

**РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ВИМІРЮВАННЯ КУТА ЗСУВУ
ФАЗИ СИГНАЛУ ВІДБИТТЯ В ОПТИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Розроблено та представлено побудову пристрою вимірювання кута зсуву фази для оптичного середовища із застосуванням методу багатократної коінцидентності. Показано, що застосування методу коінцидентності дозволяє підвищити точність вимірювання та зменшити витрати часу, що пов'язані з часом встановлення робочого режиму опорних генераторів.

Ключові слова: оптичне випромінювання.

K.L. HORYASCHENKO, I.V. GULA
Khmelnytsky National University

**DEVELOPMENT OF PHASE SHIFT ANGLE MEASUREMENT SYSTEM
FOR SIGNAL REFLECTION AT OPTICAL MEDIA**

Abstract – Developed and presented the construction unit of measurement of the angle phase shift optical medium using the method of repeated coincidences. It is shown that application of the method coincidence can increase measurement accuracy and reduce the time spent connected over time Operation mode reference oscillator.

Key words: optical radiation.

В попередніх роботах [3, 4, 5] було показано, що при зондуванні електричної провідникової лінії виникають сигнали відбиття, властивості яких є детермінованими, що дозволяють виконати дослідження стану провідникової системи. Розповсюдження оптичного випромінювання в оптоволокні також можна розглядати як розповсюдження електромагнітної хвилі в середовищі, а отже використати принципи, що використовуються для провідникової лінії.

Постановка дослідження

Вимірювання кута зсуву фази використовується для розв'язання великої кількості задач з моніторингу та контролю об'єктів. Так, вимірювання кута зсуву фази може бути застосовано для визначення відстані до об'єкта або до певної внутрішньої структури в ньому. Для вимірювання в оптичному діапазоні часто застосовують частотно-фазовий та фазовий методи вимірювання відстаней.

Задача визначення відстаней до об'єктів фактично представляє собою задачу розв'язання рівняння виду:

$$\varphi_L = \frac{2\pi \times 2L}{\lambda}, \quad (1)$$

де L – відстань до об'єкта; λ – довжина хвилі.

В фазометричних оптичних системах зазвичай застосовують модульоване оптичне випромінювання, а тому у виразі (1) λ – довжина хвилі низькочастотного модулюючого сигналу. Отже, задача, що обумовлена виразом (1) є задача вимірювання фазового зсуву між зондуючим сигналом та сигналом відбиття. Типова оптична система, що застосовується для вимірювання у оптичних фазометричних системах представлена на рис. 1.

Принцип роботи системи полягає у наступному. Система керування (СК) встановлює потрібну частоту низькочастотного опорного генератора згідно умови $\lambda > 2L$, для забезпечення однозначності кута зсуву фази $\varphi_L < 2\pi$. Далі, напівпровідниковий лазерний випромінювач, що працює у режимі постійного випромінювання генерує модульований оптичний сигнал. Оптичний сигнал проходить через розділювач випромінювання (РВ) який направляє частину потужності випромінювання на фотоприймач 1 (ФП1), а іншу частину потужності на напівпрозоре дзеркало (НПД). З напівпрозорого дзеркала оптичне випромінювання потрапляє на об'єкт дослідження (ОД) та відбиваючись назад до напівпрозорого дзеркала, випромінювання направляється на фотоприймач 2 (ФП2). Таким чином, формується два вимірювальних сигнали на виході ФП1 та ФП2. Сигнали демодулюються та направляються на фазовимірювач (ФВ). Результат вимірювання через систему керування (СК) подається на інтерфейс оператора.

В представленій на рис. 1 схемі точність вимірювання кута зсуву фази фазовимірювачем ФВ

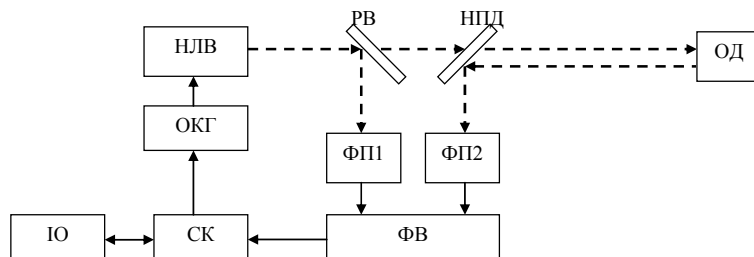


Рис. 1. Оптична система вимірювання кута зсуву фази сигналу відбиття в оптичному середовищі: НЛВ – напівпровідниковий лазерний випромінювач; ОКГ – опорний кодокерований генератор; ОД – об'єкт дослідження; ФП1, ФП2 – фотоприймачі 1, 2; ФВ – фазовимірювач; СК – система керування; ІО – інтерфейс оператора; РВ – розділювач випромінювання; НПД – напівпрозоре дзеркало

обумовлює точність визначення відстані до об'єкта дослідження або до внутрішньої структури в самому об'єкті дослідження (на прикладі аналізу структури оптичного кабелю). Для підвищення точності визначення відстані L система вимірювання може реалізувати вимірювання кута зсуву фази з різною довжиною хвилі модулюючого випромінювання λ_i аналогічні до багаточастотних фазових вимірювань у провідникових середовищах за умови $\lambda_i < 2\lambda_{i+1}$. Тоді можливе визначення фази за умови $\varphi_L < 2\pi n$, де n – ціле число.

