Основные понятия рефлектометрии.

1. Динамический диапазон рефлектометра.

Динамический диапазон рефлектометра определяет максимальную длину волокна, которую можно им исследовать. Он зависит от типа волокна и от параметров самого измерительного прибора.

Наиболее надежный способ определения динамического диапазона рефлектометра - это определение отношения максимальной излучаемой мощности

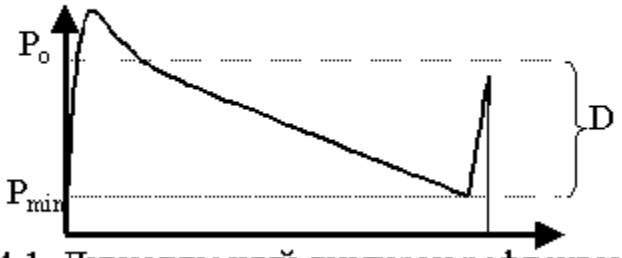


Рис.3.4.1. Динамический диапазон рефлектометра.

к минимальной принимаемой мощности: $D = 10\ lg(P_o/P_{min})$

Существуют и другие определения динамического диапазона:

- Динамический диапазон по 4% отражению Френеля

Этот диапазон показывает способность рефлектометра воспринимать пик отражения Френеля и определяет максимальный принимаемый прибором диапазон относительно уровня на дальнем конце, превышающем пиковый уровень шума на 0,3 дБ.

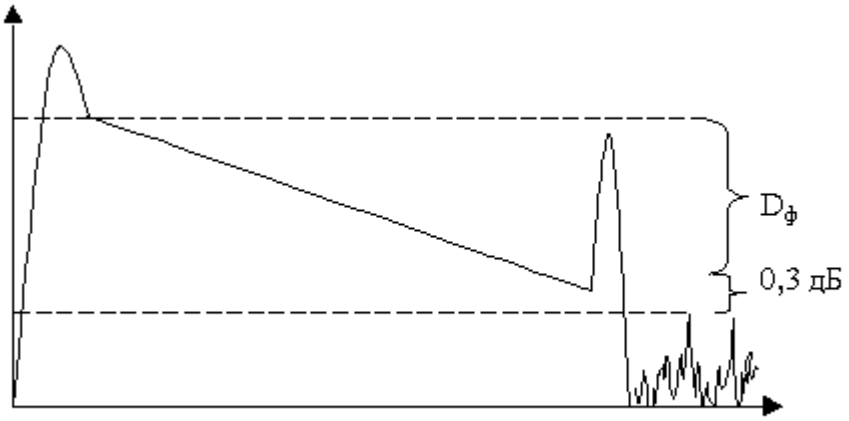


Рис.3.4.2. Динамический диапазон по 4% отражению Френеля.

- Динамический диапазон по уровню шума 0,1 дБ. Этот параметр показывает диапазон измерений при возрастании шумов на кривой

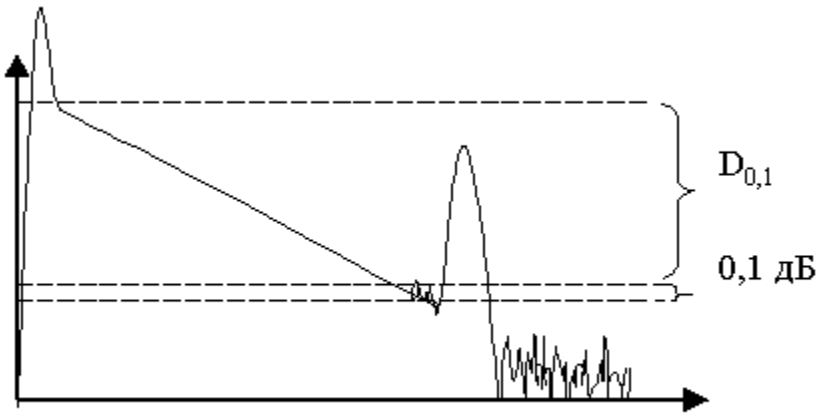
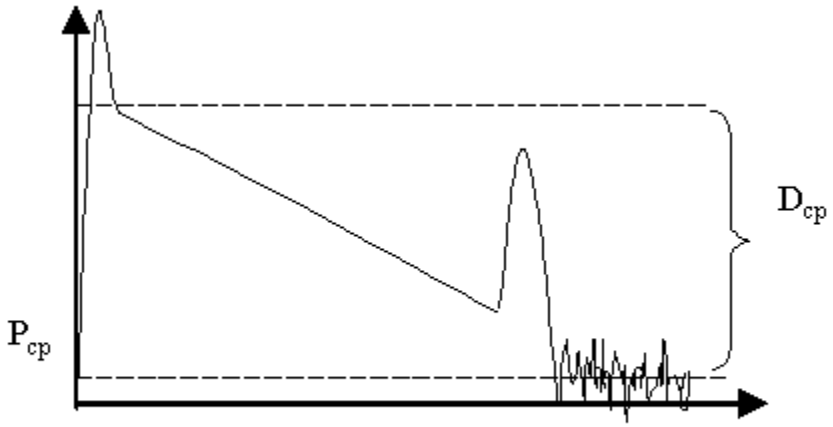


