



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФОРУМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ РОССИИ 2015



КРУГЛЫЙ СТОЛ

**ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА СЕТЕЙ СВЯЗИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ В
ЭНЕРГЕТИКЕ (ПОД ЭГИДОЙ РНК СИГРЭ)**

Вопросы реализации каналов для РЗА по цифровым сетям

3 декабря 2015 г., Москва, ВВЦ, павильон №75

Цифровые каналы в системах **РЗА** для устройств передачи аварийных сигналов и команд (**УПАСК**) в комплектах ступенчатых защит (**КСЗ**) и системах противоаварийной автоматики (**ПА**) и для продольных дифференциальных токовых защит линий (**ДЗЛ**)

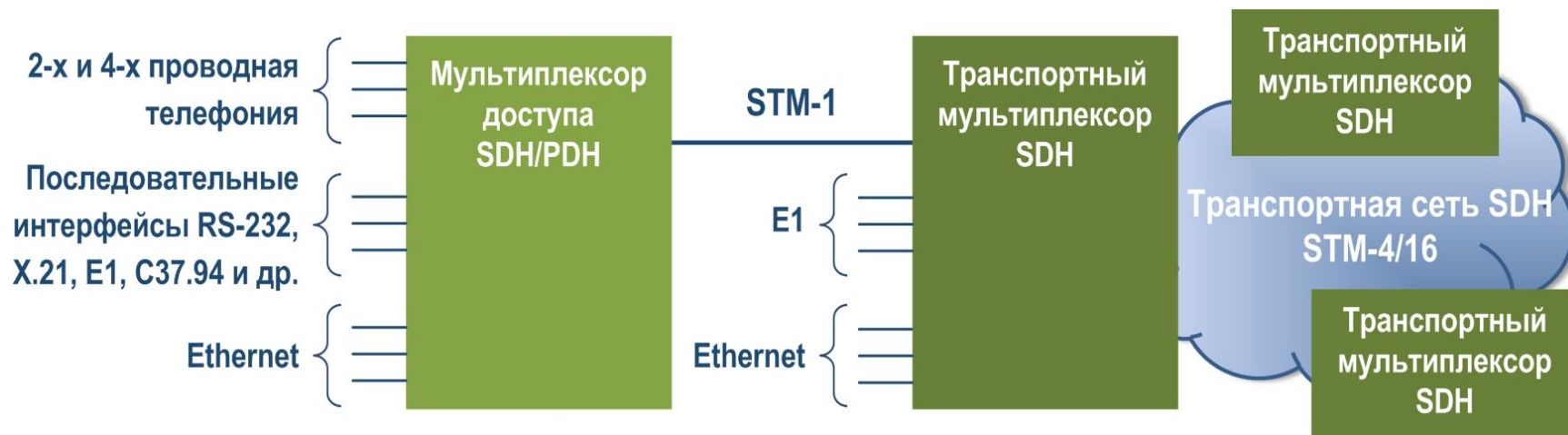
- Выделенные оптические волокна (**ОВ**) в волоконно-оптических кабелях (**ВОК**)
- Цифровые системы передачи информации (**ЦСПИ**) с подключением устройств **РЗА** по синхронным интерфейсам G.703.1, X.21, E1 и S37.94 (каналы 64 кбит/с и выше)

При реализации за разумные деньги сложность использования только выделенных **ОВ**, что с технической точки зрения наиболее предпочтительное решение из-за его относительной простоты и надежности

- Ограничения на допустимую протяженность **ОВ** без переприемов
- Лимитированное число **ОВ** в **ВОК**
- При необходимости резервирования часто сложно найти две географически разнесенные трассы **ВОК** допустимой длины

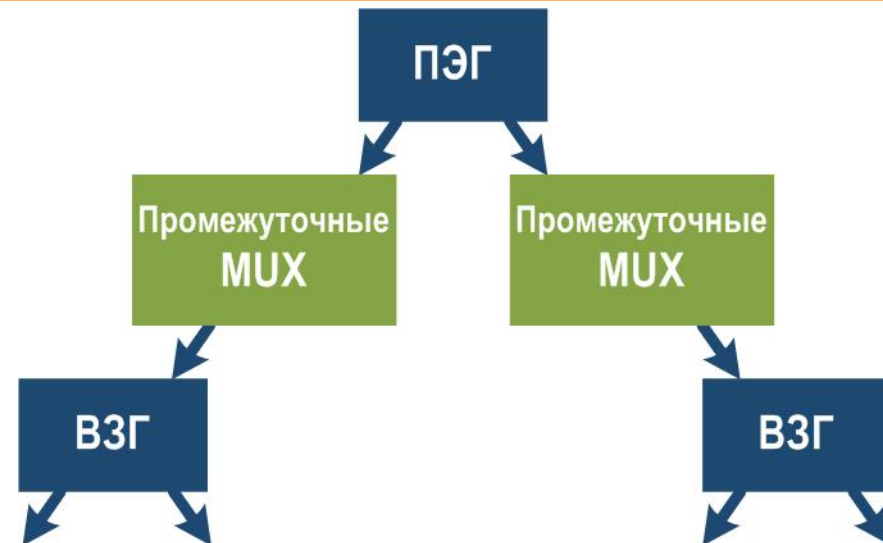
Цифровые каналы для **РЗА** по сетям SDH/PDH имеют свои специфические особенности





- 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.

