными модулями младшей серии Fastwel I/O, благодаря чему они могут совместно использоваться в составе одного ПЛК.

Программирование и конфигурирование контроллеров осуществляется с использованием пакета инструментальных средств ПЛК Fastwel в совместимых с ним средах разработки CODESYS V3 компании CODESYS Development GmbH и Astra.IDE компании РЕГЛАБ, которая включена в Реестр российского программного обеспечения (запись № 14356).

Системным программным обеспечением (ПО) контроллеров поддерживаются следующие коммуникационные протоколы:

- сервер OPC UA с поддержкой защищённого соединения,
- Modbus TCP (клиент и сервер),
- Modbus RTU/ASCII (ведущий и ведомый),
- CANopen (мастер и подчинённый),
- сервер FTP, FTPS, SFTP (чтение и запись файлов),
- сервер HTTP (настройка системных параметров),
- NTP v4 (клиент и сервер),

- IEEE 1588v2 PTP (ведущий и подчинённый узлы),
- ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 (ведущий и подчинённый узлы).

Отметим, что встроенное (системное) ПО ПЛК Fastwel «ИМЕС.00320-03 Система исполнения ПЛК» включено в Реестр российского программного обеспечения (запись № 27161).

Программируемый контроллер CPM833

В состав серии Fastwel F800 в настоящее время входят программируемый контроллер начального уровня CPM803, а также высокопроизводительный программируемый контроллер CPM833 (рис. 2). Последний по своим техническим характеристикам и функциональным возможностям представляет наибольший интерес, поэтому последующий рассказ будет вестись именно о нём.

Контроллер CPM833 выполнен на базе высокопроизводительного 4-ядерного процессора Rock Chip RK3568J (KHP) и обладает настраиваемой пользователем функцией распределения групп задач приложения на отдельные ядра процессора со следующими способами привязки:

- свободное закрепление – задачи выбранной группы автоматически распределяются на разные ядра процессора в зависимости от загрузки процессора и динамически меняют привязку к ядрам при изменении загрузки,
- последовательное закрепление – задачи выбранной группы автоматически распределяются на разные

ядра процессора и не меняют свою привязку в процессе работы,

- фиксированное закрепление – все задачи выбранной группы автоматически распределяются на одно ядро процессора, которое выбирает среда,
- привязка вручную – все задачи выбранной группы распределяются на одно ядро с номером, заданным в конфигурации приложения.

Наличие такой функции позволяет не только увеличить производительность контроллера путём распределения нагрузки между несколькими ядрами процессора при выполнении сложных алгоритмов, но также повысить его функциональную надёжность за счёт исполнения критически важных по времени реакции прикладных задач на отдельных (индивидуальных) ядрах.

Встроенный дисковый флеш-накопитель контроллера обладает объёмом не менее 8 Гбайт, из которых приложению МЭК 61131-3 доступно для использования не менее 6 Гбайт. Кроме того, в контроллере реализована поддержка карт памяти microSD (SDSC, SDHC, Spec. v1.1, v2.0) с файловой системой FAT16/FAT32 объёмом до 32 Гбайт. При поставке в состав устройства входит карта памяти объёмом не менее 1 Гбайт, которая может использоваться в качестве дополнительного дискового накопителя для хранения данных и параметров пользовательского приложения, а также для сохранения файлов журнала ПЛК.

Коммуникационная подсистема CPM833 представлена тремя портами Ethernet 10/100/1000BASE-T, два из которых реализованы на базе аппаратного коммутатора второго уровня (L2) и способны функционировать как в коммутационном (подрежимы Switch и Ring), так

и некоммутируемом (подрежимы One Subnet и DSA) режимах. Все порты Ethernet могут использоваться для связи между средой разработки и контроллером, а также для связи между контроллером и другими узлами промышленных сетей по протоколам Modbus TCP, ГОСТ Р МЭК 60870-5-104 или с использованием системной библиотеки SysSocket.

