

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАЩИТНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ при резервировании линейного тракта ВОЛС

А.Лотов, аспирант МГТУ имени Н.Э.Баумана,
инженер компании "Т8" / lotov@t8.ru,

Д.Мамонтов, инженер компании "Т8",
В.Заварзин, д.т.н., профессор МГТУ им. Н.Э.Баумана

УДК 621.391, DOI: 10.22184/2070-8963.2022.105.5.38.42

Предлагается алгоритм автоматического защитного переключения при резервировании линейного тракта волоконно-оптических линий связи. Время защитного переключения сокращено до 10 мс. Предложенный алгоритм позволяет своевременно предупредить о деградации основного канала и выполнить быстрое переключение на резервный до достижения предела FEC. Быстрое переключение позволяет минимизировать потери передаваемых данных.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время объем данных, передаваемых по волоконно-оптическим сетям, возрастает на 20–30% ежегодно [1]. С увеличением этого объема повышаются и требования к надежности волоконно-оптических линий связи (ВОЛС).

Под надежностью работы ВОЛС понимают способность обеспечивать передачу информации с заданным качеством в течение определенного промежутка времени [2]. Одним из эффективных способов повышения уровня надежности современных сетей оптической связи является линейное резервирование (прокладка дополнительного кабеля в обход основного участка) [3].

Аварийные ситуации в линейной части сети возникают при повреждении линии (обрыв

оптического волокна, выход из строя оборудования, например оптического усилителя или других компонентов). Очевидным решением этой проблемы является увеличение количества доступных физических трактов передачи, на которые будет осуществляться переключение при возникновении неисправности.

ЛИНЕЙНОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ

Линейное резервирование может быть организовано по различным схемам: "1+1", "1:1", "1:N" [4].

При использовании резервирования "1+1" переключение на другую линию осуществляется только в точке приема сигнала. При использовании же резервирования "1:1" требуется выполнить переключение как на приеме, так и на передаче сигнала.

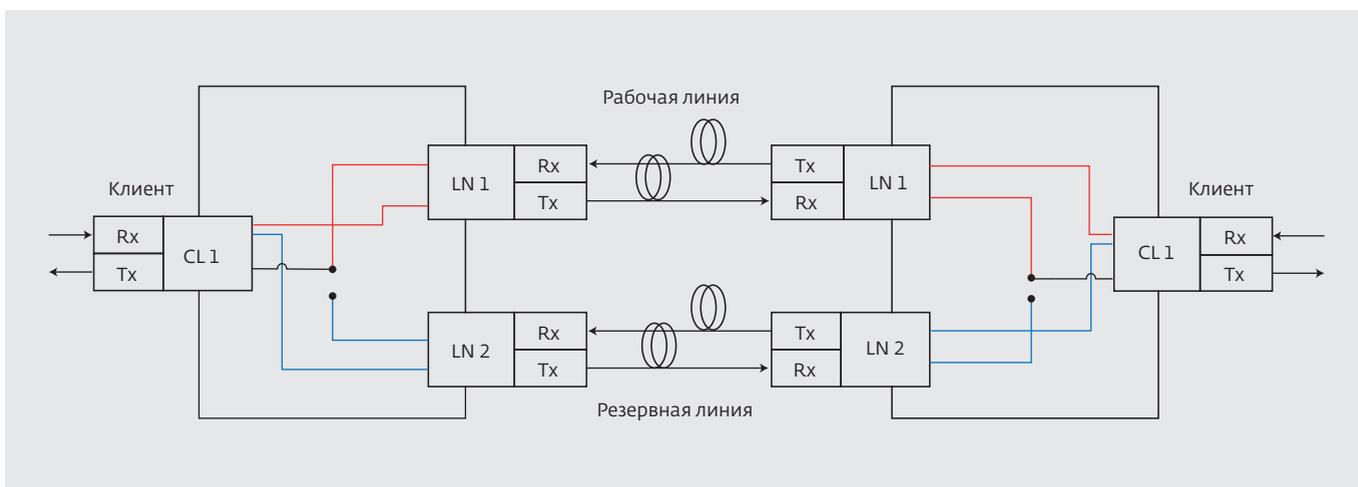


Рис.1. Схема резервирования "1+1"

Для этого нужно согласовать работу используемого на приеме и передаче оборудования таким образом, чтобы при ухудшении качества принимаемого сигнала происходило переключение на другую линию.

