



КАКИЕ ФУНКЦИИ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НУЖНЫ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ?

И.О. Смирнов, менеджер по продукции направления «Сетевые технологии» ООО «Феникс Контакт РУС»

Цифровая подстанция (ЦПС) — это сложная система, состоящая из множества элементов, которые связаны в единую локальную вычислительную сеть (ЛВС). Через ЛВС обмениваются данными и терминалы релейной защиты, и передаются все измерения тока и напряжения, а также все данные на верхний уровень. И за счёт того, что все участники сети очень активно обмениваются информацией, ЛВС оказывается высоконагруженной. Если посмотреть на текущие специфика-

ции проектов АСУ ТП энергетических объектов, то мы увидим там большое количество коммутаторов, причём достаточно сложных, которые имеют много различных IT-функций, особенно важными из которых являются:

- приоритетная передача *GOOSE*-сообщений;
- поддержка протокола *PRP*;
- *Multicast* и *VLAN*.

Но зачем все эти функции? И нужны ли они для ЦПС? Именно эти вопросы освещены в данной статье.

НЕОБХОДИМЫЕ ФУНКЦИИ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЛВС ЦПС

Поддержка приоритетной передачи *GOOSE*-сообщений

В первую очередь коммутаторам необходимо поддерживать приоритетную передачу *GOOSE*-сообщений. Для понимания необходимости данной функции нужно рассмотреть принцип работы *GOOSE*-сообщений. Они задумывались как замена горизонтальной связи между терминалами релейной защиты, которая рань-

ше реализовывалась чаще всего на основе дискретных сигналов. Из этого факта вытекают следующие требования для передачи *GOOSE*-сообщений:

- малый объём информации;
- высокая скорость передачи информации;
- высокая вероятность доставки сообщения;
- возможность передачи сообщений сразу нескольким адресатам;
- необходимость контроля целостности канала передачи данных.

Чтобы обеспечить требование по скорости, *GOOSE*-сообщения передаются на канальном уровне. *GOOSE*-сообщения передаются *multicast*-трафиком, что даёт возможность отправки сообщений сразу нескольким адресатам, и при этом каждый адресат сам решает, будет он получать это *GOOSE*-сообщение или нет (слушать ему данную *multicast*-группу или нет). Чтобы обеспечить высокую вероятность доставки сообщения и контроль целостности канала, используется модель передачи данных, отличная от привычной модели для *TCP/IP*: *GOOSE*-сообщение, в случае, когда все параметры неизменны, передаётся с постоянным временем передачи — *T0*; а когда какой-

либо из параметров меняется, то *GOOSE*-сообщение незамедлительно передаётся, вне зависимости от времени *T0* (рисунок 1). Затем следующее сообщение передаётся через короткий промежуток времени, следующее — через чуть больший промежуток, и так продолжается до увеличения времени *T0*. Таким образом, в случае какого-то происшествия генерируется «пачка» сообщений.

Когда происходит какое-то глобальное событие, то можно наблюдать, как «*GOOSE*-лавина» (когда генерируется большое количество *GOOSE*-сообщений с разных терминалов, а другие терминалы подхватывают эти события и начинают генерировать один за другим) даёт большую нагрузку на сеть, и поэтому коммутаторам необходимо обрабатывать *GOOSE*-сообщения с отдельным приоритетом, чтобы они были переданы в первую очередь. Иначе существует возможность «остановки» передачи данных по сети, когда буферы обмена коммутаторов будут переполнены *GOOSE*-сообщениями, и никакого другого трафика коммутаторы передавать не смогут. *UCAlug* в своих программах и методиках испытаний (ПМИ) устанавливает максимально допустимое время передачи *GOOSE*-сообщения

3 мс для класса производительности P1 согласно МЭК 61850–5. Для обеспечения приоритетной быстрой передачи *GOOSE*-сообщений коммутатору необходимо понимать *QoS*-приоритет пакета и его *VLAN ID*, а также «узнавать» *EtherType GOOSE*-пакета.

