

EnergyNet. Будущее интеллектуальной энергетики



ПОДКОМИТЕТ РНК СИГРЭ ПО ТЕМАТИЧЕСКОМУ НАПРАВЛЕНИЮ D2
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ»

СЕМИНАР «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ: РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ С УЧЕТОМ ОПЫТА СИГРЭ»

Вопросы организации каналов «точка - несколько точек» для приложений РЗА по цифровым сетям

В.А. Харламов, к.т.н.

24 ИЮНЯ 2016, г. ЯЛТА, РЕСПУБЛИКА КРЫМ

Продольные токовые дифференциальные защиты линий (ДЗЛ)

- каналы **64 кбит/с** и выше для передачи информации о токах по концам защищаемой **ЛЭП** по выделенным оптическим волокнам (**ОВ**) в волоконно-оптических кабелях (**ВОК**) и цифровым системам передачи информации (**ЦСПИ**)

Комплекты ступенчатых защит (КСЗ)

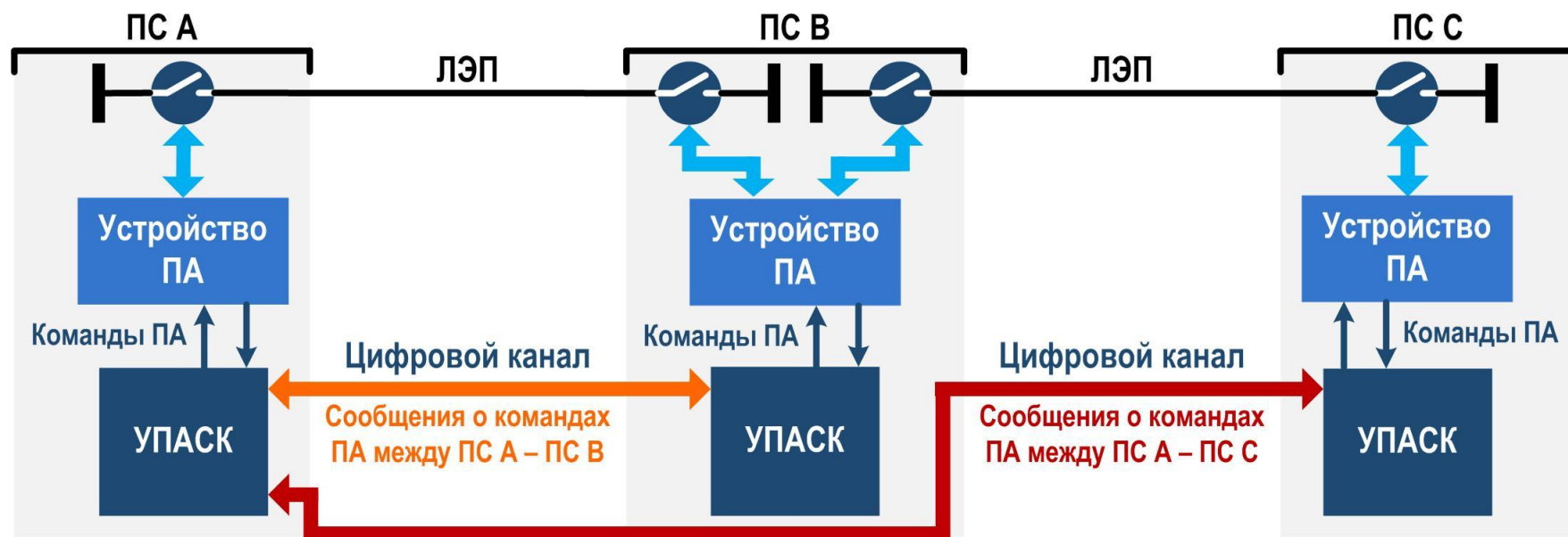
- каналы **64 кбит/с** и выше для передачи блокирующих, ускоряющих и отключающих сигналов (команд **РЗ**) между концами защищаемой **ЛЭП** с помощью устройств передачи аварийных сигналов и команд (**УПАСК**) по выделенным **ОВ** и **ЦСПИ**



ЛЭП 220 кВ и ниже могут иметь ответвления → для систем **РЗ** требуются цифровые каналы не только «точка - точка», а и «точка - несколько точек»

Системы **ПА**, сохраняющие устойчивую работу энергосистем, локализирующие и предотвращающие развитие системных аварий, обеспечивающие синхронную работу отдельных ее частей в послеаварийных режимах

- каналы **64 кбит/с** и выше для передачи управляющих воздействий (команд **ПА**), например, отключения нагрузки, фиксации отключения линии и т.д., в пределах всей энергосистемы, с помощью **УПАСК** по выделенным **ОВ** и **ЦСПИ**



Необходима передача команд **ПА** с одного объекта на несколько → в системах **ПА** требуются цифровые каналы «точка - несколько точек»

При реализации за разумные деньги использование только выделенных **ОВ** в **ВОК** для **РЗА**, что с технической точки зрения наиболее предпочтительное решение из-за его относительной простоты и надежности, связано со следующими проблемами

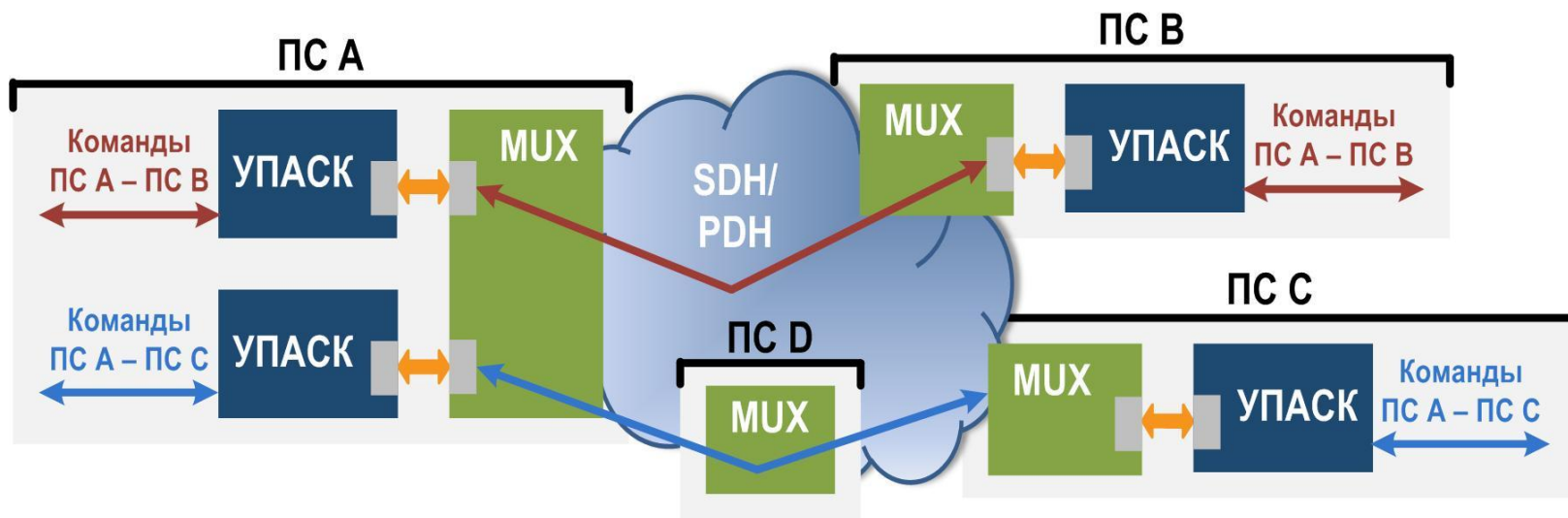
- ограничения на допустимую протяженность **ОВ** без переприемов
- лимитированное число **ОВ** в **ВОК** (замена существующих **ВОК** на **ВОК** с большим числом **ОВ** или прокладка дополнительных **ВОК** только для каналов **РЗА** не всегда экономически оправдана, в том числе из-за технических сложностей)
- при необходимости резервирования цифровых каналов часто сложно найти две географически разнесенные трассы **ВОК** допустимой длины даже для коротких **ЛЭП** (резервирование по географически не разнесенным **ВОК** практически теряет смысл)

Как следствие, каналы **РЗА** организуются и по **ЦСПИ** с синхронными интерфейсами **G.703.1**, **X.21**, **E1** и **C37.94**

Большинство цифровых сетей между объектами российской электроэнергетики – сети **SDH/PDH**

Рост **IP/Ethernet** трафика → возникает вопрос о миграции от сетей **SDH/PDH** к межобъектовым сетям с пакетной коммутацией, например, **IP/MPLS**



