

ГЛАВА 16 СРЕДСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТИ СЕТИ

16.1. Сценарий

Допустим, что в нашем распоряжении есть сеть ВОСП, которая имеет большой процент отказов и не удовлетворяет требованиям BER, или вообще не работает, или мы хотим подтвердить показатели ошибок, перед тем как сдать ее в эксплуатацию.

В нашем распоряжении четыре средства, используемые для поиска неисправностей. Первым из них является *центр управления сетевыми операциями* (NOCC), который может обеспечить проведение теста без перерыва обслуживания (см. разд. 12.6). Остальные средства (второй-четвертый) могут обеспечить проведение тестов только с *перерывом обслуживания*, что означает необходимость перерыва в обслуживании коммерческого трафика во время проведения активного тестирования.

В этой главе мы обсудим важный прибор, *измеритель мощности*, который относится ко второй группе средств для проведения тестов. К третьей группе средств для проведения тестов относится *оптический рефлектометр во временной области* (OTDR), который позволяет измерять многие важные параметры ВОЛС, и, обычно, используется для определения местоположения обрыва волокна или разрыва непрерывности показателей затухания кабеля. Четвертая группа средств служит для проведения BER-тестов отдельных сегментов или системы в целом. Мы также кратко рассмотрим *оптические спектроанализаторы* (OSA). В конце раздела кратко обсуждается возможность использования оптического супервизорного канала, организуемого в агрегатном канале WDM.

16.2. Оборудование для тестирования

Технические специалисты, проводящие тестирование, должны иметь возможность использовать измерительное оборудование, перечисленное в табл. 16.1.

Таблица 16.1

Список тестового оборудования

Оборудование	Цель использования
Цифровой вольтметр	Отслеживание рабочих уровней напряжения
Оптический спектроанализатор	Измерение несущих и формы спектра
Оптический измеритель мощности	Измерение оптической мощности на выходе передатчика, входе приемника и в промежуточных точках
Среднеквадратический вольтметр	Измерение отношения сигнал/шум
Функциональный генератор NTSC	Измерение параметров ТВ-сигналов
Видеомонитор	Измерение параметров видеоизображения
OTDR (оптический рефлектометр)	Идентификация разрыва волокон и мест разрыва, измерение затухания, возвратных потерь оптических разъемов и сростков
BERT (BER тестер)	Тестирование уровня BER, локализация отказов
Вектроскоп	Измерение дифференциальной фазы и усиления ТВ сигналов
Источник светового сигнала	Организация оптических измерений, включая измерение мощности

16.3. Процедуры тестирования, использующие измерители оптической мощности

16.3.1. Измерение обрывов оптоволоконна в ВОК, используя измерители оптической мощности

Обрыв жилы в ВОК происходит достаточно часто при установке ВОЛС. Симптомы этого события достаточно просты: нет сигнала на приемном конце кабеля. При поиске неисправности при этом задаются вопросом — что случилось, каковы возможные варианты? Ответов может быть несколько:

- нет светового сигнала на выходе передатчика;
- возник разрыв волокна, питающего удаленный приемник;
- приемник не работает.

Процесс тестирования, с целью установить обрыв волокна, очень похож на тестирование прохождения электрического сигнала, для тех, кто с этим сталкивался. Оно осуществляется с помощью вольтметра. На ВОЛС технические специалисты используют лампу вспышку или другие простые источники света, для того чтобы проверить, проходит ли свет через волокно на удаленный конец или нет. Предпочтительно использовать красный свет.

Если этот тест проводится с измерителем мощности, мы можем сказать сколько света прошло через волокно на удаленный его конец. Аналогично тесту с лампой вспышкой, нам нужен источник света. Идеально, нужно иметь калиброванный источник света с определенной длиной волны. Желательно использовать следующие длины волн: 850, 1300 или 1310, или 1550 нм. Дополнительно, было бы желательно использовать длины волн 780 и 1630 нм. Организация такого простого теста показана на рис. 16.1.

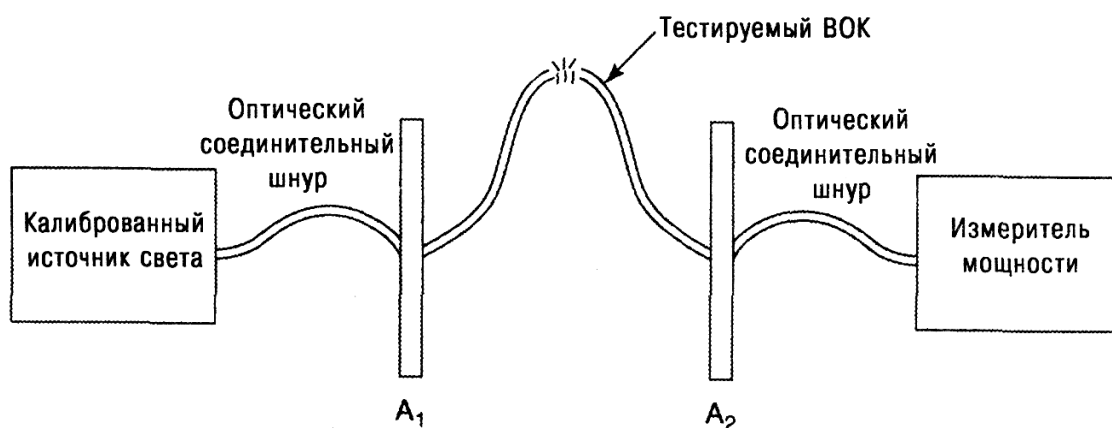


Рис. 16.1. Схема организации тестирования с измерителем мощности. A_1 и A_2 — оптические кроссовые панели.

