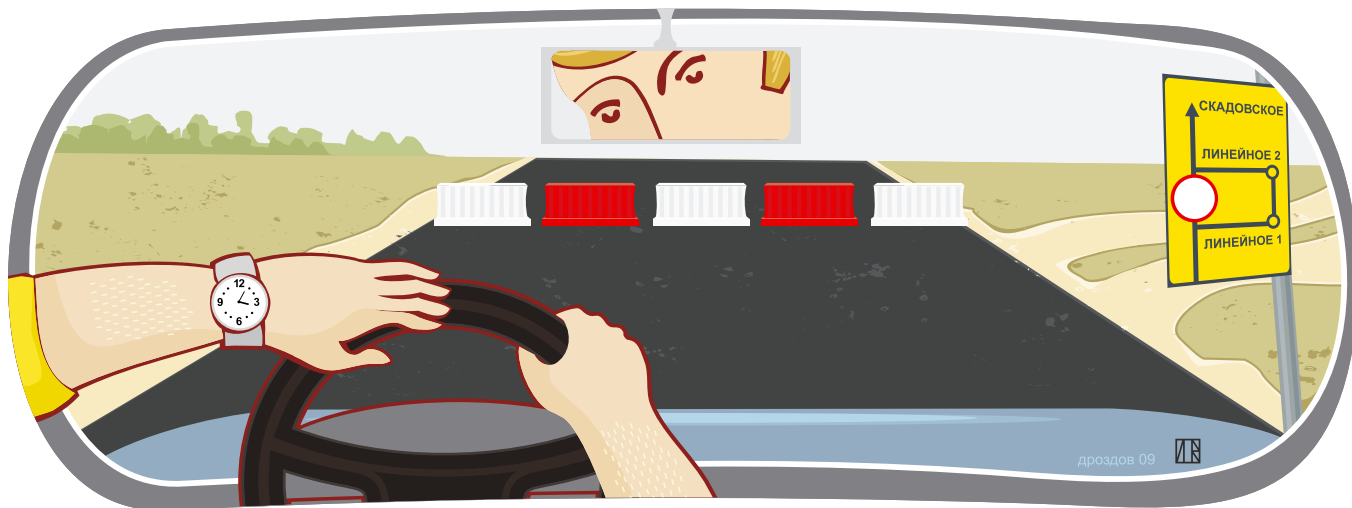


Сети обмена данными с высокой готовностью функционирования



В данной статье вы найдете ответы на следующие вопросы:

- Какие протоколы резервирования существуют, каковы области их применения и основные характеристики?
- Какие протоколы резервирования целесообразно использовать на уровне станционной шины и шины процесса?

Автор
 Андреас Дреер

Высокая готовность функционирования является обязательным требованием к системам автоматизации – будь то системы автоматизации, применяемые на заводах, в обрабатывающей отрасли промышленности, или на электрических подстанциях. Отказы отдельных компонентов, которых невозможно избежать, должны оказывать минимальное влияние на работу указанных систем в целом.

Поскольку информационные технологии и технологии обмена данными становятся все более и более важными составляющими систем автоматизации, в дополнение к ним должны применяться и концепции обеспечения высокой готовности функционирования. Один из протоколов обмена данными, получающих все большее распространение на рынке, – Ethernet. К примеру, Ethernet является протоколом, используемым стандар-

том МЭК 61850 – стандартом для сетей и систем связи для автоматизации в электроэнергетике. В данной статье представлено описание возможных путей реализации сетей Ethernet с высокой готовностью функционирования.

Высокая готовность функционирования может быть достигнута путем обеспечения полноценного резервирования системы. Это означает, что необходимо дублирование SCADA-систем, серверов, устройств защиты и автоматики, измерительных трансформаторов и электромагнитов отключения, а также соответствующее дублирование сетей обмена данными. В таком случае случайное нарушение работы одной системы не должно оказывать влияния на работу резервирующей ее другой системы. Однако полноценное резервирование системы – самый дорогой способ достижения высокой готовности ее функционирования.