Отсутствие качественной синхронизации → частое появление проскальзываний (слипов, от англ. slip) из-за различия тактовых частот в мультиплексорах (исключение или повторение в потоке цифровых данных одного или нескольких бит) → возникновение ошибок в цифровом канале

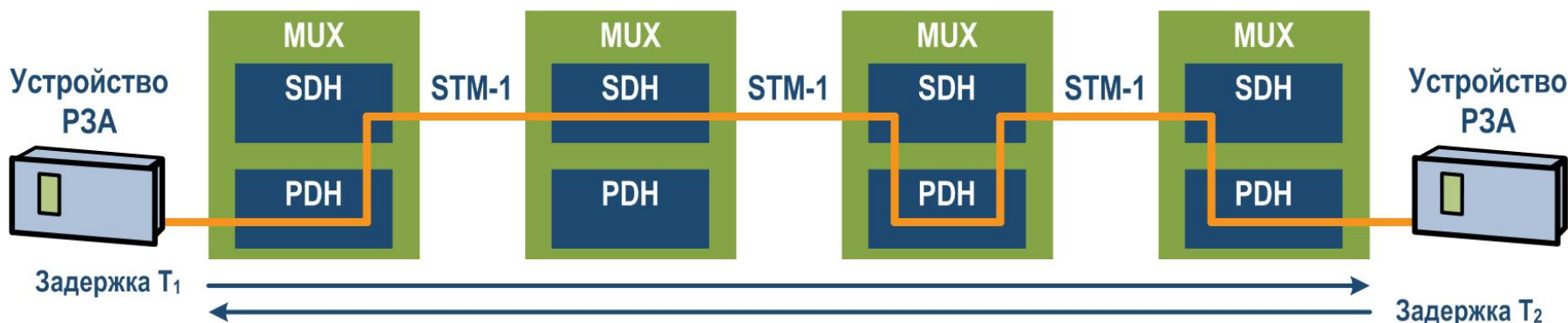


По положению ПАО «Россети» о технической политике (протокол № 138 от 23.10.2013) применительно к ЕТССЭ

- Принципы построения сети ТСС изложены в «Руководящем техническом материале по построению тактовой сетевой синхронизации на цифровой сети связи Российской Федерации. Решение ГКЭС России от 01.11.1995 г. № 133»
- Должна быть создана сеть ТСС со своими первичными эталонными генераторами (ПЭГ) и ведомыми задающими генераторами (ВЗГ)
- Сеть ТСС должна работать с базовой сетью ТСС ПАО «Ростелеком» в псевдосинхронном режиме и вместе с ней составлять систему ТСС ЕТССЭ

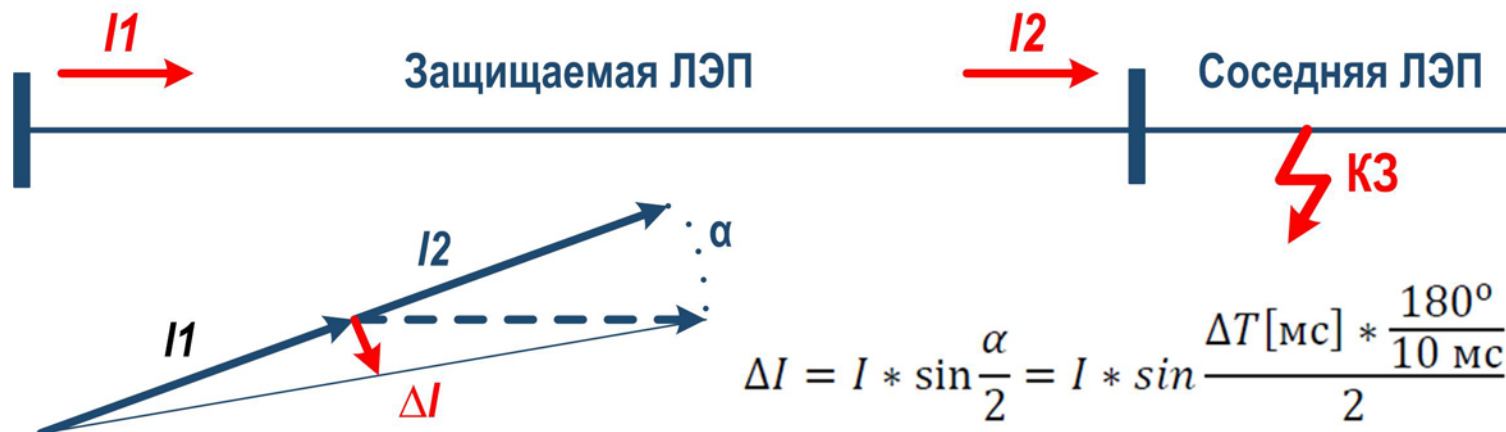
Режим	Проскальзывания	Комментарий
Синхронный	В идеале нет	Обеспечивается в пределах одного региона синхронизации (один ПЭГ)
Псевдосинхронный (точность установки частоты 10^{-11})	Не более одного за 70 суток	Два или более генераторов в сети с точностью установки частоты не хуже 10^{-11} , например, синхронизация от разных регионов синхронизации ПАО «Ростелеком»
Плезиохронный (точность установки частоты 10^{-9})	Не более одного за 17 часов	Отказ как основного, так и всех резервных путей синхронизации мультиплексора (работа в данном режиме не должна превышать одних суток в течение года)
Асинхронный (точность установки частоты 10^{-5})	Не более одного за 7 секунд	Данный режим неприемлем для ЕТССЭ (возникает при ошибках в конфигурации оборудования ЦСПИ или его отказе)

