

3.3. Оптический рефлектометр обратного рассеяния OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)



ANDO AQ 7250



Anritsu MW 9060A



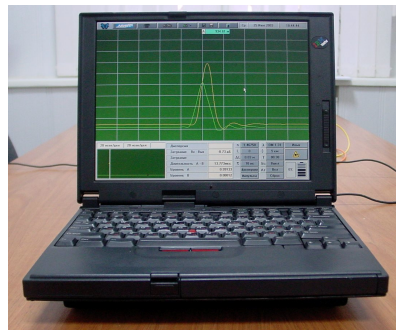
CMA 4000



FTB EXFO

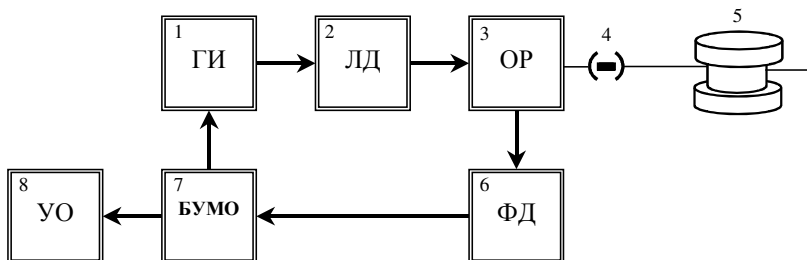


340 OTDR Plus™

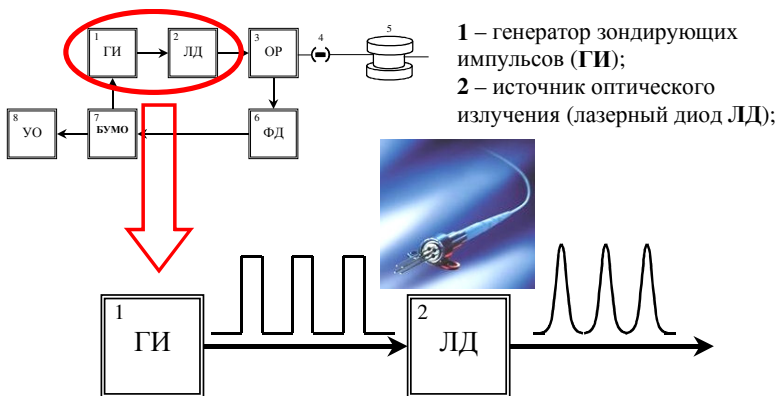


M02040 Avics

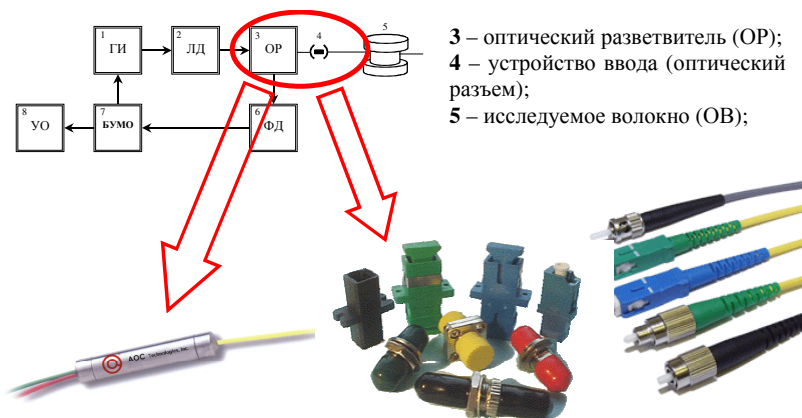
Структурная схема OTDR:



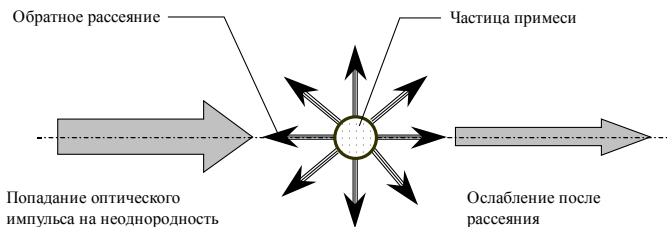
- 1 – генератор зондирующих импульсов (ГИ);
- 2 – источник оптического излучения (ЛД);
- 3 – оптический разветвитель (ОР);
- 4 – исследуемое волокно (ОВ);
- 5 – фотоприемное устройство (ФП);
- 6 – блок управления математической обработки (БУМО);
- 7 – устройство отображения (УО).