К сведению

Рабочей группой 10 технического комитета 57 МЭК обозначены требования к времени восстановления связи между отдельными устройствами, входящими в состав системы автоматизации подстанции:

Устройства, обменивающиеся данными	Сеть	Требуемое время восстановления связи
SCADA – МП РЗА, клиент-сервер	Станционная шина	400 мс
МП РЗА – МП РЗА, оперативная блокировка	Станционная шина	4 мс
МП РЗА – МП РЗА, обратная блокировка для целей реализации защитных функций	Станционная шина	4 мс
Защита сборных шин	Станционная шина	0 мс
Передача мгновенных значений тока и напряжения	Шина процесса	0 мс

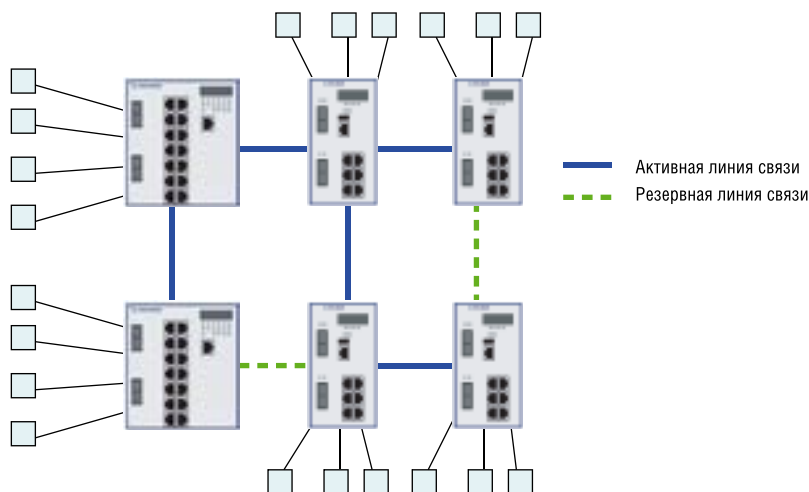


Рис. 1. Пример конфигурации сети при использовании протокола RSTP

Механизм переключения на резервную линию связи – протоколы RSTP и MRP

Если говорить о сетях обмена данными, то они проектируются таким образом, чтобы существовала возможность обеспечения резервирования при нарушении исправности самих линий связи, используемых Ethernet-коммутаторов или даже сетевых интерфейсов.

Основным требованием, изначально предъявляемым к каждой Ethernet-сети, является исключение наличия замкнутых систем (например, кольцевых схем). В один и тот же момент времени к одному устройству допускается иметь подключенной только лишь одну линию связи. Наличие замкнутых систем будет приводить к бесконечной циркуляции данных по сети и, в свою очередь, к ее значительной информационной нагрузке. По этой причине, с одной стороны, к одному и тому же устройству не допускается иметь каких-либо подключенных резервных ли-

ний связи, а, с другой стороны, концепция резервирования предполагает, как было указано выше, их наличие. Для того чтобы разрешить указанное противоречие используются специальные протоколы резервирования. Такие протоколы в любой момент времени должны обеспечить наличие одной активной линии связи к каждому устройству, даже когда физически к устройству подключено большее их число. Этот протокол должен гарантировать то, что в любой момент времени только по одной физической линии связи осуществляется передача данных, в то время как по остальным линиям связи передача данных не осуществляется, и они являются резервными.

Один из подходов, который используется как в промышленных Ethernet-сетях, так и в IT-инфраструктурах уже достаточно много лет, основан на мониторинге линий связи, обнаружении нарушений их исправности и переключении на резервный канал. Для данного подхода всегда харак-

терна временная задержка при выполнении переключения с одной цепи передачи данных на другую, поскольку сначала необходимо идентифицировать нарушение исправности линии связи, и только затем в сети должно быть выполнено переключение и должен быть восстановлен обмен данными. На рынке существует несколько протоколов, работающих по такому принципу. Они значительным образом различаются временем, которое требуется для выполнения переключения на резервную линию связи, а также теми топологиями, поддержку которых они осуществляют.