В **УПАСК** семейства оборудования **ПКУ** производства **ООО «Юнител Инжиниринг»** одиночное проскальзывание может увеличить время передачи команд **РЗ** и **ПА** на величину до 0.25...2 мс в зависимости от конфигурации канала



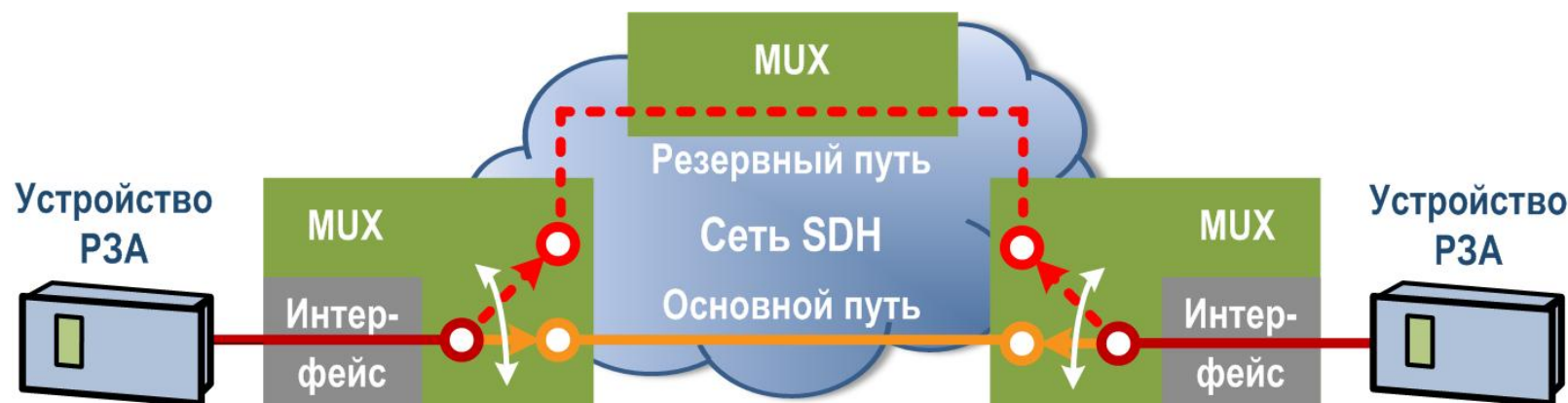
- Задержка зависит не только от числа промежуточных мультиплексоров в канале для **РЗА**, их типа, но и от способа выполнения переприема в них (практический опыт **ООО «Юнител Инжиниринг»** – более 10 мультиплексоров в канале для **ДЗЛ**)
- Задержка в канале уменьшает быстродействие **ДЗЛ** и увеличивает время передачи команд **РЗ** и **ПА** в **УПАСК** (уменьшает быстродействие **КСЗ** с передачей сигналов телеускорения (**ТУ**) и телеотключения (**ТО**) и систем **ПА**)
- Наличие буферов для синхронизации в мультиплексорах – основная причина появления асимметрии задержки в цифровом канале $\Delta T = |T_1 - T_2| \neq 0$
- Асимметрия задержки не существенна для **УПАСК** (небольшая разница времени передачи команд **РЗ** и **ПА** в разных направлениях канала)

- В **ДЗЛ** асимметрия задержки в цифровом канале приводит к погрешности ее измерения методом «эхо-сигнала» и соответственно погрешности вычисления дифференциального тока

