

«Сейфуллин окулары – 18(2): «XXI ғасыр ғылымы – трансформация дәуірі» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18(2): «Наука XXI века - эпоха трансформации» - 2022 .- Т.І, Ч.IV. – С.201-205

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

А.Д. Алькина, старший преподаватель

Г.О. Сулейменова, старший преподаватель

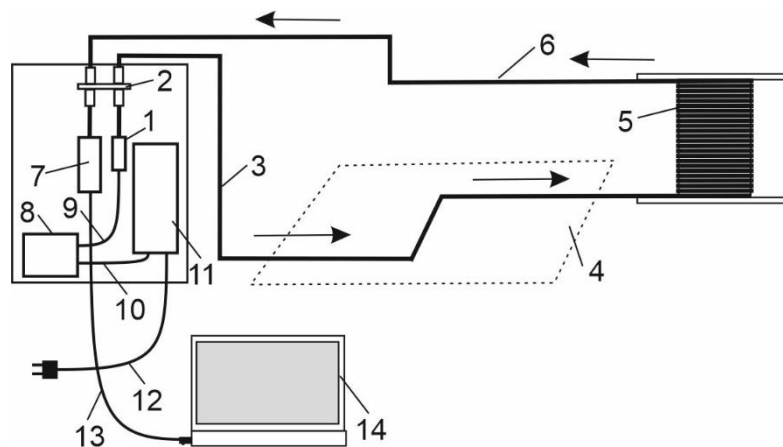
Казахский агротехнический университет им.С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

Одной из проблем выявленных при эксплуатации волоконно-оптических кабелей (ВОК) внутризоновых систем телекоммуникации является их повреждение и незащищенность в плане несанкционированного доступа [1]. Если магистральные ВОК имеют некоторые элементы для контроля целостности и защиты от несанкционированного доступа к информации с использованием методов оптической рефлектометрии [2], то внутризоновые ВОЛП не имеют эффективной защиты и быстросрабатывающей защиты. Сейчас созданы несколько достаточно эффективных методов несанкционированного доступа и имеется соответствующее оборудование к ВОЛП для снятия информации. Для снятия информации необходимо организовать доступ к волоконно-оптическим жилам различными способами [3]. Данная проблема достаточно широко рассмотрена в научной литературе и имеется описание как методов несанкционированного доступа, так и методов противодействия данному явлению [4]. Актуальность проблемы достаточно велика, так как основным оператором в Казахстане является АО Казахтелеком, ТОО Транстелеком и другие, у которых в настоящий момент нет быстросрабатывающих автоматических систем для контроля целостности и несанкционированного доступа для городских и промышленных внутризонных систем телекоммуникации. Второй проблемой является отсутствие у внутризоновых сетей системы контроля дополнительных потерь и повреждения волоконно-оптических систем направляющих систем связи при различных техногенных ситуациях и природных явлениях. В настоящий момент для решения указанных проблем используются методы: оптической рефлектометрии, например, временной области (OTDR) и частотной области (OFDR) [5]. Специалистами выполняется измерение параметров волоконно-оптической линии передачи информации (ВОЛП) при помощи рефлектометра [4,5]. Этот прибор позволяет измерить затухание сигнала, установить места соединения и изгиба, выявить причину увеличения дополнительных, определить место обрыва ВОЛП и многое другое [4,5]. Измерения выполняются периодически с помощью переносного рефлектометра, в основном типа OTDR или при помощи стационарных рефлектометров различных типов. Есть определённые проблемы, ограничивающие массовое использование рефлектомет-

ров: значительная стоимость данных приборов, сложность их освоения, ограниченность в использовании, квалификация оператора, сложность автоматических систем контроля на их основе и др. Использование рефлектометров для выявления мест несанкционированного подключения к ВОЛП имеет периодический и реализуется путем анализа полученных рефлектограмм. Проблема также заключается в краже части кабельной линии злоумышленниками, которые не представляют себе, что волоконно-оптический кабель не содержит цветного металла, но всё равно делаются попытки его похищения. Установления места обрыва ВОЛП, без использования дорогостоящего рефлектометра, тоже пока не решена. С учетом вышесказанного и необходимости решения представленных проблем сформирована прикладная задача по созданию автоматической системы контроля целостности ВОК без использования дорогостоящих методов оптической рефлектометрии. Важным является, что система должна иметь гораздо меньшую стоимость для контроля целостности одной внутризональной ВОЛП, по сравнению с системами на основе оптической рефлектометрии.

