

Харків, 2010. – № 7 (48). – С. 311–314.

4. Бабий С.М. Алгоритм покрытия площади лесного массива кругами видеонаблюдения и контроля / С.М. Бабий, Д.А. Кочкар, В.В. Чмовж // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Харків, 2010. – № 7 (48). – С. 272–277.

5. Рекомендация МСЭ-R P.1411-6. Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования наружных систем радиосвязи малого радиуса действия и локальных радиосетей в диапазоне частот от 300 МГц до 100 ГГц [Электронный ресурс]. – Женева, 2012. – Режим доступа : <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>

6. Ščerbakov G. I. The Decision of Problems of Optimization of Territorial Arrangement of the Radio-Transmitting Stations at Design of Transmission Networks / Ščerbakov G. I., Lindval V. R., Spirina E. A., Letaiaf M. A. // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas : Technologija, 2004. – № 3 (52). – P. 47–51.

7. Franklin W. R., Inanc M., Xie Z., Tracy D. M., Cutler B., Andrade M. V. A., and Luk F. Smugglers and border guards – The GeoStar Project at RPI. In 15th ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems (ACM GIS 2007), Seattle, WA, USA, Nov 2007.

8. Горбунов В.А. Эффективность обнаружения целей / Горбунов В.А. – М. : Воениздат, 1979. – 160 с.

9. Кривошеев В.А. Эффективность охраны государственной границы СССР и основные направления ее повышения / Кривошеев В.А. – М. : Воениздат, 1988. – 256 с.

10. Система інженерно-технічного контролю органу охорони державного кордону : звіт з НДР / Стрельбицький М.А., Лисий М.І., Міхеев Б.М., Купрієнко Д.А. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2007. – 99 с.

Отримана/Received : 26.5.2017 р. Надрукована/Printed : 11.6.2017 р.

Рецензент: д. т. н., проф. Мартинюк В.В.

УДК 621

О.Є. ЗЕМЛЯНСЬКИЙ, К.Л. ГОРЯЩЕНКО, В.С. КОВАЛЬ

Хмельницький національний університет

А.В. КЛЕПІКОВСЬКИЙ

Буковинський державний медичний університет

КОНТРОЛЬ СТАНУ ОПТИЧНОЇ ЛІНІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ FDR

Одна з існуючих проблем систем контролю стану ліній зв'язку є виявлення змін в її структурах. Застосування оптичних ліній для побудови розподілених сенсорів знаходить своє застосування через відносну дешевизну конструкції, а також через наявні методи виявлення зміни внутрішньої структури лінії. Для визначення змін зазвичай використовували методів імпульсної рефлектометрії. Проте підвищення точності виявлення місць пошкоджень вимагає впровадження нових методів діагностики на базі частотних вимірювань.

Ключові слова: сенсор, OFDR, OTDR

O.E. ZEMLYANSKIY, K.L. HORIASCHENKO, V.S. KOVAL

Khmelnytsky national university

A.V. KLEPIKOVSKIY

Bukovinian state medical university

USAGE OF FDR TECHNOLOGY FOR CONTROL PURPOSE OF FIBRE CHANNEL STATE

It is known to control state and to detect faults in communication lines based on detections changes of their structures. The use of optical lines for building distributed sensor finds application due to the relative low cost of construction, as well as through existing methods for detecting changes in the internal structure of the line. To determine changes usually used methods pulse reflectometry. However, increasing the accuracy of detection of fault location requires new methods of diagnosis based on frequency measurements.

Keywords: sensors, OFDR, OTDR.

Вступ

Волоконно-оптичні датчики (так само часто іменуються оптичні волоконні датчики) це оптоволоконні пристрої для детектування деяких величин, зазвичай температури або механічної напруги, але іноді – зміщення, вібрацій, тиску, прискорення, обертання (вимірюється за допомогою оптичних гіроскопів на основі ефекті Саньяка), і концентрації хімічних речовин [1, 2, 3].

В даний час в ВОЛЗ використовуються багатомодові і одномодові волоконні світловоди (ВС). Багатомодові волоконні світловоди (МВС) мають наступні основні параметри:

- діаметри оболонки і хвилеведучої жили (в мкм) - 125/50, 125 / 62.5, 140/100;
- діаметр захисної оболонки волокна - 250 мкм;
- числова апертура - в межах 0.2 ÷ 0.5.

