

Метод мониторинга информационной безопасности волоконно-оптической линии связи

© М.В. Филиппов, Н.В. Чичварин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В основе данной публикации лежат результаты проведенных исследований по разработке метода обнаружения и локализации участка несанкционированного доступа к волоконно-оптической линии связи. Приведены результаты исследования особенностей функционирования волоконно-оптической линии связи во внестатных условиях. На основе аналитического обзора методов несанкционированного доступа к оптическому волокну разработан и предложен метод обнаружения и локализации участка утечки излучения из оптического волокна. Суть метода заключается в применении лазерного фазового дальномера в качестве устройства для мониторинга информационной безопасности. Показано, что применение классических лазерных фазовых дальномеров позволяет достичь точности локализации до нескольких сантиметров.

Ключевые слова: оптическое волокно, утечка излучения, мониторинг, информационная безопасность, лазерный дальномер.

Введение. В настоящее время к системам телекоммуникаций предъявляются достаточно высокие требования. Они должны обеспечивать высокую скорость передачи информации, надежность и защищенность от несанкционированного доступа (НСД) [1, 2]. С учетом указанных требований можно утверждать, что волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) имеют неоспоримые преимущества. В ближайшем будущем можно ожидать, что ВОЛС будут использоваться во всех магистральных линиях передачи информации. В связи с этим становится актуальной проблема защиты информации в ВОЛС [3].

В работе приводятся результаты исследований особенностей функционирования ВОЛС во внестатных условиях. На основе аналитического обзора методов НСД к оптическому волокну (ОВ) разработан и предложен метод обнаружения и локализации участка утечки излучения из ОВ. Суть метода заключается в следующем:

- применение лазерного дальномера для обнаружения участка локальной утечки и рассеивания за счет дифракции Брэгга на акустической решетке;
- применение фазовых лазерных дальномеров для повышения точности локализации.

1. Методы подсоединения к ОВ для организации НСД. Как показал анализ, несанкционированная утечка излучения из ОВ осуществляется одним из двух способов (рис. 1):

- изменением хода лучей (сгибание волокна — изгибы и микроизгибы, создание в ОВ акустической решетки, обеспечивающей дифракцию Брэгга);
- изменением соотношения показателей преломления оболочки и сердцевины ОВ. Последнее может быть случайным и приводит к рассеянию Релея.

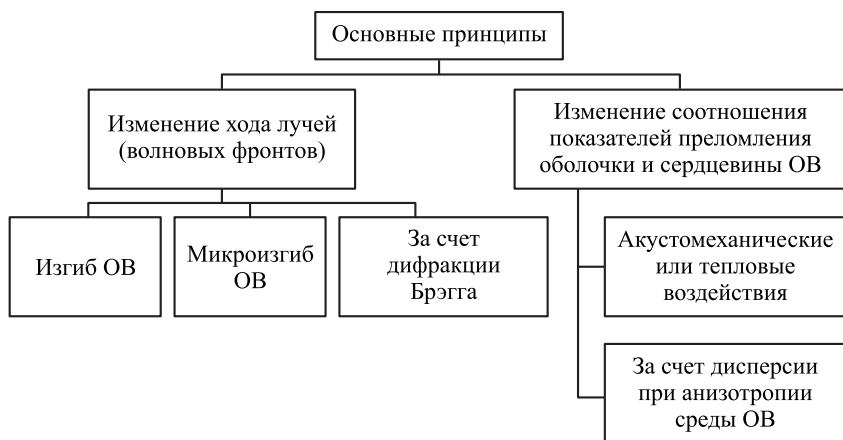


Рис. 1. Физические принципы утечки излучения из ОВ

А. Сгибание волокна. При таком методе подключения кабель разбирается до волокна [4]. Способ основан на принципе распространения света через волокно посредством полного внутреннего отражения. При этом угол падения света на переход между собственно ядром волокна и его оболочкой должен быть больше, чем критический угол полного внутреннего отражения. В противном случае часть света будет излучаться через оболочку ядра. Значение критического угла является функцией показателей отражения ядра и его оболочки. При сгибании волокно искривляется таким образом, чтобы угол отражения стал меньше критического, и излучение проникает через оболочку. Очевидно, что могут быть два типа сгибов:

- *микросгиб.* Приложение внешнего усилия вызывает острое, но при этом микроскопическое искривление поверхности, приводящее к осевым смещениям на несколько микрон и пространственному смещению длины волны на несколько миллиметров. Через дефект проникает свет, и он может использоваться для съема сообщений;

- *макросгиб.* Для каждого типа волокна существует минимально допустимый радиус изгиба. Это свойство также может использоваться для съема сообщений. Если волокно сгибается при меньшем радиусе, то возможен пропуск света, достаточный для съема сообщений. Обычно минимальный радиус изгиба одномодового волокна (за исключением волокна специального типа) составляет 6,5...7,5 см. Многомодовое волокно может быть изогнуто до 3,8 см.

