

БАГАТОВЕКТОРНІ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ВІБРАЦІЙ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

У статті запропоновано попарне включення первинних перетворювачів для забезпечення дослідження багатовекторних вібрацій. Диференціальна характеристика дозволяє підвищити лінійність характеристики перетворювача в широкому діапазоні вимірів. Спеціальне технічне рішення дозволяє отримати практично однакову чутливість у різних напрямках дії одночасно. Такі датчики доцільно використати при системному стеженні за вібрацією об'єкту, що дозволяє виявляти приховані вібрації, своєчасно виявляти несправності, прогнозувати своєчасний ремонт. У роботі показані результати математичного моделювання і результати теоретичні досліджень.

Ключові слова: вимірювальний перетворювач, інформаційна система, багатовекторний датчик, тензоперетворювач

Вступ. Тензорезистивні датчики являють собою пружний елемент, на якому зафіксований тензорезистор. Таки датчики достатньо широко застосовуються в вимірювальній техніці. Під дією сили (вага вантажу) відбувається деформація пружного елемента разом з тензорезистором. По зміні опору тензорезистору можна обчислити ступінь деформації, яка буде пропорційна силі, прикладеної до конструкції. При використанні декількох таких перетворювачів з'являється можливість отримання інформації, наприклад, про ступінь деформації в різних місцях деталі, що досліджується, зняти криву кривизни, досліджувати ступінь зносу пружних елементів, інше [1,2].

Принцип вимірювання параметрів вібрації за допомогою тензодатчиків заснований на визначенні характеристики первинного перетворювача, що, як правило, жорстко закріпленій на інформаційному давачі. Останній перероблює вібраційні коливання в інерційний рух механічного пристрою частіше балкового типу. Величина цієї сили пропорційна зміні геометричних параметрів, а саме - кривизни балочного елемента. Так ми маємо первинне перетворення неінформативного типу. Метою подальшого перетворення буде отримання на виході давача вимірювальної інформації, зручній для подальшої передачі та обробки. Саме таким інформаційним перетворювачем, й застосовується тензорезистивний елемент, що виробляє подальше перетворення ступеня кривизни в відповідну зміну опору тензоелементу. Для подальшої обробки такої інформації достатньо включення тензорезистора в електричне коло, наприклад операційного підсилювача та подальшої передачі та обробці інформації. В залежності від зовнішніх умов та заявлених характеристик чутливі елементи можуть бути й іншого типу. Так більшу чутливість додають датчику вібрації п'єзо перетворювачі, але вони мають більші проблеми щодо зняття інформації та розташування.

Основна частина. Тензодатчики є найбільш уразливими компонентами ваговимірювальної системи. У процесі експлуатації на вагові тензодатчики впливають: агресивне навколишнє середовище, ударні динамічні навантаження, температурні дії, електростатичний вплив (зварювання), вібрації і т.д. Тому в періоди технічного обслуговування, перед установкою в устаткування, а також в аварійних випадках, існує необхідність діагностики вагових тензодатчиків - повірка та калібрування.

На основі принципу роботи вагових датчиків, знайшли своє застосування віброметри, тобто пристрій для визначення параметрів вібрації. Такими параметрами виступають в першу чергу амплітуда і частота вібрації. У найпростішому вигляді, пристрій для отримання цих двох параметрів показано на рис. 1, а [1,2,4].

Особливістю цього пристрою є зняття характеристики вібрації в одному напрямку. Для зміни напрямку необхідно переміщення всього датчика в місці кріплення підстави 2. Для

цього часто застосовують прорізи 6 для кріпильних болтів в підставі у вигляді сектора кільця. Недоліком такого пристрою виступає досить велика помилка для точного вибору інсталяційні напрямки – вектори. Іншим недоліком таких систем є складність отримання лінійної характеристики тензоелемента для різних амплітуд коливань [5].

Для отримання сигналу в якості первинного перетворювача використовується балка 3, жорстко закріплена на підставі вібродатчика 2, наприклад за допомогою зварювання 5. Товщина балки вибирається з розрахунку передбачуваних амплітуди і частоти вібрації. На вільному кінці балки жорстко закріплений балансир 4. Розміри і маса балансира вибираються так само з розрахунку передбачуваних характеристик вібрації, причому, маючи набір балансирів з'являється можливість управління діапазоном характеристик вібратора. На балку прикріплений тензоперетворювач 1 для вимірювання змін геометричних параметрів у результаті коливання балки.

Для лінеаризації характеристики перетворювача запропоновано пристрій для балансування механічних пристроїв з лінеаризацією вихідної характеристики, рис. 1, б. Відмінною рисою цього пристрою є те, що два тензодатчика 1 закріплюються симетрично, по різні сторони балки 3.

