



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ 2017

Каналы «точка-многоточка» для систем релейной защиты и автоматики по цифровым сетям

В.А. Харламов, С.Е. Романов, А.Х. Хасанов

25-28 АПРЕЛЯ 2017 Г., САНКТ-ПЕТЕРБУРГ / КВЦ «ЭКСПОФОРУМ»

ООО «Юнител Инжиниринг»

www.uni-eng.ru

ЦИФРОВЫЕ КАНАЛЫ ПО ВОЛС МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В СИСТЕМАХ РЗ И ПА (1)

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 могут иметь ответвления → для систем РЗ требуются цифровые каналы не только «точка - точка», но и «точка - многоточка»

Системы ПА

- каналы 64 кбит/с и выше для передачи команд ПА 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 - многоточка»

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**
- при необходимости резервирования цифровых каналов часто сложно найти две географически разнесенные трассы **ВОК** допустимой длины даже для коротких **ЛЭП**

Как следствие, каналы для **РЗА** организуются по синхронным интерфейсам G.703.1, X.21, E1 и C37.94 сетей SDH/PDH

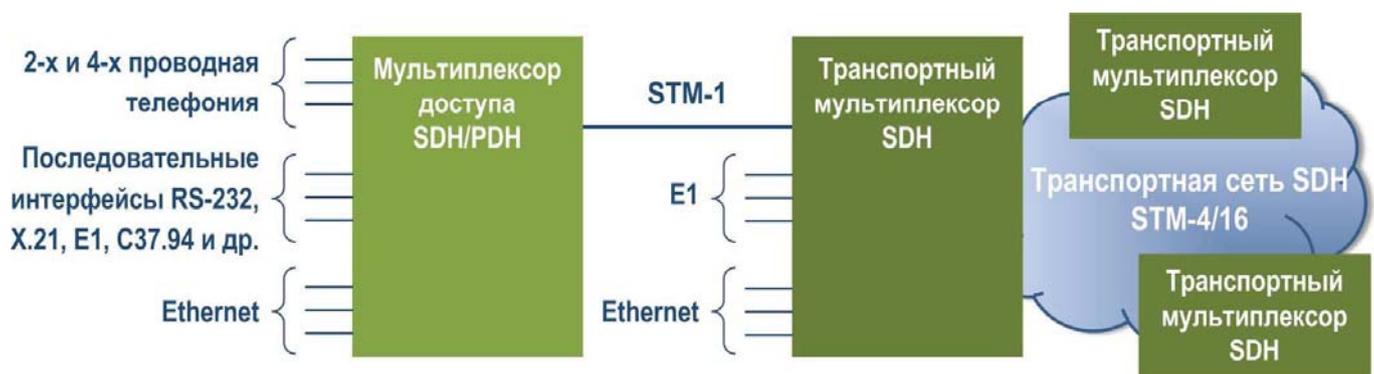
Использование Ethernet в качестве каналов для **РЗА** – крайне неэффективное использование доступной полосы сетей SDH/PDH

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

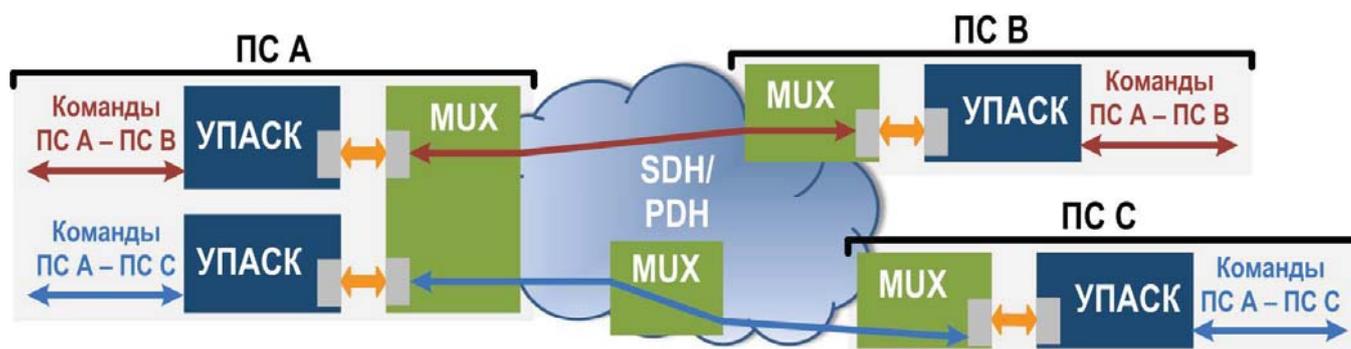
Цифровые сети предоставляют новые возможности для передачи команд **РЗ** и **ПА** по сравнению с традиционно используемыми **ВЧ** каналами