Рис.3.4.3. Динамический диапазон по уровню шума 0.1 дБ

обратного рассеяния до величины 0,1 дБ.

- Среднеквадратичный динамический диапазон - диапазон, определяемый по среднеквадратичному уровню шума.



$P_{ср}$ - среднеквадратичное значение шума

Рис.3.4.4. Среднеквадратичный динамический диапазон.

Обычно значение динамического диапазона указывается для очень узкого температурного перепада, за пределами которого он понижается. В большинстве случаев динамический диапазон определяется как разница между начальным уровнем обратного рассеяния и верхним уровнем шума по истечении 3 минутного усреднения.

Замечание: верхний уровень шума определяется как вершина диапазона, содержащего в себе 98% всех шумов.

2. Точность измерения.

Результаты измерений можно оценить путем сравнения с образцовой величиной. Разница между ними определяет точность измерительного прибора - чем меньше разность, тем выше точность. Из-за того, что основными целями использования рефлектометра являются измерение уровней оптической мощности в различных точках волокна и определение местонахождения этих точек, то точность измерений делится на 2 вида:

- точность измерения затухания;
- точность измерения расстояний.

Точность измерения затухания называется по-другому *линейностью.* Она определяет соответствие электрических уровней (детектированных оптических импульсов) внутри рефлектометра оптическим уровням на его входе во всем динамическом диапазоне работы прибора. Поскольку разница между этими уровнями измеряется в децибелах (дБ), то линейность выражается в дБ/дБ и показывает на какую величину отличаются преобразованные из оптических электрические уровни от исходных оптических на 1 дБ динамического диапазона. Большинство оптических рефлектометров обладают линейностью ±0,05 дБ/дБ.

Точность измерения расстояния зависит от нескольких факторов, среди которых выделяется ***групповой показатель преломления*** (ГПП) $n_{гр.}$ света в волокне. Показатель преломления - это параметр волокна, определяемый по одному из лучей, распространяющихся по волокну, зависящий от длины волны. Скорость вдоль лучевой траектории в самом общем случае:

$$v = c/n$$

При наличии дисперсии материала эта формула усложняется введением вместо n группового показателя преломления $n_{гр}$, который связан как с длиной волны излучения, так и со скоростью изменения показателя в зависимости от изменения длины волны. Время прохождения луча по световоду в этом случае изменяется. Так как измеренное расстояние

$$l = v*t/2$$

то для разных длин волн при одном показателе преломления оно будет разным. Точно так же для одной длины волны и разных показателей расстояние также будет разным. С целью компенсации такой погрешности и был введен ГПП:

$$N = c/v_{гр}$$

Где с – скорость света в вакууме, $v_{гр}$ – групповая скорость распространения света в дисперсионной среде

Вследствие вышеизложенного понятно, что от верной установки значения показателя преломления сильно зависит и точность измерения расстояния. Если он будет установлен неправильно, то и расстояние до неоднородности будет измерено неправильно.

Кроме этого, на точность измерения расстояний влияет ошибка отсчета времени. Такая ошибка возникает из-за нестабильности частоты задающего генератора рефлектометра. Для уменьшения такой ошибки необходимо проводить большое количество измерений с последующим усреднением результатов.

Наконец, на точность измерений расстояния сильно влияет ошибка установки начала отсчета и ошибка масштабирования, которые связаны с внутренними параметрами самого рефлектометра.

3. Разрешающая способность.

