

# ИЗМЕРЕНИЯ В ВОСП

## НОВЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЛС ТОПАЗ-7000-R



**Зуев И.А.**  
инженер НПК  
«СвязьСервис»

Бурный рост оптоволоконных локальных сетей вызвал потребность в измерении параметров коротких линий. Возросла необходимость в доступных приборах хорошего качества, позволяющих измерять параметры таких линий.

Существует два подхода к измерению оптических потерь: с помощью рефлектометра и с помощью измерителя мощности. Первый более универсален, так как позволяет получить распределение потерь и коэффициенты отражения вдоль линии. С помощью второго можно измерять только полные потери в линии и наличие сигнала. Рефлектометр более сложен в использовании, и его стоимость, как правило, в несколько раз выше стоимости измерителя.

С точки зрения практического использования измерительные приборы должны быть доступны широкому кругу пользователей по удобству эксплуатации и цене. Оснащение такими приборами монтажных бригад, работающих с волоконной оптикой, является необходимым условием грамотного и качественного монтажа и эксплуатации оптических кабельных систем.

Научно-производственная компания «Связь-Сервис» разработала и выпускает приборы серии **ТОПАЗ-7000**, в которую входят источники оптического излучения, измерители оптической мощности

и многофункциональные оптические тестеры, позволяющие измерять как полные потери в линии, так и расстояние до обрыва, затухание в линии с одного конца и коэффициент обратного отражения (**ТОПАЗ-7000-L**). Эти приборы имеют небольшие габариты и невысокую стоимость.

В начале 2008 года группой инженеров компании НПК «СвязьСервис» был разработан новый прибор этой серии - многофункциональный оптический тестер, в котором реализован оптический импульсный рефлектометр (OTDR) - **ТОПАЗ-7000-R** (рис. 1). Кроме рефлектометра в приборе имеется источник оптического излучения и измеритель оптической мощности.

Рефлектометр построен по классической схеме (рис. 2), используемой в большинстве современных оптических рефлектометров.

Короткий оптический импульс мощного лазера через одно плечо направленного ответвителя поступает в исследуемую линию связи. Обратный сигнал, состоящий из отражения от больших дефектов (френелевское отражение) и релеевского рассеяния (сигнал обратного рассеяния), через второе плечо ответвителя поступает на высокочувствительный фотодиод, преобразующий оптический сигнал в электрический. После усиления и выделения из шумов полезного сигнала обратного рассеяния, его обрабатывают (логарифмируют) в микроконтроллере, который выводит результат на дисплей. Отражающие неоднородности, такие как разъемные соединения волокон, торец волокна, трещины или обрыв, будут отображены на рефлектограмме в виде узких импульсов. Неотражающие неоднородности (сварные соединения и изогнутые участки волокон) - в виде изгибов рефлектограммы. Участки между неоднородностями - в виде прямых линий (рис.3).

Мощность сигнала обратного рассеяния, поступающего на фотодиод, на начальном участке измеряемой линии определяется выражением:

$$P_{OP} = -86 \text{ дБ} + 10 \log(\tau) + P_{ЗИ} \quad (1)$$

где:  $\tau$  - длительность импульса в нс;  
 $P_{ЗИ}$  - мощность зондирующего импульса (дБм).

При выходной мощности лазера 100 мВт (+20 дБм) и длительности зондирующего импульса 1мкс сигнал обратного рассеяния на начальном участке составит -36 дБм. Очевидно, что для получения больших сигналов обратного рассеяния следует создавать мощный зондирующий импульс. Мощность современных лазеров может достигать 200 мВт и более, но с увеличением мощности лазера значительно возрастает и его стоимость. Учитывая то, что прибор предназначен для измерения параметров преимущественно локальных сетей, в **ТОПАЗ-7000-R** используется лазер мощностью 40 мВт, что является достаточным для измерения затухания линий протяженностью до 30 - 50 км. Отражение от больших неоднородностей (френелевское отражение) на несколько порядков мощнее сигнала обратного рассеяния, поэтому прибор может определять повреждения линий больших протяженностей (более 100 км).

