

Телекоммуникационные сети для критически важных информационных систем цифровой энергетики

Развертывание большого числа "умных приложений" в электросетях требует новых базовых технологий передачи данных, основанных на IP или Ethernet.

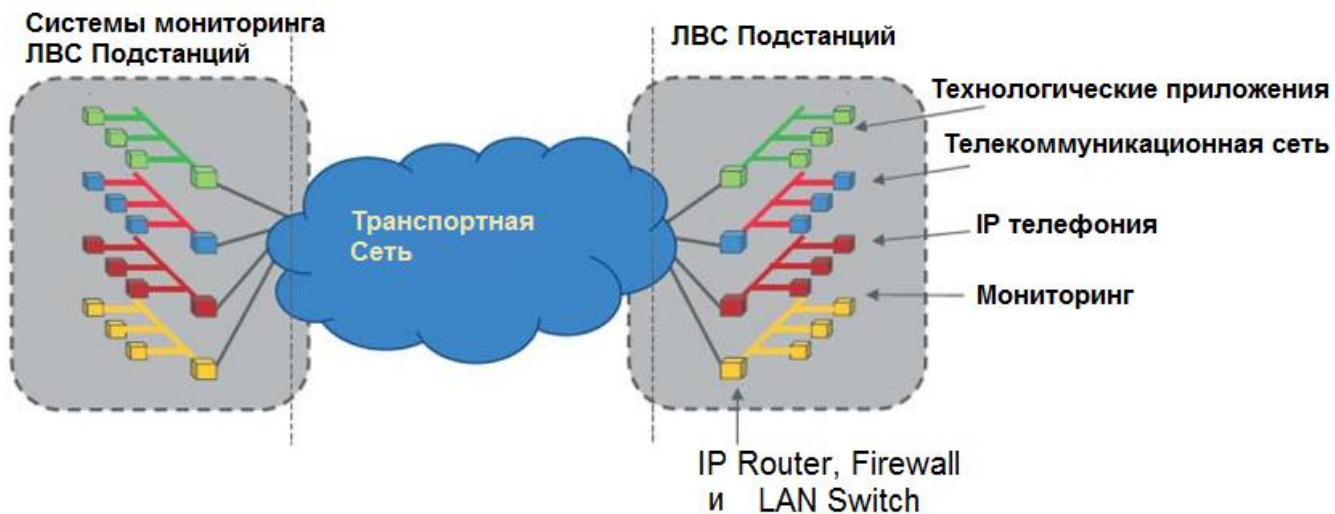
Создание сетей связи для новых цифровых технологий в энергетике

- Появление и развитие пакетных коммуникационных технологий в энергетической системе в значительной степени зависят от способности обеспечить детерминированное и управляемое поведение, а также от возможности обеспечить постепенную и плавную миграцию существующей сети в новую.
- Общая задача создания современной сети – получить экономически эффективную, удобную в работе, масштабируемую сеть передачи данных с коммутацией пакетов, обеспечить современными средствами телекоммуникаций всю электрическую сеть от Центров Управления до подстанций высокого (HV) и среднего (MV). Телекоммуникационная сеть должна удовлетворять требованиям к производительности, для обеспечения необходимых параметров задержки, надежности, устойчивости и безопасности в каждом сегменте, выполняющем прикладные задачи, и для всей системы управления энергетикой в целом.
- Для реализации технологических сетей передачи данных возможно применение нескольких телекоммуникационных технологий и множество способов их объединить. Новая сеть, построенная на современных телекоммуникационных технологиях, непосредственно участвующая в процессе производства и распределения электроэнергии, не может быть использована в качестве корпоративной технологической сети без адаптации к требованиям критически важных технологических приложений.
- Задачи функционирования энергетической системы определяют требования к пакетным сетям передачи данных, которые могут содержать сотни или тысячи объектов, распределенных на обширной географической территории. Сеть должна соединять критичные ко времени приложения, управляться ограниченными средствами эксплуатирующей организации с персоналом невысокой квалификации и, поэтому, должна быть чрезвычайно простой на уровне подстанций, не должна создавать проблем для внесения исправлений и управления, соответствовать потребностям кибербезопасности для многих приложений. Сеть должна поддерживать свойства, которые присущи существующей системе связи, и обеспечивать новые потребности современных сетей.

