

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

Кафедра линий связи и измерений в технике связи

К.А. ЯБЛОЧКИН

ИЗМЕРЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ДЛИНЫ ЭКУ СЕТИ ДОСТУПА

Методические указания
по выполнению лабораторной работы

Самара

2018

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ,
протокол № 47, от 27.04.2018 г.

Рецензент:
доцент, кафедра систем связи ФГБОУ ВО ПГУТИ,
к.т.н., Трошин А.В.

Яблочкин, К.А.

Я Измерение оптической длины ЭКУ сети доступа методические указания по выполнению лабораторной работы/ К.А. Яблочкин. – Самара: ПГУТИ, 2018. –20 с.

В учебно-методической разработке приводится систематизированный материал, посвященный измерению оптической длины ЭКУ сети доступа оптических волокон кабелей методом обратного рассеяния. В результате выполнения лабораторной работы студенты получают навыки работы в оболочке оптического рефлектометра, обработки рефлектограмм и измерения оптической длины ЭКУ сети доступа.

Методические указания, разработанные в соответствии с ФГОС ВО, предназначены для студентов 3,4 курса, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.02 - Инфокоммуникационные технологии и системы связи, и для студентов 5 курса, обучающихся по направлению подготовки 11.05.01 - Радиоэлектронные системы и комплексы и предназначены для проведения лабораторных занятий.

При подготовке методических указаний использовались материалы книги: Листвин, А.В. Рефлектометрия оптических волокон [Текст] / А.В. Листвин, В.Н. Листвин /–М.: ЛЕСАРарт, 2005. - 208 с.

Цель работы: Получения практических навыков измерения оптической длины оптических кабелей методом обратного рассеяния.

Литература

1. Измерения на ВОЛП. Учебное пособие для вузов [Текст]/ Андреев В.А. [и др.]. – Самара: ООО «Издательство АСГАРД», 2015. – 225 с.
2. Измерения на ВОЛП методом обратного рассеяния. Учебное пособие для вузов [Текст] / Андреев В.А., Бурдин В.А., Баскаков В.С., Косова А.Л. – Самара, СРТТЦ ПГАТИ, 2015. – 122 с.
3. Листвин, А.В. Рефлектометрия оптических волокон [Текст]/ А.В. Листвин, В.Н. Листвин /–М.: ЛЕСАРарт, 2005. - 208 с.
4. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учебник для вузов : в 2 т. / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов, В. Б. Попов ; редактор В. А. Андреев. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2010. – Т. 2 : Проектирование, строительство и техническая эксплуатация. - 424 с. Андреев, В. А. Направляющие системы электросвязи [Электронный ресурс] : учебник для студентов, обучающихся по направлению 210700 "Инфокоммуникационные технологии и системы", а также для слушателей учеб. центров повышения квалификации и переподготовки специалистов предприятий связи. Т. 1. Теория передачи и влияния / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский ; под ред. В. А. Андреева ; ПГУТИ, Каф. ЛС и ИТС. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 8,23 Мб). - Самара : [б. и.], 2017. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. издания 2016 г. - Режим доступа: http://elib.psuti.local/Andreev_Portnov_Kochanovskiy_Napravlyayuwie_sistemy_elektrosvyazi_T1_Teoriya_peredachi_i_vliyaniya.pdf, доступ по IP-адресам ПГУТИ. - Б. ц. Лиценз. договор № 95 от 19.01.2017 г.
5. Направляющие системы электросвязи [Электронный ресурс] : учебник для студентов, обучающихся по направлению 210700 "Инфокоммуникационные технологии и системы", а также для слушателей учеб. центров повышения квалификации и переподготовки специалистов предприятий связи. Т. 2. Проектирование, строительство и техническая эксплуатация / В. А. Андреев [и др.]. ; под ред. В. А. Андреева ; ПГУТИ, Каф. ЛС и ИТС. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3,61 Мб). - Самара : [б. и.], 2017. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. издания 2016 г. - Режим доступа: http://elib.psuti.local/andreev_burdin_portnov_kochanovskiy_popov_napravlyayuwie_sistemy_elektrosvyazi_t2_proektirovanie_stroitelstvo_i_tekhnicheskaya_ekspluatatsiya.pdf, доступ по IP-адресам ПГУТИ. - Б. ц.

Контрольные вопросы

1. Расскажите общие положения теории метода обратного рассеяния.

2. Поясните принцип действия оптических рефлектометров OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). Нарисуйте структурную схему OTDR. Поясните назначение блоков.
3. Нарисуйте типичную рефлектограмму ВОЛП, указав на ней все возможные типы неоднородностей.
4. Приведите основные рабочие параметры OTDR: динамический диапазон, разрешающая способность.
5. Какие параметры ВОЛП, могут быть измерены методом обратного рассеяния?
6. Поясните, как корректно произвести выбор и установку параметров измерения OTDR. Каковы требования к отношению сигнал-шум при измерении коэффициента затухания ОВ, потерь на сварном соединении, общих потерь на элементарном кабельном участке (ЭКУ) ВОЛП?
7. Поясните как зависят характеристики обратного рассеяния от параметров измерения.
8. Поясните как выполняются измерения расстояния до неоднородности. Каковы факторы, влияющие на точность измерения оптической длины?
9. Поясните как выполняются измерения коэффициента затухания на квазирегулярном участке. Каковы требования к условиям измерения? Какие факторы, влияют на точность измерения?
10. Поясните как выполняются измерения вносимых потерь на сварном соединении. при монтаже оптических муфт. Какая применяется схема измерения? Каковы нормы потерь на сварном соединении?
11. Поясните как выполняются измерения потерь на смонтированном ЭКУ с помощью OTDR. Поясните схему и порядок измерения, контролируемые параметры и нормы.

Общий порядок выполнения работы

1. В работе необходимо произвести измерения оптической длины ЭКУ сети доступа на двух длинах волн 1310 нм и 1550 нм.
2. Обработываемые рефлектограммы выбираются согласно номеру бригады из табл. 1.

Таблица 1

Названия файлов рефлектограмм для различных бригад

№ бригады	Краткая характеристика	Имя файла
1	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-1-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА,	ba-1-1310-30.sor

	измеренная на длине волны 1550 нм	
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-6-1550-30.sor
7	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-7-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-7-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1550 нм	ab-7-1550-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-7-1550-30.sor
8	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-8-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-8-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1550 нм	ab-8-1550-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-8-1550-30.sor
9	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1310 нм	ab-9-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1310 нм	ba-9-1310-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны АБ, измеренная на длине волны 1550 нм	ab-9-1550-30.sor
	Рефлектограмма трассы со стороны БА, измеренная на длине волны 1550 нм	ba-9-1550-30.sor

3. Схема ЭКУ ВОЛП, на котором производились измерения характеристик обратного рассеяния (рефлектограмм) ВОЛП приведена на рис.1.

