

УДК 621.396

ВИДЫ РАССЕЯНИЯ СИГНАЛОВ В ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЯХ

Е.В. СМЕТАНА

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Проведен анализ видов рассеяния сигналов в оптических кабелях. Рассмотрен принцип измерения характеристик оптических кабелей на основе определения интенсивности и времени задержки импульсных сигналов.

В современном мире важную роль играют линии связи, физическая среда передачи которых может представлять собой кабель (набор проводов, изолированных и защищенных оболочкой). Кроме кабеля физической средой передачи данных может быть земная атмосфера или космическое пространство, через которые распространяются электромагнитные волны. В зависимости от среды передачи данных кабели связи можно разделить на три группы:

1) *проводные (воздушные) кабели связи* – это провода без изолирующих и экранирующих оплеток, проложенные между столбами и висящие в воздухе. Они проводят телефонные и телеграфные сигналы. Скоростные свойства и помехозащищенность низкие;

2) *радиоканалы земных и спутниковых кабелей связи* – образуются с помощью передатчика и приемника радиоволн. Могут использоваться для организации сетей в пределах больших помещений типа ангаров или павильонов – там, где использование обычных кабелей связи затруднено или нецелесообразно;

3) *кабельные* – состоят из проводников, заключенных в несколько слоев изоляции. В компьютерных сетях используют три основных типа кабеля:

- витая пара (скрученные пары медных проводников);
- коаксиальный кабель;
- оптические.

Оптические кабели (ОК) – это вид устройств передачи информации данных, при котором информация передается по оптическим диэлектрическим световодам. В настоящее время ОК считаются самой совершенной физической средой для передачи информации, а также самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния [1].

Преимущества оптических кабелей связи (ОКС), обуславливающие выбор именно ОКС как основу построения сети:

- *широкополосность*, обусловленная чрезвычайно высокой несущей частотой ($F_0 = 10^{14}$ Гц). По ОКС можно передавать информацию со скоростью порядка 1,2 млрд. бит данных в секунду;

- *очень малое затухание*. (0,2–0,3 дБ на длине волны 1,55 мкм на 1 км) светового сигнала в кабеле позволяет строить ОК длиной до 100 км и более без ретрансляции сигналов;

- *устойчивость к электромагнитным помехам* со стороны окружающих медных кабельных систем, электрического оборудования (линии электропередачи, электродвигательные установки и т.д.) и погодных условий;

- *защита от несанкционированного доступа*. Информацию, передающуюся по оптическим кабелям связи, практически нельзя перехватить неразрушающим способом;

- *электробезопасность*. Из-за отсутствия искрообразования оптический кабель повышает взрыво- и пожаробезопасность сети, что особенно актуально на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенного риска;

- *малый вес и объем*. Оптические кабели имеют меньший вес и объем по сравнению с медными кабелями в расчете на одну и ту же пропускную способность. Например, 900-парный телефонный кабель диаметром 7,5 см может быть заменен одним кабелем с диаметром 0,1 см. Если кабель «одеть» во множество защитных оболочек и покрыть стальной ленточной броней, его диаметр будет 1,5 см, что в несколько раз меньше рассматриваемого телефонного кабеля;

- *долговечность*. Срок службы ОКС составляет не менее 25 лет.

Недостатки оптических кабелей связи (ОКС):

- *относительно высокая стоимость сварки оптических кабелей*. Для этого требуется прецизионное, а следовательно, дорогое, технологическое оборудование. Как следствие, при обрыве оптического кабеля затраты на восстановление ОКС выше, чем при работе с медными кабелями;

- *относительно высокая стоимость активных элементов ОКС*, преобразующих электрические сигналы в свет и свет в электрические сигналы [2].

