

Корисна модель відноситься до галузі оптичних ліній зв'язку: до засобів діагностики та контролю оптичного кабелю (волоконно-оптична рефлектометрія).

Відомий пристрій, який представляється у патенті "Виявлення самостимульованого сигналу в системах оптичної передачі даних" ("Self-stimulation signal detection in an optical transmission system", US Patent 5,859,716, O'Sullivan, et al. January 12, 1999) складається з передаючого/приймаючого терміналу на початку оптоволоконної лінії, на вихід якого під'єднується одне або декілька оптичних волокон, тестування яких буде проводитись, на деяких відстанях від першого передаючого/приймаючого терміналу на волоконно-оптичному кабелі, який підлягає тестуванню, встановлені оптичні підсилювачі, паралельно до яких встановлюються блоки контролю потужності та генерації самостимульованого сигналу (БКП та ГСВ). До кінця оптоволоконного кабелю під'єднується другий передаючий/приймаючий термінал, який замикає досліджувану лінію. Контроль і тестування згідно цього методу проводиться у БКП та ГСВ. Кожен такий блок має свій унікальний код, який передається по волоконному тракту разом з основною (корисною) інформацією. БКП та ГСВ має двонаправлену будову тестування відносно тестованого оптичного кабелю і складається з направлено відгалужувача, який приєднується до контрольованого оптичного волокна та відгалужує 3-5% потужності основного сигналу, на оптичний підсилювач, де цей сигнал підсилюється; вихід оптичного підсилювача з'єднується зі входом аналого-цифрового підсилювача (АЦП); вихід АЦП подається на вхід блоку виявлення самостимульованого сигналу (БВСС); вихід блоку БВСС з'єднується зі входом блоку керування (БК), виходи якого з'єднуються з віддаленим терміналом контролю лінії передачі та з блоками порівняння виявленого самостимульованого коду сигналу з унікальним кодом даного БКП та ГСВ, вихід якого з'єднується з лазерним діодом (ЛД) через цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); лазер через другий направлений відгалужувач з'єднується з контрольованою волоконно-оптичною лінією зв'язку.

Недоліком даного винаходу є, по-перше, відносна коштовність виготовлення та інсталяції, що пов'язане з тим, що у будові використовуються БКП та ГСВ, в будову яких входять по 6 відгалужувачів, по 2 лазерних діоди, 8 АЦП, 4 ЦАП, БК, та віддалений контролюючий термінал; і, по-друге, недостатня швидкодія тестування волоконно-оптичного кабелю, що пов'язано з відносно довгим часом вибору унікальних кодів БКП та ГСВ.

Прототипом даної корисної моделі є оптичний часово-імпульсний рефлектометр (ОЧІР) ("ВОЛОКОННАЯ ОПТИКА; компоненты, системы передачи, измерения." – М.; Компания САЙРУ С СИСТЕМО, 1999, р. 9-10, с. 551-642), який складається з імпульсного генератора (Г), виходи якого з'єднані з входами лазерного діода (ЛД) та пристрою запису (ПЗ); вихід ЛД через направлений відгалужувач з'єднано з початком тестованої оптоволоконної лінії. До іншого виходу відгалужувача під'єднаний приймач лазерного випромінювання – лавинний фотодіод (ЛФ), вихід якого через аналого-цифровий перетворювач (АЦП) з'єднаний з другим входом ПЗ. Вихід ПЗ через пристрій усереднення результату (ПУР) з'єднано з дисплеєм.

Недоліком такого винаходу є недостатня швидкодія тестування лінії.

В основу даної корисної моделі поставлена задача створення пристрою для контролю оптичного кабелю, в якому за рахунок урахування усіх особливостей контрольованої мережі та за рахунок використання у будові направлено відгалужувача, атенюатора довжини хвилі, на якій проводиться тестування лінії, зовнішнього блоку контролю та спеціальної методології контролювання лінії, яка реалізовується програмне на зовнішньому блоці контролю, досягається можливість здешевлення пристрою такого високого класу контролю та досягнення більшої швидкодії, що розширює галузь використання пристрою у системах якісної діагностики та контролю оптоволоконної лінії зв'язку.

