

2. Организация строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий передачи. В 2 частях. Ч. 2. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий передачи : учебное пособие для СПО / Н.И. Горлов [и др.]. – Саратов : Профобразование, 2021. – 433 с.

Е.Р.АДАМОВСКИЙ¹, В.К.ЖЕЛЕЗНЯК¹

ОЦЕНКА ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТООПТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ФАРАДЕЯ

¹Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь

В настоящее время для передачи информации широко используются волоконно-оптические линии связи (ВОЛС). Республика Беларусь является одним из европейских лидеров по распространенности ВОЛС [1], следовательно, актуальными являются вопросы защиты информации, передаваемой с помощью оптических систем связи.

Существующие исследованные методы защиты информации в ВОЛС включают: покрытие кабеля, регистрацию физических воздействий на волокно, оценку оптической линии с помощью рефлектометра, криптографические методы, в т.ч. квантовые [2, 3]. В работе предложен метод повышения защищенности ВОЛС, использующий магнитооптический эффект Фарадея для определения факта наличия несанкционированного устройства на участке линии, локализации и идентификации его параметров.

Предложен метод оценки защищенности ВОЛС с использованием магнитооптического эффекта Фарадея с целью обнаружения воздействия на линию с помощью технических устройств.

Эффект Фарадея заключается в повороте плоскости поляризации линейно поляризованного света, проходящего через прозрачную среду в продольном магнитном поле [4], путем формирования гиротропной среды внутри волокна [5]. Схема классического эксперимента, позволяющего наблюдать вращение плоскости поляризации света в магнитном поле [6], предполагает наличие двух поляризаторов на обоих концах канала распространения света с разницей углов поворота α . Согласно закону Малюса (1) [7], интенсивность света при рассогласовании плоскостей поляризации света и поляризатора уменьшится пропорционально углу разности.

$$I = I_0 \cos^2(\alpha) . \quad (1)$$

Величина угла поворота плоскости поляризации α в направлении, параллельном линиям магнитного поля, определяется по формуле (2):

$$\alpha = VHL, \quad (2)$$

где V – постоянная Верде [8], зависит от свойств вещества, длины волны и температуры; H – напряженность магнитного поля; L – длина оптического пути.

Для оценочного расчета принято значение H такого проводника, через который протекает ток $i = 3 \text{ A}$, на расстоянии от точки измерения $r = 0.01 \text{ м}$.

$$H = \frac{i}{2\pi r} = \frac{3}{2 \times 3.14 \times 0.01} = 50 \frac{\text{A}}{\text{м}}. \quad (3)$$

Таким образом, характерное значение угла поворота плоскости поляризации в кварцевом стекле (оптическое волокно) при напряженности поля $H = 50 \frac{\text{A}}{\text{м}}$ и $L = 1 \text{ м}$:

$$\alpha = 1.1 \times 10^{-5} \frac{\text{рад}}{\text{A}} \times 50 \frac{\text{A}}{\text{м}} \times 1 \text{ м} = 5.5 \times 10^{-4} \text{ рад} = 0.0315^\circ. \quad (4)$$

Значение угла поворота плоскости поляризации в 0.0315° измеряется косвенно по изменению интенсивности света, проходящего через анализатор. Можно заключить, что влияние поля на линейно поляризованный свет в оптическом волокне поддается измерению с помощью высокоточной аппаратуры.

Для съема информации с оптического волокна требуется применение специальных технических средств, которые являются источниками электромагнитного излучения и, следовательно, формируют вокруг себя магнитное поле. Таким образом, изменение плоскости поляризации света в оптическом волокне свидетельствует о том, что в линии появился неучтенный источник магнитного поля, который может быть охарактеризован следующими параметрами:

1. Частота f и амплитуда U сигнала. Современные средства вычислительной техники (СВТ) имеют в конструкции тактовые генераторы, которые формируют опорную частоту с высокой

точностью и стабильностью до десятков ГГц. При наличии графических средств вывода данных, например, экрана, устройство также способно излучать видеосигнал в полосе до нескольких МГц. Влияние переменного магнитного поля на поляризованный оптический поток приводит к появлению на выходе колебаний интенсивности с тем же набором частот. Идентификация гармоник может помочь определить тип источника поля.

2. Местоположение точки воздействия на оптическую линию при анализе светового потока может быть выражено через координату, соответствующую длине отрезка между местом воздействия магнитного поля и средством измерения сигнала. Предлагается способ локализации на основе принципа работы оптического рефлектометра (OTDR) – измерительного прибора для построения рефлектограмм.

Известно, что при рассеянии даже неполяризованный свет приобретает поляризацию в зависимости от угла наблюдения. Линейно поляризованный свет в таком случае рассеивается неравномерно в различных плоскостях и имеет индикатрису в виде бублика. Для проверки состояния поляризации рассеянного света под углом 180° проведен эксперимент, где измерялся уровень освещенности, создаваемый рассеивающим объектом в направлении, обратном направлению распространения, при различных значениях угла α . Результаты эксперимента подтверждают падение интенсивности детектированного света при рассогласовании углов поляризации согласно закону Малюса (таблица 1).

Таблица 1 – Уровень освещенности от рассеянного света в обратном направлении

$\alpha, ^\circ$	0	15	30	45	60	75	90
Уровень освещенности	167	164	163	162	160	158	157

Поскольку обратно рассеянный свет сохраняет поляризацию, использование поляризованного лазера и приемника позволит путем подсчета времени задержки определить участки оптического волокна, на которых произошел поворот плоскости поляризации. Схема устройства на базе рефлектометра, способного регистрировать угол поляризации отраженного света в оптическом волокне, представлена на рисунке 1.

