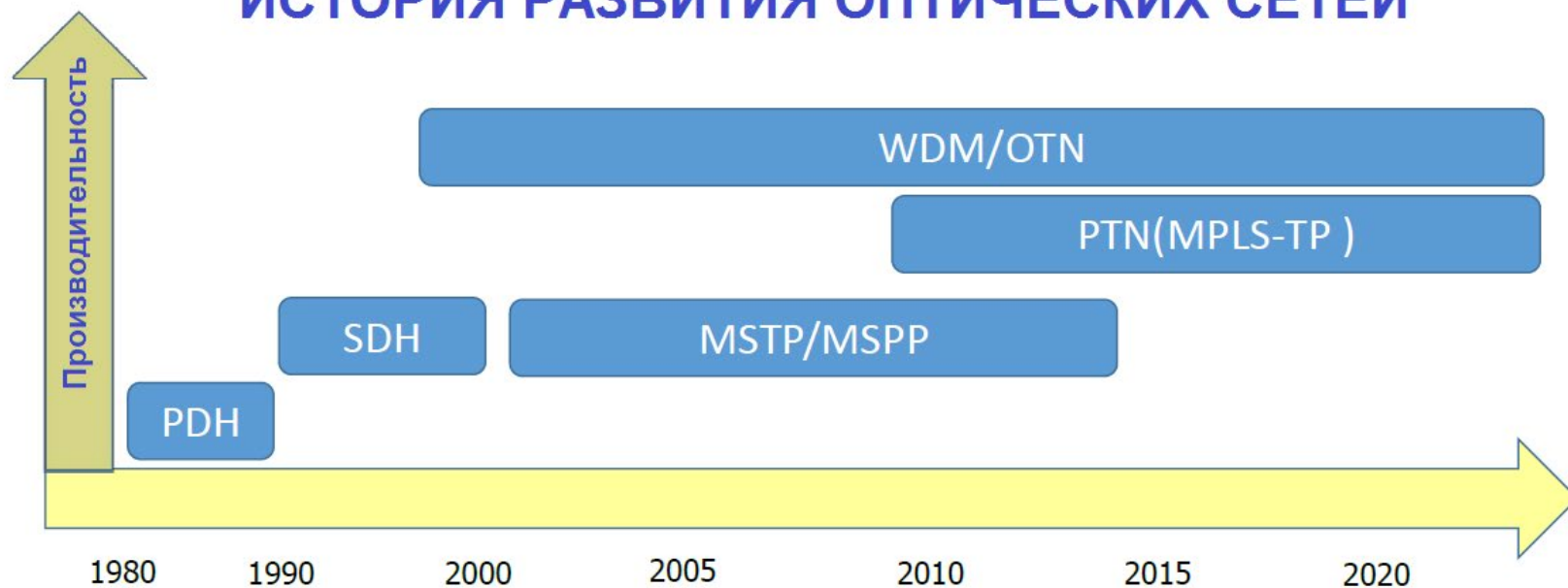


Сценарии (способы) поэтапной миграции от SDH/PDH сетей к пакетным сетям.

Эволюция ТРАНСПОРТНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

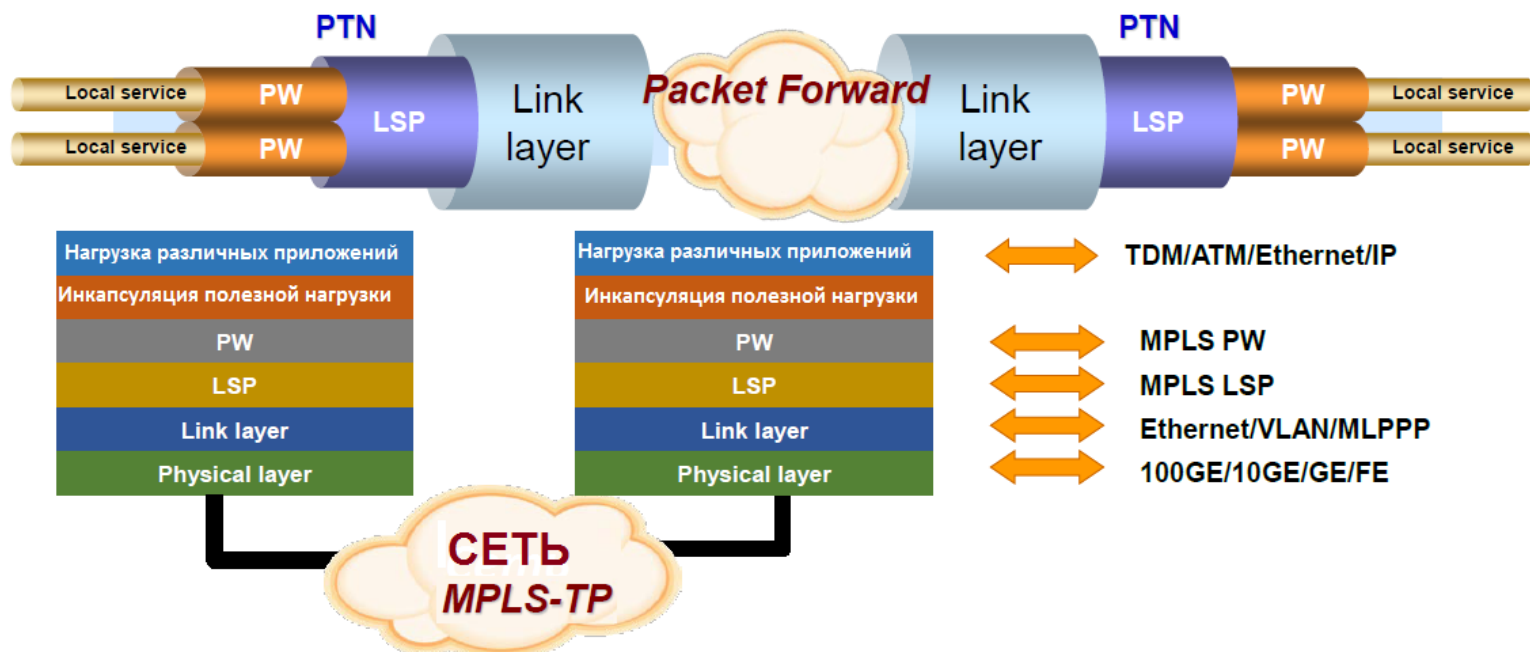


темпы развития телекоммуникационных технологий

- Сроки эксплуатации энергетического оборудования – 20-25 лет, значительно отличаются от темпов развития телекоммуникационных технологий, их обновления и смены:
- Программное обеспечение – 0,5 года
- Аппаратный парк – 1-2 года
- Концепции – 4-5 лет
- Быстродействие растет примерно на 22 % каждый год

ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ

Пакетная сеть (PTN) на основе MPLS-TP



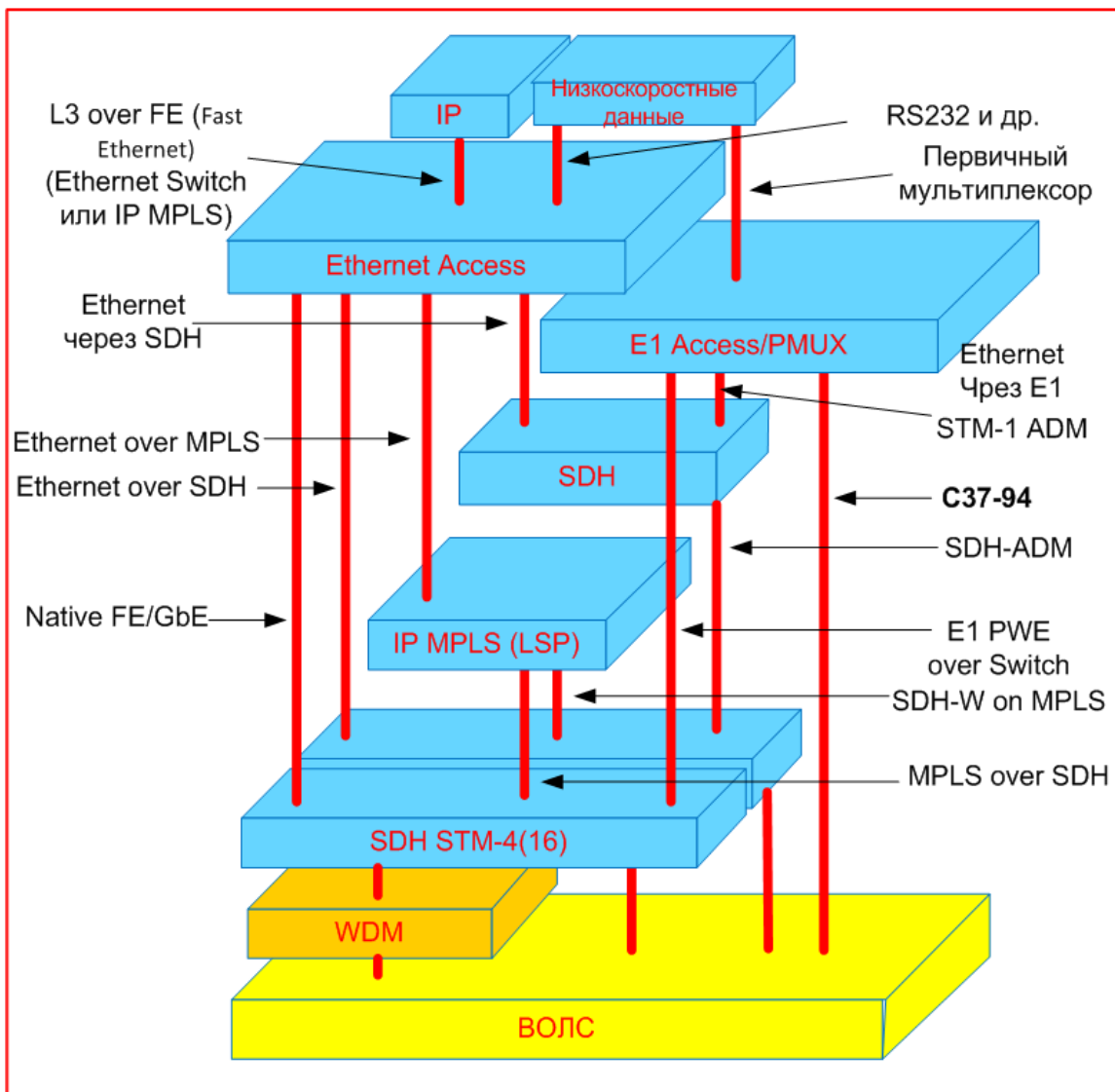
Требования к каналам связи для взаимодействия технологического оборудования

Наименование технологических систем	Особенности	Требования
Сигналы защиты Дифференциально-токовая продольная защита, векторные системы контроля Системы противоаварийной автоматики Самовосстанавливающиеся распределительные сети	Трафик критичный по времени передачи сигналов и джиттеру Требования определенных типов оборудования Постоянная передача данных	Низкое время задержки: 5 – 50мс Быстрое восстановление <50мс) Асимметрия задержки для РЗ (CDP) –200мкс Обеспечение безопасности существующих приложений посредством разделения по уровням L1 и L2
Сигналы Телемеханики Векторные измерения Локализация повреждений Мониторинг активной мощности Мониторинг Сети Связи Мониторинг безопасности и доступа	От подстанций к ЦУС (или данные от сетей среднего напряжения к ЦУС) Трафик близкий к реальному времени, не очень чувствительный к джиттеру Периодический/Постоянный поток данных	Задержки : 50мс – 500мс Время восстановления: 1-5 сек. Безопасность за счет шифрования и ограничения доступа
Контроль и видеонаблюдение территорий	Передача в ЦУС Постоянный поток данных Не чувствительно к задержкам	Задержки: 500мс – 2 сек Безопасность - через шифрование
Получение данных Интеллектуальных измерений	От подстанций в ЦУС Периодический трафик не чувствительный к джиттеру и задержкам	Задержки: 500мс – 2 сек Восстановление сервиса: минуты Безопасность посредством аутентификации Latency : 500 мс – 2 сек

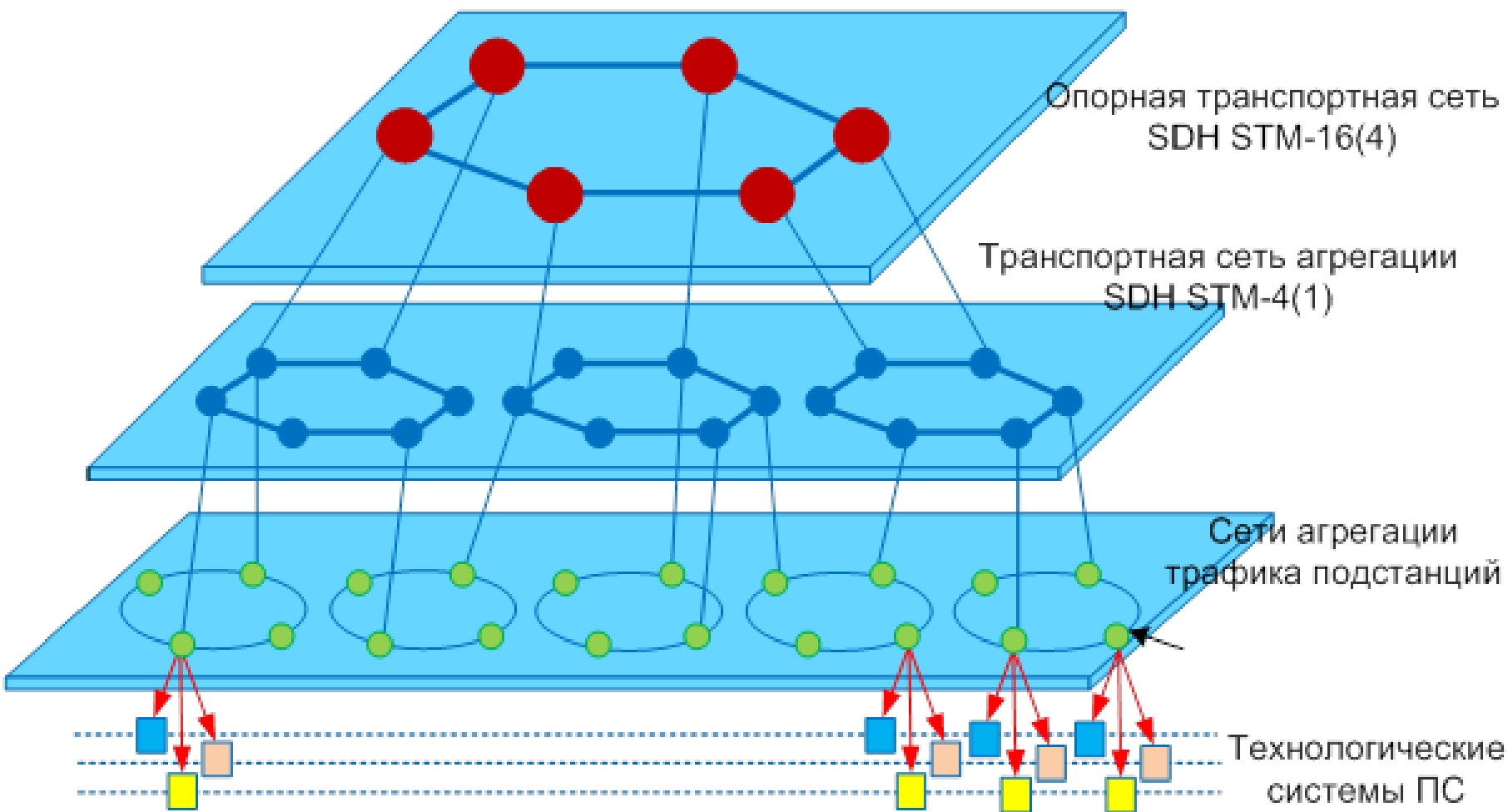
Средства связи «человек – человек» и «человек – машина»

