

and the presence of feedback allows them to be classified as compensation accelerometers with one measuring axis.

The main areas of application of digital self-oscillating microaccelerometers are:

- inertial navigation systems (aircraft rocketry, shipbuilding, drones, etc.);
- monitoring of building structures as vibration sensors, inclinometers and seismic sensors;
- in geodesy while drilling wells;
- medical equipment and systems - sensors of movement, pulse, respiration, etc.

Keywords: accelerometer, compensation, self-oscillating, sensitivity, zero deviation offset coefficient.

Література

- [1] Sensors for drones and robots market opportunities and technology revolution. Villeurbanne, France: Yole Developpment, 2016.
- [2] Status of the MEMS Industry 2017. Villeurbanne, France: Yole Developpment, 2017.
- [3] В. І. Дубінець, С. М. Гуменюк, “Індуктивно-ємнісний інтегральний датчик прискорення”, Патент на винахід № 97773. Опубл. 12.03.2012. Бюл. №5.
- [4] MEMS Inertial Sensors. Accelerometers. Analog Devices, 2017.
- [5] A. Bose, S. Puri, P. Bancrjee, *Modern Inertial Sensors and Systems*. Prentice Hall of India. Pvt. Ltd. 2008.
- [6] С. Р. Карпиков, А. И. Скалон, “Линейный микроакселерометр”, патент на изобретение. Рос. Федерация: RU 2629654 C1: МПК G 01P15/08, заявл.11.07.2016; опубл. 30.08.2017. Бюл. №25.
- [7] С. Р. Карпиков, “Режим автоколебаний в микромеханическом акселерометре как способ снижения шума”, на 111 Междунар. научно-практ. конф. Sensorica – 2015, СПб. Университет ИТМО, 2015, с. 32-34.

УДК 531.7

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ ПЕРЕТВОРЕННЯ В ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Безвесільна О. М., Чепюк Л. О.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: o.bezvesilna@gmail.com, traveller2762@gmail.com

Цифрова фільтрація зашумлених сигналів важлива при вирішенні широкого кола науково-технічних завдань. Традиційно, для очищення інформаційних повідомлень від перешкод застосовуються підходи, які використовують перетворення Фур'є. Застосування цифрових НЧ - фільтрів в вимірювальному каналі дозволяє знизити рівень адитивних шумів, присутніх в сигналі. Але, не дивлячись на те, що математичний апарат перетворення Фур'є є важливим і корисним інструментом практичних досліджень, він має ряд обмежень. Так, фільтри на основі перетворення Фур'є не дозволяють ефективно усувати ізольовані особливості сигналів. У зв'язку з тим, що це перетворення використовує нескінченно осцилюючі гармонійні функції, відомості про ізольовані особливості сигналу

містяться у всіх коефіцієнтах перетворення, і відповідні перешкоди дуже складно відфільтрувати. Ці проблеми частково вдається вирішити за рахунок застосування віконного перетворення Фур'є, що дозволяє обмежитися діапазоном, який відповідає обраному часовому вікні. Однак при розгляді широкосмугових процесів, фіксоване за часом вікно не забезпечує по справжньому локалізований аналіз сигналу, і коригування ізольованої особливості буде приводити до спотворень сигналу в деякій її околиці.

Класичний апарат перетворення Фур'є був розроблений для стаціонарних випадкових процесів, характеристики яких незмінні в часі. Якщо ж властивості процесу зазнають змін, це може привести до різних проблем в інтерпретації отриманих результатів, неоднозначності і т.п. Багато процесів в природі є не-стаціонарними, і при їх обробці слід враховувати існуючі обмеження класичного спектрального аналізу. При розгляді систем з мінливими параметрами замість гармонійних доцільно використовувати інші функції. Ці міркування з часом привели до формування теорії вейвлет - аналізу.

