

Ключові слова: надслабке випромінювання, хемілюмінесценція, дифузія фотонів, аномальна дифузія, обробка сигналів, оптико-електронна система.

Література

- [1] С. В. Павлов, С. Є. Тужанський, Т. І. Козловська, та А. В. Козак, «Імітаційна модель розповсюдження оптичного випромінювання в біотканинах», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 3, с. 191-194, 2011.
- [2] V. Tuchin, D. Zhu, and E. Genina. *Handbook of Tissue Optical Clearing: New Prospects in Optical Imaging*. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2022. DOI: 10.1201/9781003025252
- [3] Т. О. Стрілкова, О. С. Калмиков та О. П. Литюга, “Статистична модель сигналів в оптико-електронних системах при реєстрації надслабкого випромінювання”, на *XVII Міжнар. наук.-техн. конф. ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи*, Київ, 2019, с. 34-35.
- [4] Т. О. Стрілкова, О. С. Калмиков, та О. П. Литюга, «Реєстрація надслабкого випромінювання в оптико-електронних системах», на *XXI Між нар. наук.-техн. конф. ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи*, Київ, 2022, с. 28.

УДК 681.758

АНАЛІЗ ОПТИЧНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ОБ’ЄКТІВ

Денисюк В. Ю., Гарбарчук Р. А., Холонівець А. В.
Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна
E-mail: v.denysiuk@lntu.edu.ua

Сучасне машинобудування, приладобудування, робототехніка, оптичне виробництво, гідротехнічне будівництво та інші галузі промисловості тісно пов’язані з необхідністю точного вимірювання переміщення об’єктів і вимірюванням лінійних розмірів до них. Різноманіття областей використання вимірювачів лінійних переміщень і відстаней, постійне зростання вимог до точності датчиків, діапазону вимірюваних величин, а також спрямованість на вирішення конкретних практичних задач дозволяють говорити про те, що розробка і дослідження нових вимірювачів лінійних переміщень і вимірювачів відстаней, а також удосконалення існуючих датчиків є важливим і актуальним завданням.

З відомих високоточних методів вимірювання лінійних переміщень можна виділити інтерференційний і триангуляційний, а також метод з використанням оптичних растрів.

Лазерні інтерферометри мають великий діапазон вимірювання і високу точність, проте вони також мають високу вартість і складні в експлуатації. Триангуляційні датчики прості в реалізації і мають різні діапазони вимірюваних відстаней, що залежать від бази датчика, але меншу точність, ніж у інтерферометрів. Широко поширені датчики на оптичних растрах, основна похибка яких залежить від дискретності фотоприймача, що в них

використовується.

Можна окремо виділити деякі особливості існуючих вимірювальних приладів:

- існуючі вимірювачі лінійних переміщень є однокоординатними;
- більшість вимірювачів призначені для вимірювання поздовжніх переміщень;
- значна частина вимірювачів є контактними.

Таким чином, для вирішення задач, пов'язаних з вимірюванням поперечних переміщень об'єктів, необхідне ускладнення конструкції пов'язане з непрофільним використанням вимірювача. При необхідності здійснення вимірювань переміщень за двома і більше координатами, відбувається ще більше ускладнення конструкції через вимоги до взаємного розташування декількох вимірювачів [1].

Пропоновані методи вимірювання дозволяють проводити контактні і безконтактні вимірювання переміщення за двома координатами в напрямку нормального до напрямку поширення світлової хвилі. Дана особливість пропонованих методів уможливорює створення вимірювальних пристроїв, що дозволяють здійснювати:

- вимірювання і контроль неспіввісності отворів несучих елементів конструкцій приладів і пристроїв (монтування телескопів, блоки двигунів внутрішнього згоряння, кільця карданні);
- безпосереднє вимірювання величини переміщення об'єкта;
- вимірювання величини биття деталей і вузлів;
- центрування елементів механізмів і приладів (оправ об'єктивів, деталей корпусних конструкцій) тощо.

Перетворювачі лінійних переміщень призначені для інформаційного зв'язку за положенням між об'єктом, що позиціонується і пристроєм числового програмного керування або пристроєм цифрової індикації. Особливість цих перетворювачів полягає у використанні в якості міри довжини лінійної шкали, що є носієм вимірювального та індикаторного растрів. Датчики лінійних переміщень дозволяють визначити положення на лінійній осі без використання додаткових механічних передавальних елементів. Відкриті датчики лінійних переміщень застосовуються на верстатах і обладнанні, для роботи яких потрібна висока точність вимірювального значення. До найбільш поширених областей застосування відносяться: технологічне і вимірювальне обладнання напівпровідникової промисловості, установки автоматичного монтажу, ультрапрецизійні верстати і установки, наприклад, верстат для алмазного точіння елементів оптичних конструкцій, лоботокарні верстати для обробки магнітних дискових накопичувачів, шліфувальні верстати для обробки феритових матеріалів тощо, високоточні верстати, вимірювальні машини і компаратори, вимірювальні мікроскопи та інші прецизійні вимірювальні прилади, прямі приводи [2].

