

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

Сверхмалое время задержки Решение для коммунального сектора

В 2003 г. жители северо-восточной части США столкнулись с самым масштабным отключением электроэнергии в истории. В течение двух дней 50 млн пользователей в восьми штатах и областях Онтарио были отрезаны от энергоснабжения, что нанесло экономический ущерб порядка 6 млрд долл. США. Основная причина отключения — невозможность выявить, оценить и признать нарушения в работе отдельных компонентов сети энергоснабжения, охватывающей значительную территорию, и степень ее износа. Подобное не редкость, когда речь идет об управлении инфраструктурой. Учитывая ущерб для репутации, серьезные штрафы и прямые финансовые убытки, исчисляемые миллиардами долларов, надежность сетей на уровне критически важной инфраструктуры была и по-прежнему остается важнейшим приоритетом в коммунальном секторе.

Помимо повреждений системы и оборудования, на ремонт которых выделяются огромные средства, неполадки в сети энергоснабжения также могут привести к масштабным нарушениям в работе системы. Серьезные неисправности могут даже стать причиной дестабилизации системы и масштабных отключений электроэнергии. Таким образом, устранение неисправностей — важнейшая задача при проектировании, техническом обслуживании и эксплуатации систем передачи электроэнергии и распределительных сетей. Схемы защиты, разработанные для выявления и устранения неисправностей, позволяют успешно решать ряд задач в энергосети.

- Изолирование неисправного элемента от остальной системы.
- Ограничение или предотвращение повреждений оборудования.
- Предотвращение качаний мощности и нестабильности системы.
- Сведение к минимуму неблагоприятного воздействия на энергопотребление.

- Поддержка бесперебойной передачи электроэнергии.
- Предотвращение травм.

Схемы, приложения и конвергенция

Чаще всего на подстанциях энергосистемы применяется схема защиты посредством коммуникаций по глобальной сети. Схема такого типа обеспечивает координацию и совместный доступ к данным для предохранительных устройств, а также возможность применения методик, позволяющих повысить отказоустойчивость, избирательность, безопасность и быстродействие схемы. Надежные системы коммуникаций позволяют внедрить схемы сравнения дифференциалов, например защиту от перепадов линейного тока (87L).

Помимо других сервисов (голосовое оповещение, телемеханическая релейная защита, телеметрия, видеонаблюдение, КИПиА, электронная почта и корпоративные локальные сети) на подстанции используются глобальные сети, которые уже стали неотъемлемой и очень важной частью современных систем защиты энергосетей.

Сегодня предприятия в отрасли энергетики все чаще выбирают технологии TDM (временное мультиплексирование) и SONET (синхронная оптическая сеть) для глобальной сети передачи данных, поскольку они гарантируют малое время задержки, детерминированность и минимальную асимметрию. Однако в отрасли наблюдается тенденция к использованию пакетной передачи данных по сети Ethernet во всех отраслях эксплуатации энергосетей, включая защиту. Предпочтение систем на базе TDM (особенно SONET и SDH) обусловлено потребностью в конвергенции сетей ИТ и ЭТ и стандартизации на основе универсального набора интерфейсов, что позволяет сократить капитальные и эксплуатационные затраты. В связи с переходом на технологии пакетной передачи (например, Ethernet операторского класса) возникла потребность в разработке сервисов телемеханической релейной защиты, чтобы обеспечить детерминированность и гарантированный уровень производительности, который требуется для систем защиты.

Сила, дающая свет
Узнать больше





Рис. 1. Комплексное решение для коммунального сектора, объединяющее граничную сеть ICON и опорную сеть Ciena

Предпочтение систем на базе TDM (особенно SONET и SDH) обусловлено потребностью в конвергенции сетей ИТ и ЭТ и стандартизации на основе универсального набора интерфейсов, что позволяет сократить капитальные и эксплуатационные затраты.

Чтобы в будущем эффективно предотвращать такие масштабные отключения электроэнергии, как в 2003 г., требуется решение со сверхмалым временем задержки и функциями быстрого восстановления после отказа. В случае серьезных нарушений в работе системы срабатывают схемы защиты на основе коммуникаций по беспроводной сети, изолируя неисправность и предотвращая нестабильность работы системы. Время устранения неисправностей для масштабной инфраструктуры ЛЭП должно исчисляться миллисекундами. Если при обнаружении неисправностей энергосети и передаче информации о них не гарантируется минимальное время задержки, это может привести к повреждению оборудования, затрагивающему значительные участки энергосети.

Чтобы найти решение для этих проблем, компания Ciena объединила свои усилия с [Schweitzer Engineering Labs \(SEL\)](#) — поставщиком лучшего в своем классе решения для электроподстанций.

В детерминированном решении для пакетной передачи данных SEL Integrated Communications Optical Network (ICON) реализован инновационный подход к доставке

критически важного трафика по сети Ciena Ethernet операторского класса с малым детерминированным временем задержки. Такая концепция предполагает сохранение характеристик производительности TDM, которые в данный момент доступны на платформе ICON SONET, без потери производительности при передаче по сети Ethernet операторского класса с использованием транспортного протокола глобальной сети.

