

УДК 625.321.6

В. Н. ФОМИЧЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель;  
В. В. ЕВДОЧКОВ, инженер, Гомельский филиал РУП “Белтелеком”, Н. Ю. СТОЛЯРОВА, студентка, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОМ КАБЕЛЕ ПУТЕМ СУММИРОВАНИЯ РЕФЛЕКТОГРАММ

Рассмотрены вопросы потерь в оптических волокнах. Проведен регрессионный и корреляционный анализ рефлектограмм оптических волокон. Произведено суммирование числовых данных, полученных в результате конвертирования рефлектограмм. Приведены рефлектограммы, полученные при измерении линии с обеих сторон. Предложен автоматизированный метод обнаружения мест возможных повреждений в волоконно-оптических линиях связи.

Одним из достоинств волоконно-оптических линий связи является возможность передавать огромные объемы информации. По этой же причине к качеству работы волоконно-оптических линий связи предъявляются очень высокие требования. Был разработан метод обнаружения неоднородностей в волоконно-оптическом кабеле путем суммирования рефлектограмм.

В ходе исследования проведен корреляционный анализ рефлектограмм оптических волокон в эксплуатируемом кабеле. Измерения проводились на длине волны 1310 нм, ширина импульса – 90 нс, количество усреднений – 4×4096. Анализ проводился с помощью пакета прикладных программ Statgraphics Centurion XV. Для анализа рефлектограмма каждого волокна рассматривалась как совокупность отрезков, соответствующих участкам волокна между местами с большим (однозначно определяемым визуально) изменением потерь (более 0,05 дБ). Были выбраны точки (около 50), в которых визуально по рефлектограмме определены значения затухания. Для каждого из участков волокна рассчитаны уравнения регрессии уровня сигнала от расстояния. Далее были определены отклонения реального значения затухания волокна в рассматриваемых точках от полученных уравнений регрессии. На рисунке 1 приведено одно из полей корреляции, показывающее значения этих отклонений затуханий попарно в оптических волокнах в рассматриваемых точках.

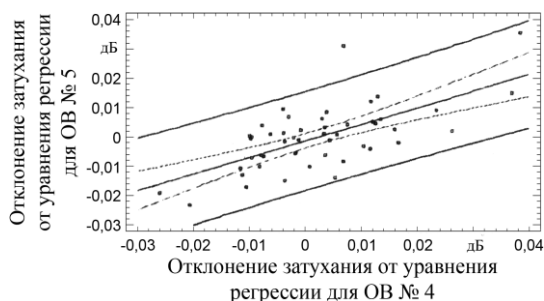


Рисунок 1 – Зависимость отклонений рефлектограмм для ОВ № 5 и ОВ № 4 при ручном анализе

На основании этих данных были рассчитаны уравнения регрессии и коэффициенты корреляции (таблица 1). Так как соответствующие значения максимального уровня значимости меньше 0,05, то с вероятностью, большей 0,95, можно утверждать, что величины коррелированы.

Таблица 1 – Результаты корреляционного анализа

Исследуемые волокна	Вид уравнения регрессии	Оценка коэффициента корреляции
ОВ № 5 и ОВ № 3	$y = 0,000171 + 0,564x$	0,509
ОВ № 5 и ОВ № 4	$y = -0,00138 + 0,562x$	0,663
ОВ № 4 и ОВ № 3	$y = 0,00265 + 0,561x$	0,429

Были проведены аналогичные исследования рефлектограмм этих волокон с помощью программы Fiberizer Desktop компании Optixsoft путем их конвертирования в цифровые данные (около 2200 точек, рисунок 2).