Залежно від профілю показника заломлення (ППП) і довжини хвилі випромінювання сигналу багатомодові волокна мають різну смугу пропускання сигналу:

- при ступінчастому PPP - смуга пропускання 20 МГц * км (0,85 мкм)

- при градієнтному МВС - смуга пропускання 160 мГц * км (0.85 мкм) 500 мГц * км (1.3 мкм);
- До основних параметрів одномодових волоконних світловодів (ОВС) відносяться:
- діаметр оболонки і хвилеведучої жили (в мкм) - 125/9;
- діаметр захисної оболонки - 250 мкм;
- числова апертура - близько 0.15.

Одномодові ВС бувають стандартними (SF), зі зміщеною (нульовий) дисперсією (DSF) і з ненульовою зміщеною дисперсією (NZDF). Сучасні ВОЛЗ працюють в наступних робочих вікнах прозорості:

- 1-е (820 ÷ 880) нм;
- 2-е (O) (1280 ÷ 1325) нм; (S) (1 460 ÷ 1530) нм;
- 3-е (C) (1530 ÷ 1570) нм;
- 4-е (L) (1565 ÷ 1620) нм;
- 5-е (E) (1350 ÷ 1450) нм; (U) (+1625 ÷ 1675) нм.

Таблиця 1

Параметри типових волоконно - оптичних ліній зв'язку [6]

Тип	Короткі дистанції	Середні дистанції	Довгі дистанції
Довжина ВОЛЗ	30 км	80 км	200 км
Загасання ОВ	0.25 дБ / км	0,22 дБ / км	0.19 дБ / км
Втрати в ОВ	7.5 дБ	18 дБ	38 дБ
Число зварних з'єднань / будівельні довжини	15/2 км	20/4 км	25/8 км
Середні втрати на зварному з'єднанні	0.1 дБ	0.1 дБ	0.05 дБ
Загальні втрати на зварних з'єднаннях	1.5 дБ	2 дБ	1.25 дБ
Загальні втрати	10 дБ	20 дБ	40 дБ

На рис. 1. показано зовнішній вигляд найпростіших оптичних датчиків, в яких оптичне волокно використовується для доставки оптичного випромінювання до вимірювальної головки та передачі сигналу відбиття назад в оптичну лінію до пристрою вимірювання, а в таблиці 1 наведено параметри ВОЛЗ.

**Рис. 1. Конструкції сучасних оптичних датчиків для локального вимірювання**

Другою групою волоконно-оптичних датчиків є розподілені волоконно-оптичні датчики. Загальний принцип таких пристроїв в тому, що світло від лазера (найчастіше одномодового волоконного лазера) або суперлюмінесцентного оптичного джерела передається через оптичне волокно, отримуючи слабкі зміни своїх параметрів в волокні або в одній або декількох брегговських решітках, і потім досягають схеми детектування, яка оцінює ці зміни.

У порівнянні з іншими типами датчиків, волоконно-оптичні датчики мають наступні переваги:

- складаються з електрично непровідних матеріалів (не вимагають електричних кабелів), що дозволяють використовувати їх, наприклад, в місцях з високою напругою;
- їх можна безпечно використовувати у вибухонебезпечному середовищі, тому, що немає ризику виникнення електричної іскри, навіть в разі поломки;
- не чутливі до електромагнітних перешкод (ЕМІ), навіть поблизу розряду блискавки, і самі по собі не електризують інші пристрої;
- їх матеріали можуть бути хімічно інертні, тобто не забруднюють навколишнє середовище, і не схильні до корозії;
- мають дуже широкий діапазон робочих температур (набагато більше, ніж у електронних

пристроїв);

- мають можливість мультиплексування – використовуватись одночасно для виконання вимірювальної функції та передачі інформації;
- кілька датчиків в одиночній волоконній лінії можуть бути інтегровано з одним оптичним джерелом (див. нижче).

Принцип роботи розподіленого оптоволоконного датчика

Фізичні впливи на оптоволокну, такі як: температура, тиск, сила натягу - локально змінюють характеристики пропускання світла і як наслідок, призводять до зміни характеристик сигналу зворотного відбиття. В основі вимірювальних систем на основі оптоволоконних датчиків використовується порівняння спектрів і інтенсивностей вихідного лазерного випромінювання і випромінювання, розсіяного в зворотному напрямку, після проходження по оптоволокну.

Зворотне світлове розсіювання при температурному впливі

Оптичні волокна виготовлені з легованого кварцового скла. Кварцове скло являє собою різновид двоокису кремнію (SiO_2) з аморфною твердотільною структурою. Температурні впливи ініціюють вібрації в молекулярній решітці. Коли світло потрапляє на термічно збуджені молекули, відбувається взаємодія між світловими частками (фотонами) і електронами. Таким чином, в оптичному волокні відбувається світлове розсіювання, так само відоме, як раманівське розсіювання.