Але таке застосування вимагає використання опорного генератора, що працює в достатньо широкому діапазоні частот. Крім того, підвищення точності вимірювання кута зсуву фази потребуватиме збільшення кількості кроків зміни частоти. Проте, одним з суттєвих недоліків багаточастотного фазового метода є залежність точності кожного наступного кроку визначення відстані від точності визначення відстані на попередньому кроці. А наявність циклів встановлення частоти зондуючого сигналу, що вимагає часу на стабілізацію частоти опорного генератора та виконання вимірювання на кожній частоті призводить до значних часових втрат в процесі вимірювання.

Для представленої на рис. 1 структурної схеми вимірювача основними вузлами вимірювальної установки є оптична пара "випромінювач – фотоприймач".

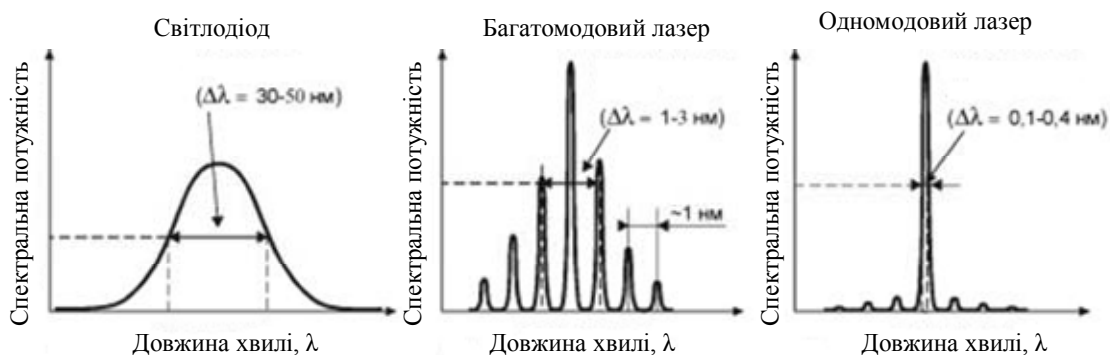


Рис. 2. Спектральна характеристика джерел оптичного випромінювання

У якості випромінювача використовується джерело оптичного випромінювання (рис. 2). Враховуючи те, що на відміну від низькочастотних генераторів електричних сигналів, для оптичних джерел випромінювання характерно достатньо широкий спектр випромінювання. Другою принциповою проблемою є дуже мала довжина хвилі. В оптичному діапазоні довжина хвиль випромінювання всього 400-680 нм. Застосування джерел інфрачервоного діапазону збільшує довжину хвиль до 800-2000 нм. Але пряме вимірювання зсувів фази на таких довжинах хвиль неможливе. Тому застосування оптичних джерел можливе тільки для виконання вимірювань з модульованими сигналами.

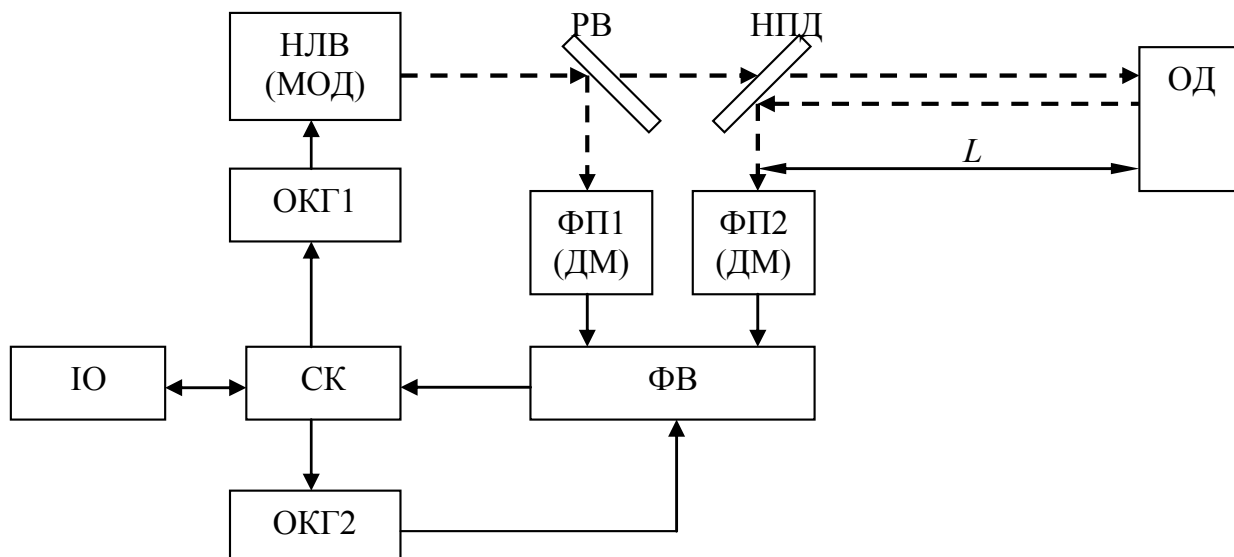


Рис. 3. Вимірювач кута зсуву фази за методом коінцидентії. Тут: ОКГ1, ОКГ2 – опорний кодокерований генератор 1, 2. МОД - модулятор оптичного випромінювання, ДМ - демодулятор