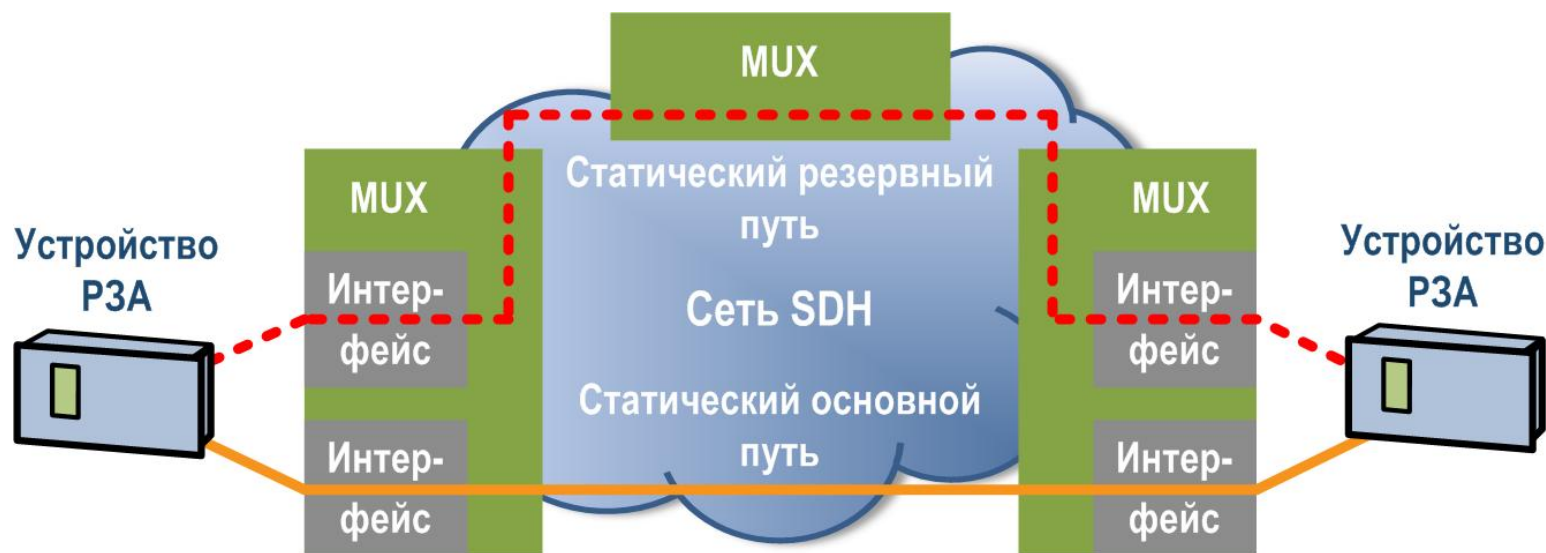


- При наличии существенной асимметрии задержки возможно ложное отключение защищаемой **ЛЭП** при внешнем **КЗ** (асимметрия 1.2 мс → погрешность вычисления дифф. тока 19 %, что сопоставимо с порогом срабатывания **ДЗЛ**)
- По данным производителей терминалов **ДЗЛ** допустимая величина асимметрии – 250...300 мкс (погрешность вычисления дифф. тока не более 5 %), иначе требуется синхронизация от **ГЛОНАСС/GPS** или загроуление чувствительности **ДЗЛ**
- Производители оборудования **ЦСПИ** не приводят данные о асимметрии задержки → требуются измерения в лабораторных условиях

Резервирование путей – один из способов повышения надежности каналов в ЦСПИ



- При отказе линии связи в сети SDH/PDH в зависимости от ее масштаба и топологии механизмами резервирования обеспечивается переключение каналов на резервные пути за время до 50 мс
- 50 мс – незначительное влияние на коэффициент готовности канала, но отказы линий связи могут быть коррелированы с аварийными ситуациями в энергосистемах, и это необходимо учитывать при реализации систем **РЗА**
- При переключениях изменяется не только задержка в канале (важно как для **УПАСК**, так и **ДЗЛ**), но и ее асимметрия (важно только для **ДЗЛ**)



Два варианта резервирования работы устройств **РЗА** по статическим путям

- Устройства **РЗА** работают по основному каналу и при его отказе за время меньше, чем при резервировании механизмами сетей SDH/PDH, переключаются на другой
- Устройства **РЗА** параллельно передают и принимают данные по обоим каналам, а при отказе одного из них работа устройства **РЗА** непрерывно продолжается по другому (реализовано в **УПАСК** семейства оборудования **ПКУ** производства **ООО «Юнител Инжиниринг»**, что исключает увеличение времени передачи команд и обеспечивает отсутствие прерываний постоянно передаваемых команд на выходах приемника при переключениях в сети)