СЕТИ SDH/PDH В ЕДИНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ СВЯЗИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ (ЕТССЭ) РОССИИ



- С использованием **транспортных мультиплексоров SDH** по **ОВ** организуется транспортная сеть **STM-4/16** (622 Мбит/с / 2.5 Гбит/с), к которой по **STM-1** (155 Мбит/с) подключаются **мультиплексоры доступа SDH/PDH**
- При отсутствии необходимости в высокой скорости передачи данных сегменты сети строятся на уровне **STM-1** с использованием только **мультиплексоров доступа SDH/PDH**
- Интерфейсы пользователя **транспортных мультиплексоров**: **STM-1, E1 и Ethernet**
- Интерфейсы пользователя **мультиплексоров доступа**: **2-х и 4-х проводные телефонные окончания, E1, Ethernet, RS-232, C37.94, X.21 и т.д.**



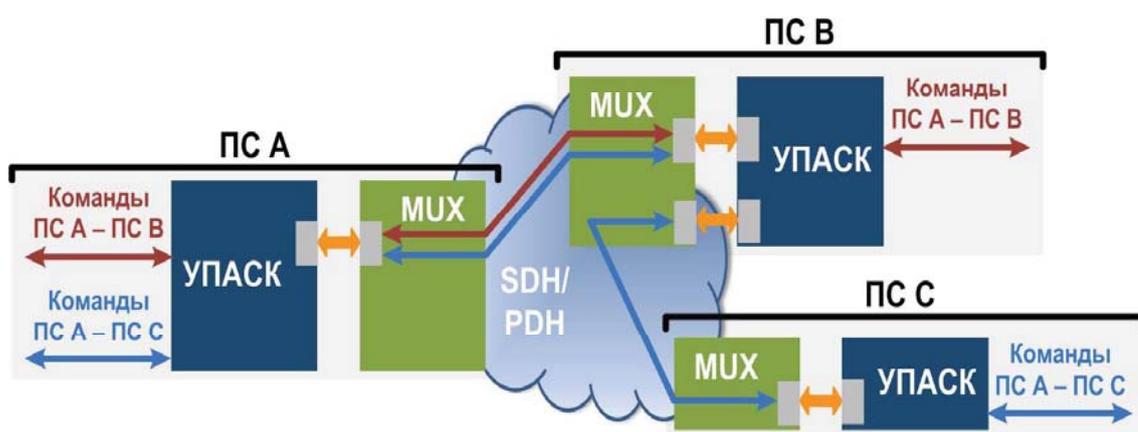
Для передачи команд по **ЦСПИ** между одним объектом и несколькими обеспечивается

- минимальное время передачи команд
- 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)