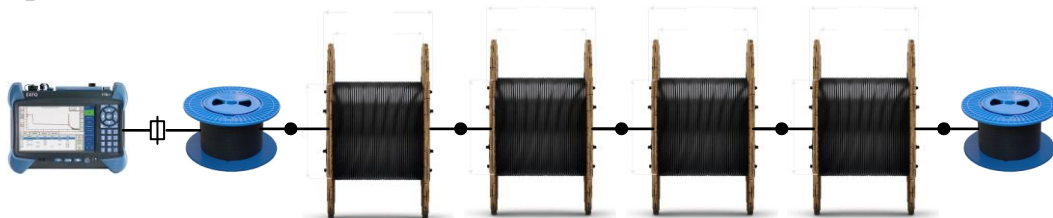


Рис. 1 – Схема ЭКУ ВОЛП

4. Откройте файл обрабатываемой рефлектограммы в заданной преподавателем оболочке рефлектометра (подробная последовательность работы в различных оболочках OTDR описана в методической разработке далее).

5. Выполните измерения общей длины ЭКУ ВОЛП со стороны АБ и БА на двух длинах волн. Для этого необходимо выполнить обработку (измерения) четырёх рефлектограмм. Результаты запишите в табл. 2 в столбцы $L_{АБ}$, $L_{БА}$.

Таблица 2

Результаты измерений				
№ Рефлектограмм	1310 нм		1550 нм	
	$L_{АБ}$, км	$L_{БА}$, км	$L_{АБ}$, км	$L_{БА}$, км
1				
2				
.				
.				
.				
n				

6. **Важно!** При выполнении измерений помните, что если неоднородность на рефлектограмме трассы со стороны АБ находится в начале линии, то эта же неоднородность на рефлектограмме со стороны БА будет находиться в конце линии (рис. 2).

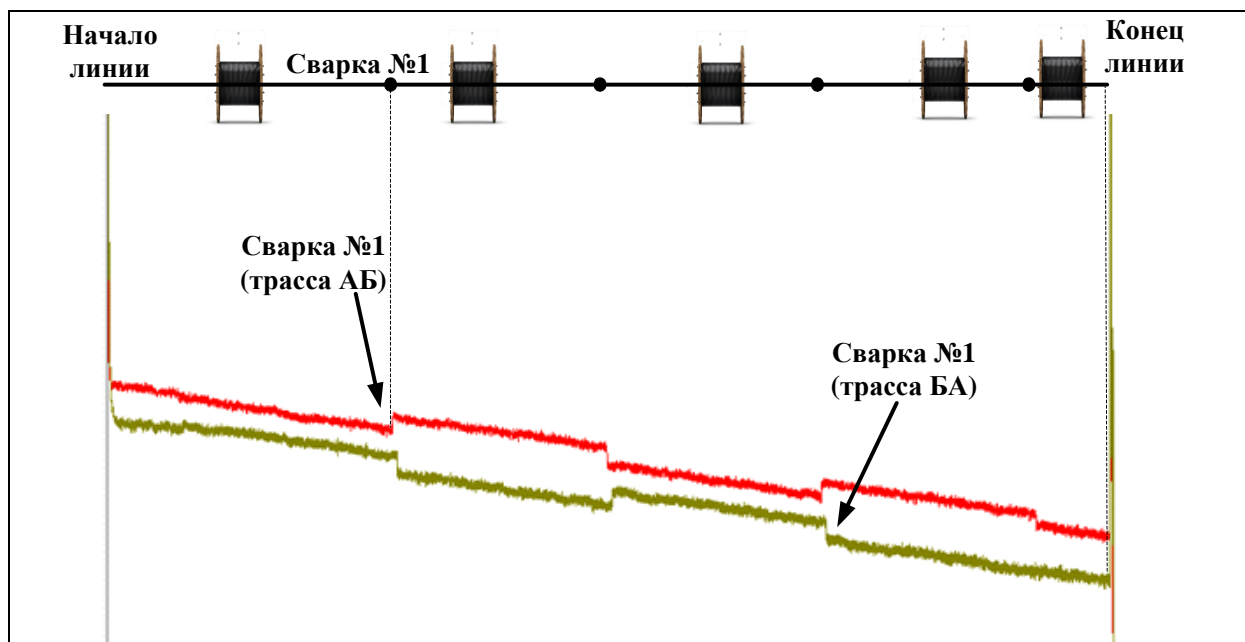


Рис. 2 – Пример рефлектограмм трассы ЭКУ ВОЛП со стороны АБ и БА

7. Для измерения оптической длины со стороны АБ и БА необходимо произвести корректную расстановку маркеров. Измерения оптической длины ОВ в ОК производятся с помощью двух маркеров. Первый маркер располагается по окончанию измерительной катушки в той точке, где происходит переход от линейного квазирегулярного

участка (оптическое волокно измерительной катушки) к искаженному (отражение от механического соединителя). Второй маркер размещается в конце рефлектограммы до всплеска френелевского отражения от конца оптического волокна строительной длины.

На рис. 3 представлены пример расстановки маркеров для измерения общей длины ЭКУ ВОЛП.

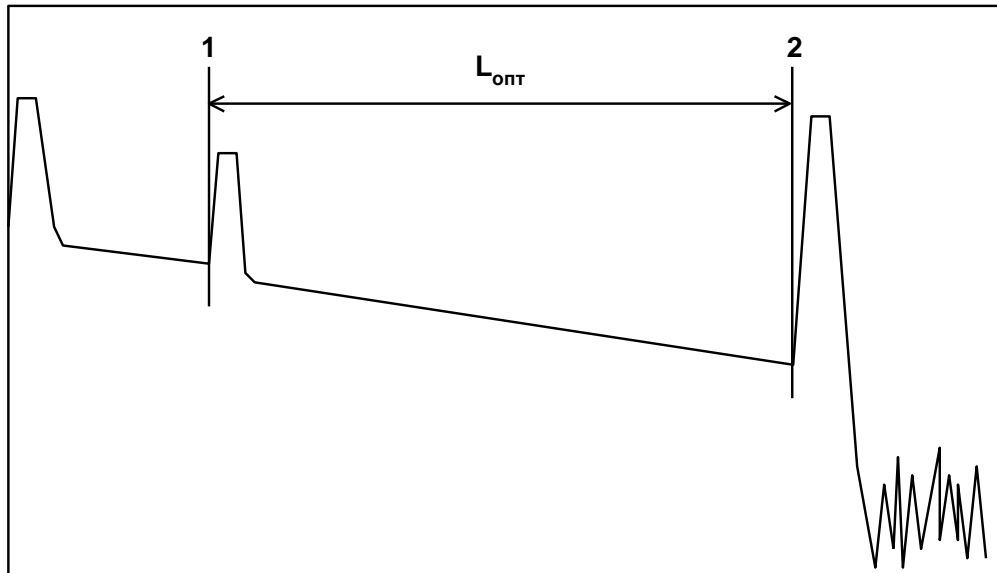


Рис. 3 Схема расстановки маркеров для измерения общей длины ЭКУ ВОЛП [3]

8. Сделайте выводы по проделанной работе.

Порядок выполнения работы в оболочке OTDR Trace Viewer III

1. Загрузите оболочку OTDR Trace Viewer III.
2. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой. Для этого нажмите кнопку «Open File» показанную на рис. 4.