Технологическая голосовая связь (VoIP)	Голосовая связь. Спорадический трафик, но чувствительный ко времени	Задержка: 150 мс Время восстановления обслуживания: 30с
Удаленный доступ к технологическим системам подстанций (Удаленная поддержка, диагностика и конфигурирование)	Механизмы взаимодействия персонала с оборудованием подстанций Обеспечение доступа оператора ЦУС к технологическому оборудованию подстанций. Прохождение трафика в	Задержка : 500 мс – 2 сек Восстановление обслуживания: 50сек Маршрутизация IP трафика и гибкость Обеспечение ограничения доступа шифрованием и аутентификацией

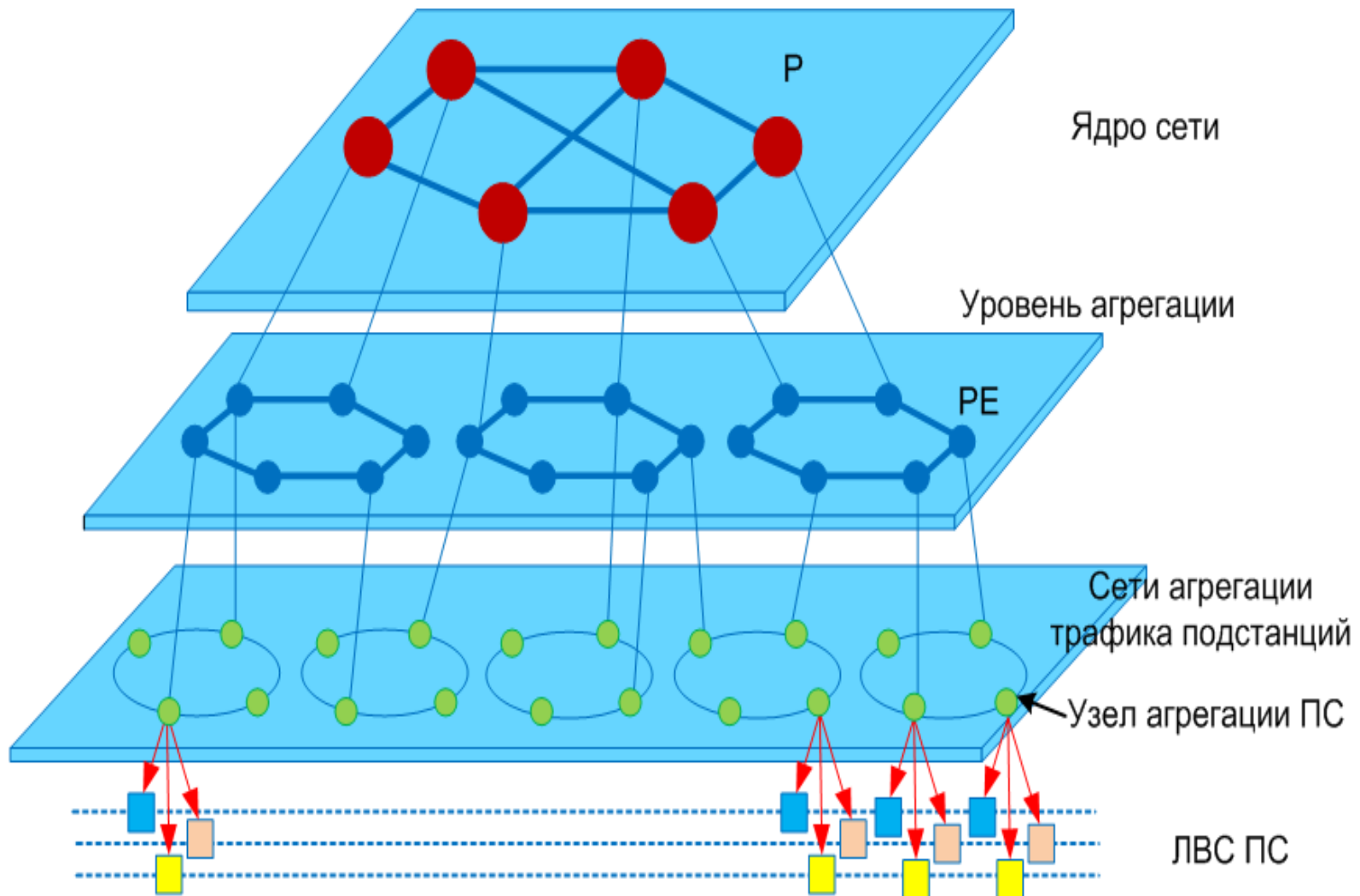
Архитектура существующих сетей связи и варианты миграции в сети с пакетной технологией.



Типовая топология существующей технологической сети.