В этом случае мы отсоединяем передатчик от кабеля и присоединяем его выход к измерителю мощности. Если показания в норме, то свет излучается передатчиком нормально и выход передатчика удовлетворяет спецификации (лежит в поле допуска). Двигаемся дальше до точки доступа,

ближайшей к выходному порту кабеля, и снова измеряем уровень оптической мощности. Показания измерителя мощности обычно считываются в дБм. Мы заметили, что последний измеренный уровень на 0,7 дБ ниже показаний на выходе передатчика. Исходя из расчета бюджета мощности, это соответствует ожидаемым потерям между выходом передатчика и точкой доступа (на кроссе или оптической кроссовой панели). Двигаясь дальше, соединяем измеритель мощности с точкой выхода оптического разъема приемника на удаленном конце. Убеждаемся, что сигнала нет. С большой долей вероятности делаем вывод, что налицо разрыв волокна в кабеле, где-то между передатчиком и оптическим разъемом приемника. Возникает вопрос: где произошел этот обрыв?

Если есть точки доступа к волокну, то аналогичный тест можно было бы провести последовательно приближаясь к точке, где есть световой сигнал. Снова нужно провести подсчеты, ориентируясь на схему расчета бюджета мощности и потери в элементах, расположенных до точки обнаружения сигнала. Разница между замеренным и рассчитанным должна лежать в пределах +5%. Двигаясь вдоль волокна и продолжая измерения последовательно во всех точках доступа, мы достигнем точки, где сигнал отсутствует. Теперь мы можем приблизительно оценить, где произошел обрыв.

Следуя этой методике и не проводя больше тестов, нам нужно вытянуть всю секцию кабеля и полностью заменить ее. Можно сэкономить много средств на резервных кабелях, если использовать OTDR, который позволит определить точку обрыва с точностью в несколько десятков сантиметров. Используя последующие тесты, мы определяем более точно точку обрыва, вытягиваем часть кабеля и свариваем.

16.4. Введение в оптическую рефлектометрию во временной области (OTDR)

В разделе 16.3 мы были, так сказать, в подвешенном состоянии. Мы знали, что в волокне есть разрыв, но не знали, где точно он возник. Используя OTDR, мы сможем точно установить, где произошел обрыв.

OTDR дает пользователю визуальное представление о характеристиках оптического волокна по его длине. Он представляет график на экране, где горизонтальная ось соответствует расстоянию по длине кабеля, а вертикальная ось - затуханию кабеля. При соответствующей настройке, дисплей OTDR может обеспечить пользователя такой информацией:

- местоположением аномалий (вдоль волокна);
- потерями в волокне;
- потерями на ссостке и потерями в разьеме;
- оптическими возвратными потерями.

Он обеспечивает самое полное представление о целостности волокна (кабеля).

Работа OTDR напоминает работу радара. Он посылает короткие световые импульсы и измеряет время, требуемое для получения отраженного сигнала. В случае радара, это может быть импульс, отраженный от корабля или самолета. В нашем случае OTDR излучает световой импульс, который распространяется вдоль волокна до тех пор, пока не встретит какое-то препятствие. Возвращенный сигнал состоит из обратно рассеянного света вдоль волокна (а) и света, отраженного от *дефектов* волокна, таких как разрывность показателя преломления на стыках секций, разрывы волокна и концы волокна. Оптические потери между двумя точками на волокне могут быть, косвенно, определены путем измерения разницы в мощности оптического сигнала, отраженного от этих двух точек. Типичная картина отраженного сигнала показана на рис. 16.2.

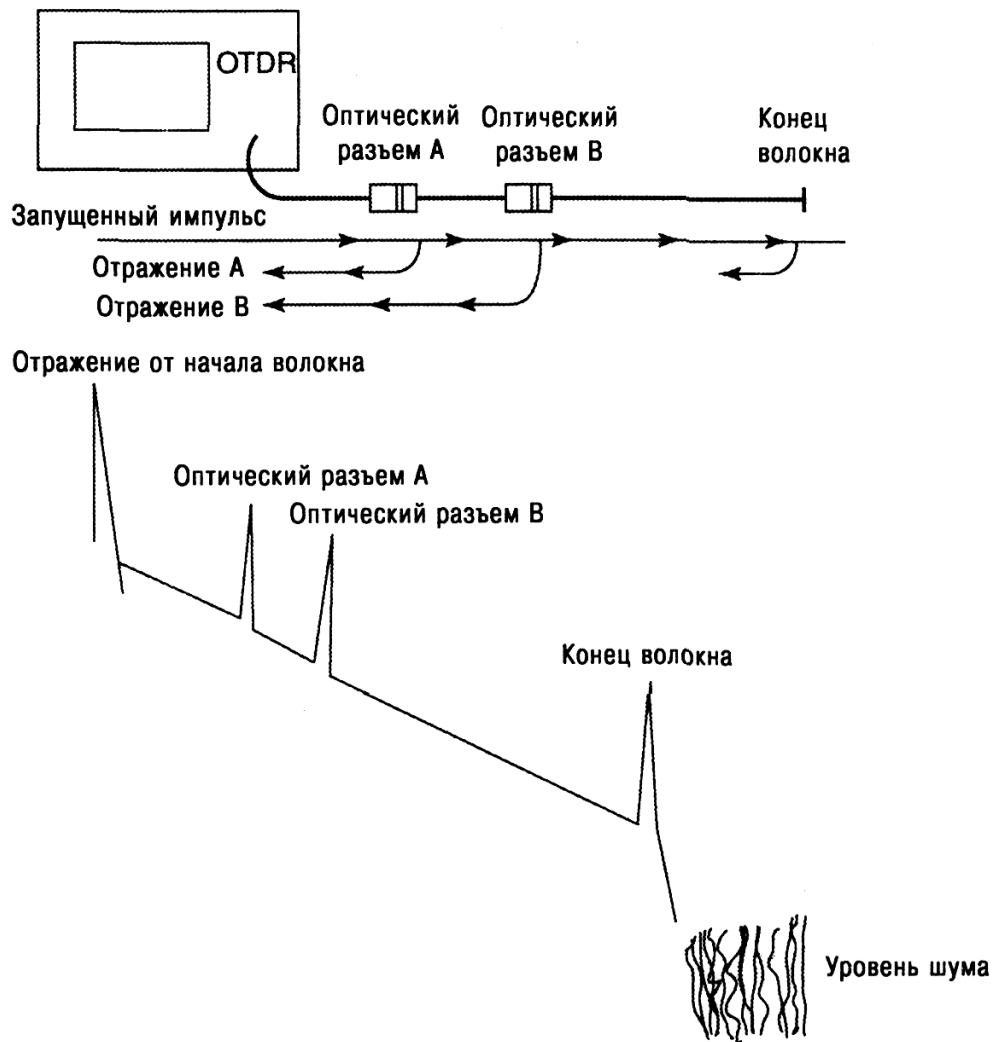


Рис. 16.2. Типовая схема использования OTDR для измерения на образце волокна с двумя концевыми оптическими разъемами. Верхняя часть рисунка показывает схему подключения OTDR, а нижняя — график затухания отраженного сигнала, воспроизведенного на экране OTDR.

Основная задача OTDR - измерять расстояние до мест обрыва волокна или других аномалий по длине кабеля. Зная показатель преломления сердцевины волокна (n) и время, требуемое для возврата отражения (T), в секундах, OTDR вычисляет расстояние D до дефекта, в метрах, используя следующее выражение:

$$D \text{ (метры)} = 3 \times 10^8 \times (T) / 2 \times (n) \quad (16.1)$$

Часто отраженный световой сигнал очень слаб и маскируется шумом приемной части OTDR. Вот почему OTDR посылает пачку импульсов. При-

емник в этой ситуации принимает пачку импульсов, вычисляет для нее среднее значение, после чего отображает след на экране дисплея. График такого следа показан на рис. 16.2.

OTDR представляет результаты своих измерений в форме следа (графика) затухания на дисплее. Отображенная информация представлена наклонными следами логарифма рассеянной мощности, принятой OTDR. Следует заметить, что наклон следа примерно равен затуханию волокна. Там, где есть сродки, разъемы или другие разрывы непрерывности волокна, их приблизительные потери можно оценить по величине вертикального смещения наклонных следов по разные стороны от стыка или разрыва непрерывности. Более аккуратные значения измерений указанных потерь можно получить, используя среднее двух измерений OTDR, проведенных с разных концов измеряемой линии. Можно убедиться, что OTDR является уникальным инструментом, позволяющим проводить измерения дефектов волокна, как в плане вносимых ими изменений оптической мощности, так и с точки зрения их расстояния до OTDR. На рис. 16.3 представлен вид графика отражений сигнала на дисплее OTDR. Идентифицируются разрывы непрерывности затухания.

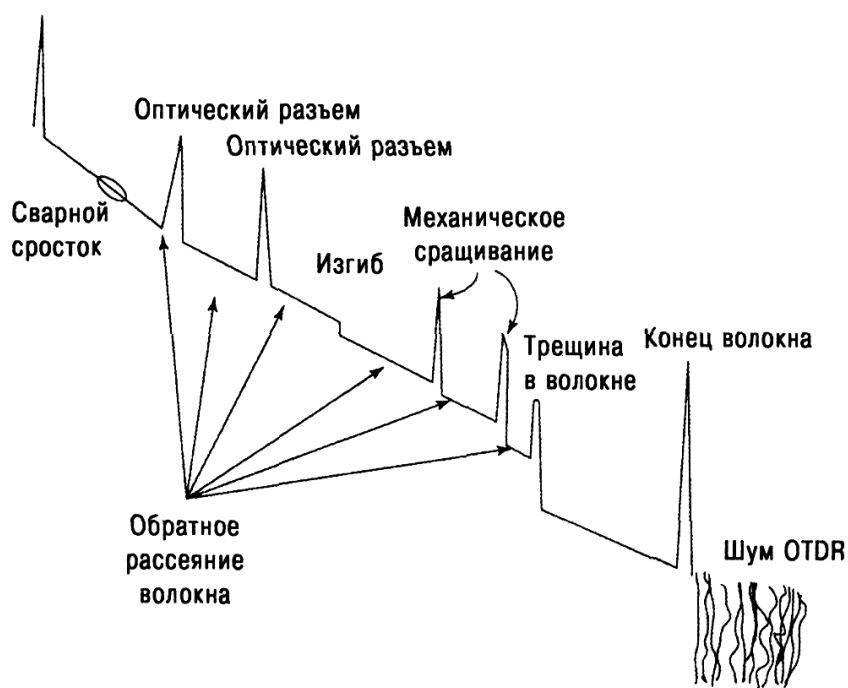


Рис. 16.3. Вид графика отражений сигнала на дисплее OTDR.

В целом по длине, волокно, отражающее свет, оставляет впечатление среды с откликом в виде прямой линии с постоянным наклоном. Постоянный наклон представляет аккумулярованное затухание волокна при прохождении по нему импульсов. Прямая линия представляет обратное рассеяние, характеризующее рассеяние от неоднородностей волокна. Вдоль следа наблюдаются ступеньки. *Ступенька* - это мгновенное изменение мощности. Большинство, если не почти все, из этих ступенек, видимые вдоль следа OTDR, представляют сварные сrostки. Ступенька также может быть результатом света, отраженного от микроизгиба волокна. В этой ситуации волокно может быть расплющено или строго согнуто (макроизгиб), так что какое-то количество света может быть потеряно, что приводит к потерям (затуханию).

На следе OTDR также видны пики, или острые выступы. Они представляют собой отражения, вызванные переходами через границу раздела сред: стекло-воздух, воздух-стекло. Можно ожидать появление таких пиков в местах механических сrostков или оптических разъемов. На конце волокна происходит возвращение света из шума. Этот шум в большинстве своем возникает благодаря приемнику, который имеет конечную чувствительность. Важным параметром OTDR является динамический диапазон. Он может быть определен, как разница между мощностью в начале обратного рассеяния, показанного в виде пика в начале следа, и мощностью у пика в самом конце следа (волокна), у границы шума.