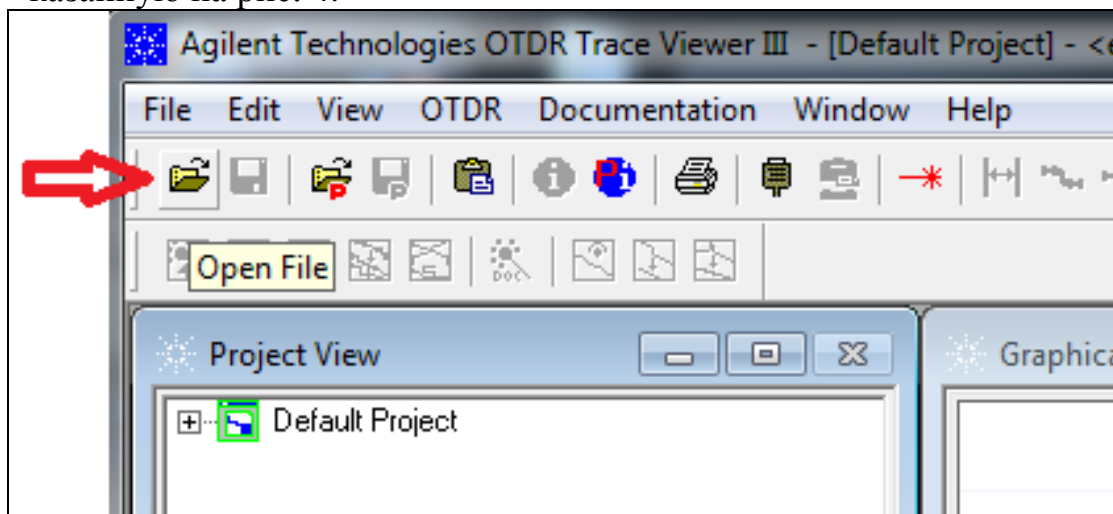


Рис. 4 – Вид оболочки OTDR Trace Viewer III

3. Далее необходимо выбрать в появившемся окне папку, соответствующую номеру варианта и нужный файл трассы со стороны АБ (рис. 5).

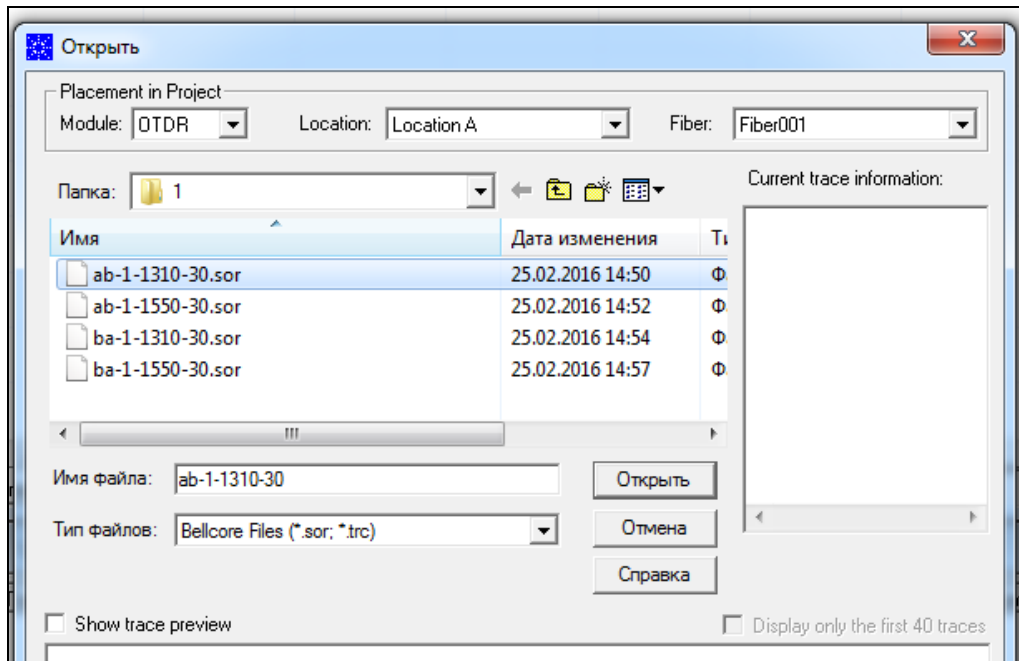


Рис. 5 – Вид оболочки OTDR Trace Viewer III

4. Названия файлов и краткое их описание приведены в табл. 1.
5. В окне «Graphical View – TraceView» отобразится рефлектограмма трассы и маркеры А и В.

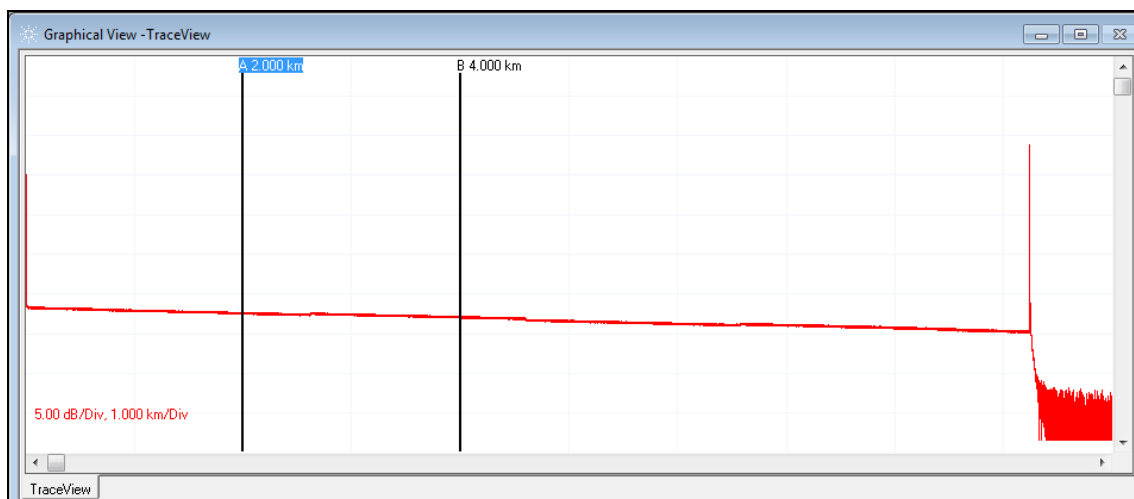


Рис. 6 – Вид рефлектограммы в оболочке OTDR Trace Viewer III

6. Обратите внимание, что активным является подсвеченный маркер.