Обидва пристрої, показані на рис. 1 мають можливість реагувати на вібрацію тільки в одному напрямку, тобто в нашому випадку уздовж горизонтальної осі симетрії (див. розріз А-А і Б-Б рис. 1).

Часто є необхідність отримання характеристики вібрації в різних (багатовекторних) напрямках. Для отримання сигналів про вібрації в перпендикулярному (поперечному) напрямку досить вибрати перетин балки у вигляді квадрата і прикріпити симетричні тензоперетворювачі на протилежні грані, як показано на рис. 2.

Так само для отримання однакових сигналів про вібрації необхідно застосування симетричного балансира 4 (див. рис. 1).

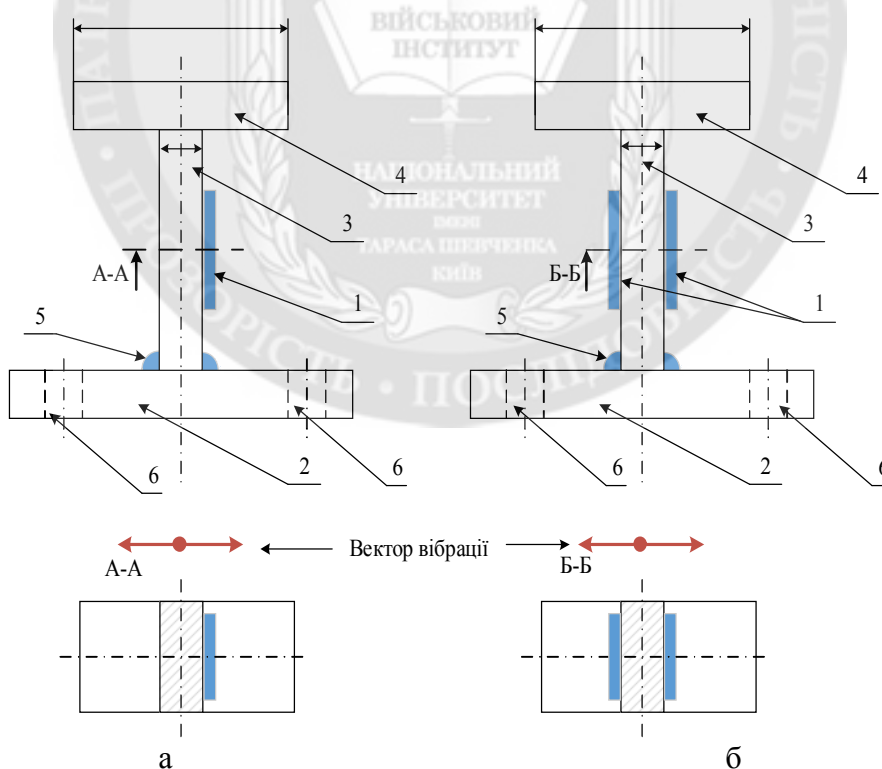


Рис. 1. Вібродатчик з тензометричним перетворювачем:

а – з одним тензоперетворювачем;

б – з двома, симетричними тензоперетворювачами

1 – тензоперетворювач; 2 – кріплення; 3 – балка вібратора;

4 – балансир; 5 – місце зварювання; 6 – отвір для кріплення

Такий спосіб вимірювання можна визначити як диференціальний, тому як надалі слід постійно використовувати тільки узагальнену інформацію від запропонованого датчика. Такий спосіб вирішує ще одну немаловажну задачу. Це лінеаризація характеристики датчика практично во всьому його робочому діапазоні.

Раніше запропоновувалися для цього додаткові прилади або схемні рішення. Тут же з'являється можливість отримання лінійної характеристики опісля першого перетворення. Такий спосіб дозволить значно спростити подальші схеми обробки інформації, та завдяки цьому зменшити методичні похибки. Також балка може бути у вигляді перекрученого шестикутника на кожную грань якого закріплені тензоперетворювачі, що дозволяє більш точно проводити вимірювання. Крок скрутки має дорівнювати ширині однієї грані. При цьому розташуванні тензоперетворювачі і системному підході до знімання з них інформації, отримано можливість з однаковою точністю зняття показань вібродатчика практично з будь-якого напрямку – багатовекторно (див. рис. 3)