Б. Оптическое расщепление. Оптическое волокно вставляется в сплиттер [5], который отводит часть оптического сигнала. Этот метод является интрузивным, поскольку требует разрезания волокна, что вызывает срабатывание тревоги. Однако необнаруженное подключение такого типа может работать годами.

В. Использование неоднородных волн. Способ применяется для перехвата сигнала от волокна-источника в волокно-приемник посредством аккуратной полировки оболочек до поверхности ядра и их совмещения [6]. Это позволяет некоторой части сигнала проникать во второе волокно. Данный способ трудновыполним в полевых условиях.

Г. V-образный вырез. V-образный вырез — это специальная выемка в оболочке волокна, близкая к ядру и сделанная таким образом, что угол между светом, распространяющимся в волокне, и проекцией V-выреза больше, чем критический [7]. Это вызывает полное внутреннее отражение, при котором часть света будет уходить из основного волокна через оболочку и V-образный вырез.

Д. Дифракционное рассеяние [8]. На ядре волокна создается решетка Брэгга, с помощью которой происходит отражение части сигнала с волокна. Это достигается наложением и интерференцией лучей, создаваемых лазером. Дифракционную акустическую решетку можно создать также стоячими ультразвуковыми волнами. Акустооптическая дифракция — совокупность явлений, связанных с отклонением от законов прямолинейного распространения света в среде в присутствии ультразвуковой волны. В результате периодического изменения показателя преломления света под действием ультразвуковой волны в среде возникает структура, аналогичная дифракционной решетке. Если в такой структуре распространяется пучок монохроматического света, то в ней, помимо основного, возникают пучки отклоненного (дифрагированного) света. Поскольку дифракция происходит на движущейся решетке, то в результате эффекта Доплера частота дифрагированного света оказывается сдвинутой по отношению к частоте ω падающего света. Для m -го порядка дифракции

$$v_m = \omega \pm m\Omega,$$

где v_m — частота дифрагированного света; Ω — частота звука.

Частота света, отклоненного в сторону распространения ультразвуковой волны, увеличивается, а отклоненного в противоположную сторону — уменьшается.

Последовательность действий при подсоединении к ОВ. Полностью операция НСД может быть реализована с помощью следующих шагов:

- получение оптического сигнала с волокна;
- детектирование сигнала;
- обнаружение механизма передачи (декодирование протокола);
- программная обработка обнаружения фреймов/пакетов и извлечение из них необходимых данных.

2. Теоретические основы моделирования утечки излучения в ОВ. Вычислительный эксперимент, проведенный в процессе подготовки публикации, основан на численной реализации методом конечных разностей модели в приближении классической электродинамики.

Как известно, классическая электродинамика базируется на уравнениях Максвелла:

$$\nabla \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \quad (1)$$

$$\nabla \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \vec{j}; \quad (2)$$

$$\nabla \vec{D} = 4\pi \rho; \quad (3)$$

$$\nabla \vec{B} = 0; \quad (4)$$

$$\nabla \vec{j} = \sigma \vec{E}; \quad (5)$$

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E}; \quad (6)$$

$$\vec{B} = \mu \vec{H}, \quad (7)$$

где \vec{E} , \vec{H} — электрический и магнитный векторы; \vec{D} , \vec{B} — векторы электрического и магнитного смещения; \vec{j} — вектор плотности тока; ρ — плотность электрического заряда; σ — удельная проводимость; ε — относительная диэлектрическая проницаемость среды; μ — магнитная проницаемость среды; c — скорость света в вакууме.

Чтобы построить модель распространения излучения в ОВ на основе уравнений (1)–(7), необходимо дополнить систему уравнений

краевыми условиями. Полного аналитического решения задачи в общем случае получить не удастся, поэтому необходимо было найти и реализовать численный метод решения с управляемой точностью, соответствующей поставленной задаче.

Для обеспечения наглядности результатов решения выбран расчет для двумерного случая с цилиндрическими координатами в предположении, что возмущение происходит по одной плоскости. В этом случае уравнения (1)–(7) принимают следующий вид:

$$\frac{\partial E_x}{\partial t} = \frac{c}{\varepsilon} \frac{\partial H_z}{\partial y}; \quad (8)$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial t} = -\frac{c}{\varepsilon} \frac{\partial H_z}{\partial x}; \quad (9)$$

