

УДК 625.321.6

В. Н. ФОМИЧЕВ, кандидат технических наук, В. В. ЕВДОЧКОВ, магистрант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Проведен анализ причин повреждений волоконно-оптических кабелей связи, рассмотрены пути повышения надежности работы волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Рассмотрены механизмы воздействия электромагнитных полей молнии и высоковольтных линий электропередачи на подземные волоконно-оптические кабели связи. Произведена оценка факторов, влияющих на характеристики «мертвых зон» рефлектограммы, возникающих в процессе проведения измерений.

Одним из достоинств волоконно-оптических линий связи является возможность передавать огромные объемы информации. По этой же причине к качеству работы ВОЛС предъявляются достаточно высокие требования.

Причины повреждений весьма разнообразны. К ним могут относиться дефекты производства, монтажа, неправильная эксплуатация, пробой высоким напряжением (при наличии металла в оптических кабелях), повреждение грызунами, старение и т. д.

Специалисты выделяют следующие основные причины аварий и повреждений подземных оптических кабелей (ОК):

- механические повреждения ОК при выполнении строительно-монтажных работ сторонними организациями в пределах охранных зон кабельной линии, также в результате актов вандализма;
- старение ОВ или попадание в сердечник кабеля влаги;
- грозовые воздействия на ОК (при наличии металлических элементов в конструкции ОК);
- воздействия грызунов, пожаров и т. д. на ОК;
- нарушение технологии прокладки и монтажа ВОЛС.

На рисунке 1 приведены данные, полученные при анализе причин повреждения ВОЛС Гомельского филиала РУП «Белтелеком» за период 2006–2011 гг.

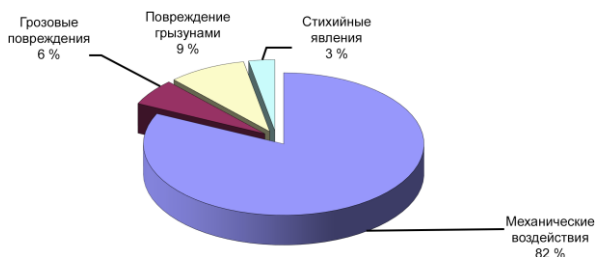


Рисунок 1 – Распределение повреждений по их видам

Как видно из рисунка 1, главной причиной повреждений ВОЛС являются механические воздействия. Следует заметить, что происходит постепенное увеличение количества повреждений ВОЛС, которое объясняется отказом от использования медных кабельных линий и заменой их на волоконно-оптические кабели. Повреждения, вызванные механическим воздействием, в основном связаны с нарушением некоторыми строительными организациями правил охраны линий и сооружений связи, а также с деятельностью злоумышленников.

Остальные виды повреждений встречаются гораздо реже. Стихийные бедствия не являются характерными для нашего региона, поэтому вызванные ими повреждения встречаются также довольно редко. Возможность повреждения грызунами возникает при использовании кабелей без металлической брони.

Одним из важнейших свойств оптического волокна является долговечность. Время нормальной работы волокна, т. е. сохранение им своих свойств в определенных пределах, может превышать 20 лет. Волоконно-оптические кабели предприятия имеют срок эксплуатации не более 14 лет, поэтому повреждения, вызванные старением ОВ на данном этапе эксплуатации, не приводят к аварийным ситуациям. Однако были отмечены случаи попадания влаги в оптические муфты, что отрицательно влияло на затухание волокна и могло вызвать его преждевременное старение. Проведение профилактических измерений позволяет своевременно обнаруживать и устранять такого рода недостатки.

Грозовые повреждения обусловлены наличием в волоконно-оптическом кабеле (ВОК) металлических элементов (брони). Волоконно-оптические кабели, прокладываемые в грунте, обычно имеют металлическую оболочку или броню для защиты от механических повреждений, упрочняющие металлические элементы, а также могут иметь жилы дистанционного питания.