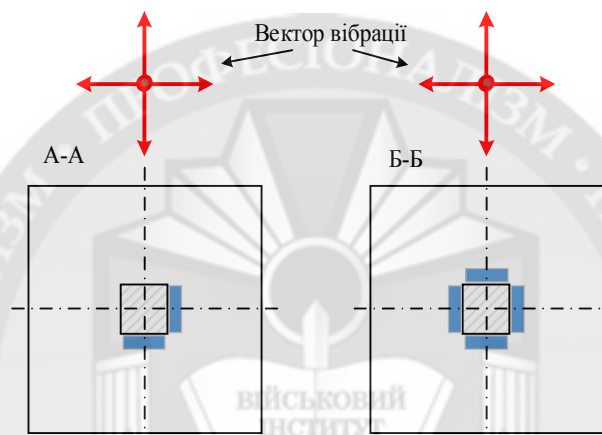


Рис. 2. Перетин вібродатчика (див. рис.1) з симетричним тензOMETричним перетворювачем: а – з двома тензоперетворювачами; б - з чотирма, попарно симетричними тензоперетворювачами

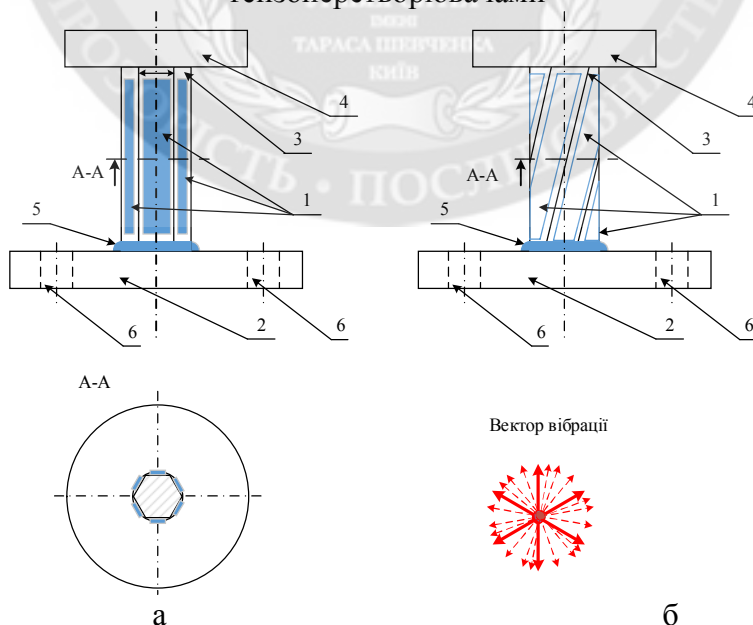


Рис. 3. Вібродатчик з тензOMETричним перетворювачем на балці шестигранного типу
1 – тензоперетворювач; 2 – кріплення; 3 – шестигранна балка вібратора (а);
4 – балансир; 5 – місце зварювання; 6 – отвір для кріплення; 7 – скручена шестигранна балка багатовекторного вібратора (б)

Тензоперетворювачі повинні мати симетричну характеристику. Для цього отримаємо математичну модель тензоперетворювача. Далі отримаємо лінійне рівняння і апроксимацію шостого ступеня [3].

Рівняння для тензоперетворювача мають вигляд:

Лінійне:

$$y=1888573,46*x-5558,63 \quad (1)$$

Поліноміальне:

$$y = 4x10^{-14}x^6 - 3x10^{-11}x^5 + 2x10^{-8}x^4 + 10^{-7}x^3 + +0,0017x^2 + 0,6992x + 196,82 \quad (2)$$

Для отримання симетричної характеристики необхідно визначити максимальну помилку лінійної апроксимації, після чого отримуємо лінійне рівняння зі зміщенням на встановлену помилку. Практично це виходить модель симетричного датчика, яка буде відрізнятися від реального тільки на помилку неузгодженості парних датчиків.

Далі отримуємо різницю між значеннями за поліноміальної апроксимації і зміщеною прямий, збільшуючи кожен помилку вдвічі отримаємо лінію, симетричну лінії першого датчика.

Виводимо її поліноміальну, шостого ступеня, апроксимацію. Рівняння математичної моделі тензоперетворювача, що підключається в паралель має вигляд:

$$y = 4x10^{-14}x^6 + 3x10^{-11}x^5 - 2x10^{-8}x^4 + 2x10^{-7}x^3 - 0,0007x^2 + 2,705x - 80,694 \quad (3)$$

На рис. 4 показані графіки всіх функцій математичного аналізу характеристик тензоперетворювача.