Одним из первых протоколов резервирования являлся протокол STP (Spanning Tree Protocol). Будучи разработанным в 90-х годах, данный протокол обеспечивает время переключения с одной цепи передачи данных на другую, равное 10 с, и он применим в сетях с различной топологией, включая смешанные сети с различными конфигурациями. Однако данный протокол накладывает ограничения на число коммутаторов, устанавливаемых на линии связи между отправителем и получателем. На протяжении многих лет данный протокол использовался в сетях систем автоматизации промышленных предприятий, а также в различного рода IT-инфраструктурах.

Уже как несколько лет взамен протокола STP используется протокол RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol). Данный протокол является усовершенствованной версией протокола STP и был разработан группой IEEE 802.1 в 1998 году. Системы, построенные на основе данного протокола, устойчиво функционируют при различных топологиях сети обмена данными, допускают наличие большего числа коммутаторов. Время, требуемое для переключения с одной цепи передачи данных на другую, для таких систем составляет порядка 1 с. Однако протокол RSTP не гарантирует поведение определенного характера при возникновении нарушений исправности связи в сети. Реакция зависит от места, где возникает нарушение, и от каждого конкретного случая. По этой причине предпринимаются некоторые попытки по оптимизации протокола RSTP ограничением его использования в кольцевых сетях и использованием предварительно устанавливаемых параметров определенного значения. При такой оптимизации достигается время переключе-

ния с одной цепи передачи данных на другую порядка 100 мс.

Протокол Spanning Tree, как и свидетельствует его название, создает связующее дерево соединений между Ethernet-коммутаторами и выводит из работы все те связи, которые не являются частью этой структуры (рис. 1).

Указанное приводит к наличию одной активной линии связи между любыми конечными устройствами. Протокол использует специальные информационные пакеты – Bridge Protocol Data Units (BPDU) – для выполнения обмена данными между Ethernet-коммутаторами, для определения структуры сети и оптимальных соединений в ней. В случае любых изменений структуры сети о них сигнализируется при использовании информационных пакетов Topology Change Notification BPDU, которые инициируют изменение связующего дерева сети, активацию резервных линий связи и восстановление соединений между конечными устройствами.

Когда используется кольцевая топология сети, время переключения с одной цепи передачи данных на другую, при использовании протокола RSTP, может быть вычислено при известных технических параметрах Ethernet-коммутаторов.

Другим протоколом, который предназначен для использования специально в сетях систем автоматизации промышленных объектов, является протокол Media Redundancy Protocol (MRP). Данный протокол определен стандартом МЭК 62439 – стандартом по сетям обмена данными с высокой готовностью функционирования. Протокол MRP разработан исключительно для использования в сетях с кольцевой топологией, но гарантирует определенное время переключения с одной цепи передачи данных на другую. В зависимости от выбранных параметров время переключения может составлять 500 мс, 200 мс или 10 мс, даже в тех сетях, где в кольцевой схеме объединены 50 или более Ethernet-коммутаторов.

При использовании протокола MRP один из узлов сети выполняет функцию так называемого Media Redundancy Manager (MRM). MRM осуществляет мониторинг сети кольцевой топологии и управление ею, что позволяет реагировать на все нарушения нормальной работы, возникающие в ней. MRM осуществляет эти процедуры путем передачи пакетов данных через один порт и получением пакетов данных через другой порт в кольцевой схеме, и, наоборот, в обратном направлении.