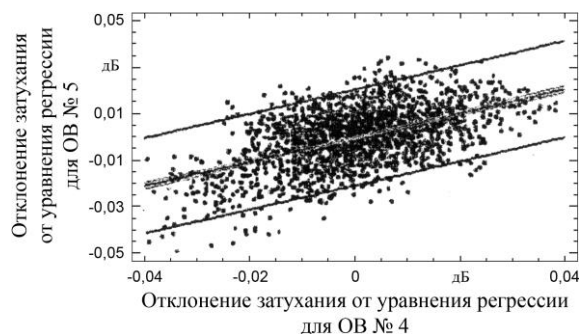


Рисунок 2 – Зависимость отклонений рефлектограмм для ОВ № 5 и ОВ № 4 при автоматизированном анализе

Аналогично были рассчитаны уравнения регрессии и коэффициенты корреляции (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты корреляционного анализа

Исследуемые волокна	Вид уравнения регрессии	Оценка коэффициента корреляции
ОВ № 5 и ОВ № 3	$y = 0,0000191 + 0,486x$	0,424295
ОВ № 5 и ОВ № 4	$y = 0,0000163 + 0,519x$	0,542268
ОВ № 4 и ОВ № 3	$y = 0,0000011 + 0,495x$	0,414718

Данные, полученные в результате автоматизированного анализа, согласуются с полученными ранее, но являются более точными. Кроме того, проведение анализа автоматизированным способом позволило сократить затрачиваемое время примерно в 50 раз.

Далее было произведено суммирование полученных цифровых данных. График, полученный путем суммирования рефлектограмм всех волокон, позволяет более четко определить месторасположение неоднородностей в оптическом волокне, которые могут быть не обнаружены при анализе каждой отдельно взятой рефлектограммы. На рисунке 3 более подробно представлены на одном поле в одинаковом масштабе результаты сложения

ния нескольких рефлектограмм. Для удобства представления результирующие рефлектограммы сдвинуты по оси  $Y$  друг к другу. Из рисунка видно, что уже при сложении 6 рефлектограмм становятся четко видны места с повышенным затуханием.

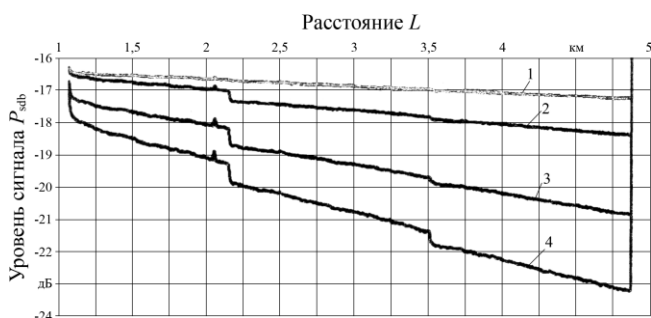


Рисунок 3 – Результаты сложения рефлектограмм:  
1 –  $n = 1$ ; 2 –  $n = 2$ ; 3 –  $n = 4$ ; 4 –  $n = 6$

Также были проведены аналогичные действия с рефлектограммами, полученными при измерении кабеля со второй стороны (Б). Было выяснено, что в некоторых оптических волокнах наблюдается так называемое «ложное усиление» в месте соединения волокон. Причина появления соединений «с усилением» заключается в том, что два сращенных волокна имеют различный коэффициент обратного рэлеевского рассеяния. Если то же самое соединение протестировать с противоположного направления, то рефлектометр укажет на «обычные» потери, более высокие, чем потери «отрицательные».

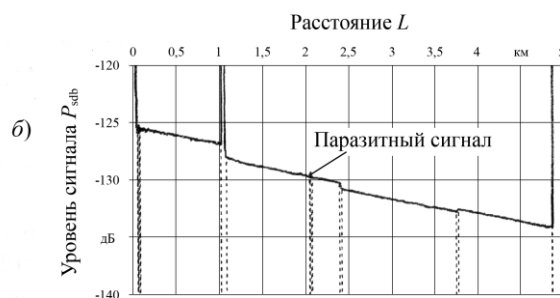
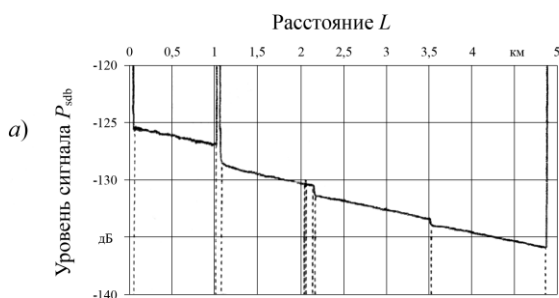