[Подробнее о компании Ciena и решении SEL](#)



Результаты тестирования времени задержки и восстановления после отказа для инкапсуляции SONET посредством опорной сети Ciena Ethernet операторского класса

Результаты следующих тестов наглядно демонстрируют, что концепция виртуальной синхронной оптоволоконной сети SEL ICON Virtual SONET Network (VSN) обеспечивает малое время задержки, минимальную асимметрию канала и максимально быстрое восстановление ЭТ-системы после сбоев в работе опорных и граничных сетей. Такие результаты в плане производительности полностью соответствуют требованиям к защите.

Требования к производительности канала передачи данных в применении к электроподстанциям определяются рядом стандартов. Объединив требования производителей реле в отношении асимметрии и восстановления энергосистемы с требованиями к производительности, заявленными в стандартах IEEE 1646 и IEC TR 61850-90-12, мы сформулировали комплексные требования к производительности канала обмена данными для защитного оборудования (таблица I).

Схема	Задержка (мс)	Асимметрия (мс)	Восстановление (мс)
Защита 87L	5	< 0,5	5
Система защиты с контрольными сигналами	8	5	5
Прямое телеотключение	10	5	5

Таблица I. Требования к производительности канала передачи данных для систем защиты

Тестирование времени задержки и результаты

В следующих тестовых примерах представлены данные о производительности для инкапсуляции служб с использованием решения SEL ICON и опорной сети Ethernet операторского класса (узел регулирования взаимодействия Ciena 3930/3932). В этой сети использовалась топология, представленная на рис. 2.

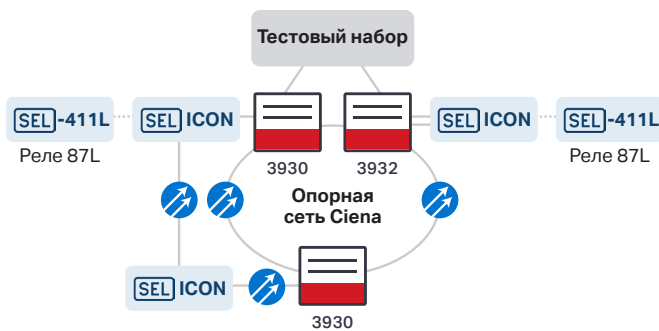


Рис. 2. Тестовая топология сети

Чтобы обеспечить формирование набора базовых данных, два реле 87L были подсоединены последовательно посредством оптоволоконной перемычки (рис. 3).

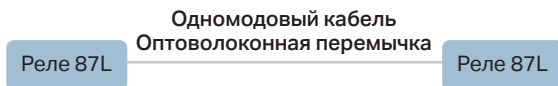


Рис. 3. Тестовая топология сети

Затем базовые реле 87L были подсоединены к трехузловой сети VSN. Данные о времени задержки и асимметрии сохранены для сравнения с данными базовых реле. На рис. 4 показана тестовая топология тестовой системы VSN.

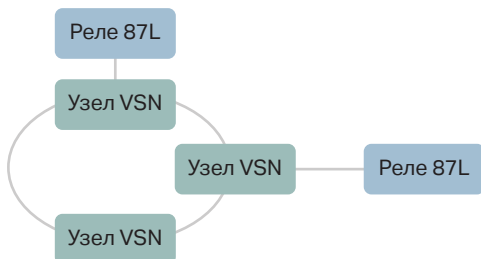


Рис. 4. Тестовая сеть VSN

Тестовая сеть VSN была расширена до топологии, представленной на рис. 1. Добавлена трехузловая

глобальная сеть Ciena Ethernet операторского класса, которая выполняет функцию опорной сети. Таким образом, тестовая сеть VSN туннелирована через глобальную сеть, а реле 87L по-прежнему подключены к сети VSN. Для формирования сетевого трафика использовался тестовый набор, имитирующий стандартные условия нагрузки по трафику. Цель заключалась в проверке возможности использования опорной сетью настроек QoS для присвоения более высокого приоритета трафику сети VSN по сравнению с другим сетевым трафиком, чтобы обеспечить детерминированную производительность. В рамках опорной сети Ciena Ethernet операторского класса сети VSN присвоен фиксированный класс обслуживания (Fixed Resolved Class of Service, F-RCoS) 0, а трафику из тестового набора присвоен класс F-RCoS 7.

Тестирование проводилось на узлах опорной глобальной сети Ciena Ethernet операторского класса, представленных на рис. 1. В рамках каждого тестирования реле 87L использовалось для формирования системы защиты 87L, а встроенные измерительные функции реле — для измерения времени задержки и асимметрии канала. Параметры времени задержки и асимметрии сохранены для реализации сети Ethernet операторского класса. В рамках каждого теста выполнены пять отдельных измерений, после чего рассчитаны средние значения задержки и асимметрии.

