

ВИКОРИСТАННЯ ПАСИВНИХ ОПТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ У ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ЛІНІЯХ ЗВ'ЯЗКУ ТА МЕРЕЖАХ

Олександр Манько, Олександр Шматок, Андрій Петренко

З кожним роком зростає об'єм конфіденційної інформації, яка передається волоконно-оптичними мережами зв'язку. Для забезпечення безпечного передавання конфіденційної інформації волоконно-оптичні лінії вважаються найбільш придатними. Це визначається тим, що електромагнітне поле світлової хвилі не виходить за межі оптичного волокна. Проте, при певних умовах, за яких забезпечено доступ до оптичного волокна, перехоплення оптичного сигналу на вигині волокна є цілком можливим. Таким чином, для створення оптичних ліній з підвищеним рівнем захисту інформації необхідні додаткові заходи. З цією метою в роботі запропоновано використання маскування оптичного лінійного коду за рахунок збільшення кількості одиничних символів шляхом використання таких пасивних елементів, як оптичні лінії затримки та оптичні розгалужувачі. Запропонований метод дозволяє підвищити кількість одиничних символів у кодовій комбінації, що передається, і таким чином зробити неможливою адекватну інтерпретацію інформації. Перевагою методу являється те, що пристрої захисту є повністю пасивними, і це забезпечує високу надійність, та можуть бути підключені безпосередньо на вході та на виході оптичного лінійного тракту. При цьому самі пристрої налаштування не потребують.

Ключові слова: *оптичне волокно, несанкціонований доступ, лінійний тракт, захист інформації, оптичний розгалужувач.*

Вступ. З погляду на зростання обсягу конфіденційної інформації, що передається волоконно-оптичними мережами (ВОМ) зв'язку, дедалі більшого значення набуває проблема її захисту від несанкціонованого доступу, зокрема на рівні лінійних споруд.

Волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ), в силу особливостей розповсюдження електромагнітної енергії в оптичному волокні, мають підвищену захищеність від доступу до інформації, що передається по лінійному тракту. Проте, існують ситуації, при яких процес зняття інформації стає можливим, і це призводить до необхідності розробки заходів для протидії таким спробам [7].

Захисна оболонка й елементи конструкції оптичного кабелю (ОК) настільки сильно послаблюють можливе випромінювання за межами волоконного світловоду (ВС), що воно практично не проникає за межі оболонки. Отже, перехоплення інформації може бути лише внаслідок порушення цілісності зовнішньої оболонки та інших захисних покривів кабелю з метою безпосереднього доступу апаратури перехоплення до оптичних волокон (ОВ).

Для забезпечення випромінювання за межі ВС у цій ситуації формується вигин ОВ. У місці такого вигину порушується закон повного внутрішнього відбиття і спостерігається випромінювання енергії світлового сигналу за межі ВС [2]. Через це в точці перехоплення інформації волокно характеризується підвищеним рівнем втрат, що можна визначити методом оптичної рефлектометрії [3], або за

рахунок збільшення коефіцієнта помилок у лінії [7]. При цьому, від моменту зняття інформації до моменту виявлення несанкціонованого підключення минає деякий час, який залежить від принципів організації моніторингу лінії та апаратури, яка застосовується для контролю. Якщо для зняття інформації використовується спеціалізована високочутлива апаратура, то випромінювання на вигині ВС, необхідне для її функціонування, може бути доволі незначним. В даному випадку, за допомогою апаратури контролю лінії унеможливує встановити сам факт та визначити місце підключення. Існує метод визначення моменту порушення броньових покривів кабелю у процесі несанкціонованого підключення до лінії [1], але він дозволяє проводити контроль на порівняно невеликих відстанях від пункту контролю. Таким чином, для запобігання несанкціонованого доступу до потоків інформації на оптичних лініях необхідно, поряд з методами визначення наявності доступу, застосувати додаткові методи, які унеможливають адекватну інтерпретацію інформації до моменту визначення факту доступу та його ліквідації. З цією метою, в роботі запропоновано застосування постійного додаткового кодування оптичних лінійних кодів за допомогою пасивних оптичних пристроїв.