При монтаже и обслуживании оптических кабелей невозможно обойтись без проведения ряда измерений. Конкретный набор параметров зависит от выполняемых работ. Самым типичным для этапа монтажа является измерение затухания как всей линии, так и отдельных сростков, выполненных с помощью сварки. На этапе пусконаладочных работ и эксплуатации определяются уровни мощности оптического излучения на выходе передатчика и входе приемника, а также фиксируется коэффициент ошибок. При проведении кроссовых работ встает задача идентификации кабелей и их окончаний, проверки исправности коммутационных шнуров и правильности кроссировки (просветка, аналог «прозвонки» на металлических кабелях). В случае обнаружения каких-либо проблем производится диагностика кабелей с помощью оптического рефлектометра [2].

Виды рассеяния сигналов в оптических кабелях. В современном мире оптические кабели связи получают все более широкое распространение, однако для корректной работы необходимо точно отслеживать их параметры. Для этой цели служат оптические рефлектометры [3].

Принцип работы прибора основан на анализе отраженных оптических импульсов, излучаемых рефлектометром в оптический кабель. Измерения с помощью оптического рефлектометра основано на явлении обратного рассеяния света в кабеле и на отражении света от скачков показателя преломления. Импульсы света, распространяясь по кабелю, испытывают отражения и затухания на неоднородностях кабеля и вследствие поглощения в среде [3].

С помощью рефлектометра определяется местонахождение дефектов и повреждений, измеряется уровень потерь сигнала в любой точке оптического кабеля. Все что нужно для работы с оптическим рефлектометром – это доступ к одному концу кабеля. Оптический рефлектометр производит тысячи измерений по всей длине кабеля. Точки с результатами измерений могут находиться друг от друга на расстоянии от 0,5 до 16 м. Эти точки выводятся на экран и образуют наклонную линию идущую слева направо и сверху вниз. При этом по горизонтальной оси графика откладывается расстояние, а по вертикальной – уровень сигнала. Выбрав с помощью подвижных курсоров две любые точки с результатами измерений можно определить расстояние между ними и разницу между уровнями сигнала в этих точках [4]. Посылая в кабель световой импульс и измеряя время его распространения и интенсивность отражения от точек, находящихся внутри кабеля, рефлектометр выводит на экран дисплея рефлектограмму «уровень отраженного сигнала в зависимости от расстояния».

Рефлектограмму можно проанализировать на месте, немедленно распечатать для создания документации о сети или сохранить на диске компьютера для более позднего анализа и сопоставлений. По такой рефлектограмме опытный оператор может точно определить конец кабеля, местонахождение оптических стыков и потери в них, а также полные потери в кабеле. В большинстве последних моделей рефлектометров предусмотрена возможность автоматического анализа полученных рефлектограмм, что упрощает обучение операторов. Для измерения характеристик оптического кабеля оптический рефлектометр использует явления релеевского рассеяния и френелевского отражения.

Релеевское рассеяние. При посылке светового импульса по кабелю часть импульса натывается на имеющиеся в стекле микроскопические частицы (которые называются «примесью») и рассеивается во всех направлениях. Это явление называется релеевским рассеянием. Часть световой энергии (около 0,0001%) рассеивается назад в направлении, противоположном направлению распространения импульса, – обратное рассеяние. Поскольку в процессе изготовления кабеля примеси распределяются равномерно по всему кабелю, явление рассеяния возникает по всей его длине [5].

На рисунке 1 изображено Релеевское рассеяние.

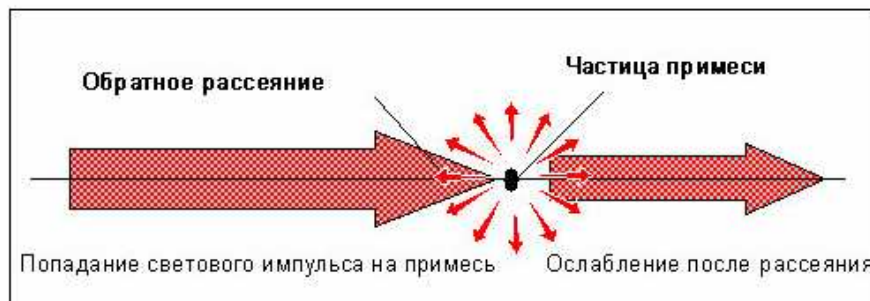


Рисунок 1. – Релеевское рассеяние

Релеевское рассеяние – основная причина потерь, имеющих место в кабеле. На более длинных световых волнах рассеяние меньше, чем на более коротких. Так, например свет на 1550 нм теряет из-за релеевского рассеяния от 0,2 до 0,3 (дБ/км) в то время как на 850 нм – от 4,0 до 6,0 (дБ/км). Имеющие

более высокую плотность примеси также увеличивают рассеяние и, следовательно, повышают уровень удельного затухания. Оптический рефлектометр может измерять уровни обратного рассеяния с большой точностью, используя эту способность для выявления незначительных изменений характеристик кабеля в любой его точке.