Операция согласования работы транспондеров увеличивает время перехода системы в рабочее состояние. Поэтому при прочих равных условиях наиболее предпочтительной представляется схема "1+1". Она обеспечивает большую надежность и лучшее качество передаваемого сигнала по сравнению со схемой "1:1".

Рассмотрим алгоритм быстрого автоматического защитного переключения при резервировании "1+1". При таком резервировании передаваемый сигнал дублируется в транспондер на уровне OTN-контейнеров и передается по двум независимым оптическим каналам [4]. После приема каждый из полученных сигналов анализируется на возможные ошибки. Далее сигналы подаются на защитный переключатель. Защитный переключатель подключает в сторону клиента только один поток: с лучшим состоянием (рис.1).

Общее восстановление защищаемого трафика T , согласно стандарту МСЭ-Т G.808.1, определяется как:

$$T = T_1 + T_2 + T_3, \quad (1)$$

где T_1 – время подтверждения (интервал времени между появлением неисправности в сети и моментом, когда подтверждается, что генерированные сигналы требуют операции защитной коммутации), T_2 – время передачи (интервал времени между подтверждением, что сигналы

SF и SD требуют операций защитной коммутации, и выполнением операций защитной коммутации),

T_3 – интервал времени между выполнением операций защитной коммутации и полным восстановлением защищаемого трафика.

АЛГОРИТМ ЗАЩИТНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

С целью сокращения времени обнаружения неисправности авторами разработан алгоритм автоматического защитного переключения. Данный алгоритм анализирует состояние линии по значению Pre-FEC BER (Pre-Forward Error Correction BER), то есть до применения кодирования. BER (Bit Error Rate) – это интегральный показатель качества функционирования цифровых систем связи [5]. Коэффициент BER определяется как:

$$BER = \frac{N_1}{N_2}, \quad (2)$$

где N_1 – число принятых битовых ошибок, N_2 – общее число переданных битов.

Все ошибки успешно идентифицируются и исправляются в системе пока коэффициент BER расположен ниже предела FEC. При превышении предела FEC не справляется с количеством ошибок и происходит потеря пакетов данных.

Основная задача защитного алгоритма – выполнить раннее предупреждение о деградации линии, что позволяет предпринять упреждающие действия до достижения предела FEC. Таким образом потеря пакетов может быть сведена к минимуму. Деградация сигнала – это

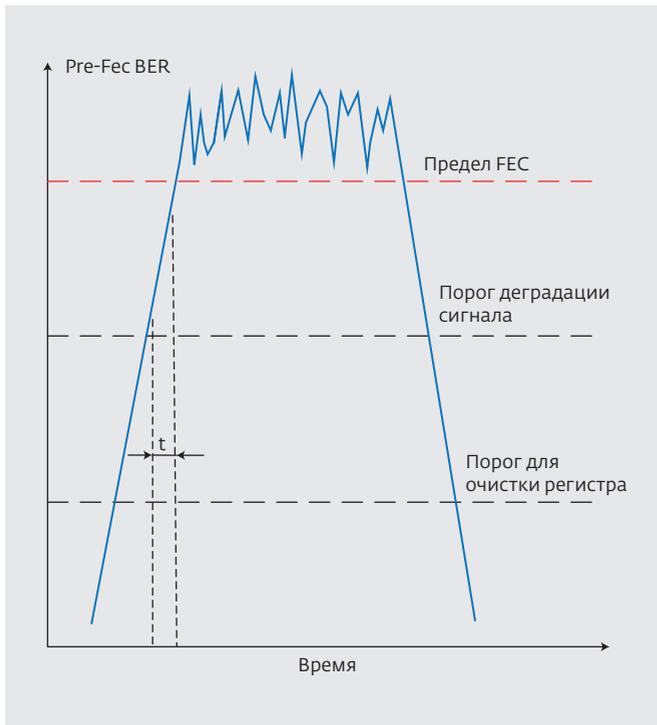


Рис.2. Основные параметры защитного алгоритма

наличие значительного количества ошибок в сигнале.

Для обнаружения неисправностей в линейном канале в системе задаются следующие параметры: интервал опроса, порог деградации сигнала и порог для очистки регистра (рис.2).

Интервал опроса определяет минимальную продолжительность, в течение которой BER должен превысить порог. Порог определяет уровень BER для установления состояния деградации сигнала. Для устранения джиттера в системе задается дополнительный порог очистки регистра.