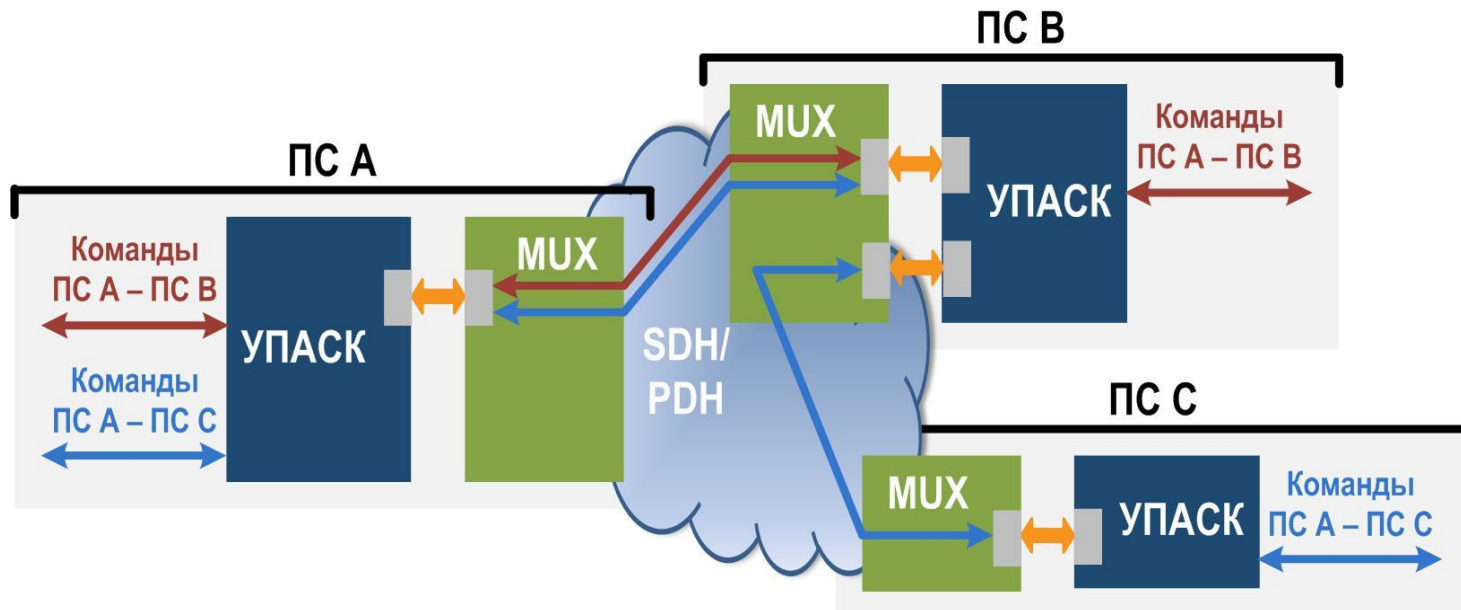


Обеспечивается

- минимальное время передачи команд **РЗ** и **ПА** по **ЦСПИ**
- высокая надежность (отказ одного из **УПАСК** не влияет на передачу команд между другими объектами)

Не всегда экономически эффективно из-за большого числа

- **УПАСК**
- цифровых интерфейсов в оборудовании **ЦСПИ**
- кабелей между **УПАСК** и мультиплексором (оборудование **РЗА** и **ЦСПИ** может быть расположено в разных зданиях)



Переприем команд может быть реализован

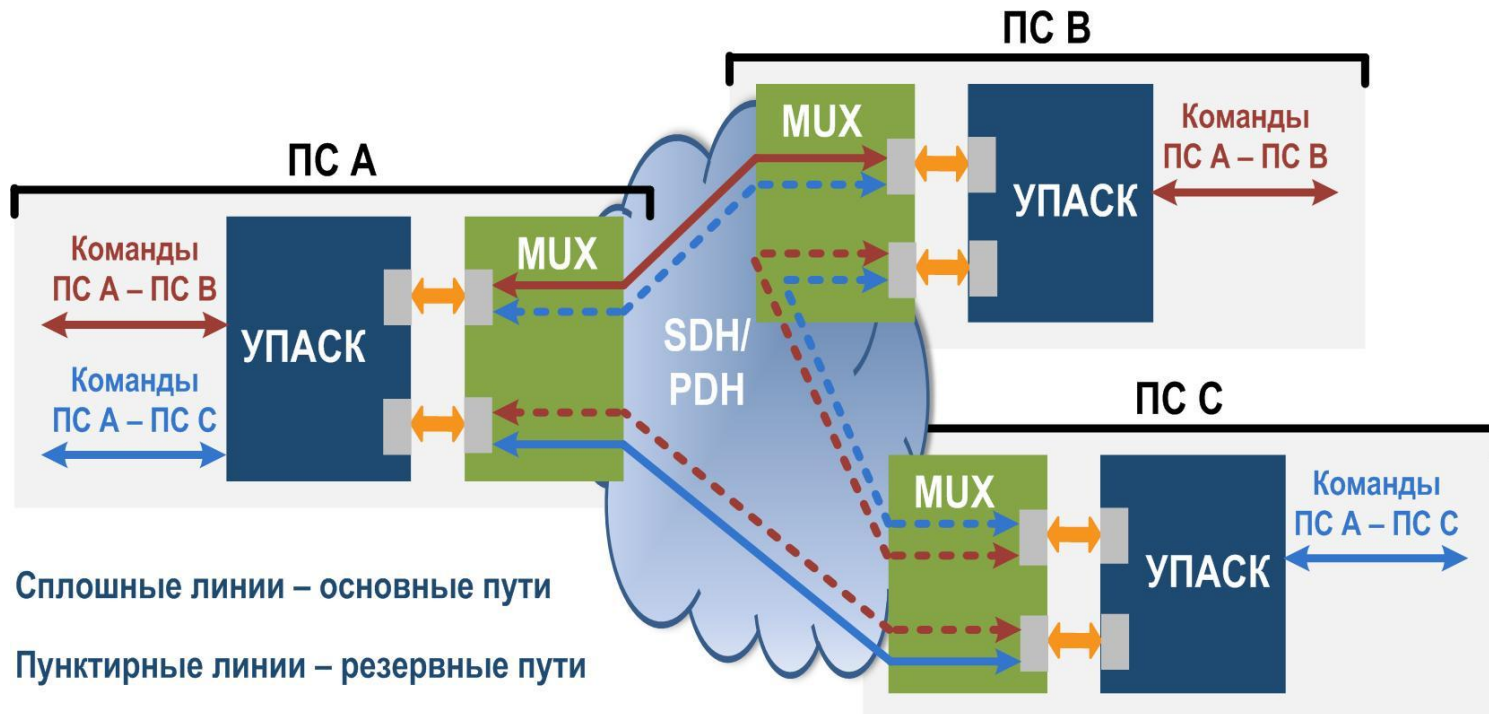
- по дискретным входам и выходам **УПАСК**
- в самом **УПАСК**

Очевидно уменьшение числа **УПАСК** по сравнению с прямыми каналами «точка - точка» (особенно при большом числе объектов)

Недостатки:

- увеличение времени передачи команд **РЗ** и **ПА** из-за переприемов в промежуточных **УПАСК**
- низкая надежность, т.к. отказ промежуточного **УПАСК** или мультиплексора прервет передачу команд на все находящиеся за ним в цепочке объекты

Требуется использования кольцевых схем для увеличения надежности



Экономически эффективная схема для выделенных **ОВ** (не требуются прямые **ОВ** между всеми объектами), но не **ЦСПИ**

Одиночный отказ в кольце **УПАСК** или мультиплексора → передача команд по оставшемуся работоспособном пути; двойной отказ в кольце → невозможность передачи команд на ряд объектов

Для повышения надежности требуется реализация каналов «точка - несколько точек» с множественными радиальными соединениями «точка - точка»

- Скорость передачи данных – **$N \times 64$ кбит/с ($N = 1 \dots 12$)**

- Стандартный интерфейс **IEEE** для подключения устройств

Сигнал	Подключение
Передача данных (Tx)	Многомодовое ОВ
Прием данных (Rx)	Многомодовое ОВ

РЗА к мультиплексирующему оборудованию по **ОВ**

- Принят **ANSI** как национальный в **США**; в **России**, в отличии от **G.703.1**, **X.21** и **E1**, не принят ни в качестве отраслевого, ни в качестве национального

