

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ РЕФЛЕКТОМЕТРОВ

*Туляганова Шахноза Абдурахимовна*

*Ташкентский университет информационных технологии имени  
Мухаммада аль-Хорезми Старший преподаватель кафедры физики*

[\*tulyaganova@tuit.uz\*](mailto:tulyaganova@tuit.uz)

В данной статье приводится обзор оптических импульсных рефлектометров применяемых для тестирования электрических кабелей.

Ушбу мақолада электр кабелларни синаш учун ишлатиладиган оптик импульс рефлектометрлар ҳақида умумий маълумот берилган

This article provides an overview of optical impulse reflectometers used for testing electrical cables.

**Ключевке слова:** Волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), OTDR (Оптический рефлектометр во временной области), рефлектометры, PON (пассивных оптических сетей), рэлеевские центры

**Калит сўзлар:** оптик толали хаволалар (ВОЛС), OTDR (Оптик вақт доменининг рефлектометри), рефлектометрлар, PON (пассив оптик тармоқлар), рэлеевли марказлар.

**Key words;** Fiber-optic communication lines (FOCL), OTDR (Optical Time Domain Reflectometer), reflectometers, PON (Passive Optical Networks, rayleigh centers

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам увеличения пропускной способности и надежности сетей передачи данных, а значит и вопросам измерения качества систем передачи. Основная доля магистральных сетей построена по технологии волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Все

большее развитие получает и технология пассивных оптических сетей PON (Passive Optical Networks). Оптика находит применение в построении локальных вычислительных сетей и высокоскоростных сетей уровня Metro. Все перечисленные технологии предъявляют как общие, так и специфические требования тестирования. Основным методом измерения физических параметров подобных сетей является рефлектометрия.

В магистральных линиях стремятся, чтобы регенерационные участки линии получились максимально длинными, что позволяет уменьшить число ретрансляторов и снизить стоимость обслуживания линии. При этом существенно возрастают требования к надежности линии и величине потерь в ней. В этом случае недостаточно измерить полные потери в линии, а необходимо измерить еще потери в строительных длинах оптических кабелей, в сростках волокон и в оптических разъемах. Причем проводить эти прецизионные измерения приходится в полевых условиях. В настоящее время сделать это можно только с помощью оптического импульсного рефлектометра (OTDR – Optical Time Domain Reflectometer).

Принцип действия OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) во многом такой же, как и у импульсных рефлектометров, применяемых для тестирования электрических кабелей. Оба типа рефлектометров посылают в линию мощный зондирующий импульс (оптический или электрический) и измеряют мощность и время запаздывания импульсов, вернувшихся обратно в рефлектометр. Отличие заключается в том, что в электрической линии наблюдаются только отраженные импульсы. Они образуются в местах, где в линии имеются скачки волнового сопротивления. В оптических же волокнах обратная волна образуется не только за счет отражения от больших (по сравнению с длиной волны) дефектов, но и за счет релеевского рассеяния. Рассеяние света происходит на флуктуациях показателя преломления кварцевого стекла, застывших при вытяжке волокна. Размер этих неоднородностей (релеевских центров) мал по сравнению с длиной

волны и свет на них рассеивается во все стороны, в том числе и назад в моду волокна приходят импульсы света рассеянные назад в моду волокна

