

# КАНАЛЫ ДЛЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В СЕТЯХ С ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИЕЙ

АВТОР:

ХАРЛАМОВ В.А.,  
К.Т.Н.,  
ЗАО «ЮНИТЕЛ  
ИНЖИНИРИНГ»

**В** сетях с пакетной коммутацией сложно организовать каналы с гарантированной пропускной способностью, стабильной детерминированной задержкой и резервированием по статическим путям. Большинство цифровых систем передачи

информации в российской электроэнергетике базируется на технологии SDH/PDH. Для каналов релейной защиты и автоматики сети SDH/PDH гарантируют требуемые задержки, их симметрию, ограниченный джиттер и организацию резервирования

**Ключевые слова:** релейная защита, автоматика, дифференциальная защита линий, устройство передачи аварийных сигналов и команд, SDH, PDH, Ethernet, EoS, MPLS.

На правах рекламы



## ВВЕДЕНИЕ

Сегодня в сетях операторов связи IP трафик занимает преобладающую долю, что обуславливает широкое внедрение в них технологий пакетной коммутации вместо традиционных SDH/PDH.

В российской электроэнергетике большинство сетей между ее объектами построено на базе SDH/PDH, что обеспечивает организацию и передачи данных с гарантированной пропускной способностью без какого-либо взаимного влияния, но и каналов с малой детерминированной задержкой для дифференциальных защит линий (ДЗЛ) и устройств передачи аварийных сигналов и команд (УПАСК) по интерфейсам G.703.1, X.21, E1 и C37.94 [1].

При отказе линии связи сети SDH/PDH в зависимости от их топологии и масштаба обеспечивают переключение каналов на резервные пути за время до 50 мс, что недопустимо для ряда систем релейной защиты и автоматики (РЗА). Поэтому при резервировании каналов для РЗА в них используют статические (фиксированные) основные и резервные пути через разные линии связи. При отказе одного из них работа устройств РЗА продолжается по другому, что позволяет обеспечить нулевое время переключения, или, как говорят, бесшовное переключение/резервирование.

В электроэнергетике Ethernet/IP используется для передачи как корпоративного, так и технологического трафика. Ethernet трафик в сетях SDH/PDH передается с помощью технологии EoS (G.707/Y.1322), что удовлетворяет текущим потребностям. С развитием активно-адаптивных сетей

(Smart Grid) с возобновляемой и распределенной генерацией доля пакетных данных будет возрастать. Возможно, что эффективность сетей SDH/PDH будет падать и возникнет необходимость поиска решений на базе других технологий. Объективных исследований данного вопроса с учетом специфики существующих и перспективных приложений электроэнергетики на данный момент нет.

## ЧТО НАДО УЧИТЫВАТЬ

Подавляющее большинство предлагаемых для электроэнергетики решений на базе технологий пакетной коммутации, используемых у операторов, связи не учитывают:

- требования к надежности каналов для РЗА, к их задержке и ее стабильности и симметрии;
- необходимость поддержки традиционных и давно используемых в электроэнергетике интерфейсов и протоколов;
- проблемы обеспечения информационной безопасности (ИБ) [2];
- неопределенность границ применения различных технологий и протоколов пакетной коммутации для организации каналов технологической зоны и принципов построения каналов для РЗА;
- отсутствие методик испытаний каналов в сетях с пакетной коммутацией как каналов технологической зоны;
- неготовность энергопредприятий к эксплуатации предлагаемых решений.

## ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

В сетях с пакетной коммутацией сложно организовать каналы с гарантированной пропускной способностью, стабильной детерминированной задержкой и резервированием по статическим путям.

Классический подход при резервировании в сетях на базе коммутаторов/маршрутизаторов Ethernet/IP – использование протоколов, которые обеспечивают один активный путь между устройствами при физическом наличии нескольких. Его недостаток – невозможность обеспечения нулевого времени переключения на резервный путь. Например, протоколы RIP и OSPF имеют время переключения десятки секунд, RSTP – 1 с и более (в кольцевых топологиях – 100 мс), MRP (МЭК 62439-2) – до 50 мс.