Робота оптико-електронних перетворювачів лінійних переміщень заснована на

реєстрації відносної величини потоку, що пройшов через вимірювальний та індикаторний растри оптичного випромінювання як координатно-періодичної функції взаємного просторового положення вимірювального та індикаторного растрів [3].

Перетворювачі послідовного підрахунку за методом визначення поточної координати контрольованого об'єкта можна розділити на три підгрупи: інкрементні перетворювачі, квазіабсолютні і абсолютні.

Інкрементний (накопичуючий) перетворювач реагує не на просторове положення, а на просторове переміщення, яке за допомогою спеціальної схеми поділяється на ряд елементарних збільшень. Накопичуючи ці збільшення шляхом підрахунку, перетворювач формує цифровий код, пропорційний вимірюваному просторовому положенню.

У випадку квазіабсолютних перетворювачів поточна координата починає визначатися шляхом підрахунку послідовних збільшень (як у накопичувальних) лише після проходження референтної мітки. В цьому випадку процес перетворення настає не відразу після включення обладнання.

В абсолютних перетворювачах не потрібне проходження референтних міток, і поточна координата визначається відразу при включенні. Таким чином, в абсолютних перетворювачах кожному значенню вхідного переміщення відповідає значення числового еквівалента, який формується на виході, як правило, у вигляді цифрового коду.

Існують різні типи сполучення растрів: муарове, ноніусне, обтюраційне. Ширина муарової смуги, при α близькому до нуля, набагато більше розмірів використовуваних на практиці фотоприймачів. Дана обставина створює істотні переваги у використанні растрового сполучення з обтюраційними ланками. Пропускання обтюраційного сполучення таке ж, як і у муарового сполучення і виконує функцію фільтру вищих частот.

Найбільший вплив на основну похибку здійснюють дві складові: температурна похибка та похибка дискретизації. Решта складових похибки несуттєві. Температурний фактор можна враховувати при вимірюваннях і, отже, виключити з розрахунків. Інші фактори згідно з критерієм незначних похибок можна виключити. Таким чином, залишається невиключеною похибка дискретизації приладу, яка становить основну помилку вимірювання. Основні характеристики деяких існуючих аналогів представлені у таблиці 1.

З таблиці 1 видно, що сучасні оптико-електронні перетворювачі лінійних переміщень на оптичних растрах дозволяють досягати досить високої точності при лінійних вимірюваннях переміщень об'єктів.

Однак, для досягнення малих значень величин похибок необхідно, щоб матеріал, на якому виготовляється шкала, і підкладка були з досить низьким значенням температурного коефіцієнта лінійного розширення і необхідна лінійна

компенсація похибки по довжині у вимірювальній електроніці.

Таблиця 1. Порівняльні характеристики деяких растрових лінійних вимірювачів

Найменування серії	Тип	Діапазон вимірювання, мм	Похибка вимірювання, мкм	Дискретність, мкм
Heidenhain				
LIC 4015	Абсолютний	140 – 27040	±5	0,001
LIP 372	Інкrementний	70 – 270	±0,5	0,001
LIF 471		70 – 1020	±3	0,01
LIDA 473		140 – 3040	±5	0,01

Ключові слова: вимірювання, похибка, точність, перетворювач, растр.

Література

- [1] О. В. Афанасьєва, Ю. С. Курський, Є. М. Одаренко, *Оптичні вимірювання: навч. посіб.* Харків, Україна: ХНУРЕ, 2021. Ч.1.
- [2] Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк, Т. Р. Ключко, *Оптичні вимірювання у механічній обробці деталей: монографія.* Київ, Україна: НТУУ «КПІ», 2009.
- [3] 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 623.4:681.7.069.24

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ СИЛОВОГО УРАЖЕННЯ ЦІЛЕЙ ЛАЗЕРНОЮ ЗБРОЄЮ

*Федоров П. М., Богучарський В. В., Гамалій Н. В.
Центральний НДІ ОВТ ЗС України, Київ, Україна
E-mail: pamyf@i.ua, bogww@ukr.net, 1974gamalii@ukr.net*

В сучасних умовах рівень розвитку лазерної техніки в будь-якій державі вважається одним з основних показників її економічного розвитку і промислової могутності. Крім цивільного використання, лазери знаходять широке застосування у військовій техніці: оптико-електронних системах зв'язку, локації, лазерних далекомірах, лазерних гіроскопах тощо. Загальною тенденцією останнього десятиліття є також використання лазерів як нетрадиційної зброї, призначеної для ураження противника. Розробка бойових лазерних систем для силового ураження наземних і повітряних цілей є одним з пріоритетних напрямів розвитку зброї на нетрадиційних принципах дії.

Можливі такі наслідки ураження залежно від потужності лазерної зброї: засліплення (тимчасове), термічні опіки особового складу;