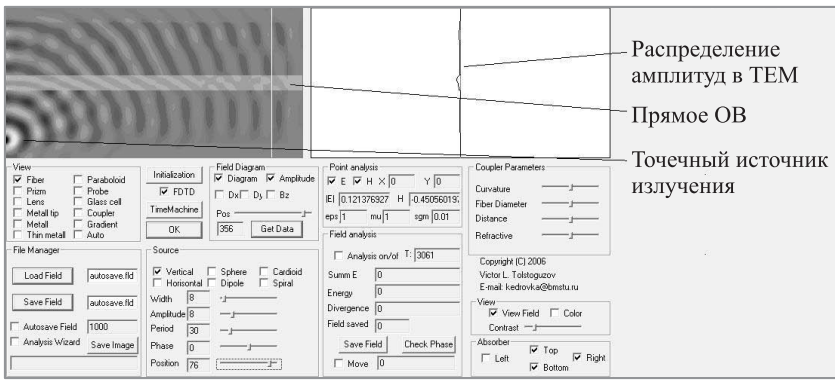
$$\frac{\partial H_z}{\partial t} = -\frac{c}{\mu} \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right). \quad (10)$$

Вектор \vec{H} перпендикулярен вектору \vec{E} , который лежит на расчетной плоскости. Вектор \vec{E} будем представлять через его проекции E_x и E_y , в связи с чем потребовалось сформировать три матрицы для электрического и магнитного векторов. Оптическое волокно рассматривается как неоднородная среда, поэтому было необходимо учесть еще две матрицы: μ_{ij} , ε_{ij} . Таким образом, каждое состояние волны во времени однозначно задается пятью матрицами, две из которых постоянны (μ и ε).

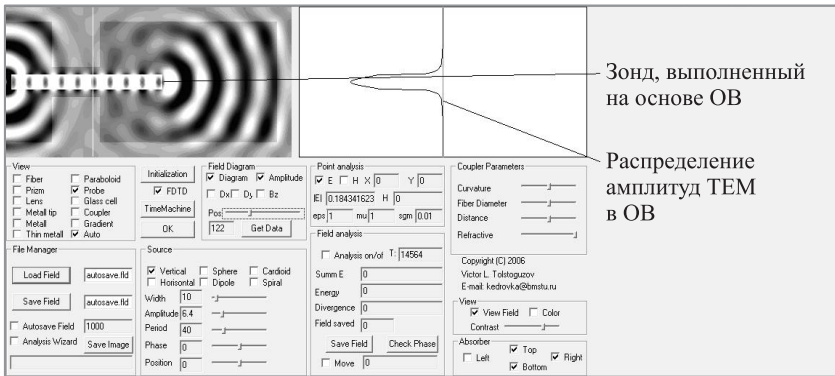
3. Результаты численного эксперимента. Результат моделирования боковой засветки ОВ, с помощью которой злоумышленник может занести сигнал, несущий ложное сообщение, представлен на рис. 2, а. Полученные данные свидетельствует о том, что в ОВ можно занести до 10 % энергии падающего излучения от стороннего источника.

На рис. 2, б показан результат моделирования зондирования ОВ с помощью внедрения бокового ОВ в основное. Как видно, существует реальная возможность перехватить сигнал и занести боковую засветку в основное ОВ.

Результат моделирования принципа действия технологического устройства, именуемого *куплером*, приведен на рис. 3. Действие куплера основано на организации утечки из одного ОВ в другое за счет изгиба или микроизгиба. В технологических куплерах микроизгиб зачастую создается акустомеханическим воздействием.



а



б

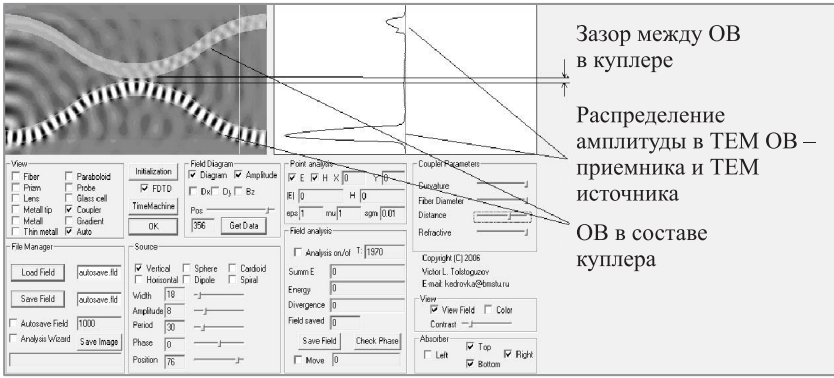
Рис. 2. Результаты исследований внедрения в ОВ (ТЕМ — основная мода лазерного излучения):

а — моделирование боковой засветки ОВ; б — моделирование возможности НСД путем внедрения зонда через оплетку ОВ