Рассматриваемый алгоритм считает суммарное количество ошибок в течение заданного интервала. При превышении порога ухудшения сигнала Pre-Fec BER в регистр записывается соответствующий бит тревоги FASTDEC и трафик перенаправляется на защитную линию. Если в течение интервала опроса значения BER на основной линии опускаются ниже уровня очистки регистра, то сигнал тревоги сбрасывается, в регистре очищается бит FASTDEC и выполняется возврат на основную линию. Принцип работы защитного алгоритма представлен на рис.3.

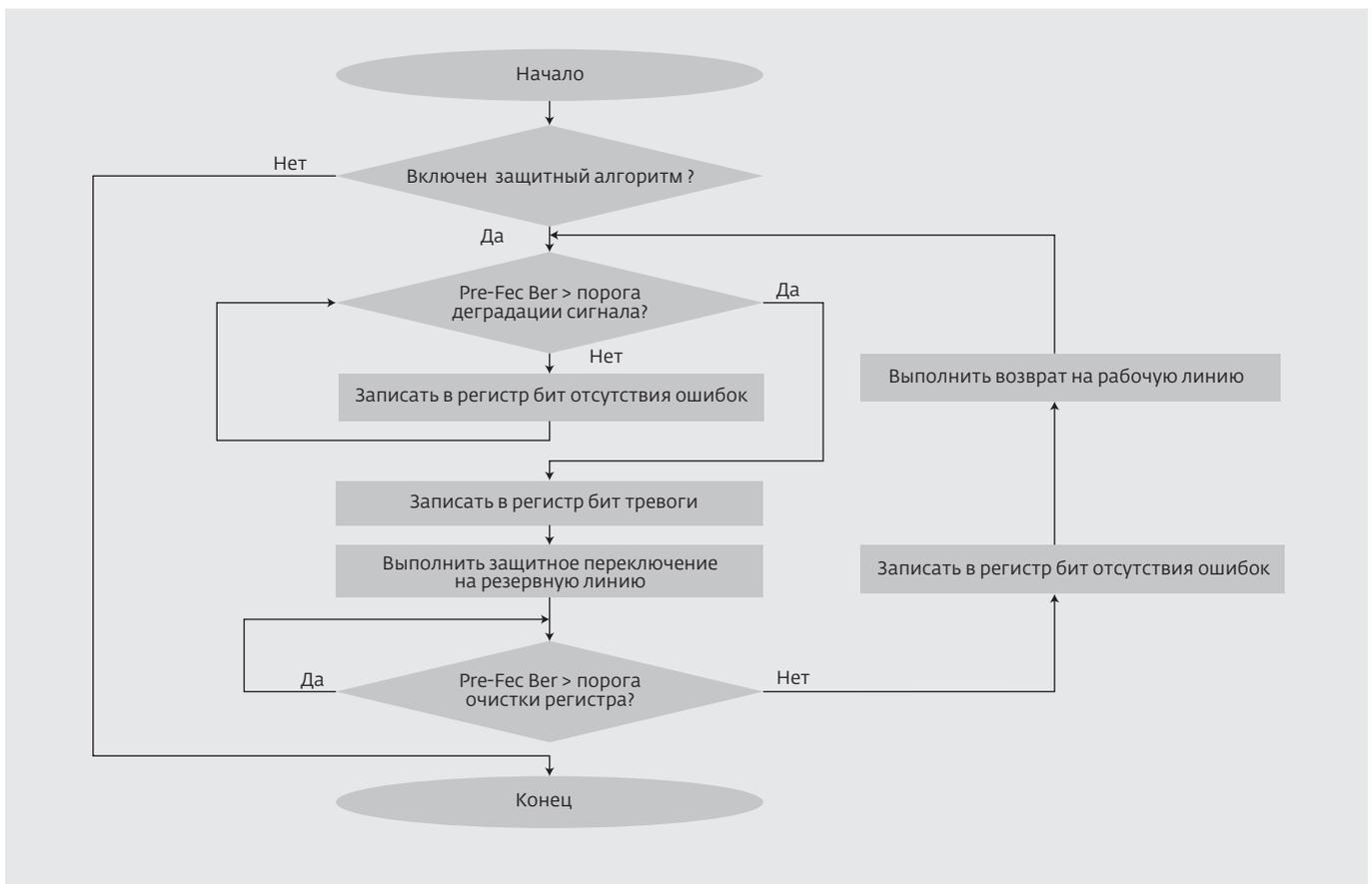


Рис.3. Алгоритм защитного переключения



**ПРИГЛАШАЕМ
К УЧАСТИЮ**

Место проведения:
площадка у ТЦ «Мой Порт»,
ул. Кирова, 146, мобильный павильон

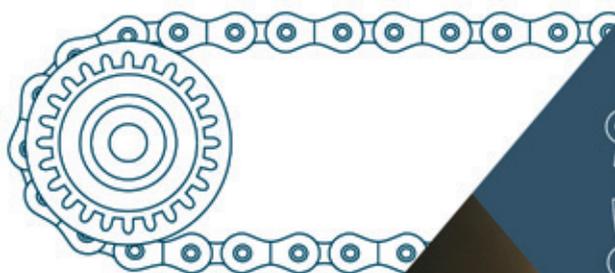
ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

12-14 ОКТЯБРЯ

Ижевск' 2022

ТЕМАТИКА:

- Metalloobrabatывающее оборудование. Инструмент. Metalloпродукция
- Комплектующие изделия и материалы
- Оборудование для термообработки
- Электрические машины и оборудование
- Подъемно-транспортное и складское оборудование
- Литейное оборудование