- Скорость передачи данных – 64 кбит/с

Сигнал	Источник	Подключение
Передача данных (Tx)	Оборудование РЗА	Симметричная пара
Прием данных (Rx)	ЦСПИ	Симметричная пара

- Специальный трехуровневый код → канал работает, если перепутать местами провода в симметричной паре
- Нет гарантии совместимости интерфейсов G.703.1 на канальном уровне в **мультиплексорах доступа SDH/PDH** разных производителей (схема мультиплексирования G.703.1 не стандартизирована)
- Отсутствуют в **транспортных мультиплексорах SDH**
- Для подключения устройств **РЗА** по **ОВ** необходим преобразователь
- Есть особенности реализации, например, в FOX515 / UMUX1500 компаний ABB / KEYMILE при переходе управления с основного процессорного модуля COBUX на резервный происходит прерывание каналов G.703.1 на модулях GECOD на время до нескольких секунд, а в случае отказа обоих процессорных модулей COBUX – полная потеря канала (каналы E1 на модулях LOMIF остаются в работе в обоих случаях)

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

Сигнал	Источник	Подключение
Передача данных (Т)	Оборудование РЗА	Симметричная пара
Управление (С)	Оборудование РЗА	Симметричная пара
Прием данных (R)	ЦСПИ	Симметричная пара
Индикация (I)	ЦСПИ	Симметричная пара
Синхронизация (S)	ЦСПИ	Симметричная пара
Общий (G_a)		Провод
Защитное заземление (G)		Экран кабеля

- Двухуровневый код NRZ → если перепутать местами провода в симметричной паре сигналов Т, С, R и I, то канал не работает; если перепутать местами в сигнале S, то канал может не работать, работать устойчиво или работать со сбоями
- Нет гарантии совместимости на канальном уровне в **мультиплексорах доступа SDH/PDH** разных производителей, отсутствуют в **транспортных мультиплексорах SDH**
- Для подключения устройств **РЗА** по **ОВ** необходим преобразователь

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

Сигнал	Источник	Подключение
Передача данных (Tx)	Оборудование РЗА	Симметричная пара
Прием данных (Rx)	ЦСПИ	Симметричная пара

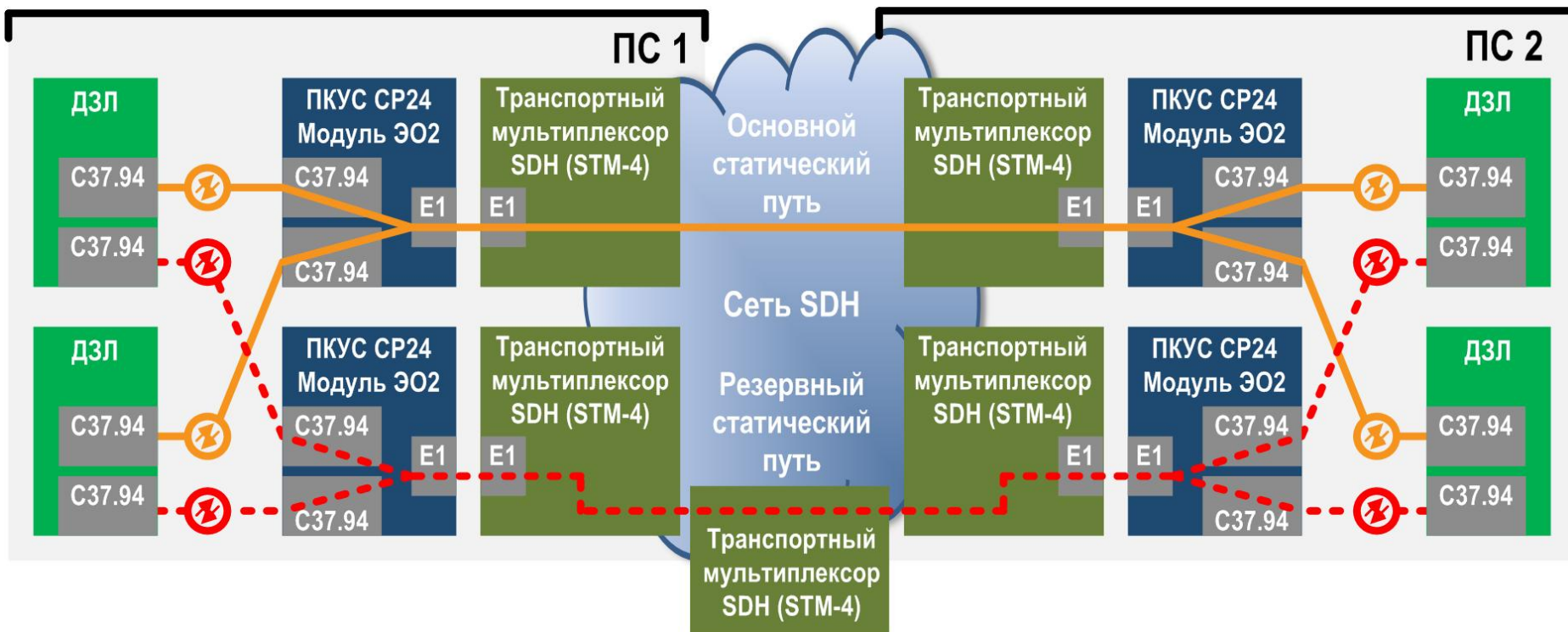
- Трехуровневый код **HDB3** → канал работает, если перепутать местами провода в симметричной паре
- Не только присутствует, но и совместим на канальном уровне как в **мультиплексорах доступа SDH/PDH**, так и в **транспортных мультиплексорах SDH** разных производителей (схема мультиплексирования E1 стандартизирована)
- Широко распространен → широко распространены и доступны средства измерений
- Подключение устройств **РЗА** к одному интерфейсу E1 **мультиплексоров доступа SDH/PDH** позволяет передавать данные в нескольких направлениях (с одного объекта на несколько и обратно), т.е. позволяют организовывать каналы для систем **РЗА** не только «точка – точка», но и «точка – несколько точек»
- Для подключения устройств **РЗА** по **ОВ** необходим преобразователь