В таблице II показаны результаты в сравнении с базовыми данными и данными, относящимися к VSN. Для каждого граничного ЭТ-устройства в сети VSN использовались буферы фазового дрожания разного размера с учетом значения задержки распространения по опорной сети, что позволило уменьшить время задержки при передаче данных по опорной ИТ-сети. Значение задержки распространения по сети использовалось для корректировки размера буфера фазового дрожания. Для сети Ethernet операторского класса использовалось значение времени задержки 50 мкс.

Результаты тестирования, приведенные в таблице II, показывают, что двусторонняя задержка в сети Ciena Ethernet операторского класса увеличилась всего на 1 мс в сравнении с базовой конфигурацией и VSN. В опорной сети наблюдалась минимальная асимметрия, и результаты в целом соответствовали требованиям к производительности канала обмена данными для систем защиты 87L, приведенным в таблице I.

Параметр	Базовый уровень (мс)	VSN (мс)	VSN и Ethernet операторского класса (мс)
Задержка (двусторонняя)	0,1	0,1	1,1
Асимметрия	0,0	0,0	0,04

Таблица II. Результаты тестирования производительности канала передачи данных

Что важнее, тестирование подтверждает, что определение соответствующих настроек QoS позволяет предоставлять

Детерминированная пакетная передача обеспечивает лучшие в отрасли показатели производительности

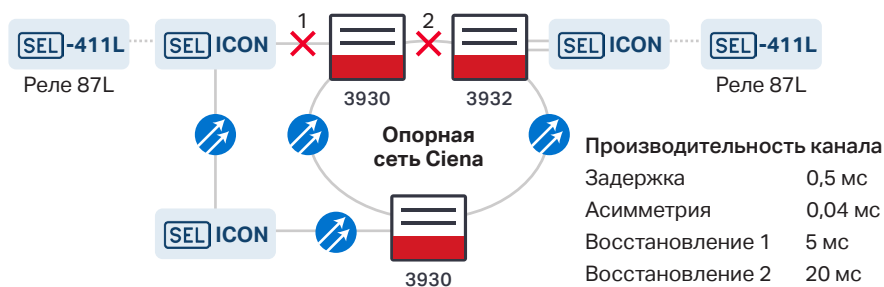


Рис. 5. Результаты тестирования восстановления после отказа опорной и граничной сетей

системы VSN, которые являются достаточно приоритетными в сравнении с другими сервисами, чтобы гарантировать детерминированную доставку фреймов VSN и таким образом поддерживать целостность и временные характеристики инкапсулированных данных SONET.

Результаты тестирования восстановления сети

Чтобы оптимизировать производительность при восстановлении работы сети для путей VSN, можно предоставить незащищенные туннели «точка — точка» через опорную сеть. После этого восстановление сети будет выполняться граничным ЭТ-устройством VSN, а не опорной сетью.

Проведены следующие тесты на восстановление, цель которых — измерить и сравнить производительность восстановления после отказа граничной и опорной сетей. Тестирование восстановления после отказа опорной сети включало разрыв оптоволоконного кабеля в канале, как показано на рис. 5 (восстановление 1), и восстановление посредством опорной сети по резервному пути на противоположной стороне кольца. В рамках тестирования восстановления после отказа граничной сети, показанного на рис. 5 (восстановление 2), выполнялся разрыв канала от граничного ЭТ-устройства до узла глобальной сети Ciena Ethernet операторского класса с восстановлением граничной ЭТ-сети.

Результаты тестирования отказоустойчивости, приведенные на рис. 5, демонстрируют, что при использовании граничной ЭТ-сети для восстановления сети возможно значительное повышение производительности.

Заключение

Предприятия коммунального сектора повсеместно внедряют высокоинтеллектуальные энергосети, чтобы повысить эксплуатационную эффективность, обеспечить соответствие потребительскому спросу и соблюдение нормативно-правовых требований. Эти интеллектуальные

сети работают на основе двунаправленной коммуникационной сети, которая должна отличаться высокой надежностью и малым временем задержки, но при этом быть недорогой в установке и эксплуатации.

В этом документе описывается подход с использованием сети VSN, который позволяет доставлять критически важный трафик систем защиты и управления по глобальной сети Ethernet операторского класса и обеспечивает соответствие характеристик производительности канала передачи данных всем требованиям стандартов IEEE 1646 и IEC TR 61850-90-12. Такой подход решает задачу переноса систем защиты на основе TDM в Ethernet без ущерба для производительности сети. Проектирование, планирование и развертывание ЭТ-сетей значительно упрощается для сложных сетей, содержащих элементы граничной и опорной сети подстанции, которые объединяют оборудование и транспортные технологии производителя.

Это решение использует упрощенную модель подготовки, которую можно легко и быстро масштабировать по мере изменения и расширения сетевой топологии. Использование туннелей «точка — точка» через опорную сеть Ethernet операторского класса с максимальными значениями параметров QoS в системе управления сетью обеспечивает сохранение уровня производительности критически важных систем по мере изменения сети, что устраняет необходимость индивидуальной настройки каждой из систем защиты. Кроме того, даже если трафик имеет повышенный приоритет, время задержки в передаче всего остального трафика ничтожно мало (не более 0,1 мкс на каждый канал опорной сети 10GbE).

Получите ответы на свои вопросы
Сообщество Ciena