Зворотне світлове розсіювання складається з декількох спектральних складових:

- Релеєвське розсіювання, з довжиною хвилі аналогічної, використовуваної в лазерному джерелі;
 - стоксові компоненти Раманівського розсіювання з довжиною хвилі більшою, ніж у використовуваного лазерного джерела, при яких випускаються фотони;
 - антистоксівські компоненти Раманівського розсіювання з меншою довжиною хвилі, в порівнянні з релеєвським розсіюванням, при якому фотони поглинаються.
 - Бріллюенівські лінії, які більш інтенсивні ніж стоксівські, але мають менший спектральний зсув
- Цей спектральний зсув викликаний акустичними коливаннями кристалічної решітки волокна і несе в собі інформацію про механічні напруження і температури, що впливають на волокно. Вплив механічної напруги і температур призводить до зміни положення Бріллюенівської лінії на шкалі довжин хвиль.

Інтенсивність розсіювання так званого антистоксового діапазону залежить від температури, в той час як, стоксівський діапазон від температури практично не залежить. Локальна температура оптичного волокна виводиться з відносини антистоксової та стоксівської інтенсивностей світла.

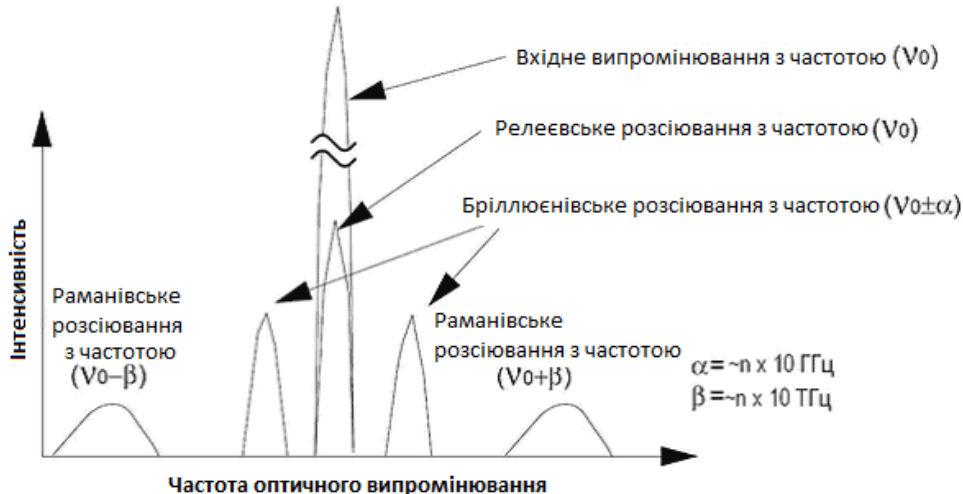


Рис. 2. Схема розподілу розсіювань від їх фізичної природи в оптичній лінії

Розподілені оптичні датчики температури на основі Раманівських ліній

Найсучаснішим обладнанням в системі моніторингу є моніторинг розподілу температури, наприклад в трубопроводах. Розв'язок цієї задачі ґрунтується на застосуванні розподіленого оптоволоконного датчика температури на основі Раманівських ліній. Принципом роботи датчика є те, що інтенсивність Стоксівської Раманівської компоненти розсіяного випромінювання практично не залежить від температури, а інтенсивність Антистоксівських ліній сильно пов'язана з температурою. Це дозволяє визначати значення температури шляхом визначення відношення інтенсивності Антистоксовських ліній і Стоксівських ліній.

Даний підхід дозволяє позбутися похибки, пов'язаної з можливими флуктуаціями потужності зондуємого лазерного імпульсу. Системи цього типу можуть працювати на відстанях до декілька кілометрів. Просторова роздільна здатність може досягати 0,5 м.

Найвідомішим методом зворотного розсіювання для оптичних ліній є метод OTDR (Optical Time Domain Reflectometry, оптична рефлектометрія у часовій області). В його основі закладено імпульсно-акустичний метод (імпульси та відбиття). Рефлектометричні вимірювання в часовому діапазоні (TDR) стали стандартом для вимірювання. Широкий розвиток імпульсна рефлектометрія знайшла на початку 1980-х. Найбільша похибка вимірювання в методі TDR обумовлена вимірюванням часу розповсюдження в середовищі (рис. 3).

