

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА МАНДЕЛЬШТАМ-БРИЛЛЮЭНОВСКОГО РАССЕЙНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

В.М. Корн, начальник конструкторско-технологического отдела;
О.В. Длютров, канд. техн. наук, начальник основного производства;
ЗАО «Москабель-Фуджикура»;

Б.В. Авдеев, канд. техн. наук, технический директор;
Е.Н. Барышников, канд. техн. наук, ведущий специалист
технического отдела;
ЗАО «Интегра-Кабель»

Основной задачей при проектировании и изготовлении оптического кабеля (ОК) является сохранение передаточных характеристик оптического волокна (ОВ) при установленных внешних воздействиях, среди которых основными являются механические (растягивающие) и температурные.

Проверку на соответствие параметров оптических кабелей установленным требованиям технических условий, основанных на технических требованиях Госкомсвязи России [1], осуществляют при проведении сертификационных испытаний. Методики испытаний и критерии оценки годности, приведенные в технических условиях, как правило, взяты из ГОСТ Р МЭК 794–1–93 (редакция 1993 года) или из последней редакции международного стандарта МЭК 60794–3–10 (редакция 2002 года). В соответствии с этими нормативными документами при проведении испытаний допускается изменение критерия оценки годности (растяжение), либо изменение длины волны, на которой проводятся измерения (осевое закручивание, статический изгиб, раздавливание). Это создает достаточную гибкость стандарта для внедрения новых приборов и методов измерения. Однако анализ воздействий, прикладываемых к ОВ при проведении испытаний, показывает, что зачастую допустимых в рамках стандарта изменений все равно не достаточно для полной гарантии качества исследуемого ОК (многократные изгибы, температурные циклы). Кроме того, стандарт вообще не предусматривает проведение оценки испытаний комплексных воздействий. Поэтому необходимо очень внимательно относиться к выбору критериев оценки годности кабеля при проведении испытаний. В качестве примера можно отметить исследование методики измерения ОК на растяжение [2, 3].

Обратимся к приведенной в статье зависимости со ссылкой на данные компании Corning, связывающей допустимую величину удлинения ОВ с допустимой длительностью нагрузки. Обращает на себя внимание «крутизна» приведенной зависимости, когда при изменении допустимого удлинения оптического волокна от 0,19% до 0,48%, допустимая продолжительность нагрузки изменяется от 40 лет до одной секунды. Безусловно, нуж-



но согласиться с большинством разработчиков, подчеркивающих важность регистрации при испытаниях не только прироста километрического затухания, но и одновременно величины удлинения оптического волокна.

Не менее важным фактором приведенной зависимости является достаточно исследованный накопительный характер разрушений в стекле [4]. Это снимает вопрос о разграничении статических и однократных воздействий на волоконный световод, выдвигая на первый план вопрос о суммарном (интегральном) воздействии. Недаром основные поставщики оптических волокон подчеркивают, что данный отрезок ОВ подвергнут однократной перемотке с фиксированным удлинением (натяжением). Приведенные рассуждения заставляют учитывать всю предысторию механических воздействий на каналобразующий элемент, от его «рождения» до завершения срока его эксплуатации (25 лет). Несмотря на то, что большинство авторов говорят о воздействиях на ОВ в процессе эксплуатации и прокладки, нужно согласиться с необходимостью учета воздействий на ОВ в процессе изготовления кабеля. Тем более, что конкретное воздействие на ОВ зависит от конструкции ОК, параметров технологических операций и множества иных факторов [5, 6].

В последнее время появился ряд приборов позволяющих регистрировать механическое (растягивающее) воздействие на ОВ, в том числе и в процессе выполнения технологических операций по изготовлению ОК. Прежде всего, к ним относятся фазометрические методы [7]. Необходимо отметить, что уд-