Рисунок 4 – Результат анализа рефлектограмм, полученных при измерении:  
а – со стороны А; б – со стороны Б

Разработанная методика по обнаружению неоднородностей в волоконно-оптическом кабеле путем суммирования нескольких рефлектограмм, конечно же, имеет свои недостатки, в частности, время, затрачиваемое на обработку и анализ числовых данных. Кроме того, если измерения были проведены некачественно, либо сварные соединения выполнены так хорошо, что не наблюдаются на рефлектограмме даже визуально, то неоднородности могут быть не обнаружены. Однако данную проблему не может решить и программное обеспечение, установленное в современных моделях рефлектометров, из-за чего оператор должен визуально осматривать полученную рефлектограмму. Данная методика позволяет улучшить качество анализа результатов измерений путем упрощения обнаружения неоднородностей в оптическом волокне,

В этом случае истинным значением потерь будет среднее значение двух показаний.

Теоретически может возникнуть ситуация, когда в некоторых волокнах в месте сварного соединения наблюдается усиление сигнала, а в других – затухание за счет изгиба волокна в муфте. В результате при сложении рефлектограмм при измерении с одной из сторон местоположение неоднородности может не обнаружиться.

Для решения данной проблемы потребовалось провести анализ полученных числовых данных, сходный с автоматическим анализом, реализованным во всех моделях современных рефлектометров.

Для анализа рефлектограмм был предложен следующий метод:

- с помощью программного обеспечения был проведен расчет значения уровня сигнала между точками каждой из суммируемых рефлектограмм, расположенными друг от друга на ширине импульса;

- в случае превышения по модулю некоей установленной величины (в данном случае было взято значение 0,05 дБ) положение этих точек отмечалось на графике результирующей рефлектограммы.

Данный анализ позволил определить все неоднородности, обнаруженные при измерениях (начало и конец линии, разъемные и неразъемные соединения). Кроме того, анализ обнаружил отраженный паразитный сигнал, вызванный переотражением импульсов света от оптического разъема рефлектометра. Результаты анализа приведены на рисунке 4.

избавляя при этом оператора от необходимости тщательного визуального просмотра каждого участка всех рефлектограмм. Помимо этого данный метод может быть полезен для обнаружения оптических муфт на линиях связи, на которые отсутствует техническая документация.

#### Список литературы

- 1 Листвин, А. В. Оптические волокна для линий связи / А. В. Листвин, В. Н. Листвин, Д. В. Швырков. – М. : ЛЕСАРпт, 2003. – 189 с.
- 2 Листвин, А. В. Рефлектометрия оптических волокон / А. В. Листвин, В. Н. Листвин. – М. : ЛЕСАРпт, 2005. – 208 с.
- 3 Убайдулаев, Р. Р. Волоконно-оптические сети / Р. Р. Убайдулаев. – М. : Техносфера, 2003. – 237 с.

Получено 09.09.2013

**V. N. Fomichev, V. V. Evdochkov, N. Y. Stoliarova.** Automated method of locating events in fiber-optical cables by adding the reflectograms.

There were considered the problems of loss in optical fibers. It was made the regression and correlation analysis of reflectograms of optical fibers. The amounts obtained from the conversion of reflectograms was summed. The reflectograms obtained by measuring the line on both sides was considered. There were proposed an automated method to detect other potential damage to the fiber-optic cables.