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

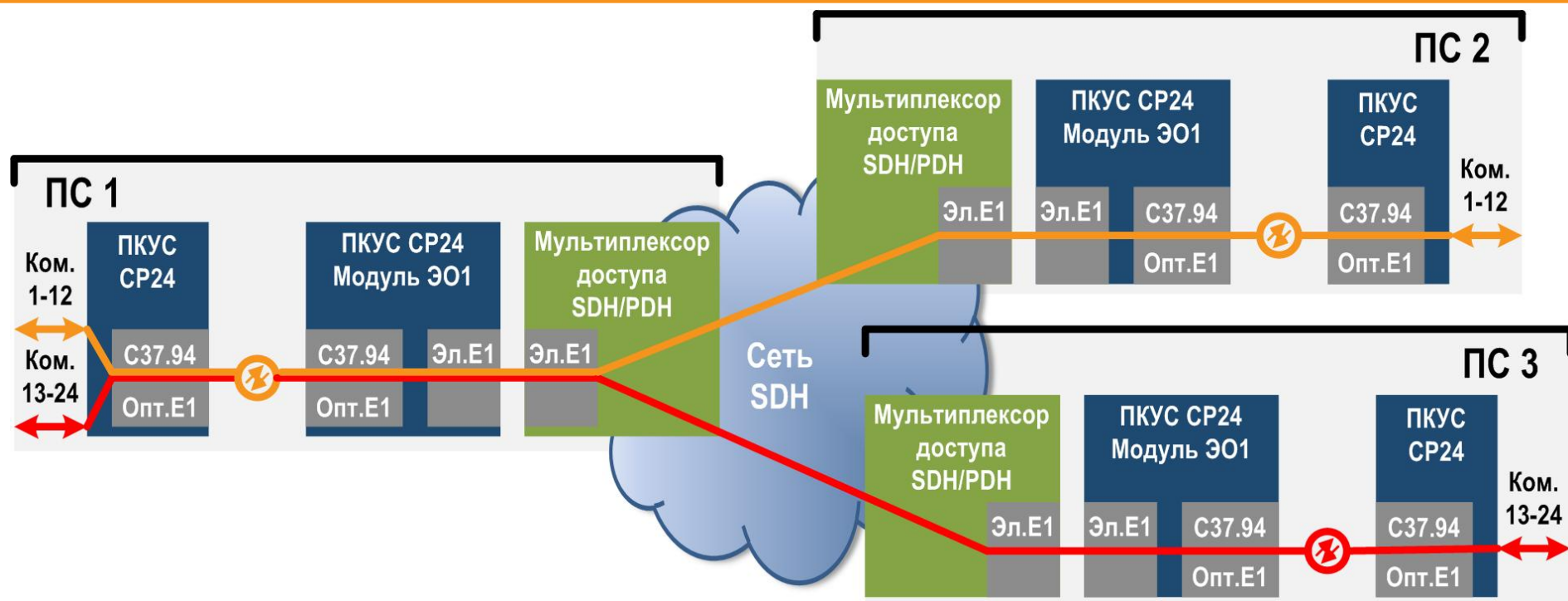
Сигнал	Источник	Подключение
Передача данных (Tx)	Оборудование РЗА / ЦСПИ	Многомодовое ОВ
Прием данных (Rx)	ЦСПИ / Оборудование РЗА	Многомодовое ОВ