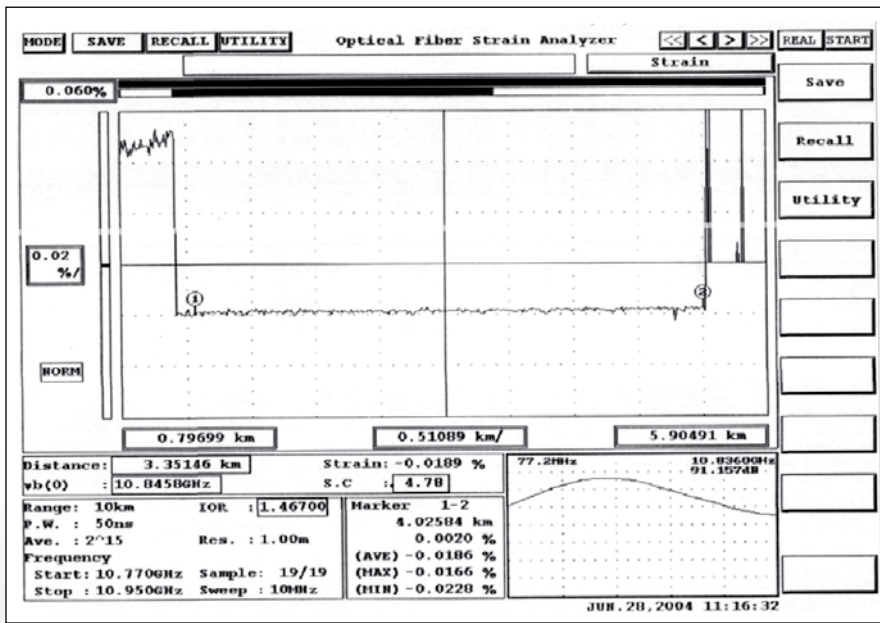


Рис. 1. Рефлектограмма, полученная прибором В-OTDR для свободно уложенного в заготовке скрутки волокна.

линие измеряется интегрально по всей длине ОВ, не позволяя выделить участки ОВ, находящиеся в напряженном состоянии и определить величину удлинения волокна на этих участках.

Метод и аппаратура рефлектометра мандельштам-бриллюэновского рассеяния (В-OTDR) позволяют в большинстве случаев выделять участки ОВ, подвергшиеся растягивающим нагрузкам [8].

Ниже приведены данные, полученные в ЗАО «Москабель-Фуджикура» при проведении экспериментальных исследований удлинения ОВ в кабеле на различных технологических операциях его изготовления.

Наиболее опасной операцией с точки зрения механического воздействия на ОВ при изготовлении многомодульной конструкции кабеля, является скрутка оптических модулей [5]. На рис. 1 приведена рефлектограмма, полученная прибором В-OTDR для свободно уложенного в заготовке скрутки волокна.

При вытягивании оптического модуля на операции скрутки В-OTDR может зарегистрировать увеличение относительного удлинения волокна по всей его длине.

При помощи В-OTDR возможно выявить различные дефекты технологии производства кабеля, например неровности центрального силового элемента, вследствие чего возникают незначительные локальные увеличения относительного удлинения волокна (рис. 2).

Необходимо отметить, что описанные выше дефекты не приводят к росту километрис-

кого затухания и не могут быть обнаружены рефлектометром обратного релеевского рассеяния. Подобные не замеченные в процессе производства дефекты на последующих технологических операциях могут привести к снижению механической прочности волокна и его обрыву. Важно выявить эти дефекты в момент их возникновения, определить причину их появления и скорректировать технологический процесс.

Главное ограничение, присущее В-OTDR [8], связано с распространением диагностирующего излучения по сердечнику ОВ, что не позволяет выделять отдельные части ОВ, подвергнутые растяжению, например при его изгибе. Изгиб отдельной части

ОВ, также как и растяжение в целом, приводит к уменьшению прогнозируемого срока службы ОВ. С другой стороны, изгиб ОВ необходим для формирования избыточной длины ОВ с целью сохранения передаточных характеристик ОК в диапазоне внешних воздействий (силовых и температурных).

В последнее время, особенно в связи с разработкой быстродействующих систем передачи информации, большое внимание уделяется исследованиям в ОВ поляризационно-модовой дисперсии (ПМД) [9], причиной которой является различие скорости распространения ортогонально поляризованных мод. Разработаны методы и приборы для ее регистрации. В каком-то смысле ПМД является мерой осевой асимметрии ОВ. В идеальном случае (в случае

