

при суцільному сніговому покриві на відбиваючій поверхні та при коливаннях напруги. Вимірювач є стійким до високочастотного випромінювання та захищеним від ураження електричним струмом. Робоча температура від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Відносна вологість повітря 98% при температурі 25°C .

Висновки

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження підтверджують доцільність моніторингу руху об'єктів з використанням ультразвукових вимірювачів. При цьому з'являється можливість визначення напряму руху (вперед чи назад), визначення швидкості при заблокованій колісній парі та при пробуксовці. Використання в вимірювачі мікропроцесора дає можливість за проміжок часу 1с робити 100 циклів вимірювання та обчислення з узагальненням отриманих результатів (усередненням отриманих значень швидкості за один цикл). Сучасні засоби реалізації вимірювача роблять процедуру моніторингу руху об'єктів інформативною та надійною.

Література

1. Справочник по радиоэлектронным системам/Ред. Кривицкого Б.Х. Т.2. – М.: Сов. радио, 1972.-368 с.
2. Голямина И.П. Маленькая энциклопедия. Ультразвук. – М.: Сов. энциклопедия, 1979. – 300 с.
3. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М.: Наука, 1990. – 630 с.
4. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. – М.: Сов. радио, 1969 – 752 с.
5. Голдман С. Теория информации. – М.: ИИЛ, 1957. – 446 с.
6. Тузов Г.И. Выделение и обработка информации в доплеровских системах. – М.: Сов. радио, 1967. – 256 с.

Боднарчук С.В., Бычковский В.А., Куришко Е.С. Мониторинг движения объектов Рассматривается и анализируется метод извлечения информации о скорости и направлении движения объектов. Дается методика мониторинга движения объектов, проводится анализ статистических и энтропийных характеристик измерительного устройства и результатов его испытаний.	Bodnarchuk S.V., Bychkovsky V.A., Kurishko E.S. The objects movement monitoring The method of extraction of information about the direction of the object movement and its speed is viewed, investigated and analyzed. The methodic of the objects movement monitoring is given in the research, the analysis of statistical and entropic characteristics of measuring apparatus and result of its testing.
--	--

УДК 681.586.5; 531.768

МІКРОКОНТРОЛЕРНЕ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ В ПРЕЦИЗІЙНОМУ ЦИФРОВОМУ АКСЕЛЕРОМЕТРІ З ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИМ ДАВАЧЕМ.

Дубіковський А.О., Дем'яненко П.О.

Розглянуті особливості, принципи і режими роботи трикоординатного волоконно-оптичного давача. Запропонована структурна схема і алгоритм обробки сигналу прецизійного цифрового акселерометра з волоконно-оптичним давачем, приведені очікувані величини основних параметрів.

Постановка задачі

Прецизійний цифровий акселерометр призначений для вимірювання

надмалих лінійних прискорень. Основою акселерометра є трикоординатний волоконно-оптичний давач (ВОД) з імпульсною модуляцією інтенсивності оптичного потоку, вихідний сигнал якого є часовою послідовністю оптичних імпульсів.

Особливості акселерометра з ВОД

Схема будови імпульсного ВОД прискорення наведена на рис.1 [1].

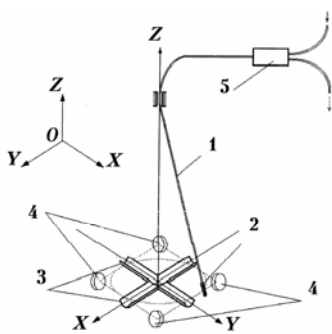


Рис. 1. Схематична будова ВОД.

- 1 – волоконний світловод (ВС);
- 2 – інерційна маса (ІМ);
- 3 – тороїдальні дзеркальні поверхні, що визначають осі чутливості OX і OY;
- 4 – електромагніти;
- 5 – волоконно-оптичний розгалужувач-суматор.