- Нет гарантии совместимости на канальном уровне в **мультиплексорах доступа SDH/PDH** разных производителей (стандартизирован только стык между устройствами **РЗА** и **ЦСПИ**, схема мультиплексирования **С37.94** не стандартизирована; успешные стыковочные испытания не являются гарантией совместимости в дальнейшем)

- Отсутствуют в **транспортных мультиплексорах SDH**

- **Недостаток** – подключение устройства **РЗА** к одному встроенному в мультиплексор доступа **SDH/PDH** интерфейсу **С37.94** не позволяет организовать каналы «точка - несколько точек» со множественными радиальными соединениями «точка - точка» из-за отсутствия реализации кросс-коммутации каналов **64 кбит/с** (можно организовать каналы только «точка - точка» между двумя объектами)

- Скорость передачи данных – **$N \times 64$ кбит/с ($N = 1 \dots 31$)**

Сигнал	Подключение
Передача данных (Tx)	Симметричная пара
Прием данных (Rx)	Симметричная пара

- Не только присутствует, но и совместим на канальном

уровне как в **мультиплексорах доступа SDH/PDH**, так и в **транспортных мультиплексорах SDH** разных производителей (схема мультиплексирования **E1** стандартизирована)

- Широко распространен → широко распространены и доступны средства измерений
- Подключение устройства **P3A** к одному интерфейсу **E1 мультиплексоров доступа SDH/PDH** позволяет передавать данные в нескольких направлениях (с одного объекта на несколько с помощью кросс-коммутации каналов **64 кбит/с**), т.е. позволяет организовывать каналы для систем **P3A** не только «точка – точка», но и «точка – несколько точек» с множественными радиальными соединениями «точка – точка»
- **Недостаток** – для подключения устройств **P3A** к мультиплексирующему оборудованию по **ОВ** необходим преобразователь

С37.94

Номинальная скорость 2 Мбит/с
Доступно пользователю 12 x 64 кбит/с

Длина кадра – 256 бит (125 мкс)



E1

Номинальная скорость 2 Мбит/с
Доступно пользователю 31 x 64 кбит/с

Длина кадра – 256 бит (125 мкс)

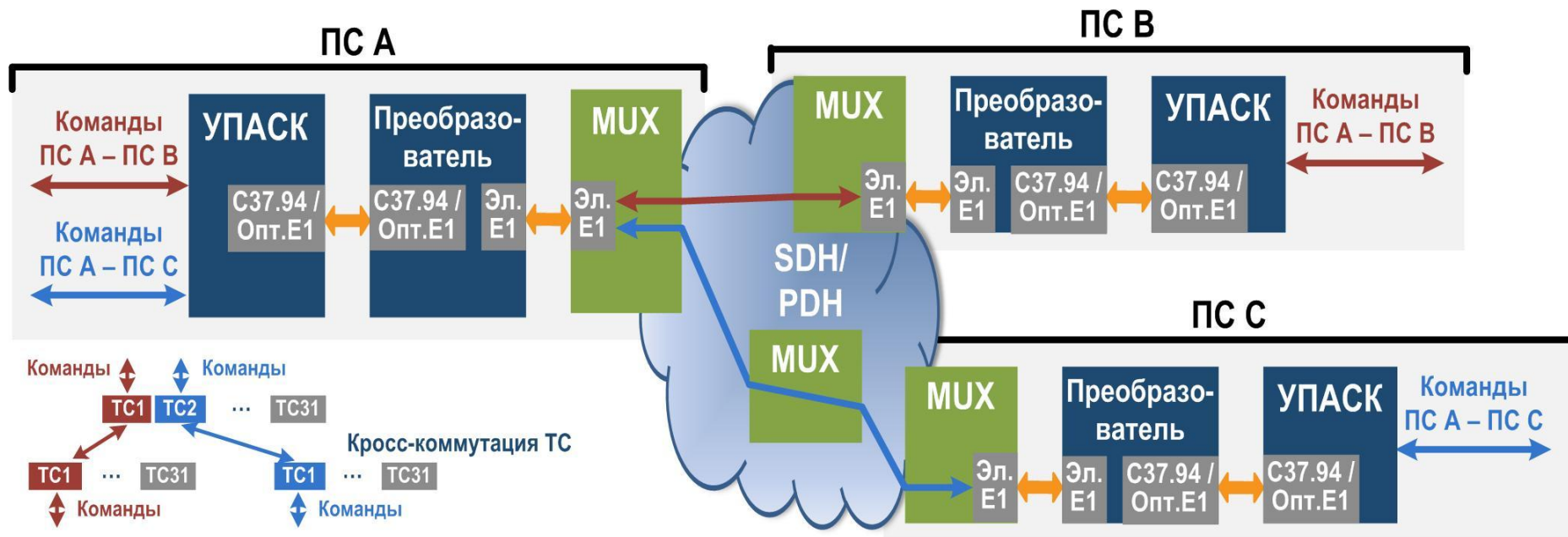


Достоинство **С37.94** – довольно широко распространен в устройствах **РЗА**

Недостатки **С37.94** по сравнению с электрическим интерфейсом **E1**:

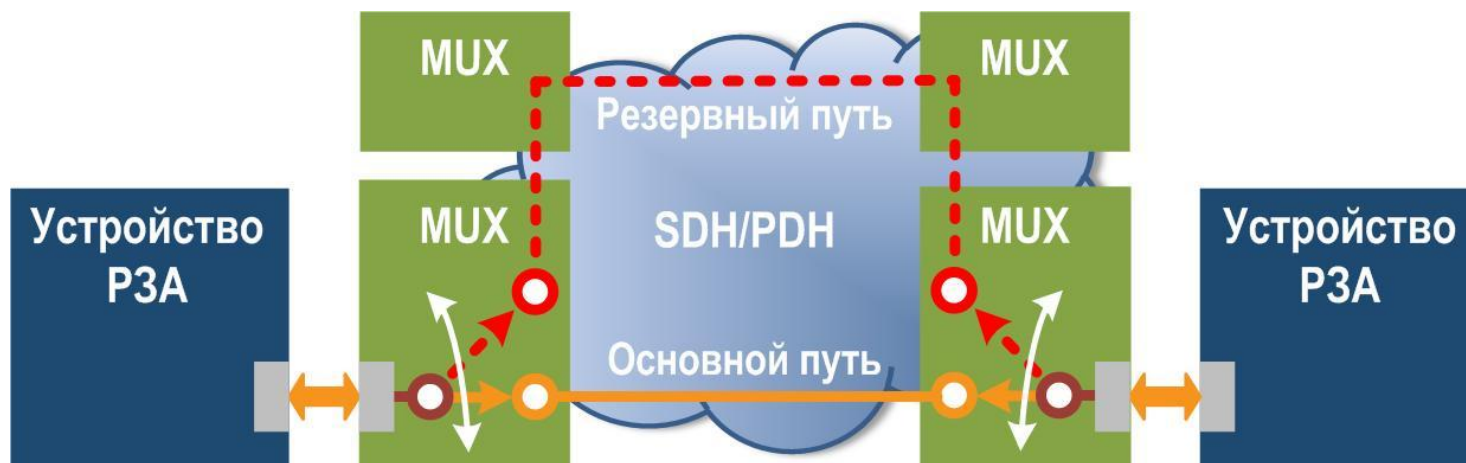
- отсутствие кросс-коммутации тайм-слотов (ТС) 64 кбит/с в оборудовании **ЦСПИ**
- наличие только в мультиплексорах доступа **SDH/PDH** и отсутствие в транспортных мультиплексорах **SDH**

Нивелирование недостатков **С37.94** – использование преобразователей интерфейсов



Данные множественные радиальные соединения, не реализуемые при подключении к встроенным в мультиплексоры доступам интерфейсам C37.94, но реализуемые при использовании преобразователей C37.94 или оптический E1 / электрический E1, обеспечивают