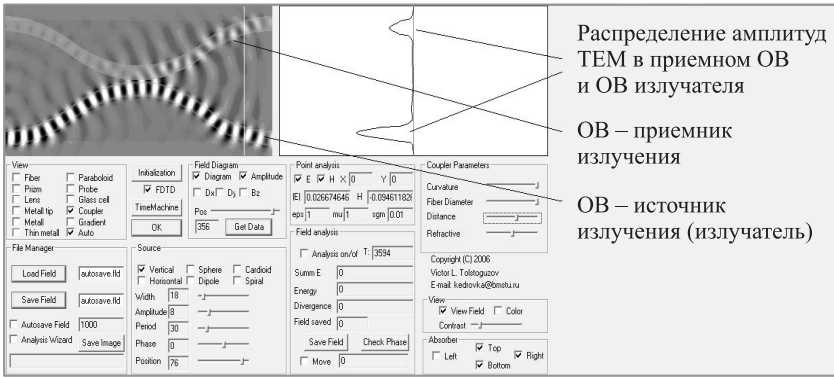
4. Обзор технических средства контроля НСД к сигналу, передаваемому по ОВ. В настоящее время существует два вида контроля НСД к сигналу:

- с непрерывным анализом принимаемого сигнала;
- с применением интерферометров.

Контроль с непрерывным анализом принимаемого сигнала. Работы в этом направлении связаны с мониторингом «горячих» волокон и созданием различных устройств, контролирующих параметры оптических сигналов на выходе ОВ и отраженных оптических сигналов на входе ОВ [9, 10]. Основой системы фиксации НСД служит система диагностики состояния (СДС) оптического тракта. Систему диагностики можно построить либо с анализом сигнала, прошедшего через оптический тракт, либо с анализом отраженного сигнала (рефлектометрические СДС). Наиболее простой диагностической системой является СДС с анализом прошедшего сигнала. На приемной части ВОЛС анализируется прошедший сигнал. При НСД происходит изменение сигнала, это изменение фиксируется и передается в блок управления ВОЛС.



а



б

Рис. 3. Моделирование организации утечки излучения в ответвителе (куплере) при наличии зазора между ОВ (а) и при непосредственном контакте ОВ (б)

Если использовать анализатор коэффициентов ошибок на приемном модуле ВОЛС, СДС реализуется при минимальных изменениях аппаратуры ВОЛС, так как в составе этой аппаратуры имеются практически все необходимые модули. Недостатком является относительно низкая чувствительность к изменениям сигнала.

Контроль с применением интерферометров. Более высокой чувствительностью обладает СДС с применением интерферометров [11]. Наиболее часто применяется интерферометр Майкельсона (рис. 4).

Интерферометр работает следующим образом. Пучок света из выходной апертуры ОВ падает на светоде-

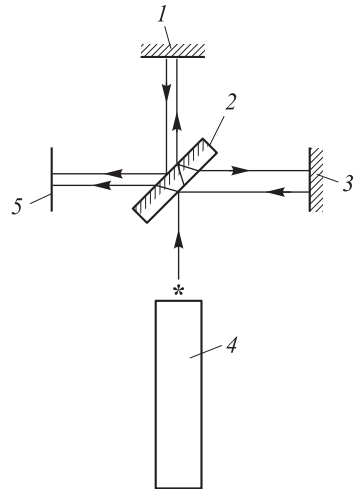


Рис. 4. Схема интерферометра Майкельсона в составе СДС: 1, 3 — зеркало; 2 — светоделитель; 4 — контролируемое волокно; 5 — регистратор

лительную пластину 2, где делится на два пучка — прошедший и отраженный — примерно одинаковой интенсивности. Пройдя некоторые расстояния, эти пучки попадают на зеркала 1 и 3, отражаются ими в обратных направлениях и вновь падают на делительную пластину. Пластина снова частично отражает и частично пропускает свет, в результате чего образуется пучок света, представляющий собой смесь пучков, прошедших через разные плечи интерферометра. Этот пучок света фиксируется регистратором 5. Двигая одно из зеркал интерферометра в направлении падающего на него светового пучка, можно изменять оптическую разность хода лучей и наблюдать изменение интерференционной картины. Интерференционная картина изменяется также за счет возникающего при НСД излучения.

Основной недостаток рассмотренной СДС с анализом прошедшего сигнала заключается в отсутствии информации о координате появившейся неоднородности, что не позволяет проводить более тонкий анализ изменений режимов работы ВОЛС (для снятия ложных срабатываний системы фиксации НСД).

Системы диагностики состояния с анализом отраженного сигнала позволяют в наибольшей степени повысить надежность ВОЛС [12]. Для контроля мощности сигнала обратного рассеяния в ОВ в настоящее время используется метод импульсного зондирования, применяемый во всех образцах отечественных и зарубежных рефлектометров.

Суть его состоит в том, что в исследуемое ОВ вводится мощный короткий импульс и затем на этом же конце регистрируется излучение, рассеянное в обратном направлении на различных неоднородностях, по интенсивности которого можно судить о потерях в ОВ, распределенных по его длине на расстоянии до 100...120 км. Начальные рефлектограммы контролируемой линии фиксируются в памяти компьютера при разных динамических параметрах зондирующего сигнала и сравниваются с соответствующими текущими рефлектограммами. Локальное отклонение рефлектограммы более чем на 0,1 дБ свидетельствует о вероятности попытки НСД к ОВ в данной точке тракта.