Классификация технологических систем и Требования к сетям передачи данных

Взаимодействие технологического оборудования		
Наименование технологических систем	Особенности	Требования
<p>Сигналы защиты</p> <p>Дифференциально-токовая продольная защита</p> <p>Векторные системы контроля</p> <p>Системы противоаварийной автоматики</p> <p>Самовосстанавливающиеся распределительные сети</p>	<p>Трафик критичный по времени передачи сигналов и джиттеру</p> <p>Требования определенных типов оборудования</p> <p>Постоянная передача данных</p>	<p>Низкое время задержки: 5 – 50ms</p> <p>Быстрое восстановление <50ms)</p> <p>Асимметрия задержки для P3 (CDP) - 200 μs</p> <p>Обеспечение безопасности существующих приложений посредством разделения по уровням L1 и L2</p>
<p>Сигналы Телемеханики</p> <p>Векторные измерения</p> <p>Локализация повреждений</p> <p>Мониторинг активной мощности</p> <p>Мониторинг Телекоммуникационной Сети</p> <p>Мониторинг безопасности и доступа</p>	<p>От подстанций к ЦУС (или данные от сетей среднего напряжения к ЦУС)</p> <p>Трафик близкий к реальному времени, не очень чувствительный к джиттеру</p> <p>Периодический/Постоянный поток данных</p>	<p>Задержки : 50ms – 500ms</p> <p>Время восстановления: 1-5 сек.</p> <p>Безопасность за счет шифрования и ограничения доступа</p>
<p>Контроль и видеонаблюдение территорий</p>	<p>Передача в ЦУС. Постоянный поток данных</p> <p>Не чувствительно к задержкам</p>	<p>Задержки: 500ms – 2s</p> <p>Безопасность - через шифрование</p>
<p>Получение данных Интеллектуальных измерений MV</p>	<p>От подстанций в ЦУС</p> <p>Периодический трафик не чувствительный к джиттеру и задержкам</p>	<p>Задержки: 500ms – 2 sec</p> <p>Восстановление сервиса: минуты</p> <p>Безопасность посредством аутентификации</p>
<p>Технологическая голосовая связь (VoIP)</p>	<p>Спорадический трафик, но чувствительный ко времени</p>	<p>Задержка: 150ms</p>
<p>Удаленный доступ к технологическим системам подстанций (Удаленная поддержка, диагностика и конфигурирование)</p>	<p>Защищенный доступ персонала подстанций к системе Удаленного Контроля и Системе Поддержки.</p> <p>Весь трафик в защищенной зоне</p>	<p>Задержки: 500ms – 2 sec</p> <p>Восстановление : 50 sec</p> <p>Гибкая маршрутизация IP трафика</p> <p>Обеспечение ограничения доступа фильтрацией, шифрованием и</p>