Принцип работы автоматическая система контроля целостности ВОК основан на измерениях дополнительных потерь, возникающих при механическом воздействии на оптическое волокно (ОВ). Основы данного метода и функции аппаратно-программного комплекса освещались ранее в статье [6]. Этот метод достаточно эффективен для создания различных датчиков для горной промышленности [6]. Также имеется положительный опыт внедрения данного метода для охраны электрических кабелей ТОО Астана РЭК [7]. На основании ранее полученного опыта [6,7] была разработана автоматическая система контроля целостности ВОК направляющих систем телекоммуникации отличная от уже разработанных систем. Для проведения исследований и разработки лабораторного образца автоматической системы контроля целостности волоконно-оптических кабелей (АСКЦ ВОЛП) был разработан лабораторный стенд. Стенд позволяет моделировать различные типы механического воздействия при несанкционированном доступе и повреждении ВОК. Схема стенда представлена на рисунке 1.

Эксперимент проводился следующим образом: когерентный источник лазерного излучения 1 подключается через оптически кросс 2 к выходному присоединению ВОК 3 (прямое направление движения световой волны к месту воздействия) по средствам оптического разъёмного коннектора с затуханием сигнала не более 0,3 дБ. Полупроводниковый лазер работает в длительном режиме непрерывного излучения с длиной волны 650 нм при отклонении не более 5 нм. Мощность лазера составляет 30 мВт, для его стабильной работы использовался полупроводниковый стабилизатор тока, выполненный на микросхеме LM317.



Источник лазерного излучения – 1; оптически кросс – 2; ВОК – 3 (прямое направление); основание – 4; катушку – 5; ВОК – 6 (обратное направление); блок предварительной обработки данных – 7; источник питания – 8; электрический проводник – 9, 10; ИБП – 11; сетевой шнур 12; кабель USB –13; компьютер –14.

Рисунок 1 - Схема лабораторного стенда

Световая волна проходит по ВОК 3, через основание 4, где осуществляется механическое воздействие, катушку 5 длиной 200 м с маркой кабеля Shijia Optical Cable GYFJH-4 и возвращается по входному ВОК 6 (обратное направление движения световой волны от места воздействия) к оптическому кроссу 2. Пройдя указанный путь, световая волна падает на блок предварительной обработки данных 7 с фотоматрицей высокого разрешения FULL HD, которая подключается к оптическому кроссу 2 по средством оптического разъемного коннектора. Движение световой волны показано стрелками и разделяется условно на прямое направление движения световой волны к месту воздействия, и обратное направление движения световой волны от места воздействия. Световая волна изменяет свою интенсивность при механическом воздействии на ОВ, в следствии возникновения фотоупругого эффекта, все изменения фиксируются фотоматрицей. Кросс соединяется с матрицей 7 и источником излучения 1 при помощи волоконно-оптических патч-кордов с коннекторами типа SC/ UPC. В блоке предварительной обработки данных 7 находится графический процессор для предварительной обработки полученных изображений светового пятна, падающего на поверхность фотоматрице и обеспечивает передачу данных на компьютер. Источник излучения подключён к источнику питания 8 через электрический проводник 9. Источник питания 8 содержит обязательно стабилизатор тока и напряжения, так как нестабильность работы лазера вызывает помехи, которые фиксируются фотоматрицей и которые могут вызвать ложное срабатывания сигнализации при отсутствии несанкционированного доступа. Полупроводниковый стабилизатор источника

питания 8 подключен к сетевому бесперебойному источнику (ИБП) 11 при помощи электрического проводника 10. ИБП подключен к электрической сети переменного тока 220 В при помощи сетевого шнура 12. В случае нарушения электроснабжения и временного перерыва, система остается в работе, длительность ее работы зависит от емкости аккумулятора ИБП. Блок предварительной обработки данных 7 соединяется при помощи кабеля USB 13 с компьютером 14, на котором установлено программное обеспечение. Механическое воздействие оказывалось различными способами, имитирующими в попытку несанкционированного доступа, место воздействия указано на схеме позицией 4. Воздействие выполнялось при помощи ручного инструмента и имитировалось снятие внешней изоляции с ОВ.

При проведении исследований лабораторного образца АСКЦ ВОЛП была выполнена имитирующими в попытку несанкционированного доступа, место воздействия указано на схеме позицией 4.