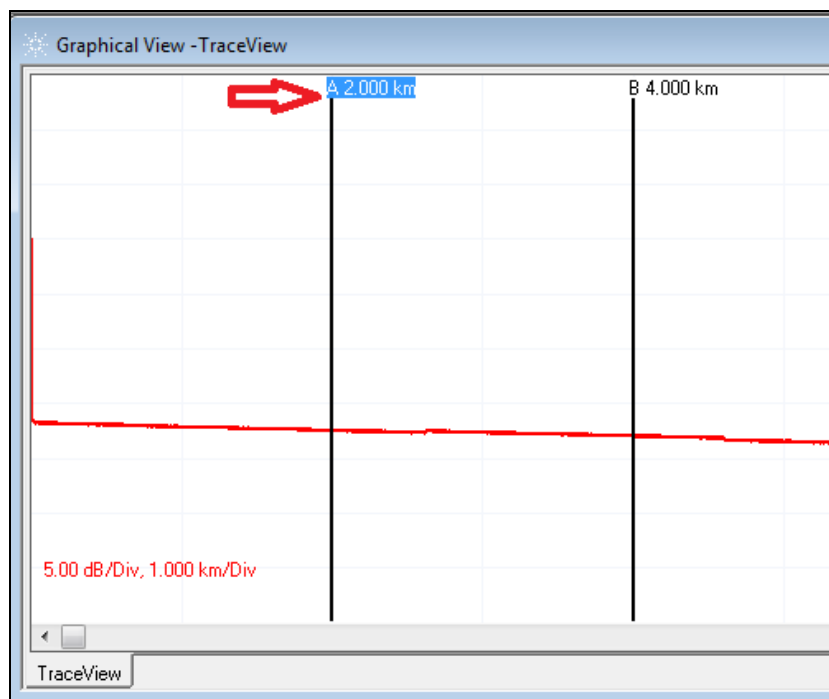


Рис. 7 – Маркеры на рефлектограмме трассы, стрелкой указан активный маркер

- Измените масштаб рефлектограммы, так чтобы были видны все неоднородности (рис.8).

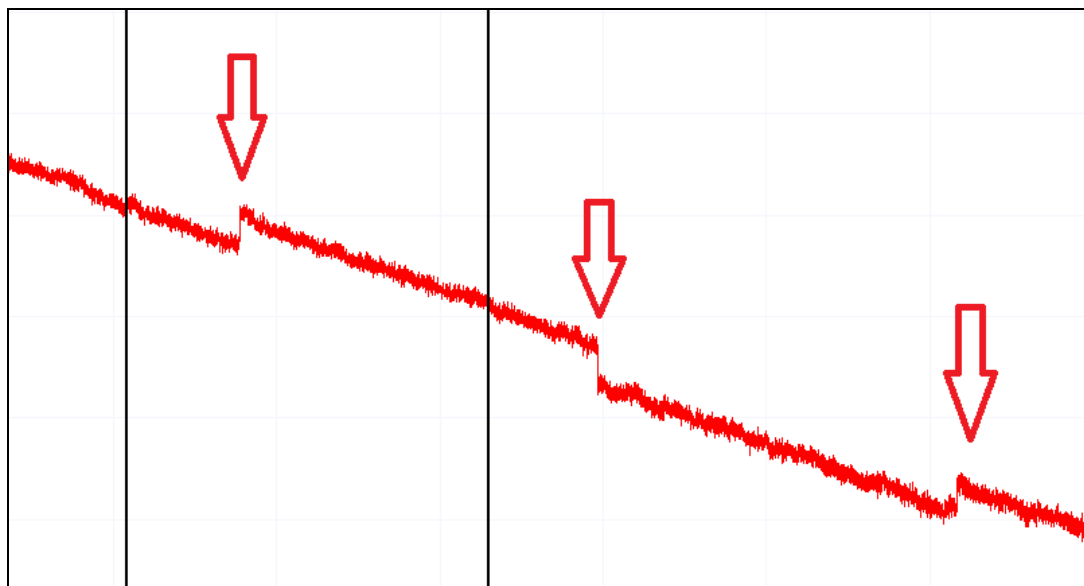


Рис. 8 – Вид участка рефлектограммы трассы в увеличенном масштабе: стрелками показаны стыки сварных соединений

- Установите активный маркер до начала неоднородности, так как это показано на рис. 9. Обратите внимание, что начало неоднородности там, где рефлектограмма резко искажается.

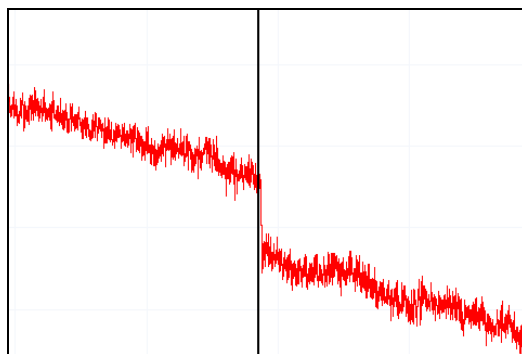


Рис. 9 – Установка активного маркера на «ступеньке» сварного соединения

9. На рис. 10 показан пример некорректной расстановки маркеров. Первый маркер выходит за пределы измерительной катушки.

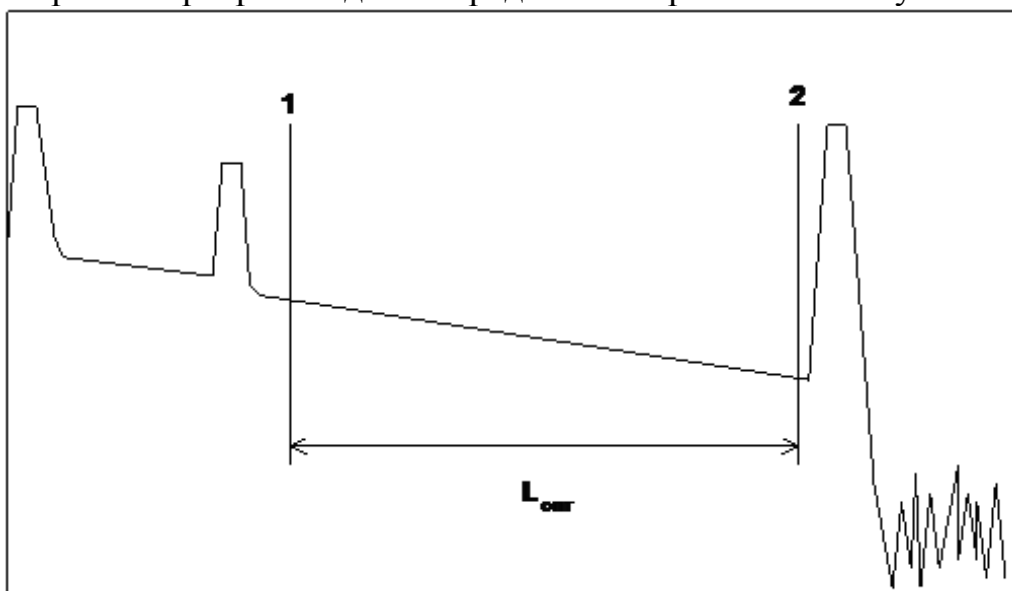


Рис. 10 – Пример некорректной расстановки маркеров: маркер справа от неоднородности выходит за пределы измерительной катушки

10. После корректной расстановки маркеров необходимо снять показания оптической длины ЭКУ сети доступа. Это значение **А-В**. На рис. 11 – это значение А-В равное 2,588 км.