- Сварочное оборудование
- Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации процессов
- Добыча, переработка, сбыт нефти и газа
- Техника и технологии для добычи нефти и газа, нефтепереработки и нефтехимии. Транспортировка и хранение нефти, нефтепродуктов и газа
- Нефтегазопромысловая геология и геофизика
- Энергетическое и электротехническое оборудование
- Охрана труда, безопасность на производстве. СИЗ
- Ресурсосберегающие технологии
- Сырье, химические материалы, применяемые в нефтегазовой и нефтехимической промышленности
- Средства пожарной безопасности, системы охраны, промышленной безопасности



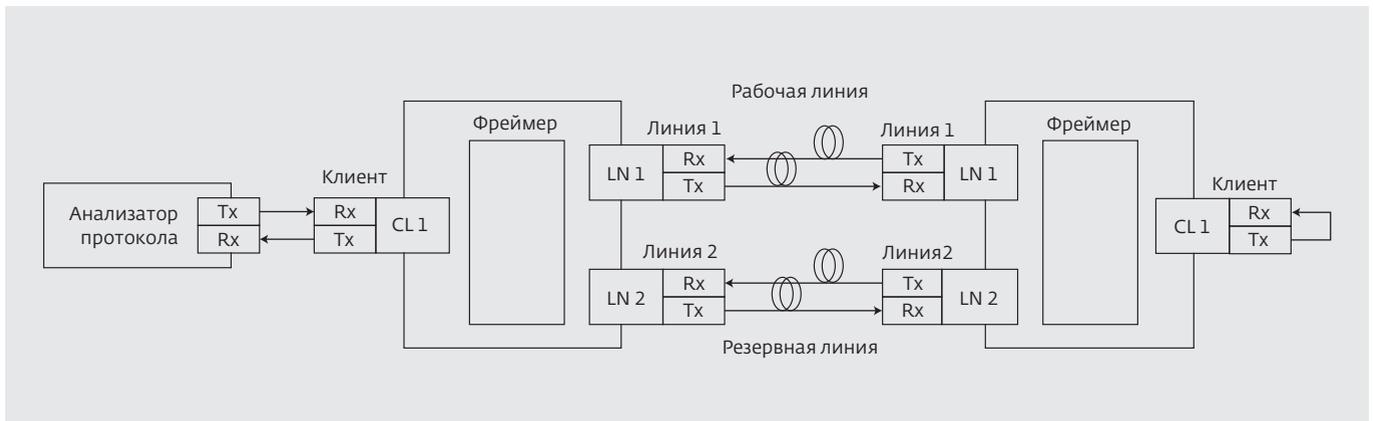


Рис.4. Схема измерения времени защитного переключения

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Разработанный алгоритм защитного переключения успешно использован в двухканальном транспондере с линейными интерфейсами OTU 2e. На этом транспондере применены следующие алгоритмы коррекции ошибок: G.709, G.975.1 I.3. Для исследования времени защитного переключения использована схема, представленная на рис.4.