Основными недостатками СДС с анализом отраженного сигнала с помощью метода импульсной рефлектометрии являются следующие:

- при высоком разрешении по длине оптического тракта (что имеет важное значение для обнаружения локальных неоднородностей при фиксации НСД) существенно снижается динамический диапазон рефлектометров и уменьшается контролируемый участок ВОЛС;
- мощные зондирующие импульсы затрудняют проведение контроля оптического тракта во время передачи информации, что уменьшает возможности СДС либо усложняет и удорожает систему диагностики;

- источники мощных зондирующих импульсов имеют ресурс, недостаточный для длительного непрерывного контроля ВОЛС;
- специализированные источники зондирующего оптического излучения, широкополосная и быстродействующая аппаратура приемного блока рефлектометров значительно удорожают СДС;
- применение рефлектометров не решает задачу локализации НСД, если подключение осуществляется с использованием дифракции Брэгга.

В последнем случае перспективным представляется применение лазерной дальнометрии для локализации НСД, осуществляемого с помощью лазерных дальномеров [13].

5. Метод обнаружения и локализации НСД с помощью лазерного дальномера. Для локализации ОВ с целью локализации НСД представляется возможным использовать эффект отражения излучения от брэгговских решеток [14]. Этот эффект заключается в следующем. Рассмотрим две волны, распространяющиеся в одном направлении с константами распространения β_0 и β_1 . Энергия передается от одной волны к другой, если они удовлетворяют условию Брэгга:

$$|\beta_0 - \beta_1| = \frac{2\pi}{\Lambda},$$

где Λ — период решетки.

В отражающем фильтре свет с константой распространения β_1 движется слева направо. Энергия от этой волны переходит к рассеянной волне, распространяющейся в обратном направлении и имеющей ту же длину, так как

$$|\beta_0 - (-\beta_0)| = 2\beta_0 = \frac{2\pi}{\Lambda}.$$

Полагая $\beta_0 = 2n_{eff}/\lambda_0$, где λ_0 — длина волны падающего света, а n_{eff} — эффективный показатель преломления волновода или волокна, получаем, что волна отражается, если выполняется условие

$$\lambda_0 = 2n_{eff}\Lambda.$$

Эта длина волны λ_0 называется *брэгговской*. Практически эффективность отражения уменьшается по мере расхождения длины волны падающего света с брэгговской длиной волны. Поэтому, если через решетку проходят излучения с различными длинами волн, отражается только сигнал с брэгговской длиной волны, в то время как остальные сигналы проходят, не отражаясь.

В качестве зондирующего устройства предлагается использовать лазерный дальномер. Различают два типа дальномеров:

- импульсный, регистрирующий временную задержку между излученным и принятым импульсами;
- фазовый, регистрирующий фазовый сдвиг между зондирующим и принятым сигналами.

Как известно, фазовые дальномеры обладают большим разрешением по дальности, но меньшим динамическим диапазоном, чем импульсные. Поэтому далее рассматривается возможность применения именно *фазового дальномера*.

Обобщенная структурная схема лазерного дальномера, реализующая фазовый метод измерения расстояния, представлена на рис. 5.

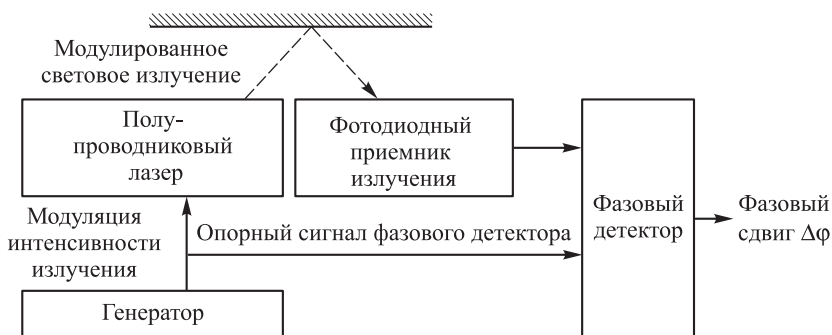


Рис. 5. Обобщенная структурная схема лазерного дальномера

Суть метода заключается в том, что до объекта посылается модулированный лазерный луч, который затем отражается от его поверхности и возвращается обратно. Приемное устройство обрабатывает полученный сигнал и по разности фаз исходного и принятого сигналов определяет расстояние до объекта. Анализ публикаций показал, что разрешение по дальности и точности измерения в основном определяется точностью измерения разности фаз зондирующего и принятого сигналов. Вопросы исследования точности фазового лазерного дальномера экспериментально изучены авторами публикации [15]. Далее результаты исследований рассмотрены подробно. В качестве объекта исследования выбран классический фазовый дальномер (рис. 6).