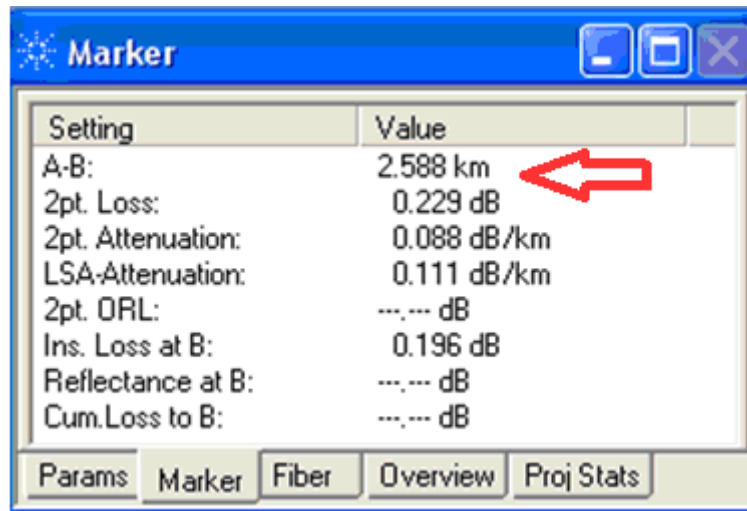


Рис. 11 – Расстояние между маркерами А-В

11. Выполните измерения оптической длины ЭКУ сети доступа со стороны АБ.
12. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой со стороны БА.
13. Выполните измерения оптической длины ЭКУ сети доступа со стороны БА.
14. Сделайте выводы по проделанной работе.

Порядок выполнения работы в оболочке OTDR Fiber_Trace

1. Загрузите оболочку OTDR Fiber_Trace.
2. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой. Для этого нажмите кнопку «Open» показанную на рис. 12.

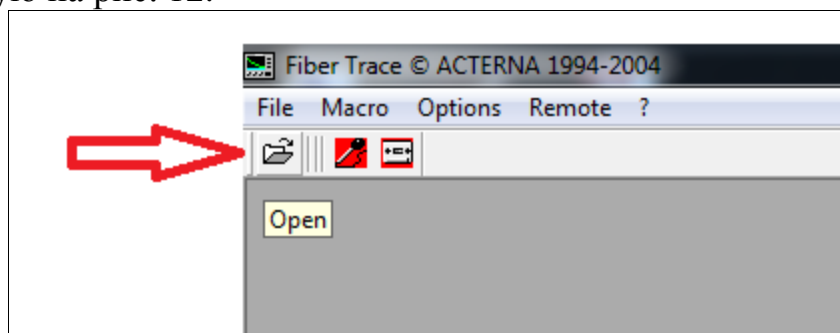


Рис. 12 – Вид оболочки OTDR Fiber_Trace

3. Далее необходимо выбрать в появившемся окне папку, соответствующую номеру варианта и нужный файл трассы со стороны АБ (рис. 13).

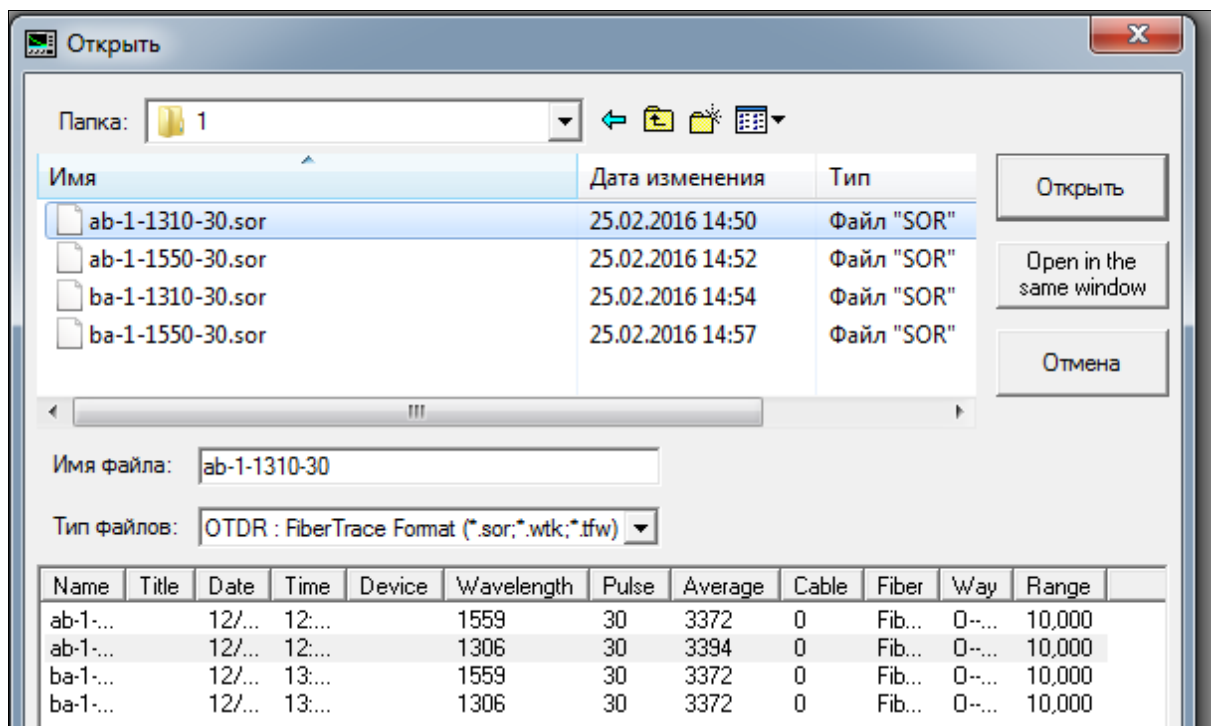


Рис. 13 - Вид оболочки OTDR Fiber_Trace

4. Выполните масштабирование рефлектограммы, так чтобы хорошо различать все имеющиеся на рефлектограмме неоднородности. Для этого нажмите кнопку «Zoom» (рис. 14). Курсор мышки изменит вид на значок «лупы». Выделите курсором мышки масштабируемый участок рефлектограммы. После того, как вы отпустите курсор мышки, выделенный участок будет показан в увеличенном масштабе.

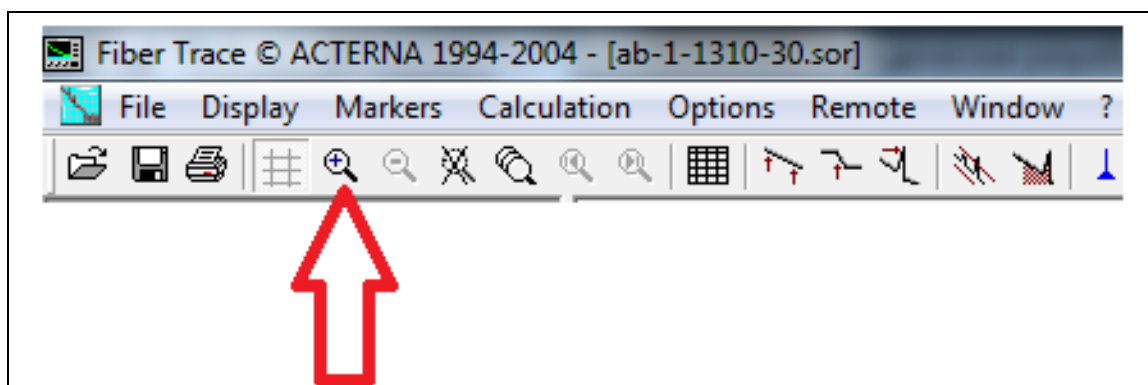


Рис. 14 – Кнопка «Zoom»

5. При необходимости возврата к первоначальному масштабу нажмите кнопку «Zoom reset» (рис. 15).