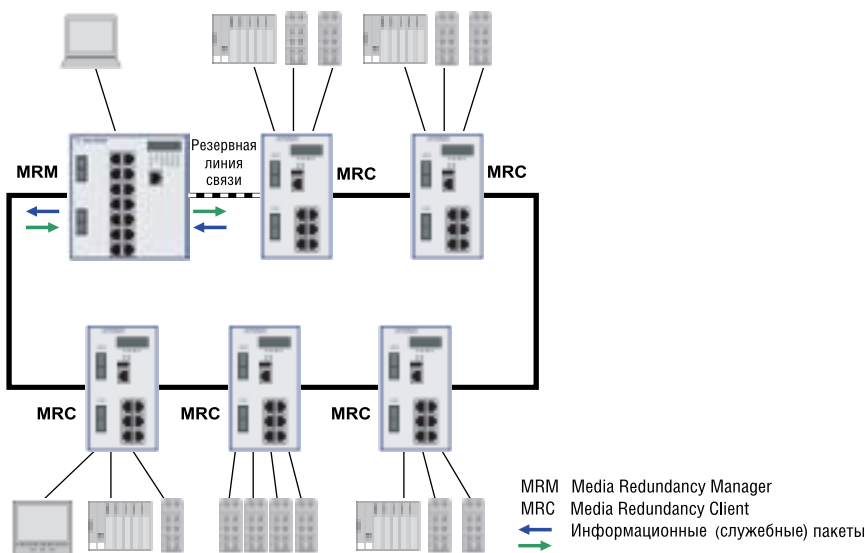


Рис. 2. Пример конфигурации сети при использовании протокола MRP

Все другие узлы в системе выполняют функцию так называемых Media Redundancy Clients (MRC). MRC реагируют на получаемые пакеты данных реконфигурации от MRM и обладают способностью обнаруживать изменения на своих портах и сигнализировать о них (рис. 2).

Каждый совместимый узел MRP требует наличия двух портов, включенных в кольцевую схему. Каждый узел в сети

получатель идентифицирует нарушение исправности второй активной линии связи. Данный принцип реализуют протоколы Parallel Redundancy Protocol (PRP) и High Availability Seamless Ring (HSR). Оба протокола определены стандартом МЭК 62439. Протокол PRP допускает использование двух независимых сетей любой топологии, в то время как протокол HSR применим только в сети с кольцевой

Протоколы резервирования в любой момент времени должны обеспечить наличие одной активной линии связи к устройству, даже когда физически к нему подключено большее число каналов связи.

обладает способностью идентифицировать нарушение исправности или восстановление соединения или нарушение или восстановление исправности смежного узла.

Использование двух независимых сетей обмена данными – протоколы PRP и HSR

Совершенно другой подход основан на использовании сетей с двумя активными независимыми линиями связи между любыми двумя устройствами. Отправитель использует два независимых сетевых интерфейса, по которым одновременно осуществляется передача данных. Здесь протокол резервирования должен гарантировать, что получатель будет использовать только первый пакет данных, а второй будет проигнорирован. Если устройство получает только один пакет,

топологией. Значительным преимуществом протоколов PRP и HSR является то, что время реконфигурации приблизительно равно нулю, что исключает наличие задержек и гарантирует высокую готовность функционирования. Конечно, указанное справедливо, только если не произойдет одновременного нарушения исправности двух линий связи (в случае использования протокола PRP) или не возникнет двух неисправностей в сети с кольцевой топологией (в случае использования протокола HSR).

Протокол PRP должен быть реализован в конечных устройствах, в то время как используемые в сети коммутаторы являются стандартными и не требуют поддержки данного протокола. Конечное устройство с поддержкой протокола PRP называют Double Attached Node (DAN), и предполагается, что оно имеет соединение с каждой из двух независимых сетей.

