

## **ПРЕЦИЗІЙНИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ДАВАЧ ТЕМПЕРАТУРИ**

*Сакір С. О., магістрант; Дем'яненко П. О., к.т.н., доцент  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна*

Використання в сучасній техніці традиційних електричних давачів часто наштовхується на важко розв'язувані проблеми захисту як їх самих, так і трактів каналювання їхніх сигналів від різних електромагнітних (ЕМ) завад. В цьому сенсі привабливими є волоконно-оптичні давачі (ВОД) з принциповою невразливістю їхніх сигналів збоку будь-яких ЕМ завад.

Нажаль, як показала практика, на основі звичайних аналогових ВОД неможливо побудувати прецизійні вимірювачі фізичних величин, зокрема, температурних, які могли б скласти гідну конкуренцію електричним вимірювачам. Причиною тому є метрологічно низька якість оптичного потоку, який в аналогових ВОД є одночасно і носієм, і реципієнтом інформації. Аналіз цієї ситуації і пошук шляхів виходу з неї привів до усвідомлення необхідності відмови від аналогових (безперервних) принципів модуляції параметрів оптичного потоку і переходу до дискретних (імпульсних) принципів модуляції. Реально це означає, що для підвищення точності вимірювань за посередництвом ВОД, необхідно в процесі модуляції оптичного потоку вводити в нього нові, додаткові до оптичних але не оптичні, параметри і саме на них перекладати роль реципієнтів інформації. Завдяки такому підходу, проблема точності вимірювань більше не буде пов'язаною з принципово низькоточними вимірюваннями параметрів малопотужних оптичних потоків — вона переноситься в інші, неоптичні області, де її або просто немає, або вона там є розв'язаною на належному рівні відповідно [1]. При цьому зберігаються всі притаманні волоконній оптиці переваги, оскільки носієм інформації залишається оптичний потік. Були розроблені методи і шляхи практичної реалізації цього принципу, які стали основою для створення нового класу прецизійних ВОД з імпульсною модуляцією інтенсивності потоку оптичного випромінювання (ІВОД) відповідно [2, 3].

В цих роботах проводились розрахунки очікуваних параметрів прецизійних вимірювачів на прикладі акселерометра або гравіметра, робота яких ґрунтується на використанні ІВОД. Для спрощення розрахунків робилися припущення, що параметри всіх ланок вимірювального ланцюга ІВОД є абсолютно стабільними протягом всього часу проведення вимірювань. Проведені розрахунки підтвердили вірність основних принципів, покладених в основу розробки, і показали принципову можливість побудови прецизійних вимірювачів з унікально високими метрологічними параметрами.

Результатом проведеної роботи на основі ІВОД прискорення стала ро

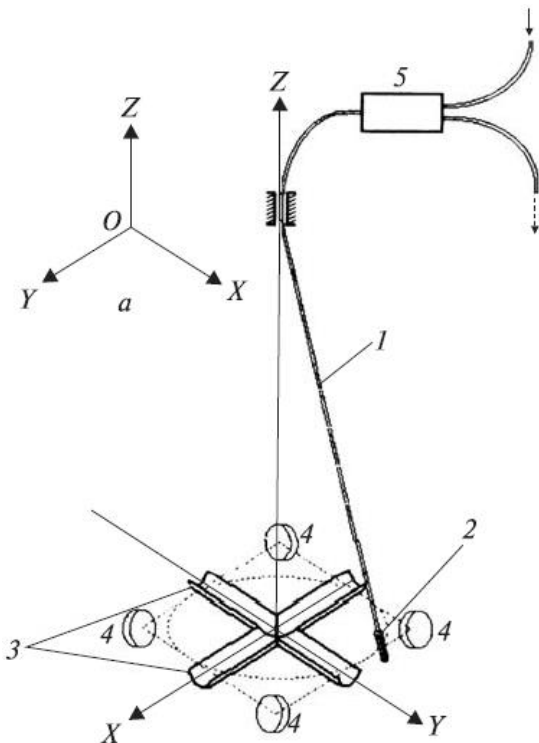


Рисунок 1. Схематичний пристрій ІВОД прискорення: 1 — ВС, 2 — маятник, 3 — циліндричні дзеркала, 4 — електромагніти, 5 — розподільник-суматор

зробка ВОД температури з імпульсною модуляцією інтенсивності оптичного потоку. Схематична будова ІВОД прискорення з ЧЕ-модулятором маятникового типу наведено на рис. 1, відповідно [4].

Пружний підвіс кінцевого маятника виконаний на основі кварцової нитки, якою є волоконний світловод (ВС) — 1, консольно закріплений в корпусі ІВОД. На вільному кінці консолі ВС — 1 закріплена інерційна маса (ІМ) — 2, виконана з магнітомягкого матеріалу.

У робочому режимі ІВОД маятник 2 здійснює круговий обертальний рух, який збуджується і підтримується незгасаючим завдяки узгодженій почерговій силовій дії на ІМ з боку закріплених в корпусі ІВОД електромагнітів — 4. Оптична схема ІВОД відюстована так, що при відсутності бічних прискорень вісь кінцевого маятника збігається з віссю  $OZ$ . При цьому кінець ВС рухається в площини, що задаються перетином взаємоперпендикулярних осей

кривизни розташованих під ним циліндричних дзеркал — 3. Осі цих дзеркал ( $OX$ ,  $OY$  і  $OZ$ ) визначають відповідні напрями просторових осей чутливості ІВОД.