Существует еще один предел на дисплее OTDR. Это так называемая мертвая зона ослабления, или просто *мертвая зона*. Этот предел описывает расстояние между началом пика и точкой, где он почти вернулся к уровню обратного рассеяния. Мертвая зона ограничивает разрешающую способность измерений. Оба эти параметра зависят от поведения приемника и от импульса, запущенного вдоль волокна при измерении. Они как будто гасят друг друга: чем лучше динамический диапазон, тем хуже мертвая зона, и наоборот.

Существуют четыре типа измерительного оборудования в рамках семейства OTDR:

1. Полнопрофильные OTDR;
2. Мини-OTDR;
3. Устройства поиска мест обрыва волокна;
4. Блоки удаленного тестирования.

Полнопрофильные OTDR являются обычными оптическими рефлектометрами во временной области, имеющими множество реализованных функций-особенностей. Они обычно имеют большой вес и меньше приспособлены для транспортировки, чем мини-OTDR или устройства поиска мест обрыва волокна. Их используют обычно в лаборатории или для сложных процедур поиска неисправностей в полевых условиях.

Мини-OTDR и устройства поиска мест обрыва волокна являются портативными устройствами, широко используемыми для поиска неисправностей в ВОЛС. Мини-OTDR (в силу специфики) имеют уменьшенное число реализованных функций-особенностей. Они дешевле и легче и меньше по размерам, но при этом позволяют выполнять все основные функции полнопрофильных устройств. Что касается устройств поиска мест обрыва волокна, то это ни что иное, как оптоэлектронная измерительная лента, которая может мерить расстояние до катастрофических дефектов волокна.

Полнопрофильные OTDR должны иметь возможность работать со следующими длинами волн: 850 и 1300 нм (многомодовое волокно), 1310 и 1550 нм (одномодовое волокно).

Можно ожидать, что OTDR обеспечит получение следующей информации о типичной ВОЛС или ее сегменте:

- типовые характеристики волокна (коэффициент затухания, коэффициент обратного рассеяния и др.);
- вносимые потери;
- отражательную способность;

- возвратные потери;
- расстояние между дефектами;
- расстояние и потери между терминальными точками.

Следующие два типа аномалий могут быть показаны на экране дисплея OTDR:

Ложный сигнал. Многие наблюдали такого типа сигналы (напр., двоение изображения) на экране ТВ. На экране дисплея может появиться ложный сигнал, которого фактически нет в наличии. Появление такого сигнала может быть вызвано как OTDR, так и волокном. Ложный сигнал может быть вызван многократными отражениями в обоих направлениях в волокне. Свет одного из таких отражений, попадая в OTDR с определенной задержкой, может вызвать появление ложного сигнала, рассматриваемого как дополнительный дефект. Интенсивность ложного сигнала можно снизить путем уменьшения отражательной способности оптических разъемов, или путем замены разъемов сварными сращениями. Типичный пик от ложного сигнала показан на рис. 16.4.

Можно также иметь ложные сигналы, если OTDR не настроен корректно. Если импульс 1 от OTDR еще распространяется по волокну, а импульс 2 запущен раньше того момента, когда импульс 1 покинул волокно, может появиться дополнительный (ложный) сигнал. Это происходит от того, что приемник OTDR видит эхо как от одного, так и от другого импульсов в одно и то же время и дополнительный импульс может появиться там, где его не ждут. Это можно устранить увеличением времени между запуском импульсов. Некоторые OTDR делают это автоматически.

