

УДК 621.395.7

## НАДЕЖНОСТЬ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. ОПТИЧЕСКИЕ СПЛИТТЕРЫ

**Б.К. Никитин**, профессор кафедры «Линии связи» СПбГУТ им. М.А.Бонч-Бруевича, к.т.н.; nbk117@mail.ru  
**Р.Я. Пирмагомедов**, аспирант СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

*Ключевые слова:* пассивная оптическая сеть, оптический сплиттер, надежность, методы испытаний, наработка на отказ.

Активное строительство сетей абонентского доступа на базе технологий FTTx, и в частности PON, свидетельствует о безусловной эффективности и перспективности их применения. За прошедшие несколько лет программа развития абонентских сетей широкополосного доступа стартовала во многих регионах страны, в эксплуатацию сданы сотни тысяч портов. А с учетом того, что в этих сетях вся информация может передаваться по одному волокну, которое приходит в квартиру, остро встают вопросы надежности подобного рода сетей.

Надежность сети абонентского доступа определяется главным образом двумя составляющими: это показатели

надежности активного оборудования (его способность правильно формировать и декодировать пакеты данных) и, безусловно, основной вклад вносит физический канал передачи данных. Здесь возникают два варианта обеспечения требуемых параметров надежности. Первый — создание системы резервирования по физическому каналу, т.е. в квартиру приходит не одно волокно, а как минимум два. Второй — это исследование характеристик надежности элементов физического канала и разработка методов их повышения, что в случае успешного решения этих задач позволит снизить затраты как на строительство сети, так и на ее эксплуатацию. Проблемы, возникающие на уже построенных сетях (связанные с отказами), заставляют задуматься над причинами их появления.

За то время, что идет внедрение абонентских сетей широкополосного

доступа, концепция их создания постоянно менялась. Если проанализировать различные способы формирования физического канала, можно сделать вывод, что все они строятся из одного ограниченного набора элементов. Таким образом, задачу оценки надежности сети можно свести к оценке надежности каждого из этих элементов, а затем на основе вероятностных оценок причин возникновения отказов и статистических данных предложить модель поведения системы в тех или иных конкретных условиях функционирования.

**Оптический сплиттер** — это один из важнейших элементов сети: без него проектирование и строительство сети невозможно. На сегодняшний день существует два основных типа оптических сплиттеров: сварные и планарные.

В сварных сплиттерах (рис. 1) используется эффект туннелирования, т.е. перетекания части оптической

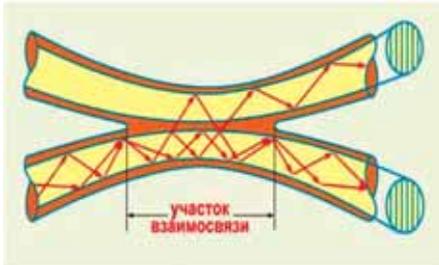


Рис. 1. Сплавной сплиттер

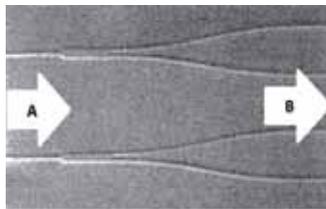


Рис. 2. Элемент чипа планарного сплиттера

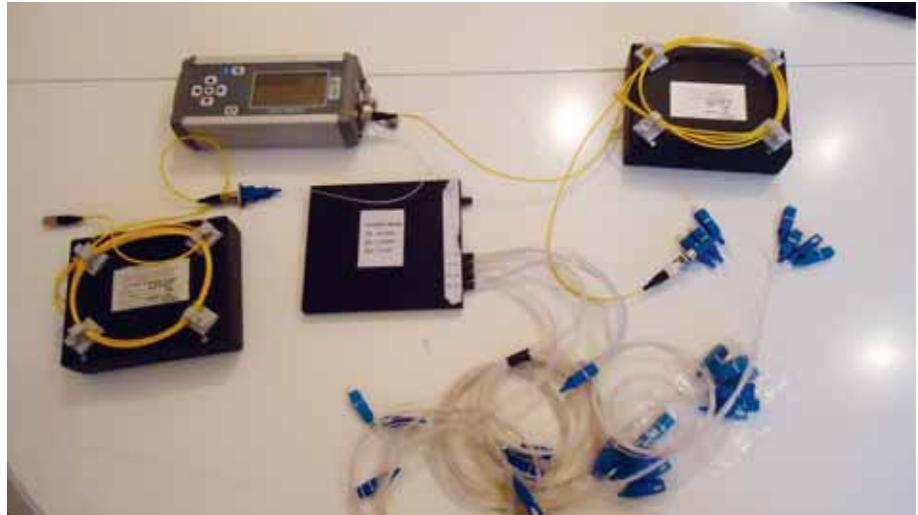


Рис. 3. Входные измерения сплиттера

мощности из одного световода в другой через боковую поверхность при их плотном соприкосновении на некотором «участке взаимосвязи» (coupling length). Эта технология остается популярной и по сей день, так как разветвители подобного типа позволяют делить мощность основного сигнала в нужной пропорции: 0,2, 0,5, 0,8 и т.д. Однако разветвители имеют один существенный недостаток – они могут работать только на одной длине волны, т.е. однооконные, максимум двухоконные.