Порты последовательных интерфейсов RS-232C и RS-485 могут использоваться для осуществления обмена данными по протоколу Modbus RTU или ASCII в режиме ведущего или ведомого устройства либо с применением функций системной библиотеки SysCom при скорости передачи до 115 200 бит/с.

Контроллер исполнения CPM833-04 дополнительно имеет два гальванически изолированных порта интерфейса CAN, позволяющих осуществлять информационный обмен по протоколу CANopen или с использованием пользовательских CAN-сообщений с 11-битовым идентификатором и с количеством байт данных от 1 до 8. Отметим, что поддержка стандартных функций протокола CANopen в контроллере реализована на системном уровне, что обеспечивает существенное повышение скорости и эффективности информационного обмена, а также экономию ресурсов пользовательского приложения.

Уникальной особенностью контроллера CPM833 является наличие в нём двух независимых мастеров межмодульной шины FBUS, что обеспечивает возможность одновременного подключения двух наборов периферийных модулей Fastwel F800 и/или Fastwel I/O по 64 модуля в каждом. Кроме удвоения количества напрямую подключаемых к контроллеру модулей наличие двух си-

стемных шин позволяет при необходимости разделить сигнальные модули на две группы в зависимости от требуемой периодичности их опроса: условно быструю для связанных с быстропротекающими процессами и условно медленную – для остальных задач.

Периферийные модули

К этой категории относятся сигнальные модули, выполняющие функцию ввода и вывода аналоговых или дискретных сигналов, а также коммуникационные модули для обмена данными через последовательные интерфейсы RS-232 и RS-422/485 (рис. 3).

Номенклатура сигнальных модулей Fastwel F800 позволяет осуществлять ввод и вывод большинства типовых сигналов тока и напряжения. При этом сигнальные модули отличаются:

- высокая плотность каналов, достигающая 16 каналов для модулей аналогового ввода и 32 каналов для модулей дискретного ввода;
- многофункциональность, означающая, в частности, наличие в модулях дискретного ввода опциональной возможности счёта событий на входах, а в модулях дискретного вывода – возможности генерации ШИМ-сигналов;
- повышенная точность аналоговых каналов как на ввод, так и на вывод сигналов;
- контроль целостности цепей, присутствующий во многих как дискретных, так и аналоговых модулях;
- наличие защиты от микросекундных импульсных помех (МИП) и наносекундных импульсных помех (НИП) в каждом модуле, существенно повышающей их эксплуатационную надёжность.

