

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА В ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКИХ ТРАКТАХ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Кийко В.Н., Лукашевич С.А.

Урядов В.Н. – к.т.н., доцент

Ранее считалось, что ВОЛС полностью защищены от несанкционированного доступа к информации, передаваемой по линейным трактам. Однако на сегодняшний день, как выяснилось, это можно осуществить, используя различные физические явления при внесении в волоконный световод неоднородностей. Поэтому актуально исследование каналов, способов доступа и методов защиты информации, передаваемой по волоконным световодам.

При изгибе оптического волокна происходит изменение угла падения электромагнитной волны на границе сердцевина-оболочка. Угол падения становится меньше предельного угла, что означает выход части электромагнитного излучения из световода. Изгиб оптического волокна приводит к сильному побочному излучению в месте изгиба, что создаёт возможность несанкционированного съёма информации в локализованной области. Как правило, применяются изгибы меньше некоторого критического $R_{кр}$, при котором все излучение покидает сердцевину ВС и выходит в оболочку.

В прямом световоде с произвольным профилем показателя преломления поле моды в каждой точке поперечного сечения распространяется параллельно оси световода с одинаковой фазовой скоростью, так что плоскость постоянной фазы ортогональна ей. Однако, если световод изогнут в плоскую дугу с постоянным радиусом, как это изображено на рисунке 1, то ясно, что поля и фазовые фронты вращаются вокруг центра кривизны изгиба с постоянной угловой скоростью [1,2]. Таким образом, фазовая скорость, параллельная оси световода, должна линейно возрастать при увеличении расстояния от центра кривизны C . Поскольку оболочка световода имеет постоянный показатель преломления, то фазовая скорость может превышать скорости света в данной среде. Поэтому должен существовать некоторый радиус $R_{кр}$ в плоскости изгиба, при превышении которого поле уже не может направляться световодом и должно становиться излучающим, как это изображено схематически на рисунке 1.

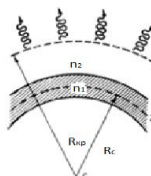


Рисунок 1 – Изогнутый световод с радиусом изгиба R_c , профиль показателя преломления которого в сердцевине - n_1 , в оболочке - n_2

В [3] показано, что часть мощности, теряемая на изгибе одномодового волоконного световода равна:

$$P(z) = P(0) \exp(-\gamma z), \tag{1}$$

где $P(0)$ – мощность до изгиба ВС; $P(z)$ – мощность после изгиба ВС; z – длина изгиба радиуса R_c ; γ – коэффициент затухания на единицу длины изгиба.

Коэффициент затухания мощности основной моды изогнутого слабонаправляющего световода ($n_1 \approx n_2$) со ступенчатым профилем показателя преломления определяется выражением [3]:

$$\gamma = \frac{\pi^{1/2}}{2a} \left(\frac{a}{R_c} \right)^{1/2} \frac{v^2 w^{1/2}}{u^2} \exp \left(-\frac{4 R_c w^2 \Delta}{3 a v^2} \right), \tag{2}$$

где $v = \frac{2\pi}{\lambda} a (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$ – нормированная частота;

$u = a \left[\left(\frac{2\pi}{\lambda} n_1 \right)^2 - \beta^2 \right]^{1/2}$ – параметр моды в сердцевине;

$$w = a \left[\beta^2 - \left(\frac{2\pi}{\lambda} n_2 \right)^2 \right]^{1/2} \text{ – параметр моды в оболочке;}$$

$$\beta \text{ – продольная постоянная распространения } \frac{2\pi}{\lambda} n_2 < \beta < \frac{2\pi}{\lambda} n_1.$$

Излучаемая мощность, которая может быть использована для снятия информации определяется выражением:

$$P_{изл} = P(0) - P(z). \quad (3)$$

Анализируя приведенное выше теоретическое обоснование можно сделать вывод о том, что описанный канал утечки приводит к локальному выходу значительной части оптической мощности за пределы волокна.

Метод снятия информации при изгибе волокна состоит в коллимации покинувшего волокно излучения с помощью пассивных оптических элементов (линз, призм), фокусирующих свет во вспомогательное волокно эквивалентной конструкции, соединенное с приемным оптическим модулем соответствующего типа.

Для данного метода снятия информации при изгибе волокна существуют промышленно выпускаемые средства, примером которых являются: устройство подключения на изгибе волокна типа «прищепка» EXFO FCD-10B, ответвитель-прищепка FOD-5503.

Были проведены испытания по отводу потока ЕЗ системы Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH) из ВОЛС без разрыва линии связи, которые показали возможность полного и безошибочного демультиплексирования цифрового потока.

Эксперимент показал, что работа системы не нарушается, если потери, вносимые прищепкой и линейным трактом системы, не превышают энергетического потенциала системы (разность между уровнем передачи и чувствительностью приемного оптического модуля). Контроль несанкционированного доступа возможен по анализу коэффициента ошибок информационного сигнала.

Данный канал позволяет производить несанкционированное снятие оптического сигнала достаточной мощности для последующего восстановления потока данных в любой точке волоконного световода. При этом изгиб вносит значительное затухание в проходящую мощность, что может ухудшить качество приема в основном канале и может служить индикатором несанкционированного доступа.

Список использованных источников:

1. Волоконно-оптические датчики / Т. Окуси, К. Окамото, М. Оцу, Х. Нисихара, К. Кюма, К. Хататэ; Под ред. Т. Окуси: Пер. с япон.— Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.
2. Затыкин А. А., Моршнев С. К., Францесон А. В. Квантовая электроника, 10, № 11 (1983).
3. Снайдер А., Лав Дж. Теория оптических волноводов: Пер. с англ. – Радио и связь, 1987.