Для обеспечения нулевого времени переключения предлагается другой подход, реализованный в протоколах PRP и HSR (МЭК 62439-3) с использованием не одного активного пути, а двух. Основа данного подхода – отправитель одновременно посылает пакетные данные по двум активным путям, а получатель принимает первый пришедший пакет и отклоняет второй, что позволяет обеспечить нулевое время переключения при отказе одного из путей. В PRP используются два активных пути по двум независимым сетям с примерно одинаковой задержкой, что требует больших затрат на оборудование и инфраструктуру. В HSR для организации двух активных путей по кольцу одновременно по и против часовой стрелки передается весь сетевой трафик, что снижает его эффективность. PRP и HSR сложны в реализации на больших скоростях. Поэтому область их использования – высоконадежные

## РЕЗЕРВИРОВАНИЕ КАНАЛОВ С ЗАДАННОЙ ГАРАНТИРОВАННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ В СЕТЯХ MPLS ПО СТАТИЧЕСКИМ ПУТЯМ

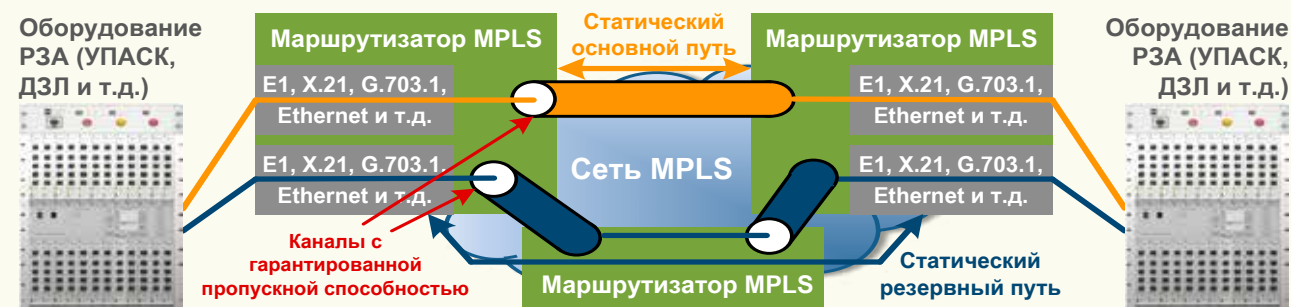


Рис. 1

внутриобъектовые сети, например, на цифровых подстанциях на базе МЭК 61850.

Но обеспечить гарантированную пропускную способность каналов, их стабильную задержку и отсутствие взаимного влияния все приведенные выше протоколы не могут.

## МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ С ГИБРИДНОЙ СИСТЕМНОЙ ПЛАТОЙ

Указанные проблемы могут быть решены с помощью мультиплексоров с гибридной системной платой с шинами TDM (технология SDH/PDH) и Ethernet, например, FOX615 компании ABB, BroadGate компании ECI и т.д.. В них каналы для РЗА организуются через шину TDM, а пакетный трафик передается через шину Ethernet, что приводит

- к удорожанию инфраструктуры (или удвоение числа оптических волокон между объектами, или установка оборудования WDM, или использование оборудования OTN);
- по сравнению с отдель-

ными сетями SDH/PDH и Ethernet к ограничению функциональности, увеличению себестоимости в ряде проектов, уменьшению надежности и безопасности.

Операторы связи рассматривают данное решение как промежуточное при миграции от SDH/PDH к пакетной коммутации с сомнительными экономическими и техническими перспективами.

## MPLS ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАНАЛОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Технология пакетной коммутации MPLS считается одной из самых перспективных и позволяет обеспечить надежность, приближающуюся к SDH/PDH. Наряду с передачей Ethernet трафика маршрутизаторы MPLS поддерживают традиционные интерфейсы и протоколы, позволяют организовать каналы с гарантированной пропускной способностью и резервирование по статическим путям (Рис.1).

ЗАО «Юнител Инжиниринг» провело исследования каналов с электрическими интерфейсами E1 в сетях MPLS по статическим путям (в том числе при штормовой нагрузке) при подключении к ним УПАСК (Рис.2) и ДЗЛ (Рис.3) через преобразователи ПКУС СР24 Модуль ЭОх. При соответствующих настройках сетевого оборудования параметры каналов удовлетворяют требованиям РЗА и позволяют обеспечить бесшовное резервирование по статическим путям. Отметим, что при реализации высоконадежных каналов накладные расходы многократно превышают доступную пользователю пропускную способность, что ставит вопрос об эффективности ее использования в сетях MPLS при большом числе каналов для РЗА.