Чутливим елементом (ЧЕ) ВОД є конічний маятник, пружний підвіс якого виконано на основі відрізка кварцового ВС, консольно закріпленого в корпусі ВОД. На вільному кінці консолі ВС закріплена інерційна маса (ІМ) з магнітом якого матеріалу. В робочому режимі кінець маятника здійснює обертальний рух, підтримуваний по черговою узгодженою дією електромагнітів на ІМ. За відсутності дії на акселерометр бічного прискорення (немає проекції вектора прискорення на площину XOY), обертання маятника відбувається симетрично осі OZ. Оптичний потік від ДВ надходить у ВС, яким каналюється до дзеркал, що є двома ввігнутими зрізаними тороїдальними поверхнями, тороутворюючі площини яких перетинаються під прямим кутом. При перетинанні кінцем ВС осі кривизни будь-якого дзеркала (OX, OY) частина оптичного потоку, що виходить із торця ВС, відбивається назад до нього. Зустрічні потоки в ВС розділяються в Y-подібному розгалужувачі-суматорі. Оптичний сигнал з ВОД надходить на фотоприймач (фотодіод (ФД)). Отже, у вихідному ВС отримуємо послідовність оптичних імпульсів, що по суті є двома, вкладеними одна в другу послідовностями X і Y, сформованих відбиттям від відповідних дзеркал (рис.2). За відсутності бічних прискорень інтервали часу перебування маятника по обидва боки кожної з осей дзеркал будуть однаковими, тобто різниця тривалостей будь-яких двох сусідніх часових інтервалів (рис.2а), що задаються оптичними імпульсами в кожній із послідовностей, буде дорівнювати нулю. При наявності бічного прискорення коло обігу маятника зміститься від свого початкового положення в напрямку дії вектора прискорення. Із-за цього інтервали часів перебування маятника по різні боки від осей дзеркал будуть неоднаковими (рис.2б) – чим більшою буде величина бічного прискорення, тим, відповідно, більшою буде і різниця тривалостей сусідніх часових інтервалів. Ця різниця і приймається за міру величини бічного

прискорення, що діє на ВОД, а знак цієї різниці визначає напрямок проекції вектора прискорення вздовж осі чутливості.

