

# ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ETHERNET-СЕТЯХ

ИВАН ЛОПУХОВ

ivan.lopukhov@moxa.com

При переводе поддерживающих протокол RSTP устройств на работу в сетях PRP/HSR имели место проблемы совместимости. Однако на сегодня уже разработаны новые решения, позволяющие использовать гибридные технологии сетей RSTP, PRP и HSR. Они позволяют выполнить постепенный и плавный переход большого числа подстанций с большим количеством устройств на работу с сетями HSR без проблем с совместимостью. Благодаря им можно не только оставить в эксплуатации устройства с одним (SAN) и двумя (DAN) сетевыми интерфейсами, но и обеспечить их работу в составе современных автоматизированных объектов и интеллектуальных сетей. Проще говоря, это новое решение продлевает срок службы существующих устройств и откладывает затраты на замену оборудования.

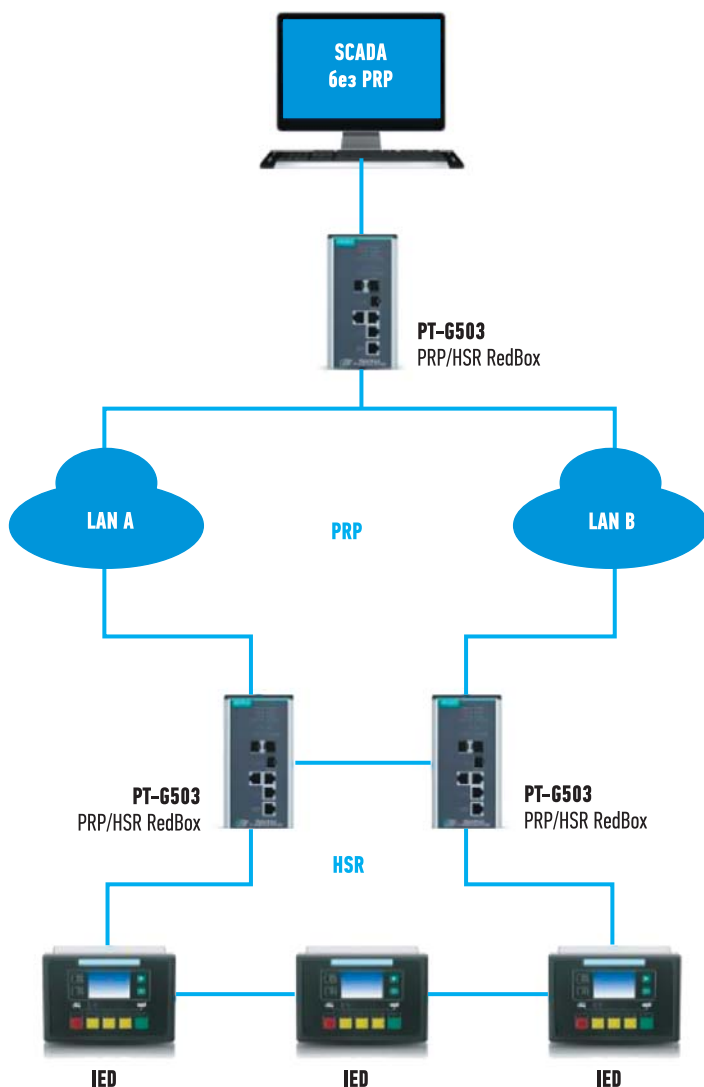


РИС. 1. ►  
Типовая топология  
сети PRP/HSR

## ВОПРОСЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ

Внедрение сетей на базе протоколов PRP/HSR<sup>1</sup> призвано обеспечить надежную передачу данных на промышленных объектах. Новые технологии улучшают показатели точности и надежности, а также обеспечивают увеличение производительности коммуникационных сетей подстанции, что способствует их активному внедрению. Тем не менее, чтобы избежать лишних затрат, желательно оставлять в эксплуатации работающие устройства. До настоящего времени большинство решений по переводу существующих устройств на работу в сетях PRP/HSR не оправдывали ожиданий, в том числе с точки зрения экономической эффективности. Поскольку находящиеся в эксплуатации устройства поддерживают протокол RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol — «быстрый протокол разворачивающегося дерева»), контрольные пакеты которого не могут быть правильно обработаны в сетях на базе протоколов PRP/HSR, то традиционным решением является объединение сетей на базе RSTP и на базе PRP/HSR с помощью коммутаторов, которые обеспечивают преобразование между прото-