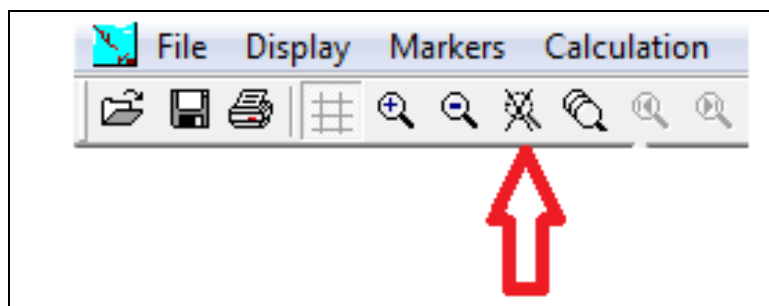


Рис. 15 – Кнопка «Zoom reset»

6. Выделите квазирегулярный участок до неоднородности, поставив сначала маркер А на конец измерительной катушки, непосредственно перед неоднородностью, затем поставив маркер В в конце рефлектограммы до всплеска френелевского отражения от конца оптического волокна строительной длины, как это показано на рис. 16.
7. Нажмите кнопку «Calculate slope» (рис. 17). После этого квазирегулярный участок будет выделен скобками (рис. 18).
8. Для того чтобы лучше было видно данные показания, измените масштаб, нажав кнопку «Zoom reset» (рис. 19).
9. Запишите значения оптической длины ЭКУ сети доступа со стороны АБ.

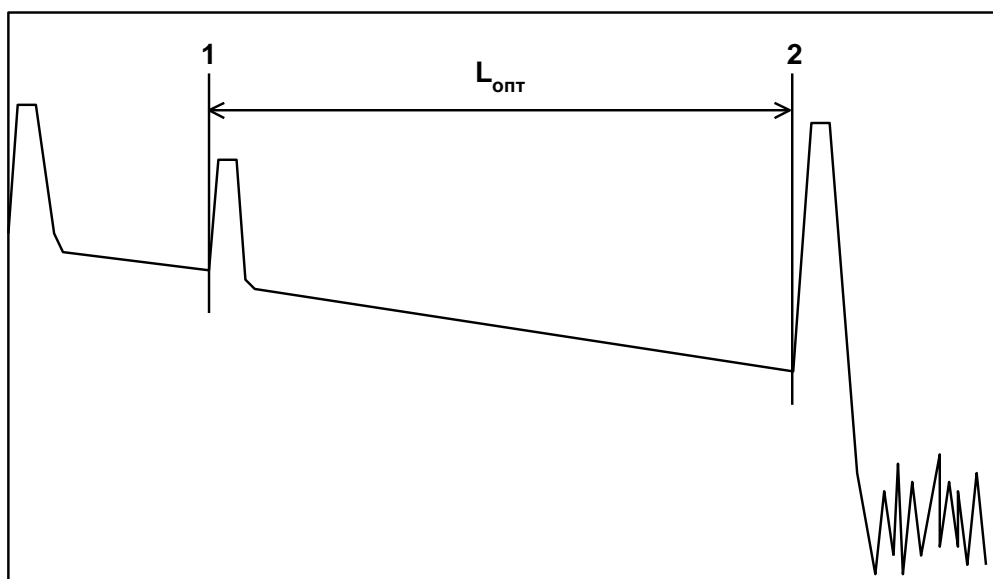


Рис. 16 – Расстановка маркеров на квазирегулярном участке до неоднородности и в конце рефлектограммы

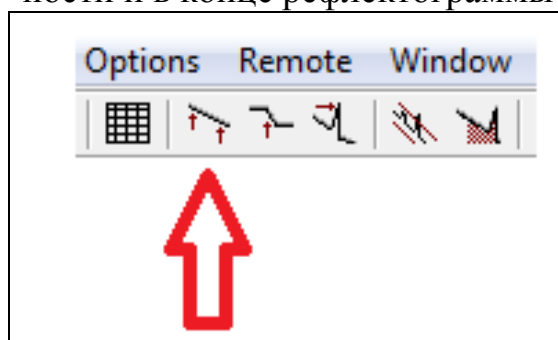


Рис. 17 – Кнопка «Calculate slope»

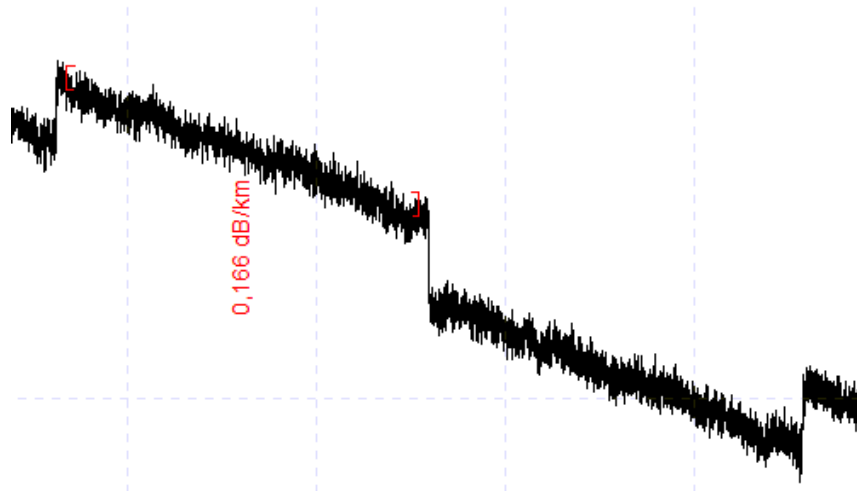


Рис. 18 – Вид квазирегулярного участка после нажатия кнопки «Calculate slope»

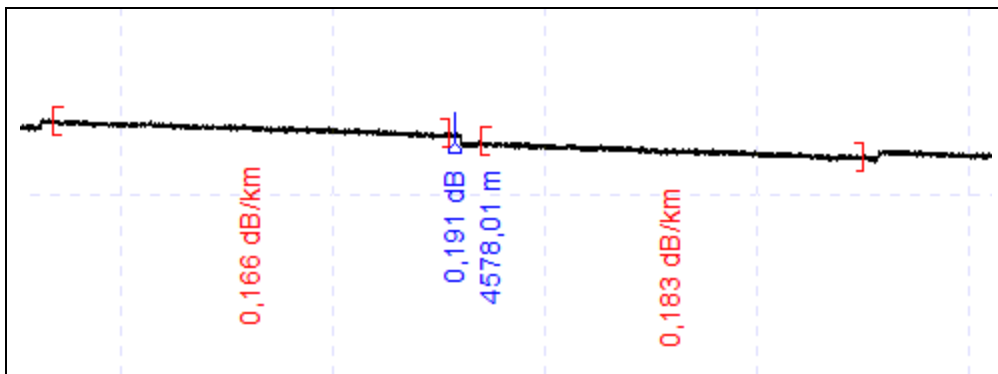


Рис. 19 – Вид рефлектограммы после нажатия кнопки «Zoom reset»

15. Согласно номеру бригады (см. табл. 1) выберите файл с обрабатываемой рефлектограммой со стороны БА.
16. Выполните измерения оптической длины ЭКУ сети доступа со стороны БА.
17. Значения L_{opt} занесите в табл. 2.
18. Сделайте выводы по проделанной работе.