Все изменения фиксируются системой и при нескольких воздействиях превышающих уставку система срабатывает. Также видно, как меняется форма пятна при возмущении ОВ. Система также может ступенчато изменять свою чувствительность. В зависимости от силы, воздействующей на ОВ, световое пятно имеет значительные отличия. Программа может контролировать скорости изменений производной интенсивности световой волны во времени, а также изменения формы пятна и перехода пикселей от белого к черному. Программа может распознавать шум, так как рост шума и механическое воздействие характерными разными показателями изменения интенсивности светового пятна. Также программа выполняет численную оценку уровня давления на ОВ при его изгибе, что необходимо выполнить при съеме информации методами несанкционированного доступа. Также можно наблюдать за изменением светового пятна в режиме реального времени. При определении расстояния до точки воздействия или обрыва, система переходит в импульсный режим и определяет время хода луча в прямом и обратном направлении, с дальнейшим вычислением расстояния, точность определения расстояния достаточно низкая в пределах 200 - 500 м в зависимости от протяженности ВОЛП. Это достаточно приблизительное место вторжения и при увеличении длины ВОЛП точность снижается. Предложенная система уступает в точности методам оптической рефлектометрии. Система требует дальнейшей доработки в плане точности определения места несанкционированного доступа. Соответственно пока для установления точного места обнаружения обрыва ВОЛП или места предполагаемого несанкционированного подключения требуется дополнительные измерения параметров ВОЛП методами оптической рефлектометрии, но в отличие от оптического рефлектометра система способна автоматически определить сам факт вторжения и зафиксировать его.

Лабораторный образец АСКЦ ВОЛП и программное обеспечение доказали свою работоспособность. Получены положительные результаты в плане реакции системы на механические воздействия на ВОЛП при имитации несанкционированного доступа. Проведенные эксперименты показали достаточно

высокую вероятность срабатывания сигнализации на уровне 0,9, что достаточно хороший показатель позволяющий использовать ее для охраны телекоммуникационных кабелей внутризональных сетей передачи информации АО Казахтелеком и промышленных предприятий. Система позволяет зафиксировать не только попытку несанкционированного доступа, но и обрыв ВОК при его похищении. Более низкая стоимость и простота конструкции, а также собственная разработка программного обеспечения является одним из преимуществ для дальнейшего внедрения. Имеется ряд технических решений, которые были использованы при разработке системы, позволили снизить стоимости АСКЦ ВОЛП в целом в сравнении с зарубежными аналогами. Предложенная система использует собственный метод отличный от оптической интерферометрии и рефлектометрии, а также волоконных решёток Брэгга, длиннопериодных волоконных решеток, что формирует ряд преимуществ.

Список использованной литературы

- 1 Родина О.В. Волоконно-оптические линии связи. Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком», 2016.- 400 с.
- 2 Листвин А.В., Листвин В.Н. Рефлектометрия оптических волокон. М.: ЛЕСАРпт, 2005. -208 с.
- 3 Дудак М.Н. Способы несанкционированного доступа в волоконно-оптических линиях передачи. 56-я Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР, Минск, 2020. - 126-127 с.
- 4 Рахимов Н.Р. Рефлектометрический метод определения каналов утечки информации в волоконно-оптических линиях связи [Текст] / Сборник материалов VII Международного научного конгресса ГЕО-СИБИРЬ-2011. Т.4.
- 5 Рахимов Н.Р., Трушинин В.А., Бакушин Д.И., Кнутов В.А. Современные методы разработки информационной безопасности ВОЛС. Автоматика и программная инженерия. 2015. - №2. -С. 85–88.
- 6 Yugay, V.; Mekhtiyev, A.; Madi, P.; Neshina, Y.; Alkina, A.; Gazizov, F.; Afanaseva, O.; Ilyashenko, S. Fiber-Optic System for Monitoring Pressure Changes on Mine Support Elements. Sensors, - 2022. 22. 1735. <https://doi.org/10.3390/s22051735>
- 7 V V Yugay, A D Mekhtiyev, P Sh Madi, A D Alkina and E G Neshina The use of optical fiber for the creation of security systems for electrical cables of distribution networks of 0.4 kV. [Text] / Actual Problems of Radiophysics International Conference 2021 (APR 2021) Journal of Physics: Conference Series 2140 (2021) 012002 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2140/1/0120021