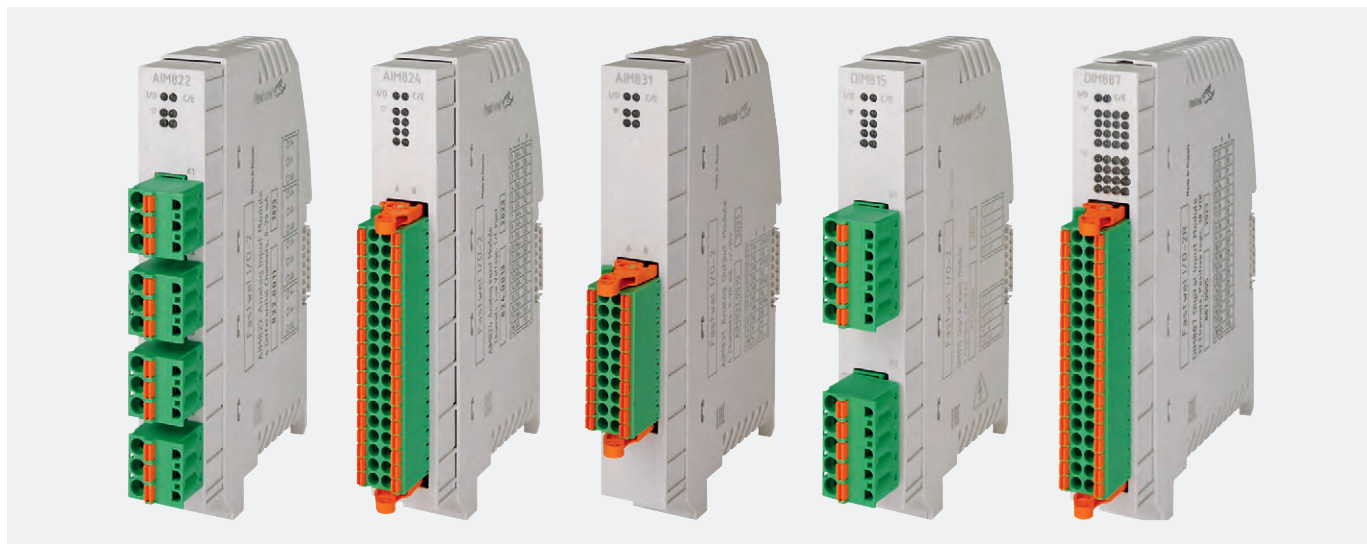


Рис. 3. Сигнальные модули

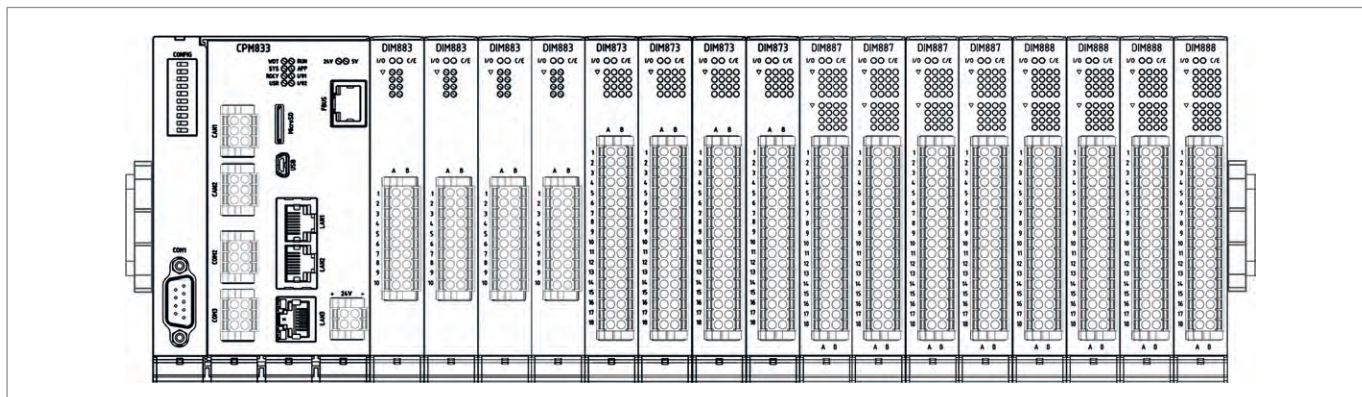


Рис. 4. Базовая конфигурация ПЛК

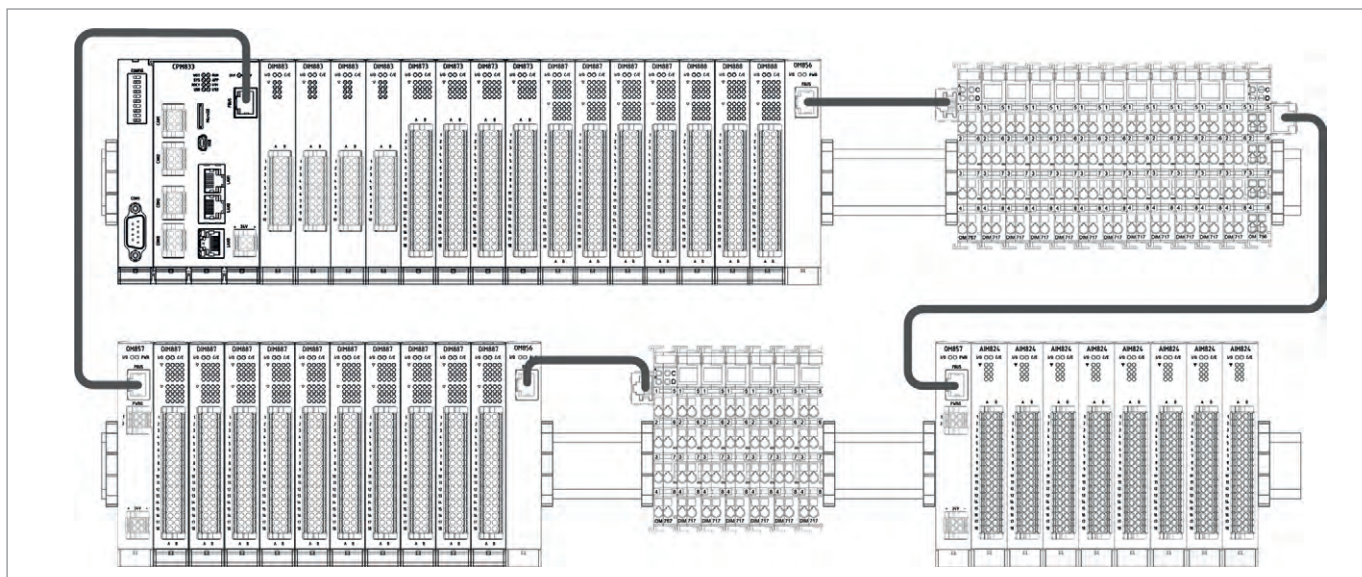


Рис. 5. Смешанная конфигурация ПЛК

Типовые конфигурации ПЛК

Базовая конфигурация

Содержит программируемый контроллер и, как минимум, один смежный набор периферийных модулей, подключённых к локальному порту межмодульной шины FBUS программируемого контроллера (рис. 4). Один смежный набор может содержать до 20 периферийных модулей при условии, что их суммарная потребляемая мощность не превышает 20 Вт.

Смешанная конфигурация

Для расширения базовой конфигурации ПЛК с целью подключения к шине FBUS максимально допустимого количества периферийных модулей (64 штуки) используется объединение нескольких смежных наборов в единый набор, для чего применяются модули расширения шины OM856 (правая сторона) и OM857 (левая сторона), связанные друг с другом кабелем TIA/EIA-568-B. При этом суммарная длина всех использованных кабелей не должна превышать 5 метров.

По такой же схеме в состав ПЛК Fastwel F800 при необходимости могут быть включены и периферийные модули серии Fastwel I/O (рис. 5).

Удалённая шина FBUS

Как уже было отмечено, использование удалённых шин FBUS позволяет практически напрямую (с точки зрения аппаратной конфигурации и скорости опроса) к контроллерам подключать по

сети Ethernet дополнительные наборы периферийных модулей, а также реализовывать системы управления с удалённой периферией. При этом контроллер CPM803 обладает поддержкой двух удалённых шин FBUS, а контроллер CPM833 – четырёх.

Пример подключения двух удалённых станций ввода-вывода Fastwel I/O к контроллеру CPM803 приведён на рис. 6.