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ КОМАНД РЗ И ПА «ТОЧКА - ТОЧКА» ПО СЕТЯМ SDH/PDH С ПЕРЕПРИЕМАМИ



Переприем команд может быть реализован

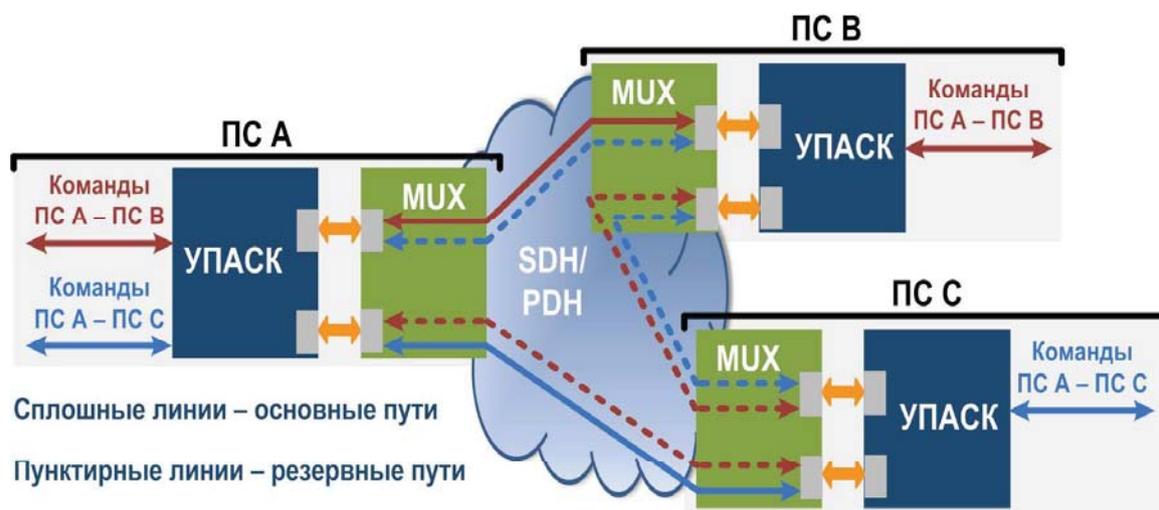
- по дискретным входам и выходам **УПАСК**
- в самом **УПАСК**

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

Недостатки:

- увеличение времени передачи команд из-за переприемов в промежуточных **УПАСК**
- низкая надежность, т.к. отказ одного промежуточного **УПАСК**, или мультиплексора, или связи между **УПАСК** и мультиплексором, или линии между мультиплексорами прервет передачу команд на все находящиеся за ним в цепочке объекты

Требуется использования кольцевых схем для увеличения надежности



Одиночный отказ в кольце промежуточного УПАСК, или мультиплексора, или связи между УПАСК и мультиплексором, или линии между мультиплексорами → передача команд по оставшемуся работоспособном пути

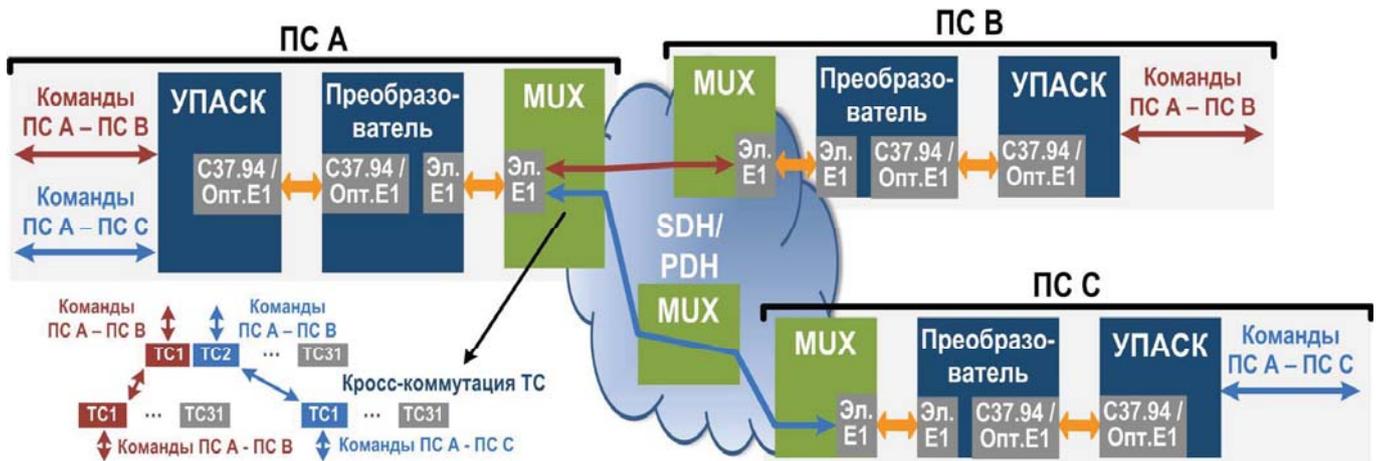
Двойной отказ в кольце → невозможность передачи команд на ряд объектов

Для повышения надежности требуется реализация каналов «точка - многоточка» с множественными радиальными соединениями «точка - точка» по ЦСПИ (без переключений в промежуточных УПАСК)

