

УДК 004.056

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ УТЕЧКИ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ (ВОЛС)

Карташова Ж.К.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
Москва, Российская Федерация*

**Аннотация.** Рассмотрены основные методы защиты от утечки информации, которая возможна в случае осуществления несанкционированного доступа к ВОЛС.

**Ключевые слова:** информационная безопасность волоконно-оптических линий связи, методы несанкционированного доступа, противодействие несанкционированному доступу.

## SPECIAL METHODS OF PROTECTION AGAINST LEAKAGE IN FIBER OPTICAL COMMUNICATION LINES (FOCL)

Kartashova J.

*Bauman State Technical University  
Moscow, Russia*

**Abstract.** The main methods of protection against information leakage, which is possible in the event of unauthorized access to fiber-optic communication lines, are considered.

**Key words:** information security of fiber-optic communication lines, methods of unauthorized access, countering unauthorized access.

*Адрес для переписки: Карташова Ж.К., ул. Вторая Бауманская, 5, г. Москва 105005, Российская Федерация  
e-mail: iu8-bmstu@yandex.ru*

В связи с наличием потенциальной угрозы несанкционированного съема информации во всем мире ведутся работы по защите ВОЛС. Работа посвящена следующим основным направлениям защиты ВОЛС:

– разработка технических средств защиты от несанкционированного доступа к информационным сигналам;

– разработка технических средств контроля несанкционированного доступа к информационному оптическому излучению.

Вследствие того, что датчики перехвата излучений из оптических волокон действующих ВОЛС отсутствуют как класс приборов, для выбора наиболее эффективного устройства направленного вывода пользуются технологиями изготовления направленных волоконных ответвителей. Проанализируем их подробнее с учетом эффективности технологии, малого времени изготовления и минимального количества и величин демаскирующих признаков.

Опτικο-акустические **методы 1** требуют хорошего контакта на большой длине со звукопроводом и мощного направленного звукового потока вдоль волокна. Хотя вносимые оптические потери могут быть не большими  $\sim 0,001 - 0,1$  дБ, из-за высокой спектральной селективности появляются побочные резонансы на спектрах пропускания и на гармониках. По этим демаскирующим признакам – постоянном звуке и спектрам пропускания можно зарегистрировать как факт установки датчика перехвата, так и его координату. В широком звуковом поле возникнут проблемы с эффективностью собирания ответвленного излучения. Метод практически продемонстрирован, но имеет явные демаскирующие признаки, которые хорошо себя проявляют. В месте ответвления

должны быть электронные звуковые устройства, которые сами по себе сильно излучают. **Метод 1** не пригоден в качестве эффективного.

**Метод 2** – вывод длиннопериодными решетками. Требуется точной укладки двух волокон, чтобы они могли обмениваться излучением оболочечных мод, и записи одинаковых длиннопериодных волоконных решеток. Трудно воспроизводим на практике, требует использования мощных ультрафиолетовых лазеров и прецизионных оптических юстировок для записи длиннопериодных решеток. В качестве мощных демаскирующих признаков проявляются спектрально-селективные потери, которые можно легко обнаружить также по оптическим гармоникам. Метод пригоден в основном для лабораторных демонстраций.

**Метод 3** – вывод дифракционной решеткой, прислоненной сбоку к шлифованному волокну. Для шлифования боковой поверхности волокна требуется длительный технологический процесс на изогнутом волокне ВОЛС. Абразивное воздействие приводит к высокой вероятности разрушения волокна. Демаскирующими признаками устройства вывода являются селективные потери, френелевское отражение от прислоненной гофрированной поверхности решетки и изменение состояния поляризации проходящего излучения. Нет возможности заранее спрогнозировать, какие получатся оптические потери на перехват. Высокая трудоемкость метода и непредсказуемость результата делают метод практически не пригодным для спектрально широкополосного перехвата излучения с ВОЛС.

**Метод 4** – изготовление ответвителей путем шлифовки двух боковых поверхностей волокон. Высока вероятность разрушения, сильная спек-

тральная селективность, трудности окончательной юстировки. Положительным качеством метода является возможность при юстировке отвести для перехвата требуемое количество оптической мощности, которую можно контролировать на выходе отводящего оптического волокна. Сложная технологическая оснастка и длительный процесс шлифовки с контролем геометрии и глубины шлифования. Длительная шлифовка и юстировка могут быть обнаружены аппаратурой мониторинга ВОЛС, спектрометрами, рефлектометрами и приборами, регистрирующими изменение поляризации излучения.