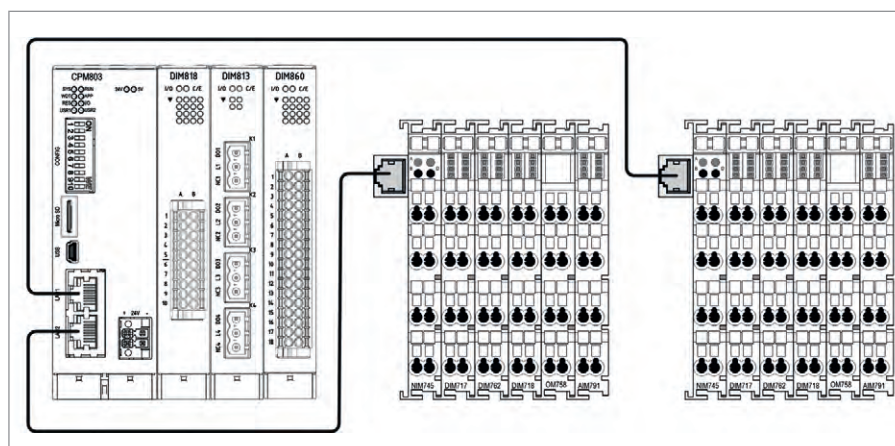


Рис. 6. Подключение к ПЛК удалённых станций ввода-вывода

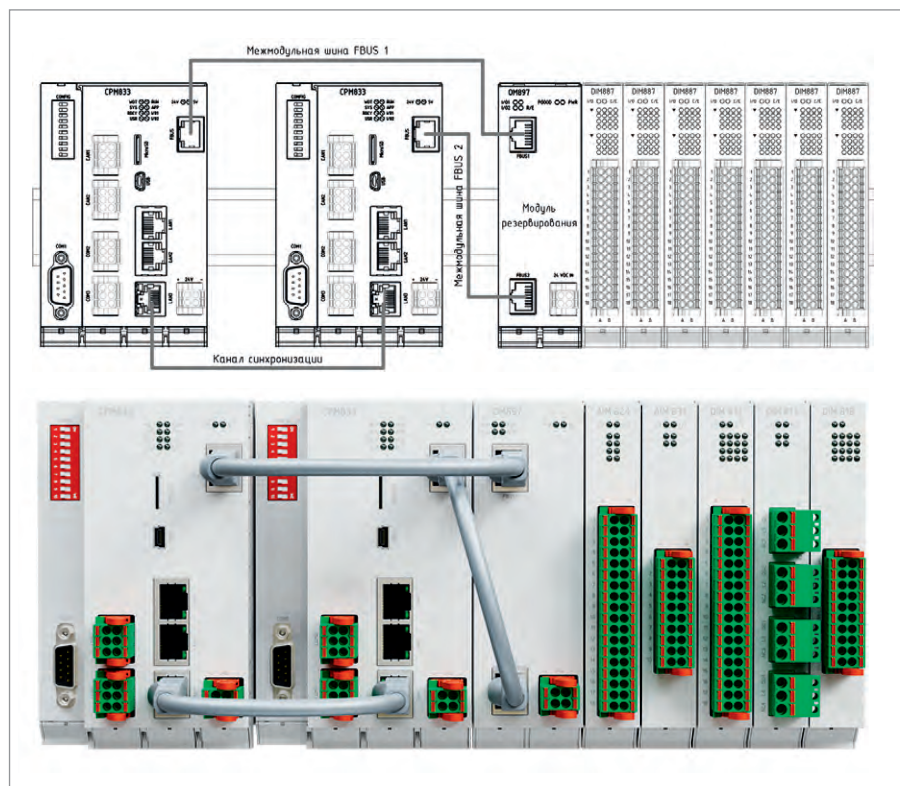


Рис. 7. Схема подключения и внешний вид резервированного ПЛК Fastwel F800

Поддержка резервирования

Резервирование контроллера

ПЛК Fastwel F800 поддерживает работу в режиме частичного резервирования, в котором два программируемых контроллера CPM833 (один основной, а второй резервный) используют один общий набор модулей ввода-вывода и производят обмен данными с ним каждый по собственной шине FBUS, в качестве арбитра которого выступает модуль резервирования OM897 (рис. 7).

Оба контроллера работают по одинаковому алгоритму и постоянно синхронизируют свои данные друг с другом. Для организации канала синхронизации работы контроллеров задействуются соответствующие порты Ethernet в каждом из них. При обнаружении неисправности основного контроллера осуществляется «безударный» переход на резервный контроллер.

Резервирование питания контроллера

В контроллерах CPM833 не предусмотрено аппаратное резервирование их питания, но этот пробел достаточно просто закрывается с помощью внешних технических средств. Здесь имеется в виду использование так называемых модулей резервирования питания, которые есть в номенклатуре по-

ставок у многих компаний, как отечественных, так и зарубежных. Эти модули обеспечивают корректную работу двух источников питания на одну нагрузку, которой в нашем случае является резервированный контроллер. Такое решение обеспечивает бесперебойное функционирование контроллера даже в случае отказа одного из источников питания.

Модули резервирования питания зачастую имеют встроенную схему контроллера работоспособности каждого источника питания, которая формирует соответствующие сигналы состояния для них. Эти сигналы могут быть заведены в ПЛК и переданы в систему диспетчеризации для информирования персонала о возникшей неисправности.

