УДК 004.4

Шендрик Є.В., Головачова О.В.

Національний університет «Одеська політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМИЧНИХ ЯВИЩ ПРИ ВИМІРЮВАННІ МАСИ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Вступ: У роботі досліджуються проблеми виявлення інформативних параметрів сигналів, що отримуються при отриманні сигналів при зважуванні вантажу при русі об'єкту, що зважується. Основна проблематика в тому, що при русі об'єкта, що зважується виникає дуже багато перешкод, які впливають на результати: швидкість, якість покриття до зважувального комплексу, завади при передачі сигналу. Тому відокремлення інформаційної складової від завад є актуальна проблема виявлення корисної інформації із вхідного сигналу у будь який сфері діяльності: у комерційний сфері застосування, або при розробці нових винаходів у подальшому розвитку виявлення інформації при використанні інших засобів вимірювання

Мета: Виявлення корисної інформації на фоні завад отриманих з пристроїв прийому інформації при замалій кількості отриманих даних.

Основна частина

У якості виявлення методу виявлення інформативних параметрів досліджуваних даних використовується платформа для виявлення маси вантажу у русі. Особливістю досліджень є підвищена швидкість зважування, що не дозволяє виявити інформативні параметри (масу вантажу) при швидкості більше 5 км/год.

Дослідження подібних процесів показує, що модель сигналу повинна відповідати (1). Приведена модель сигналу адекватна узагальненій моделі процесу зважування та представлена сукупністю трьох складових

$$f(t)=D+A\sin(\Omega t+\psi)+\xi\rightarrow(t), \qquad (1)$$

де $f(t)$ - досліджуваний тензометричний сигнал; D - постійна складова сигналу (інформативний параметр, відповідний масі об'єкта, що зважується); $A\sin(\Omega t+\psi)$ - низькочастотна періодична складова сигналу; $\vec{\xi}(t)$ - випадкова величина, що виникає під час зважування.

Періодична завада представлена амплітудою - A, частотою - Ω і початковою фазою - ψ. А сигнал представлений сукупністю рівномірно розподілених у часі відліків $t_{i+i}-t_i=t_i-t_{i-1}=\Delta t$, де $i=\overline{0,n}$, $n+1=N$ - кількість значень сигналу.

У якості методів підвищення завадостійкості методу заданого діапазону частот використовуються: метод подвійного інтегрування, метод вагової функції, метод воріт. Метод подвійного інтегрування заснований на дослідженні реальних сигналів і припускає аналіз випадкового шуму $\vec{\xi}(t)$ у виді тригонометричного ряду (2)

$$\xi(t)=A_1\sin(\Omega_1 t+\Psi_1)+A_2\sin(\Omega_2 t+\Psi_2)+...A_m\sin(\Omega_m t+\Psi_m) \qquad (2)$$

у якому величини амплітуд A_1, A_2, ..., A_m як мінімум на порядок менше, а величини частот Ω_1, Ω_2, ... ,Ω_m як мінімум, на порядок більше відповідних величин сигналу (1). Двічі проінтегрувавши сигнал (1), підставивши замість $\vec{\xi}$

вираз (2). Інтегрування проводиться двічі по двох причинах. Однократне інтегрування недостатньо забезпечує зниження випадкового шуму, і, як наслідок, не дає бажаного збільшення точності вимірів. При багаторазовому інтегруванні виникає похибка алгоритму чисельного інтегрування, що приводить до зниження точності одержуваного результату. Таким чином, двічі проінтегрований сигнал має вигляд $f(t) = dtdt = \frac{Dt^2}{2} - \frac{A}{\Omega^2}\sin(\Omega t + \psi) - \frac{A_1}{\Omega_1^2}\sin(\Omega_1 t + \psi_1) - ... \frac{A_m}{\Omega_m^2}\sin(\Omega_m t + \psi_m)$

Після дворазового інтегрування величина амплітуди кожної із складових сигналу ділиться на квадрат її частоти. З урахуванням того, що величини амплітуд шуму на порядок менше, а величини частот на порядок більше відповідних величин сигналу (1), отримується істотне зниження високочастотних складових сигналу. Подальший хід обчислень зводиться до використання методу заданого діапазону частот. Запропонована нова система базисних функцій (3)

$$\begin{cases} \phi_0(t) = t^2, \\ \phi_1(t) = \cos(\Omega t), \\ \phi_2(t) = \sin(\Omega t), \\ \phi_3(t) = t, \\ \phi_1(t) = 1. \end{cases} \tag{3}$$