СРАВНЕНИЕ С37.94 И Е1

С37.94		Электрический Е1	
-	Передача данных: N x 64 кбит/с (N = 1...12)	+	Передача данных: N x 64 кбит/с (N = 1...31)
-	Наличие только в мультиплексорах доступа SDH/PDH (например, РСМ30U-ОСН, FOX515, FOX615), причем не всех типов	+	Наличие как во всех мультиплексорах доступа SDH/PDH, так и во всех транспортных мультиплексорах SDH
-	У интерфейсов С37.94 в мультиплексорах доступа разных производителей нет гарантии совместимости на канальном уровне	+	Е1 совместимы на канальном уровне, как в мультиплексорах доступа, так и транспортных мультиплексорах разных производителей
-	Не принят в России как национальный или отраслевой стандарт → средства измерения не распространены ни в энергопредприятиях, ни в наладочных организациях	+	Стандартизирован в России, широко распространен → распространены и доступны средства измерений, и их можно поверить
-	Отсутствие кросс-коммутации каналов 64 кбит/с (тайм-слотов, ТС) в мультиплексорах доступа не позволяет реализовывать каналы «точка-многоточка»	+	Возможность кросс-коммутации ТС в мультиплексорах доступа позволяет реализовывать каналы «точка-многоточка»
+	Подключение по оптическим волокнам	-	Подключение по электрическим кабелям

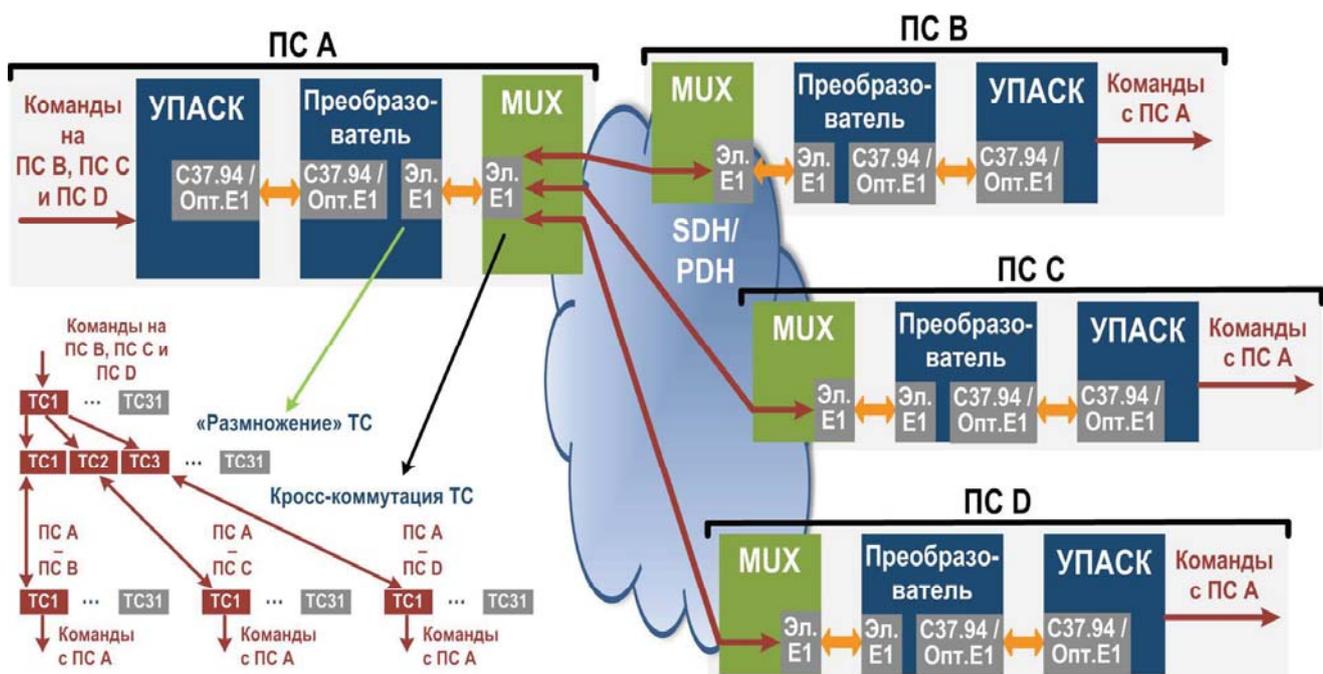
Недостатки интерфейса С37.94 можно нивелировать использованием преобразователей интерфейсов С37.94 / электрический Е1