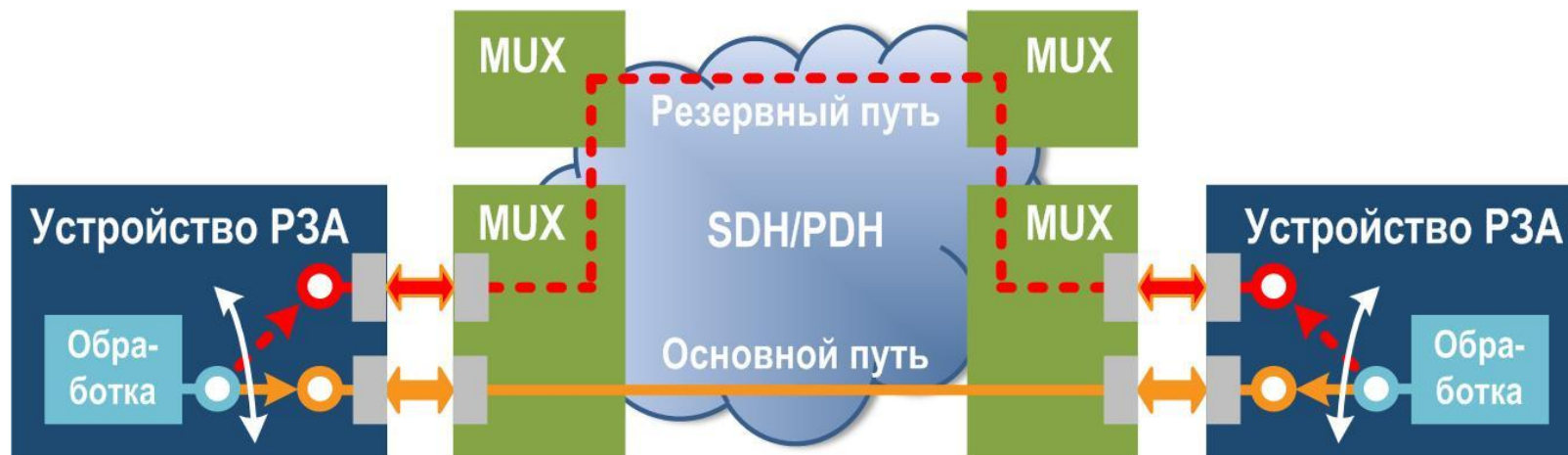
- минимальное время передачи команд РЗ и ПА из-за прокладки по ЦСПИ наиболее коротких путей и отсутствия переключений в промежуточных УПАСК
- высокую надежность, т.к. отказ одного УПАСК или мультиплексора (кроме центральных) не прервет передачу команд на другие объекты



Собственные механизмы резервирования сетей **SDH/PDH** при отказе основного пути обеспечивают его обнаружение и переход на резервные за время **до 50 мс** (время зависит от масштаба и топологии сети)

Данные прерывания каналов в **ЦСПИ** незначительно повлияют на общий коэффициент готовности канала, но отказы линий связи могут быть коррелированы с аварийными ситуациями в энергосистемах, когда требуется работа систем **РЗА**

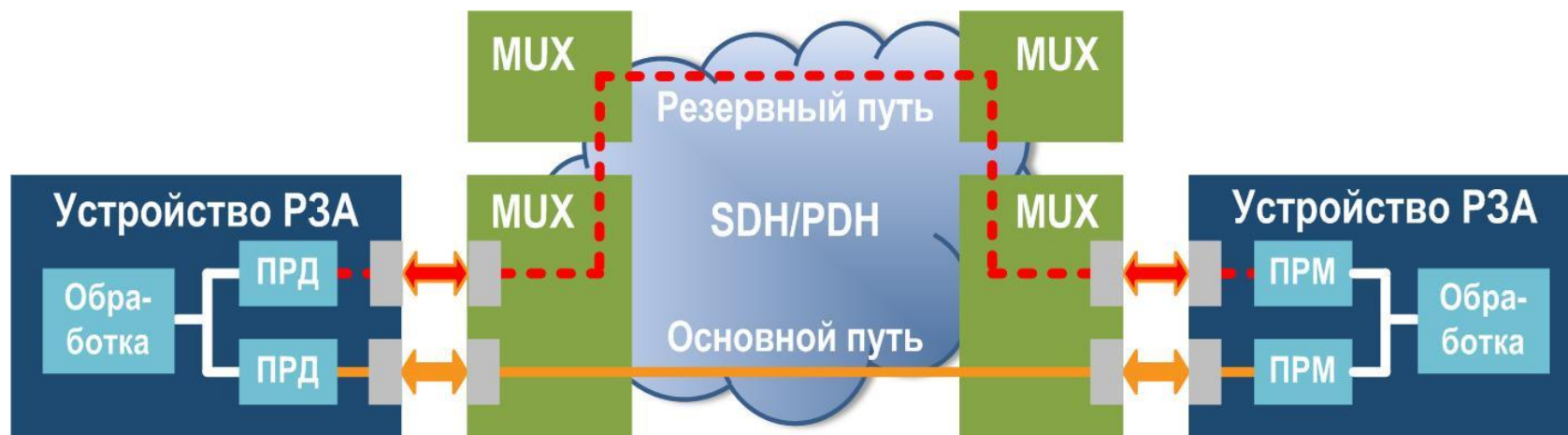
Соответственно **на 50 мс** может быть увеличено время срабатывания систем **РЗА**



В сети **SDH/PDH** организуются основной и резервный статические (фиксированные) пути (маршруты)

Устройство **РЗА** само анализирует наличие канала и в случае его отказа переключается на резервный за время в несколько миллисекунд, что гораздо меньше, чем обеспечивают собственные механизмы резервирования **ЦСПИ**

Потеря основного пути может быть не полной, а частичной, т.е. в нем по разным причинам могут возникать битовые ошибки, которые увеличат по сравнению с номинальным реальное время срабатывания систем **РЗА**, а переключения на резервный путь, в котором ошибок нет, производиться не будет



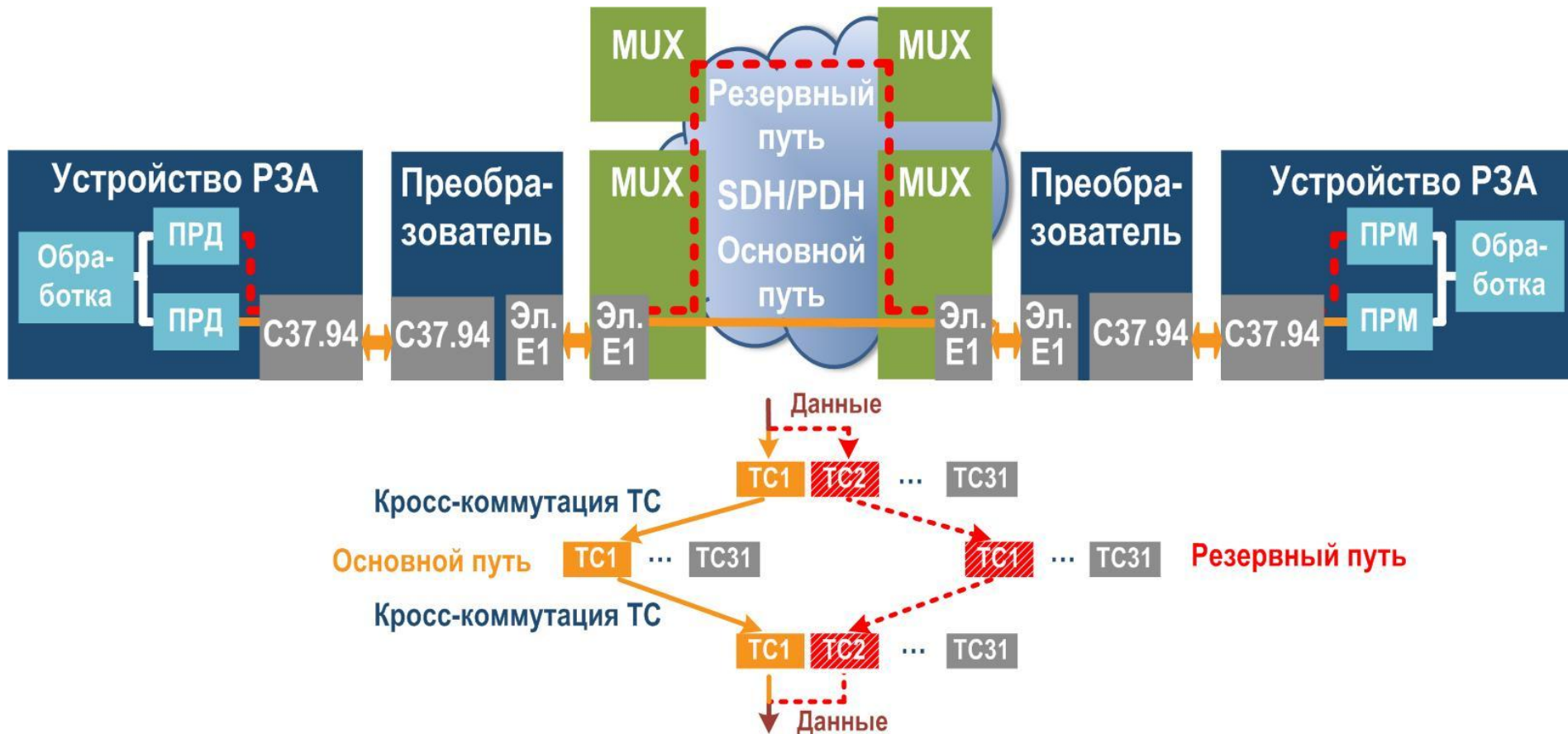
В устройствах **РЗА** данные параллельно передаются двумя передатчиками через два цифровых интерфейса по основному и резервному путям