<sup>1</sup> Протоколы «бесшовного резервирования высокой доступности» (High Availability Seamless Redundancy, HSR) и «параллельного резервирования» (Parallel Redundancy Protocol PRP) — это новые дополнения к стандарту МЭК 62439 для промышленных Ethernet-сетей высокой доступности. Будущи разработанными для критически важных и чувствительных к временным параметрам применений, таких как автоматизация подстанций и управление движением, HSR и PRP обеспечивают гарантированное поведение в неблагоприятных условиях и повышенную надежность сети.

колами RSTP и PRP/HSR. Основной недостаток такого подхода — то, что большинство решений содержит собственные «проприетарные» протоколы, которые, в большинстве случаев, становятся причиной возникновения последующих проблем с совместимостью, поскольку в одной сети объединяются множество различных протоколов и устройств от разных производителей.

Сетевое резервирование позволяет избежать ситуаций, когда неисправности в отдельных точках сети могут привести к развитию системных аварий, приводя к отказу сразу всех коммуникационных систем. В настоящее время основным трендом в развитии автоматизации подстанций является сбор и интеграция данных от всех IED (Intelligent Electronic Device — интеллектуальные электронные устройства) и подсистем в единую высокопроизводительную и надежную систему управления, которая может выступать в роли платформы для мониторинга устройств сегодня и в роли продвинутых диагностических систем завтра. Производительность системы управления зависит от возможности успешной передачи данных от одного устройства к другому. Поэтому для обеспечения непрерывной работы коммуникационных систем логично использовать сеть с возможностью резервирования.

Особую важность, с точки зрения стандарта МЭК 61850 (редакция 2), имеют решения резервирования, которые позволяют обеспечить «нулевое время» восстановления системы, также известное как «плавное» восстановление, целью которого является нулевая потеря пакетов данных.

### ПРОТОКОЛ RSTP: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Протокол RSTP является самым популярным из множества имеющихся, поскольку его можно использовать в сети любой топологии, в том числе и смешанной. Тем не менее он имеет ряд недостатков, которые ограничивают его возможность.

Например, определенное число переприемов данных формирует сетевую задержку. Чтобы решить проблему сетевой задержки и не поддающегося контролю времени восстановления, можно ввести ограничение кольцевой топологии RSTP до 40 узлов сети. Для более крупных сетей такое ограничение явно стано-

вится большой проблемой. Однако недавно компания Moxa предложила собственную технологию — группировку RSTP (RSTP Grouping, подана заявка на патент), которая делает возможным объединение в сети HSR более тысячи устройств RSTP.

Очевидно, что протокол RSTP не подходит для применения на подстанциях, где предъявляются высокие требования к готовности сети и минимальному времени срабатывания. На них нужно использовать принцип резервирования с нулевой потерей пакетов данных. Такими свойствами обладают протоколы PRP или HSR. Хотя эти два протокола предназначаются для использования в различных топологиях сети, в сетях обоих типов — HSR и PRP — применяется один и тот же принцип «активного резервирования» (рис. 1). Принцип состоит в дублировании пакетов данных, которые передаются одновременно и разными путями. Благодаря реализации принципов активного резервирования с нулевым временем реконфигурации в случае отказа коммутатора или канала связи, протоколы HSR и PRP подходят для цифрового обмена данными РЗА (релейной защиты и автоматики), который описывается стандартами МЭК 61850-9-2 и МЭК 61850-8-1.