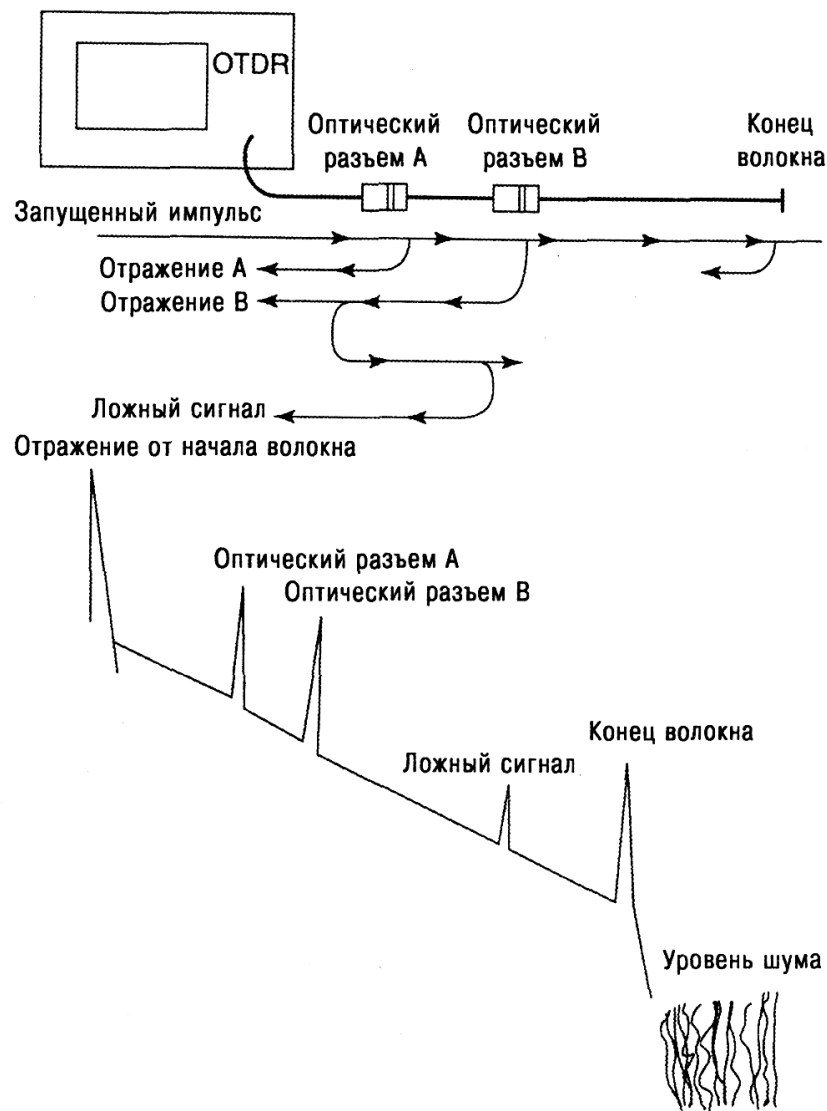


Рис. 16.4. Типичный пик от ложного сигнала

Эффект усиления. Этот эффект - еще один источник ошибок при использовании OTDR. Когда два различных типа волокна соединяются с помощью срутка или разъема, может возникнуть эффект усиления. Он появляется в точке стыка/сварки и наблюдается в виде возрастания амплитуды, а не спада, как должно быть. Этот эффект неприятен для персонала, занятого поиском неисправностей, так как им нужно мерить возникающие потери количественно. Два стыкуемых волокна имеют, вероятно, различные свойства. В результате, одно из волокон в стыке посылает обратно более сильное отраженное излучение, чем другое, приводя к ошибкам в измерении потерь.

Рис. 16.5 иллюстрирует эффект усиления на OTDR.

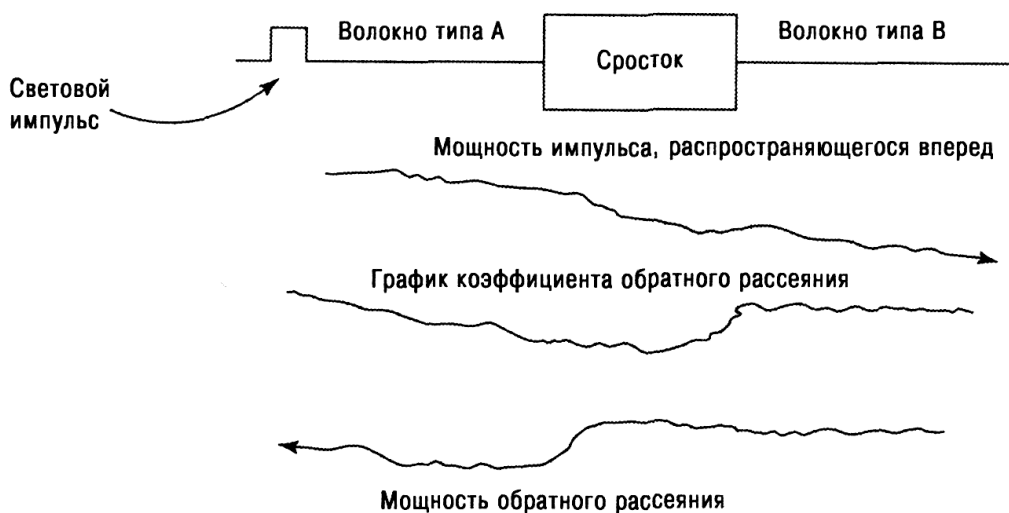


Рис. 16.5. Графики на дисплее OTDR, показывающие появление эффекта усиления. Стык, как видно на графике, усиливает свет. Вот почему этот эффект называется эффектом усиления.

Диапазон использования OTDR. Диапазон использования OTDR имеет максимум, который определяется динамическим диапазоном инструмента. Предположим, что производитель определил, что динамический диапазон (D) OTDR составляет 30 дБ на длине волны 1550 нм и что затухание волокна на этой длине волны $[L_{(дБ/км)}] = 0,25$ дБ/км, включая все сростки и разъемы. Каков при этом будет максимальный диапазон использования этого инструмента?

$$\begin{aligned} \text{Диапазон использования (км)} &= D_{(OTDR)(дБ)} / L_{(дБ/км)} = \\ &= 30 \text{ дБ} / 0,25 \text{ дБ/км} = 120 \text{ км} \end{aligned} \quad (16.2)$$

Чтобы преодолеть проблемы, связанные с мертвой зоной, рекомендуется проводить двусторонние измерения. С одного конца волокна технические специалисты будут измерять потери для идентификации дефектных точек и составление записей показаний. С противоположного конца того же волокна они будут измерять потери для тех же дефектных точек и делать аналогичные записи измерений. Следующий шаг — суммировать эти два показания для каждой точки и вычислить среднее

значение, которое более точно, чем одно из них.

Нужно быть аккуратным, когда в сооружениях используется волокно в свободной буферной трубке. В этом случае, длина волокна больше длины кабеля, что сказывается на точности измерений кабеля с помощью OTDR. Избыточная длина волокна в кабеле определяется не только за счет легкой пучковой укладки волокна внутри трубки, но и спиральной укладкой трубок вокруг центрального силового элемента. Производитель кабеля должен указать в спецификации это избыточное количество волокна в кабеле в виде процента от общей длины кабеля, измеренной по внешней оболочке. Показания OTDR должны быть отъюстированы по этому показателю.

Производитель оборудования должен также привести в спецификации показатель преломления волокна с точностью до четырех знаков. Прежде чем проводить какие-то измерения с помощью OTDR, его нужно настроить, введя это точное значение показателя преломления.

Ниже показан метод коррекции кабельной длины по избыточной длине волокна.

В выражении (16.3) приведено соотношение между длиной кабеля D_{cable} и длиной волокна D_{fiber} , полученной с помощью OTDR.

$$D_{\text{cable}} = D_{\text{fiber}} / (1 + \alpha/100) \quad (16.3)$$

где α = избыточное количество волокна в кабеле в процентах, указанное производителем кабеля.

Рассмотрим пример. Обслуживающий персонал определил показание расстояния до обрыва волокна по OTDR - 48,36 км. Производитель кабеля указал в спецификации процент избыточного волокна в кабеле - 5,4%. Для того чтобы определить истинное расстояние до точки обрыва волокна, персонал должен вычислить длину кабеля, измеренную по внешней оболочке. Применяя формулу (16.3), получаем [16.1, 16.2]:

$$D_{\text{cable}} = 48,36 / (1 + 0,054) = 45,88 \text{ км.}$$

1 6.5. Тестирование BER и другие процедуры тестирования ошибок

16.5.1. Понятие BERT

В цифровых сетях одним из наиболее важных параметров качества обслуживания (QoS) является BER. Если не рассматривать системы КТВ, то можно сказать, что ВОЛС передают исключительно цифровой трафик. Единственная возможность измерить BER - использовать электрический эквивалент светового сигнала. Поэтому, первым шагом в осуществлении тестирования BER является формирование электрического эквивалента светового сигнала путем использования детектора света в приемнике.