Поддержка протокола *PRP*

Во-вторых, коммутаторы должны поддерживать протокол резервирования *PRP*. На самом деле несколько ошибочно говорить про поддержку *PRP* на коммутаторе. Коммутатор для этого резервирования никаких особенно сложных функций не выполняет. Ему достаточно просто не отбрасывать пакеты с *PRP*-трейлером. Что такое *PRP*-трейлер, и почему его нужно поддерживать?

Протокол *PRP* подразумевает параллельное резервирование. То есть пакет дублируется и передаётся по двум разным сетям, и конечное устройство получает на вход два пакета, если один из них битый, то устройство использует второй. В терминологии *PRP* параллельные сети называются сеть А и сеть Б. Соответственно, к дублированным пакетам добавляется дополнительное поле, содержащее информацию о *PRP* — *PRP*-трейлер. Если не погружаться глубоко в технологию, то в нём содержатся данные,

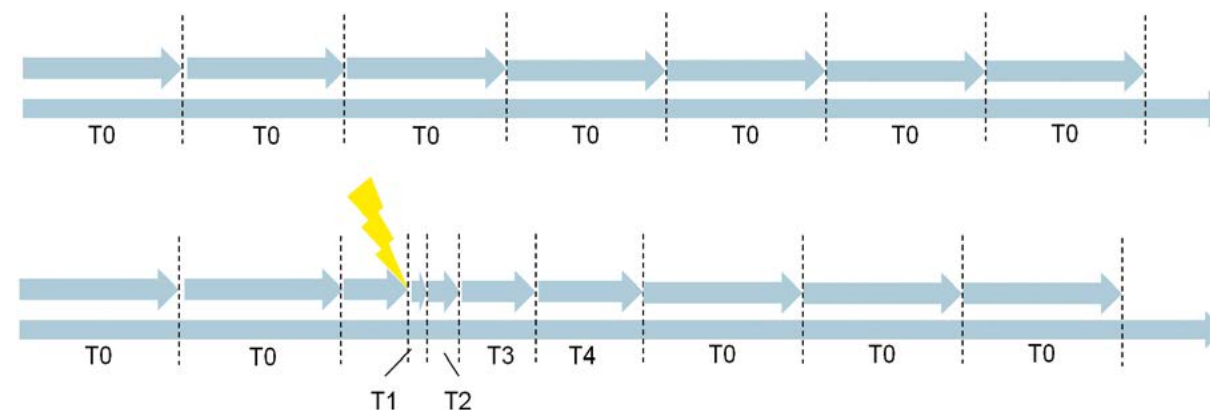


Рисунок 1. Передача *GOOSE*-сообщений при неизменных параметрах системы и при возникновении события

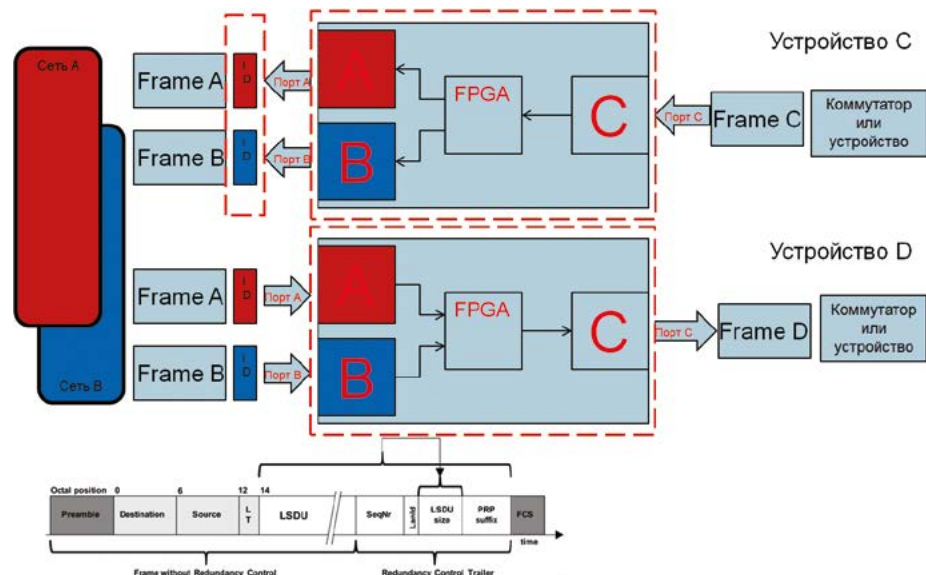


Рисунок 2. Модель работы PRP

к какой сети относится пакет — сеть А или сеть Б. Коммутатор без «поддержки» PRP может посчитать, что пакет с PRP-трейлером является битым. Именно поэтому важно использовать проверенные коммутаторы, которые не блокируют пакеты в резервированной сети (рисунок 2).