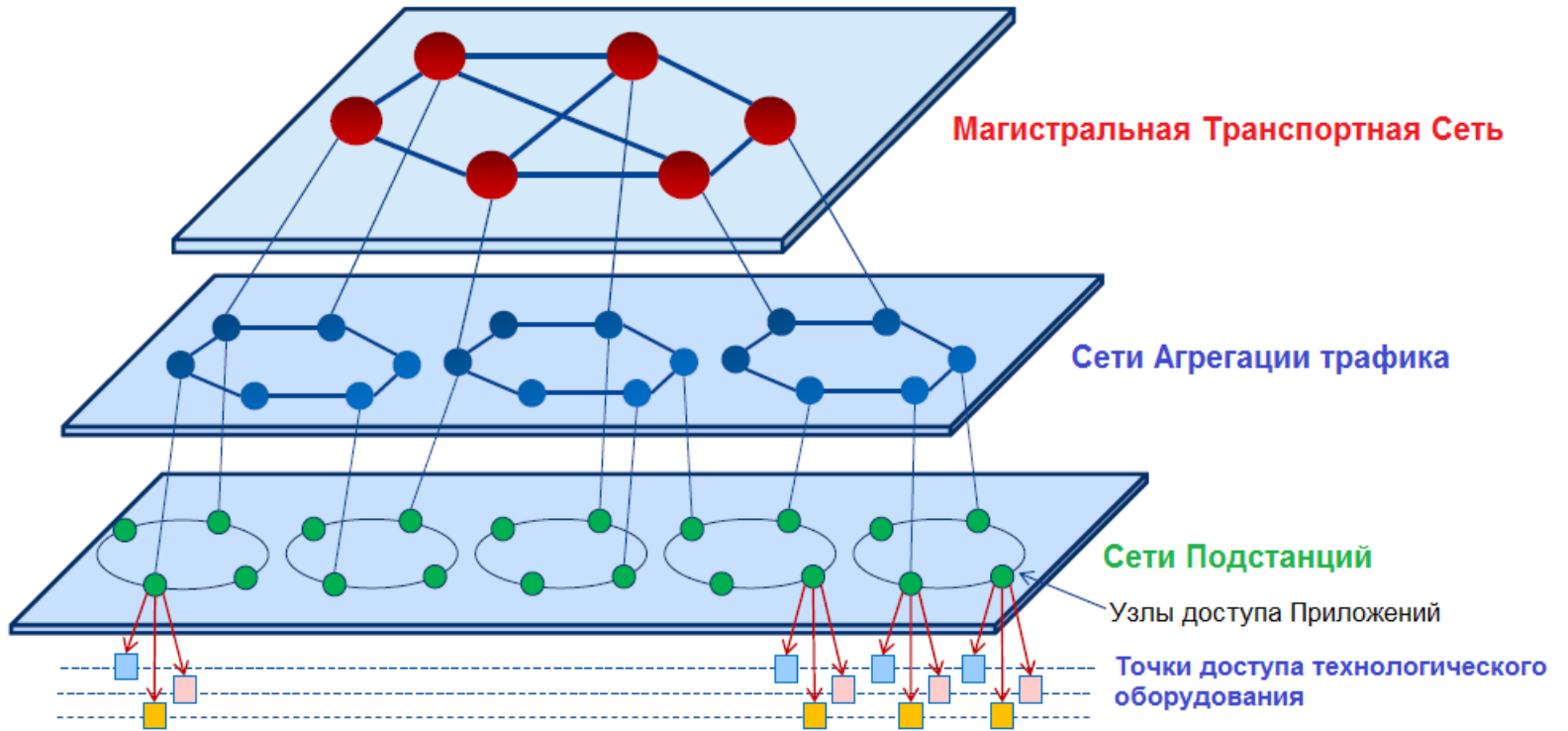
Разделение Сети Приложений и Транспортной Сети



Структурирование в соответствии с иерархией

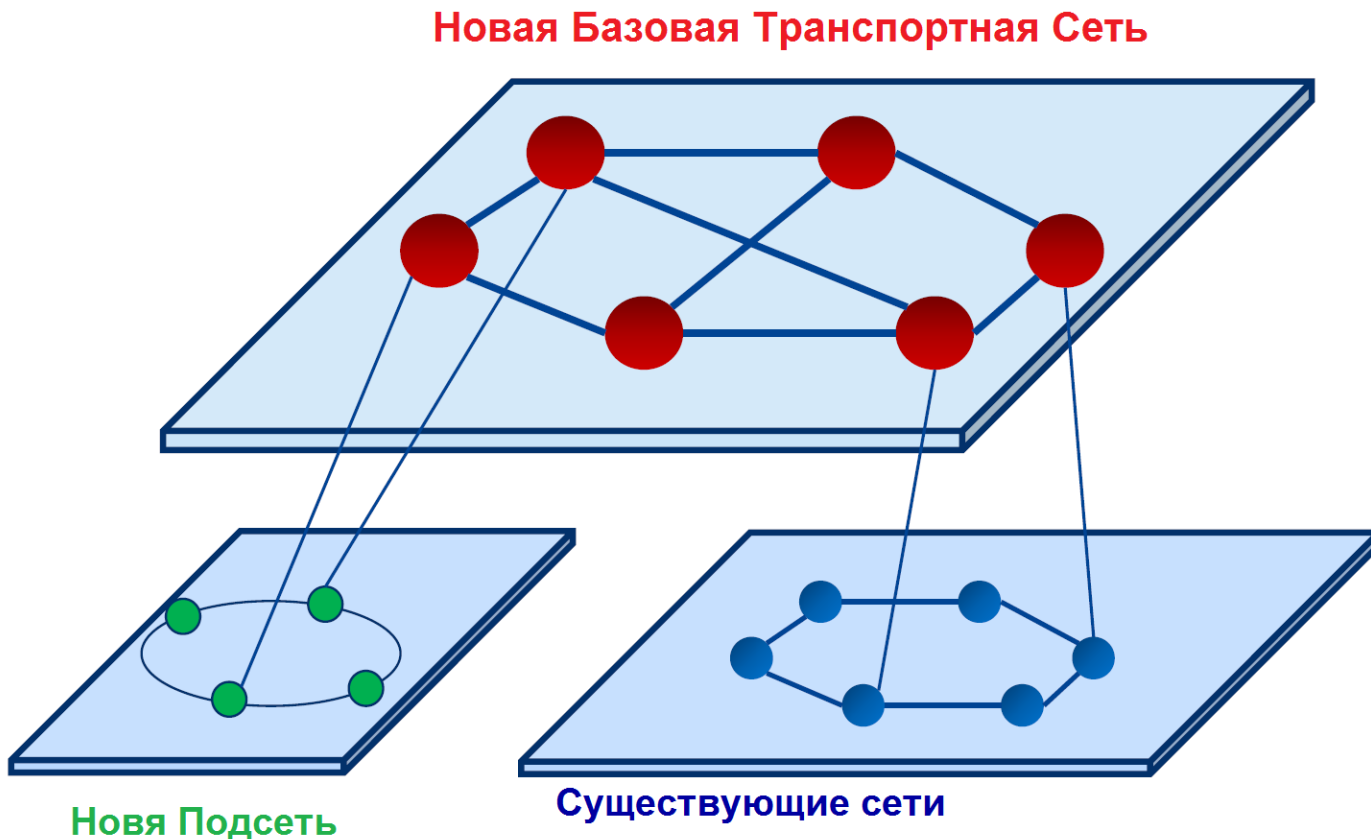
Разделение сетей, выполняющих прикладные задачи, и транспортных сетей существенно упрощает их структуру, функционирование и обслуживание. Однако, количество объектов (узлов сети), входящих в состав большинства электрических сетей, требует дальнейшего сегментирования Транспортной Сети. Есть отличия задач агрегации информации на многочисленных подстанциях в соответствующую подсеть и задач Транспортной Сети, которая объединяет эти подсети для передачи информации к Центру Управления Сетью, осуществляющему функции контроля, управления, обработки данных и т.д. По этому принципу, на каждой подстанции сетевое оборудование агрегации обеспечивает точки доступа всем требуемым Приложениям и связывает их с соседним оборудованием уровня агрегации, образуя подсеть с простыми механизмами защиты передачи данных (например, защищенное кольцо). Полученная подсеть связана с основной Транспортной Сетью в одном или двух узлах (основные точки доступа). Каждый уровень Агрегации и основная Транспортная Сеть могут быть далее подразделены по иерархическому принципу, согласно размеру сетей и их сложности.