Сначала мы рассмотрим BER-тест без использования светового оборудования. Представим себе воображаемый тест, осуществляемый на части цифровой сети. Электрический сигнал может иметь форму сигнала сети SONET/ SDH или PDH (см. гл. 9). В этом случае лучше использовать поток DS1 (E1), так как в качестве этого потока может быть взят сервисный поток, этот же тип потока генерируется и BER-тестерами - 1536 (2048) кбит/с. В общем случае для теста используется *псевдослучайная двоичная последовательность* (PRBS). Если мы разорвем участок тестируемой сети и выведем некую последовательность бит, то она будет выглядеть как случайная последовательность. Можно показать, что использование случайного потока бит является наиболее надежным методом тестирования BER.

При тестировании на удаленном конце с использованием DS1 выхода мультиплексора можно применить петлю. Ее организация состоит в том, что мы берем демультиплексированный поток бит с выходного порта канала DS1 и подаем его во входной порт канала DS1 мультиплексора, передающего поток в обратном направлении. Эта процедура показана на рис. 16.6.

Канал приема, при использовании мультиплексора на ближнем конце линии, должен принять двоичный поток, на котором осуществляется замер BER. Словом «должен» мы подчеркиваем тот факт, что на линии при тести-

ровании не должно быть сбоев. Выход демультиплексора приемного канала соединен непосредственно с оборудованием тестирования BER, и показания BER-тестера считываются и записываются. Предполагая, что линия работает нормально, заметим, что существуют ряд показателей работоспособности системы, которые могут влиять на BER:

- выходная мощность передатчика;
- установка порога приемника на удаленном конце;
- установка выходной мощности передатчика на удаленном конце;
- установка порога приемника на ближнем конце;
- параметры регенератора, если он используется на тестируемой линии;
- параметры оптических усилителей, если они используются на тестируемой линии.

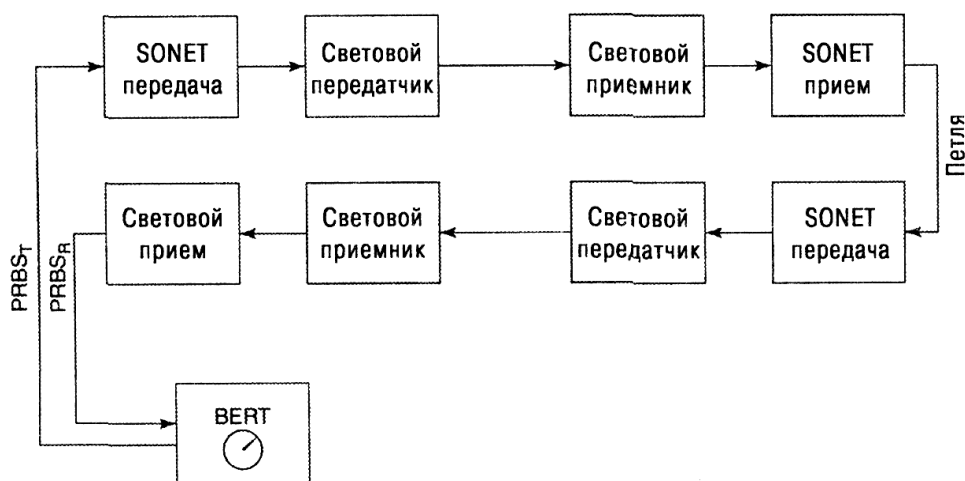


Рис. 16.6. Схема организации тестирования BER с применением петли (на удаленном конце).

Какой уровень BER требуется в соответствии со спецификацией линии? Где он будет измеряться? Пороги приемников устанавливаются в соответствии с этим значением. Было бы хорошо сравнить эти показания со значениями, используемыми в бюджете линии. Уровень BER должен быть где-то в районе 10^{-10} или 10^{-12} . Высокоскоростные линии, возможно, требуют лучших значений BER, скажем на уровне 10^{-15} . Под высокоскоростными мы понимаем скорости 10 и 40 Гбит/с. Если вы собираетесь проводить тестиро-

вание BER и вам требуется уровень BER порядка 10^{-15} , спросите себя: «Сколько я должен ждать (исходя из статистики) до момента появления первой ошибки?» Допустим, что скорость на линии 1 Мбит/с и требуемый уровень BER – 10^{-12} . Тогда ответ в секундах будет: $(1/\text{BER})/\text{Bit rate [с]}$ или $10^{12}/10^6 = 10^6$ с. Это соответствует 277 часам ($10^6/60/60=277$) или 11,57 дням. Это слишком долго и дорого. В этом смысле показатель 10^{-15} кажется избыточным, однако в кругу специалистов разговоры идут именно вокруг этой цифры. (В действительности для измерения BER обычно используется псевдослучайный сигнал со скоростью 2,048 Мбит/с, что в этом случае дает 5,657 дня. Для тестирования цифровых систем стандартами ITU-T предусмотрены интервалы: 12 часов, 1 сутки и 7 суток. Последняя цифра вполне покрывает полученное значение. Для оборудования (напр., SDH) со скоростями 10 Гбит/с, которое уже используется сегодня, BER устанавливается также на уровне не лучше 10^{-12} . (Прим. ред.)).

После консультации с бюджетом мощности ответственный инженер должен спросить: «Сколько дБ бюджетного запаса нужно истратить, чтобы достичь такого BER?» В случае, если линия несет несколько световых каналов (WDM), каждый канал должен измеряться идентично. При этом разница в уровне каналов не должна быть больше 2 дБ.