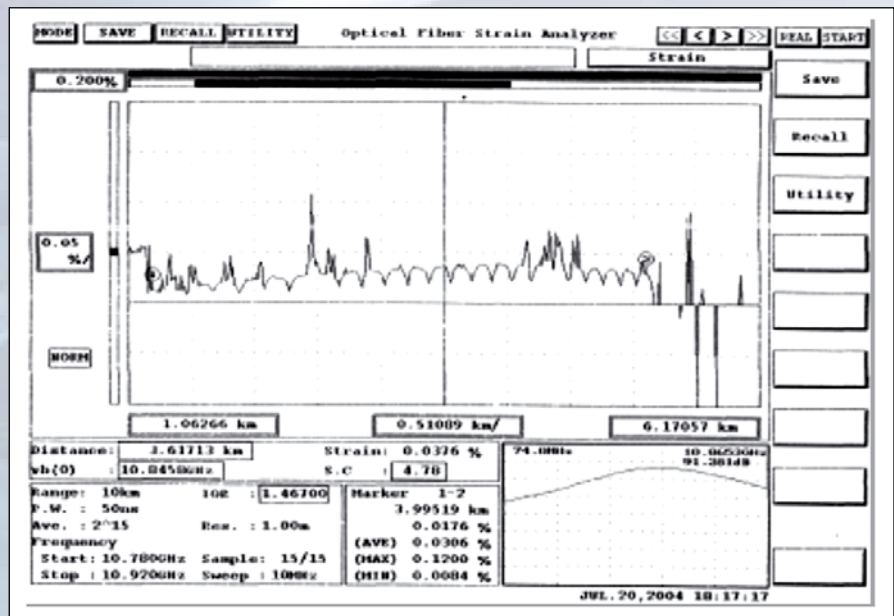


Рис. 2. Локальные увеличения относительного удлинения волокна.

абсолютно симметричного ОВ) значение ПМД должно было бы равняться нулю. Реальное волокно не бывает идеальным. Производители ОВ указывают разные значения ПМД для ОВ на катушке и ОВ в кабеле, что подтверждает зависимость ПМД от величины изгиба. Наличие в спецификациях величины радиуса собственного изгиба ОВ наводит на мысль о возможной корреляции между изгибом ОВ и величиной ПМД. При исследовании подобной зависимости появилась бы еще одна возможность регистрации «изгибной» деформации ОВ.

Таким образом, можно утверждать, что конструкции кабелей, требующие большей величины изгиба ОВ для формирования избыточной длины ОВ с целью обеспечения устойчивой работы ОК в диапазоне внешних воздействий, должны обладать и большей величиной ПМД. Конструкции кабелей, обеспечивающие максимальное быстродействие, должны обеспечивать практически прямолинейное расположение ОВ, что должно приводить к сужению диапазона допустимых внешних воздействий. Можно даже предположить, что наиболее «быстродействующими» являлись бы ОК на основе центральной трубки. Кроме того, в силу меньшей величины деформации ОВ, такие кабели должны обладать и большим сроком службы.

ЛИТЕРАТУРА



1. Технические требования к оптическим кабелям связи, предназначенным для применения на взаимоувязанной сети связи Российской Федерации. Утверждено начальником управления электросвязи Госкомсвязи России А.Ю. Рокотьяном 21.05.1998.
2. *Марьенков А.А.* и др. Измерение удлинения оптического волокна при испытании оптического кабеля на стойкость к растягивающей нагрузке // Lightwave Russian Edition. 2003. № 2.
3. *Выпарев А.И.* и др. Новое в испытаниях оптических кабелей // Вестник связи. 2003. № 4.
4. *Семенов С.Л.* Физические процессы, определяющие прочность и долговечность волоконных световодов: Дис. ... канд. физ.-мат. наук: ИОФРАН НЦВО, 1997.
5. *Длютров О.В.* Исследование механического состояния оптического волокна неразрушающими методами контроля относительного удлинения в процессе производства оптических кабелей: Дис. ... канд. техн. наук: МЭИ (ТУ), 2004.
6. *Барышников Е.Н.* Исследование процесса регулирования технологических параметров при изготовлении оптических модулей с целью оптимизации эксплуатационных характеристик волоконно-оптических кабелей: Дис. ... канд. техн. наук: МЭИ (ТУ), 2003.
7. *Бобров В.И.* и др. Реализация метода фазового сдвига для измерения времени распространения сигнала в оптическом волокне // По материалам сайта RusCable.ru / <http://www.ruscable.ru>.
8. *Акопов С.Г.* Контроль бриллиантовым рефлектометром технологии производства оптических кабелей // Вестник связи. 2003. № 4.
9. *Выпарев А.И.* и др. Испытания поляризационной модовой дисперсии оптических кабелей // По материалам сайта «Самарской оптической кабельной компании» / <http://www.soccom.ru>.

ЕДИНЬЙ КАБЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

RusCable.Ru