Поставлена задача досягається тим, що в будові пристрою для контролю оптичного кабелю використовується лазерний діод, лавинний фотодіод, аналого-цифровий перетворювач, блок пам'яті, направлений відгалужувач і утворює установку оптичного часово-імпульсного рефлектометра. Лазерний діод під'єднується до направлено відгалужувача, один з виходів якого під'єднано на вхід лавинного фотодіоду. Лавинний фотодіод через аналого-цифровий перетворювач з'єднано з блоком пам'яті. У будову даної корисної моделі входить блок керування, який з'єднано з оптичним часово-імпульсним рефлектометром, до іншого входу і виходу якого під'єднано відповідно зворотній вихід та прямий вхід поляризованого направлено оптичного відгалужувача, прямий вихід якого через оптичний мультиплексор з'єднано з тестованим одномодовим оптичним волокном, інший кінець якого під'єднано через оптичний демультиплексор до атенюатора.

На фіг.1 зображена структурна схема пристрою для контролю оптичного кабелю. На фіг.2 представлено більш детальне зображення ОЧІР, який може використовуватись у конструкції запропонованої корисної моделі. На фіг. 3 представлені приклади типових рефлектограм, отриманих при тестуванні оптичного волокна. Тут: а) - типова рефлектограма відомого прототипу, б) - аналогічна типова рефлектограма, при проведенні тестування досліджуваної (контрольованої) лінії пристроєм, запропонованим у даній корисній моделі. На фіг.4 представлена блок-схема алгоритму, запропонованого у даному методі.

Пристрій (фіг.1) складається з віддаленого блоку керування 1 (БК), вихід 14 якого з'єднано зі входом 15 оптичного часово-імпульсного рефлектометра 2 (ОЧІР). Інший вхід 26 ОЧІР 2 з'єднано зі зворотнім виходом 28 направлено відгалужувача 7. Вихід 25 ОЧІР 2 з'єднано зі входом 27 направлено відгалужувача 7. Направлений відгалужувач 7 через вихід 29 разом з основними (корисними) лініями під'єднані на входи 30-37 (тут вхід 37 MUX – це вхід тестування, через який з'єднано ОЧІР 2 з тестованим волокном 10) оптичного мультиплексора 9 (MUX). До виходу MUX 9 під'єднано тестоване одномодове оптичне волокно 10, інший кінець якого з'єднано з оптичним демультиплексором 11 (DEMUX). DEMUX 11 має також 8 виходів: 40 - 47. До виходів DEMUX 11 40-46 (вони відповідають до входам 30 - 36 у MUX 9) під'єднано корисні передаючі лінії. А вихід 47 DEMUX 11 під'єднано до оптичного атенюатора.

ОЧІР 2 може бути або спеціально підібраною базовою моделлю (наприклад, універсальна система тестування EXFO "FTB-300", Syms System "CMA5000-OTDR" тощо), або дещо спрощеним в цілях економії, окремо сконструйованим блоком (фіг.2). Такий ОЧІР 2 має входи 15 та 26 з'єднані з БК 1 та зворотнім виходом направлено оптичного відгалужувача 7. ОЧІР 2 містить імпульсний лазерний діод 5, до входу 24 якого під'єднано шину керування (ШК), та вихід 25 якого з'єднано з направленим оптичним відгалужувачем 7. Зворотній

вихід відгалужувача 7 з'єднано зі входом 26 ЛФ 6, вихід 23 якого подається на вхід 22 швидкого АЦП 4. АЦП 4 через вихід 21 з'єднано з входом 20 ОЗП 3. ОЗП 3 має ще один вхід 19 ШК та вихід 18 на шину даних (ШД).