В сетях MPLS поражение каналов, например, несанкционированное уменьшение приоритета, может быть обнаружено далеко не сразу, что делает обеспечение их ИБ особенно актуальным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При возрастании доли пакетного трафика альтернативой сетям SDH/PDH в электроэнергетике могут служить сети MPLS, которые

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ УПАСК ПКУС СР24 К СЕТИ MPLS ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЕГО РАБОТЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ БЕСШОВНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ МЕЖДУ ОСНОВНЫМ И РЕЗЕРВНЫМИ ПУТЯМИ

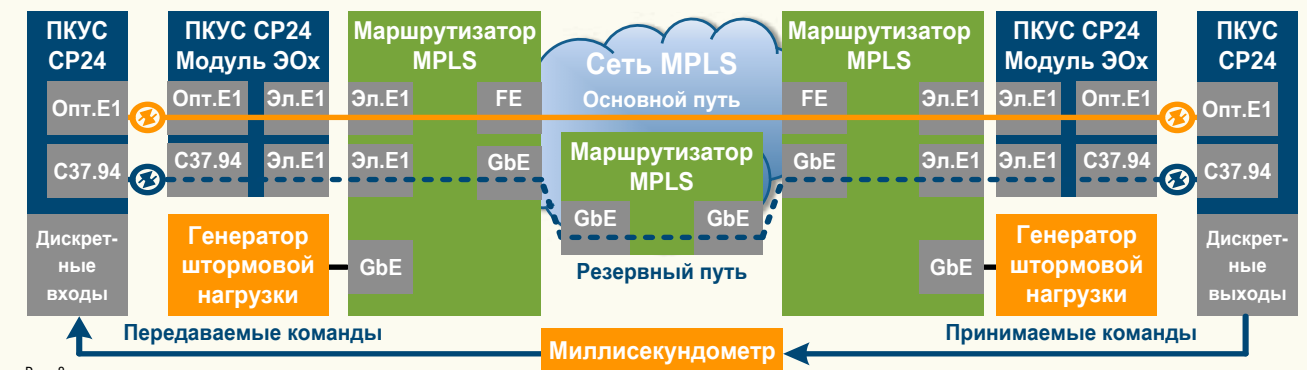


Рис. 2

## ПОДКЛЮЧЕНИЕ ТЕРМИНЛОВ ДЗЛ К СЕТИ MPLS С ПРОГРУЗКОЙ ТОКОВЫХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ АСИММЕТРИИ КАНАЛОВ НА ПОГРЕШНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТОКА

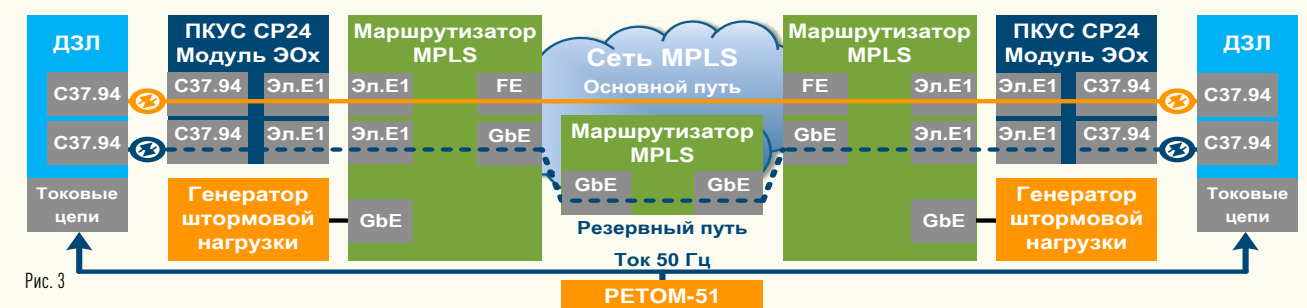


Рис. 3

обеспечивают построение каналов для РЗА и поддержку традиционно используемых в ней интерфейсов и протоколов. Но необходимы

- объективные исследования преимуществ и недостатков сетей MPLS по сравнению с SDH/PDH при учете специфики существующих и перспективных приложений;
- испытания маршрутизаторов MPLS разных типов на предмет возможности

- организации каналов для РЗА;
- выработка принципов построения в сетях MPLS каналов для РЗА и разработка методик их проверки;
- обязательная проверка сетевого оборудования на отсутствие незадекларированных возможностей для обеспечения ИБ.

Без решения указанных выше вопросов внедрение в электрoэ-

нергетике сетей MPLS несет много потенциальных рисков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Харламов В.А. Реализация цифровых каналов технологической связи для РЗА и ПА. // Воздушные линии. 2013. №2. с.53-58
2. Романов С., Харламов В. Эшелонированная оборона. Универсальность и безопасность каналов технологической связи.// Энергонадзор. 2014. №1/2. с.28-29