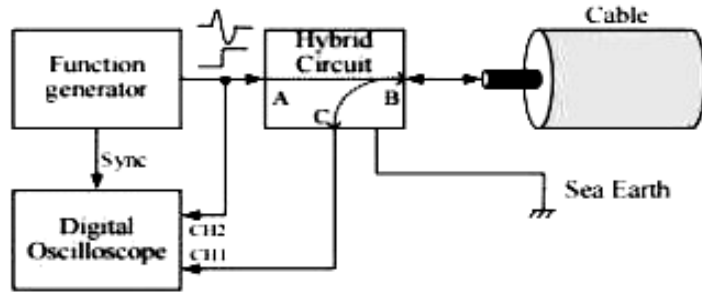


Рис. 3. Схема вимірювань для TDR в оптичній лінії [3, 4]

А в результаті різниці часу поширення між часом передачі і виявлення світлових імпульсів можна визначити рівень і місце розсіювання. Співвідношення випромінюваного розсіювання світла з ефектом Рамана та сигналу зворотного розсіювання при вимірюванні комбінаційного розсіяного світла становить коефіцієнт 1000. Тому локально розподілений датчик температури Рамана з технікою OTDR може бути реалізований тільки за допомогою потужних (дорогих) імпульсних лазерів (зазвичай лазерів з твердою робочою речовиною) і швидкодіючої технікою передачі сигналів, яка є також дорогою.

Для усунення цих обмежень знайшли своє поширення методи, які використовують вимірювання в частотній області. Ці методи показали достатньо цікаві показники. Такі методи получили загальну назву – FDR (frequency domain reflectometry) або OFDR (OFDR, Optical Frequency Domain Reflectometry, рефлектометрія у частотній області).

При методі OFDR отримують інформацію про локальну зміну температури, якщо сигнал зворотного розсіювання виявлений протягом усього часу вимірювання, вимірюється як функція частоти, а потім піддається перетворенню Фур'є [5].

Принциповою відмінністю техніки OFDR є режим квазінеперервних випромінювань лазера і вузькосмугове виявлення оптичного сигналу зворотного розсіювання, внаслідок чого, досягається значно більш високе відношення сигнал/шум, ніж при використанні імпульсної техніки.

Дана технічна перевага дозволяє використовувати недорогі напівпровідникові лазерні діоди і недорогі електронні блоки для передачі сигналів. Також слід особливо відзначити, що в методі OFDR знайшли своє застосування, враховуючи низькі частоти робочого сигналу порядку кГц, низькошвидкісні АЦП. А це дозволяє застосовувати АЦП високої розрядності на рівні 32-48 біт та вище причому із низькою собівартістю.

З іншого боку, простоті технічного рішення протиставляється технічно складне вимірювання комбінаційного розсіювання світла (комплексне вимірювання амплітуди та фази). А також необхідність у застосуванні обчислювальних потужностей для виконання швидкого перетворення Фур'є, необхідної для обробки сигналу із більш високими вимогами до лінійності електронних блоків і компонентів.

Висновки

Волоконно-оптичні датчики до цього часу не користуються великим комерційним успіхом, так як важко замінити застосовувані існуючих технології вимірювання, навіть якщо вони мають певні обмеження. Хоча в деяких областях застосування, волоконно-оптичні датчики отримують все більше визнання, як технологія з великим потенціалом цікавих можливостей. Серед таких областей є: робота в жорстких умовах, таких як зондування в пристроях з високою напругою, або в СВЧ печях.

Сенсори на основі брегговських решіток можуть також бути використані, наприклад, для моніторингу умов, всередині крил літаків, в вітрових турбінах, мостах, великих греблях, нафтових свердловинах, і трубопроводах.

Будинки з вбудованими волоконно-оптичними датчиками іноді називають "розумними конструкціями", датчики в них здійснюють контроль деформації всередині різних частин конструкції, і отримують дані про ці зміни, наприклад знос, вібрації та інше. Розумні конструкції є основною рушійною силою для розвитку волоконно-оптичних датчиків.

Оптичні датчики мають потужний потенціал для подальшого впровадження у сучасному світі в широке коло застосувань. Проте залишається актуальною задача створення методів визначення змін стану цих оптичних ліній. Також слід відзначити, що важливою задачею є створення методів не тільки для оптичних ліній, а також прийнятних для визначення станів і інших середовищ із застосуванням запропонованого підходу.

Література

1. Кравцов В. Е., Лукьянов А. М., Подюкова Л. В., Тихомиров С. В. Современные оптические рефлектометры. Вопросы метрологического обеспечения, Метрология и измерительная техника в связи. – № 2. – 1999.