Данные радиальные соединения, не возможные при подключении к встроенным в мультиплексоры доступа интерфейсам C37.94, реализуются при использовании преобразователей C37.94 или оптический E1 / электрический E1 с помощью кросс-коммутации ТС и 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 узлового на PS A), или связи между ними не прервет передачу команд на другие объекты

СИМПЛЕКСНАЯ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА КОМАНД РЗ И ПА ПО ЦСПИ



Кросс-коммутация в мультиплексорах доступа не позволяет передавать данные из одного ТС в несколько направлений

«Размножение» в преобразователе передаваемых данных из одного ТС в несколько позволяет обеспечить передачу одних и тех же команд на несколько объектов



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)

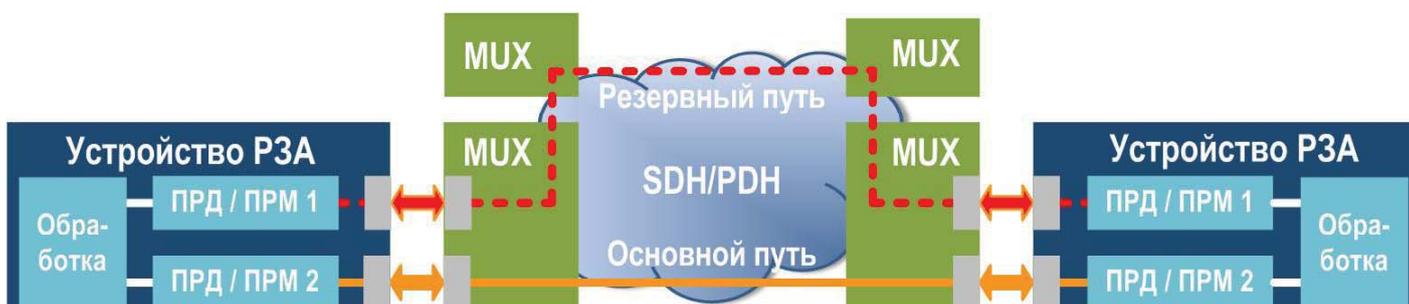
Данные прерывания каналов в ЦСПИ незначительно повлияют на общий коэффициент готовности канала, но отказы линий связи могут быть коррелированы с аварийными ситуациями в энергосистемах, когда требуется работа систем РЗА → на 50 мс может быть увеличено время срабатывания систем РЗА

При отказах основного пути может возникнуть ситуация, когда в одном направлении канал переключится на резервный несколько раньше, чем в другом → на некоторое время в канале для РЗА возникнет асимметрия задержки, что несущественно для УПАСК, но крайне существенно для ДЗЛ, т.к. асимметрия – источник погрешности вычисления дифференциального тока → возможна ложная работа ДЗЛ

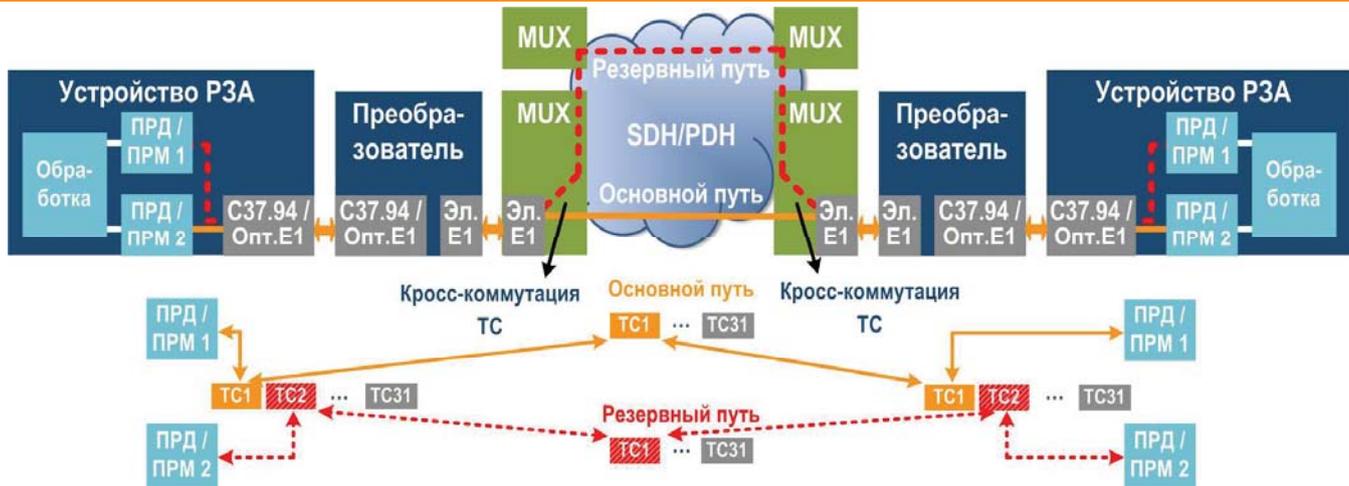
РЕЗЕРВИРОВАНИЕ ПО СТАТИЧЕСКИМ ОСНОВНОМУ И РЕЗЕРВНОМУ ПУТЯМ В СЕТЯХ SDH/PDH ДЛЯ УСТРОЙСТВ РЗА