Резервирование межконтроллерного обмена встроенными средствами

В контроллере CPM833 два порта Ethernet, как уже было отмечено выше, реализованы на базе аппаратного коммутатора второго уровня (L2) и способны функционировать как в коммутируемом (подрежи-

мы Switch и Ring), так и некоммутируемом (подрежимы One Subnet и DSA) режимах.

Подрежим Ring примечателен тем, что позволяет без применения дополнительного коммутационного оборудования объединять контроллеры в сеть с замкнутой кольцевой топологией (рис. 8), в которой одиночные отказы отдельных узлов, портов или соединений не способны нарушить работоспособность исправных сегментов сети. В такой сети резервирование канала связи реализуется через механизм фильтрации пакетов по MAC-адресу источника. Пакеты данных активным контроллером отправляются в обоих направлениях кольца, и в случае, даже если пакет не будет доставлен по одному маршруту, он будет доставлен по другому.

Резервирование сетевой инфраструктуры

Для организации взаимодействия ПЛК Fastwel по сети Ethernet между собой, а также с другими устройствами в рамках единой АСУ ТП рекомендуется использовать управляемые коммутаторы Fastwel NM800 (рис. 9), обеспечивающие построение надёжных, отказоустойчивых и мультисервисных сетей передачи данных, функционирующих в неблагоприятных условиях окружающей среды.

Основные технические характеристики серийно выпускаемых коммутаторов Fastwel для монтажа на DIN-рейку приведены в таблице.