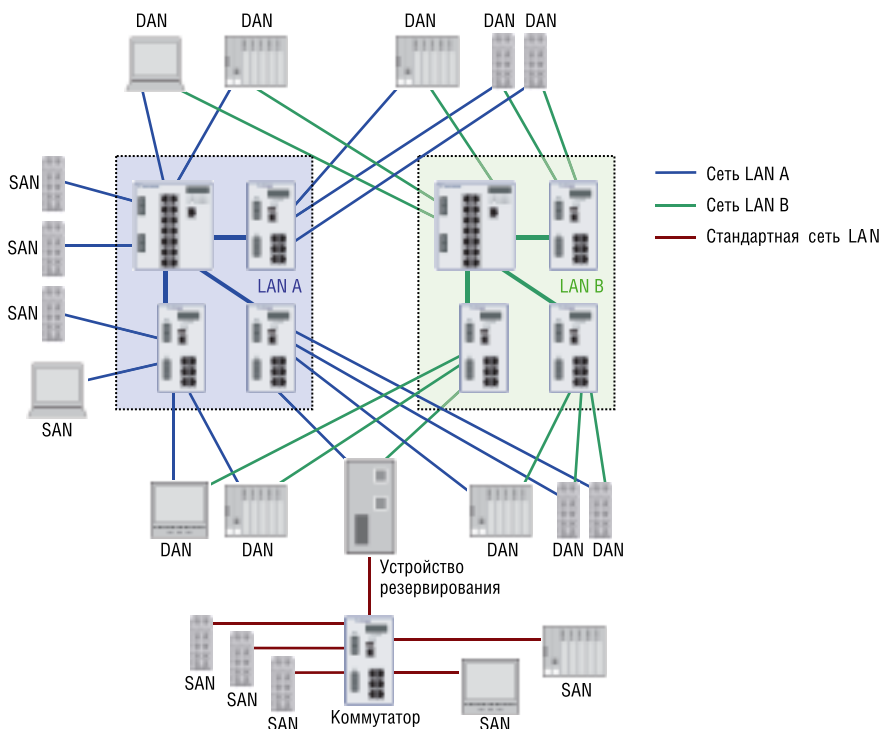


Рис. 3. Пример конфигурации сети при использовании протокола PRP

Данные две сети могут иметь либо идентичные топологии, либо могут отличаться как по топологии, так и по своей производительности.

Стандартное устройство с одним сетевым интерфейсом (его обозначают термином Single Attached Node – SAN) может непосредственно включаться только лишь в одну сеть. В таком случае, как очевидно, отсутствует связь с резервной сетью передачи данных. Другим вариантом является подключение SAN к специальному устройству резервирования – redundancy box – которое затем осуществляет подключение одного или несколько SAN к обеим сетям. SAN не требуют поддержки протокола PRP.

В преобладающем числе случаев только лишь устройства, выполняющие ответственные функции, требуют подключения к двум независимым сетям. Подключение остальных устройств обычно осуществляется как устройств SAN с использованием или без использования устройства резервирования (redundancy box).

Устройство DAN должно поддерживать протокол резервирования PRP и иметь два сетевых интерфейса. При получении пакетов данных от протоколов верхнего уровня их передача осуществляется через оба доступных порта одновременно, т. е. осуществляется передача двух пакетов данных по двум независимым сетям с различными задержками по времени. В приемном узле выполняется передача первого принятого пакета данных на верхние уровни этого узла, а второй пакет данных игнорируется.

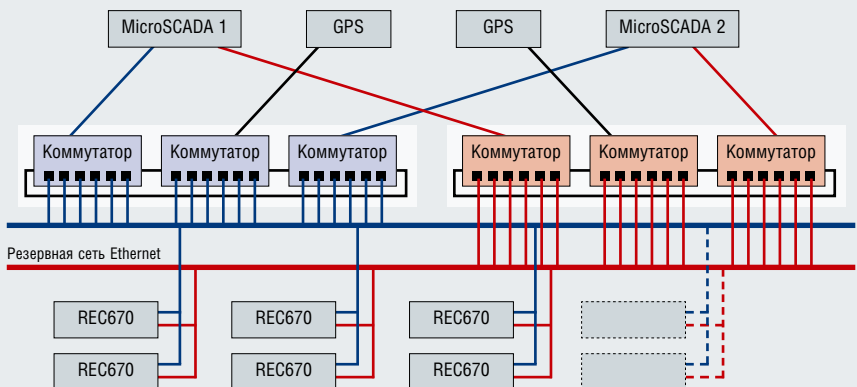
Устройство резервирования (redundancy box) реализует протокол резервирования PRP для всех SAN, подключенных к нему. На рис. 3 представлена конфигурация сети, определяемая протоколом PRP.

Протокол HSR является специальной версией протокола PRP. Применение протокола HSR ограничивается сетями с кольцевой топологией и при этом необходимо использование устройств Double Attached Nodes (DAN), подключаемых друг к другу без использования отдельных Ethernet-коммутаторов. По сравнению с другими подходами доступная пропускная способность делится пополам, поскольку по кольцевой сети осуществляется передача двух пакетов данных в разных направлениях. Устрой-

К сведению

Первая подстанция высокого напряжения с системой автоматизации, в состав которой входят устройства с поддержкой протокола PRP, была реализована компанией ABB, и эта система успешно прошла испытания в 2008 году.