Прием осуществляется параллельно двумя приемниками, выходы которых объединены

При потере одного из путей работающий по нему приемник будет блокирован, но работа устройств **РЗА** будет непрерывно осуществляться по оставшемуся работоспособному другому

Самим устройством **РЗА** обеспечивается бесшовное резервирование каналов с нулевым временем переключения

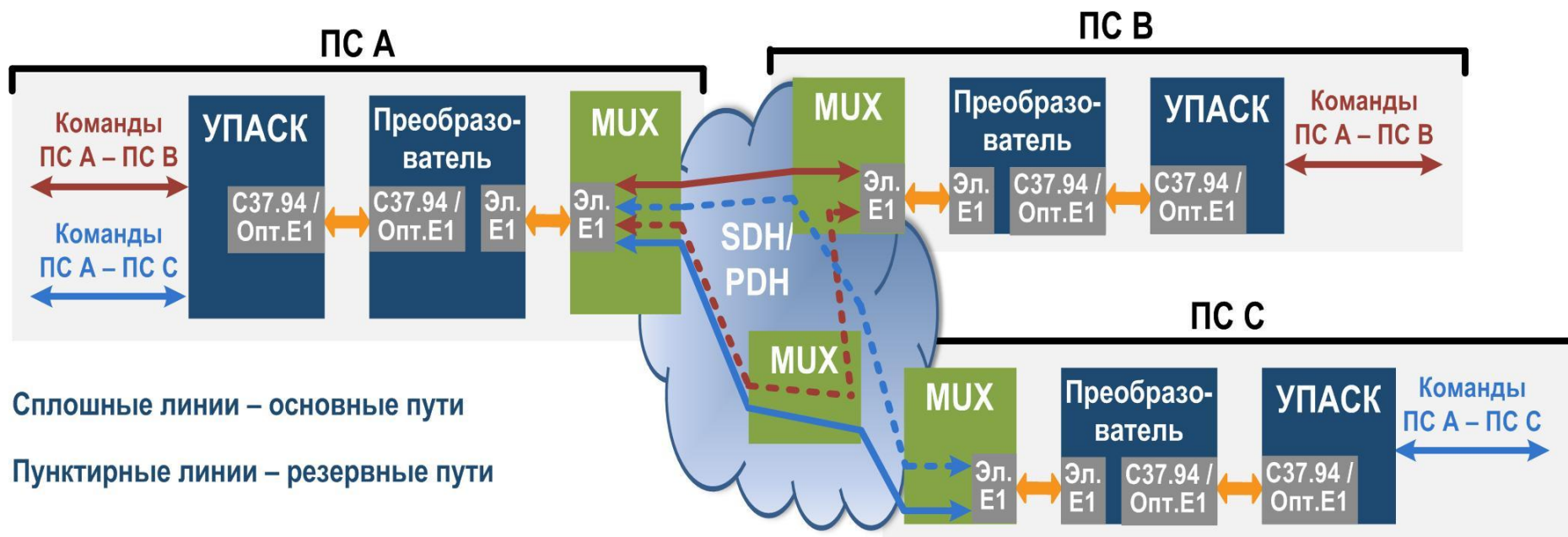
БЕСШОВНОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ УСТРОЙСТВА РЗА К ОДНОМУ ИНТЕРФЕЙСУ E1 МУЛЬТИПЛЕКСОРА SDH/PDH



Данные с выходов двух передатчиков назначаются на разные **ТС** в кадре интерфейса **С37.94**, который преобразуется далее в **Е1**, а в мультиплексоре доступа **SDH/PDH** данные **ТС** разделяются и направляются по основному и резервному путям

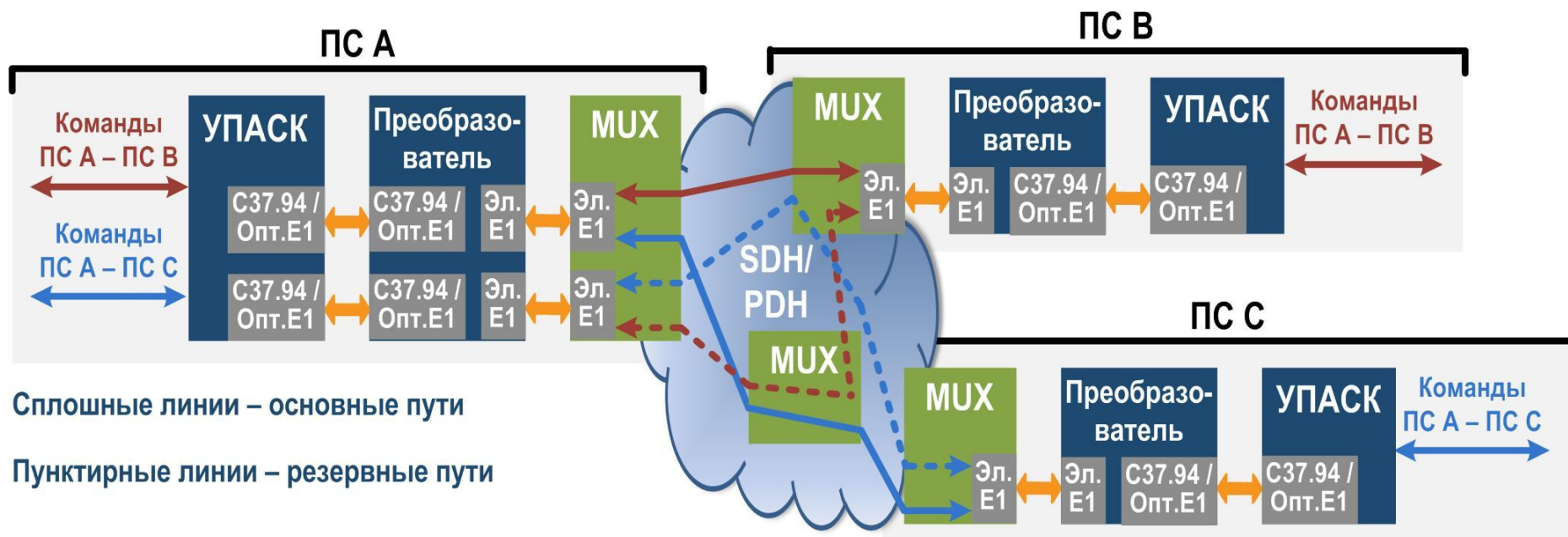
Стоимость решения та же, что при резервировании собственными механизмами **ЦСПИ**

БЕСШОВНОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ КОМАНД РЗ И ПА «ТОЧКА - НЕСКОЛЬКО ТОЧЕК» ПО СЕТЯМ SDH/PDH (1)



Для повышения надежности без увеличения стоимости оборудования возможна организация по **сетям SDH/PDH** бесшовного резервирования каналов для **УПАСК** с использованием множественных соединений «**точка-точка**» по основным и резервным путям