Структурирование Сети в соответствии с иерархией



Стратегия миграции старых и новых сетевых технологий

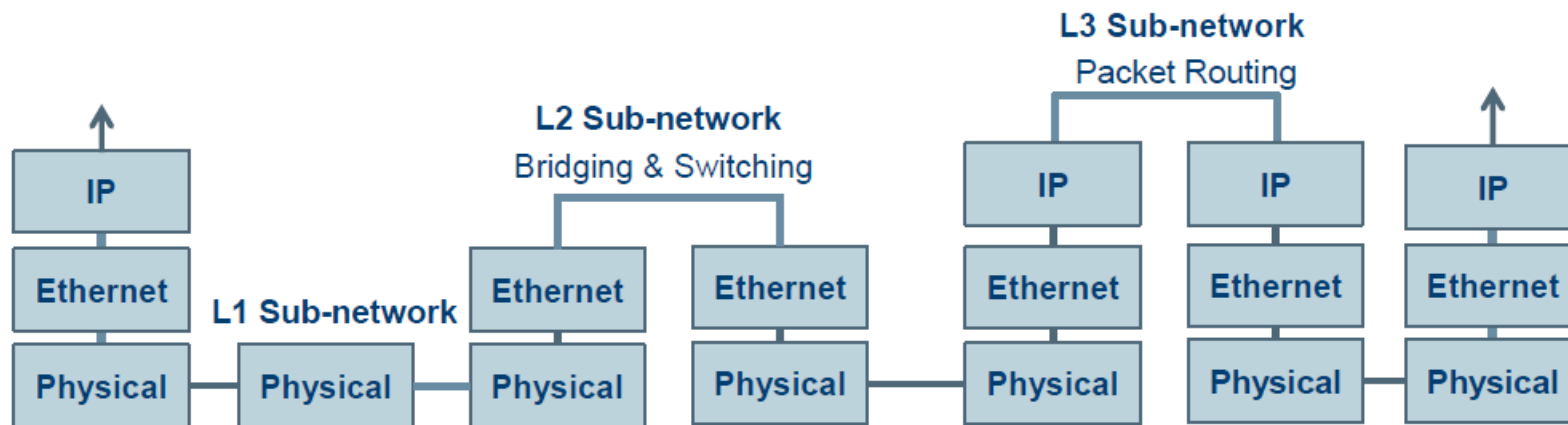
Стратегия миграции старых и новых сетевых технологий, позволяющая сосуществование старых и новых подсетей в той же самой архитектуре, является основной востребованной задачей. **Базовая Транспортная Сеть** может быть создана независимо от модернизации подсетей и должна быть готовой объединить их при возникновении потребности.



РАЗДЕЛЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ СЕТИ

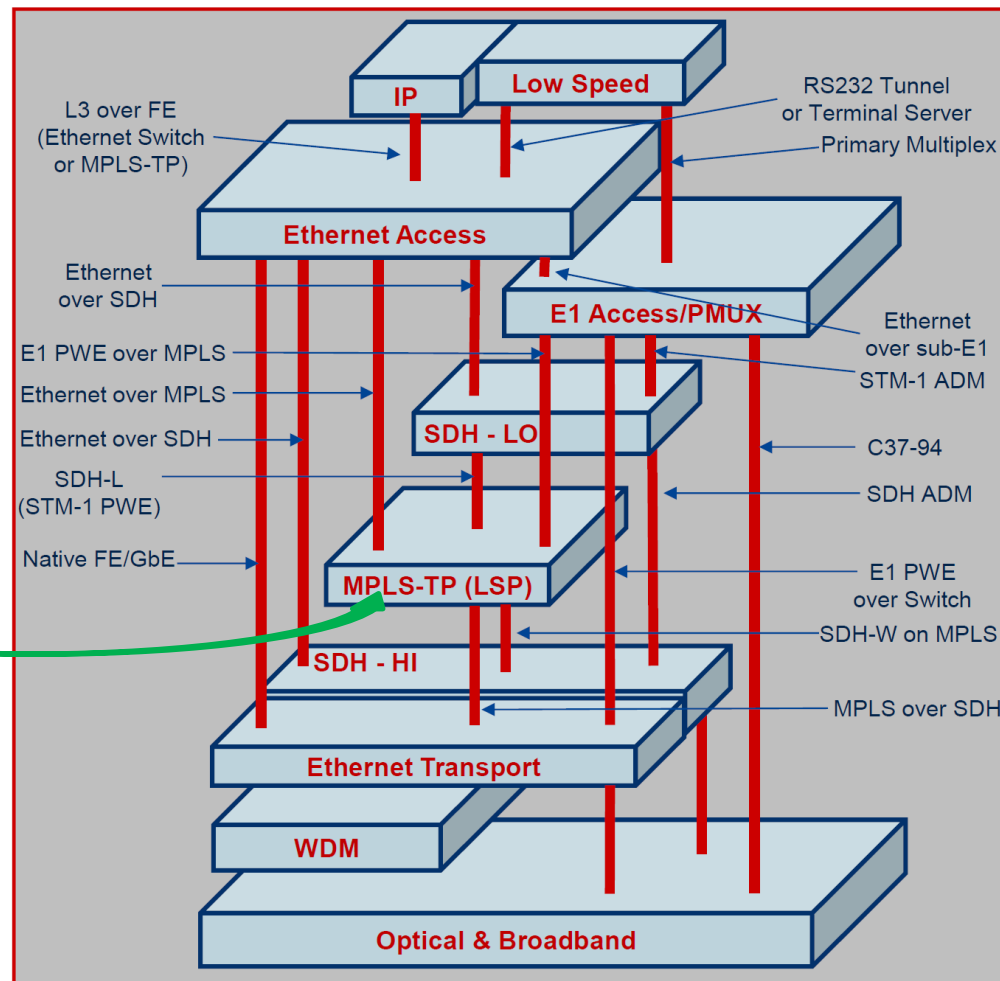
- **Пакетные транспортные сети обычно комбинируют изменяющееся количество уровней передачи данных L1, L2 и L3, чтобы обеспечить необходимую предсказуемость, детерминированное поведение, пропускную способность и масштабируемость.**
- **Для реализации каждого уровня сети могут использоваться разнообразные технологии. Уровень L1 может состоять из нескольких сетей, использующих беспроводные и проводные технологии передачи, уровень L2 может быть реализован посредством комбинации собственных Ethernet-коммутаторов, Ethernet по SDH, MPLS TP или IP-MPLS, в то время как уровень L3 может включать IP-маршрутизаторы, коммутаторы уровней L2/L3 и MPLS. Все это разнообразие должно интегрироваться в концепции модели управления сети.**