Возвышающиеся объекты (опоры воздушных линий связи, мачты радиообъектов, отдельные деревья, лес и т. п.), находящиеся вблизи трассы волоконно-оптического кабеля, ориентируют на себя наземные грозовые разряды, что повышает при прочих равных условиях число повреждений кабеля, проложенного на открытой местности.

Стойкость оптических кабелей к ударам молнии (молниестойкость) определяется допустимым током молнии в металлической оболочке (бронепокрове) ВОК, при котором не возникает повреждения кабеля с перерывом связи. Различают следующие виды опасных воздействий разрядов молнии на ВОК: грозовые перенапряжения, электродинамические и термические воздействия. Кабели одновременно подвергаются всем видам воздействий.

Электродинамические воздействия создают наиболее серьезные повреждения ВОК, которые возникают в результате интенсивного испарения воды во влажном грунте или гидрофобного состава, наложенного поверх

бронепокрова, и резкого повышения давления при контакте с высокотемпературным каналом молнии в месте входа тока молнии в кабель. Наблюдаются прогибы и вмятины на бронепокрове, оболочке и сердечнике со смятием и растрескиванием трубок оптических модулей.

Термические воздействия тока молнии вызывают перегрев бронепокрова и жил дистанционного питания (ДП), по которым течет ток, вплоть до их разрушения, оплавление и прожог оболочек и лент бронепокрова, расплавление и разрушение трубок оптических модулей в результате интенсивного выделения тепла в месте контакта с каналом молнии.

Под грозовым перенапряжением понимается обусловленное ударом молнии повышенное напряжение в различных цепях ВОК, вызывающее пробой изоляции и прекращение действия связи. При ударе молнии в землю или в деревья вблизи трассы подземного волоконно-оптического кабеля часть или весь ток молнии может попасть в металлическую оболочку кабеля.

При дальнейшем протекании тока молнии по металлической оболочке кабеля между металлическими элементами ОК и землей возникает высокое напряжение. В результате этого происходит пробой внешнего шланга или изоляции между металлическими элементами конструкции кабеля. Во время пробоя могут пострадать расположенные рядом волокна, а через образовавшееся отверстие начнет постепенно проникать влага.

Если кабель имеет только металлическую оболочку без жил дистанционного питания, то наиболее вероятны повреждения шланга с последующим постепенным проникновением влаги внутрь конструкции. Это неизбежно влечет за собой немедленный выход кабеля из строя с перерывом связи, но значительно снижает его надежность.

Если ВОК не имеет металла в своей конструкции и является полностью диэлектрическим, то, как правило, сам кабель даже при близком ударе молнии не повреждается. Однако сильное электромагнитное излучение способно также вносить межканальные помехи и приводить к увеличению количества ошибок.

Передаваемая по ВОК световая волна под действием внешнего электромагнитного поля молнии может испытать поворот плоскости поляризации, что приводит к увеличению поляризационной модовой дисперсии (ПМД). В общем случае дисперсия – это уширение светового импульса, происходящее во время передачи его в оптическом волокне. При небольших длинах регенерационного участка кабеля увеличение ПМД незначительно. Вместе с тем в последние годы происходит не только активное внедрение технологии волнового мультиплексирования (WDM), но и наблюдается устойчивая тенденция повышения плотности волнового мультиплексирования, вплоть до сверхплотного – High Dense WDM (HDWDM), применения распределенного усиления и увеличения длины усилительных и регенерационных участков до нескольких сотен километров. В этих условиях, а также в тех случаях, когда подключенная к кабелю аппаратура чувствительна к поляризации волны, ПМД начинает играть существенную роль.

Процедуру измерений ВОЛС осложняет появление на рефлектограмме мертвых зон. Мертвой зоной назы-

вается участок рефлектограммы оптического волокна (ОВ), на котором невозможно определить его характеристики из-за наличия сигналов, возникающих вследствие отражения света от неоднородностей (разъемных соединений, трещин либо мест обрыва ОВ) (рисунок 2).