Разрешающая способность - это способность рефлектометра обнаруживать и обрабатывать два находящихся близко друг к другу события (неоднородности). Разрешающая способность зависит от длительности зондирующего импульса и ширины полосы пропускания усилителя. Существуют несколько видов разрешающей способности:

- Разрешение по уровню;
- Разрешение дискретизации;
- Дистанционное разрешение;
- Разрешение дисплея.

А) Разрешение по уровню - это минимальная разность уровней, которая может быть измерена. Для современных рефлектометров эта величина обычно составляет 0,001 дБ.

Б) Разрешение дискретизации - это минимально измеряемое расстояние между двумя событиями. Хорошее разрешение дискретизации составляет 10 - 16 см, однако в некоторых случаях оно может достигать 40 метров.

В) Дистанционное разрешение - это способность рефлектометра определять местонахождение события в диапазоне ± несколько метров. Обычно это разрешение составляет не более $\pm 0{,}5 \pm (2*10^{-5}*L)$ метров, где L – расстояние до события.

Г) Разрешение дисплея состоит из 2 частей:

- Разрешение установки курсора - обычно 2 см по расстоянию и 0,01 дБ по затуханию;

- Разрешение считывания - минимальная считываемая величина (уровень 0,093 дБ имеет разрешение по считыванию 0,001дБ).

  При измерениях отражения разрешение дисплея составляет 0,01 дБ при точности ±2 дБ.

Если произведение скорости распространения импульса на его длительность будет больше, чем расстояние между событиями, то на рефлектограмме они воспроизведутся как одно событие. Это происходит из-за того, что импульс проходит оба события одновременно. Например, если рядом с разъемным соединением находится напряженный изгиб волокна, то на рефлектограмме они воспроизведутся как одно событие. Попытки заменить "плохой" коннектор не приведут к изменениям в рефлектограмме. Такая же опасность подстерегает и в местах сростков (сварных соединений). Рефлектометр может показать плохой сросток, но на самом деле в области, непосредственно прилегающей к нему, могла образоваться трещина или механическое напряжение.

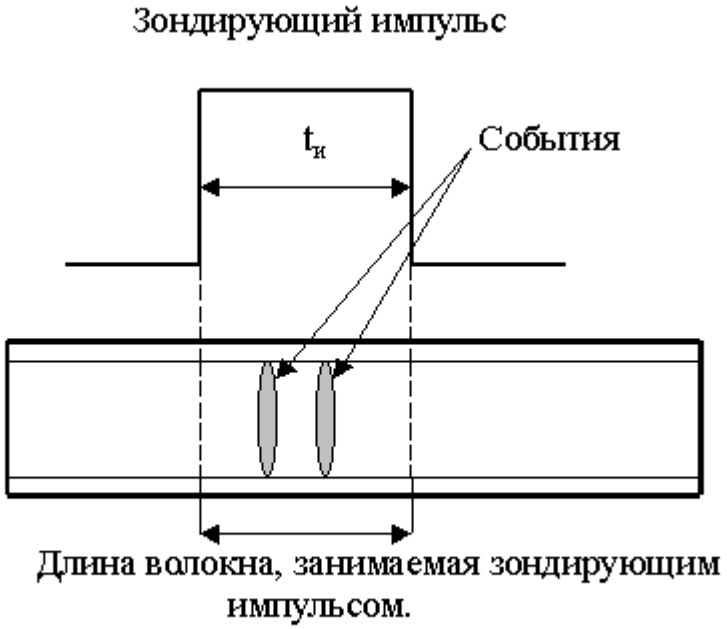


Рис.3.4.5. При таком расположении событий рефлектометр не сможет раздельно их детектировать.

Для обнаружения таких мест существует прибор, называемый "визуальным обнаружителем дефектов". Для поиска дефектов он вводит в волокно видимое глазом красное излучение большой мощности. Если в волокне существуют места с высокими потерями, например, плохой сросток, разъем или напряженный изгиб, то в таких местах свет рассеивается, и значительная часть его энергии выходит через

оболочку. Это место проявляется в виде более яркой точки. Таким прибором можно найти события, расположенные близко к рефлектометру или близко к другому событию, которое не обнаруживается рефлектометром из-за его невысокой разрешающей способности. Этот прибор, однако, имеет ограничение по дальности и работает на расстоянии примерно до 3 - 4 км.

Многие современные рефлектометры выпускаются с уже встроенным источником видимого красного света.