Пропонується змінити спосіб обчислення оцінок шуканих параметрів сигналу:

$$D = 2a_{0j}, \Omega = \Omega_{\min}, A = \Omega^2\sqrt{a_{1j}^2 + a_{2j}^2}, \Psi = arct\left(\frac{a_{1j}}{a_{2j}}\right).$$

Запропонований підхід дозволяє досягти десятикратного збільшення точності вимірів при малій тривалості досліджуваного сигналу. Вплив випадкового шуму особливо гостро виявляється на граничних ділянках досліджуваного сигналу. Таким чином, для підвищення точності оцінок сигналу вводиться система вагових коефіцієнтів, відповідно до якої граничним значенням задається найменша вага, що збільшується в міру наближення до центральних значень досліджуваного сигналу. Функція, що визначає значення кожного вагового коефіцієнта w_i, визначена як (4), де N - кількість значень сигналу.

$$W(t) = \sin\left(\frac{\pi}{N}t + \frac{\pi}{2N}\right), \tag{4}$$

Нова система базисних функцій (5) приймає вигляд

$$\begin{cases} \phi_0(t) = W(t), \\ \phi_1(t) = \cos(\Omega t)W(t), \\ \phi_2(t) = \sin(\Omega t)W(t), \end{cases} \tag{5}$$

На величину (4) також збільшуються значення досліджуваного сигналу (1) - $f(t)W(t)$. При застосуванні методу вагової функції обчислення середньоквадратичного відхилення в методі заданого діапазону частот повинне визначатися відповідно до формули

$$S = \sum_{i=0}^{N-1}(P_m(t_i) - f(t_i))^2 W(t_i)\,. \tag{6}$$

Використання (6) дозволяє отримати мінімум середньоквадратичного відхилення відповідний найбільш точному значенню частоти із заданого діапазону [$\Omega_{min}...\Omega_{max}$], і, як наслідок, найбільш точне значення постійної складової сигналу D. Запропонований підхід дозволяє досягти десятикратного збільшення точності вимірів при малій тривалості досліджуваного сигналу, і його використання дозволяє одержати більшу точність оцінок параметрів сигналу (1) у порівнянні з методом подвійного інтегрування. В реальних умовах похибка вимірів при використанні кожного з розглянутих методів може перевищити похибку, отриману шляхом простого усереднення сигналу, що є неприпустимим і може розцінюватися як збійна ситуація. У зв'язку з цим пропонується доповнити метод вагової функції, як кращий із представлених, таким чином, щоб гарантувати величину похибки не перевищуючу похибку усереднення значень сигналу при будь-яких умовах виміру.

Запропоновано використовувати обмеження на вибір оцінок параметрів моделі (1) - ворота, які визначають припустимий діапазон отриманого значення постійної складової сигналу D. З проведених досліджень виявлено, що величина амплітуди низькочастотної складової сигналу (1) складає не більш 10...15 % величини постійної складової сигналу D. Таким чином, у результаті застосування методу заданого діапазону частот, обчислене значення величини $D = a_0$ не повинне перевищити середньоарифметичне значення досліджуваного сигналу $\overline{F}$, на величину (7), де G - величина воріт.

$$G = \pm \overline{F} / 10, \tag{7}$$

Таким чином, з урахуванням уведених доповнень найбільш точним вважається той результат, що знаходиться в інтервалі

$$a_0 \in [\overline{F} \pm G], \tag{8}$$

де a_0 - поточний результат апроксимації, що відповідає D;

та має найменшу середньоквадратичну похибку, розраховану по формулі (6). Якщо жодне з отриманих значень не задовольняє (8), то як шуканий результат виступає середньоарифметичне значення досліджуваного сигналу $\overline{F}$.

Програмна реалізація приведеного алгоритму в складі автоматизованого ваговимірювального комплексу при обмеженому часі зважування дозволяє підвищити точність вимірів у 2...7 разів стосовно усереднення значень сигналу.

Висновки. Проаналізовано методи та засоби підвищення точності та швидкодії автоматизованих ваговимірювальних систем. Визначено, що класичними методами та засобами, заснованими на усередненні вибірки сигналу не можливо забезпечити необхідну точність вимірювань, тому що їхнє використання не враховує особливості вхідного сигналу при автоматизованому зважуванні об'єктів на швидкості руху.

Перелік використаних джерел.

1. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. - М.: Наука, 1967. - 368 с.

2. Фиакко А., Мак-Кормик Г. Нелинейное программирование. Методы последовательной безусловной минимизации: Пер с англ. - М.: Мир, 1972. - 240 с.

3. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. - М.: Наука, 1970. - 664 с.