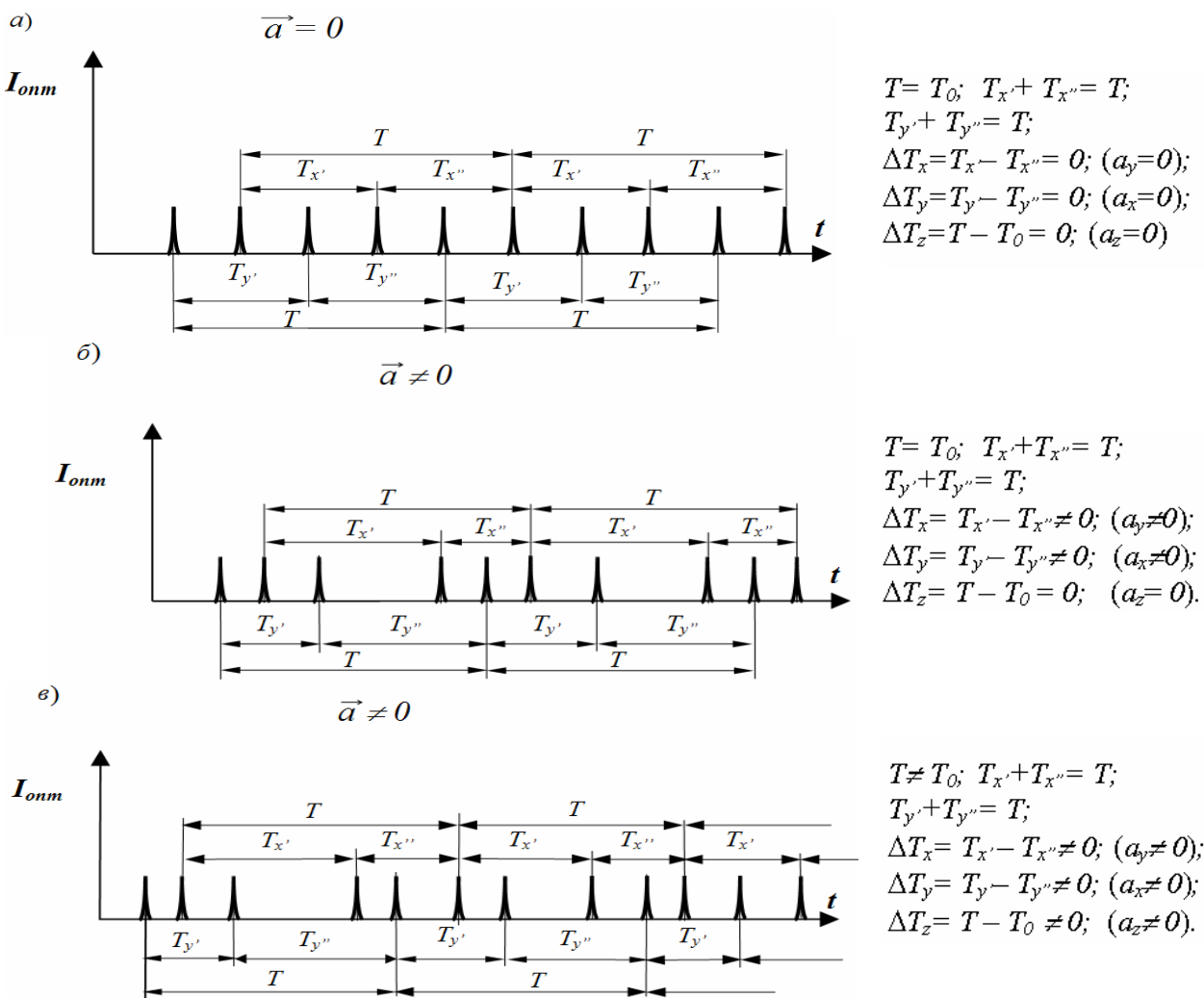


Рис. 2. Часові діаграми вихідних сигналів ВОД.

- а) прискорення немає; б) є тільки дві (бічні) складові прискорення;
 в) є всі три складові вектора прискорення

При дії на ВОД прискорення, вектор якого паралельний осі OZ , коло обігу маятника не зміщується і розглядані вище різниці будуть нульовими. Однак при цьому зміниться сама тривалість періоду обертання маятника (рис.2в) і саме ця зміна приймається за міру прискорення вздовж осі OZ .

Отже, інформація про величини складових вектора прискорення a вздовж осей чутливості ВОД міститься в тривалостях часових інтервалів, що задаються його оптичними імпульсами, а саме, в різниці величин сусідніх часових інтервалів. Так, різниці інтервалів $\Delta T_x = T_x' - T_x''$ і $\Delta T_y = T_y' - T_y''$ визначають величини a_x і a_y , а їх комбінація $\Delta T_z = [(T_x' + T_x'') - (T_{x0}' + T_{x0}'')] = [(T_y' + T_y'') - (T_{y0}' + T_{y0}'')] -$ величину a_z (a_x, a_y, a_z – проекції вектора a , відповідно, на осі чутливості X, Y, Z ; $T_{x0}', T_{x0}'', T_{y0}'$ и T_{y0}'' – часові інтервали, виміряні за умови $a_z = 0$).

Для перетворення величин згаданих різниць у величини відповідних складових вектора a слід виміряти ці інтервали, із аналітичного виразу $a_z=f(\Delta T_z)$ визначити величину a_z і із аналітичних виразів $a_x=f(\Delta T_x)$ і $a_y=f(\Delta T_y)$ визначити величини a_x і a_y .

Обробка сигналу з ВОД

Враховуючи рівень розвитку сучасної компонентної бази, опрацювання сигналів ВОД доцільно здійснювати шляхом підрахунку імпульсів стабілізованого стороннього генератора високої частоти (ГВЧ) засобами програмного забезпечення (ПЗ) мікроконтролера (МК) або мікропроцесора (МП). Можливий варіант структурної схеми акселерометра наведений на рис.3.

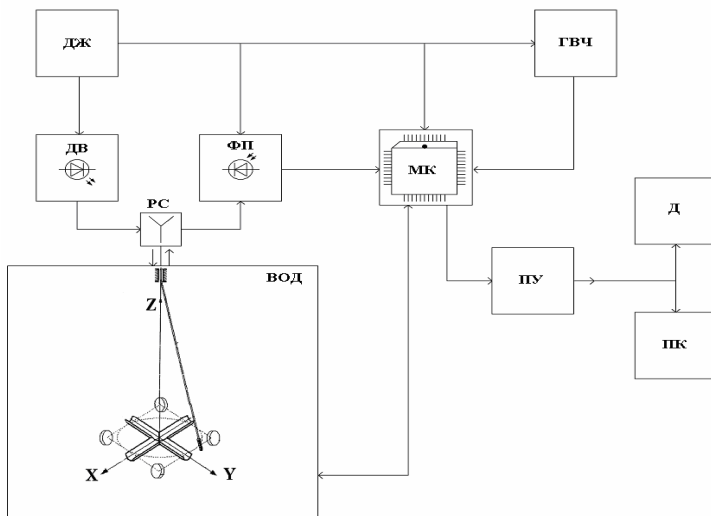


Рис.3. Структурна схема акселерометра

- ДЖ – джерело живлення;
- ГВЧ – генератор мірних імпульсів високої частоти;
- ДВ – джерело випромінювання;
- ФП – фотоприймач;
- МК – мікроконтролер;
- ПУ – пристрій узгодження;
- Д – дисплей;
- ПК – персональний комп'ютер

Алгоритм опрацювання сигналу ВОД, перетвореного ФД в електричний, і спрямованого на відповідний ввідний порт МК може бути таким.