Пример гибридного решения передачи данных на уровнях L1, L2 и L3



УПРАВЛЕНИЕ РАЗНООБРАЗНЫМИ СЕТЯМИ

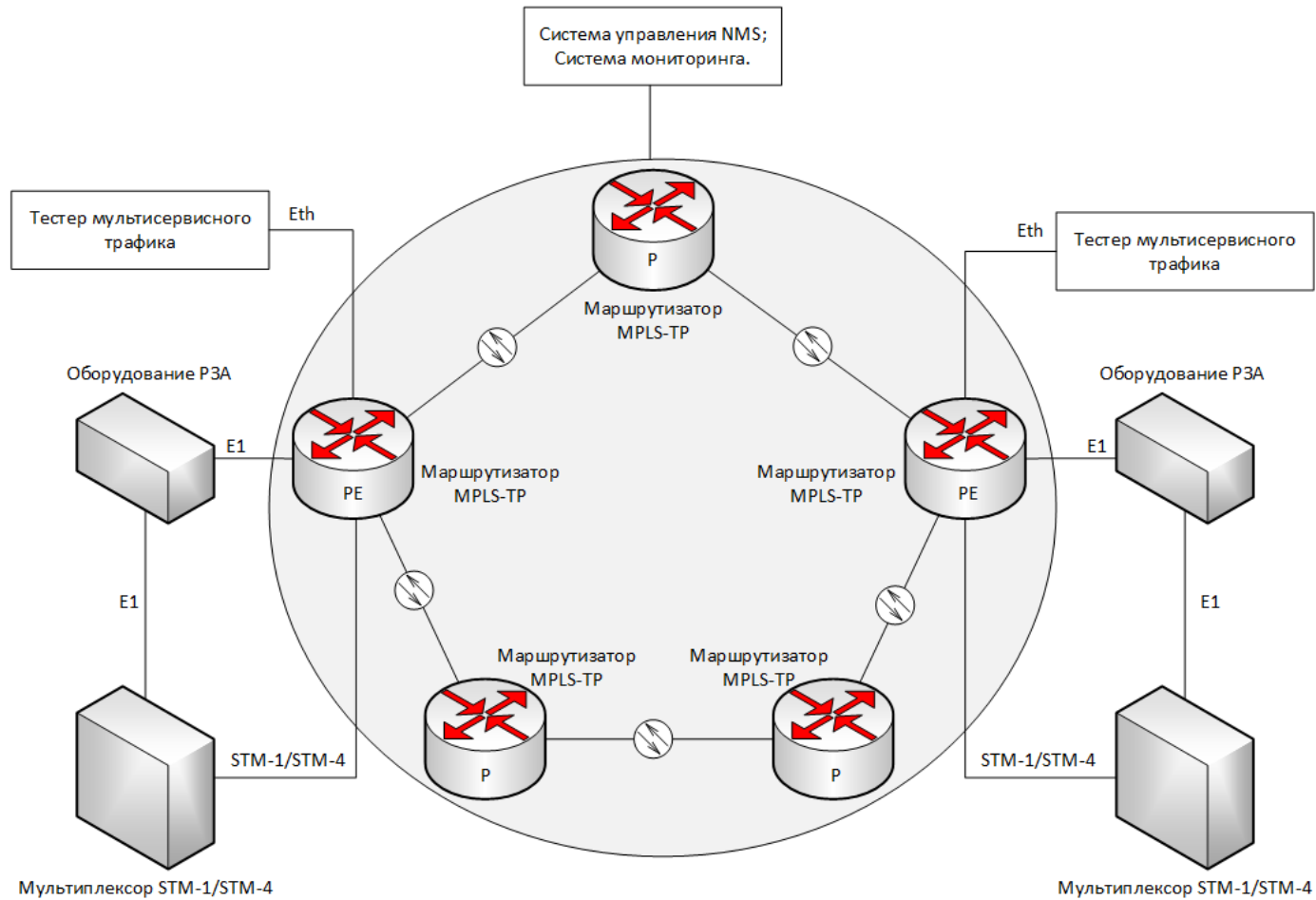
Новые действующие сети, состоящие из разнообразных схемных решений, различных модификаций и режимов передачи пакетов, требуют визуализации, инструментов контроля и отображения каждого коммуникационного сервиса. На рисунке представлена многослойная модель, которая, несмотря на явную сложность, является нормальной ситуацией для действующей телекоммуникационной сети в течение очень длительного переходного периода. Продемонстрированная структура сети представляет собой сочетание SDH и пакетных сетей, где SDH используется для передачи пакетов, а пакетная сеть для эмуляции унаследованных интерфейсов TDM посредством туннелирования E1/SDH через пакетную сеть.