Приемное устройство отражения сигнала выполнено по схеме прямого преобразования с понижением частоты измерительного и опорного сигналов до звуковой в 1 кГц. При этом информация о разности фаз сигналов сохраняется. Для генерации сигналов с частотами, разнесенными на звуковую частоту, в дальномере используются два высокоточных генератора с прямым цифровым синтезом частоты (DDS). Основное усиление измерительного сигнала обеспечивает

низкочастотный электронный усилитель с коэффициентом усиления по напряжению $K_u = 10$. Основным компонентом таких дальномеров, определяющим точность измерения, является фазовый детектор. Поскольку во всех современных фазовых дальномерах применяются цифровые детекторы, точность определяется выбором необходимого количества разрядов.

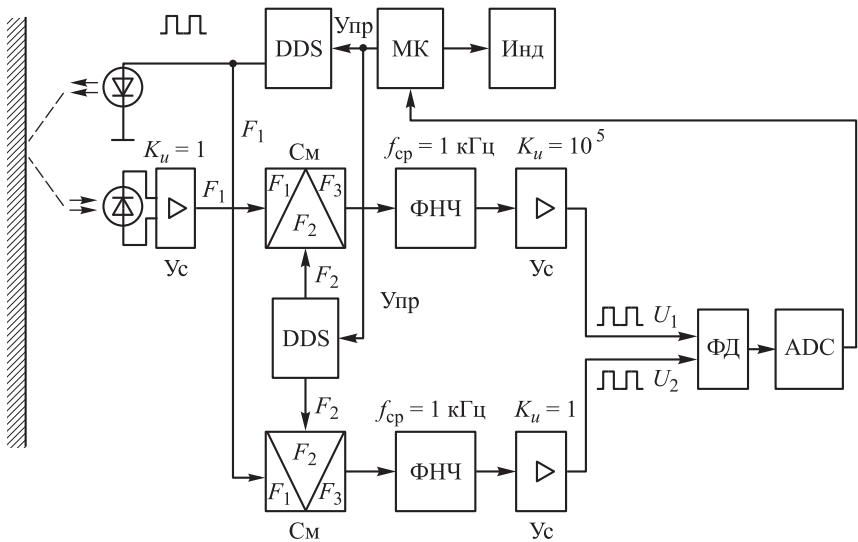


Рис. 6. Функциональная схема фазового дальмера:

DDS — генератор зондирующего излучения; ФНЧ — фильтр низких частот; Ус — усилитель; ФД — фазовый детектор; ADC — аналого-цифровой преобразователь; МК — микроконтроллер; Инд — индикатор; См — смеситель; Упр — управляющий сигнал

Фазовый детектор собран на логическом элементе DD1 (исключающее или) и простейшем RC-фильтре нижних частот. На вход фазового детектора поступают измерительный и опорный сигналы. На выходе DD1 формируются импульсы, длительность которых пропорциональна фазовому сдвигу входных сигналов; RC-фильтр подавляет переменные составляющие и выделяет полезный сигнал в виде постоянного уровня. На рис. 7 приведена зависимость уровня сигнала на выходе фазового детектора от измеряемого расстояния (фазового сдвига) при частоте модуляции сигнала, равной основной (пеленгационная характеристика). Из рисунка видно, что данная зависимость носит периодический характер. При этом возникает сложность расшифровки показаний из-за их неоднозначности. Заметим, что это является основным недостатком фазовых дальномеров.

Результаты исследований, проведенных авторами [15], показывают, что наиболее эффективным способом преодоления указанного недостатка является выполнение дополнительного измерения при

меньшей частоте модуляции. Если при этом уровень сигнала на выходе фазового детектора уменьшится пропорционально частоте, это будет означать, что расстояние до объекта не превышает предельных значений поддиапазона. В противном случае результат находится за пределами поддиапазона измерений и будет исключен.

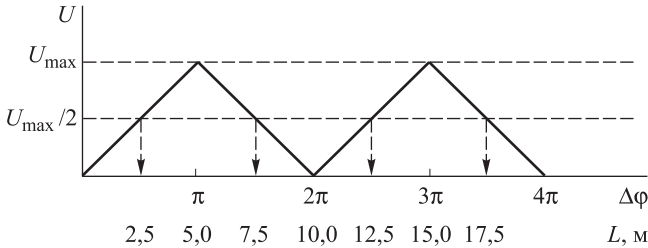


Рис. 7. Пеленгационная характеристика исследуемого дальномера

Исследования показали также, что для обеспечения разрешающей способности дальномера в 1 см достаточно 10-разрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), что позволяет использовать АЦП, встроенный в микроконтроллер. Способ измерения разности фаз непосредственно микроконтроллером без использования АЦП и ФНЧ основан на измерении с помощью микроконтроллера длительности импульсов на входе DD1 и периода T с последующим расчетом разности фаз по формуле