Пристрій працює наступним чином (фіг.4). БК 1, маючи сигнал готовності і роботи лінії подає сигнал в оптичний рефлектометр 2 через ШК на вхід 24 ЛД 5 імпульс тривалістю  $t$  (наприклад 10 нс), а також одночасно починає відлік часу  $\Delta t$ . У відповідності до цього імпульсу ЛД 5 випромінює когерентний пучок випромінювання тривалістю  $\tau$  на вхід 27 направлено оптичного відгалужувача 7. Відгалужувач 7 направляє без втрат випромінювання з виходу 29 на вхід 37 MUX 9. У відповідності до технології ущільнення (WDM або DWDM), що використовується, випромінювання разом із корисними сигналами 8 мультиплексується і направляється через вихід 38 MUX 9 у тестоване одномодове оптичне волокно 10. По мірі розповсюдження сигналів (корисних та тестуючого) по волоконно-оптичному тракті, випромінювання загасає, заломлюється, відбивається від неоднорідностей (за законом Френеля) тощо, в наслідок чого виникають зворотні розсіювання як корисних так і тестуючого сигналу. Далі ці сигнали потрапляють на вхід 39 DEMUX 11, після чого у відповідності до вживаної технології ущільнення розділяються на корисні вихідні канали 40 - 46 та канал тестування 47. Тестуючи випромінювання, що дійшло через вхід 48 в оптичний атенюатор 13, загасає. Та частина випромінювання, що відбилась на неоднорідностях оптичного волокна 10 повертається на вхід 38 MUX 9 і відбирається на вхід 29 направлено відгалужувача 7. Далі випромінювання, заломлюється на вхід 26 ОЧІР 2 і потрапляє в ЛФ 6, викликаючи виникнення струму, аналогове значення якого перетворюється швидким АЦП 4 в цифрове (двійкове) і записується в ОЗП 3 в залежності від часу  $\Delta t$ , який пройшов від початку проведення тестування. Аналогічних відбивань у лінії 10 викликається безліч, і вони продовжують проходити вищеописаний шлях і, таким чином, потрапляти у вигляді цифрового значення струму на ЛФ 6 в ОЗП 3 в залежності від часу приходу  $\Delta t$ . Таким чином, формується таблиця значень інтенсивності відбитого випромінювання (перша колонка) і часу їх надходження (друга колонка). Ця таблиця і є інтерпретацією рефлектограми, де перша колонка є рівнем загасання у волокні  $\alpha$ , дБ, а друга – віддаленість цього загасання, яка визначається за формулою 1.