Два варианта резервирования, исключая влияние переключений каналов в сети SDH/PDH на работу устройств РЗА

- устройство РЗА само анализирует наличие канала и в случае его отказа переключается на резервный (УПАСК за время в несколько миллисекунд, что гораздо меньше, чем обеспечивают собственные механизмы резервирования ЦСПИ)
- в устройствах РЗА данные параллельно передаются и принимаются двумя приемопередатчиками через два цифровых интерфейса по двум путям, и при потере одного из путей работающий по нему приемник будет блокирован, но работа будет непрерывно осуществляться по оставшемуся работоспособному пути



Самим устройством РЗА обеспечивается бесшовное резервирование каналов с нулевым временем переключения

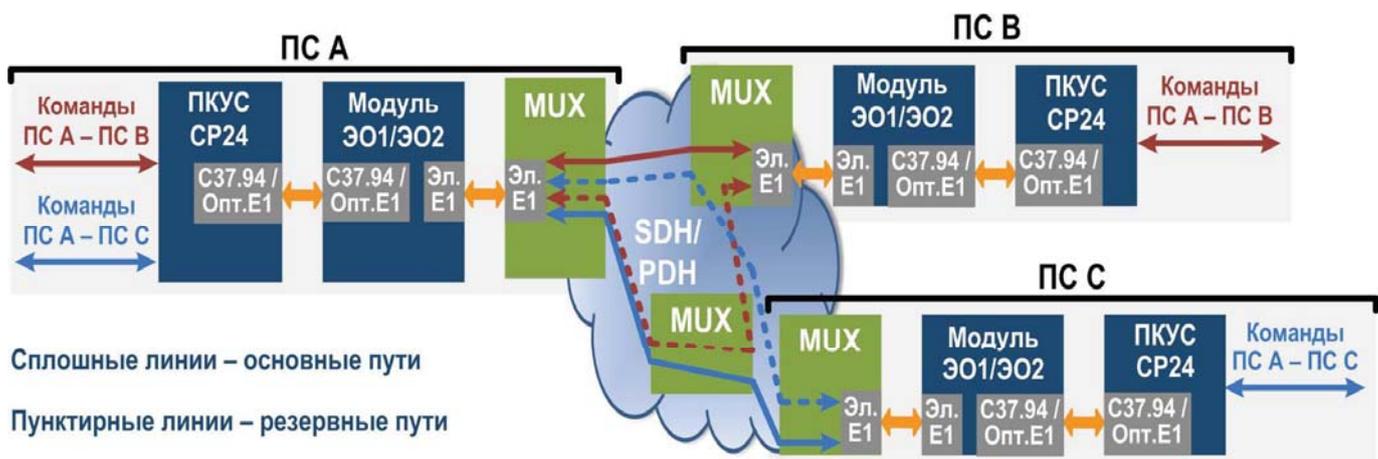


Вход каждой команды подключен к двум передатчикам, а выходы приемников каждой команды соединены параллельно

Приемопередатчики назначаются в устройстве РЗА на разные ТС в кадре интерфейса С37.94 (или оптического E1), который преобразуется далее в электрический E1, а в мультиплексоре доступа SDH/PDH данные ТС разделяются и направляются по статическим основному и резервному путям

Стоимость решения та же, что при отсутствии резервирования или резервировании собственными механизмами ЦСПИ