Более совершенной разновидностью разветвителей являются планарные оптические делители (Planar Lightwave Circuit – PLC) (рис. 2). Такие устройства изготавливаются методами интегральной оптики. На кремниевой подложке поочередно химически осаждаются слои с материалами сердцевины и оболочки, после чего через маску вытравливается планарный волновод необходимой конфигурации, который также покрывается материалом отражающей оболочки. Так формируется планарный волновод с равномерным разветвлением оптической мощности 1:2. Устройства с большим количеством

выходных портов формируются последовательным каскадированием делителей 1:2, к которым должны быть добавлены элементы ввода и вывода оптической мощности. Они состоят из входящего волоконного блока, соединяемого с волноводным чипом (сторона А), и выходного волоконного блока (сторона В). И здесь возникает довольно много вопросов, связанных с нестабильностью параметров стыковки.

**Результаты эксперимента.** Как известно, на надежность этого класса устройств влияет множество факторов, что определяется условиями среды, в которой они эксплуатируются. Прежде всего это температура и влажность, а значит, целесообразно изучить воздействие на сплиттер комбинации градиента температур и влажности. Для исследования были взяты планарные оптические сплиттеры трех производителей с различными коэффициентами деления, установленные на сетях в разных регионах страны (рис. 3). Перед проведением испытаний требовалось проверить механическую устойчивость стыков между волноводным чипом и волоконными блоками. Для этого во-

сем сплиттеров были подвергнуты воздействию механических вибраций с частотой от 10 до 300 Гц; максимальное значение ускорения  $\approx 3,5g$  [1, 2]. У двух исследуемых сплиттеров (без защитной пластиковой коробки) было зарегистрировано увеличение затухания на 0,5 дБ.

Испытания с использованием воздействия температур и влажности проводились в следующих условиях:

1. Температура 95°C, относительная влажность 90%.
2. Температура 50°C, относительная влажность 90%.
3. Температура 95°C, относительная влажность 40%.
4. Температура -20°C, относительная влажность 40%.

При этом в качестве критерия отказа было выбрано увеличение потерь на 0,5 дБ и более хотя бы на одном порту. Результаты эксперимента, проведенного в условиях 1, представлены в таблице.

Аналогично получены результаты при условиях 2 и 3. Далее воспользуемся модифицированным выражением Аррениуса, предложенным Н. Синнадурой [3]:

$$t_1 / t_2 = e^{X(RH_1^2 - RH_2^2) + (E_A/kT_1 - E_A/kT_2)}, \quad (1)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – время работы до наступления отказа при температуре  $T_{1,2}$  (Кельвин) и относительной влажности  $RH_{1,2}$  соответственно;  $k$  – постоянная Больцмана (эВ/К);  $E_A$  – энергетический параметр;  $X$  – коэффициент влияния влажности.

Выражение (1) при условиях неизменной влажности примет вид

$$t_1 / t_2 = e^{(E_A/kT_1 - E_A/kT_2)}.$$

Производитель	Коэффициент деления	Условия	Время работы до наступления отказа, ч
A	1:2	95°C, 90%	156
A	1:4	95°C, 90%	181
A	1:32	95°C, 90%	134
B	1:2	95°C, 90%	126
B	1:4	95°C, 90%	236
B	1:32	95°C, 90%	Более 2000
C	1:2	95°C, 90%	Более 2000
C	1:8	95°C, 90%	1860
C	1:16	95°C, 90%	Более 2000

Запишем  $E_A$ :

$$E_A = \frac{kT_1T_2 \ln(t_1/t_2)}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

При условии неизменной температуры выражение (1) примет вид

$$t_1/t_2 = e^{X(RH_1^2 - RH_2^2)}$$

Запишем  $X$ :

$$X = \frac{\ln(t_1/t_2)}{RH_1^2 - RH_2^2} \quad (3)$$

Подставив в выражения (2) и (3) экспериментальные значения, полученные при условиях 1,2 и 1,3, вычислим  $E_A$  и  $X$ . Зная численные значения  $E_A$  и  $X$ , с помощью выражения (1) можно спрогнозировать время работы сплиттера до наступления отказа при обычных условиях эксплуатации. В нашем случае этот срок составил примерно шесть лет.