$$L_i = \frac{c \cdot \Delta t_i}{2 \cdot n}, i = (\dots \infty) \quad (1)$$

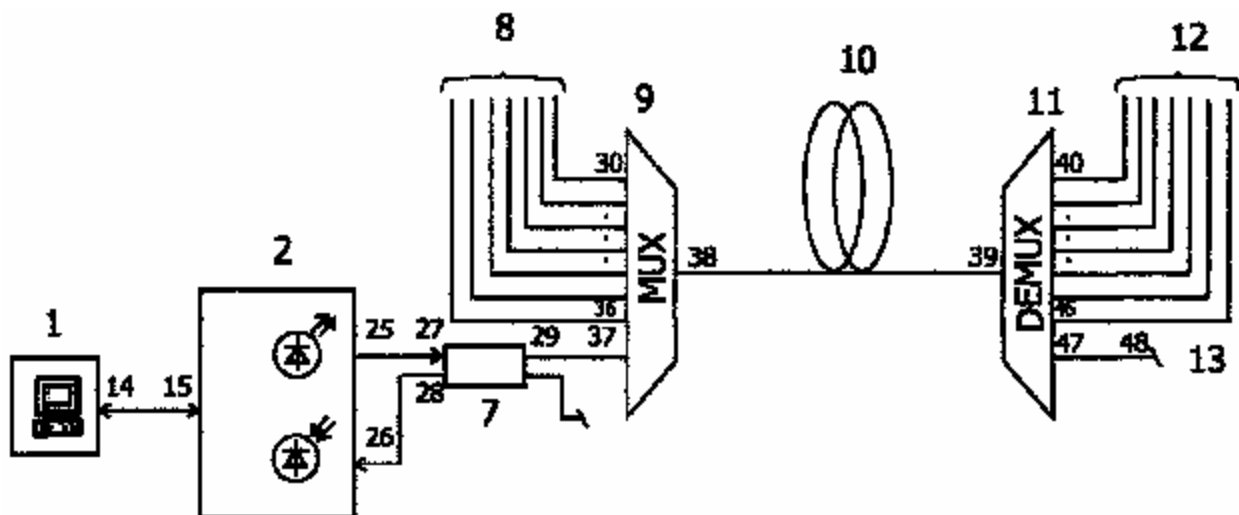
де  $i$  – рядок утвореної матриці, визначає номер вимірювання. Чим більше  $i$ , тим якісніше вимірювання за рахунок більшої роздільної здатності рефлектограми. Значення  $i$  залежить від функціональних можливостей пристроїв, що використовуються в схемі (електроніка, параметри ЛФ 6 тощо).  $L_i$  – віддаленість даного виміру від установки рефлектометра 2.  $c$  – швидкість світла у вакуумі,  $c \approx 3 \cdot 10^8$  м/с.  $\Delta t_i$  – час, який пройшов від посилання імпульсу у волокно до його повернення та запису в ОЗП 3.  $n$  – показник заломлення матеріалу оптичного волокна, визначається виробником. Двійка у знаменнику свідчить про те, що тестуючи випромінювання пройшло подвійну відстань до віддаленості місця відбивання у тестованому волокні 10.

Далі БК 1 проводить аналіз отриманої рефлектограми, шляхом її порівняння з допустимими значеннями, які занесені у БК 1 програмне. У разі, якщо рефлектограма задовольняє діапазону значень, ОЗП 3 рефлектометра очищується від даних, очікується час  $\Delta t \geq t$  (час затримки між імпульсами), далі значення  $\Delta t=0$  і знову починається відлік  $\Delta t$  з одночасно посланим сигналом на ЛД 5. Далі відбувається вищеописаний цикл контролю (фіг.4) до того моменту, коли значення рефлектограми не буде задовольняти діапазону допустимих значень. У такому випадку БК 1 при необхідності дає сигнал про припинення передачі корисних даних 8 (у випадку, коли важливо зберегти конфіденційність інформації), визначає віддаленість місця, пошкодження волокна  $L_i$  і оповіщає персонал про поломку та її віддаленість.