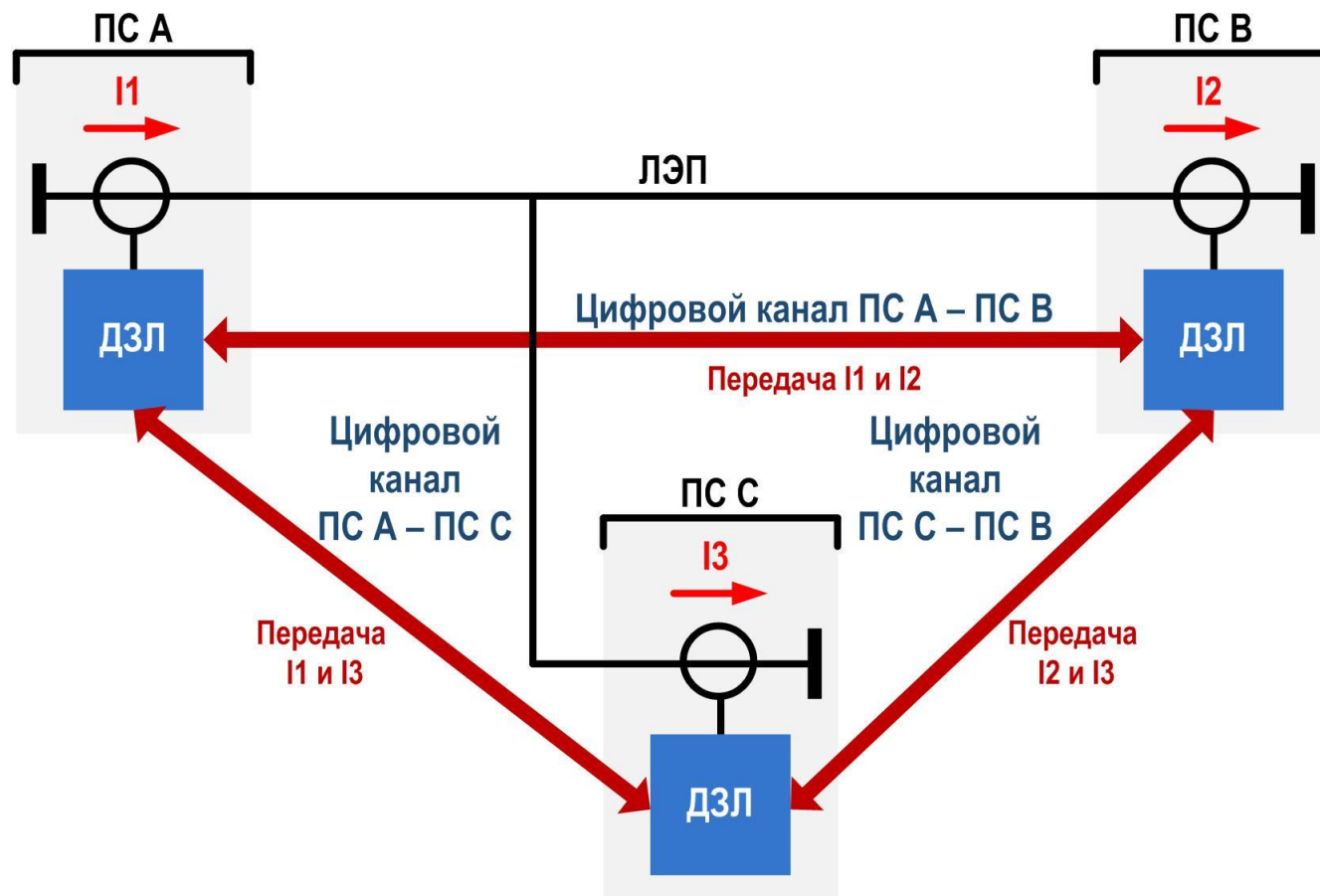
Недостаток - отказ обмена между центральным **УПАСК** и мультиплексором доступа **SDH/PDH** на **ПС А** полностью прервет передачу команд **РЗ** и **ПА**



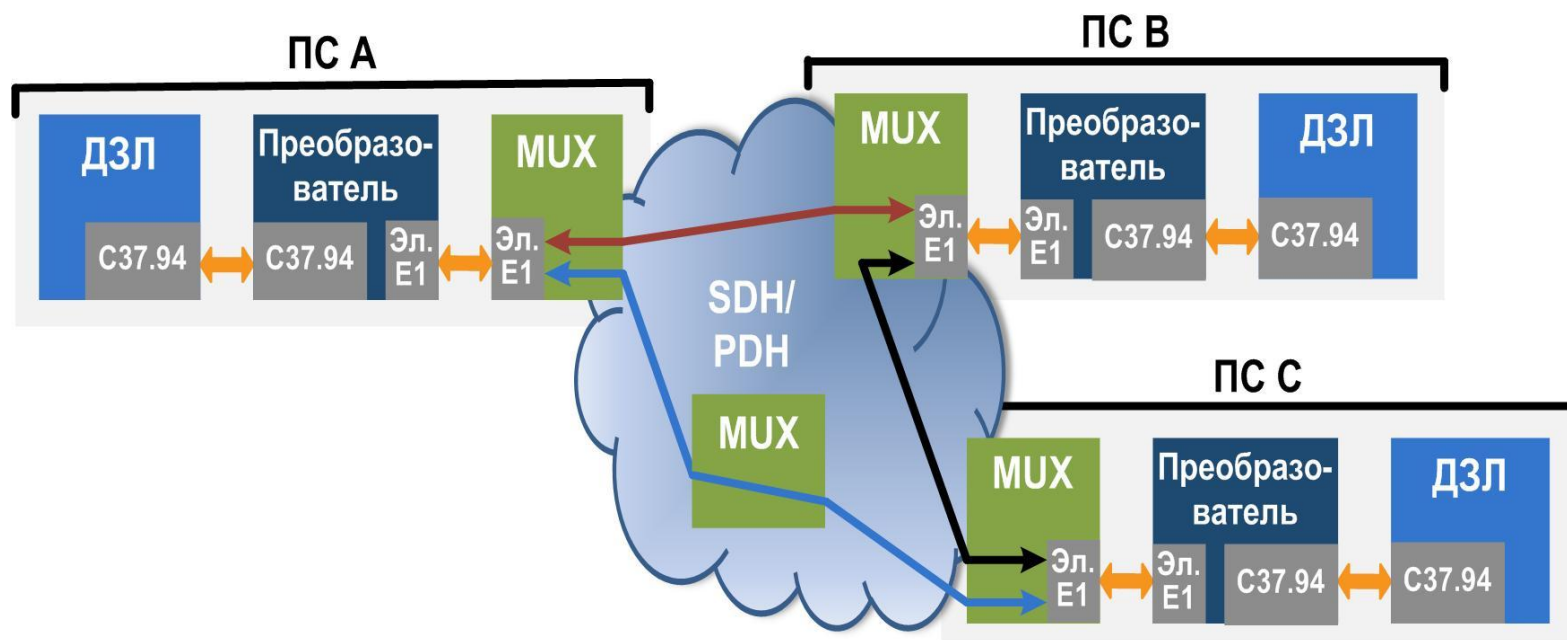
Повысить надежность можно резервированием интерфейсов для обмена между центральным УПАСК и мультиплексором доступа SDH/PDH на ПС А

На центральном УПАСК основные пути по ЦСПИ назначаются на один интерфейс, а резервные на другой

С использованием УПАСК ПКУС СР24 и преобразователей ПКУС СР24 Модуль ЭО1/2 ООО «Юнител Инжиниринг» на объектах российской электроэнергетики реализованы каналы передачи команд РЗ и ПА с числом радиальных соединений «точка-точка» до 6 как с бесшовным резервированием, так и без



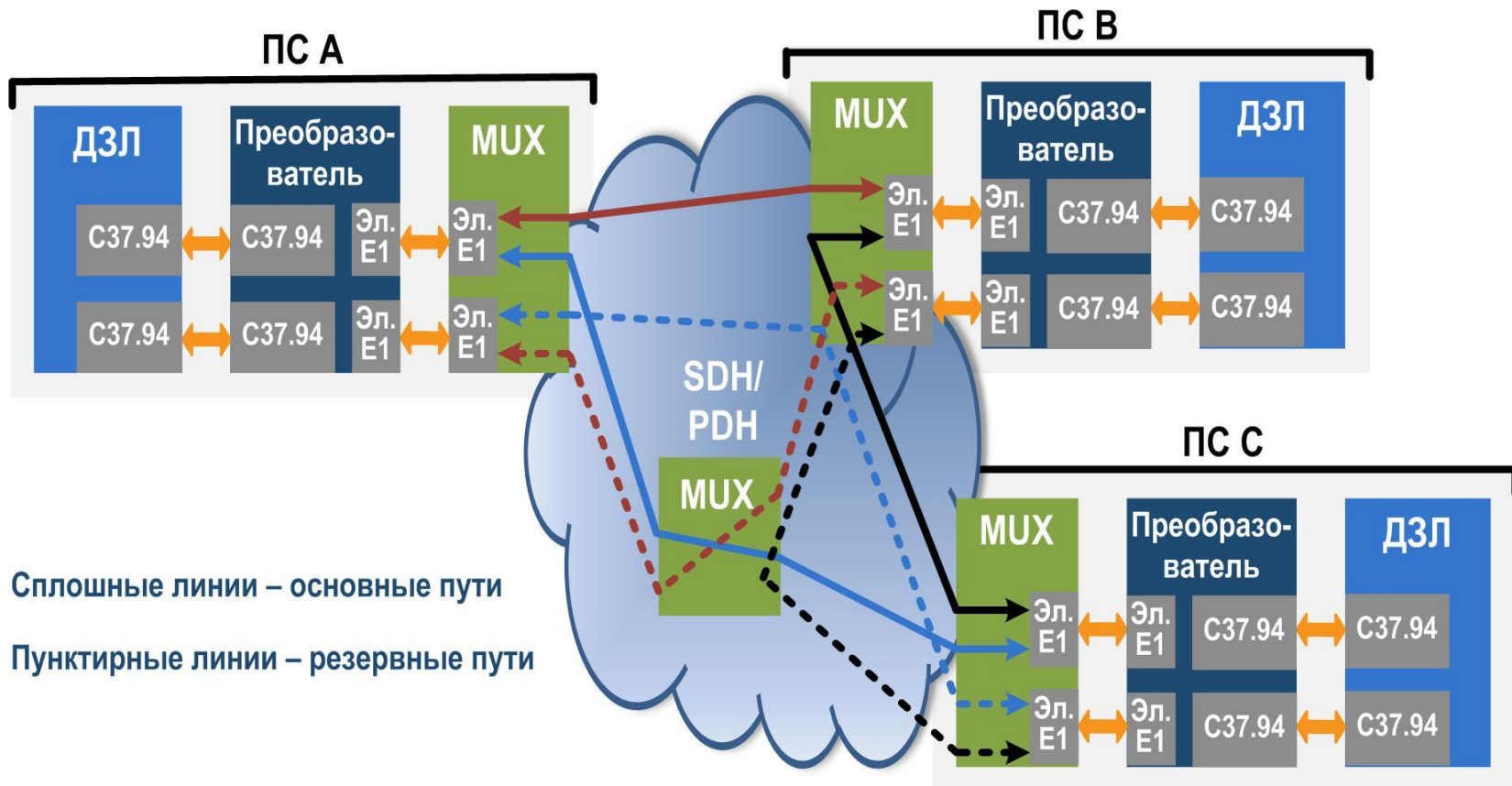
Для реализации **ДЗЛ** на **ЛЭП** с ответвлениями необходима передача данных о токах между всеми ее окончаниями → требуются цифровые каналы «точка - несколько точек», число соединений «точка - точка» в которых увеличивается с ростом числа ответвлений



