

МІНІМІЗАЦІЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ВОЛОКОННО-ОПТИЧНУ СИСТЕМУ ОХОРОНИ ПЕРИМЕТРА НА БРЕГІВСЬКИХ РЕШІТКАХ

А. М. Лузан^{1, а}, С. А. Зінченко¹

¹ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Фізико-технічний інститут

Анотація

В роботі проведено аналіз характеристик волоконно-оптичних систем охорони периметра на брегівських решітках. Запропоновано методику зменшення впливу температури на дані системи.

Ключові слова: охорона периметра, системи виявлення, чутливий елемент

Вступ

Зростаючий попит на передові периметрові системи виявлення в аеропортах, портах, потужних підстанціях, водоочисних спорудах, військових базах та інших державних установах створює передумови для розвитку волоконно-оптичних систем охорони периметра. До переваг даних систем можна віднести їх несприйнятливості до впливу електромагнітних і радіочастотних перешкод, а також грозових розрядів, що зменшує ймовірність помилкової тривоги. Сенсорні кабелі не випромінюють електромагнітної енергії і їх важко виявити за допомогою пошукової техніки. Привабливою особливістю систем є відсутність на периметрі активного електронного обладнання. Це дозволяє знизити витрати на монтаж і обслуговування охоронної системи, а також використовувати ці датчики на вибухонебезпечних об'єктах або під водою [3]. Перспективним є використання даних систем в якості підземних, що дозволяє вести приховане спостереження за всіма об'єктами, що перетинають зону охорони, а також створювати багаторівневі системи захисту.

Метою даної роботи є пошук шляхів зменшення впливу температури на волоконно-оптичні системи охорони периметра.

1. Дослідження волоконно-оптичної системи охорони на брегівських решітках

Волоконно-оптичний засіб виявлення складається з випромінювача, оптоволокна і приймача. Чутливим елементом таких систем є волоконно-оптичний кабель, в який вмонтовуються брегівські решітки. Випромінювач направляє в оптоволокно промінь світла. Кожен елемент волоконного кабелю частково відбиває випромінювання в бік контролера (рис. 1). Якщо кабель піддається деформаціям або вібраціям, то характеристики відбитого світла змінюються і система реєструє тривожний сигнал [5].

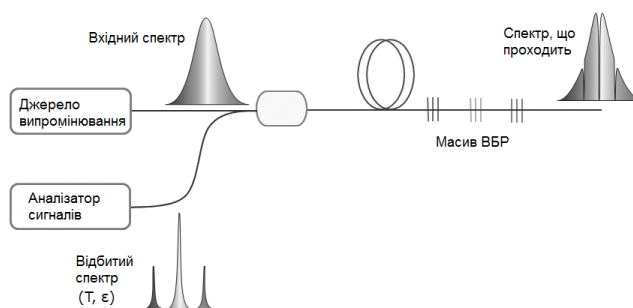


Рис. 1. Спектр випромінювання та відбиття брегівських решіток

Як випромінювач зазвичай використовується одночастотний одномодовий напівпровідниковий лазер, що працює в імпульсному режимі. Приймачем, що сприймає випромінювання, яке пройшло через оптоволокно, є фотодіод або фоторезистор, що працює у відповідному діапазоні довжин хвиль.

Волоконно-оптична система охорони на брегівських решітках дозволяє фіксувати місце вторгнення з високою точністю (залежить тільки від кількості вмонтованих решіток), має більш прості алгоритми обробки сигналу у порівнянні з системами, побудованими на основі інтерференційного методу з локалізацією місця вторгнення.

Довжина хвилі відбиття волоконної брегівської решітки залежить від температури і деформації:

$$\lambda_{Bragg} = 2 \cdot n_{eff}(T) \cdot \Lambda(T, \varepsilon),$$

де n_{eff} – ефективний показник заломлення основної моди, ε – прикладена механічна напруга, Λ – період брегівськими решітки.

Очевидно, що для надійної роботи волоконно-оптичної системи виявлення вплив температурної складової необхідно мінімізувати.

Спектральна ширина резонансу однорідної брегівської решітки, виміряна між першими нулями коефіцієнтів відбиття в її спектрі, виражається таким

^аandrey.luzan@mail.ru

співвідношенням [2]:

$$\Delta\lambda_0 = 2 \cdot \lambda_0 \frac{\Lambda}{L} \sqrt{1 + \left(\frac{K_{BGL}}{\pi}\right)^2}$$

Як видно з формули, для решіток з невеликим коефіцієнтом відбиття ($K_{BGL} \ll \pi$) відносна спектральна ширина $\Delta\lambda/\lambda$ залежить тільки від кількості штрихів в решітці $N = L/\Lambda$. Для розрахунку характеристик системи було обрано $\lambda = 1.55$ мкм, оскільки на даній довжині хвилі оптичні волокна мають найменші втрати (менше 0.2 дБ/км). Ефективний показник заломлення основної моди брався рівним $n_{eff} = 1.48$.