$$\Delta\varphi = 2\pi(\Delta t/T).$$

Для измерений Δt и T применяется интегрированный в микроконтроллер таймер. Поскольку здесь используется отношение $\Delta t/T$, то любые изменения частоты тактовых импульсов не будут влиять на точность измерений. В момент обнаружения переднего фронта импульса включается таймер и начинает считать такты генератора импульсов. По заднему фронту импульса таймер останавливается, а в его счетном регистре будет храниться значение, которое соответствует длительности импульса и пропорционально разности фаз эталонного и измеряемого сигналов. Затем на основе этого значения рассчитывается $\Delta\varphi$. При использовании микроконтроллера с тактовой частотой 16 МГц разрешающая способность при измерении временных интервалов составляет 62,5 нс, что позволяет в 16 раз увеличить точность измерений разности фаз относительно первого способа с 10-разрядным АЦП.

Таким образом, применение лазерных дальнометров для обнаружения и локализации НСД к сигналу в ОВ позволит эффективно проводить мониторинг информационной безопасности ВОЛС.

Заключение. В процессе аналитического обзора рассмотрены и классифицированы все физические принципы организации утечки излучения из ОВ. Установлено, что любой НСД к ОВ может быть обнаружен при мониторинге связи в ВОЛС. Локализация участка, в котором произошел НСД, в большинстве случаев возможна с применением рефлектометров. Однако если внедрение осуществлено с помощью акустических дифракционных решеток, применение рефлектометра невозможно.

Предлагается использовать для мониторинга информационной безопасности ВОЛС лазерные фазовые дальнометры. Показано, что точность локализации участка с НСД может составлять несколько сантиметров.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Miller S.K. Hacking at the Speed of Light. *Security Solutions Magazine*, April, 2006. URL: <http://securitysolution.com/mag> (дата обращения 20.02.2014).
- [2] Davis J.P., Carter J. Expanding Future SSN Missions. *Undersea Warfare*, Fall, 1999, vol. 2, no. 1. URL: www.navy.mil/navydata (дата обращения 20.02.2014).
- [3] Miller S.K. Optical Illusion. *Information security*. November 2006. URL: www.oysteroptics.com/Data/Sites/1 (дата обращения 20.02.2014).
- [4] Shaneman K., Gray S. Optical Network Security: Technical Analysis of Fiber Tapping Mechanisms and Methods for detection and Prevention. *IEEE Military Communications Conference*, October 2004, vol. 2, pp. 711–716. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/MILCOM.2004.1494884> (дата обращения 20.02.2014).
- [5] Jedidi R., Pierre R. High-Order Finite-Element Methods for the Computation of Bending Loss in Optical Waveguides. *ILT*, Sep. 2007, vol. 25, no. 9, p. 2618–30.
- [6] *Optical Fiber Design for Secure Tap Proof Transmission*, US Patent no. 6801700 B2, Oct. 5, 2004.
- [7] All Optical Networks (AON). *National Communication System*, NCS TIB 00-7, August 2000, pp. 245–257.
- [8] Ford W. *Computer Communications Security: Principles, Standard Protocols and Techniques*. NJ: Prentice-Hall, 1994, 494 p.
- [9] Stinson D.R. *Cryptography: Theory and Practice*. CRC Press Inc., 2005, 616 p.
- [10] Ferguson N., Schneier B. *Practical Cryptography*. Indianapolis, In: Wiley, 2003, 432 p.
- [11] Годный В.Г. Вопросы информационной безопасности в волоконно-оптических линиях связи. *Системы безопасности*, 2002, № 2 (44), с. 44–46.
- [12] Quantum Cryptography. *Photonics Spectra*, 1994, vol. 28, no. 9, pp. 48–50.
- [13] Fietcher P. Light pulses sent over optical fibers create «Invulnerable» encryption. *Electron Des.*, 1995, vol. 43, no. 26, pp. 38–40.
- [14] Икбал М.З., Фатхалла Х., Белхадж Н. *Скрытное подсоединение к ОВ: методы и предосторожности*. URL: <http://habrahabr.ru/post/176677> (дата обращения 20.02.2014).
- [15] Денисюк Р.Э., Кузнецов Д.Н. *Исследование фазового детектора лазерного дальнометра для систем машинного зрения роботов*. URL: <http://ea.donntu.edu.ua> (дата обращения 20.02.2014).