Для преобразования оптического сигнала в электрический используется фотодиод, основными характеристиками которого является чувстви-

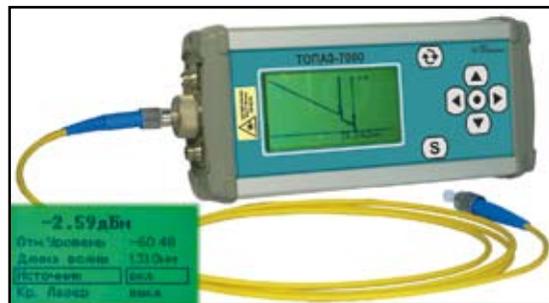


Рис. 1. Внешний вид прибора

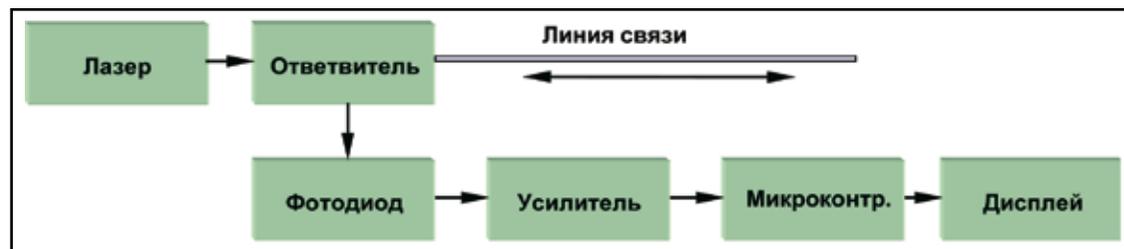


Рис. 2. Упрощенная структурная схема оптического рефлектометра



Рис. 3. Типичная рефлектограмма линии

тельность, быстродействие и уровень собственных шумов. Среди разновидностей фотодиодов можно выделить два: р-і-п-фотодиод и лавинный фотодиод. Лавинный фотодиод обладает уникальной чувствительностью, но его параметры имеют сильную зависимость от температуры, и для его работы требуется высокое стабилизированное напряжение порядка 50 В. Поэтому применение лавинного фотодиода потребует усложнения схемы прибора, а следовательно и его стоимости. При разработке прибора было принято решение использовать р і п фотодиод, который, обладая достаточно хорошей чувствительностью и быстродействием, значительно дешевле лавинного фотодиода. Изменение температуры практически не влияет на его параметры, что важно для прибора, используемого в полевых условиях.

Важнейшим узлом рефлектометра, влияющим на все его параметры, является усилитель, к которому предъявляются особые требования.

В нашем приборе разработан малощумящий усилитель с большим коэффициентом усиления, обеспечивающий наилучшее соотношение сигнал-шум при необходимых параметрах быстродействия и невысокой стоимости. Для снижения влияния межблочных помех усилитель экранирован.

Усилитель должен обладать высоким быстродействием. Этот параметр напрямую влияет на величину мертвых зон и пространственное разрешение прибора.

Пространственное разрешение определяется минимальным расстоянием между двумя локальными неоднородностями, которые наблюдаются на рефлектограмме раздельно. Оно определяется выражением:

$$\Delta l = \frac{c \cdot t_u}{2n_1} \quad (2)$$

где  $t_u$  – длительности зондирующего импульса,  $n_1$  – показатель преломления среды,  $c$  – скорость света в вакууме.

Недостаточная полоса пропускания усилителя приводит к искажению отраженных импульсов и, следовательно, к ухудшению пространственного разрешения. Для улучшения пространственного разрешения в ближней зоне линии связи необходимо уменьшать длительность зондирующего импульса и не допускать насыщения усилителя, уменьшая мощность зондирующего импульса или коэффициент передачи усилителя.

На рефлектограмме мертвая зона возникает на участке, следующем за крупной отражающей неоднородностью, сигнал от которой вводит усилитель в насыщение. Отраженный импульс расширяется, и, пока усилитель не выйдет из насыщения, дру-

гие неоднородности обнаружить нельзя. Ширина импульса определяет ширину мертвой зоны рефлектометра. Поэтому очень важно, чтобы качество входного разъема соответствовало необходимым требованиям. Различают два типа мертвых зон: по обратному рассеянию (по затуханию) и по отражению (по событию). Определение мертвых зон показано на рис. 4.

Мертвая зона по затуханию характеризует минимальное расстояние, на котором можно измерить сигнал обратного рассеяния, а следовательно, величину затухания стыка без отражения.

Мертвая зона по событию определяет минимальное расстояние, на котором будут различимы две соседние отражающие неоднородности. В приборе **ТОПАЗ-7000-R** удалось достичь величины мертвой зоны 5 м по событию и 30 м по затуханию.

Другой важный параметр рефлектометра – динамический диапазон, который определяется как разница между уровнем сигнала обратного рассеяния в начале рефлектограммы и пиковым значением шума в отсутствие сигнала (рис. 5).

Для расширения динамического диапазона необходимо увеличить соотношение сигнал шум. Для этого увеличивают число накоплений и время измерения. Так, при увеличении числа накоплений (времени усреднения) в 100 раз (от  $t_1 = 1$  с до  $t_2 = 100$  с) динамический диапазон увеличивается на

$$2.5 \log(t_2/t_1) = 5 \text{ дБ} \quad (3)$$

Отметим, что время измерения по этому выражению будет определяться при параллельном накоплении сигнала обратного рассеяния во всех точках рефлектограммы (параллельное накопление). Это наиболее эффективное (быстрое) накопление. Однако оно требует использования быстродействующей, а следовательно, дорогой элементной базы для накопителя. Это затрудняет использование параллельного накопления для малогабаритных полевых рефлектометров. Рефлектометры предыдущих поколений использовали последовательное накопление, когда за один период зондирования измеряется сигнал обратного рассеяния только в одной точке рефлектограммы. В этом случае время измерения возрастает в  $M$  раз, где  $M$  – число точек на рефлектограмме. Для уменьшения времени измерения число точек необходимо уменьшать. С другой стороны, число точек должно быть достаточным для обнаружения отражающих неоднородностей. В **ТОПАЗ-7000-R** используется параллельно-последовательное накопление, как компромиссный вариант между скоростью и временем накопления. Параллельно-последовательное накопление, заключается в том, что за один проход происходит измерение не во всех точках сразу, а только

определенной части. За следующий проход – другой части. Это позволило значительно снизить требования к быстродействию накопителя. Максимальное время накопления при этом не превышает 3 минуты.

Чтобы уменьшить стоимость прибора и увеличить время его автономной работы, в рефлектометре используется монохромный жидкокристаллический дисплей с разрешением 128x64 точек. Он позволяет оператору оценить снятую рефлектограмму и выполнить простые измерения. Полноценную рефлектограмму можно посмотреть на компьютере.

Для работы на длинных линиях необходимо увеличение динамического диапазона путем увеличения длительности зондирующего импульса, что приводит к ухудшению пространственного разрешения. Для различения двух соседних неоднородностей надо использовать зондирующий импульс меньшей длительности. Поэтому в приборе **ТОПАЗ-7000-R** реализовано четыре режима измерения: три основных режима, при которых выбирается оптимальная длительность импульса в зависимости от длины линии, а пользователь может менять только время накопления (количество точек усреднения), и ручной режим, при котором пользователь самостоятельно выбирает длину линии, длительность импульса и время измерения. Это дает возможность удобно и быстро определять интересные параметры линии.

