

УДК 621.396.1

Абыханов Зейнолла Ахметович – магистрант (г. Алматы, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева)

МЕТОДЫ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ В ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ

В процессе прокладки и эксплуатации волоконно-оптических линии связи нуждаются в постоянном контроле технических параметров путем периодических измерений основных характеристик, на основании которых делаются выводы о надежности работы, как отдельных ее участков, так и магистралей в целом [1].

Процесс эксплуатации ВОЛС включает в себя несколько основных операций:

- *восстановление ВОЛС*. Методы быстрого восстановления ОК и его капитального ремонта зависят от характера повреждения (например, от характера распределения обрывов ОВ вдоль ОК). Характер распределения обрывов зависит от величины натяжения ОК. При пожарах, ударах молнии повреждения наступают при малом натяжении, а повреждения волокон имеют место на небольшом участке. Следовательно, ремонт ОК на месте повреждения приведет к полному восстановлению связи. Если повреждение возникло в результате большого натяжения (при землеройных работах, падении столбов, деревьев), то необходимо более тщательно изучить место повреждения. В этом случае предпочтительным методом быстрого восстановления является замена кабеля между двумя муфтами резервным кабелем, находящимся в резервном канале кабельной канализации или на поверхности земли. Этот метод в большинстве случаев является предпочтительным благодаря его скорости и надежности. При наличии обрывов нескольких волокон или структурных повреждениях поврежденный кабель выгоднее заменить новым постоянным кабелем. ОК можно восстанавливать и снова вводить в эксплуатацию, если место повреждения волокна определено точно.

- *систему непрерывного контроля*, которая включает панель с каналами аварийной сигнализации, панели с окончаниями каналов аварийной сигнализации, чувствительные элементы сростков и лента, для обнаружения наличия влаги. Панель с каналами аварийной сигнализации является основным блоком управления в системе контроля. Обеспечивает питание системы и опрос ее элементов. Имеет три аварийных режима работы, которые включаются при конкретном типе повреждения.

Для достижения требуемых параметров передачи волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) необходимо проводить комплекс измерений ОВ и других компонентов волоконно-оптических систем передачи (ВОСП). Измерения осуществляются различными методами и аппаратурой, соответствующей ТУ метрологического обеспечения при строительстве и технической эксплуатации ВОЛС.

Рефлектометр является единственным средством определения величин потерь, затухания и отражения ВОЛС в основе которого положен метод обратного рассеивания (МОР), который получил широкое распространение на практике ввиду возможности одновременного инсталлирования нескольких параметров ОВ, проведение измерений с одного конца и т.д. При измерении насовременных ВОЛС необходимо учитывать наличие оптических усилителей, которые формируют шум, ухудшающий условия измерения рефлектометром.

Принцип OTDR (*OpticalTimeDomainReflectometer*) измерений основан анализе оптического излучения, прошедшего через ОВ и возвращаемого на фото приёмное устройство в результате обратного релеевского рассеивания и отражений Френеля.

Не все технические характеристики OTDR соответствуют современным потребностям при решении измерительных задач на ВОЛС, например, низкий динамический диапазон, недостаточная разрешающая способность по расстоянию.

Поэтому для их повышения необходимо описать математическую модель МОР и промоделировать процессы, связанные с рассеянием и отражениями в ОВ.

После математической обработки сигнала на экране OTDR, формируется изображение, называемое рефлектограммой, представляющей зависимость уровня сигнала от расстояния вдоль волокна.

Световой сигнал, распространяющийся по ОВ, затухает по экспоненциальному закону:

$$P(x) = P_0 \cdot e^{-\alpha \cdot x} = P \cdot e^{-(\alpha_n + \alpha_p) \cdot x} \quad (1)$$

где: P_0 – мощность излучения; X – координата расстояния; $\alpha = \alpha_n + \alpha_p$ – ослабление, состоящее из ослабления поглощения и рассеивания, α_n и α_p постоянны по длине ОВ от начала ВОЛС до точки X [2].

$$\alpha_n = \frac{4,34 \cdot \pi \cdot n_1 \cdot \text{tg} \delta}{\lambda [\text{м}]}, \quad (2)$$

$$\alpha_p = \frac{K_p}{\lambda^4} = K_p \cdot \lambda^{-4} = 0,8 \cdot \lambda^{-4} [\text{мкм}], \quad (3)$$

где: n_1 – показатель преломления сердцевины волокна; λ – длина световой волны; $\text{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь (зависит от материала ОВ) [3].

На интервале $X + \Delta X$ поток излучения меняется на величину ΔP :

$$\Delta P = P_0 \cdot \alpha_p \cdot e^{-\alpha \cdot x} \cdot \Delta X, \quad (4)$$

где: ΔX – интервал измерения зависит от длительности зондирующего импульса (Δt) и для гауссовских импульсов определяется как:

$$\Delta X = \frac{C \cdot \Delta t}{n_{gp}}; \quad n_{gp} = n_1 \left(1 - \frac{\lambda}{n_1} \cdot \frac{dn_1}{d\lambda} \right), \quad (5)$$

где: n_{gp} – групповой коэффициент преломления сердцевины ОВ.