Релеевское рассеяние похоже на рассеивание частицами влаги луча света от карманного фонарика в ночном тумане. В густом тумане рассеивание будет сильнее, так как в воздухе больше частиц влаги. Туман виден потому, что частицы влаги рассеивают небольшое количество света по направлению к вам. Если туман не очень густой, луч света может распространяться на большое расстояние, но в густом тумане свет из-за эффекта рассеяния затухает довольно быстро. Частицы примесей в кабеле действуют, как частицы влаги в тумане, отражая при попадании на них света небольшое количество световой энергии назад к ее источнику [5].

Френелевское отражение. Всегда, когда свет, распространяющийся в каком-нибудь материале (например, в оптическом кабеле), попадает в материал с другой плотностью (например, в воздух) часть световой энергии (до 4%) отражается назад к источнику света, в то время как остальная световая энергия продолжает распространяться дальше. Резкие изменения плотности материала имеют место на концах кабеля у обрывов кабеля и иногда у оптических стыков. Количество отраженного света зависит от величины изменения плотности материала (которая характеризуется показателем преломления – более высокий показатель преломления означает большую плотность), а также от того угла, под которым свет падает на поверхность раздела между двумя материалами. Это явление называется френелевским отражением. Оно используется в оптическом рефлектометре для точного определения мест обрывов кабеля. Френелевское отражение напоминает ситуацию со светом карманного фонарика, падающим на оконное стекло. Большая часть света проходит через стекло, но какая-то его часть отражается назад к вам. От угла, под которым луч света падает на оконное стекло, зависит, куда попадет отраженный свет: назад в фонарик или же к вам в глаза [5]. Френелевское отражение изображено на рисунке 2.

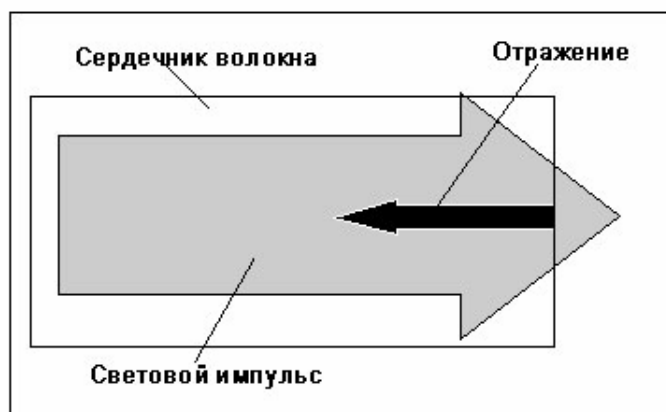


Рисунок 2. – Френелевское отражение

Заключение. В результате проведенных исследований рассмотрены виды отражений и рассеиваний в оптических кабелях. Рассмотрен принцип измерения характеристик оптических кабелей на основе определения интенсивности и времени задержки импульсных сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оптические кабели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Оптические кабели](http://ru.wikipedia.org/wiki/Оптические_кабели). – Дата доступа: 25.04.2016.
2. Оптические кабели (ОК) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://victel.by/OK/>. Дата доступа: 26.04.2016.
3. Оптический рефлектометр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Оптический_рефлектометр. – Дата доступа: 29.04.2016.
4. Анализ и расшифровка рефлектограмм [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teleinfo.ru/seminar/232.htm>. – Дата доступа: 29.04.2016.
2. Физическая энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.femto.com.ua/articles/part_2/3477.html. – Дата доступа: 03.05.2016.