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



Сплошные линии – основные пути

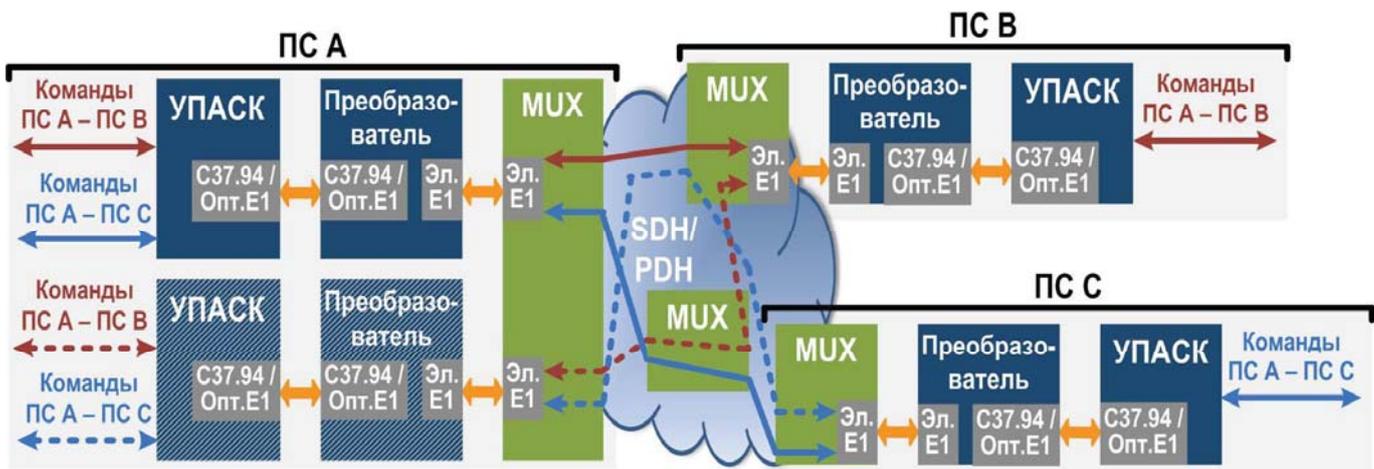
Пунктирные линии – резервные пути

Для повышения надежности реализуется бесшовное резервирование каждого из соединений «точка-точка» по статическим основному и резервному путям

Таким же образом можно обеспечить бесшовное резервирование для широковещательной симплексной передачи команд

Стоимость решения та же, что при отсутствии резервирования или резервировании собственными механизмами ЦСПИ

Недостаток - отказ обмена между узлом УПАСК и мультиплексором доступа SDH/PDH на PS A полностью прервет передачу команд РЗ и ПА



Сплошные линии – основные пути Пунктирные линии – резервные пути

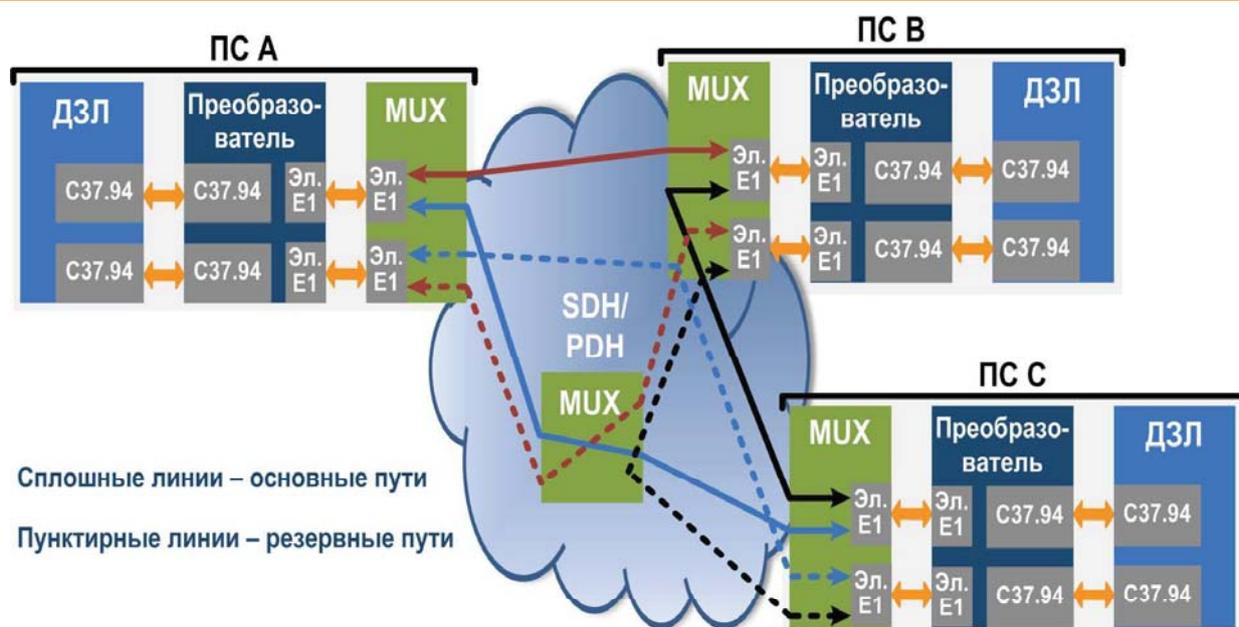
Повысить надежность можно установкой второго **УПАСК** на узловой **ПС А**