Поддержка Multicast и VLAN

Также достаточно востребованными являются функции VLAN и Multicast. VLAN позволяет сегментировать сеть, разделяя её на виртуальные подсети, а поддержка Multicast позволяет работать с потоками данных. Под поддержкой Multicast подразумевается поддержка протокола IGMP. Данные функции позволяют управлять потоками данных и ограничивать пути распространения широковещательных пакетов. Наиболее актуально это для управления SV-потоками. Для примера рассмотрим следующую схему, представленную на рисунке 3.

Имеется 4 коммутатора Phoenix Contact FL SWITCH 4824E-4GC — 2891072. Коммутаторы объеди-

нены в кольцо. К каждому коммутатору подключено по шесть Merging Unit и по 2 терминала релейной защиты (все устройства подключаются к 100 Мбит/с портам, а кольцо создано на основе 1 Гбит/с портов). Предположим, что с каждого MU передаётся один SV-поток. Тогда, если не использовать VLAN или Multicast, мы можем получить ситуацию, когда через один коммутатор будет передаваться 24 SV-потока. Один SV-поток весит в среднем около 4–5 Мбит/с, т.е. через один коммутатор с пропускной способностью портов 100 Мбит/с может проходить около 20 потоков. Учитывая, что помимо SV-потоков через коммутаторы проходит еще как минимум служебный трафик, то без потери данных может быть передано около 18 потоков. Другими словами, 24 потока коммутатор передать не сможет. Подобная нагрузка в лучшем случае станет причиной потери пакетов, а в худшем — остановки передачи данных в сети.

Здесь-то и возникает необходимость в управлении потоками и ограничении распространения

широковещательных пакетов, которыми, по большому счёту, и является multicast-трафик. Управлять ими можно при помощи протокола управления multicast-потоками IGMP. Каждый SV-поток передаётся как multicast-трафик и, соответственно, при помощи IGMP можно ограничить распространение данного трафика только теми узлами, которым эти пакеты необходимы. Или же, потоки можно разделить по разным VLAN-функциям, что даёт возможность определить, куда потоки могут быть переданы. Обе технологии помогают значительно разгрузить сеть.

Что может предложить Phoenix Contact под данные требования?

Коммутаторы серии FL SWITCH 48XXE с поддержкой стандарта IEC 61850 позволяют реализовывать все вышеописанные функции. В конце 2018 г. были пройдены испытания в АО «НТЦ ФСК ЕЭС», которые подтвердили, что коммутаторы Phoenix Contact имеют необходимый уровень ЭМС, а также выдерживают необходимый для электроэнергетических объектов уровень механических воздействий и обладают всеми необходимыми IT-функциями для создания АСУ ТП на электростанциях и подстанциях. Сейчас коммутаторы Phoenix Contact имеют аттестат соответствия от АО «НТЦ ФСК ЕЭС», который подтверждает, что данное сетевое оборудование может быть использовано в проектах ПАО «Россети» и занесено в реестр оборудования, допущенного к применению на объектах ПАО «Россети» (рисунок 4).

