

УДК 004.72

РАЗВИТИЕ СИСТЕМНОЙ ШИНЫ EN АСУ ТП НА БАЗЕ ТПТС

КИШКИН В.Л., ТИХОНОВ Ю.Н., НОВИКОВ А.А., КОНОПАТОВ А.А., БОРЗЕНКО А.А.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л.Духова» (Москва, Российская Федерация)

Аннотация. В статье описывается развитие шины EN оборудования ТПТС. Рассматривается устройство, ключевые особенности и базовые характеристики вариантов реализации системной шины. Описываются средства диагностики, а также реализация поддержки шины в абонентах.

Ключевые слова: системная шина, ТПТС, дублирование, надёжность, EN.

EN SYSTEM BUS EVOLUTION IN TPTS BASED I&C SYSTEMS

VLADIMIR L. KISHKIN, YURI N. TIKHONOV, ALEXANDER A. NOVIKOV,
ALEXEI A. KONOPATOV, ANDREY A. BORZENKO

Dukhov Automatics Research Institute (VNIIA), Federal State Unitary (Moscow, Russian Federation)

Abstract. The object of the article is the EN system bus development in TPTS systems. The implementation, key features and the basic characteristics of different EN bus variants are considered. The diagnostic possibilities are described, as well as the bus implementation in the abonent software.

Keywords: system bus, TPTS, duplication, reliability, EN.

Введение

В рамках повышения надёжности обмена между абонентами системы коммуникаций в программно-технических комплексах (ПТК) ТПТС-ЕМ, ТПТС-НТ и ТПТС-СБ в 2018-2020 годах в ФГУП ВНИИА им. Н.Л.Духова проведена работа по созданию дублированной шины EN-2.

Дублированная шина EN-2 призвана заменить резервированную шину EN с целью организации полноценной защиты от информационных перегрузок в виде широковещательного шторма, который может привести к нарушению обмена данными между абонентами шинной системы. Кроме того, дублированный вариант даёт возможность построения шины или ее отдельных фрагментов на более простых топологиях типа "дерева" (без кольцевого резервирования) с полным сохранением работоспособности при единичных отказах.

Шина EN-2 является модернизированной версией шины EN и строится абсолютно на том же аппаратном оборудовании, что и EN, путём изменения проводных коммуникаций и замены встроенного программного обеспечения (ВПО) процессорных модулей. При построении каналов EN-2A/2B шины по технологии Turbo Ring такая конфигурация шины, на том же сетевом оборудовании, на котором построена шина EN, может обеспечить двукратное резервирование.

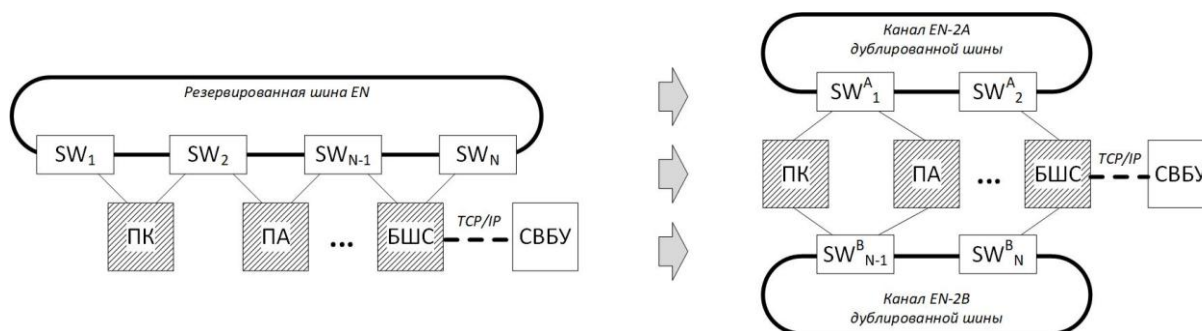


Рис. 1. Системные шины EN и EN-2 ТПТС

Пример построения шины EN-2 на оборудовании шины EN представлен на рис. 1. Шина EN-2, как и EN, использует коммутаторы (SW) и оптоволоконные линии для построения магистралей; для абонентских подключений используется витая пара. К дублированной шине EN-2 могут подключаться те же абоненты комплексов ТПТС, что и к шине EN, а именно: процессоры (ПА) и контроллеры (КА) автоматизации, блоки шлюза сопряжения (БШС) с системой верхнего блочного уровня (СВБУ), инженерные и диагностические станции (ИС и

ДС), а также иные средства, входящие в ПТК АСУ ТП, реализованные на базе персональных компьютеров (ПК) с операционными системами (ОС) *Windows* и *Linux*, с помощью стандартных сетевых адаптеров *Ethernet*.

Устройство шины

Дублированная шина *EN-2* представляет собой две физически несвязанные (каналы *EN-2A* и *EN-2B*) локальные сети *Ethernet*, по которым передаются данные прикладного уровня.

Передача данных между абонентами шины *EN-2* производится параллельно и одновременно по обоим каналам *EN-2A* и *EN-2B*. Передаваемые прикладные телеграммы последовательно нумеруются перед их инкапсуляцией в кадры нижнего уровня. Прикладному уровню на стороне приёмника передается только одна копия адресованной телеграммы – полученная раньше, копия, полученная позже по другому каналу, отбрасывается. Предусмотрены как процедуры, обеспечивающие надёжную доставку с подтверждением получения телеграмм со стороны приёмника (с повторными отправками в случае отсутствия квитанции о получении), так и процедуры без подтверждения.

Для предотвращения влияния информационных перегрузок в одном из каналов шины на работу процессорных модулей по другому, исправному, каналу – в ВПО предусмотрены алгоритмы, обеспечивающие полную блокировку приёма по каналу в случае выявления в нём шторма.