Одним из основных требований к проекту было создание абсолютно независимой сети обмена данными вплоть до уровня микропроцессорных устройств управления. В результате была реализована система с двумя APM (с использованием систем MicroSCADA 1 и MicroSCADA 2, соответственно) и с двумя независимыми сетями обмена данными, работающими параллельно. В качестве устройств управления использовались устройства компании ABB REC 670. Их подключение осуществлялось к двум независимым сетям с кольцевой топологией. Синхронизация по времени была выполнена при использовании протокола SNTP, согласно которому передача данных осуществлялась одновременно в две сети от двух независимых GPS-приемников со встроенными серверами SNTP.



ства в составе схемы должны обладать поддержкой протокола HSR.

Устройство с поддержкой протокола HSR, получающее пакет данных по кольцевой сети, направляет его на другой свой порт и одновременно выполняет копирование пакета данных на свои верхние уровни, в зависимости от правил переадресации. После того как передача пакета данных выполнена через всю кольцевую схему, отправитель должен удалить пакет данных для исключения возможности его циркуляции по сети.

Устройства SAN не могут быть непосредственно подключены к кольцевой сети и требуют наличия устройства резервирования (redundancy box). На рис. 4 представлен пример конфигурации сети с использованием протокола HSR.

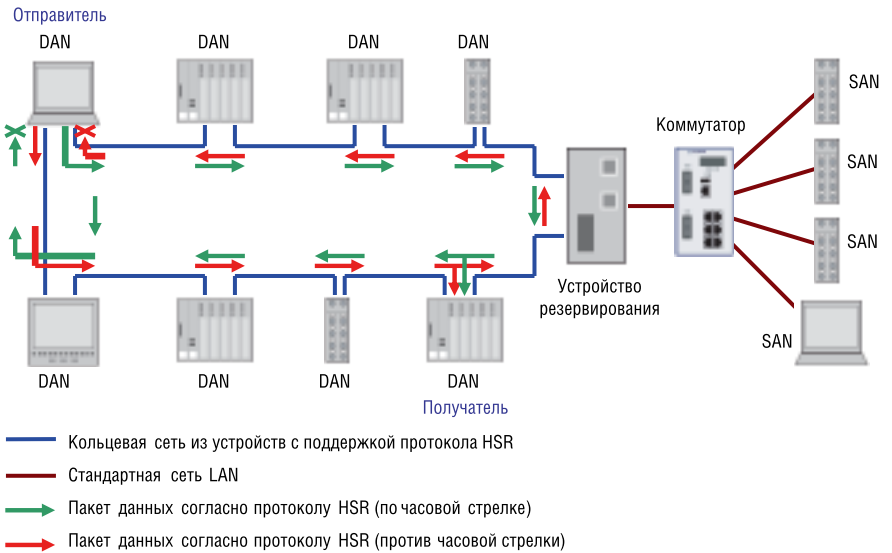


Рис. 4. Пример конфигурации сети при использовании протокола HSR

Выводы

В сетях систем автоматизации подстанций сегодня используется протокол резервирования RSTP, а также иногда протокол MRP. Во втором издании стандарта МЭК 61850 для применения на стационарной шине, где допустимое время провала связи может составлять порядка 100 мс,

будет рекомендовано использование оптимизированного протокола резервирования RSTP. Если говорить о шине процесса, по которой необходимо выполнять передачу GOOSE-сообщений и мгновенных значений тока и напряжения, правильным выбором будет являться использование протоколов PRP и HSR. Однако

оба данных протокола являются достаточно новыми. В то время примеры применения протокола PRP уже существуют, протокол HSR еще находится в заключительной стадии разработки и первые примеры его практического применения стоит ожидать приблизительно через 12 месяцев.

II СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ • 2009

КАВКАЗ-ЭНЕРГО 29-31 ОКТЯБРЯ КИСЛОВОДСК

Организаторы: ВЦ «РОСТЭКС», ВЦ «Кавказ»
 При поддержке: Правительства Ставропольского края; Министерства промышленности, энергетики и транспорта Ставропольского края; ОАО «МРСК Северного Кавказа»

ЭНЕРГЕТИКА ЭЛЕКТРОТЕХНИКА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Тел.: (863) 240-32-60/62; (87937) 331-79/74
 rostex@aanet.ru • www.rostex-expo.ru

роствэкс ВЫСТАВКИ ЮГА РОССИИ