

СЕКЦІЯ 2
ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ.
ФОТОНІКА

УДК 681.758

**АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПТИЧНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ДЛЯ ЗАВДАНЬ КОНТРОЛЮ
НА БАЗІ ВИМІРЮВАННЯ ОПТИЧНИХ СПЕКТРІВ**

Денисюк В. Ю.

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

E-mail: v.denysiuk@lntu.edu.ua

Застосування методів оптичного неруйнівного контролю надзвичайно поширене у різних галузях науки, техніки та промисловості. Серед різних видів оптичного контролю слід виділити спектральний метод, який базується на принципах оптичної спектроскопії і пов'язаний з вивченням спектральних характеристик емісійного, відображеного або пройшовшого через об'єкт контролю оптичного випромінювання і дослідженням за отриманим спектром інформації про його стан. Методи оптичної спектроскопії та прилади, що реалізують ці методи, є найпоширенішими для досліджень різних фізичних, технологічних, хімічних та інших процесів, а також будови матерії тощо. Ці методи також знаходять широке застосування в системах контролю та моніторингу, оскільки є найбільш інформативними та зручними [1, 2].

Оптичний спектральний метод контролю, який базується на методах оптичної спектроскопії, є єдиним можливим при вивченні дуже віддалених або важкодоступних об'єктів. Відмінна якість цього методу полягає в тому, що дослідження та контроль об'єкта за його спектром не порушує фізичних умов, що існують у цьому об'єкті. При цьому вимірювальним засобом є оптичний спектральний прилад, який досліджує електромагнітне випромінювання як сигнал, що несе спектроскопічну інформацію про даний об'єкт [3, 4, 5].

Використання методів спектроскопії можливе практично у всьому діапазоні електромагнітних хвиль. Однак методи оптичної спектроскопії (починаючи від ультрафіолетового (УФ) і закінчуючи інфрачервоним (ІЧ) діапазоном) виділяються окремо в силу особливостей цього діапазону частот, а також є найпоширенішим засобом для дослідження та контролю у різних завданнях науки і техніки. Процедура виконання неруйнівного контролю головним чином полягає у виконанні вимірювання тієї чи іншої фізичної величини та операції її зіставлення з еталонним/граничним значенням, що визначається критерієм контролю. Для оптичного спектрального контролю таким критерієм є наявність або відсутність спектральних ліній, смуг поглинання або випромінювання на

заданих частотах (довжинах хвиль). При цьому фізичною величиною, яка піддається зіставленню, є значення фотоструму при зчитуванні спектрометричної інформації у відповідному каналі (пікселі) детектора. І якщо процедура зіставлення та видачі інформації про стан контрольованого об'єкта є досить простим і цілком вирішеним завданням з урахуванням сучасних можливостей та досягнень в області обробки сигналів та цифрової техніки, то завдання вимірювання оптичного спектра є трудомістким завданням з масою невирішених на даний момент проблем [6, 7].

Існує два способи проведення спектроскопічних вимірювань: контактний та безконтактний. Залежно від способу проведення вимірювань виникає ряд проблем та завдань, які необхідно вирішити для отримання якісних та достовірних результатів про стан контрольованого об'єкта, що показано рисунку 1.



Рис. 1. Проблеми та завдання контактного та безконтактного методів оптичної спектроскопії

Контактний метод оптичної спектроскопії являє собою безпосередній контакт спектрального приладу з аналізованим випромінюванням (рис. 2).

У разі проведення спектроскопічних вимірювань в екстремальних умовах (підвищеної температури, вологості, агресивного хімічного середовища, підвищених рівнях вібрацій та механічних впливів тощо) спектральний прилад піддається впливу вищезгаданих негативних факторів. Це неминуче призводить до тих чи інших втрат інформації про стан контрольованого об'єкта, головним чином, внаслідок погіршення роздільної здатності приладу, динамічного діапазону

та інших метрологічних характеристик.

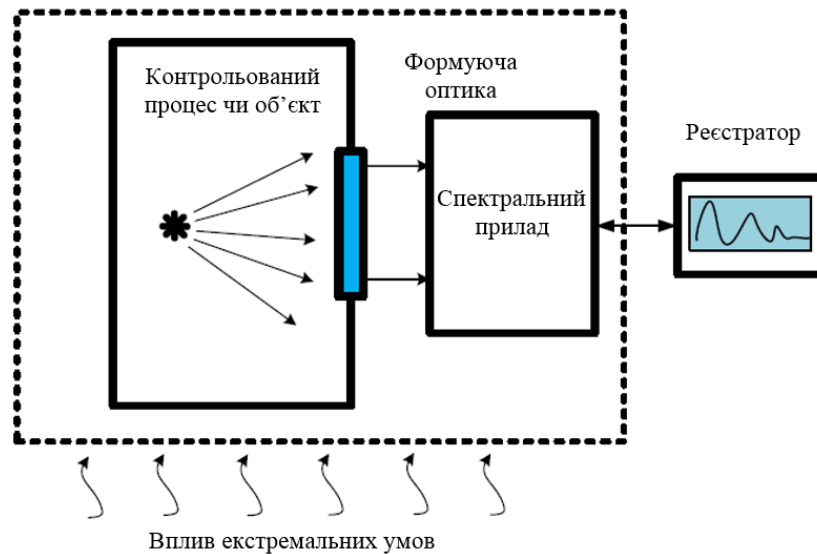


Рис. 2. Контактний спосіб спектроскопічних вимірювань для завдань контролю

Безконтактний спосіб означає, що вимірювання або контроль виконуються за відсутності контакту роздільної здатності системи спектрального приладу з полем випромінювання контрольованого об'єкта (рис. 3). У цьому випадку аналізований оптичний сигнал попадає не на вхід приладу, а спочатку передається на безпечну для нього відстань від джерела випромінювання, наприклад, за допомогою волоконно-оптичної системи передачі (ВОСП) [4].

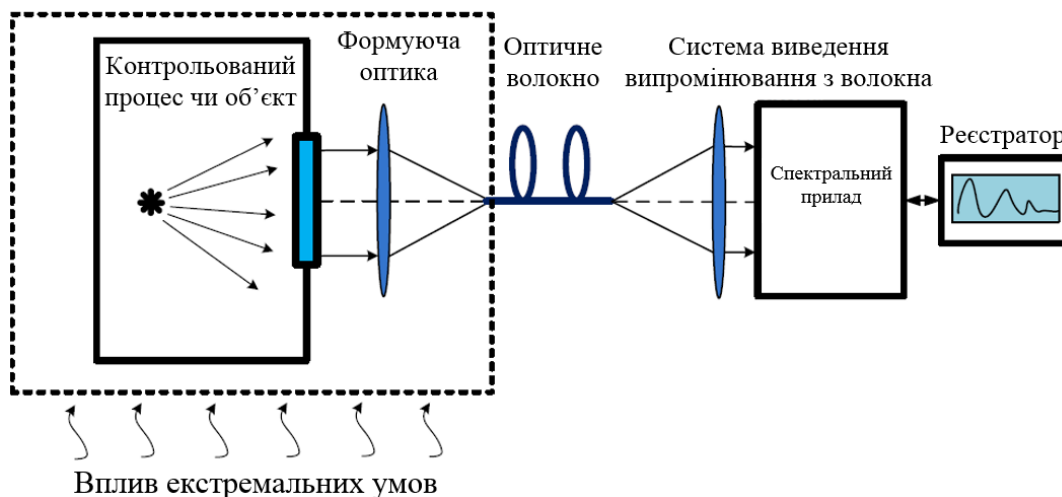


Рис. 3. Безконтактний спосіб спектроскопічних вимірювань для завдань контролю

Одним з найважливіших завдань при безконтактному способі вимірювання спектра є передача оптичних сигналів, що аналізуються по ВОСП. Це має кілька аспектів:

1. Під час використання одномодового волокна виникає проблема ефективного введення випромінювання у волокно. Крім того, передача сигналу по одномодовому волокну призводить до того, що падаючий на вхід спектрального приладу фронт хвилі стає неоднорідним і не плоским, що призводить до погіршення роздільної здатності приладу.

2. У разі використання багатомодового волокна на його вихідному торці виникає спекл-картина – необхідний однорідний плоский фронт хвилі повністю руйнується і являє собою плямисту структуру, тому потрібна серйозна корекція спекл-картини для забезпечення коректного вимірювання спектра [3].

Крім зазначеного вище, оптичне волокно має нерівномірну характеристику згасання діапазону аналізованих частот (довжин хвиль). При передачі на невеликі відстані (кілька метрів) цей фактор практично не впливає на результат вимірювань, проте у випадку, коли аналізоване випромінювання передається на значні відстані (кілька десятків кілометрів) у досить широкому діапазоні аналізованих частот (довжин хвиль), цей фактор необхідно враховувати шляхом запровадження програмної частотної корекції результатів вимірювання спектра.

Емісійний спектральний метод контролю передбачає ведення реєстрації спектра, випромінюваного об'єктом електромагнітного випромінювання. При цьому збудження об'єкта з метою одержання характеристичного оптичного випромінювання, що підлягає наступному спектральному аналізу, може здійснюватися різними способами (в результаті нагрівання, пропускання електричного струму, шляхом впливу лазерним або іншим випромінюванням тощо), або процес випромінювання проходить самостійно (наприклад, при контролі процесів горіння, виплавки металів, вивчення спектрів випромінювання зірок тощо). У випадку абсорбційного спектрального методу вимірюється спектр поглинання аналізованого об'єкта. Досліджуваний зразок розміщується у кюветі, яка освітлюється світлом від ширококутового джерела оптичного випромінювання, спектр якого наперед відомий. Пройдене через кювету зі зразком світло подається на вхід спектрального приладу. В результаті зіставлення спектра джерела та вимірюваного спектра, що пройшов через досліджуваний зразок, на екрані реєстратора формується спектр поглинання та формується висновок про стан об'єкта, що контролюється.

Оптичний спектральний метод контролю найчастіше є кращим порівняно з іншими методами неруйнівного контролю, оскільки дозволяє проводити вимірювання та контроль, не порушуючи фізичних умов, що існують на об'єкті контролю. Крім того, оптичний спектральний метод контролю є найбільш інформативним і може бути використаний для вивчення фізичних та оптимізацій технологічних процесів.

Ключові слова: оптична спектроскопія, контроль, спектральний метод, аналізатор спектру, вимірювання.

Література

- [1] О. В. Афанасьєва, Ю. С. Курський, Є. М. Одаренко, *Оптичні вимірювання: навч. посіб.* Харків: ХНУРЕ, 2021. Ч.1.
- [2] І. В. Солтис *Техніка спектроскопії: навч. посіб.* Чернівці: ЧНУ, 2022.
- [3] Д. О. Мельничук, С. Д. Мельничук, В. М. Войціцький, *Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навч. посіб.* Київ: Компринт, 2016.
- [4] В. Ю. Денисюк, Р. А. Гарбарчук, «Аналіз оптичних спектральних приладів для задач контролю на базі вимірювання оптичних спектрів». *Актуальні проблеми автоматизації та управління: матер. XI-ої Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Луцьк, 30 лист. 2023 р.).* Вип. 11. Луцьк, с. 269-275, 2023.
- [5] В. Ю. Денисюк, «Аналіз області застосування оптичного спектрального методу контролю у металургії». *«Прогресивні напрямки розвитку автоматизованих технологічних комплексів»:* зб. наук. праць VIII Міжнар. наук. техн. конф. ТК-2024 (м. Луцьк, 28-30 трав. 2024 р.). Луцьк: ЛНТУ, с. 57- 58, 2024.
- [6] Я. І. Лепіх, В. І. Сантоній, Л. М. Будіянська, *Оптико-електронні системи ближньої локації: монографія.* Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І.І. Мечникова, 2019.
- [7] В. Ю. Денисюк, В. В. Пташенчук, «Аналіз методів метрологічного забезпечення високоточного контролю похибок механічних пристроїв переміщень об'єктів». *«Перспективні технології та прилади»:* зб. статей. Вип. 21. с. 20-25, 2022.

УДК 621.38:004.93

ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ BIG DATA В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ З УРАХУВАННЯМ СТАТИСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИХІДНИХ СИГНАЛІВ

Патров Д.О., Стрілкова Т.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

E-mail: denys.patrov@nure.ua, tetiana.strilkova@nure.ua

Методи математичної статистики є незамінними для прийняття обґрунтованих рішень у науці та практиці. Точкове оцінювання забезпечує швидкі результати, інтегральне оцінювання враховує невизначеність даних, а перевірка статистичних гіпотез дозволяє перевірити істинність тверджень. Розвиток сучасних технологій, таких як машинне навчання, лише підсилює значення статистичних методів у дослідженнях. Методи математичної статистики дають змогу ефективно аналізувати дані та приймати обґрунтовані рішення. Вони є невід'ємною частиною сучасної науки й техніки, сприяючи розвитку точних прогнозів і технологічних інновацій

Застосування методів математичної статистики при обробці великих даних, сприяє вдосконаленню класичних статистичних методів і розвитку нових підходів, таких як машинне навчання, стохастичні методи й адаптивна фільтрація.