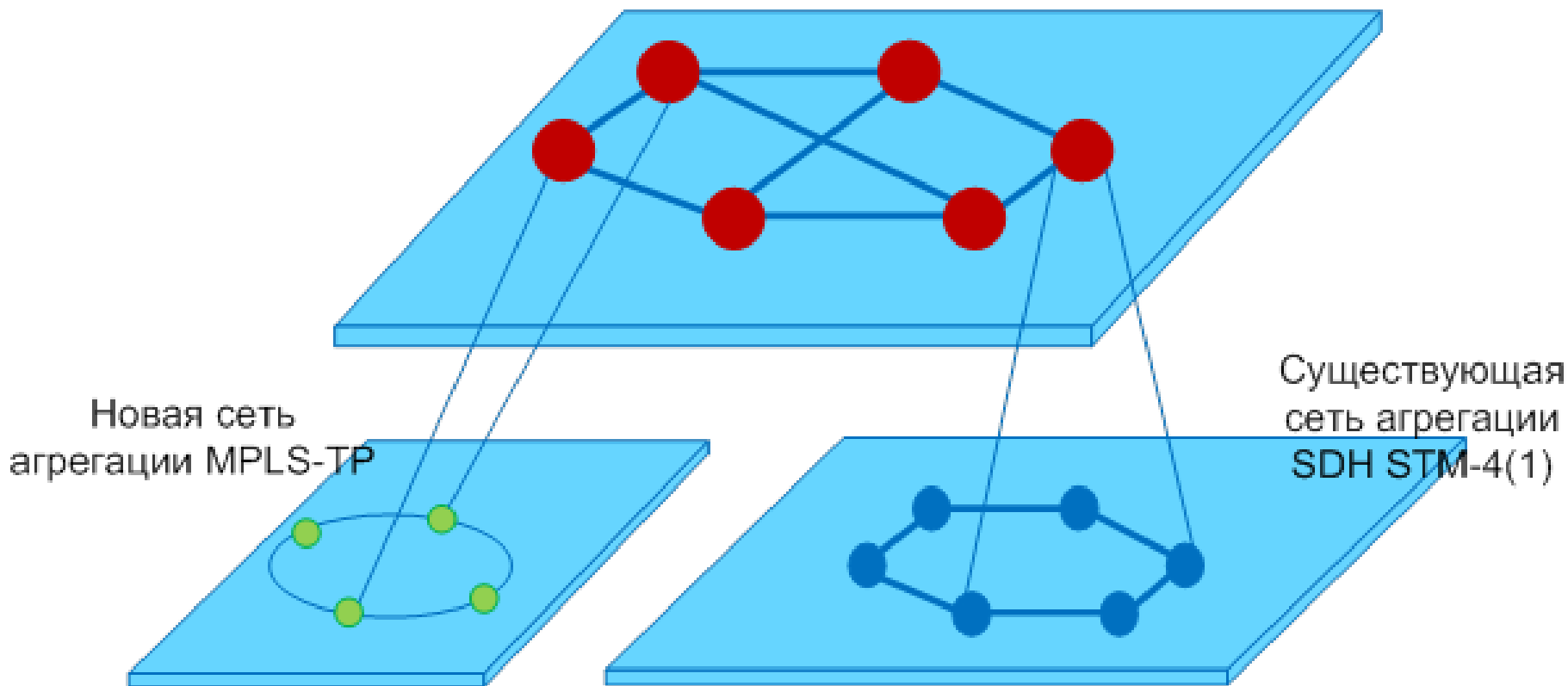


КСПД

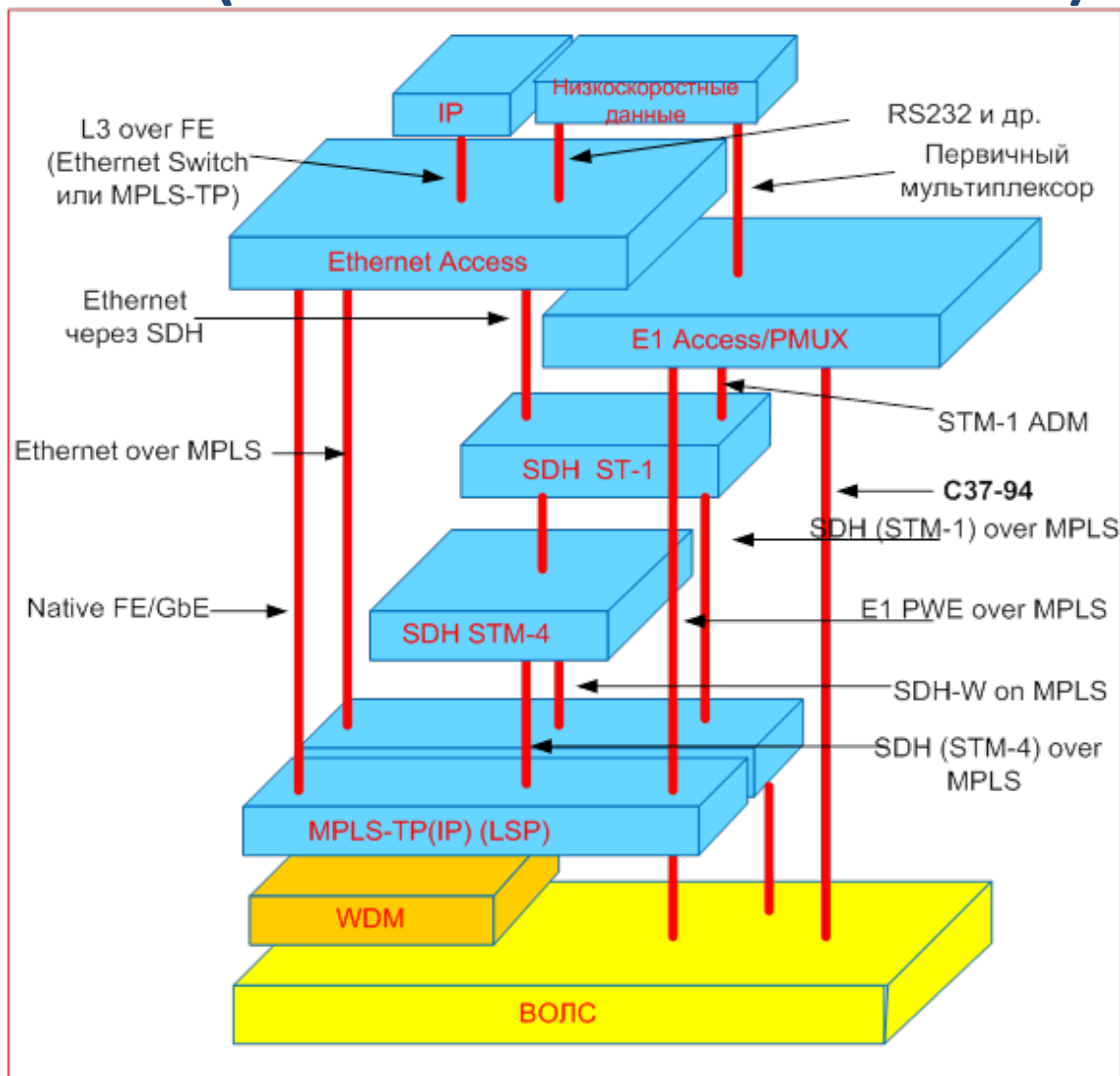


Гибридная сеть с ядром на технологии MPLS-TP

Новая транспортная опорная сеть MPLS-TP



Многослойная модель действующей телекоммуникационной сети в переходной период (от TDM к Packetным Сетям)



MPLS-TP

- IP/MPLS – OAM передается отдельно от основного трафика (out of band) и может идти с основным трафиком разными маршрутами.
- MPLS-TP - OAM передается вместе с клиентским трафиком внутри фрейма MPLS-TP и является упреждающим (проактивным)
- **Как следствие:**
- Встроенный (In band) OAM обеспечивает транспортную концепцию, ориентированную на соединение (прохождение OAM и Data конгруэнтными путями)
- Упреждающий мониторинг в MPLS-TP запускает быстрый переход к защите и более быстрое устранение неполадок, что делает работу сети предсказуемой

Режимы испытаний:

- 1. Нормальные условия
- 2. Одиночная авария
- 3. Множественные аварии (связность сети не нарушена полностью)
- 4. Нагрузочное тестирование
- 5. Асимметрия задержки самого сервиса РЗА (при наличии специального оборудования)
- 6. Длительное тестирование
- 7. Проверка функциональных возможностей системы управления и мониторинга NMS

Перечень испытаний

Тестирование каналов передачи:

- Проверка корректности прохождения потока E1 через сеть MPLS-TP
- Проверка корректности передачи STM-1/STM-4 через сеть MPLS-TP
- Проверка корректности прохождения сервисов Ethernet (E-line, E-tree, E-LAN) через сеть MPLS-TP
- Проверка корректности передачи канала С37.94 через сеть MPLS-TP
- Проверка корректности передачи 4-хпроводного канала ТЧ через сеть MPLS-TP

Дополнительные проверки при нормальных условиях.