Создание доступных на сегодня решений по переходу от сетей на базе RSTP к сетям PRP/HSR в большей степени было мотивировано тем фактом, что на энергообъектах невозможно просто вывести из эксплуатации все существующие устройства. Несмотря на доступность методов, позволяющих объединить работу в кольцевых сетях по протоколам RSTP и PRP/HSR, проблемы с совместимостью протоколов мешают перейти на работу с сетями PRP/HSR.

### КОММУТАТОР PRP/HSR

Недавно Moxa запустила в производство коммутатор PRP/HSR, в котором обеспечивается поддержка стандарта МЭК 62439-3 (редакция 3),

что гарантирует возможность перевода IED с поддержкой протокола RSTP в сети PRP/HSR без каких-либо проблем совместимости (рис. 2).

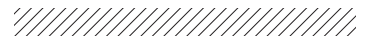
В коммутаторе задействован ряд продвинутых технологий, которые позволяют реализовать резервирование по протоколам PRP и HSR, интеграцию форматов RSTP и HSR и обеспечить синхронизацию и погрешность времени на уровне наносекунд согласно протоколу точного времени (PTP) IEEE 1588v2.

Для организации резервирования по протоколу PRP в коммутатор встроен модуль PRP/HSR. Кроме того, благодаря коммутации портов 24+4G это устройство позволяет подключить большое количество устройств типа SAN (Storage Area Network — сеть хранения данных) к параллельным сетям. Благодаря этому выполняется расширение сети PRP при отсутствии дополнительных затрат. Реализация одновременной передачи данных по нескольким маршрутам позволяет коммутатору при возникновении ошибок передачи выполнять переключение на неповрежденные участки с нулевым временем (рис. 3).

Для интеграции протокола RSTP в HSR в коммутаторе применяется простой принцип предотвращения так называемых «широковещательных штормов» — наиболее распространенного явления, возникающего при объединении принципов резервирования PRP/HSR и RSTP, которое приводит к отказу сетей в целом. Такие широковещательные штормы происходят, когда коммутаторы или Redbox (Redundancy Box) не могут распознать управляющие пакеты (BPDU) в протоколах формата RSTP, в результате чего игнорируют их и не пересылают в сеть HSR. Эти пакеты данных накапливаются и непрерывно циркулируют в кольцевой сети RSTP, не достигая при этом своего места назначения. Коммутатор Moxa обладает способностью распознавания BPDU-пакетов, которые будут, в свою очередь, пере-



РИС. 2. ◀  
Коммутатор Ethernet  
PRP/HSR компании Moxa



направлены в кольцевую топологию HSR. Примечательно, что компания Моха внесла предложение по внесению поправок в документ МЭК 62439-3, заключающееся в том, что с целью обеспечения совместимости оборудования функция распознавания коммутаторами BPDU-пакетов