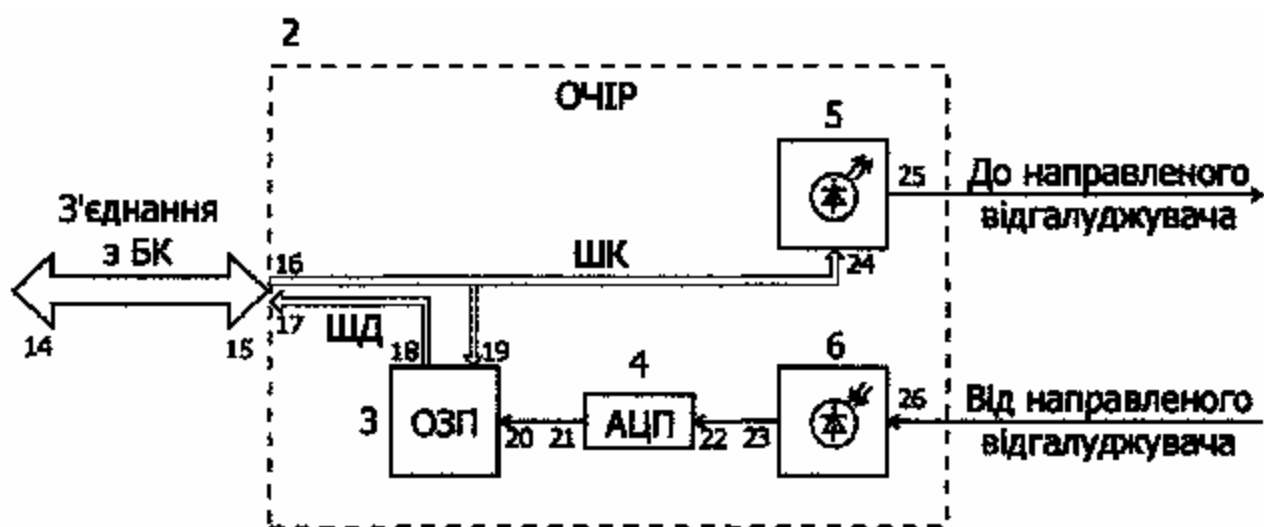
Будова даного пристрою враховує використання направлено оптичного відгалужувача 7. Такий відгалужувач повинен бути спеціальним, оскільки є досить важливим у конструкції для того, щоб не викликати "засвічення" ЛФ 6 відбитим від початку волокна тестуючим променем (стрибок 50 на рефлектограмі). Такі "засвічення" ЛФ 6 вимагають часу, для того, щоб інерційний ЛФ 6 був здатний продовжувати тестування. Очевидно, що у випадку тестування лінії з затримкою між тестуючими імпульсами  $t=1$  мкс з їх тривалістю  $\tau=10-100$  нс ЛФ 6 не буде чутливим до картини рефлектограми. З іншого боку, відгалужувач 6 повинен повністю подавати зворотне випромінювання (те, що повернулось з лінії) на ЛФ 6, без його потраплення на вихід 25 ЛД 5, щоб не викликати появу самостимульованого випромінювання ЛД, яке у даному випадку буде шкідливим. Використання направлено оптичного відгалужувача, запропонованого у патенті "Світловий відгалужувач для оптичної рефлектометрії" (Light coupler for optical reflectometry, US Patent 4,746,184, Gang May 24, 1988) або інших відгалужувачів, які використовують поляризацію випромінювання дозволить повністю уникнути даної проблеми.

Оптичний атенюатор 13, поставлений в умовному кінці тестованої лінії дозволяє проводити затухання оптичного випромінювання на довжині хвилі, що використовується для тестування лінії (згідно до WDM- або DWDM-технології ущільнення). Таке затухання необхідне для того, щоб уникнути піку в рефлектограмі 52 на кінці досліджуваної лінії, що додатково дозволить зменшити кількість помилкових (шкідливих) сигналів на отриманій рефлектограмі (фіг. 3, а, б).

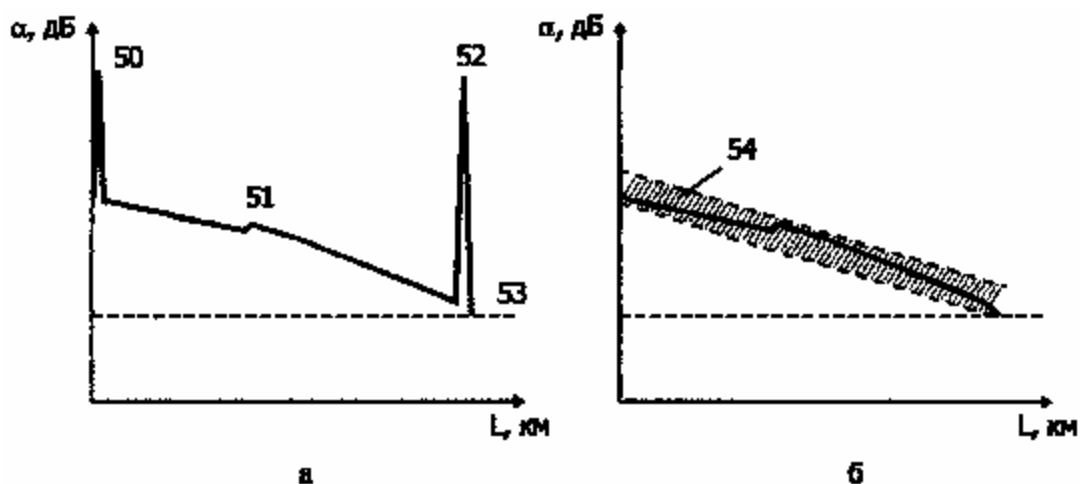
Запропонований у даній корисній моделі варіант конструкції можна використовувати у якісних та швидких оптичних мережах обміну інформації, де першочергово важлива конфіденційність інформації, що передається (наприклад передача даних у банківській системі). У разі виникнення несанкціонованого доступу, БК 1 приведенного у даній корисній моделі пристрою припиняє будь-яку передачу даних і оповіщає необхідний персонал про пошкодження лінії. Установка проводить тестування лінії з затримкою в 1мкс, тому у разі несанкціонованого доступу, якщо доступ у кращому випадку тривав 1мкс, то з оптичного волокна, інформація по якому передається на швидкості 10Гбіт/с, буде зчитано 10кбіт (трохи більше кілобайту) корисної інформації, що становить допустимі значення.