При этом на **ПС А** основные каналы организуются через первый **УПАСК**, а резервные – через второй **УПАСК**

При наличии второго мультиплексора на узлом объекте подключение к нему второго **УПАСК** позволяет увеличить надежность схемы

Приведенные технические решения по организации каналов «точка - многоточка» для передачи команд и их различные комбинации реализованы энергопредприятиях

КАНАЛЫ «ТОЧКА - МНОГОТОЧКА» ПО СЕТЯМ SDH/PDH ДЛЯ ДЗЛ НА ЛИНИЯХ С ОТВЕТВЛЕНИЯМИ



Сплошные линии – основные пути
Пунктирные линии – резервные пути

Так же как и при передаче команд «точка - многоточка» используется кросс-коммутация **ТС** для организации множественных радиальных соединений «точка - точка» для основного и резервного каналов

Лабораторные испытания данного решения с терминалами **ДЗЛ** подтвердили его работоспособность

- Возможность обеспечения приближающейся к сетям SDH/PDH надежности каналов
- Кроме передачи Ethernet трафика ряд маршрутизаторов MPLS поддерживают синхронные интерфейсы G.703.1, X.21, E1 и C37.94, что делает возможным их использование как каналов для уже эксплуатируемого оборудования РЗА
- 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 - многоточка», что и в мультиплексорах доступа SDH/PDH)

КАНАЛЫ «ТОЧКА – МНОГОТОЧКА ПО СЕТЯМ MPLS

- Проведенные лабораторные испытания с УПАСК и терминалами ДЗЛ показали возможность реализации всех приведенных ранее технических решений для сетей SDH/PDH по построению каналов «точка - многоточка» с использованием преобразователей интерфейсов C37.94 / электрический E1 по сетям MPLS



- По сути дела, на всех приведенных ранее рисунках можно вместо «SDH/PDH» на обозначении сети написать «MPLS» и обозначить мультиплексоры доступа SDH/PDH как маршрутизаторы MPLS
- При реализации высоконадежных синхронных каналов требуемая скорость передачи в сети MPLS многократно превышает скорость, с которой работают устройства РЗА
- Более остро чем в сетях SDH/PDH стоит крайне важный вопрос об обеспечении информационной безопасности

- В системах **РЗА** требуется реализация каналов по схемам не только «точка - точка», но и «точка - многоточка»
- По существующим сетям **SDH/PDH** экономически и технически эффективным решением является реализация каналов «точка - многоточка» с множественными радиальными соединениями «точка - точка», что позволяет обеспечить высокую надежность и минимальные задержки
- Интерфейсы **C37.94 мультиплексоров доступа** не поддерживают организацию каналов «точка - многоточка» с радиальными соединениями «точка - точка»
- Использование **преобразователей интерфейсов C37.94 или оптический E1 / электрический E1** позволяет организовывать каналы «точка - многоточка» по сетям **SDH/PDH** как для **УПАСК**, так и **ДЗЛ** (в том числе и с бесшовным резервированием)
- Испытания подтвердили возможность организации по сетям **MPLS** каналов как для **УПАСК**, так и **ДЗЛ** «точка - многоточка» с радиальными соединениями «точка - точка» с требуемыми параметрами, но при их внедрении требуется уделять большее чем в сетях **SDH/PDH** внимание крайне важному вопросу обеспечения **информационной безопасности**

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