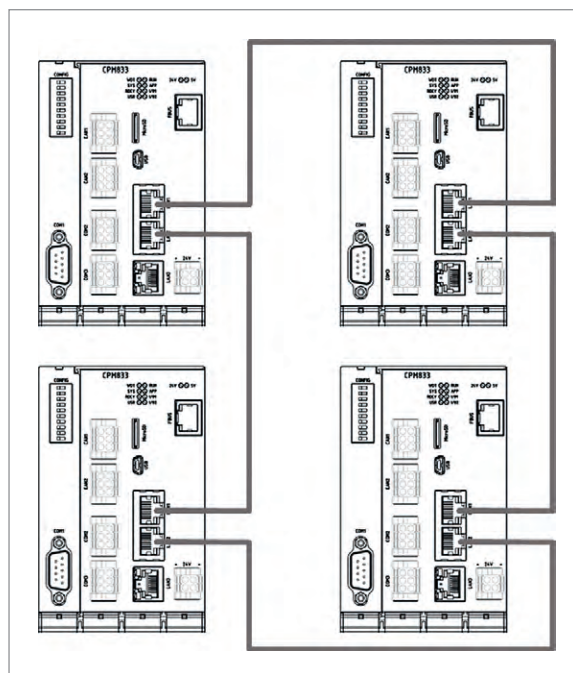
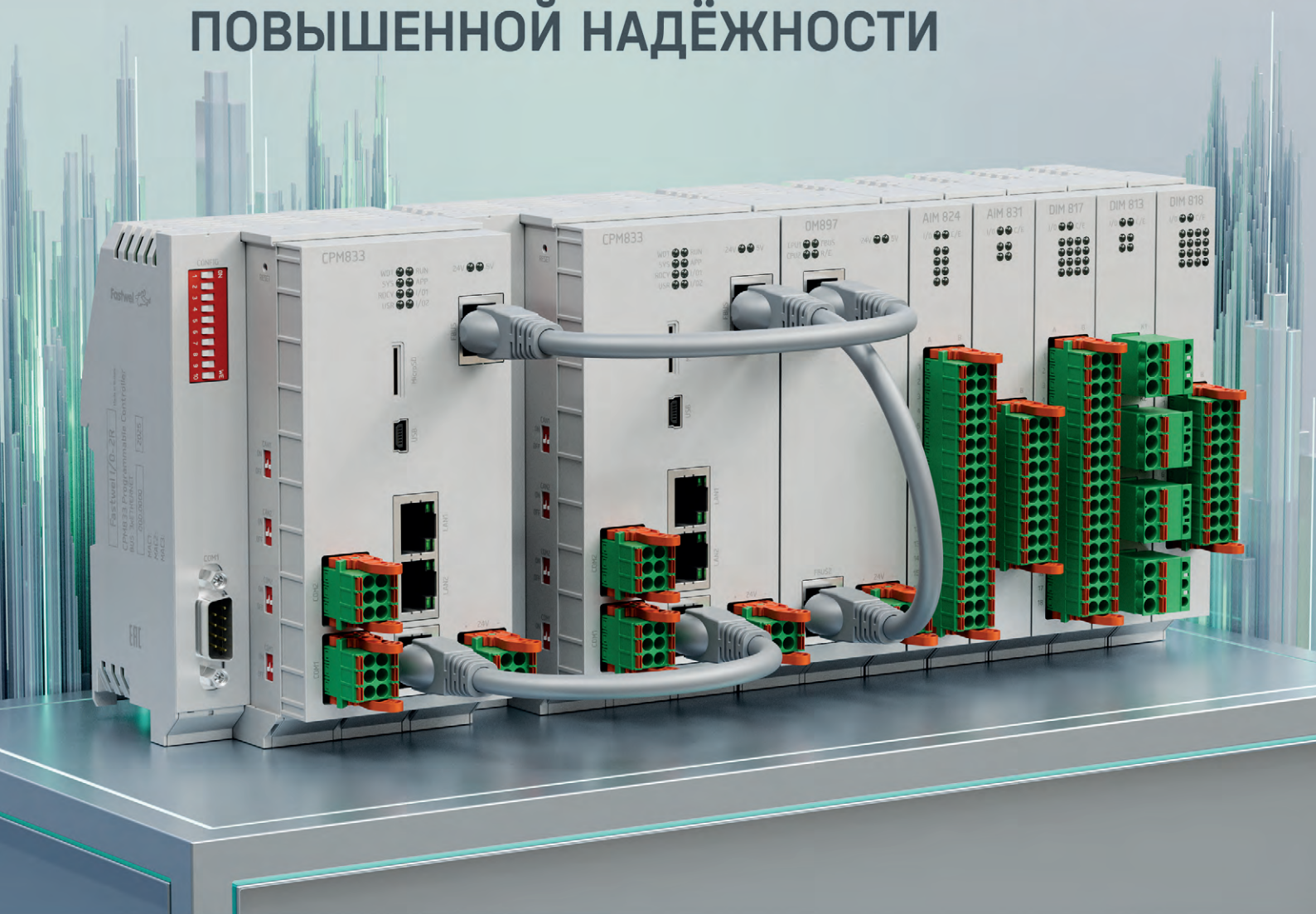


Рис. 8. Резервирование межконтроллерного обмена

Fastwel F800

РЕЗЕРВИРОВАННЫЙ ПЛК ДЛЯ АСУ ТП
ПОВЫШЕННОЙ НАДЁЖНОСТИ



МОЩНЫЙ
НАДЁЖНЫЙ
НАШ

До 8000 каналов ввода-вывода
Время цикла программы от 1 мс

«Горячая» замена модулей ввода-вывода
Поддержка функции резервирования

Разработан
и производится в России





Рис. 9. Коммутатор NM800-03

По своим функциональным возможностям коммутаторы NM800 вполне соответствуют современным требованиям для этой категории оборудования, но в контексте темы статьи нас прежде всего интересуют те из них, которые могут быть задействованы для повышения устойчивости и надёжности сети передачи данных промышленных систем управления.

И в этом смысле наиболее важным представляется наличие поддержки протокола ERPS (Ethernet Ring Protection Switching), используемого для обеспечения отказоустойчивости сети Ethernet, имеющей кольцевую топологию. Главной положительной особенностью протокола является чрезвычайно малое (50–200 мс) время восстановления связи при отказе одного из сегментов в кольце. Также следует отметить важную особенность технологии ERPS, состоящую в том, что по одному физическому кольцу Ethernet может передаваться трафик разных VLAN. Пример варианта использования коммутаторов NM800 с задействованием указанных функций приведён на рис. 10.