- Стандартный интерфейс для подключения устройств **РЗА** к мультиплексирующему оборудованию по **ОВ**
- Стандарт **IEEE**, принятый **ANSI** как национальный в **США**; в **России**, в отличие 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 **C37.94** не стандартизирована; успешные стыковочные испытания не являются гарантией совместимости в дальнейшем)
- Отсутствуют в **транспортных мультиплексорах SDH**
- Подключение устройств **РЗА** к одному встроенному в **мультиплексор доступа SDH/PDH** интерфейсу **C37.94** позволяет организовывать каналы для **РЗА** только «точка – точка» (в отличие от **E1** каналы «точка – несколько точек» не реализуемы)

ПРИМЕР: РЕАЛИЗОВАННОЕ НА ПРАКТИКЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДЗЛ С ИНТЕРФЕЙСАМИ С37.94 К ТРАНСПОРТНЫМ МУЛЬТИПЛЕКСОРАМ



- Основной и резервный комплекты **ДЗЛ** на каждой **ПС** подключены по **С37.94** к двум транспортным мультиплексорам **SDH** с использованием преобразователей **ПКУС СР24 Модуль ЭО2** производства **ООО «Юнител Инжиниринг»** (основной и резервный каналы для **ДЗЛ** по **С37.94** со скоростями 512 кбит/с)
- Разные собственники **ПС1** и **ПС2** → не пришлось договариваться о покупке мультиплексоров доступа **SDH/PDH** с интерфейсами **С37.94** одного производителя

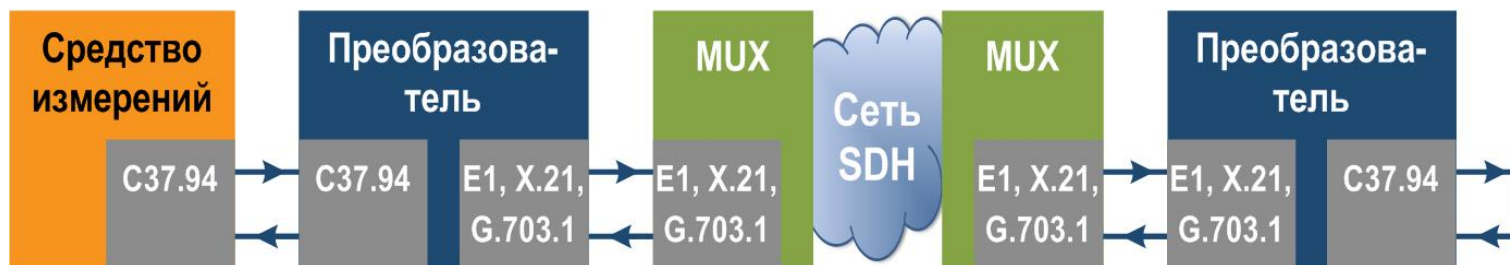


- **ПКУС СР24** при подключении к одному интерфейсу **Е1 мультиплексора доступа SDH/PDH** через преобразователь **ПКУС СР24 Модуль ЭО1** осуществляют прием и передачу команд 1...12 между **ПС1** и **ПС2**, а команд 13...24 между **ПС1** и **ПС3** без их переприема в промежуточных **УПАСК** (каналы организованы напрямую через **ЦСПИ**)
- Не реализуемо с использованием встроенных в мультиплексоры доступа **SDH/PDH** интерфейсов **С37.94**
- Практический опыт – реализация 6 дуплексных направлений с одного **ПКУС СР24**

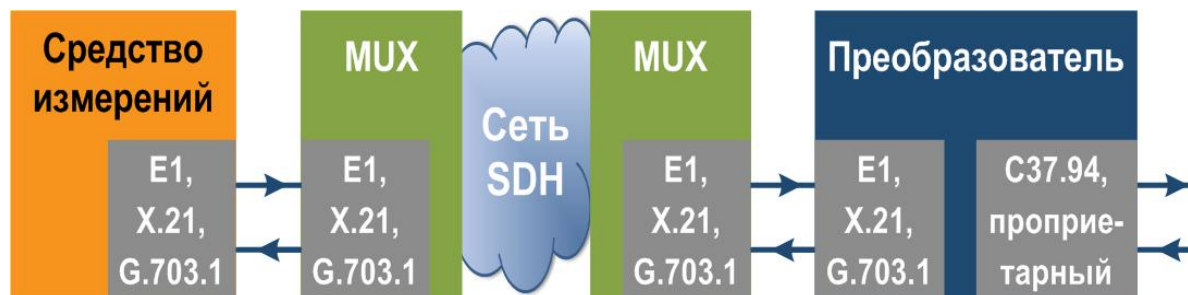
- В НТД российской электроэнергетики нет норм на параметры, объемы и методики проверки каналов для **РЗА** по **ЦСПИ**
- В отраслевом стандарте ПАО «ФСК ЕЭС» **СТО 56947007-33.180.10.185-2014 «Технологическая связь. Правила проведения технического надзора за проектированием и строительством волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи напряжением 35 кВ и выше»** только указано, что для цифровых каналов объем проверок на этапе наладки должен быть согласован с положениями **«Норм на электрические параметры цифровых каналов и трактов магистральной и внутризональных первичных сетей. Приказ Минсвязи России от 10.08.1996 № 92»**
- **«Нормы ... № 92»** предназначены для сетей операторов связи и не учитывают специфику систем **РЗА** (например, неготовность канала по данным нормам наступает только после 10 последовательных секунд с коэффициентом ошибок больше 10^{-3} , т.е. полное прерывание канала на время до 10 секунд не является отказом)
- Некоторые положения **«Норм ... № 92»** необходимо учитывать (но не копировать!!!) в методиках проверки каналов для **РЗА** по **ЦСПИ**, т.к. они основаны на большом опыте ввода в эксплуатацию и технического обслуживания сетей операторов связи