- Проверка влияния на передачу трафика переключения APS (Automatic Protection Switching) вручную по команде (от локального управления и системы управления)
- Проверка влияния на передачу трафика с разным размером пакетов (MTU)
- Проверка влияния на передачу трафика создания множества LSP
- Проверка функционала QoS (размер, количество аппаратных очередей, количество программных очередей, алгоритмы обработки очередей)

Виды проверок в режиме «Одиночная авария»:

- Проверка надежности переключения на резервный блок питания
- Тестирование условий обнаружения одиночных аварий различных типов
- Проверка времени переключения APS с многочисленными LSP/PW и различными режимами защиты LSP/PW
- Проверка работоспособности OAM с заданными характеристиками для множества резервируемых LSP/PW
 - Виды проверок в режиме «Множественные аварии» (связность сети нарушена не полностью):
- Тестирование условий обнаружения множественных аварий различных типов
- Проверка времени переключения APS с многочисленными LSP/PW и различными режимами защиты LSP/PW
- Проверка работоспособности OAM с заданными характеристиками для множества резервируемых LSP/PW

Виды проверок в режиме «Нагрузочное тестирование»:

- Проверка корректности прохождения потока E1 через MPLS-TP при заданных параметрах QoS
- Проверка прозрачной передачи STM-1/STM-4 через MPLS-TP при заданных параметрах QoS
- Проверка корректности прохождения сервисов Ethernet (E-line, E-tree, E-LAN) через MPLS-TP при заданных параметрах QoS
- Проверка работоспособности MPLS-TP OAM при заданных параметрах QoS
- Проверка работоспособности протоколов синхронизации при заданных параметрах QoS
- DoS атака направленная на Management Plane, Control Plane, Data Plane
- Тестирование DoS атаки большим количеством пакетов Ethernet
- Тестирование влияния метода шифрования на проверяемые параметры сервисов.
- Тестирование реакции на большое количество ICMP пакетов.
- Тестирование реакции на атаку большим количеством UDP пакетов и TCP SYN, SYN-ACK, RST, FIN пакетов, существующих интерфейсов

Перечень испытаний

Виды проверок функциональных возможностей системы управления и мониторинга NMS:

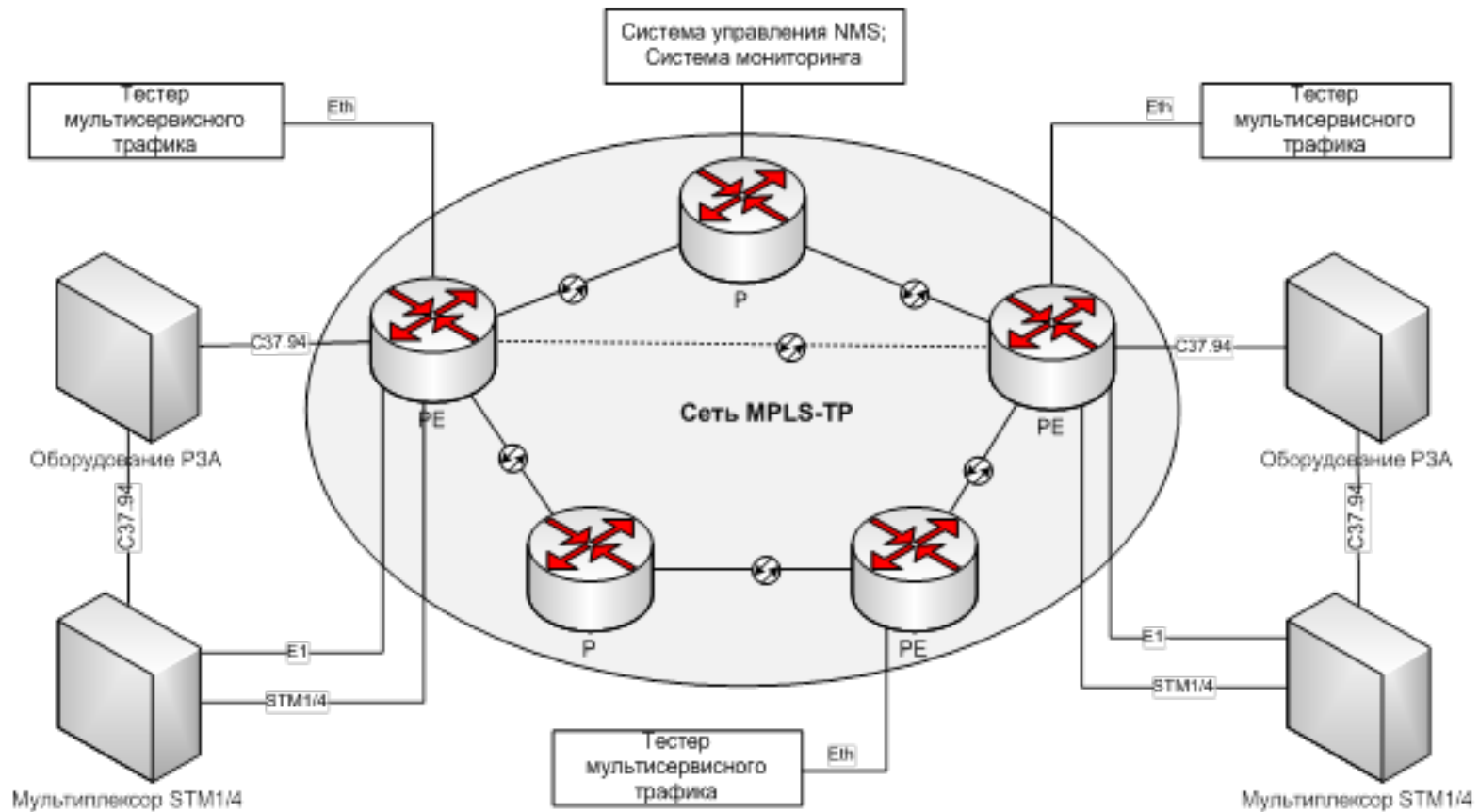
- Управление конфигурацией: функции для поиска, сбора данных, настройки и управления узлами, конфигурация аппаратного и программного обеспечения, конфигурация LSP - основного и резервного;
- Управление и мониторинг параметров LSP/PW, настройка пороговых значений задержки, потерь;
- Управление функциями Control plane;
- Управление и мониторинг функций защитного переключения (APS): идентификация LSP как основной и резервный, привязка PW к основному и резервному LSP, ручное и автоматическое управление защитным переключением, настройка параметров времени восстановления и конфигурация пороговых значений для срабатывания APS;
- Соответствие FCAPS management functions (i.e., fault, configuration, accounting, performance, and security management):
- Сбор аварий;
- Настройка и управление;
- Мониторинг производительности;
- Контроль доступа;
- Инструменты поиска и устранения неисправностей;
- Отображение текущего состояния топологии сети.