Данные множественные радиальные соединения, **не реализуемые** при подключении к **встроенным в мультиплексоры доступа интерфейсам C37.94**, но **реализуемые** при использовании **преобразователей C37.94 / электрический E1** за счет кросс-коммутации тайм-слотов, обеспечивают

- минимальные задержки в каналах для **ДЗЛ** из-за прокладки по **сетям SDH/PDH** наиболее коротких путей и отсутствия переключений в промежуточных терминалах **ДЗЛ**

РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ПО СТАТИЧЕСКИМ ПУТЯМ В СЕТЯХ SDH/PDH ДЛЯ ДЗЛ НА ЛЭП С ОТВЕТВЛЕНИЯМИ



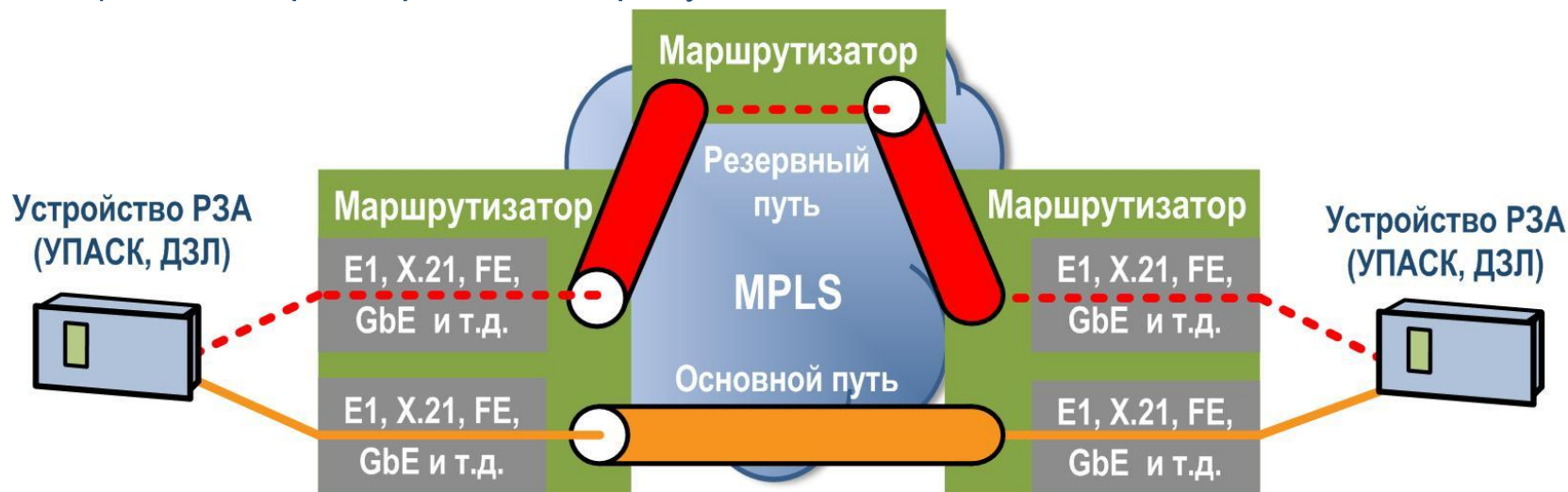
Обеспечивается резервирование как путей в сети SDH/PDH, так и интерфейсов между терминалами ДЗЛ и мультиплексорами

Работа данной схемы для ЛЭП с ответвлениями была проверена испытаниями с использованием преобразователей ПКУС СР24 Модуль ЭО1/2 ООО «Юнител Инжиниринг» и терминалов ДЗЛ TOP 300 ДЗЛ 522 ООО «ИЦ «Бреслер»

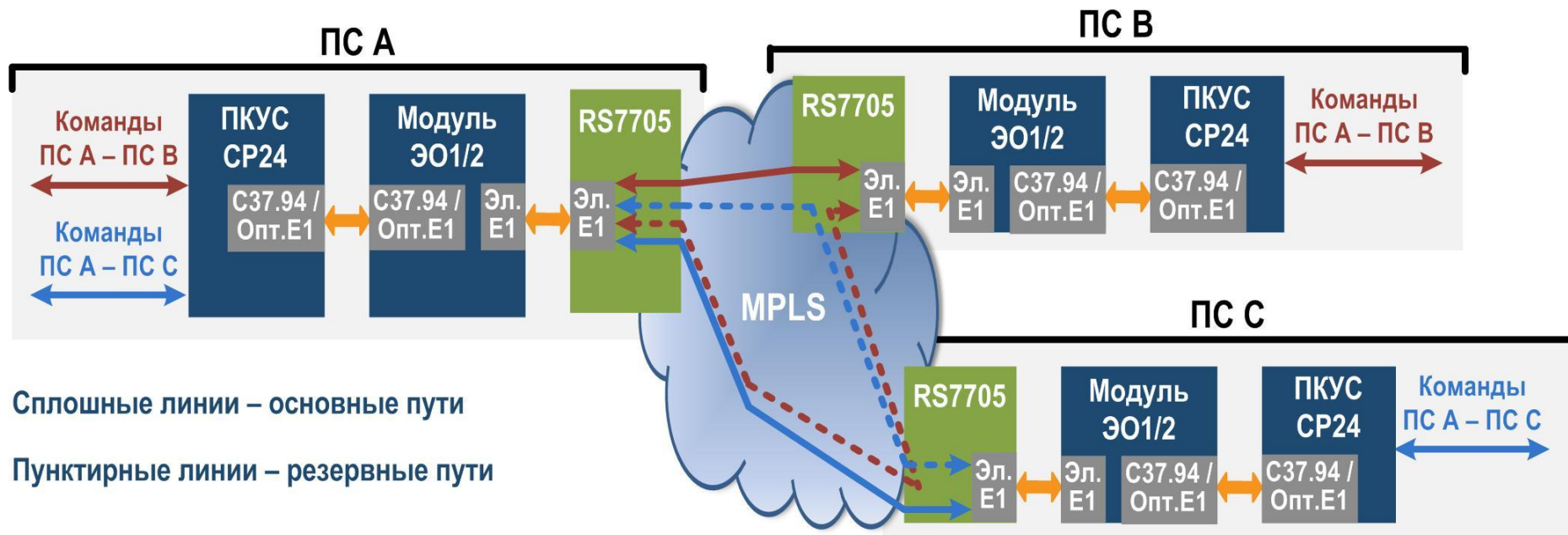
Решения на базе технологий пакетной коммутации, используемые у операторов связи и предлагаемые к внедрению в электроэнергетике, часто не учитывают следующее:

- требования по надежности каналов
- требования к задержке в каналах **РЗА**, ее стабильности и ее симметрии
- цикл реконструкции объектов в электроэнергетике значительно превышает время жизни устройств абонентов операторов связи, что приводит к необходимости поддержки традиционно используемых интерфейсов и протоколов в уже эксплуатируемых оборудовании и системах
- проблемы обеспечения информационной безопасности (**ИБ**)
- неопределенность границ применения различных технологий и протоколов пакетной коммутации при организации каналов технологической зоны
- отсутствие принципов построения каналов **РЗА** по сетям с пакетной коммутацией
- отсутствие методик испытаний каналов, использующих различные технологии и протоколы пакетной коммутации, как каналов технологической зоны
- неготовность энергопредприятий, в том числе служб **РЗА**, к эксплуатации решений на базе новых технологий (отсутствие подготовленного персонала, приборов и т.д.)