При тестировании BER могут устанавливаться и другие петли. Нужно помнить, что BERT — это электрический тест, и нам нужно использовать детектор света, чтобы перевести сигнал из оптической в электрическую область. Другие процедуры позволяют использовать собственный приемник линии. Это обязательно нужно для контроля окончательного значения BER линии.

Один из результатов наших рассуждений в том, что при небольшой изобретательности тестирование с установкой петли является прекрасным инструментом для исключения сбоев, имеющих место в оптоволоконных системах [16.3].

16.6. Оптические спектроанализаторы (OSA)

Оптический спектроанализатор отображает спектр оптического сигнала или сигналов. Его дисплей калибруется в дБм вдоль оси y (вертикальная ось) и в нанометрах (для отображения длины волны) по оси x (горизонтальная ось). OSA — один из наиболее широко используемых приборов для отладки систем WDM. Это единственный прибор для измерения отношения оптического сигнала к шуму (OSNR), особенно когда имеешь дело с DWDM. Измерения с использованием OSA могут включать, кроме OSNR, измерение мощности сигнала, уровней мощности отдельных длин волн в случае формирования WDM, ширины спектральной линии светового сигнала, длин волн и шага частотной сетки.

Используя OSA достаточно просто получить величину OSNR. Это отношение (или разность, когда величины используются в логарифмической форме (дБм)) между амплитудным значением мощности сигнала в канале и мощностью шума в полосе канала. Многие измерители мощности дают отношение сигнал/шум автоматически. В системах DWDM приемлемым, обычно, является среднее значение OSNR на уровне 18 дБ [16.4].

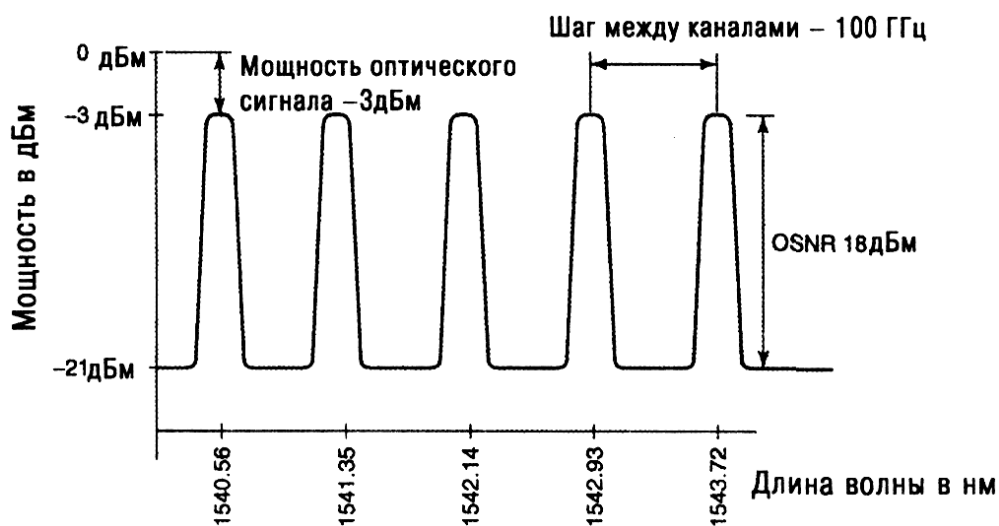


Рис. 16.7. Вид нескольких каналов WDM на экране OSA.

Выравненность уровня мощности передатчика в системах WDM является еще одним интересным параметром. Она обычно приводится как разность между уровнями мощности самого сильного и самого слабого каналов и не должна превышать 2 дБ. На рис. 16.7 показан вид экрана OSA, отображающий несколько сигналов WDM.

Прибор OSA, в комбинации с измерителем мощности и настраиваемым лазерным источником (TLS), может быть использован для измерения усиления ОУ типа EDFA (см. гл. 7).

Оптические анализаторы спектра могут быть разделены на три категории: первая — основана на дифракционных решетках, две других — на оптических интерферометрах, это анализаторы спектров на основе интерферометров Фабри-Перо и Майкельсона. Анализаторы спектра на основе дифракционных решеток способны измерять спектры лазеров и СИД. Разрешающая способность этих приборов, как правило, лежит в диапазоне 0,1-5/10 нм. OSA на основе интерферометра Фабри-Перо имеет фиксированную разрешающую способность по частоте порядка 100 МГц и 10 ГГц. Эта высокая разрешающая способность позволяет использовать их для анализа лазерного чирпа, но она ограничивает диапазон их измерений значительно больше, чем у OSA, основанных на дифракционных решетках. OSA на основе интерферометров Майкельсона используются для непосредственных измерений спектра дисплея, путем вычисления Фурье-преобразования измеренной интерференционной картины [16.2, 16.6].

16.7. Анализаторы световых сигналов

Анализаторы светового сигнала помогают пользователям измерять важные характеристики ВОСП, такие как амплитуда сигнала, полоса модуляции, искажения сигнала, шум и эффекты, связанные с отражением света. Если измерения проводятся с использованием оптического

интерферометра, анализатор светового сигнала позволяет также измерять ширину полосы излучения, чирп и ЧМ-модуляцию одночастотных лазеров.