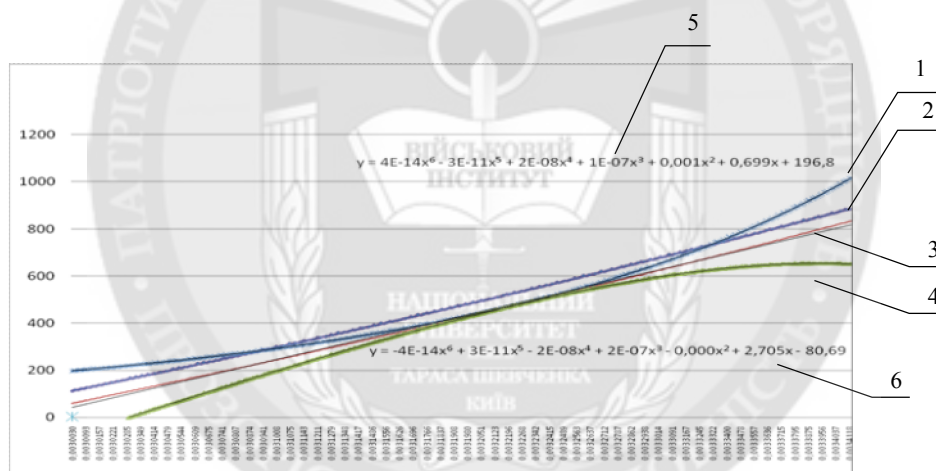


Рис. 4. Характеристики симетричних тензоперетворювачів на балці

- 1 – Графік тензоперетворювача;
- 2 - Лінійна апроксимація характеристики тензоперетворювача
- 3 – Переміщення лінії 2 на відстань максимальної абсолютної похибки
- 4 – Графік функції для симетричного перетворювача
- 5 – Математичне поліноміальне рівняння першого тензоперетворювача
- 6 – Математичне поліноміальне рівняння симетричного перетворювача

Висновки. В цілому за результатами проведеного короткого дослідження можна зробити такі висновки: Проведений аналіз матеріалів показав, що залишаються невирішеними питання дослідження та отримання інформації про характеристики вібрації не тільки в одному напрямі. Системне застосування запропонованого типу датчика вібрації дозволяє вести багатовекторні дослідження в режимі реального часу, та водночас визначити вібраційні характеристики за основним напрямом вібраційних коливань, так і визначити побічні вібрації, які часто здійснюють шкідливі дії в роботі об'єкту, що досліджується. В роботі показано результати математичного обґрунтування таких досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Информационно-измерительная техника и технологии: учеб. для вузов / под ред. Г.Г. Раннева. – М.: Высшая школа, – 2002.
2. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», – 2008.
3. Садковська І.Ю. Методи вимірювання параметрів вібрації / І.Ю. Садковська, І.А. Зборовська, О.І. Лещенко // Збірник п'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів "Технічне регулювання та якість: сучасний стан, проблеми і перспективи" 20-21 травня 2014. – Одеса: ОДАТРА, 2014. – С. 162-163.
4. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник. - М.: Техносфера, – 2005. – 152 с.
5. Аркуша А.И., Фролов М.И. Техническая механика: Учебник для машиностроительных специальностей техникумов. – М.: Высшая школа, 1983. – 447 с.

Рецензент: д.т.н., проф. Сбітнєв А.І., провідний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

к.т.н., доц. Лещенко О.И., к.т.н., доц. Зборовская И.А., к.т.н. Банзак Г.В.
**МНОГОВЕКТОРНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ВИБРАЦИИ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

В статье предложено попарное включение первичных преобразователей для обеспечения исследования многовекторных вибраций. Дифференциальная характеристика позволяет повысить линейность характеристики преобразователя в широком диапазоне измерений. Специальное техническое решение позволяет получить практически одинаковую чувствительность в разных направлениях действия одновременно. Такие датчики целесообразно использовать при системном слежении за вибрацией объекта, что позволяет выявлять скрытые вибрации, своевременно выявлять неисправности, прогнозировать своевременный ремонт. В работе показаны результаты математического моделирования и результаты теоретические исследований.

Ключевые слова: измерительный преобразователь, информационная система, многовекторный датчик, тензопреобразователь

Ph.D. Leshchenko O.I., Ph.D. Zborovska I.A., Ph.D. Banzak G.V.
**MULTIVECTOR DIFFERENTIAL CONVERTER VIBRATION MEASURING SYSTEM
INFORMATION**

In the article the pair including of primary transformers is offered for providing of research of multivectorial vibrations. Differential description allows to promote linearness of description of transformer in the wide range of measuring. The special technical decision allows to get practically an identical sensitiveness in various directions actions simultaneously. Such sensors it is expedient to use for system track after the vibration of object, that allows to expose the hidden vibrations, in good time to expose disrepairs, forecast timely repair. The results of mathematical design and results are in-process shown theoretical researches.

Keywords: measuring transformer, informative system, multivectorial sensor, tensotransformers