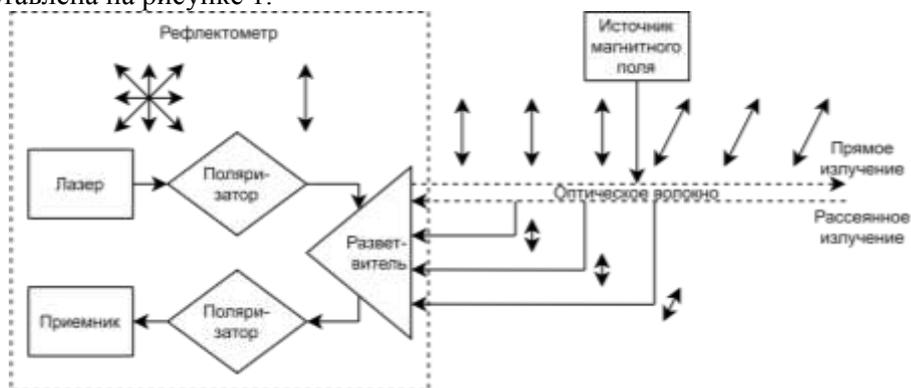


Рисунок 1 – Схема определения локализации источника магнитного поля в ВОЛС

Ключевым отличием предложенной схемы от стандартного рефлектометра является наличие поляризаторов, с помощью которых формируется и анализируется поляризованный свет. Обработка данных заключается в вычислении длины оптического пути d между рефлектометром и точкой поворота плоскости поляризации в линии.

Естественным образом количество рассеянного света с увеличением расстояния нелинейно убывает, соответственно можно построить опорную рефлектограмму для линии, в которой на момент измерения гарантируется отсутствие посторонних источников магнитного поля. Дальнейший мониторинг заключается в сопоставлении исходной и текущей рефлектограмм. Превышение разницы между ними на участке t_d порогового значения сигнализирует о том, что в соответствующей точке линии d на свет оказывает влияние магнитное поле.

В работе предложен метод использования эффекта Фарадея для мониторинга линии связи и определения характеристик оборудования потенциального злоумышленника. Предложен метод локализации источника магнитного поля в оптической линии на основании явления сохранения угла поляризации рассеянного света при его отражении в обратном направлении. Для подтверждения наличия явления произведен эксперимент и представлены его результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. FTTH Council Europe Webinar – April 23rd, 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.telepolis.pl/images/2020/04/swiatlowod-eu-092019.pdf>. – Дата доступа: 29.08.2021.
2. Юмашева, Е. С. Методы защиты волоконно-оптических линий связи / Е. С. Юмашева, В. Н. Ежгуров // Материалы конференций ГНИИ "Нацразвитие". Февраль 2018: Сборник избранных статей Международных научных конференций, Санкт-Петербург, 23–28 февраля 2018 года. – СПб. : Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «НАЦРАЗВИТИЕ», 2018. – С. 15-18.
3. Кольцов, А. С. Исследование методов защиты информации, передаваемой по волоконно-оптическим линиям связи / А. С. Кольцов, Н. В. Филатова, А. В. Пальчиков // Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 25 октября 2018 года / Ответственный за выпуск Д.Г. Зыбин. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018. – С. 43-46.
4. Верхозин, А. Н. Магнитооптика вчера и сегодня / А. Н. Верхозин // Вестник Псковского государственного университета. – Псков, 2015. – С. 114–124.
5. Образование, наука и технологии: проблемы и перспективы: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, 31 октября 2019 г. / Под общ. ред. А.В. Туголукова – М. : ИП Туголуков А.В., 2019. – С. 211-215.
6. Дейнека, И. Г. Изучение магнитооптического эффекта Фарадея / И. Г. Дейнека, О.А. Шрамко, С.А. Тараканов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – СПб., 2008. – С. 84–89.
7. Яворский, Б. М., Детлаф, А. А. Анализ поляризованного света. Эллиптическая и круговая поляризация света // Справочник по физике. – 4-е изд. – М.: Наука, 1968. – 940 с.
8. Верде постоянная // Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1988. – Т. 1: Ааронова – 707 с.

Е.Р.АДАМОВСКИЙ¹, В.К.ЖЕЛЕЗНЯК¹, С.В.ХАРЧЕНКО¹, К.Я.РАХАНОВ¹

**ИЗЛУЧЕНИЕ ЦИФРО-АНАЛОГОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ
ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ**

¹Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь

Введение. Повсеместное распространение цифровых устройств для решения широкого спектра задач во всех областях жизнедеятельности человека обуславливает наличие в них модулей конвертации аналоговых и цифровых сигналов друг в друга. Например, микрофоны и динамики являются устройствами ввода и вывода аналогового звукового сигнала соответственно, но при этом его хранение и обработка средством вычислительной техники (СВТ) производится в цифровом виде. Решающие задачу конвертации сигналов устройства называются аналого-цифровыми (АЦП) и цифро-аналоговыми (ЦАП) преобразователями.

В процессе работы электрическая техника формирует побочные электромагнитные излучения, которые коррелируют с обрабатываемыми в данный момент сигналами. Без надлежащих мер по защите информации в каналах утечки (КУИ) излучение может быть перехвачено и расшифровано злоумышленником с помощью специальных технических средств. Поскольку АЦП и ЦАП являются важными узлами современных СВТ, где может происходить обработка секретных данных, исследование взаимосвязи их излучений с целевыми сигналами способно дать информацию, которая может быть использована для повышения уровня защищенности подобных устройств.

В данной работе произведено исследование, в котором на внешнем модуле ЦАП происходила обработка тестовых сигналов, а излучение устройства фиксировалось магнитной антенной. Полученные результаты обработаны и подвергнуты анализу.

Схема эксперимента. В качестве ЦАП использован модуль E14-440 производства LCard [1], некоторые характеристики которого приведены в таблице 1.