Умовно перший оптичний імпульс, отриманий відбиттям оптичного потоку від дзеркала, запускає вбудований лічильник МК в режим накопичення. Підрахунок імпульсів ГВЧ здійснюється до моменту надходження на вхід порта вводу наступного оптичного імпульсу. Число «порожніх» циклів лічильника реєструється і записується в пам'ять. Збережені в пам'яті числа (що є кількістю тактів ГВЧ за 4 чвертьперіоди) опрацьовуються згідно з прийнятим алгоритмом. Опрацьовані дані можуть передаватися на порт виводу даних для подальшої передачі їх на допоміжні пристрої опрацювання (наприклад, через антени на приймальний пристрій ПК або прямо – на *SOM/LPT* порти ПК), або, при потребі внесення додаткових змін в існуюче ПЗ МК, на наступні етапи опрацювання засобами ПЗ МК. Результати вимірювань (модуль повного вектора прискорення, його направляючі косинуси, складові вектора прискорення, помножені на відповідні масштабні коефіцієнти), можуть бути представленими в зручному для користувача вигляді. Масштабні коефіцієнти визначаються окремо для кожного акселерометра під час його випробувань і заносяться в пам'ять пристрою логічного опрацювання. Тоді ж встановлюються і границі діапазону вимі-

рювань. Величина абсолютної похибки вимірювання постійна в усьому діапазоні вимірювань і визначається дискретною підрахунку (періодом імпульсів ГВЧ). Величина відносної похибки залежить від величини вимірюваного прискорення – чим воно більше, тим точніше його можна виміряти.

Параметри акселерометра. Висновки

Застосування комп'ютерного опрацювання дозволяє нейтралізувати природні недоліки і недосконалості ВОД, пом'якшити жорсткість вимог, що висуваються до самих ВОД, не знижуючи при цьому високих вимог до якості вимірювань в цілому.

Розрахункові (очікувані) величини основних параметрів акселерометра.

- порогова чутливість..... 10^{-13} g;
- мінімальна відносна похибка вимірювань..... 10^{-7} %;
- динамічний діапазон вимірюваних величин прискорень..... 10^7 .

В разі необхідності наведені параметри можуть бути змінені на 2-3 порядки в той чи інший бік шляхом відповідного добору конструктивних параметрів ВОД і параметрів схеми опрацювання його сигналу.

Розглянуті акселерометри можуть слугувати основою для побудови інерціальних навігаційних систем автономних рухомих об'єктів, зокрема космічних літальних апаратів, що перебувають протягом тривалого часу під дією малопотужних силових факторів, наприклад, тиску сонячного вітру.

Література

1. Демьяненко П.А., Зиньковский Ю.Ф., Прокофьев М.И. Прецизионный цифровой акселерометр с волоконно-оптическим датчиком. // Радиотехника. - 1997. - Т.40. - №1. - С.39-47. (Известия высш. учебн. заведений).
2. Демьяненко П.А., Зиньковский Ю.Ф., Прокофьев М.И. Обработка сигналов в измерителях с импульсными волоконно-оптическими датчиками. // Радиотехника. Известия высш. учебн. заведений. 1998. Т.41, №8. С.54-60.
3. Федорцов А.О., Долинский М.С. Микроконтроллеры и микропроцессоры для встроенных систем. // Электроника, №11-12, 1998.

Дубиковский А.А., Демьяненко П.А. Микроконтроллерная обработка сигналов в прецизионном цифровом акселерометре с волоконно-оптическим датчиком. Рассмотрены особенности, принцип и режимы работы трехкоординатного волоконно-оптического датчика. Приведены структурная схема и алгоритм обработки сигнала прецизионного цифрового акселерометра с таким датчиком, ожидаемые величины основных параметров.	Dubikovskiy A.O., Demjanenko P.O. The microcontroller processing of signals in precision digital accelerometer with the fiber-optical sensor. Features, a principle and operating modes of the three-coordinate fiber-optical sensor are considered. The block diagram and algorithm of processing of a signal precision digital accelerometer with the fiber-optical sensor is offered, expected sizes of key parameters are resulted.
--	--