Как видно из рис. 4, сигнал с анализатора протокола подается на оптические модули клиентских интерфейсов. Оптические модули преобразуют оптические сигналы в электрические и передают их на фреймер. Фреймер формирует линейные потоки, кодирует сигнал и передает на линейные оптические модули. Линейные оптические модули преобразуют потоки в каналные сигналы OTN (используется сетка частот по стандарту МСЭ-Т G.694.1 с межканальным расстоянием 100 ГГц) и передают их в линию.

На удаленной стороне измерительной схемы установлено ответное устройство, которое принимает линейные оптические потоки и преобразует их в электрические. Электрические сигналы поступают на фреймер, который декодирует и исправляет битовые ошибки и направляет потоки на клиентские оптические модули.

На клиентском модуле при помощи патч-корда установлен физический заворот трафика. Таким образом, трафик разворачивается и передается

обратно на анализатор протокола. Для измерения времени переключения основная линия обрывается в обратном направлении.

В табл. 1 приведены значения времени переключения для G.975.1 I.3 (EFEC) и G.709 (FEC). По результатам выполненных измерений максимальное время переключения не превысило 10 мс для каждого типа FEC.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный алгоритм автоматического защитного переключения при резервировании линейного тракта ВОЛС позволяет своевременно предупредить о деградации основной линии и оперативно выполнить защитное переключение на резервную. Максимальное время переключения при использовании двух типов FEC (G.975.1 I.3 и G.709) снижено до 10 мс.

Сокращение времени обнаружения ошибок позволяет минимизировать потери передаваемых данных и повышает надежность системы передачи данных в целом.

ЛИТЕРАТУРА

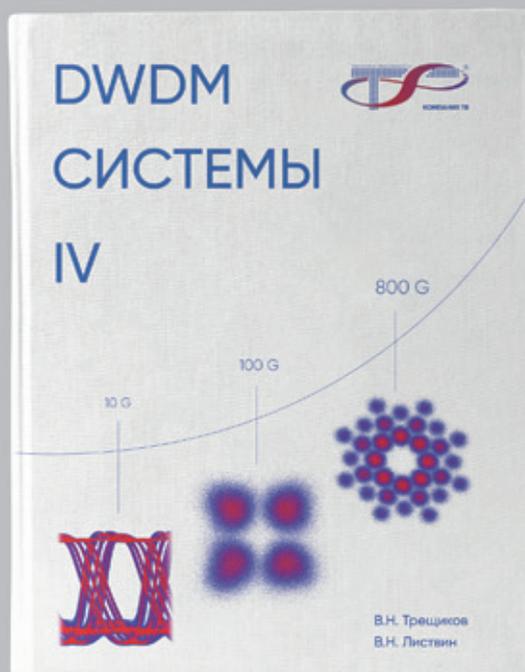
1. **Трещиков В.Н., Листвин В.Н.** DWDM-системы. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. 420 с.
2. **Иманкул М.Н., Касимова Г.Д.** Исследование методов проектирования волоконно-оптических систем передачи // ЕГИ. 2014. № 1 (3). С. 6–13.
3. **Стоцкий В.А., Тощев А.К.** Проектирование волоконно-оптической линии передачи. СПб: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017. 67 с.
4. **Горбашова М.А.** Резервирование в системах DWDM. М.: Изд. Т8, 2020. 16 с.
5. **Чилихин Н.Ю.** Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах: практикум. Ульяновск: УлГТУ, 2019. 36 с.

Таблица 1. Результаты измерения времени переключения

Тип FEC	Количество измерений, шт.	Максимально время переключения, мс
G.975.1 I.3	50	<10
G.709	50	<10



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



В.Н. Трещиков, В.Н. Листвин

DWDM-системы

Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2021. – 420 с.
ISBN 978-5-94836-634-0

Цена 1960 руб.

В книге собран курс лекций по DWDM-системам, предназначенный для специалистов, занимающихся разработкой, внедрением и эксплуатацией DWDM-оборудования. Это четвертое издание, расширенное и дополненное, состоящее из четырех разделов. В первой части рассмотрены основы DWDM-систем, история их возникновения и эволюция, во второй части — компоненты волоконно-оптического тракта, в третьей — приемник и передатчик каналообразующего оборудования, в четвертой части — механизмы формирования шумов и способы их расчета применительно к волоконно-оптическим линиям связи.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319, Москва, а/я 91
По факсу: (495) 956-33-46
E-mail: knigi@technosphere.ru
sales@technosphere.ru

ИНФОРМАЦИЯ О НОВИНКАХ
www.technosphere.ru