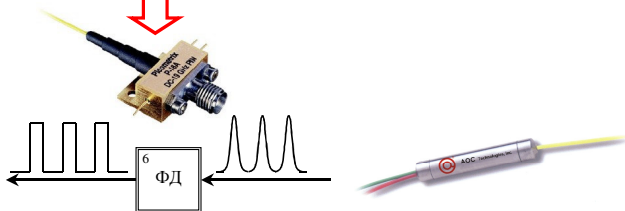
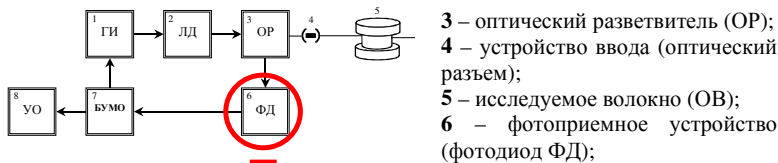
ГИ (1) вырабатывает импульсы, которые затем преобразуются в ЛД (2) в оптические зондирующие импульсы путем модуляции оптической несущей по интенсивности.



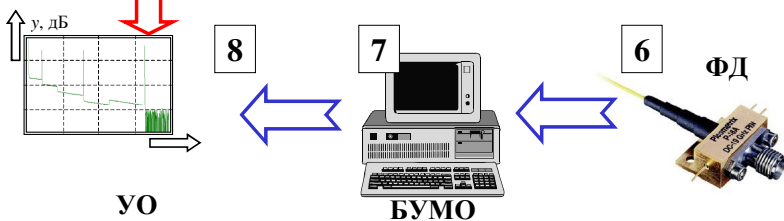
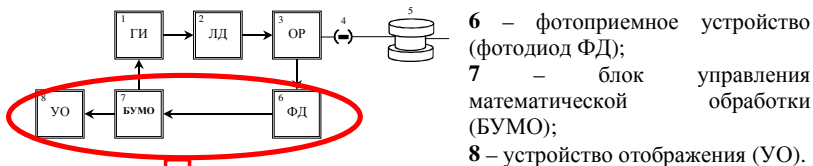
Зондирующие импульсы через ОР Y-типа (3), устройство ввода (оптический разъем 4) поступают в исследуемое ОВ (5).



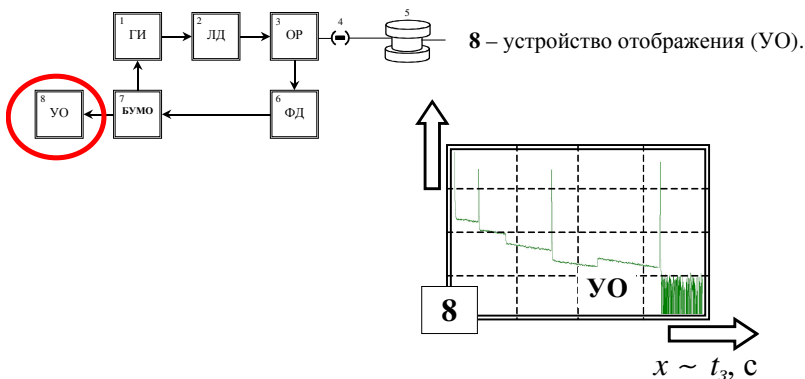
Из-за флуктуаций показателя преломления сердцевины вдоль ОВ, отражений от рассеянных и локальных неоднородностей, распределенных по всей длине ОВ, возникает поток обратного рассеяния.



Поток обратного рассеяния через ОР поступает на вход чувствительного ФП, где преобразуется в электрический сигнал.



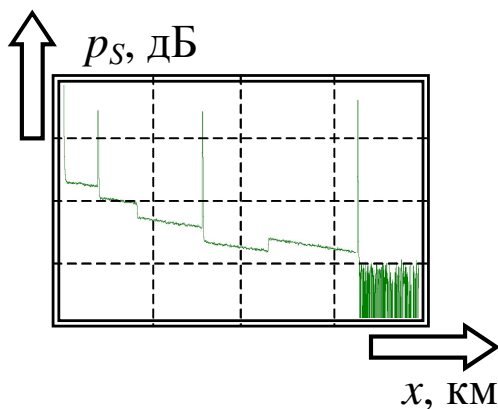
Сигнал с выхода ФП после специальной обработки в БУМО подается в канал вертикального отклонения УО, вызывая соответствующие изменения характеристики по вертикальной оси Y. Вертикальная ось градуируется в дБ.