Рассеянный свет излучается во все стороны, однако небольшая его часть распространяется по ОВ обратно. Эта часть от общего рассеянного света определяется коэффициентом:

$$G = \frac{NA^2}{4 \cdot n_1^2}, \quad (6)$$

где: $NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$ –числовая апертура ОВ; n_2 – показатель преломления оболочки кабеля.

Используя (1 – 6) формулы, можно рассчитать сигнал, обратного рассеивания, приведенный ко входу ОВ:

$$P(x) = (P_0 \cdot \alpha_p \cdot e^{-\alpha \cdot x} \cdot \Delta X) \cdot Ge^{-\alpha x} \quad (7)$$

Множитель в скобках (1), соответствует всему рассеянному на интервале $X+\Delta X$ свету, второй (6) – соответствующей обратному рассеяния, третий – затуханию отраженного потока излучения, распространяющегося в обратном направлении [4 - 6].

При тестировании активных ОВ (передаются данные) в линию вводится оптическое излучение с длиной волны, не совпадающей с длиной волны излучения, переносящего рабочую нагрузку. В каждом ОК могут тестироваться, как по одному, так все ОВ. В зависимости от длины волны излучения, передающего рабочую нагрузку, используются излучения с длиной волны 1,31 мкм, 1,55 мкм, 1,625 мкм. Для ввода излучения рефлектометра в активное ОВ и вывода излучения, передающего трафик, используются спектральные мультиплексоры. По сравнению с методом контроля по пассивным волокнам, метод контроля по активным ОВ обеспечивает 100% вероятность обнаружения неисправности. Так как использование метода сопряжено с увеличением стоимости системы тестирования, то его использование целесообразно для контроля ответственных участков ВОЛС.

Выбор оборудования обслуживания сетей зависит от требуемых диагностических процедур:

1. Определение целостности волокна. Если световой сигнал источника достигает приемника, то это означает, что волокно цело на всем своем протяжении.

2. Локализация обрыва в волокне. Поскольку кабель, как правило, недоступен для прямого осмотра, обрыв определяют при помощи диагностического оборудования.

3. Определение общих оптических потерь в волокне (затухание “из конца в конец”). Работоспособность волоконной линии связи определяется, прежде всего, чувствительностью приемника – потери в линии не должны ослабить сигнал до такой степени, что он уже не будет восприниматься приемным устройством.

4. Идентификация волокна. Выделение нужного волокна из множества волокон, проходящих внутри кабеля (обычно при сварке волокон).

5. Определение оптических потерь на сварном соединении. Качество сварного шва определяется величиной оптических потерь на шве и измеряется в децибелах. Оптические потери на шве должны быть минимальны, чтобы сигнал смог достичь приемника.

6. Определение коэффициентов отражения сварного шва и соединительного разъема. Коэффициент отражения характеризует ту часть светового сигнала, который отразился от сварного шва или соединительного разъема. Этот параметр особенно важен для систем скоростной передачи информации (SDH) и аналоговых видеосистем.

7. Общие потери на отражение определяются как доля светового сигнала, вернувшаяся на вход волокна в результате отражения. Слишком мощный обратный сигнал может вызвать проблемы в аналоговых и цифровых системах.

8. Определения уровня битовых ошибок (УБО). Цифровые системы, особенно те, что работают с компьютерными данными, требуют контроля УБО. УБО определяется как отношение неправильно принятых бит по отношению к количеству правильно принятых бит.

9. Определение качества волокна. Критерием качества волокна служит удельное затухание в волокне, которое измеряют в дБ/км. Обычно удельное поглощение определяют при изготовлении и приводят в технических характеристиках волокна.

10. Определение поляризационной модовой дисперсии (ПМД).

11. Определение хроматической дисперсии волокна (ХД). ПМД и ХД являются важными характеристиками волокна при передаче сигналов со скоростями 625 Мбит/с и выше.

12. Определение и локализация замочания волокна. Проникновение воды в кабель приводит к деградации волокна и ухудшению его передающих свойств.

13. Документирование полученных результатов (распечатка или сохранение на диске, топографическая привязка).

14. Автоматический дистанционный контроль. Система управления работой волоконно-оптических кабелей позволяет контролировать всю сеть с поста, расположенного на центральной станции.

Вывод. Таким образом, быстрота и эффективность обслуживания сетей обеспечивается, если контрольное оборудование отличается простотой в эксплуатации, надежностью и точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. - М.; Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999. - 671 с.

2. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи: - 5-е изд., пер. и доп.- М.: Радио и связь, 1988.- 544 с.

3. Шикетанц Д. Теория измерений по методу обратного рассеивания в световодах. //Зарубежная радиоэлектроника, 1981. №6.-с.87-94.

4. Григорьянц В.В., Чаморовский Ю.К. Диагностика волоконных световодов и оптических кабелей методом обратного рассеивания. // Радиоэлектроника, т.29, 1982, г., стр. 47-79.

5. Барноски М.К., Персоник С.Д. Измерения в волоконной оптике. ТИИЭР, 1978, 66, №4, - с.75-83.

6. Теумин И.И., Гинзбург С.А. Допустимое число разрывов в оптическом волокне. // ОМП, 1977, № 4, с. 27 - 29.