На теперішній час у ВОМ зв'язку має місце використання лінійного коду типу RZ (з поверненням до нуля) [5]. Основна відмінність цього коду полягає в тому, що величина сигналу, яка відповідає передачі одиничного символу, повертається

до нульового значення до закінчення тактового інтервалу. При цьому тип коду з поверненням до нуля на половині тактового інтервалу T позначається, як RZ-0,50, а на чверті тактового інтервалу позначається як RZ-0,25. Тип коду, тривалість одного символу якого становить повний тактовий інтервал T , позначається як NRZ (без повернення до нуля).

Основна частина. Як показують попередні дослідження, при використанні волоконно-оптичних засобів передавання лінійного коду RZ-0,25 існує можливість, використовуючи виключно такі пасивні оптичні елементи, як оптичні лінії затримки та оптичні розгалужувачі, провести додаткове кодування (маскування) сигналу на вході в лінію з метою захисту інформації, що передається ВОЛЗ [4].

На рис. 1 наведено метод додаткового кодування лінійного оптичного сигналу з метою захисту його від несанкціонованого доступу до лінійного тракту та подальшого його декодування на приймальній стороні. На рис. 2 показано побудову лінійного тракту, що використовує даний метод.

Як видно з рис. 2, вихідний сигнал системи передавання, який водночас є вхідним сигналом для лінійного тракту, на базі коду RZ-0,25, позначений як $I_{\text{вх}}$, подається на оптичний розгалужувач (РО). Оптичний розгалужувач працює, як дільник оптичної потужності навпіл. Після чого, на входи другого дільника, що працює в режимі суматора, подається та частина сигналу, що пройшла через оптичну лінію затримки (ОЛЗ) з часом затримки $T/2$ ($I_{\text{вих}(T/2)}$) та незатримана частина сигналу. В результаті цього, на виході другого дільника формуються кодові комбінації, що відрізняються від вхідних подвійною кількістю одиниць (I_{Σ}), які і передаються лінійним трактом. На виході лінійного тракту включено дільник оптичної потужності навпіл. При цьому на другий дільник, що працює в режимі суматора, подається незатримана частина сигналу та частина сигналу, що пройшла через оптичну лінію затримки (ОЛЗ) з часом затримки $T/4$ ($I_{\text{вих}(T/4)}$). Після складання цих частин формується оптичний сигнал, відповідний початковому, тільки в коді NRZ ($I_{\Sigma\text{вихNRZ}}$).