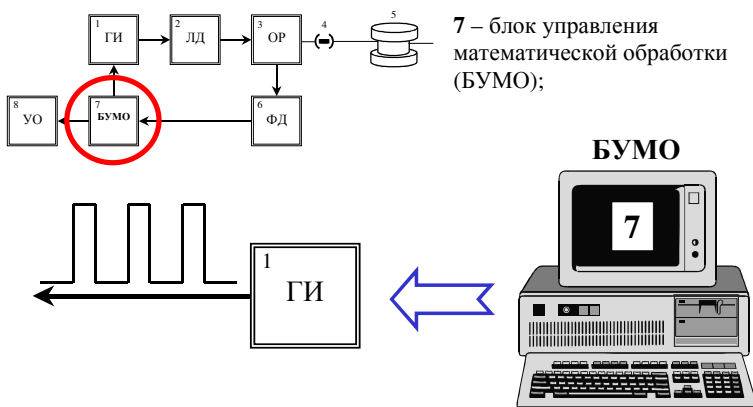
Отклонение по горизонтальной оси X происходит под действием пилообразного напряжения развертки, которая запускается импульсами ГИ.

В результате этого абсцисса характеристики прямо пропорциональна времени задержки сигнала относительно момента послыки зондирующего импульса.

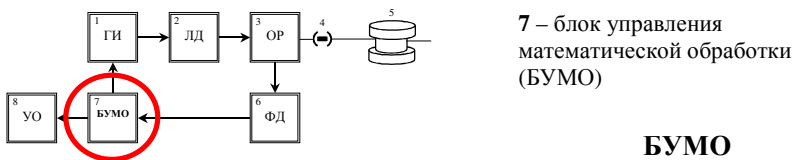
Поскольку групповой показатель преломления сердцевины, а значит, и групповая скорость распространения оптического сигнала в ОВ известны, горизонтальная ось X градуируется в единицах длины.



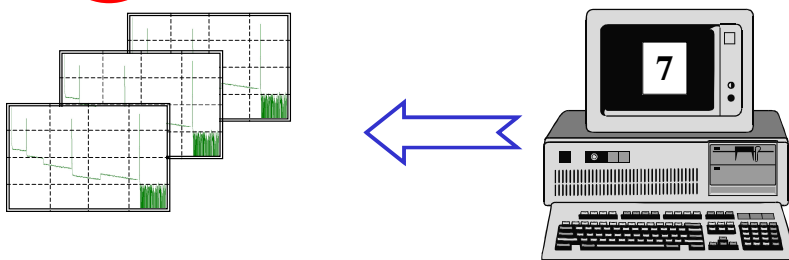
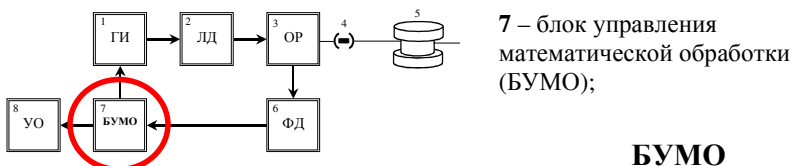
Построенная зависимость уровня потока обратного рассеяния от расстояния (времени) называется характеристикой обратного рассеяния или рефлектограммой.



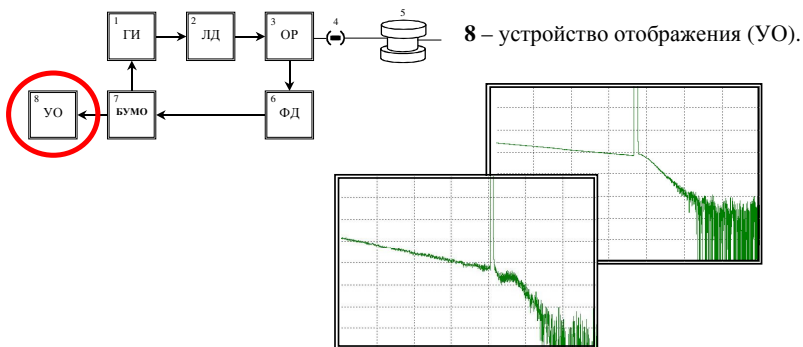
БУМО согласовывает работу ГИ и УО, синхронизируя запуск генератора развертки импульсами ГИ