Заявленные возможности MPLS TP различных производителей сетевого оборудования будут проверяться в ходе стендовых испытаний и испытаний на реальных объектах Тестовой Зоны в ПАО МОЭК.

Схема Тестовой зоны и перечень тестов испытаний технологии MPLS TP

Общая топология стенда:



ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ

Перечень параметров, подлежащих испытаниям:

- 1. Задержка (график нагрузка/задержка);
- 2. Асимметрия задержки канала (график нагрузка/а.задержки);
- 3. Измерение джиттера (график нагрузка/джиттер);
- 4. Целостность данных (график нагрузка/целостность).

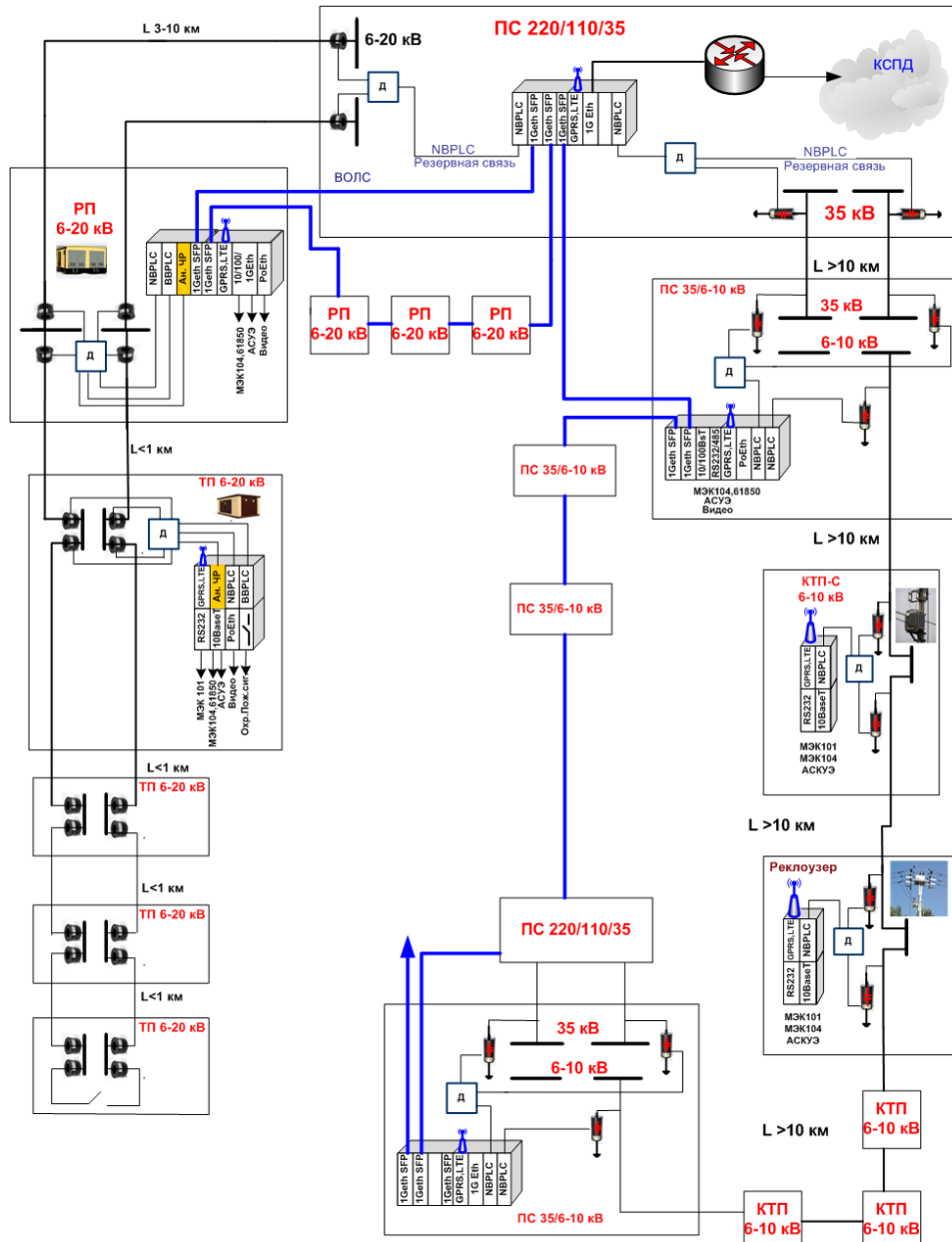
Условия тестирования:

- Нормальные условия
- Одиночная авария
- Множественные аварии (связность сети не нарушена полностью);
- Нагрузочное тестирование
- Асимметрия задержки самого сервиса РЗА
- DoS атака, направленная на Management Plane, Control Plane, Data Plane;
- Длительное тестирование
- Проверка функциональных возможностей системы управления и мониторинга NMS

Сети передачи данных для автоматизации электросетевого комплекса Среднего Напряжения (Smart Grid)

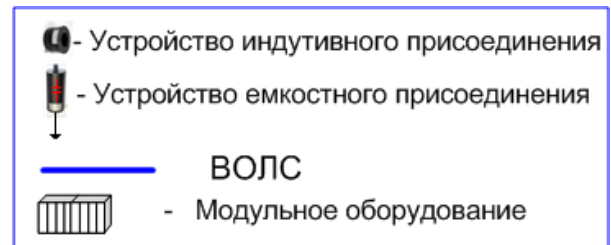
- Сети среднего напряжения (СН) характеризуются значительным количеством объектов, различной топологией и различной плотностью размещения в зависимости от городских или сельских районов. Общая протяженность ВЛ и КЛ СН ПАО Россети – более 1 млн км, а количество ПС 6-20 кв – около 500 тыс.
- Инфотелекоммуникационные сети для СН требуют аналогичных решений, применяемых для сетей ВН, но при значительно меньших затратах в расчете на один энергообъект.
- Создание технологической телекоммуникационной сети для энергообъектов Среднего Напряжения на основе новых решений ВЧ связи (NBPLC – СТО ПАО «Россети»):
 - затраты и время реализации, близкие к системам радиосвязи;
 - надежность и защищенность, гарантированная распределенной архитектурой сети и технологией ВЧ связи (NBPLC).

Вариант архитектуры сети передачи данных для электросетей СН на базе технологии NBPLC



Используемая среда для передачи информации:

- Магистральная технологическая сеть – ВОЛС
- Опорная сеть передачи данных РП – Центры Питания – ВОЛС
- РП – ТП и резервное подключение к ЦП – ВЧ связь (NBPLC)
- Для резервирования измерений и сигнализации могут использоваться различные радио технологии, при условии блокировки передачи сигналов Теле Управления



Характеристики отечественного оборудования ВЧ связи (NBPLC) для электрических сетей 6-20 и 35 кв.

- Топология сети связи- «точка – точка» и «точка - много точек» с возможностью ретрансляции через промежуточные узлы сети;
- Использование разрешенного частотного диапазона 16-1000 кГц;
- Одновременное динамическое использование полосы частот разными узлами сети;
- Оптимизация метода доступа к среде передачи в соответствии с требованиями к скорости и задержкам при передаче информации телемеханики, включая различные способы динамического распределения частотного диапазона;
- Применение методов адаптации индекса модуляции, обеспечивающего при соотношении сигнал/шум больше 27 дБ, скорость передачи информации до 6 бит на 1 Герц полосы пропускания (Максимальная скорость передачи на физическом уровне 6 мб/сек).
- Наличие различных типов пользовательских интерфейсов оборудования: RS232/RS422/485, Ethernet (IPv4/IPv6);
- Максимальная выходная мощность – P_m . + 43 dBm;

Выводы

- Переход на цифровые технологии управления электроэнергетикой не возможно без применения современных телекоммуникационных сетей, базирующихся на пакетных технологиях передачи данных.
- Использование действующим и перспективным электросетевым технологическим оборудованием различных телекоммуникационных технологий требует их поддержки на весь период жизненного цикла в течение длительного срока .
- Новые телекоммуникационные сети и их гибридный вариант, поддерживающий существующие технологии, сталкиваются с проблемами ИБ, для решения которых должны быть разработаны единые рекомендации и технические решения.
- Создание Интеллектуальных Сетей Среднего Напряжения невозможно без надежной и безопасной сети связи, основанной на применении технологии передачи данных по силовым линиям .