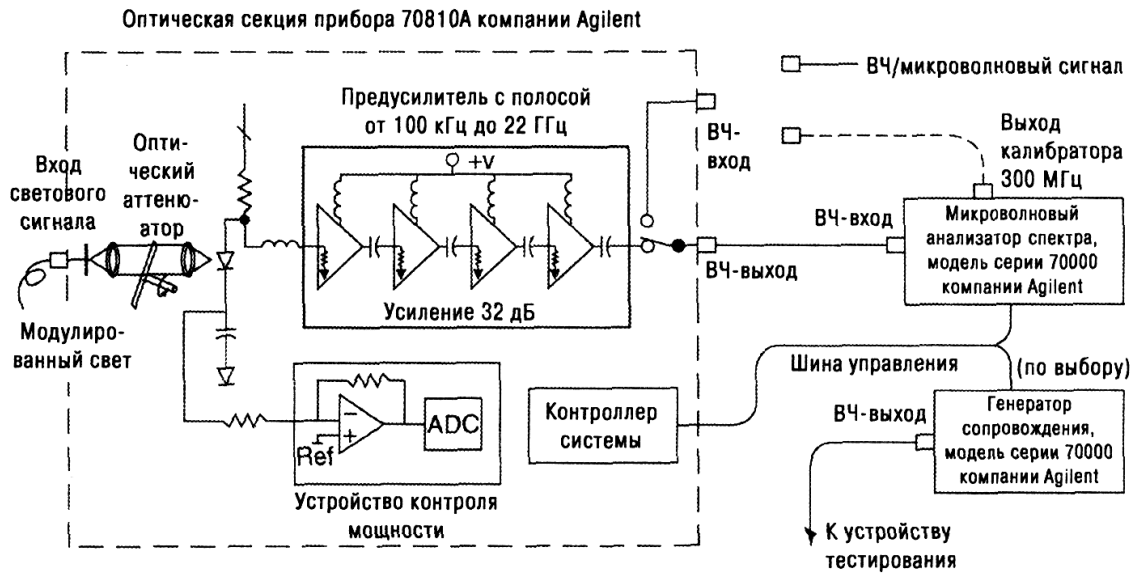


Рис. 16.8. Система анализа светового сигнала. (См. источник [16.5], рис. П., с. 18)

На рис. 16.8 приведена блок-схема анализатора светового сигнала модели 70810А компании Agilent. Он состоит из фотоприемного модуля, а также других встраиваемых модулей измерительной системы серии Agilent 70000.

Модулированный свет поступает в оптическую секцию приемника через одномодовое волокно и оптический разъем на передней панели. Затем сигнал коллимируется и фокусируется на PIN-фотодетекторе. Коллимированный луч проходит через оптический аттенюатор, который управляется с шагом в 1 дБ в диапазоне 30 дБ. Аттенюатор может быть использован для снижения перегрузки на входе.

Приемник генерирует DC- и AC-фототок. DC-фототок направляется в схему устройства контроля мощности. Эта схема измеряет интегрированную или среднюю оптическую мощность. AC-фототок направляется в схему предусилителя с полосой 100 кГц-22 ГГц и входным импедансом 50 Ом. Предусилитель имеет коэффициент усиления 32 дБ, что позволяет улучшить

чувствительность анализатора. В процессе производства измеряется объединенная частотная характеристика фотодетектора, предусилителя и спектроанализатора.

Калибровка и корреляционные данные о сотнях точек частотных выборок в диапазоне 100 кГц-22 ГГц хранятся в анализаторе и используются для коррекции измерений. Используя их, контроллер системы корректирует каждое измерение модулированного светового сигнала для всех частот в полосе 100 кГц-22 МГц, прежде чем отобразить информацию на дисплее.

Спектроанализатор имеет также *трекинг-генератор*. Он может быть использован для создания источника модуляции с разверткой, частота которого синхронизируется с разверткой спектроанализатора. С помощью этого генератора, систему можно использовать для проведения измерений частотной характеристики источников света и детекторов.

Анализатор светового сигнала в оптическом режиме дает возможность пользователю измерять следующие параметры:

- оптическую или выделенную детектором электрическую среднюю мощность;
- модулированную оптическую или выделенную детектором электрическую мощность;
- относительный уровень мощности (P_{MOD}/P_{AVG});
- интенсивность оптического или выделенного детектором электрического шума;
- входную мощность эквивалентного шума (NEP) измерительного устройства;
- относительную интенсивность шума, или RIN, независимо от выбора режима работы;
- оптическую или электрическую ширину полосы в дБ.

16.8. Оптические каналы супервизорного контроля

Оптический канал супервизорного контроля (OSC) является выделенным каналом, используемым для обнаружения отказов или любых существенных изменений в системе. На обычных ВОЛС большинство важных тестов осуществляется с перерывом доставляющего сервис трафика. Канал OSC передает соответствующие тесты и сигналы управления непрерывно. Нужно обеспечить непрерывность работы канала OSC на линии или сети, так как эти каналы несут управляющую информацию. По этой причине для канала OSC обычно назначается отдельная длина волны, не зависящая от агрегатных каналов DWDM.

Канал OSC не используется для рутинного тестирования системных элементов или для отправки оперативных сообщений. Концепция канала состоит в том, чтобы постоянно мониторить систему и иметь представление о текущем поведении системы. Надежно функционирующий канал OSC является обязательным и жизненно важным для контроллера системы и системы управления NOCC, позволяющим гарантировать качество передачи в сети и наиболее эффективное использование сетевых ресурсов. Если канал OSC обнаружит сбой или серьезное изменение в уровне производительности, он информирует об этом систему управления NOCC.

Благодаря важности непрерывного обслуживания канала OSC, его длина волны обычно выбирается за пределами полосы пропускания ОУ типа EDFA, либо слева (1525 нм), либо справа (1610 нм) от этой полосы. Эти две длины волны лежат за пределами окна прозрачности 1550 нм, но в то же время достаточно близко, чтобы отслеживать те же явления, которые способствуют появлению отказов. Устройства и оборудование мониторинга канала OSC, как правило, поставляется производителями, что накладывает определенную специфику. Это относится и к различным служебным каналам, используемым для технического обслуживания.

Другая идея состоит в том, чтобы использовать конфигурацию каналов

STS-1 SONET (или STM-1 SDH) для обеспечения служебной телефонной связи вдоль всей линии. По крайней мере канал 64 кбит/с должен быть доступен системе диспетчерского/супервизорного управления и сбора данных (SCADA). Доступ из этой системы к каждому сетевому элементу (NE) очень полезен для технических специалистов, так как позволяет осуществлять мониторинг системы до уровня отдельных карт. Канал 64 кбит/с мог бы быть доступен для организации непрерывного тестирования BER каждой линии, образуя еще один канал для тестирования системного BER. Это было бы хорошим дополнением возможностям внутреннего мониторинга, заложенным в технологии SONET/SDH.