Проверка функционала NMS в части MPLS-TP OAM:

- Проверка целостности (Continuity Check)
- Проверка связности (Connectivity Verification)
- Проверка пути (traceroute, ping)
- Индикаторы отказа (alarm reporting, отказ клиента, удаленный отказ)
- Мониторинг производительности (задержка, потери пакетов)
- Проверка функциональности BFD с инкапсуляцией G-ACh по статическому MPLS-TP LSP или PW
- Проверка функции OAM Y.1731 и IETF по статическому MPLS-TP LSP или PW с инкапсуляцией G-ACh

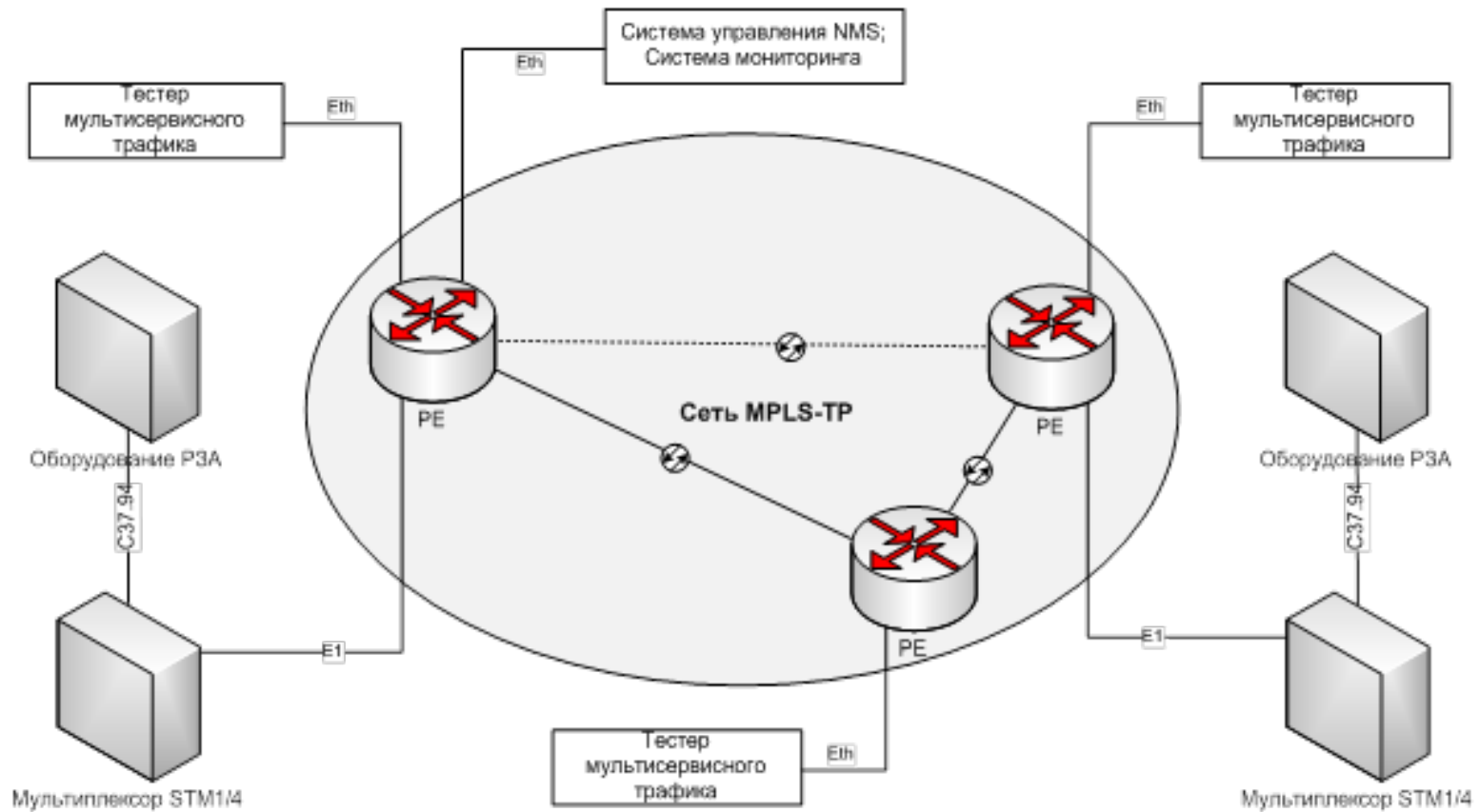
Испытания технологии MPLS-TP

Лабораторные испытания



Испытания технологии MPLS-TP

Полевые испытания



Анализ характеристик пакетных сетей для передачи сигналов взаимодействия РЗА.

В таблице ниже показаны результаты тестирования задержки и джиттера с оптимальным размером джиттер-буфера и размером полезной нагрузки. Латентность схемы защиты IP / MPLS немного превосходит действующую сеть TDM с архитектурой PDH. Общий джиттер, полученный от обеих систем при тестировании, можно считать аналогичным. Следует также отметить, что добавление маршрутизаторов в контур схемы добавляет около 50 мкс на маршрутизатор.

	Сеть IP/MPLS	Сеть TDM
Задержка в обоих направлениях	4.365 ms	4.876 ms
Джиттер	+/- 72 μs	+/- 75 μs

Анализ параметров задержки и джиттера сетей MPLS

Прохождение LSP через соседние маршрутизаторы			
Размер джиттер-буфера (мсек)	Размер полезной нагрузки (октеты)	Среднее значение задержки	Максимальное отклонение задержки (мксек)
32	64	27.431	+/- 81
1	2	4.267	+/- 92
2	2	4.732	+/- 65
2	4	5.015	+/- 74
3	2	5.245	+/- 72
3	4	5.502	+/- 77
3	8	5.511	+/- 74
4	2	5.770	+/- 74
4	4	6.027	+/- 77
4	8	6.292	+/- 77
4	12	6.547	+/- 80
6	2	6.804	+/- 75
6	4	7.066	+/- 71
6	8	7.324	+/- 76
6	12	7.589	+/- 72
8	4	7.841	+/- 77
8	6	8.101	+/- 75
8	8	8.356	+/- 71
8	12	8.620	+/- 79
8	16	8.773	+/- 79
10	4	8.896	+/- 76
10	8	9.223	+/- 73
10	16	9.551	+/- 74
10	24	9.877	+/- 72
12	6	10.204	+/- 72
12	12	10.531	+/- 78
12	24	10.858	+/- 74
14	6	11.185	+/- 77
14	12	12.162	+/- 77
14	24	13.452	+/- 73
16	4	11.843	+/- 75
16	10	12.167	+/- 73
16	32	15.376	+/- 81

Прохождение LSP через четыре маршрутизатора

Размер джиттер-буфера (мсек)	Размер полезной нагрузки (октеты)	Среднее значение задержки	Максимальное отклонение задержки (мксек)
32	64	27.642	+/- 83
1	2	4.352	+/- 77
2	2	4.746	+/- 71
2	4	5.026	+/- 73
3	2	5.252	+/- 75
3	4	5.506	+/- 76
3	8	5.524	+/- 76
4	2	5.784	+/- 77
4	4	6.032	+/- 78
4	8	6.304	+/- 80
4	12	6.594	+/- 74
6	2	6.906	+/- 78
6	4	7.152	+/- 71
6	8	7.479	+/- 72
6	12	7.806	+/- 74
8	4	8.133	+/- 74
8	6	8.462	+/- 70
8	8	8.777	+/- 75
8	12	9.116	+/- 84
8	16	9.442	+/- 73
10	4	9.768	+/- 79
10	8	10.099	+/- 77
10	16	10.421	+/- 72
10	24	10.749	+/- 74
12	6	11.074	+/- 71
12	12	11.405	+/- 73
12	24	11.733	+/- 77