Застосування одновимірної дискретної вейвлет - перетворення (ДВП) є стандартним методом вейвлет - фільтрації сигналів, який до теперішнього часу детально вивчений і широко застосовується в багатьох областях науки і техніки. На практиці ДВП використовується в рамках алгоритмів багато масштабового аналізу, які передбачають швидке (пірамідалне) розкладання сигналу з використанням квадратурних дзеркальних фільтрів: високочастотного і низькочастотного.

Застосування НЧ - фільтра дозволяє проводити апроксимацію (згладжування) сигналу, а використання взаємопов'язаного з ним ВЧ - фільтра забезпечує можливість вивчати відхилення від даної апроксимації. Особливістю багато масштабового аналізу є та обставина, що апроксимація і подальше вивчення деталізації сигналу проводяться на різних рівнях дозволу, для чого розглядаються послідовні апроксимуючі простори, що є відмасштабованими і інваріантними щодо зсувів на цілі числа різновидами одного центрального функціонального простору.

Застосування ДВП для цифрової фільтрації сигналів є більш перспективним підходом у порівнянні з перетворенням Фур'є через можливість ефективного усунення локалізованих перешкод.

ДВП, зазвичай використовується в рамках багато масштабового аналізу, здійснює розкладання сигналу на складові, які відносяться до різних масштабів спостереження. Після переходу в простір вейвлет - коефіцієнтів проводиться коригування коефіцієнтів, що відносяться до малих масштабів, де найбільшою мірою позначається вплив шуму. Відповідне коригування має здійснюватися на різних рівнях дозволу, і подальше відновлення сигналу в ході зворотного ДВП дозволяє провести його очищення від фонового шуму.

Вейвлет - аналіз може застосовуватися як в системах аналізу даних, так і в вимірювальних цілях, які використовують цифровий підхід при обробці сигналів.

Завдяки високій швидкодії, ефективності алгоритмів і їх стійкості до дії перешкод, вейвлет - перетворення є потужним інструментом при використанні його в вимірювальних системах. Використання вейвлет - аналізу з застосуванням ортогональних базисів підходить для вирішення цілого кола завдань в області сучасних вимірювальних систем. Поведінка ряду вейвлет функцій спектрально схожа з деякими затухаючими періодичними коливаннями, таких як локальний сигнал виду загасаючий синус і ін.

Вейвлет - перетворення може надати розширену інформацію про результати вимірювань, отриманих в ході експерименту. Це досягається за рахунок фільтрації вихідних даних від випадкових перешкод, шумів, викидів, нелінійних спотворень в сигналі.

Виявлення локальних особливостей або виділення окремих ділянок в сигналі необхідно на етапі аналізу. Локальний сигнал може служити в якості такого об'єкта виявлення і подальшого вимірювання його параметрів.

Спільна робота в частотній і часовій області дозволяє істотно розширити можливості в області обробки даних. Вейвлети надають механізм обробки експериментальних даних для вирішення завдань, пов'язаних з шумозаглушенням, обробкою потоків інформації.

Використовуючи вейвлет - перетворення, стає можливим виділити, особливості сигналу, що є цікавими з точки зору вимірювача, і визначити їх основні параметри (амплітуда, тривалість і місце знаходження максимуму) і інші складові.

Ключові слова: цифрова фільтрація, перетворення Фур'є, вейвлет - перетворення.

УДК 531.7

ЦИФРОВА РЕЄСТРАЦІЯ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ВІБРАЦІЙНОГО ВИМІРНИКА ВЕРТИКАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ

Безвесільна О. М., Чепюк Л. О.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна

E-mail: o.bezvesilna@gmail.com, traveller2762@gmail.com

При виконанні авіаційних гравіметричних вимірювань необхідно враховувати вертикальну швидкість літального апарату. Для реєстрації в цифровій формі частоти сигналів вібраційного вимірника вертикальної швидкості (ВВВШ) безперервно перетворюється в код «1-2-4-8» за допомогою цифрових частотомірів.

Частоту сигналу ВВВШ до надходження на частотомір помножують на 4, щоб довести точність одиничного вимірювання до 1 см/с.