**Метод 5** – сплавление направленных ответвителей может быть приспособлен для подключения к магистральной волоконной линии отводящего оптического волокна с растяжением сплавленного участка и образования адиабатического оптического перехода с малыми вносимыми потерями. Подплавление отводящего волокна таким способом требует длительного воздействия нагревателем с температурой около 1500 градусов С на длине общего контакта волокон 1–2 см. Положительными факторами технологии являются возможность контролировать количество ответвленной оптической мощности. Демаскирующие признаки такие же, как и в предыдущем случае: спектрально-селективные потери, чувствительность к поляризации, температуре, механическим воздействиям. Метод не пригоден для оперативного подключения, так как требует прецизионного контроля и регулирования процесса сплавления волокон. Используется в лабораторных и производственных условиях для изготовления одноимодовых и многомодовых направленных ответвителей.

**Метод 6** – вывод на микроизгибах при зажиме волокна между двумя гофрированными или шероховатыми поверхностями может иметь спектральную селективность (демаскирующий признак) и диффузионное рассеяние выходящего излучения. Низкая эффективность сбора ответвленного излучения. Может давать мощное обратное отражение, которое обнаруживается оптическими рефлектометрами.

**Метод 7** – вывод на регулярном изгибе волокна. Имеется возможность контролировать количество выведенной из волокна оптической мощности, но низкая эффективность сбора (потери 10–30 дБ) выведенного излучения в отводящее волокно. Механическое напряжение волокна на изгибе обнаруживается бриллюэновскими рефлектометрами и поляриметрами по изменению состояния поляризации. Достоинство метода – простота вывода с минимальными технологическими манипуляциями с волокном. На практике используется для вывода и инъекции лазерного излучения в устройствах подключения. Средние потери ~ дБ легко обнаруживаются системами мониторинга ВОЛС.

**Метод 8** – вывод на локальном изгибе – требует минимального количества технологических манипуляций с волокном и может производиться

быстро за время ~ 1 мин. Можно рассчитать и спрогнозировать вносимые оптические потери на уровне 0,001–0,1 дБ. Недостаток – потери на изгибе существенно зависят от профиля показателя преломления волокна, радиуса изгиба и длины изогнутого участка. Механически изгиб приводит к двулучепреломлению и изменению состояния поляризации, по которым место изгиба волокна может быть определено бриллюэновским рефлектометром. Возможно проявление спектральной селективности изогнутого участка вывода из волокна. При короткой длине изогнутого участка 1–2 мм, можно добиться удовлетворительного собирания выведенного излучения в фотоприемник или в волокно для последующего оптического усиления. Механическое напряжение на локальном изгибе ограничивает срок службы устройства перехвата и волокно может разрушиться, обнаружив место установки датчика перехвата и прервав работу ВОЛС.

**Метод вывода и перехвата на локальном изгибе 8**, возможно, наиболее предпочтителен для практической реализации и допускает его дальнейшее усовершенствование с целью придания устройству перехвата оптической широкополосности, контролируемых вносимых оптических потерь, повышения эффективности собирания выведенного излучения в отводящее волокно при минимальном количестве других демаскирующих признаков. Уровень вносимых оптических потерь 0,001–0,1 дБ. С помощью миниатюрной электрической дуги можно изготовить локальный изгиб волокна на заданный угол  $\phi$  с одновременным отжигом изогнутого локального участка волокна длиной меньше 1 мм за время меньше 1 секунды (после установки волокна в технологическую оснастку). Локальный изгиб фактически превращается локальный излом волокна на малый угол  $\phi$  и для потерь на таком изломе работают не формулы для потерь на участке с радиусом кривизны  $R$ , а формулы для эффективности согласования полей мод HE<sub>11</sub> при наличии только углового несогласования  $\phi$ . Одновременно вследствие отжига электрической дугой происходит снятие механического напряжения в зоне изгиба и увеличивается срок службы устройства перехвата. Это минимизирует количество демаскирующих признаков и не происходит прерывания штатного режима работы ВОЛС, так как тепловое воздействие дугой на волокно происходит сравнительно медленно (~ 0,1 сек) и столь низкочастотные сигналы не попадают в полосу пропускания электронных цепей скоростных ВОЛС.

#### Литература

1. Вишневский, В. М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский М. : Техносфера, 2015. – 592 с.
2. Ahson, S. WiMAX: technologies, performance analysis, and QoS / S. Ahson. – CRC Press, 2018. – 279 p.
3. Held, G. Network Design: Principles and Applications / G. Held. Auerbach Publications, 2020. – 852 p.