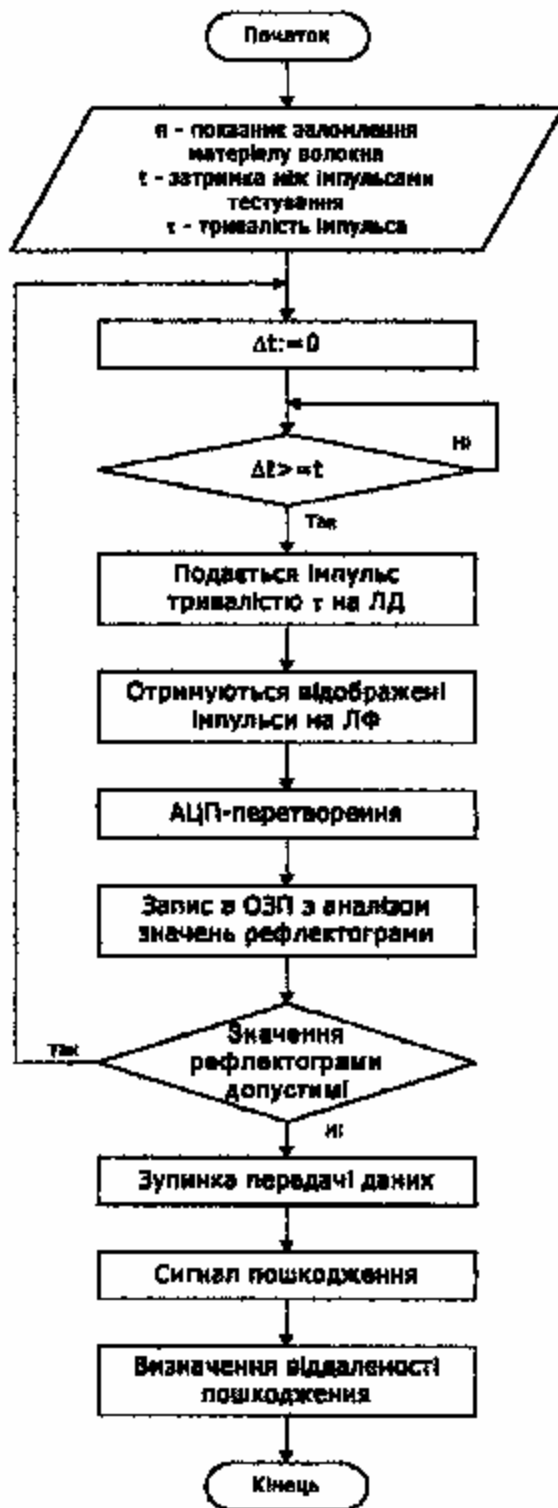
Фіг. 1. Структурна схема пристрою для контролю оптичного кабелю



Фіг. 2. Можлива конструкція ОЧИР 2



Фіг. 3. Приклади типових рефлектограм, отриманих при тестуванні оптичного волокна.



Фіг. 4. Блок-схема алгоритму запропонованого методу