- Возможность обеспечения приближающейся к сетям **SDH/PDH** надежности каналов
- Кроме передачи **Ethernet** трафика маршрутизаторы **MPLS** поддерживают интерфейсы (**G.703.1**, **X.21**, **E1**, **RS-232**) и **ИКМ** (канал **64 кбит/с**) в низкочастотных каналах, что делает возможным их использование для уже эксплуатируемого оборудования с традиционными интерфейсами и протоколами
- Возможность организации основных и резервных каналов по статическим путям с потенциально гарантированной пропускной способностью

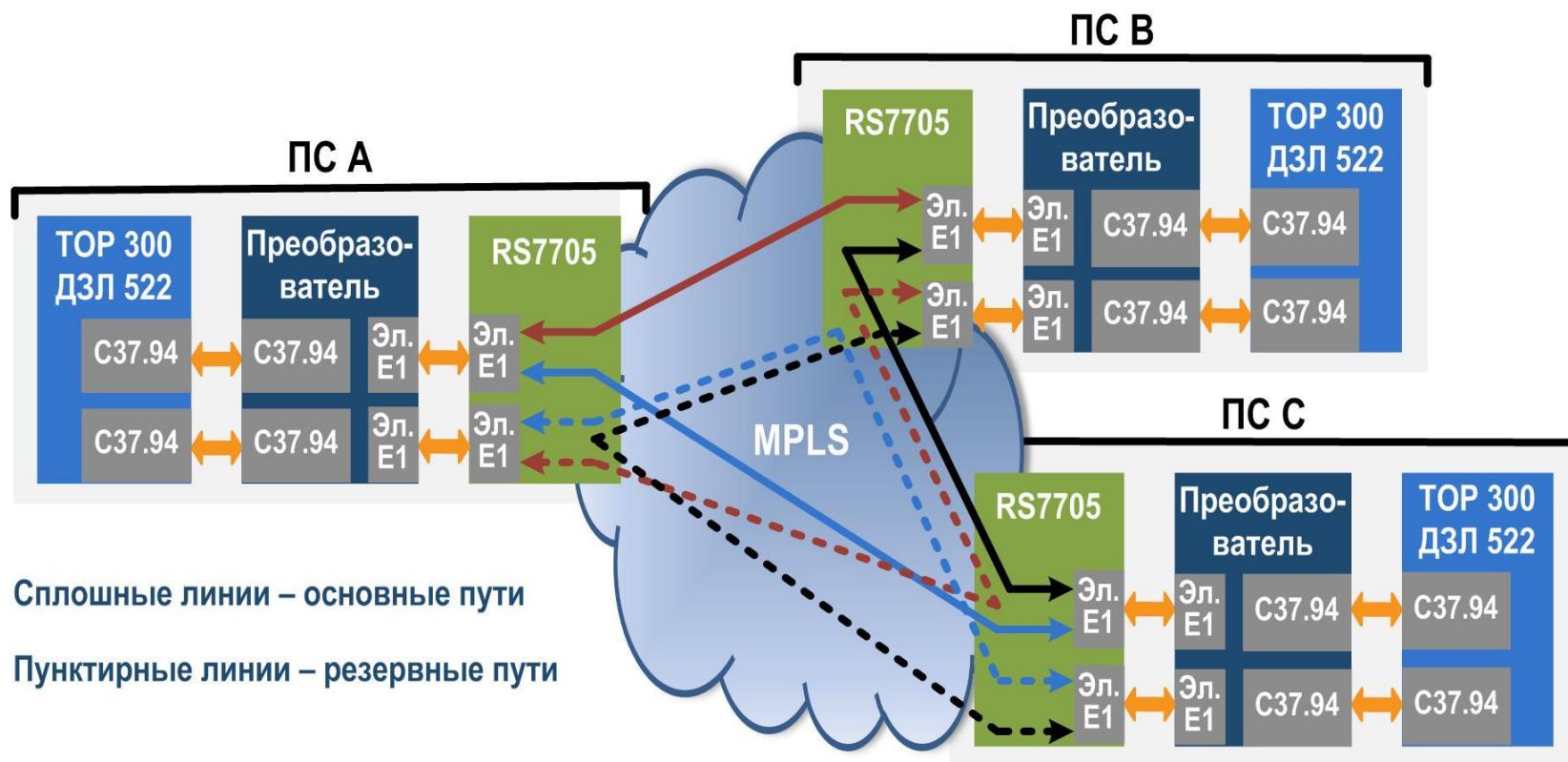


- В маршрутизаторах **MPLS** по встроенным интерфейсам **C37.94** реализованы соединения только «точка - точка» (та же проблема с каналами «точка - несколько точек»), что и в мультиплексорах доступа **SDH/PDH**)



Испытания **УПАСК ПКУС CP24**, преобразователей **ПКУС CP24 Модуль ЗО1/2 ООО «Юнител Инжиниринг»** и маршрутизаторов **RS7705 ЗАО «РКСС»** как при штормовой нагрузке в сети **MPLS**, так и без нее, показали

- стабильную работу основного и резервного каналов с удовлетворяющей требованиям к передаче команд **РЗ** и **ПА** задержкой
- обеспечение бесшовного резервирования при прерывании одного из путей в сети **MPLS** (отсутствие прерываний на выходе приемника **ПКУС CP24** постоянно передаваемых передатчиком команд **РЗ** и **ПА**)



Испытания терминалов **ДЗЛ TOP 300 ДЗЛ 522 000 «ИЦ «Бреслер»**, преобразователей **ПКУС СР24 Модуль ЭО1/2 000 «Юнител Инжиниринг»** и маршрутизаторов **RS7705 ЗАО «РКСС»** как при штормовой нагрузке в сети **MPLS**, так и без нее, показали

- стабильную работу основного и резервного каналов с удовлетворяющей требованиям **ДЗЛ** задержкой и ее симметрией в разных направлениях канала
- при прерывании одного пути в сети **MPLS** работа **ДЗЛ** продолжалась по другому

- Для систем **РЗ** и **ПА** часто требуется реализация цифровых каналов не только «точка - точка», но и «точка - несколько точек»
- Актуальна реализация каналов для **РЗА** по существующим сетям **SDH/PDH**
- Экономически и технически эффективным решением является реализация каналов «точка - несколько точек» с множественными радиальными соединениями «точка - точка», что позволяет обеспечить минимальные задержки за счет отсутствия переключений в устройствах **РЗА** и повысить надежность
- Встроенные в мультиплексоры доступа **SDH/PDH** стандартные интерфейсы **C37.94** между оборудованием **РЗА** и **ЦСПИ** не поддерживают организацию каналов «точка - несколько точек» с радиальными соединениями «точка - точка»
- Использование преобразователей интерфейсов **C37.94 / электрический E1** позволяет организовывать каналы «точка - несколько точек» по сетям **SDH/PDH** (в том числе и с бесшовным резервированием) как для **УПАСК**, так и для **ДЗЛ**, что подтверждено испытаниями и уже реализованными проектами
- Испытания подтвердили возможность организации по перспективным сетям **MPLS** каналов «точка - несколько точек» с радиальными соединениями «точка - точка» как для **УПАСК**, так и для **ДЗЛ** с требуемыми параметрами и резервированием

В НАШЕМ ЛИЦЕ ВЫ НАЙДЕТЕ НАДЕЖНОГО
ПАРТНЕРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ВАШИХ ЗАДАЧ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Офис:

111024, Москва, ул. 2-ая Кабельная д.2 стр.1,
Территория завода МКМ
Телефон: +7 (495) 651-99-98
E-mail: info@uni-eng.ru

Производство:

111024, Москва, ул. 2-ая Кабельная д.2 стр.1,
Территория завода МКМ
Телефон: +7 (495) 651-99-98
E-mail: info@uni-eng.ru