Проверка производится средством измерения (СИ), формирующим сигнал в виде описанных в «Нормах ... № 92» псевдослучайных последовательностей (ПСП)

Проверка с помощью СИ с интерфейсом С37.94, формирующего сигнал ПСП



Проверка с помощью СИ с интерфейсами E1, X.21, G.703.1, формирующего сигнал ПСП

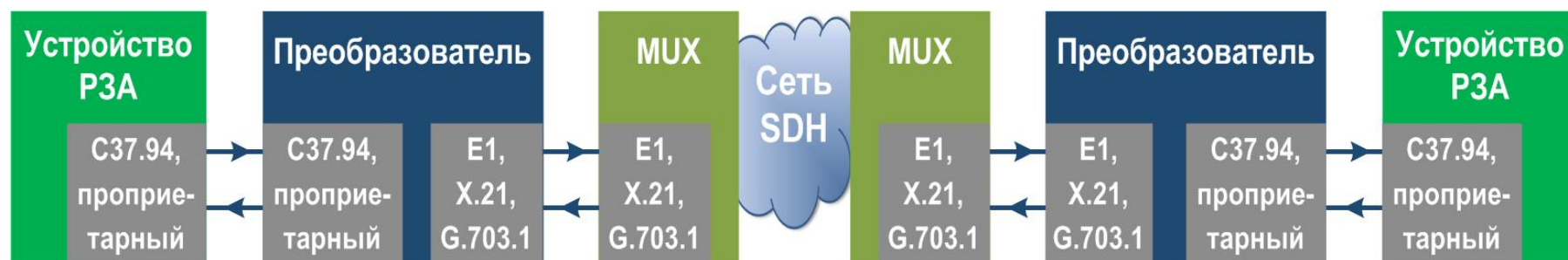


СИ в течение 15 минут не должно зафиксировать ни одной ошибки

Исходя из практического опыта причины возникновения ошибок на 1-м этапе

- Чаще всего – неправильная конфигурация синхронизации оборудования ЦСПИ
- Реже – неисправности модулей оборудования ЦСПИ

Перед подключением устройств **РЗА** к **ЦСПИ** необходимо измерить уровни оптических сигналов и сравнить их с номинальными



Наиболее часто встречающиеся причины отсутствия соединения по каналу между устройствами **РЗА** после успешно выполненного 1-го этапа

- Неправильное подключение **ОВ** к оборудованию
- Несовпадение установленных скоростей передачи данных или типов цифровых интерфейсов в **ЦСПИ** и в устройствах **РЗА**
- Неправильный выбор источника синхронизации в устройстве **РЗА** (в **С37.94** она всегда должна осуществляться от оборудования **ЦСПИ**, т.е. быть внешней)
- Неправильная установка номеров каналов или адресов в устройствах **РЗА** (при возможной неправильной коммутации каналов в **ЦСПИ** позволяют избежать ложной работы систем **РЗА** → оставлять их по умолчанию крайне не рекомендуется)

Цифровые каналы для **РЗА** по **ЦСПИ** по сравнению с выделенными **ОВ**

- В штатном режиме работы **ЦСПИ** крайне редко могут вносить ошибки в передаваемые данные из-за возможных проскальзываний
- Во внештатном режиме работы **ЦСПИ** число проскальзываний резко увеличивается
- Вносят задержку, которая асимметрична в разных направлениях канала
- Прерываются при переключениях механизмами **ЦСПИ** на резервные пути
- Имеют различные интерфейсы, которые обладают своими достоинствами и недостатками
- Реализуемы различными способами, отличающимися технической и экономической эффективностью

Практический опыт показал, что данные особенности требуется учитывать при проектировании, наладке и эксплуатации систем **РЗА**, использующих каналы по цифровым сетям

Кроме того, необходима разработка **НТД** для норм на параметры, объемы и методики проверки каналов для **РЗА** по **ЦСПИ**, причем не только на базе **SDH/PDH**, но и других перспективных технологий (**IP/MPLS** и т.д.)

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