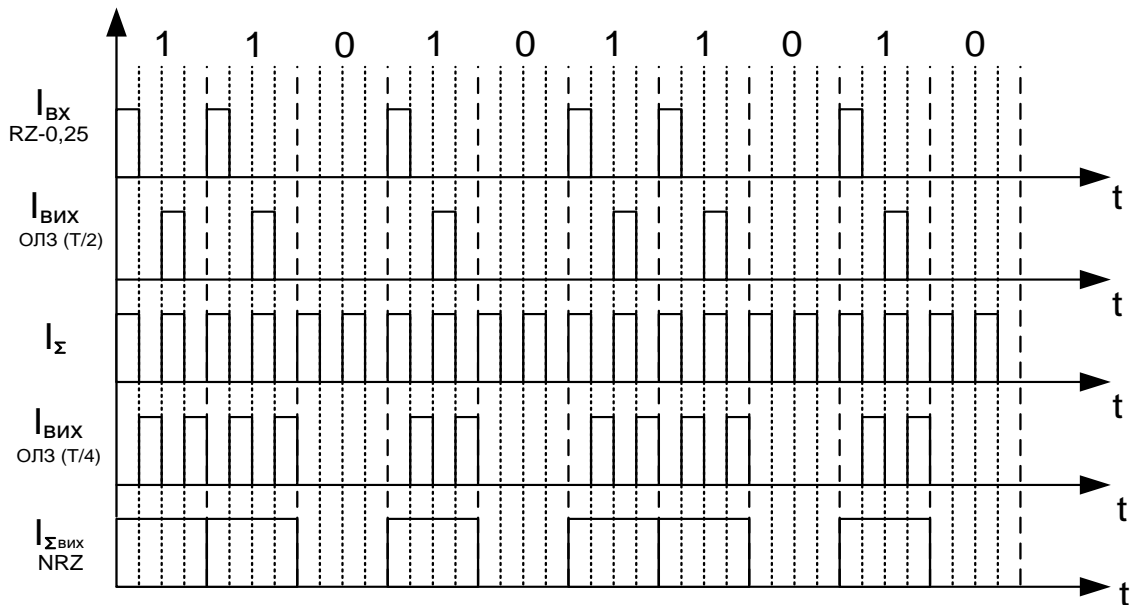


Рис. 1. Метод кодування та декодування оптичного сигналу в коді RZ-0,25 при передачі лінійним трактом.

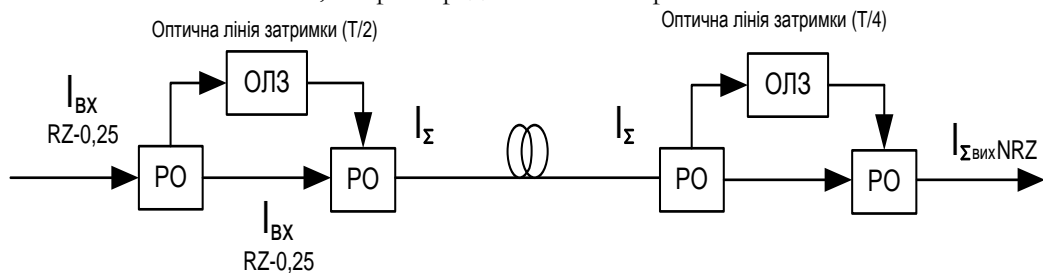


Рис. 2. Побудова лінійного тракту, що використовує кодування та декодування оптичного сигналу в коді RZ-0,25 за допомогою пасивних елементів.

Подвійна кількість одиниць в оптичному лінійному тракті під час передавання унеможливає адекватне відновлення сигналу при спробах несанкціонованого доступу до інформації. Таким чином забезпечується захист інформації, яка передається.

Запропонований метод можна розвинути та удосконалити, і поширити його на інші види коду RZ. Так, наприклад, на рис. 3 зображено метод маскування лінійних кодових комбінацій оптичного сигналу з метою захисту його від несанкціонованого доступу до лінійного тракту та подальшого його декодування на приймальному кінці при використанні оптичного коду RZ-0,125. На рис. 4 показано побудову лінійного тракту, що використовує даний метод. Побудова лінійного тракту в цьому випадку містить на одну ступінь оптичної затримки більше, ніж у попередньому випадку.

Оптичний сигнал, що використовує код RZ-0,125, подається на дільник РО₁ та лінію затримки ОЛЗ₁ на чверть тактового інтервалу ($T/4$). Після чого складові частини сигналу складаються, і на виході оптичного суматора (РО₂) утворюється кодовий сигнал з подвійною кількістю одиниць ($I_{\Sigma 1}$). Цей сигнал подається на розгалужувач РО₃. Одна з складових частин після виходу з дільника проходить через оптичну лінію затримки ОЛЗ₂ (час затримки $T/2$) та складається з незатриманою час-

тиною у суматорі РО₄. Кількість одиниць після такого процесу формування в кодовій комбінації буде в чотири рази більше, ніж у вихідній. Сформований та захищений сигнал $I_{\Sigma 2}$ з виходу РО₄ подається у лінійний тракт. На виході з лінійного тракту сигнал подається на оптичний розгалужувач РО₅ який розділяє його на дві складові частини. Одна з цих частин проходить через оптичну лінію затримки ОЛЗ₃ (час затримки $T/8$) і складається з незатриманою частиною кодової комбінації у оптичному суматорі РО₆. При цьому, на виході РО₆ утворюється оптичний сигнал, з кодовими комбінаціями, що адекватні початковим кодовим комбінаціям, тільки в коді NRZ ($I_{\Sigma \text{вих NRZ}}$).