**Заключение.** Анализ полученных результатов и исследование отказавших образцов позволяют предположить, что под влиянием внешней среды (температуры, влажности и механических воздействий) в оптических сплиттерах происходят процессы, приводящие к следующим изменениям:

разъюстировка чипа и волоконного блока;

проникновение в область стыка волоконного блока и чипа частиц грязи, воды или воздуха из-за негерметичности корпуса сплиттера.

Вследствие подобных изменений увеличиваются потери мощности сигнала при прохождении через сплиттер, в том числе потери, вызванные обратным отражением сигнала. Снизить последствия воздействия внешней среды позволяет применение защитного герметичного корпуса.

**ЛИТЕРАТУРА**

- ГОСТ Р 53189-2008. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на вибрацию с воспроизведением воздействий нескольких типов.
- MIL-HDBK-202. Test Methods for Electronic and Electrical Component Parts.
- Sinnadurai N.F. The Correct Model for, and Use of, HAST, Proceedings of IEEE Accelerated Stress Workshop. – Boston, Massachusetts, September 1999; and 33rd International Symposium on Microelectronics (IMAPS 2000). – Boston, Massachusetts (USA), September 20–22, 2000, pp. 733–736.

Получено 20.02.12

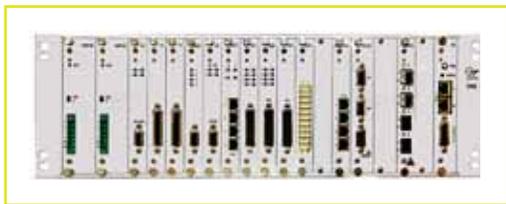


**ОАО «СУПЕРТЕЛ»**  
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

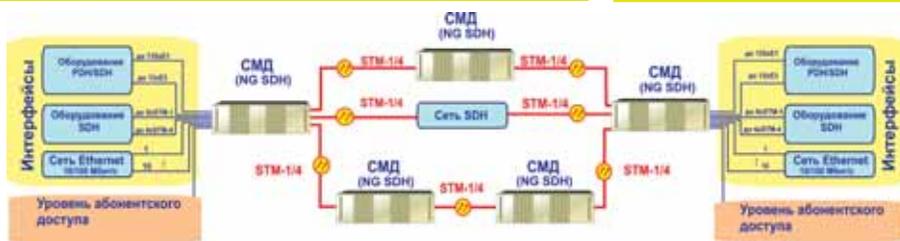
Одно из ведущих отечественных предприятий по разработке и производству сетевого телекоммуникационного оборудования (технологии PDH, NG SDH, IP, WDM) для транспортных сетей и сетей доступа с единой системой управления собственной разработки, обеспечивающей информационную безопасность.

**СИНХРОННЫЙ МУЛЬТИПЛЕКСОР С АБОНЕНТСКИМ ДОСТУПОМ – СМД**

СМД предназначен для эксплуатации на сети связи в качестве цифровой системы передачи (синхронная цифровая иерархия), обеспечивающей передачу сигналов E1, E3, Ethernet и сигналов абонентского доступа в структуре синхронных транспортных модулей уровней STM-1 и STM-4 по одномодовому волоконно-оптическому кабелю.



Сертификат соответствия ОС-2-СП-0917 Патент № 107604



**ТРАНСПОРТНЫЙ УРОВЕНЬ**

- Оптические интерфейсы до: 8 STM-1, 4 STM-4, STM-1/4 с CWDM.
- Интерфейсы до: 84 E1 (21 E1x4), 12 E3, 10 Ethernet 10/100 Base-T.
- Емкость коммутационной матрицы: 1638x1638 VC-12.
- Уровень коммутации: VC-12/VC-3/VC-4.
- Резервирование: линии и полезной нагрузки – MSP, SNCP; агрегатных блоков; системы синхронизации; матрицы коммутации и блоков питания.

**УРОВЕНЬ АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА**

- Интерфейсы E1 – до 64 шт.
- Линейные блоки: ЛТО-2, SDSL 1, SDSL 2, LAN.
- Емкость коммутационной матрицы: 9480x9480 КИ (316E1x30КИ);
- Абонентские интерфейсы аналогичны интерфейсам МП и КЦС.
- Количество слотов – 7 шт.
- Служебная связь – телефонный аппарат с DTMF-набором.
- Количество внешних контролируемых датчиков – до 4 шт.

Контроль и управление оборудованием и сетями осуществляется с помощью сетевой системой управления «Супертел-NMS» по протоколу SNMP.

**197101, Санкт-Петербург, Петроградская наб., 38А.**  
**Тел.: (812) 232-73-21, 230-22-16. Факс: (812) 497-36-82, 230-22-16.**  
**E-mail: vat@supertel.spb.su, www.supertel.spb.su**