Но, принимая во внимание все современные тренды создания

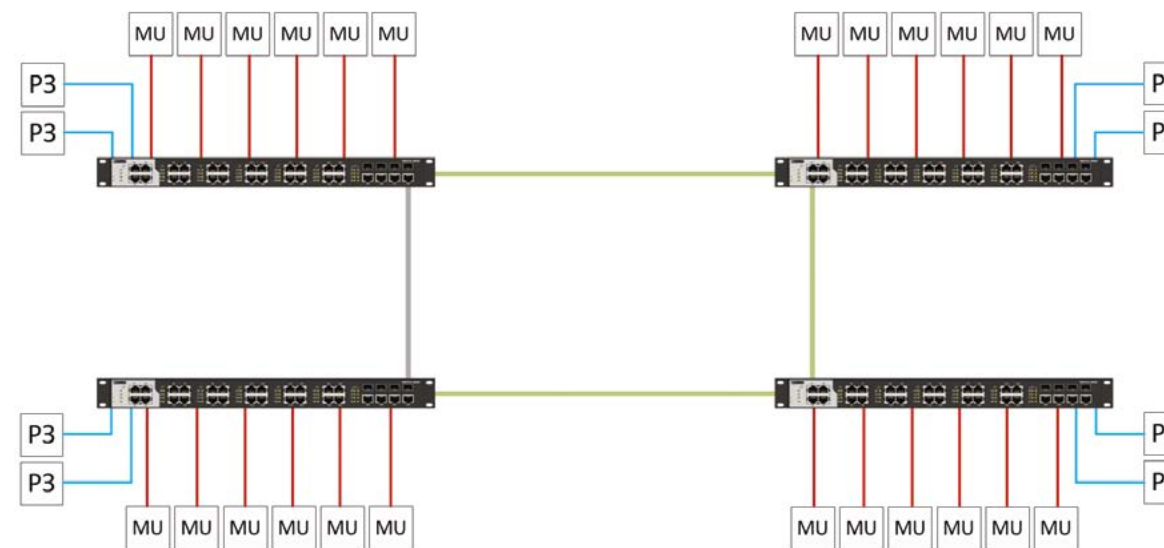


Рисунок 3. Схема подключения MU и терминалов P3 к сети

ЛВС ЦПС, описанных выше функций уже недостаточно. Дополнительно к тем требованиям, которые были обсуждены, в ближайшем будущем для реализации новых проектов на борту коммутаторов потребуются:

- поддержка протокола PTPv2;
- передача данных со скоростью передачи данных 10 Гбит/с;
- работа на третьем уровне модели OSI;
- поддержка HSR.

Поддержка протокола PTPv2

Поддержка протокола синхронизации времени PTP, который позволяет добиться точности синхронизации 1 мкс. Казалось бы, зачем такая точность? Ведь 1 мс, которую обеспечивает NTP, было всегда достаточно! Да, это так, но NTP не подходит для организации шины процесса. К шине процесса подключаются измерительные преобразователи либо MU, с которых передаются значения тока и напряжения в шину, а также подключаются терминалы P3, которые используют эти данные

для реализации логики защиты. Если использовать для синхронизации NTP, то мы можем получить ложные срабатывания, например, дифференциально-фазной защиты (ДФЗ) линий. Это получится из-за того, что из-за недостаточной точности синхронизации времени на один терминал может прийти одно измерение тока, а на второй — измерение тока за другой промежуток времени, что может дать разницу фаз этих токов большую, чем в уставке, и это вызовет ложное срабатывание терминала релейной защиты. Поэтому для шины процесса и важна высокая точность синхронизации времени. В свою очередь нельзя ставить любые коммутаторы в сеть, где используется синхронизация времени по PTP, т.к. каждый коммутатор, через который проходит пакет синхронизации, должен добавить в этот пакет ту задержку времени, которую он дал при передаче. Коммутатор без поддержки PTP этого сделать не может, что скажется на точности синхронизации времени, и добиться 1 мкс будет невозможно.

Передача данных со скоростью передачи данных 10 Гбит/с

Как было изложено выше, SV-потоки достаточно требовательны к пропускной способности сети, и передача даже 20 потоков через коммутатор, скорость портов которого 100 Мбит/с, является проблемой. На крупном энергетическом объекте таких потоков может быть достаточно много. И если использование технологий VLAN и IGMP и замена 100-мбитных коммутаторов на гигабитные для шкафов присоединения еще может быть решением, то для организации магистралей потребуются большие скорости, нежели 1 Гбит/с. Именно поэтому сейчас становятся актуальными коммутаторы с наличием каналов передачи данных со скоростью 10 Гбит/с.