Сравнение пользовательских характеристик шин *EN* и *EN-2* приведено в табл. 1.

Таблица 1. Пользовательские характеристики *EN/EN-2*

Характеристика	Шина <i>EN</i>	Шина <i>EN-2</i>
Устойчивость к неисправностям	однократный обрыв магистральной или абонентской линии;	- любая однократная ошибка; - широкополосный шторм в любом из каналов;
Количество оборудования	одинаковое	
Технические данные (режимы, скорости, оптика)	одинаковые	
Функции диагностики элементов шины	обрыв физического соединения;	- обрыв физического соединения; - потеря логической связи при сохранении физического соединения; - ошибки коммутации портов и каналов; - контроль связи с резервными абонентами; - абоненты с дублирующими адресами;
Максимальный темп выдачи телеграмм	ограничивается активным каналом;	ограничивается наиболее быстрым из двух каналов;
Допустимый поток входящих телеграмм, обслуживаемых интерфейсной частью одного абонента, тлг/сек	ТПТС-ЕМ	
	400	300
	ТПТС-НТ	
	700	400
	ТПТС-СБ	
	600	400
Количество абонентов в шине	800	
Трудоёмкость монтажа	ниже	выше

Диагностика

Для диагностирования неисправностей в работе шины *EN-2* на объектах эксплуатации в штатных коммуникационных процессорных модулях ТПТС предусмотрен набор базовых диагностических средств.

В качестве модулей, выполняющих функции базовой диагностики, выступают один или несколько коммуникационных модулей БШС, выполняющих периодическую проверку связей с прочими абонентами шины. Максимальное количество абонентских связей, контролируемых одним БШС: 500 (при этом каждый из абонентов может быть резервированным). При наличии в сети большего количества абонентов диагностическая задача должна выполняться несколькими БШС.

При обнаружении возникновения/устранения неисправностей БШС формируют события *ANZ92* для системы верхнего уровня (СВУ) с указанием соответствующих причин. Диагностируемые неисправности перечислены в табл. 1.

Расширенные возможности диагностики и локализации неисправностей во всех компонентах шины *EN-2* (коммуникационных модулях и коммутаторах) обеспечивает разработанное специализированное программное обеспечение КАСТ (комплексный анализатор сетевого трафика). КАСТ работает на отдельном ПК (с ОС *Windows/Linux*), подключаемом к обоим каналам шины *EN-2*, и выполняет диагностику компонентов шины с помощью циклического опроса абонентов и обработки событийных сообщений от коммутаторов. Возникающие неисправности наглядно отображаются на графической схеме топологии шинной подсистемы ПТК. Кроме того, результаты диагностики могут передаваться из КАСТ на любое автоматизированное рабочее место (АРМ) комплекса для дополнительной визуализации и сигнализации. В работе КАСТ использует библиотеку *en.lib* и протокол *Simple Network Management Protocol (SNMP)* с подпиской на событийные сообщения коммутаторов (*Trap*).

Реализация

Для реализации алгоритмов дублированной шины в абонентах комплексов ТПТС разработана кросс-платформенная библиотека *en.lib*, реализующая протоколы обменов *EN* и *EN-2* с учётом рекомендаций нормативных документов [1].

Поддержка шин *EN* и *EN-2* выполнена в *en.lib* в виде отдельных режимов работы. При выборе этих режимов – телеграммы других режимов отбрасываются. Кроме того, реализован режим *EN-2/1*, в котором по умолчанию обмен ведётся по протоколу дублированной (*EN-2*) шины, однако отдельные абоненты могут подключаться к модулям по любому из каналов (*EN-2A* или *EN-2B*) по протоколу резервированной (*EN*) шины. Это позволяет использовать в испытаниях и на объекте эксплуатации при пуско-наладочных работах (ПНР) более широкий спектр сервисных и диагностических средств.

Для использования во встроенном программном обеспечении процессорных модулей библиотека *en.lib* адаптирована под процессорные платформы всех коммуникационных модулей ТПТС. Для использования в тестовых и сервисных средствах комплекса ТПТС в библиотеке реализована поддержка работы в составе приложений для операционных систем *Windows* и *Linux*.

Библиотека *en.lib* используется в том числе и при разработке стороннего программного обеспечения (ПО), для организации подключения других подсистем автоматизированной системы управления (АСУ) к абонентам комплекса ТПТС по одному или двум каналам дублированной шины *EN-2*.

Примером такой системы является разработанный совместно с РНЦ «Курчатовский институт» шлюз сопряжения для связи комплексов, созданных на базе средств ТПТС-НТ, с аппаратурой внутриреакторного контроля (СВРК). Данный шлюз осуществляет обмен данными между двумя системами согласно проекту, выполненному в САПР *GET-R1*. Для связи с подсистемой СВРК используется стандартный стек протоколов *TCP-IP*. Для связи с ТПТС-НТ используется библиотека *en.lib*.

Заключение

Основной особенностью шины *EN-2* является сохранение работоспособности (передачи данных) при любых однократных отказах компонентов шины, а также при однократной ошибке коммутации шины, вызывающей информационные перегрузки (широковещательный шторм) в одном из каналов.

Шина *EN-2* закладывается как основная коммуникационная шина в новых отечественных и зарубежных проектах АСУ ТП, построенных на базе аппаратуры ТПТС. Детали архитектуры шины *EN-2*, а также различные структурные варианты её организации представлены в патенте на изобретение [2].

Список литературы

1. ГОСТ Р МЭК 60880-2010 «Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Программное обеспечение компьютерных систем, выполняющих функции категории А».
2. Патент на изобретение №2450305 от 20.08.2010. Комплекс программно-аппаратных средств автоматизации контроля и управления.