Цей метод можна узагальнити для коду RZ- $1/2^{n+1}$, де n – ціле додатне число. Випадки, коли $n=1$ та $n=2$ були розглянуті вище. Побудова лінійного тракту з ростом числа n буде зводитись на приймальному кінці до підключення певної кількості ланок, що виконують розділення сигналу навпіл, затримку однієї з складових на відповідну частину тактового інтервалу та подальше їх складання. На приймальному кінці функцію переводу лінійного коду в код NRZ буде виконувати така ж ланка з використанням оптичної лінії затримки на час $T/2^{n+1}$. Кількість одиниць у кодових комбінаціях оптичного лінійного тракту буде в 2^n раз більше, ніж у початкових комбінаціях.

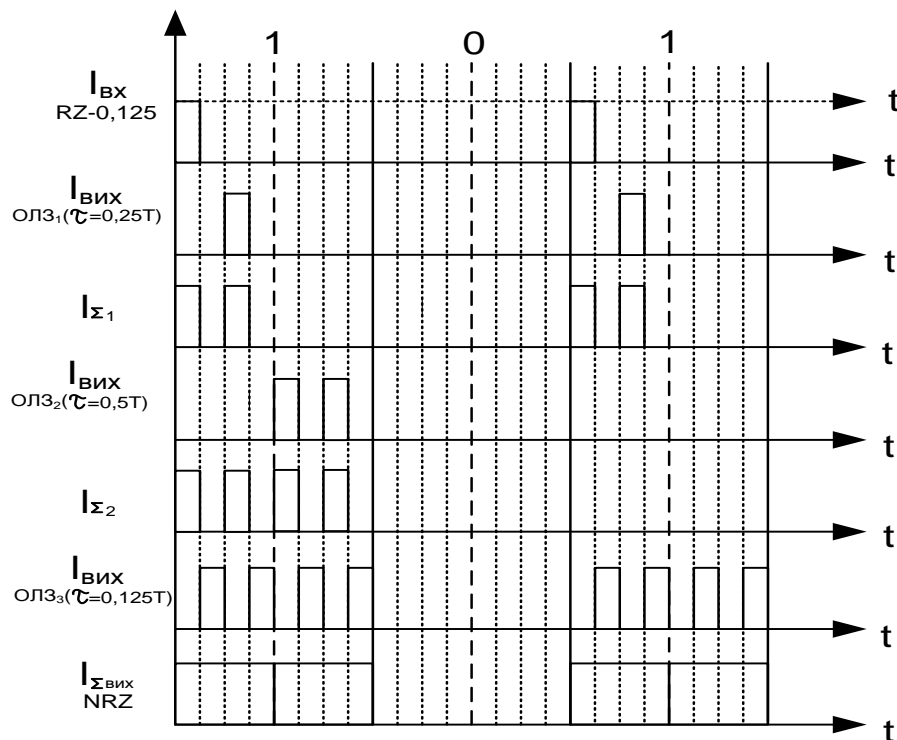


Рис. 3. Метод кодування та декодування оптичного сигналу в коді RZ-0,125 при передачі лінійним трактом

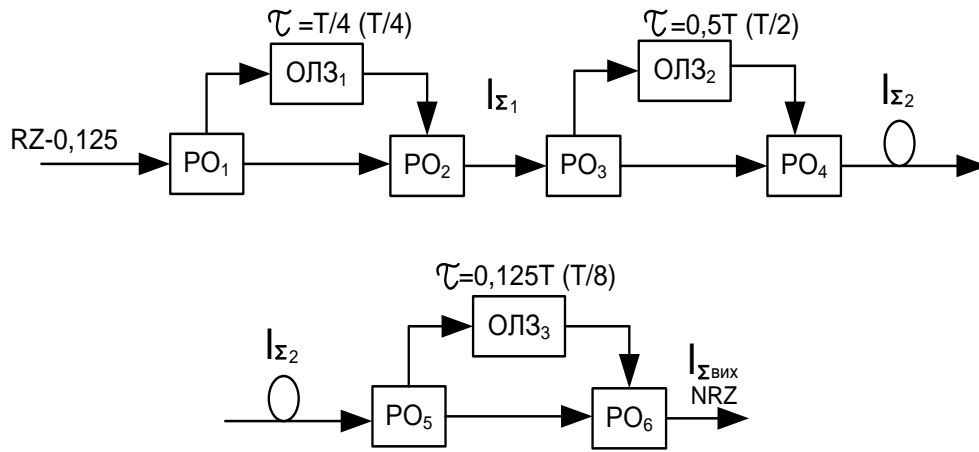


Рис. 4. Побудова лінійного тракту, що використовує кодування та декодування оптичного сигналу в коді RZ-0,125 за допомогою пасивних елементів