Выводы:

- MPLS-TP это ориентированная на соединения пакетная сеть на основе MPLS, которая обеспечивает управляемые сквозные соединения к сетям клиентского уровня (таким как Ethernet). Это специально выделенная реализация MPLS, где удалены все лишние функции, не имеющие отношения к коммутации пакетных соединений, и добавлены ключевые функциональные возможности, такие как QoS, сквозной OAM и зарезервированная коммутация, обеспечив тем самым полную детерминированность сети.
- IP/MPLS – OAM передается отдельно от основного трафика (out of band) и может идти с основным трафиком разными маршрутами.
- MPLS-TP - OAM передается вместе с клиентским трафиком внутри фрейма MPLS-TP и является упреждающим (проактивным)

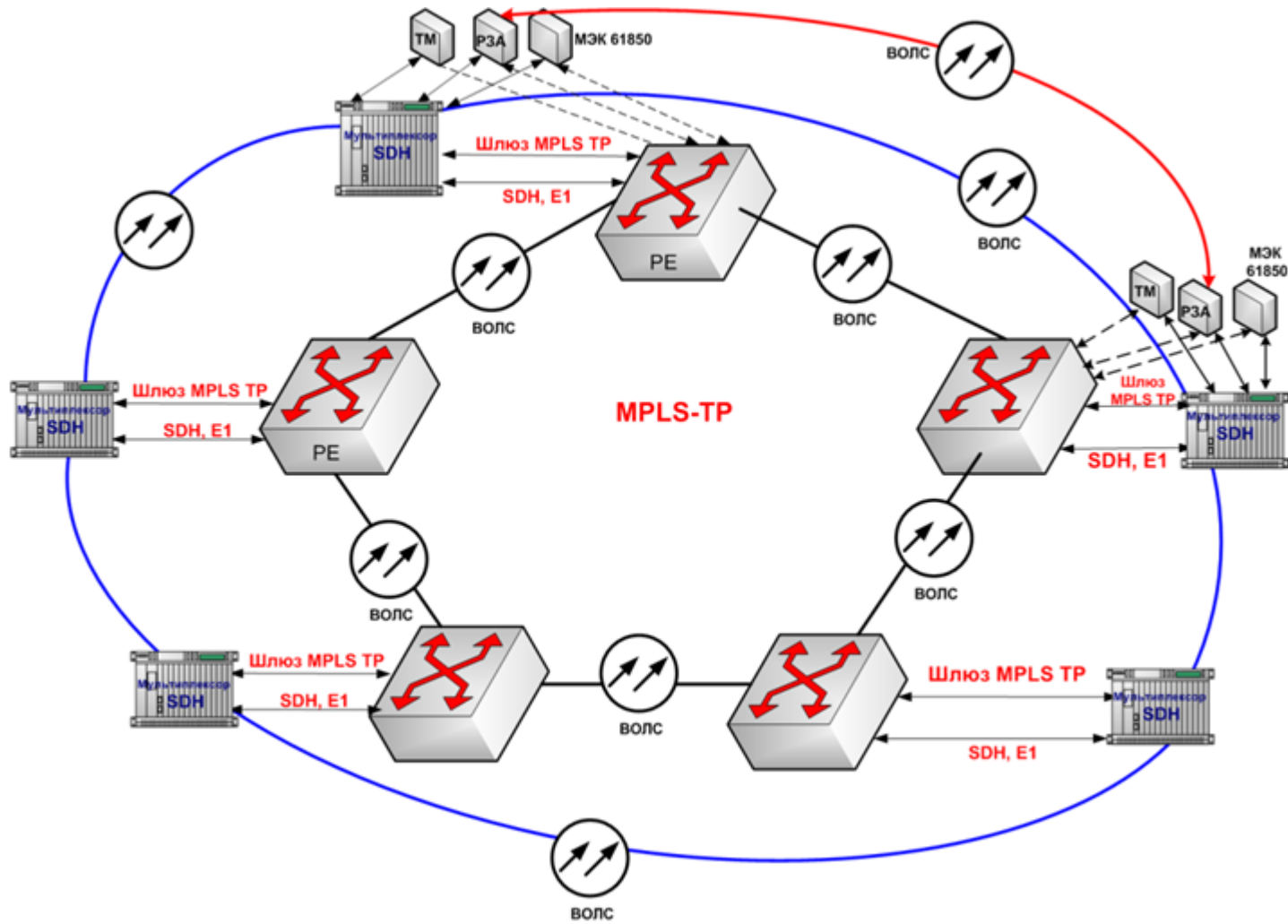
Как следствие:

- Встроенный (In band) OAM обеспечивает транспортную концепцию, ориентированную на соединение (прохождение OAM и Data конгруэнтными путями)
- Упреждающий мониторинг в MPLS-TP запускает быстрый переход к защите и более быстрое устранение неполадок, что делает работу сети предсказуемой.