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Филиппов М.В., Чичварин Н.В. Метод мониторинга информационной безопасности волоконно-оптической линии связи. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2014, вып. 8. URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/security/1327.html>

Филиппов Михаил Владимирович родился в 1953 г., окончил МИФИ в 1977 г. Канд. техн. наук, доцент кафедры «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 50 научных и учебно-методических публикаций в области автоматизированного проектирования, взаимодействия лазерного излучения с веществом и цифровой обработки изображений. Область научных интересов: разработка средств защиты информации и цифровая обработка сигналов. e-mail: filippov.mike@mail.ru

Чичварин Николай Викторович родился в 1947 г., окончил МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1971 г. Канд. техн. наук, доцент кафедры «Информационная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 90 научных и учебно-методических публикаций в области автоматизированного проектирования оптико-электронных систем и систем информационной безопасности. Область научных интересов: разработка средств защиты каналов передачи сообщений. e-mail: genrih.gertz@gmail.com

Method of information security monitoring of fiber optic link

© M.V. Filippov, N.V. Chichvarin

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

The basis of this work is the results of research on the development of the method of detection and localization of the site of unauthorized access for the fiber-optic communication line. We studied functioning of the fiber-optic line in emergency conditions. On the basis of analytical review of methods of unauthorized access to the optical fiber we propose a developed method of detection and localization of the site of leakage radiation from the optical fiber. The method consists in applying a laser phase rangefinder as a device for monitoring the information security. It is shown that application of classical laser phase rangefinders allows to achieve localization accuracy up to several centimeters.

Keywords: *optical fiber, radiation leakage, monitoring, information security, laser rangefinder.*

REFERENCES

- [1] Miller S.K. Hacking at the Speed of Light. *Security Solutions Magazine*, April, 2006. Available at: <http://securitysolution.com/mag> (accessed on 20.02.2014).
- [2] Davis J.P., Carter J. Expanding Future SSN Missions. *Undersea Warfare*, Fall, 1999, vol. 2, no. 1. Available at: www.navy.mil/navydata (accessed on 20.02.2014).
- [3] Miller S.K. Optical Illusion. *Information security*. November 2006. Available at: www.oysteroptics.com/Data/Sites/1 (accessed on 20.02.2014).
- [4] Shaneman K., Gray S. Optical Network Security: Technical Analysis of Fiber Tapping Mechanisms and Methods for detection and Prevention. *IEEE Military Communications Conference*, October 2004, vol. 2, pp. 711–716. doi: <http://dx.doi.org/10.1109/MILCOM.2004.1494884> (accessed on 20.02.2014).
- [5] Jedidi R., Pierre R. High-Order Finite-Element Methods for the Computation of Bending Loss in Optical Waveguides. *ILT*, Sep. 2007, vol. 25, no. 9, p. 2618–30.
- [6] *Optical Fiber Design for Secure Tap Proof Transmission*, US Patent no. 6801700 B2, Oct. 5, 2004.
- [7] All Optical Networks (AON). *National Communication System*, NCS TIB 00-7, August 2000, pp. 245–257.
- [8] Ford W. *Computer Communications Security: Principles, Standard Protocols and Techniques*. NJ: Prentice-Hall, 1994, 494 p.
- [9] Stinson D.R. *Cryptography: Theory and Practic*. CRC Press Inc., 2005, 616 p.
- [10] Ferguson N., Schneier B. *Practical Cryptography*. Indianapolis, In: Wiley, 2003, 432 p.
- [11] Godnyi V.G. *Sistemy bezopasnosti — Security and Safety*, 2002, no. 2 (44), pp. 44–46.
- [12] Quantum Cryptography. *Photonics Spectra*, 1994, vol. 28, no. 9, pp. 48–50.
- [13] Fietcher P. Light pulses sent over optical fibers create «Invulnerable» encryption. *Electron Des.*, 1995, vol. 43, no. 26, pp. 38–40.
- [14] Iqbal M.Z., Fathalla H., Belhadj N. *Optical Fiber Tapping: Methods and Precautions*. *High Capacity Optical Networks and Enabling Technologies* (HO-

NET). 2011. Available at: <http://habrahabr.ru/post/176677> (accessed on 20.02.2014).

- [15] Denisyuk R.E., Kuznetsov D.N. *Issledovanie fazovogo detektora lazernogo dalnometra dlya sistem mashinnogo zreniya robotov* [The study of the phase detector laser rangefinder for machine vision systems of robots]. Available at: <http://ea.donntu.edu.ua> (accessed on 20.02.2014).

Filippov M.V. (b. 1953) graduated from Moscow Engineering Physics Institute in 1977. Ph.D., Assoc. Professor of the Software and Information Technologies Department of Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 50 scientific and educational publications in the field of computer-aided design and digital signal processing. Research interests: digital signal processing, pattern recognition, the development of information security. e-mail: filippov.mike@mail.ru

Chichvarin N.V. (b. 1947) graduated from Bauman Moscow Higher Technical School in 1971. Ph.D., Assoc. Professor of Information Security Department at Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 90 scientific and educational publications in the field of computer-aided design of optoelectronic systems and information security. Research interests: development of the protection channel messaging. e-mail: genrih.gertz@gmail.com