Работа на 3 уровне модели OSI

Сложность АСУ ТП продолжает расти и количество систем в рамках одного объекта становится все больше. И очень часто для работы системы автоматиза-

ции требуются данные из смежных систем, и использовать кучу маршрутизаторов несколько избыточно. Гораздо удобнее было бы иметь поддержку L3 на коммутаторах.

Поддержка HSR

И последнее, но одно из самых важных — PRP сейчас все чаще заменяется на более надежный и быстрый протокол HSR. Он очень похож на PRP в том, что

пакет также дублируется и, если один оказывается битым, то конечное устройство использует второй. Но HSR уже не требует использовать две параллельные сети, а работает внутри одного кольца. Просто одна копия пакета уходит в кольцо по часовой стрелке, а другая — против часовой. В случае, если речь идет о unicast-трафике, то копии уничтожаются на конечном устройстве, который принимает трафик,

или на RedBox. Если передает широкоэмитательный трафик, то обе копии пакетов проходят полное кольцо и уничтожаются на устройстве, с которого выполнялась передача данных.

Есть ли оборудование у Phoenix Contact под эти требования?

Поддержка PTPv2, каналы со скоростями передачи данных 100 Мбит/с, 1 Гбит/с, 10 Гбит/с, L2/L3 на выбор, HSR — весь этот функционал есть в новой серии коммутаторов для электроэнергетики от Phoenix Contact. Более того, коммутаторы этой серии поддерживают диагностику по MMS и являются модульными! Новая серия коммутаторов от Phoenix Contact позволяет удовлетворить все текущие требования отрасли к сетевому оборудованию и оставить серьезный задел на будущее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. К коммутаторам, которые используются для создания ЛВС ЦПС, предъявляются повышенные требования и необходимо, чтобы данные коммутаторы поддерживали специфичные IT-функции. Сформулированные требования являются необходимыми и, более того, объем требований возрастает для более сложных коммутаторов, применяемых в полнофункциональной ЦПС.

2. Phoenix Contact предлагает широкий выбор сетевого оборудования, которое может быть использовано при реальном проектировании, и обеспечит полностью весь необходимый функционал для ЦПС при эксплуатации.

Контакты автора:
+7 (495) 933-85-48,
info@phoenixcontact.ru



TC Extender – простое расширение Ethernet-сетей с помощью любого кабеля

Ethernet-расширители позволяют объединять сети Ethernet на расстоянии до 20 километров при помощи простых двухпроводных линий. При этом в одной сети могут быть управляемые и неуправляемые Ethernet-расширители, что обеспечивают возможность экономичного формирования сетей и диагностики всех устройств и участков сети по IP.

ООО «Феникс Контакт РУС»
119619 Москва,
Новомещерский проезд, д. 9, стр. 1
Тел.: +7 (495) 933-8548
Факс: +7 (495) 931-9722
info@phoenixcontact.ru
www.phoenixcontact.ru



УТВЕРЖДАЮ
Исполняющий обязанности
Директора Департамента
по работе с производителями
оборудования ПАО «Россети»



А. В. Логаткин
2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ АТТЕСТАЦИОННОЙ КОМИССИИ № 113-62/18

Срок действия с 22.11.2018 г. по 26.11.2019 г.

ОБОРУДОВАНИЕ

Управляемый коммутатор FL SWITCH 4824E-4GC (версия ПО 1.34),
технические условия ТУ РС-26.30.11-001-58392743-2017

ЗАЯВИТЕЛЬ

Общество с ограниченной ответственностью «Феникс Контакт РУС»
(ООО «Феникс Контакт РУС»), 119619, г. Москва, Новомещерский проезд,
д. 9/1

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Phoenix Contact GmbH & Co. KG Flachsmarktstr. 8, D-32825 Blomberg,
Германия.

СООТВЕТСТВУЕТ

техническим требованиям ПАО «Россети»

РЕКОМЕНДУЕТСЯ

для применения на объектах ПАО «Россети»

Запрещается передача, перепечатка и публикация материалов настоящего заключения
без разрешения ПАО «Россети»

Рисунок 4. Титул заключения аттестационной комиссии АО «НТЦ ФСК ЕЭС»