2. Laferriere J., Taws R., Wolszczak S. "Guide to Fiber Optic Measurements», Wavetek, 1998.
3. M. Wegmuller, M.Legre, P.Oboson, O. Guinnard, C.Vinegoni, N.Gisin, " Analysis of the polarization evolution in a ribbon cable using high resolution coherent OF DR", IEEE Photon. Technol. Lett., vol.13, n2, 2001.
4. Wegmuller M., J.P. von der Weid, P.Oboson, N.Gisin, "High resolution fibre distributed measurements with Cogerent OFDR", Proc. ECOC, vol.4, Munich, Germany, 2000, pp. 109-110.
5. Horiashchenko Kostyantyn. Spectral components definition of the signal with harmonic signal noninteger period components / K. Horiashchenko, O.I. Maydanets // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах": сб. наук. пр. – Одеса, 6-12 червня 2014 р. – С.71-72
6. Свинцов А. Г., Слуцкий Н. А. "Системы мониторинга в волоконно - оптических сетях связи", Вестник связи , № 12, 2000.

Отримана/Received : 23.4.2017 р. Надрукована/Printed : 10.6.2017 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Романюк В.В.

УДК 681.12

Й.Й. БІЛИНСЬКИЙ, Б.П. КНИШ, Я.А. КУЛИК
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ РОБОТИ ФІЛЬТРІВ ПРИГЛУШЕННЯ ШУМІВ В ПАКЕТІ MATHCAD

Розроблено методику оцінювання якості роботи фільтрів приглушення шумів в пакеті Mathcad, що дозволяє визначати ефективність фільтрів в роботі з різними видами шуму та використати отримані результати дослідження під час розробки різноманітних науково-методичних робіт для дисциплін, пов'язаних з обробкою зображень.

Ключові слова: фільтр, шум, приглушення, критерій, піксел.

Y.Y. BILINSKIY, B.P. KNYSH, Y.A. KULYK
Vinnytsia National Technical University, Ukraine

QUALITY ESTIMATION METHODOLOGY OF FILTER PERFORMANCE FOR SUPPRESSION NOISE IN THE MATHCAD PACKAGE

The goal is to develop a methodology of estimation the quality of noise suppression filters using MathCAD package, which in future can be used for development of laboratory and practical courses for subjects related to image processing. In the paper was considered the median filter and Gaussian filter, whose work is researched on suppression pulse and Gaussian noise. Established that the Gaussian filter is more effective compared to the median filter at a value of impulse noise more than 10%. At the same time, the median filter is more effective compared to the Gaussian filter Gaussian noise at a value of more than 10%. The results can be used in the future in the development of laboratory and practical courses which is related to image processing, including "Electronic Systems", "Computer Graphics" for students of branches 15 - "Automation and Instrumentation" and 17 - "Electronics and Telecommunications".

Keywords: filter, noise suppression, criterion, pixel.

Вступ

Обробка зображень має надзвичайно важливе значення в сучасній науці, тому постійно розвивається та вдосконалюється. Вона широко застосовується в промисловості, мистецтві, медицині, космосі, при керуванні процесами, автоматизації виявлення об'єктів, розпізнаванні образів і в багатьох інших галузях. Канали передачі сигналів вимагають забезпечення передачі все більших потоків інформації. Формування, поліпшення якості та автоматизація її обробки є предметом сучасних досліджень та розробок. Сьогодні важко уявити область діяльності, у якій можна обійтися без обробки зображень, адже вона дозволяє вирішувати широке коло завдань, таких як поліпшення якості, розпізнавання, стиснення, вимірювання параметрів зображення, спектральний аналіз багатомірних сигналів, тощо. Таким чином, наявність цієї тематики в навчальному процесі відповідає сучасним тенденціям. Обробка зображень розглядається під час вивчення різних дисциплін, зокрема «Електронні системи», «Комп'ютерна графіка» для студентів галузей знань 15 – «Автоматизація та приладобудування» та 17 – «Електроніка та телекомунікації».

Обробка зображень здійснюється за допомогою пакетів, які широко використовуються в навчальному процесі, а саме Matlab та Mathcad. На сьогодні Matlab, а саме пакет Image Processing Toolbox, є найбільш потужним інструментом для моделювання і дослідження методів обробки зображень. Але ці методи в навчальному процесі зазвичай розглядаються поверхнево або лише з метою ознайомлення. Більш складні задачі по обробці зображень вирішуються під час виконання кваліфікаційних робіт. Крім того, ціна базової комерційної версії Matlab без інструментів складає близько 2000 дол. США і 100 дол. США для навчальних закладів з мінімальним набором інструментів. Це все в цілому ускладнює широке використання Matlab в навчальному процесі. В той самий час, Mathcad, а саме пакет Image Processing Extension Pack, включає велику кількість вбудованих функцій, які реалізують найбільш розповсюджені методи обробки зображень. Крім того, версія Portable є безкоштовною. Таким чином, достатній рівень функціональних