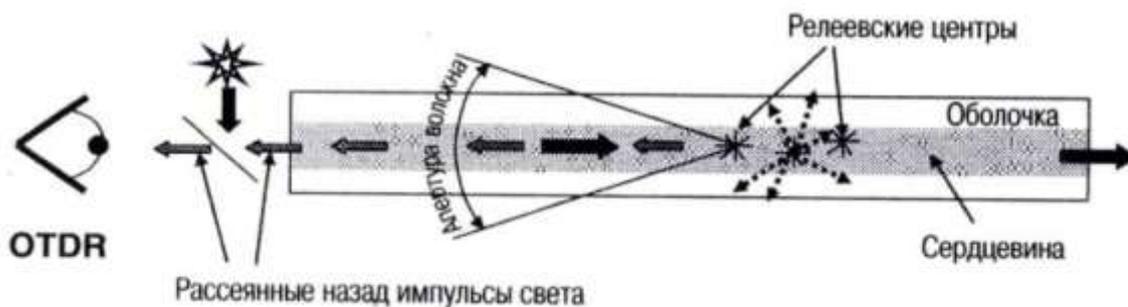


Рис. 1.1

Рэлеевские центры распределены однородно вдоль волокна, и в рассеянной на них волне содержится информация обо всех параметрах линии, влияющих на поглощение света. Именно за счет детектирования рассеянного излучения удается обнаруживать неотражающие (поглощающие) неоднородности в волокне. Например, по сигналу обратного рэлеевского рассеяния света можно измерить распределение потерь в строительных длинах оптических кабелей и потери в срезках волокон. Такие измерения нельзя выполнить, регистрируя только отраженное (а не рассеянное) излучение. Доля мощности света, рассеиваемая назад в моду волокна крайне мала. Например, при ширине импульса 1м (длительность импульса 10 нс) коэффициент обратного рэлеевского рассеяния составляет величину около  $-70$  дБ. Поэтому, в OTDR в волокно посылаются импульсы большой мощности и большой длительности, а для детектирования рассеянных назад импульсов света применяются высокочувствительные фотоприемники. 20 В большинстве моделей OTDR используется модульная конструкция

Она содержит базовый модуль и несколько сменных оптических модулей. Базовый модуль представляет собой персональный компьютер, приспособленный для обработки сигнала и вывода его на дисплей.

Оптический модуль включает в себя лазерный диод, фотоприемник, оптический ответвитель и оптический разъем. Стоимость оптического модуля зависит от величины его динамического диапазона и может в несколько раз превышать стоимость базового модуля. Модульная конструкция OTDR позволяет потребителю не только выбрать необходимую ему на данный момент конфигурацию прибора, но и в дальнейшем модернизировать прибор, например, установив, многомодовый модуль или одномодовый модуль с большим динамическим диапазоном. Рис. 1.2. Блок схема OTDR.

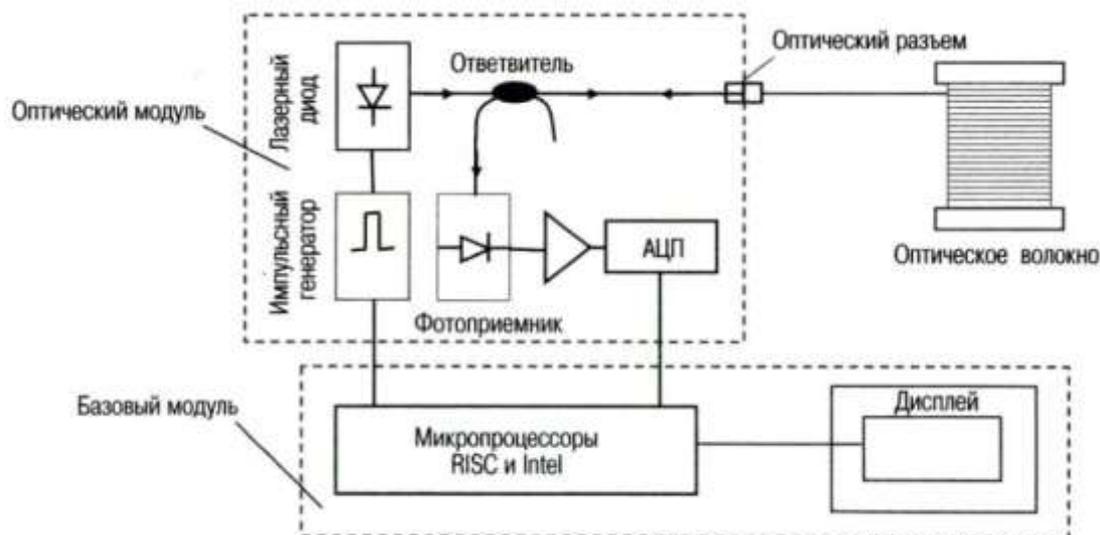


Рис. 1.2.

В качестве источника излучения в оптическом модуле обычно используется лазерные диоды типа. Фабри-Перо, наибольшая же мощность излучения (и, соответственно, динамический диапазон рефлектометра) достигается с помощью лазерных диодов с квантовыми ямами. С их помощью генерируются импульсы

мощностью 10...1000 мВт, длительностью от 2 нс...20 мкс и частотой повторения несколько килогерц.

Эти импульсы поступают через ответвитель на оптический разъем, к которому подключается исследуемое волокно. Рассеянные в волокне импульсы света возвращаются в оптический модуль и передаются с помощью ответвителя на фотоприемник (лавинный фотодиод), где они преобразуются в электрический сигнал. Этот сигнал усиливается, накапливается, обрабатывается в базовом модуле и отображается на дисплее в графической форме в виде рефлектограммы. Такое представление информации позволяет анализировать её как визуально, так и автоматически с помощью встроенных программных алгоритмов.

Мощность рассеянных назад импульсов на 80...50 дБ (в зависимости от их длительности) меньше мощности импульсов, вводимых в волокно. Поэтому для улучшения отношения сигнал/шум используется многократное усреднение результатов измерений.