Три этапа перехода

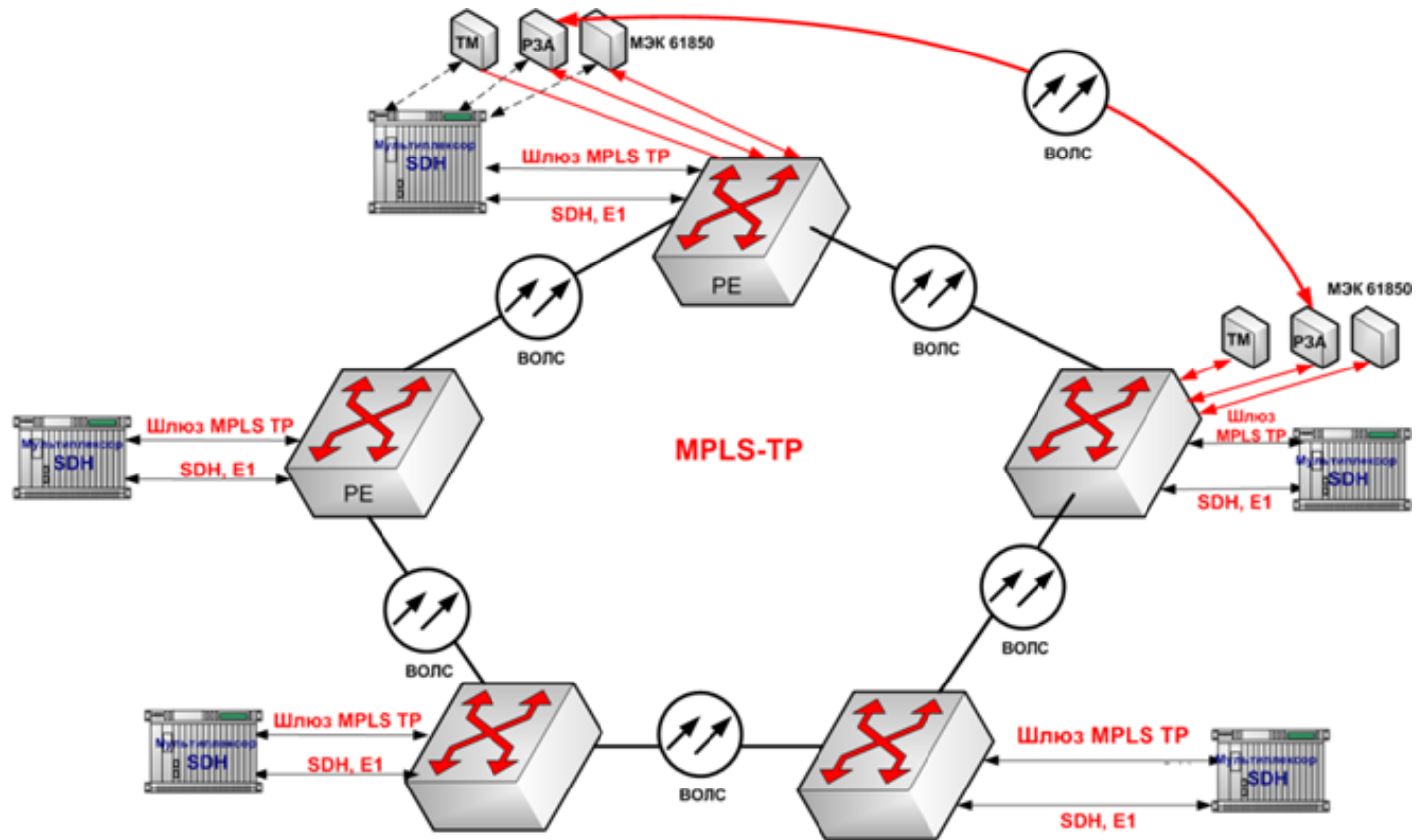
I. Этап

Создается сеть MPLS-TP в качестве опорной и сети агрегации. Часть трафика переводится на маршрутизаторы MPLS-TP. Резервирование РЗА через «темные» волокна или DWDM.



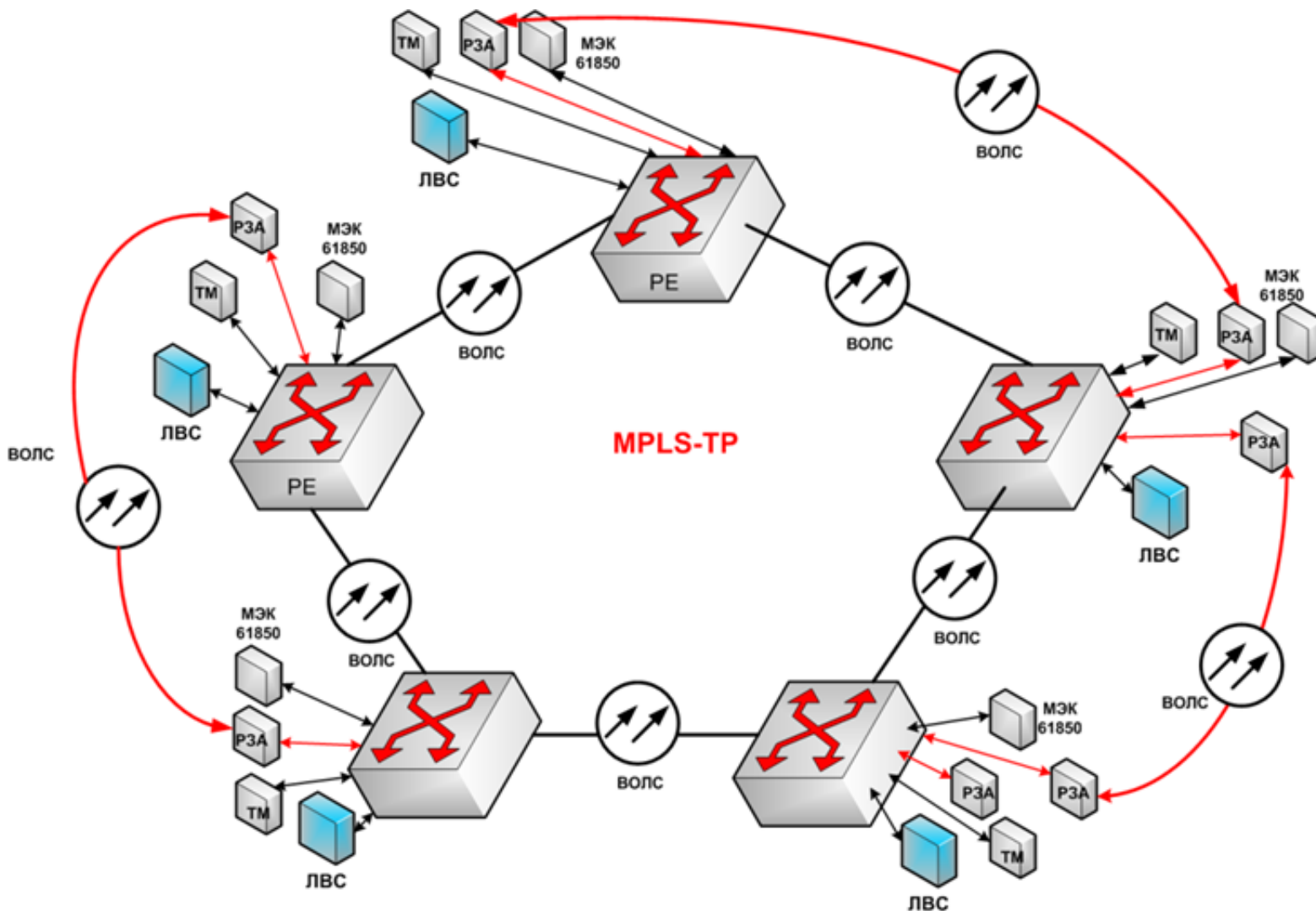
II. Этап

Убираются оптические соединения SDH мультиплексоров. Сеть SDH работает через MPLS-TP. Резервирование РЗА через «темные» волокна или DWDM. SDH мультиплексоры используются в качестве узлов доступа для агрегации трафика различных приложений.



III. Этап

Полный переход на пакетные сети. Возможно, в отдаленном будущем.
Остается резервирование РЗА через «темные» волокна или DWDM.



Рассмотрение возможности создания выделенной технологической сети передачи данных.

Сети передачи данных, использующие технологию IP MPLS, получили широкое распространение. Большинство ТСПД, создаваемых в ДЗО ПАО Россети, предполагает развитие сети именно на технологии IP MPLS. Использование IP MPLS для передачи критически важного трафика не представляется возможным по ряду причин, изложенных выше. Учитывая незначительный объем технологической информации, возможно создание недорогой сети на основе MPLS-TP, которая будет предназначена исключительно для систем РЗА, ТМ и др. Это решение обеспечит дополнительную защиту технологической информации за счет физического разделения среды передачи. Возможно комбинирование IP MPLS и MPLS-TP для создания сетевых топологий с предсказуемыми характеристиками, обеспечивая переход от SDH, с сохранением мультиплексов, как узлов доступа.

Ключевые задачи

подготовки телекоммуникационной инфраструктуры для Цифровой Энергетики

- Разработка Концепции современной технологической телекоммуникационной сети связи электросетевого комплекса (ССЭСК)
- Разработка типовых рекомендаций для поэтапного перехода ССЭСК на пакетные технологии на основе гибридных сетевых решений
- Проектирование ССЭСК с учетом поэтапного перехода на пакетные технологии.
- Создание «Центра Компетенций» для разработки и опробования решений по стыковке оборудования различных производителей, разработке схем включения в сетевое оборудование различных интерфейсов современного, установленного и планируемого к установке энергетического оборудования, и находящегося в эксплуатации в период более 20-ти лет.