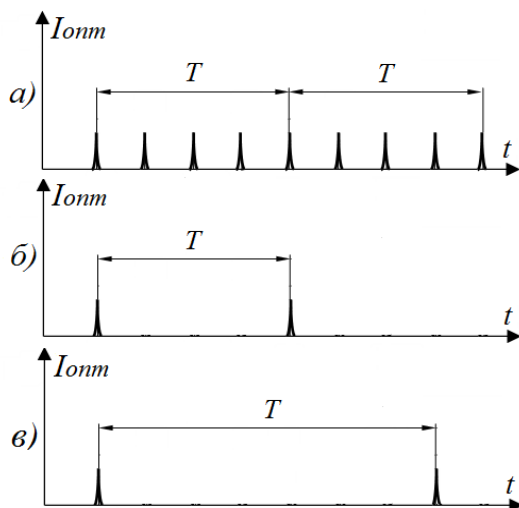


Рисунок 2. Вихідний сигнал ІВОД: а — без зміни температури, б — при зменшенні температури, в — при збільшенні температури

кривизни розташованих під ним циліндричних дзеркал — 3. Осі цих дзеркал ( $OX$ ,  $OY$  і  $OZ$ ) визначають відповідні напрями просторових осей чутливості ІВОД.

Кожного разу, в момент перетину кінцем ВС осі кривизни якого-небудь дзеркала, частина оптичного потоку, безперервно, що минає з торця ВС, відбивається цим дзеркалом назад в ВС. Безперервний оптичний потік, що входить в ІВОД і потік оптичних імпульсів, що виходить з нього, поділяються за допомогою  $Y$ -подібного волоконно-оптичного розподільника-суматора — 5. Таким чином, вихідний сигнал ІВОД представляє собою часову послідовність коротких оптичних імпульсів, рис. 2.

Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи»

При сталій температурі ІВОД буде видавати однакові інтервали часу. Це означає, що різниця тривалостей будь-яких двох сусідніх тимчасових інтервалів, що задаються оптичними імпульсами в кожній з послідовностей, буде дорівнювати нулю, рис. 2, а. При зменшенні температурі буде формуватися більш короткий часовий інтервал, рис. 2, б, а при збільшенні температурі — більш довший, рис. 2, в. В лічильнику імпульсів за вказані проміжки часу накопичується різна кількість імпульсів: при низькій температурі — менше, а при більшій температурі — більше. Ці кількості імпульсів потім перераховується у відповідні значення температури. Очікувані параметри вимірювача температури на основі ІВОД є унікальними. Розрахункова порогова чутливість складає  $\approx 10^{-12}^{\circ}\text{C}$ . При цьому, діапазон вимірювання температури становить від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ .

#### Перелік посилань

1. Демьяненко П.А. Точность измерений посредством волоконно-оптических датчиков (проблеми и пути их решения). // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. — 1995. — вып. 29. — 88–93 с.
2. Демьяненко П.А., Зиньковский Ю.Ф., Прокофьев М.И. Прецизионный цифровой акселерометр с волоконно-оптическим датчиком. // Радиозлектроника. — 1997. — Т.40, №1. — 39–47 с.
3. Демьяненко П.А., Зиньковский Ю.Ф., Прокофьев М.И. Обработка сигналов в измерителях с импульсными волоконно-оптическими датчиками. // Радиозлектроника. — 1998. — Т.41, №8. — 54–60 с.
4. Демьяненко П. А. Волоконно-оптические датчики с импульсной модуляцией оптического потока / П. А. Демьяненко, Ю. Ф. Зиньковский // Космічна наука і технологія. — 2015. Т.21, №4. — 3–18 с.

#### Анотація

Показано, що для побудови прецизійних вимірювачів на основі волоконно-оптичних давачів (ВОД) слід відмовлятися від аналогових принципів модуляції на користь імпульсних. Розроблена схема конструкції ВОД температури з імпульсною модуляцією інтенсивності оптичного потоку.

**Ключові слова:** прецизійні волоконно-оптичні давачі температури, імпульсна модуляція, волоконно-оптичні термометри.

#### Аннотация

Показано, что для построения прецизионных измерителей на основе волоконно-оптических датчиков (ВОД) следует отказываться от аналоговых принципов модуляции в пользу импульсных. Разработана схема конструкции вод температуры с импульсной модуляцией интенсивности оптического потока.

**Ключевые слова:** прецизионные волоконно-оптические датчики температуры, импульсная модуляция, волоконно-оптические термометры.

#### Abstract

It is shown that for the construction of precision meters based on fiber-optic sensors (FOS) it is necessary to refuse analog modulation principles in favor of pulsed ones. The construction scheme of the FOS of the tempature with impulse modulation of the intensity of the optical flow is developed.

**Keywords:** precision fiber-optic temperature sensors, impulse modulation, fiber-optic thermometers.