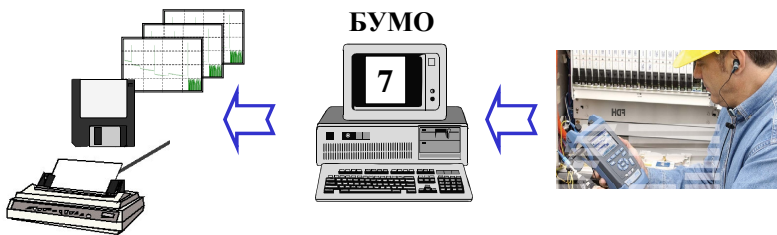
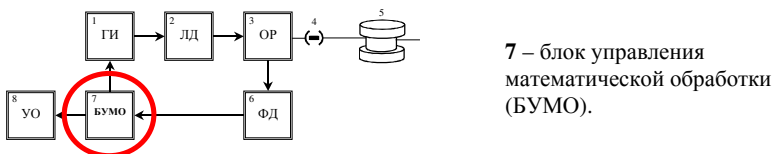
БУМО создает возможность наблюдения рефлектограммы полностью или по фрагментам (масштабирование).



Также БУМО обеспечивает регистрацию и занесение в память реализаций зависимостей мощности обратного рассеяния от времени и их усреднение.

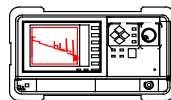


При этом на УО либо последовательно выводятся регистрируемые реализации характеристики обратного рассеяния (режим «реального времени»), либо, после заданного числа усреднений (времени усреднения), усредненная рефлектограмма.



БУМО осуществляет управление работой OTDR по заданной программе, обработку данных, а также ряд сервисных функций (работа с файлами, печать и т.п.)

3.4. Параметры OTDR



К основным параметрам оптических рефлектометров, правильный выбор которых позволяет оптимизировать режим измерений, относятся:

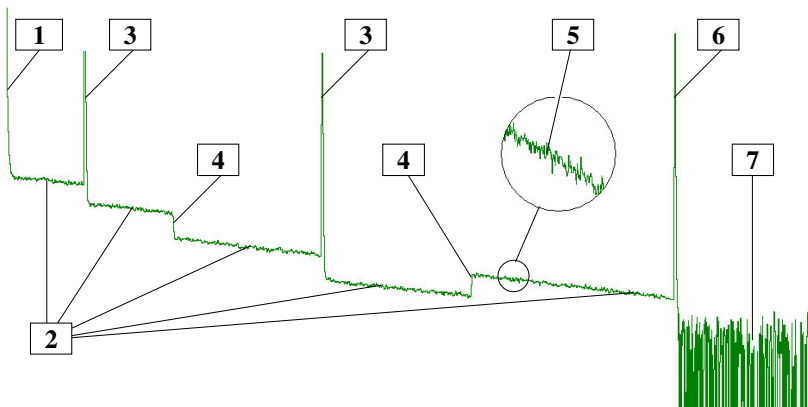
- динамический диапазон;
- «мертвая» зона;
- разрешающая способность.

3.5. Идентификация рефлектограмм

Принцип действия OTDR, работающих во временной области, основан на зондировании волокон оптическими импульсами и прямых измерениях зависимости уровня мощности потока обратного рассеяния от времени.

Эта зависимость называется характеристикой обратного рассеяния или рефлектограмма. При этом ось ординат градуируется в дБм, а ось абсцисс – в единицах длины (км).

Одной из основных операций при работе с OTDR является идентификация рефлектограммы. При этом производят сопоставление изменений характеристики обратного рассеяния с вызвавшими их причинами – «событиями».



1 – начальный выброс уровня обратного потока оптической мощности, обусловленный Френелевским отражением;

2 – участки рефлектограммы, соответствующие квазирегулярным участкам ОВ, на которых нет отражений, а изменения уровня мощности обратного потока обусловлены потерями за счет поглощения и Рэлеевского рассеяния;

3 – изменение мощности потока обратного рассеяния за счет отражения и потерь на локальной неоднородности с отражением (соединения на оптических разъемах и механических соединителях, микротрещины);

4 – изменения мощности потока обратного рассеяния на локальной неоднородности без отражений (сварное соединение, изгиб ОВ);

5 – изменения мощности потока обратного рассеяния из-за внутренних неоднородностей ОВ, обусловленных флуктуациями показателя преломления и конструктивных параметров ОВ;

6 – выброс уровня обратного потока оптической мощности, обусловленный Френелевским отражением от конца ОВ;

7 – шумы фотоприемника.