Различным отражающим событиям соответствуют различные мертвые зоны, причем зависящие от расстояния и амплитуды (коэффициента отражения) отражающего события. Очевидно, что основным фактором, определяющим степень ослабления амплитуды светового излучения, является расстояние до отражающего события, т. е. чем дальше событие, тем больше ослабляется амплитуда светового излучения, возвращающегося в фотоприемник рефлектометра. В то же время, чем выше отражающая способность данного события, тем больше амплитуда возвращенного света.

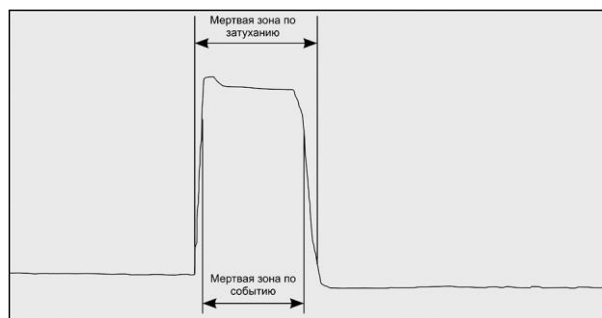


Рисунок 2 – Мертвая зона оптического волокна

Мертвые зоны можно разделить на две категории: мертвые зоны события (отражения) и мертвые зоны затухания (ослабления). Поскольку мертвая зона непосредственно связана с длительностью импульса, то ее можно уменьшить, сократив длительность импульса. Но сокращение длительности импульса означает уменьшение динамического диапазона. В конструкции любого рефлектометра должен найти отражение компромисс между этими двумя характеристиками.

Ширина импульса на дисплее зависит также и от ширины полосы пропускания фотоприемника. При этом ограничение ширины полосы пропускания приемника приводит к существенному увеличению мертвой зоны. Фотоприемник, как правило, насыщается при попадании на него мощного излучения, отраженного от оптического разъема или торца волокна. Эффект насыщения проявляется в виде ограничения амплитуды импульса и увеличения ширины верхушки импульса за счет времени восстановления чувствительности фотоприемника, что соответственно также увеличивает ширину мертвой зоны.

Таким образом, на характеристики мертвой зоны оказывают влияние следующие факторы: модель рефлектометра, состояние оптического разъема, длительность импульса, ширина полосы пропускания фотоприемника, расстояние от места измерения и коэффициент отражения от неоднородности.

Существуют различные пути уменьшения количества повреждений ВОЛС. Основным требованием здесь является соблюдение правил прокладки, монтажа и эксплуатации ВОЛС. Защита ВОЛС от ударов молнии может быть осуществлена путем прокладки полностью неметаллических ОК или ОК повышенной молниестой-

кости; с помощью проложенных в земле параллельно ОК защитных проводов (тросов). Однако следует помнить, что отсутствие металлической брони понижает прочность кабеля и делает его уязвимым для грызунов.

Список литературы

1 **Гроднев, И. И.** Оптические кабели: конструкции, характеристики, производство и применение / И. И. Гроднев,

Ю. Т. Ларин, И. И. Теумин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 264 с.

2 **Листвин, А. В.** Рефлектометрия оптических волокон / А. В. Листвин, В. Н. Листвин. – М. : ЛЕСАРпт, 2005. – 208 с.

3 **Соколов, С. А.** Защита магистральных оптических линий связи от электромагнитных полей / С. А. Соколов // Технологии и средства связи. – 2006. – № 3.

4 **Убайдулаев, Р. Р.** Волоконно-оптические сети / Р. Р. Убайдулаев. – М. : Техносфера, 2003. – 237 с.

Получено 09.09.2012

V. N. Fomichev, V. V. Evdochkov. Analysis of fault causes of fiber-optic communication lines.

It was made the analysis of fault causes of fiber-optic communication cables and there were considered means of functioning reliability increase of fiber-optic lines. There were also considered mechanisms of influence of electro-magnetic fields of lightning and high voltage transmission lines on underground fiber-optic communication cables. It was made the evaluation of factors influencing the reflectogram “deadband” characteristics appearing in the process of measurement.