Кроме поддержки технологии ERPS, обеспечивающей резервирование канала связи, могут также оказаться востребованными и другие функции, позволяющие повысить надёжность обмена данными в сети.

Например, агрегирование каналов LACP (IEEE 802.3ad), которое обычно используется для объединения нескольких портов вместе для организации одного канала с высокой пропускной спо-

Таблица. Основные технические характеристики серийно выпускаемых коммутаторов Fastwel для монтажа на DIN-рейку

Характеристика	Значение	
Исполнение коммутатора	NM800-01	NM800-03
Сетевые интерфейсы		
10/100/1000Base-T (RJ-45)	16	8
10GBase-X (SFP/SFP+)	4	–
1000Base-X (SFP)	–	2
Поддержка PoE	8	–
Консольный порт	USB 2.0	
Порт для обновления ПО	USB 2.0	
Напряжение питания	18...57 В постоянного тока	
Количество входов питания	2	
Габаритные размеры	156×168×69 мм	
Способ монтажа	DIN-рейка, панель	
Диапазон рабочих температур	–40...+70°C	

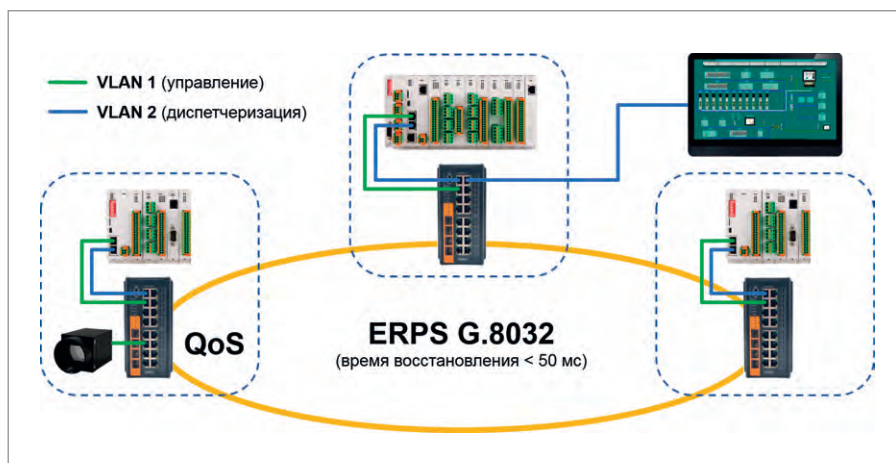


Рис. 10. Сценарий использования коммутаторов NM800 для построения отказоустойчивой промышленной сети Ethernet

собностью, также может быть применено и для резервирования канала связи с другой подсистемой АСУ ТП при соединении с ней по типу «точка-точка».

Функция управления широковебательным штормом Storm Control может задействоваться для предотвращения ухудшения производительности сети или полного прекращения её функционирования в случаях, обусловленных неполадками в работе сетевых устройств, плохой отладкой и неправильными настройками прикладного ПО.

И наконец, для приложений, чей трафик чувствителен к задержкам, может оказаться весьма полезной поддерживаемая коммутаторами NM800 функция качества обслуживания (Quality of Service, QoS). Эта технология позволяет оптимизировать обмен данными в сети за счёт настройки приоритетов для разных классов и типов трафика.

Как результат, более важный трафик будет обработан быстрее, и задержки при его прохождении по сети будут минимальными.

Заключение

Ожидается, что уже в самое ближайшее время все упомянутые в статье аппаратные средства будут внесены в Реестр российской промышленной продукции (ПП РФ 719 от 17.07.2015), и тем самым будут сформированы необходимые предпосылки для его широкого использования в составе АСУ ТП повышенной надёжности в различных отраслях промышленности, включая объекты КИИ. ●

Автор – сотрудник АО «НПФ «ДОЛОМАНТ»
Телефон: (495) 232-2033
E-mail: info@fastwel.ru