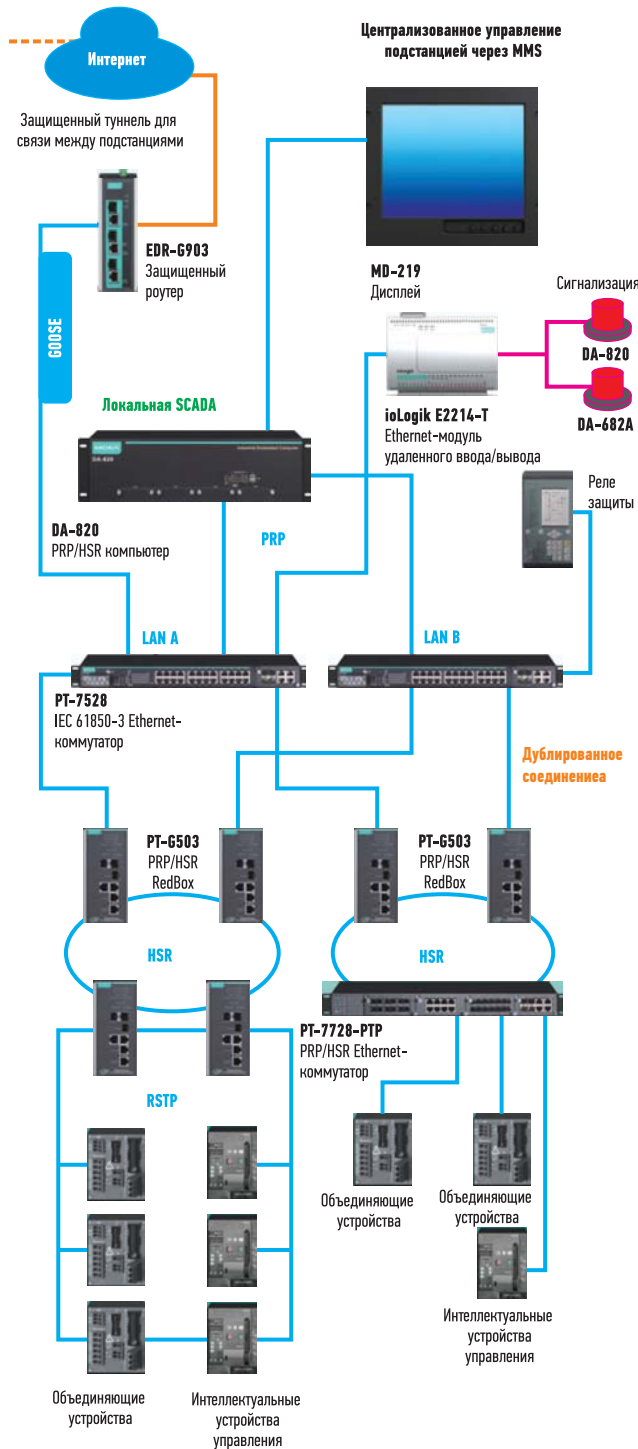
должна стать стандартной функцией этих устройств.

Функция RSTP Grouping коммутатора PRP/HSR позволяет установить множество соединений между сетями RSTP и HSR, что поможет легко перевести крупные группы узлов RSTP на работу в сетях с резерви-

рованием по принципу HSR. Протокол точного времени (PTP) IEEE 1588 обеспечивает наносекундную точность синхронизации, что, в свою очередь, помогает выровнять процесс распределения времени для улучшения производительности сетевых приложений. Коммутаторы должны обеспечить синхронизацию времени согласно IEEE 1588v2 в пределах всей системы. Это гарантирует высокую точность данных и оптимизацию производительности для энергообъектов и телекоммуникации.

Кроме того, коммутатор PRP/HSR впервые в мире имеет модульное исполнение для монтажа в стойке, что позволяет пользователям использовать более гибкие решения по размещению оборудования и интеграции в коммуникационные сети. Имеется несколько вариантов возможных сценариев: интеграция большого количества устройств типа SAN в сети PRP/HSR; подключение сетей RSTP к сетям HSR через два отдельных узла; окончательная интеграция полевых устройств на уровне оперативных пунктов управления; возможность добавления дополнительных кольцевых сетей HSR через протокол PRP.

Проверка производительности коммутатора PRP/HSR выполнялась силами UCAIug, некоммерческой организации, направлением деятельности которой является помощь и содействие пользователям и производителям оборудования в реализации стандартов для приложений, работающих в реальном времени. UCAIug провела тестирование совместимости коммутатора PT-7728-PTP в сетях различной архитектуры. Проверка различных сценариев выполнялась с особым упором на проверку правильной работы протоколов обмена данными МЭК 61850 совместно с устройствами различных производителей в формате HSR и PRP, а также в варианте интеграции RSTP в сети HSR. В сценариях также применялись IED и промежуточные системы. В отчете UCAIug сделаны выводы, что коммутатор PT-7728-PTP прошел все испытания, а его производительность была подтверждена. Кроме того, коммутатор PT-7728-PTP и устройство типа Redbox Моха PT-G503 обеспечивали двойное соединение между сегментами сетей PRP/HSR и RSTP. ●



**РИС. 3.** ►  
Схема системы автоматизации подстанции от компании Моха