Прибор **ТОПАЗ-7000-R** предназначен для использования в жестких условиях прокладки и эксплуатации волоконно-оптических кабелей. Область применения данного рефлектометра – тестирование параметров волокна в магистральных и локальных сетях. Прибор позволяет измерять линии длиной до 80 км, длительностью импульса от 150 нс до 10000 нс. Динамический диапазон не менее 20 дБ, при этом минимальное пространственное разрешение не хуже 5 м. Данный прибор является уникальным инструментом, обеспечивающим функции полноценного оптического рефлектометра в компактном прочном корпусе. Прибор **ТОПАЗ-7000-R** позволяет определить такие характеристики волоконно-оптических кабелей, как потери в разъемных и сварных соединениях, обнаружить обрывы и изгибы, а использование его позволит обеспечить качественное обслуживание волоконно-оптических линий. ☐

#### Литература

1. Листвин А.В., Листвин В.Н., *Рефлектометрия оптических волокон*, Москва, «ЛЕСАР арт», 2005.
2. Beller J. *OTDRs and backscatter measurements. In «Fiber optics test and measurements», edited by Derickson D., New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1998.*

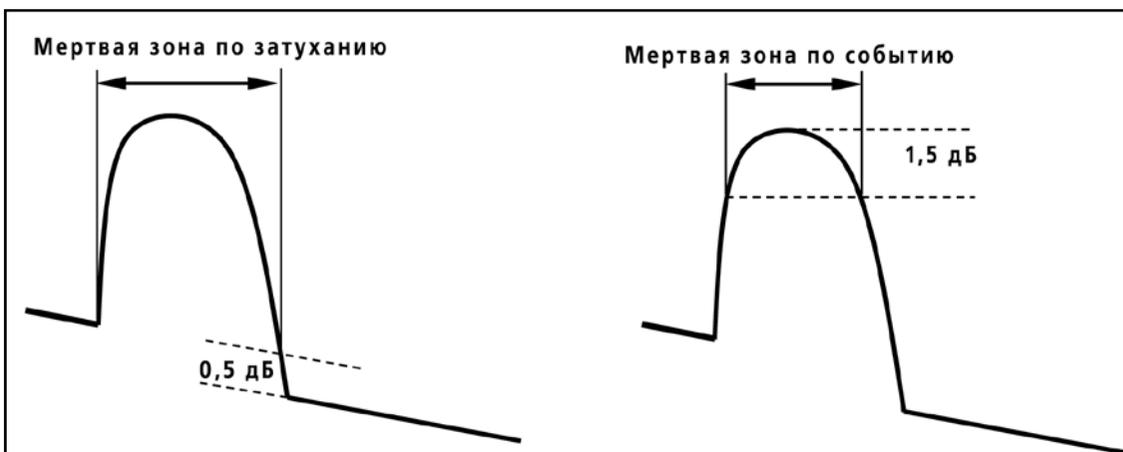


Рис. 4. Определение мертвых зон

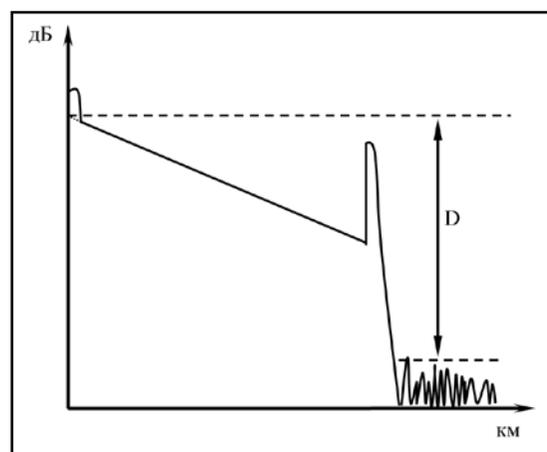


Рис. 5. Определение динамического диапазона D