3.5. Алгоритмы вычисления характеристик ВОЛП

В общем случае алгоритм определения параметров ВОЛП по характеристике обратного рассеяния включает последовательность следующих операций:

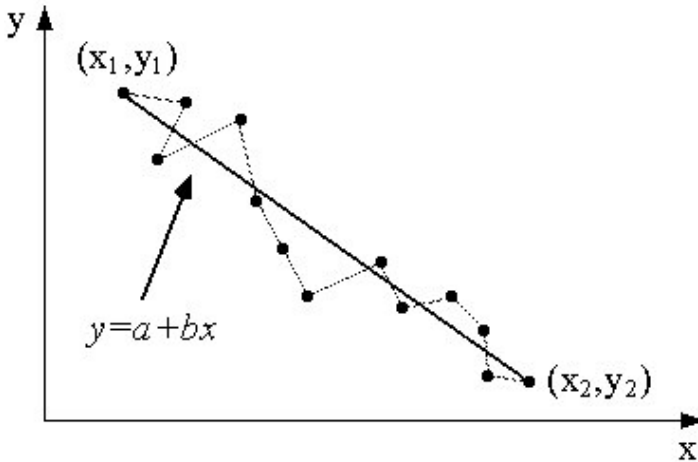
- Выделение «неискаженных», «квазирегулярных» участков и аппроксимация их линейными зависимостями;
- Прогноз поведения рефлектограммы на участках с неоднородностями на основе результатов линейной аппроксимации прилегающих «квазирегулярных» участков;
- Расчет искомых параметров ВОЛП по полученным теоретическим зависимостям;
- Выделение искаженных участков рефлектограммы, соответствующих локальным неоднородностям линии и определения расстояния до них.

Аппроксимация «квазирегулярных» участков осуществляется на основе соотношения:

$$P = y(x) = a + b \cdot x$$

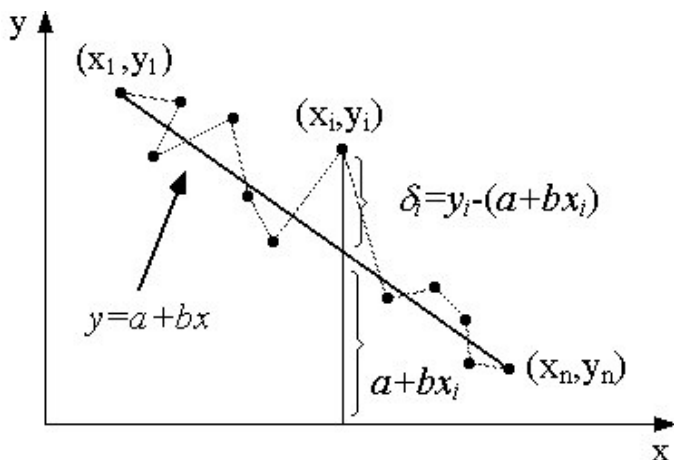
при этом b – коэффициент затухания ОВ на аппроксимируемом квазирегулярном участке.

Параметры аппроксимации определяются либо методом двух точек (2РА, ТРА), либо методом наименьших квадратов (LSA).

Метод двух точек:

$$a = y_1 ,$$
$$b = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} ,$$

где y_1, y_2 - уровни мощности обратнорассеянного потока в выбранных измерителем точках x_1, x_2 , соответственно.

Метод наименьших квадратов:

Исследуемый участок рефлектограммы между выбранными точками с координатами (x_1, y_1) и (x_n, y_n) разбивается на $(n-1)$ интервал и по рефлектограмме определяются значения (x_i, y_i) для каждой границы интервалов (x_1, y_1) , (x_2, y_2) ... (x_n, y_n) .

Параметры аппроксимации a , b получают из условия минимума значения суммы S квадратов отклонений Δ_i теоретической и экспериментальной кривой:

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta_i^2 = (y_1 - a - bx_1) + (y_2 - a - bx_2) + \dots + (y_n - a - bx_n)$$

путем решения системы уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial b} = 0 \end{cases},$$

которая описывает условия минимума величины S .

Решение данной системы уравнений записывается в виде:

$$a = \frac{\overline{y} \sum_{i=1}^n (x_i)^2 - \overline{x} \sum_{i=1}^n (x_i y_i)}{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 - n(\overline{x})^2},$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i y_i) - n\overline{x}\overline{y}}{\sum_{i=1}^n (x_i)^2 - n(\overline{x})^2},$$

где

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i),$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i).$$

В современных моделях ОТДР предусмотрена возможность выбора способа линейной аппроксимации в зависимости от задачи и условий измерений, вида рефлектограмм.