Приложение 1. Принцип действия OTDR

Оптический рефлектометр OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) посылает в линию мощный зондирующий оптический импульс и измеряет мощность и время запаздывания импульсов, вернувшихся обратно в рефлектометр (обратнорассеянный поток) [3]. В оптических волокнах обратнорассеянный поток 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 (рис. П.1).

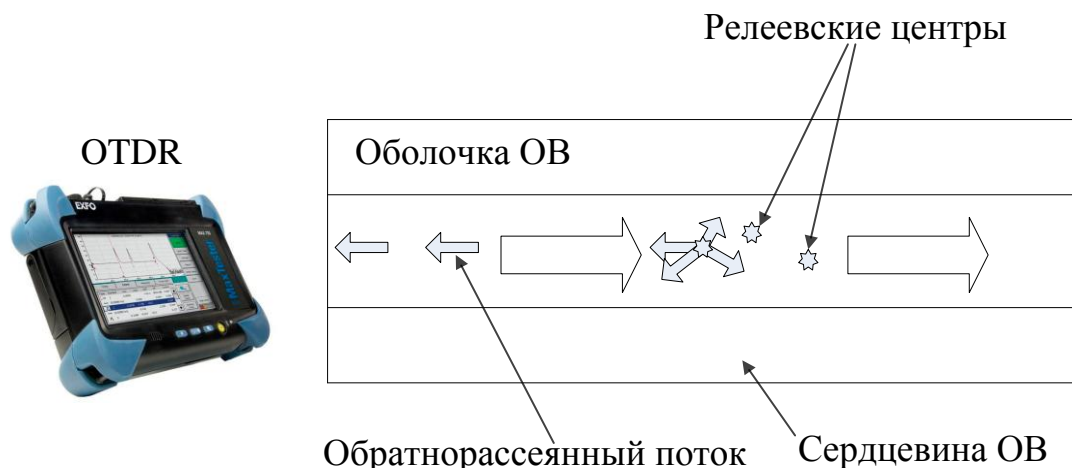


Рис. П.1 – Принцип действия оптического рефлектометра OTDR

Релеевские центры распределены однородно вдоль волокна, и в рассеянном на них потоке 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 релеевского рассеяния света можно измерить распределение потерь в строительных длинах оптических кабелей и потери в сростках 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 релеевского 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.

В большинстве моделей OTDR используется модульная конструкция (рис. П.2) [3]. 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.

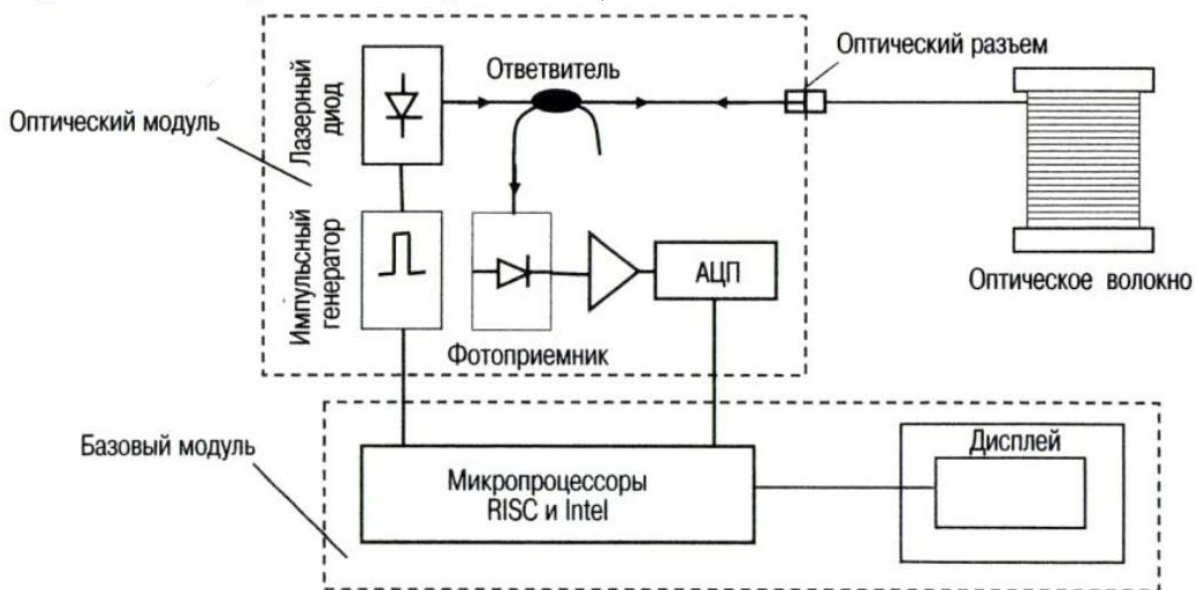


Рис. П.2 – Блок-схема оптического рефлектометра [3]

В качестве источника излучения в оптическом модуле обычно используется лазерные диоды типа Фабри-Перо. Оптические импульсы поступают через ответвитель на оптический разъем рефлектометра, к которому подключается исследуемое волокно. Рассеянные в волокне импульсы света возвращаются в оптический модуль и передаются с помощью ответвителя на фотоприемник, 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. Причем для их эффективного усреднения достаточно нескольких секунд, так как время, затрачиваемое на прохождении линии мало (100 км свет проходит за 1 мсек). Типичная рефлектограмма содержит около 32 000 измеряемых точек и при вычислении каждой такой точки усредняется несколько тысяч импульсов. Весь этот массив данных рефлектометр обрабатывает за долю секунды. Первая измеренная рефлектограмма сразу выводится на дисплей. Далее на дисплей выводятся усредненные рефлектограммы. При каждом удвоении времени измерений шумы в усредненной рефлектограмме уменьшаются примерно на 0.75 дБ.

Обработка большого массива данных и создание дружелюбного пользователю интерфейса осуществляется с помощью двух микропроцессоров. Первый, быстродействующий процессор RISC, дает возможность

усреднять до 50 миллионов точек в секунду. Второй процессор Intel обеспечивает работу интерфейсной части программы, автопоиск дефектов в линии, вывод данных на дисплей. Он обеспечивает также совместимость с ПК, что позволяет применять не только обычное программное обеспечение, но и стандартное компьютерное оборудование, такое как клавиатура, мышь, принтер, факс/модем и жесткий диск (в стандарте РСМСІА).