Використання досить недорогих пасивних оптичних елементів для маскуванню оптичних лінійних кодів значно підвищує надійність процесу захисту інформації, порівняно з використанням активного обладнання.

Додатковою перевагою цього методу є те, що обладнання для пасивного кодування/декодування оптичного сигналу може бути просто підключене в лінійний тракт в місці розміщення кросового обладнання за допомогою оптичних конекторів, оскільки не потребує живлення та займає порівняно небагато місця.

На додаток до цього, волоконно-оптичну систему зв'язку можна обладнати декількома системами додаткового кодування, та в певні або псевдовипадкові моменти часу проводити їх перемикання за допомогою оптичних перемикачів, що забезпечують високу швидкість переключення [6]. При цьому також на виході системи передавання формується відповідний варіант коду типу RZ – $(1/2^{n+1})$.

Висновки. В роботі запропоновано використання пасивного оптичного обладнання, що застосовує оптичні розгалужувачі та оптичні лінії затримки для формування лінійних кодових комбінацій з підвищеною кількістю одиниць з метою захисту інформації, що передається лінійним трактом. Значною перевагою цього методу це відсутність активного обладнання. Застосування пасивних елементів забезпечує високу надійність та швидкість функціонування пристроїв захисту. Можливість оптичного переключення режиму роботи з різними варіантами коду типу RZ та, відповідно, з різною надлишковою кількістю одиниць посилює ефективність системи захисту. Додатковою перевагою є також те, що обладнання не потребує налаштування та може бути просто підключене в розрив лінійного тракту на вході та виході волоконно-оптичної лінії.

ЛІТЕРАТУРА

- [1]. С. Гордієнко, О. Манько, С. Гордієнко "Моніторинг лінійних споруд ВОЛЗ із метою захисту інформації від несанкціонованого доступу", *Зв'язок*, №1(97), С. 32-34, 2012.
- [2]. А. Листвин, В. Листвин, Д. Швырков, *Оптические волокна для линий связи*. М.: ЛЕСАРарт, 2003, 288 с.
- [3]. А. Листвин, В. Листвин, *Рефлектометрия оптических волокон*. М.: ЛЕСАРарт, 2005, 208 с.
- [4]. А. Манько, Б. Каток, М. Задорожний, "Защита информации на волоконно-оптических линиях связи от несанкционированного доступа" *Периодический науч.-техн. сб. «Правовое, нормативное та метрологичне забезпечення системи захисту інформації в Україні»*, №2, С. 249-255, 2001.
- [5]. Д. Стерлинг, *Техническое руководство по волоконной оптике*. М.: Лори, 1998, 288 с.
- [6]. Р. Убайдуллаев, *Волоконно-оптические сети*. М.: Эко-Трендз, 2001, 267 с.
- [7]. А. Яковлев, "Волоконно-оптическая система передачи конфиденциальной информации", *Электросвязь*, №10, С. 11-13, 1994.

REFERENCES

- [1]. S. Gordienko, O. Manko, S. Gordienko, "Monitoring of linear fiber optic facilities in order to protect information from unauthorized access", *Zvyazok*, №1(97), P. 32-34, 2012.
- [1]. A. Listvin, V. Listvin, D. Shvyrkov, *Optical fiber communication lines to*. M.: LESARart, 2003, 288 p.
- [2]. A. Listvin, V. Listvin, *Reflectometry optical fibers*. M.: LESARart, 2005, 208 p.
- [3]. A. Manko, B. Katok, M. Zadorozhnyi, "Data protection in fiber-optic communication lines from unauthorized access", *Periodic nauk.-tehn. collection: Legal, regulatory and metrological support of information security systems in Ukraine*, №2, P. 249-255, 2001.
- [4]. D. Sterling, *Technical guidance on fiber optics*. M.: Laurie, 1998, 288 p.
- [5]. R. Ubaydullaev *Fiber optic networks*. M.: Eko-Trendz, 2001, 267 p.