Функція спектра відбиття решітки Брега виражається за формулою [1]:

$$R = th^2(\Omega l) = th^2\left(2.7\Delta n \frac{l}{\lambda_0}\right),$$

де Ω – коефіцієнт зв'язку для синусоїдальної функції модуляції показника заломлення.

Деформаційна чутливість оптоволокна розраховується за формулою [1]:

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B 0(1 - p_e)\varepsilon(z),$$

де p_e – ефективна пружнооптична складова.

Температурна чутливість оптоволокна розраховується за формулою [1]:

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B(\alpha + \xi)\Delta T,$$

де α – коефіцієнт термічного розширення, ξ – термооптичний коефіцієнт.

Для досліджуваної системи деформаційна чутливість складає $\Delta\lambda = 1.2$ пм при $\frac{\Delta l}{l} = 10^{-6}$, а температурна – $\Delta\lambda_t = 13.7$ пм при $\Delta t = 1^\circ\text{C}$.

2. Зменшення впливу температури на систему охорони периметра на берегівських решітках

Будь-яка система охорони має стабільно працювати за різних кліматичних умов. Температурні перепади можуть викликати зміщення берегівської довжини хвилі, яке відбувається через температурне розширення кварцу, що викликає зміну періоду решітки, а також зміну показника заломлення волокна. Це може призвести до хибних тривог та зменшити завадозахищеність системи. Тому при проектуванні системи варто вживати заходів щодо зменшення температурного впливу на засіб виявлення.

Для вирішення даної проблеми пропонується використовувати останню ґратку у якості калібрувальної при $\frac{\Delta l}{l} = 10^{-4}$ (рис. 2). Дане значення відносно-

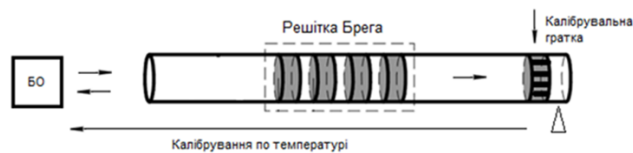


Рис. 2. Система охорони периметра на берегівських решітках з калібрувальною ґраткою

го видовження $\frac{\Delta l}{l}$ обрано з міркувань забезпечення достатньої чутливості системи та високої завадозахищеності.

Розрахована смуга пропускання складає $= 3$ ГГц, а максимальний зсув вторгнення – 30 ГГц. Стандартний зсув вторгнення калібрувальної ґратки має бути рівним $\Delta f_l = 30$ ГГц. Кожні 30 хвилин лазер подає зондуєчий сигнал і довжина хвилі випромінювання лазера в автоматичному режимі налаштовується таким чином, щоб відгук від калібрувальної ґратки був максимальним.

Висновки

У роботі запропоновано методику зменшення впливу температури на волоконно-оптичну систему охорони периметра на берегівських решітках. Для вирішення даної проблеми використано останню ґратку у якості калібрувальної. Це дозволить зменшити рівень хибних тривог та підвищити надійність системи.

У ході дослідження розраховано параметри системи охорони на берегівських решітках: деформаційна чутливість склала $\Delta\lambda_d = 1.2$ пм при $\frac{\Delta l}{l} = 10^{-6}$, а температурна – $\Delta\lambda_t = 13.7$ пм при $\Delta t = 1^\circ\text{C}$.

Перелік використаних джерел

1. Варжель С. В. Волоконные брегговские решетки: Учебное пособие. — СПб. : Университет ИТМО, 2015.
2. Васильев С. А., Медведков О. И., Королев И. Г. Волоконные решетки показателя преломления и их применения: — Квант. электроника, 2005.
3. Введенский Б. С. Современные системы охраны периметра: — Специальная техника, 1999.
4. Juarez J. C., Maier E. W., Choi K. N. Distributed fiber-optic intrusion sensor system: — Lightwave Technol, 2005.
5. Polyakov A. V., Ksenofontov M. A. Frequency fiber-optical alarm system: International Conference on Laser. — Applications and Technologies (LAT-2007). : Minsk, 2007.
6. Кульчин Ю. Н., Деносов И. В., Кириченко И. В. Оптоэлектронная распределенная сигнальная система: — Измерительная техника, 2005.