Приложение 2. Идентификация рефлектограммы

Каждый тип неоднородности (сварное соединение волокон, микротрещина, оптический разъем и т.д.) имеет свой характерный образ на дисплее OTDR, и может быть идентифицирован (рис. П.3). Отражающие неоднородности, такие как разъемные соединения волокон (1), микротрещины (3), торец волокна (4) - отображаются на рефлектограмме в виде резких всплесков.

Неотражающие неоднородности, такие как сварные соединения или изгибы оптического волокна отображаются на рефлектограмме как ступенька вверх или вниз (2). Участки рефлектограммы, расположенные между неоднородностями, имеют вид прямых линий с отрицательным наклоном и называются - квазирегулярными участками (6). Угол наклона этих прямых прямо пропорционален величине потерь в оптическом волокне.

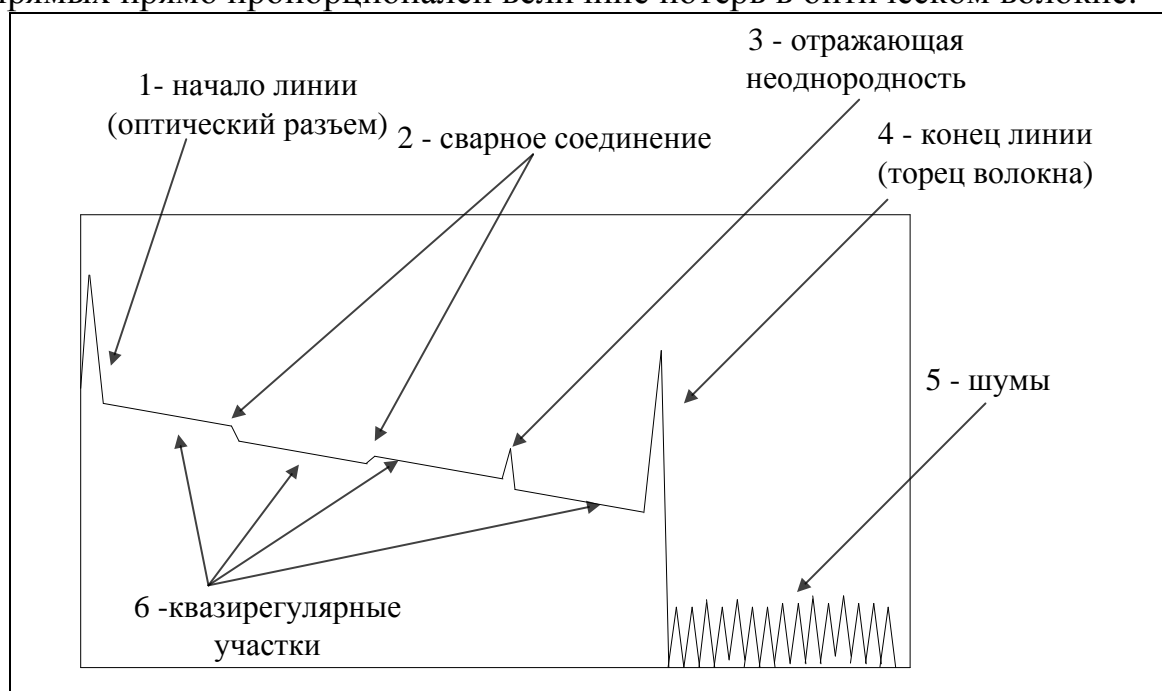


Рис. П.3 – Типичная рефлектограмма (показаны все возможные неоднородности ВОЛП)

За отражающей неоднородностью, обусловленной отражением от торца ОВ в конце линии (4), отображаются шумы фотоприемника оптического рефлектометра (5).

Приложение 3. Установка параметров OTDR перед измерением

Перед началом измерения измерителем, как правило, устанавливаются следующие параметры OTDR:

1. **Длина волны**, на которой выполняются измерения. Набор длины волн, на которых рефлектометр позволяет выполнять измерения, обычно определяется оптическим блоком рефлектометра. Типовые блоки OTDR, как правило, позволяют выполнять измерения на длинах волн 1310 нм и 1550 нм в одномодовых оптических волокнах и на длинах волн 850 нм и 1300 нм в многомодовых оптических волокнах. При необходимости измерения могут выполняться (если позволяет оптический блок рефлектометра) на длинах волн 1490 нм, 1625 нм, 1650 нм и др. При выборе длины волны следует учитывать, что чувствительность рефлектометра к изгибам оптического волокна увеличивается при увеличении длины волны.
2. **Диапазон расстояний (диапазон измеряемых длин)** определяет период следования зондирующих импульсов. Диапазон расстояний выбирается несколько больше, чем длина трассы, так чтобы в конце линии был виден всплеск, обусловленный отражением от торца ОВ и шумы фотоприемника. Если значение диапазона расстояний в рефлектометре установлено меньше длины измеряемого волокна, то в рефлектограмме появляются ложные сигналы. Они образуются потому, что рефлектометр посылает следующий импульс раньше, чем успеет вернуться предыдущий и в результате в фотоприемник в одно и то же время поступают импульсы, отраженные от разных участков волокна. Кроме того, при неправильной установке диапазона расстояний в конце рефлектограммы не будет виден всплеск сигнала отражения от торца волокна (4) и не будут видны шумы фотоприемника (5). Это приведет к невозможности оценки отношения сигнал/шум в конце линии при проведении измерений, поскольку для этого требуется знать уровень шума в фотоприемнике (5).
3. **Длительность зондирующего импульса**. При выборе этого параметра следует учитывать, что с увеличением длительности зондирующего импульса увеличивается отношение сигнал/шум в конце линии, но одновременно ухудшается разрешающая способность рефлектометра.
4. **Время усреднения** влияет на «зашумленность» рефлектограммы. При увеличении времени усреднения размах шумов рефлектограммы уменьшается, и как следствие, улучшается отношение сигнал/шум в конце линии. Однако с увеличением времени усреднения возрастает время измерений, которое, учитывая боль-

шое количество волокон в линии передачи, не может быть слишком большим.

5. **Показатель преломления** (групповой показатель преломления) ОВ, зависит от типа ОВ и длины волны, на которой выполняются измерения. Этот параметр влияет на точность измерения оптической длины волокна: $x = v_g t / 2$. Здесь групповая скорость распространения оптического импульса в ОВ определяется как $v_g = c / n_g$, где n_g - групповой показатель преломления ОВ. Величина группового показателя волокна обычно приводится в спецификациях на оптический кабель. При установке этого параметра неверно, будет возникать погрешность при определении расстояний по рефлектограмме.
6. **Коэффициент обратного рассеяния** (уровень обратного рассеяния) влияет на точность измерения коэффициента отражения Refl и оптических возвратных потерь ORL. Значение данного параметра может быть указано в спецификациях на оптический кабель (указывается не всегда) или указывается в технических характеристиках оптического волокна. Типичные значения коэффициента обратного рассеяния одномодовых ОВ составляют: на длине волны 1310 нм «-79» дБ; на длине волны 1550 нм «- 81» дБ; на длине волны 1625 нм «-82» дБ. Для многомодовых ОВ: на длине волны 850 нм «-70» дБ и на длине волны 1300 нм «-75» дБ.