Підвищення точності визначення кута зсуву фази можливе із застосуванням ноніусних методів вимірювання кутів зсуву фази на прикладі методу коінцидентії та його варіанту – методу багатократної коінцидентії [1]. Структурна схема вимірювача кута зсуву фази із застосуванням методу багатократної коінцидентії показана на рисунку 3.

Ключовою особливістю методу багатократної коінцидентії, як показано в роботі [2] є здатність

виконувати вимірювання на одній опорній частоті ($f_{ОКГ1} \neq f_{ОКГ2}$). Другою важливою особливістю є зростання точності вимірювання від кількості співпадінь між сигналами від ФП1, ФП2 та сигналом опорної частоти від генератора ОКГ2, що виникають в процесі вимірювання.

Цикл вимірювання із застосуванням методу багатократної коінциденції складається лише з 2-х кроків. По-перше, за допомогою опорного генератора ОКГ1 встановлюється частота, за якої $\lambda \gg 2L$. В цьому такті визначається наближене значення відстані до об'єкта. Другим кроком встановлюється частота з умовою $\lambda = 2L + \Delta\lambda$, де $\Delta\lambda$ – додатне значення приросту довжини хвилі, при якому $\varphi < 2\pi$ та гарантується усунення мертвої зони спрацювання фазометра ФВ.

Висновки

Представлена структурна схема вимірювача фазових зсувів із застосуванням методу багатократної коінциденції. Визначено, що для вимірювання фазових зсувів потрібно використати джерело оптичного випромінювання із модуляцією оптичного випромінювання, що дозволить виконати вимірювання зсуву фази.

Література

1. Gula Igor. Phase measurer based on coincidences of multiplicity impulses / Igor Gula, Oleksiy Polikarovskyykh, Serhiy Horiashchenko, Kostyantyn Horiashchenko // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №1. – С. 46-50.
2. Gula Igor. Modeling of phase angle shift measurer based on coincidence series of pulses in IDE Altera Baseline / Igor Gula, Kostyantyn Horiashchenko, Oleg Voitiuk // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії": сб. наук. пр. – Львів-Славське, 25 лютого – 1 березня 2014 р. – С. 272-274.
3. Мазур І. Аналіз сумарного фазового сигналу відбиття на різних частотах методами спектрального аналізу / І. Мазур, К. Л. Горященко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2009. - №2. – С. 36-40.
4. Горященко К.Л. Аналіз спектральних складових сумарного сигналу для багатоканального фазового методу аналізу стану лінії зв'язку. Повідомлення 1 / К.Л. Горященко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2007. – № 6, Т. 1. – С. 115-120.
5. Горященко К.Л. Обертання часових складових сумарного сигналу в фазовій дальнометрії / К.Л. Горященко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 1. – С.144-147.

References

1. Igor Gula, Oleksiy Polikarovskyykh, Serhiy Horiashchenko, Kostyantyn Horiashchenko. Phase measurer based on coincidences of multiplicity impulses. Khmelnytskyi. Measuring and Computing Devices in Technological Processes. . – 2014. – #1. – S. 46-50.
2. Igor Gula, Kostyantyn Horiashchenko, Oleg Voitiuk. Modeling of phase angle shift measurer based on coincidence series of pulses in IDE Altera Baseline. Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Suchasni problemy radioelektroniky, telekomunikatsii ta kompiuternoi inzhenerii": sb. nauk. pr. – Lviv-Slavske, 25 liutoho – 1 bereznia 2014 r. – S. 272-274.
3. Mazur I., Horiashchenko K.L. Analiz sumarnoho fazovoho syhnalu vidbytta na riznykh chastotakh metodamy spektralnoho analizu. Khmelnytskyi. Measuring and Computing Devices in Technological Processes. 2009. Issue 2. P. 36-40.
4. Horiashchenko K.L. Analiz spektralnykh skladovykh sumarnoho syhnalu dlia bahatoshkalnoho fazovoho metodu analizu stanu linii zviazku. Povidomlennia 1. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2007. Issue, Part 1. P. 115-120.
5. Horiashchenko K.L. Obertannia chasovykh skladovykh sumarnoho syhnalu v fazovii dalnometrii. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2007. Issue 1. P. 144-147.

Рецензія/Peer review : 14.11.2014 р.

Надрукована/Printed : 30.11.2014 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Троцишин І.В.