- [6]. A. Yakovlev "Fiber-optic transmission system of confidential information", *Telecommunications*, №10, P. 11-13, 1994.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ И СЕТЯХ

С каждым годом растет объем конфиденциальной информации, которая передается волоконно-оптическими сетями связи. Для обеспечения безопасной передачи конфиденциальной информации волоконно-оптические линии считаются наиболее подходящими. Это определяется тем, что электромагнитное поле световой волны не выходит за пределы оптического волокна. Однако, при определенных условиях, при которых обеспечен доступ к оптическому волокну, перехват оптического сигнала на изгибе волокна вполне возможен. Таким образом, для создания оптических линий с повышенным уровнем защиты информации необходимы дополнительные меры. С этой целью в работе предложено использование маскировки оптического линейного кода за счет увеличения количества единичных символов путем использования таких пассивных элементов как оптические линии задержки и оптические разветвители. Предложенный метод позволит повысить количество единичных символов в кодовой комбинации, которая передается, и таким образом сделать адекватную интерпретацию информации невозможной. Преимуществом метода является то, что устройства защиты являются полностью пассивными, и это обеспечивает высокую надежность, и могут быть подключены непосредственно на входе и на выходе оптического линейного тракта. При этом сами устройства в настройке не нуждаются.

Ключевые слова: оптическое волокно, несанкционированный доступ, линейный тракт, защита информации, оптический разветвитель.

THE USE OF PASSIVE OPTICAL DEVICES FOR THE PROTECTION OF INFORMATION IN FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINES AND NETWORKS

Every year increases the amount of confidential information that is transmitted in optical communication networks. To ensure safe transmission of confidential information fiber optic lines are the most suitable. It is determined that the electromagnetic field of the light wave does not go beyond the optical fiber. However, under certain circumstances, interception of optical signal on the bend of the fibers is entirely possible. Thus, for the creation of optical lines with high level of information security are necessary additional measures. To this aim, in the proposed use of masking optical linear code by increasing the numbers

of units are used passive components such as optical delay lines and optical splitters. The method allow increasing the number of units of code combinations to be transferred, and thus make it impossible for an adequate interpretation of the information. The advantage of the method is that the protection device is completely passive, and therefore reliable, and can be connected directly to the input and output of optical linear tract. Moreover, these devices do not require adjustment.

Keywords: optical fiber, unauthorized access, linear tract, information security, optical splitter.

Манько Александр Олексійович, д.т.н., професор кафедри телекомунікації Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова.

E-mail: pab.05@mail.ru

Манько Александр Алексеевич, д.т.н., професор кафедри телекомунікації Одеської національної академії зв'язку ім. А.С. Попова.

Manko Olexandr, Ph.D., professor of the Department of telecommunication Odessa National Academy of Telecommunications O.S. Popova.

Шматок Александр Станіславович, к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих систем захисту інформації Навчально-наукового інституту Комп'ютерних інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

E-mail: Sh_al_st@mail.ru

Шматок Александр Станіславович, к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих систем захисту інформації учебно-научного института Комп'ютерных информационных технологий Национального авиационного университета.

Shmatok Olexandr, Ph.D., associate professor, associate professor, department of computerized security systems Training and Research Institute of Computer Information Technologies of the National Aviation University.

Петренко Андрій Борисович, к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих систем захисту інформації Навчально-наукового інституту Комп'ютерних інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

E-mail: pab.05@mail.ru

Петренко Андрей Борисович, к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих систем захисту інформації учебно-научного института Комп'ютерных информационных технологий Национального авиационного университета.

Petrenko Andriy, Ph.D., associate professor, assistant professor of computer information protection systems Training and Research Institute of Computer Information Technologies of the National Aviation University.