

## Конструкція волоконно-оптичного гіроскопу із розширеним діапазоном характеристик вимірювань

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*Запропоновано конструкцію волоконно-оптичного гіроскопу із розширеним діапазоном вимірювань, принцип дії якого заснований на реєстрації просторової інтерферограми у площині лінійного координатного фотосенсора із цифровою фільтрацією вихідних сигналів за алгоритмом швидкого перетворення Фур'є.*

### Ключові слова:

Волоконно-оптичний гіроскоп, інтерферометр Саньяка, поляризація, перетворення Фур'є, кутова швидкість, фазовий зсув.

### Abstract

*The proposed design of fiber-optic gyro with extended range of measurement, the principle of which is based on the detection of spatial interferogram in the coordinate plane linear image sensor with digital filtering of the output signals according to the algorithm of the fast Fourier transform.*

### Keywords:

Fiber-optic gyroscope, the Sagnac interferometer, polarization, Fourier transform, angular velocity, phase shift.

Волоконно-оптичний кільцевий інтерферометр Саньяка (ВКІ), що дозволяє фіксувати зміну фази світлових пучків при інтерференції, займає важливе місце у техніці навігації та орієнтації об'єктів у просторі, а також для створення датчиків швидкості, температури, електричного і магнітного поля та інших величин [1].

Одним з перспективних пристроїв на основі ВКІ є волоконно-оптичний гіроскоп (ВОГ), в який фіксує різницю фаз за рахунок обертання інтерферометра навколо своєї осі. Найбільш затребуваними є ВОГ із широким діапазоном характеристик – від 10,0 град/год до 0,001 град/год.

Робочий діапазон сучасних ВКІ та гіроскопічних пристроїв на їх основі залежить від низки фізичних факторів та конструктивних обмежень (відбиття і розсіяння, поляризаційна невзаємність, локальні зміни параметрів волокна, невзаємні та нелінійні ефекти тощо). Такі ефекти формують додаткові сигнали, близькі за своїми характеристиками або ідентичні основному, однак не пов'язані з ним [1-2]. Для виділення основного сигналу застосовують програмно-апаратну фільтрацію, що обмежує робочий діапазон вимірювань, хоча інформаційна складова оптичного сигналу не змінилася.

Підвищення співвідношення сигнал/шум оптичного сигналу з подальшим розширенням робочого діапазону вимірювання фазової швидкості ВКІ пропонується досягти завдяки використанню техніки координатної реєстрації інтерферограм з використанням ПЗЗ матриці або лінійки фотодіодів. При цьому стає можливо зменшити а в деяких випадках й зовсім виключити впливу певних шумових факторів.

Пропонується конструкція ВОГ на основі реєстрації просторових змін інтенсивності випромінювання в процесі інтерференції зустрічних світлових пучків [3]. У схемі ВОГ (рис. 1) використовується принцип визначення фази Саньяка між зустрічними світловими хвилями на основі реєстрації і обробки інтенсивності сигналів координатної інтерферограми. При цьому просторова інтерференційна картина, яка утворюється на виході світловодів волоконного контуру, реєструється після проходження оптичної системи координатним фотоприймачем (лінійка фотодіодів або ПЗЗ-матриця).

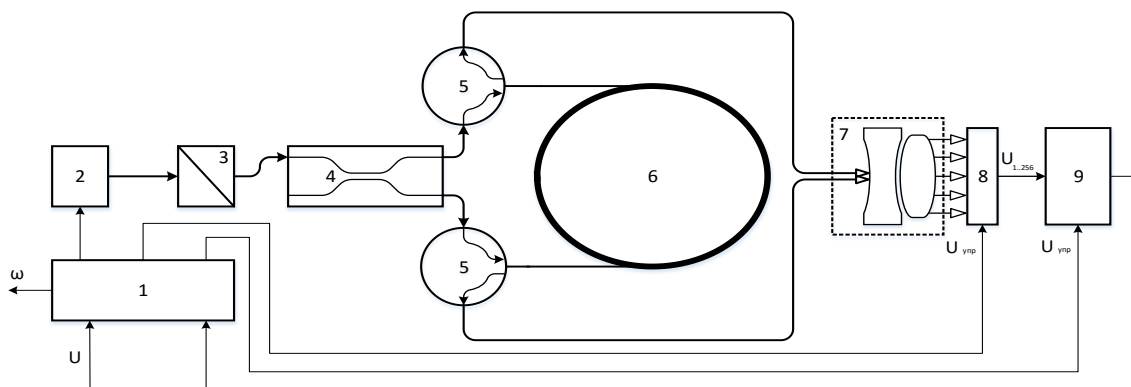


Рисунок 1 – Схема ВОГ із реєстрацією координатної інтерферограми

1 – блок живлення та керування приладу; 2 – лазерний діод; 3 – поляризатор; 4 – оптичний розгалужувач (50/50%); 5 – оптичний циркулятор; 6 – волоконний контур; 7 – коліматор; 8 – лінійний координатний фотоприймач; 9 – блок реєстрації та обробки сигналів

Обробка сигналів здійснюється на основі визначення екстремумів інтенсивності координатної інтерферограми з урахуванням коефіцієнту масштабування [3]. Для знаходження фазового зсуву у ВКІ використовуємо алгоритм швидкого перетворення Фур'є [4]:

$$\phi_i = \frac{\text{Im} \left[ V_i(e^{j\omega_k T}) \right]}{\text{Re} \left[ V_i(e^{j\omega_k T}) \right]} = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} v_i(nT) \sin\left(\frac{2\pi}{N} nk\right)}{\sum_{n=0}^{N-1} v_i(nT) \cos\left(\frac{2\pi}{N} nk\right)}, \quad i = 1 \text{ or } 2, \quad (1)$$

де  $V$  – амплітуда,  $k$  – коефіцієнт,  $\omega$  – кругова частота;  $N$  – число дискретизації.

Таким чином, запропоновано схему ВОГ із підвищеною завадостійкістю із фотоелектричною реєстрацією інтенсивності сигналів у вигляді просторово-координатної інтерферограми, що дозволить розширити діапазон вимірювань фазового зсуву Саньяка за рахунок мінімізації впливу ефектів, формуючих шум у вихідних сигналах, а також та підвищити швидкість обробки даних ВОГ на основі ВКІ.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андропова И.А. Физические проблемы волоконной гироскопии на эффекте Саньяка / И.А. Андропова, Г.Б. Малыкин // УФН – 2002. – Т.172, №82. – С. 849-873.
2. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников. Под ред. Э.Удда: Пер. с англ. – М.: Техносфера, 2008. – 518 с.
3. Stanislav Tuzhanskyi, Andrii Sakhno. Fiber Optic Gyroscope Based on the Registration of the Spatial Interference Pattern. Frontiers in Optics: The 99th OSA Annual Meeting and Exhibit/Laser Science XXXI (FiO) – 17-22 October 2015
4. Milos Sedlacek, Michal Krumpholc. Digital measurement of phase difference - a comparative study of dsp algorithms. - Czech Technical University in Prague, 2005 -15p.

**Тужанський Станіслав Євгенович** кандидат технічних наук, доцент кафедри лазерної та оптикоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**Сахно Андрій Миколайович**, аспірант кафедри лазерної та оптикоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця