

Ю.П. САВГЕН, Р.П. МИГУЩЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Застосування вейвлет-перетворення для обробки діагностичних вібраційних інформаційно-вимірювальних сигналів

Діагностичні вібраційні інформаційно-вимірювальні сигнали, які надходять з первинних перетворювачів встановлених на об'єкт діагностування, завжди є функцією амплітуди активного чи пасивного електричного параметра у часі. Проте за такими часовими сигналами досить важко виявити критеріальні ознаки для діагностики цих об'єктів. Діагностика стану об'єктів стає значно зручнішою, коли вібраційні інформаційно-вимірювальні сигнали перетворюють засобами спектрального, регресійного, дисперсійного та ін. аналізу і подають у іншій формі.

Існує багато часто використовуваних перетворень сигналу. Прикладами є перетворення Гілберта, перетворення Фур'є (ПФ), віконне перетворення Фур'є (ВПФ), розподілення Вігнера, перетворення Уолша, вейвлет-перетворення, перетворення Лапласа і багато інших [1]. Для кожного перетворення можна вказати область де його застосування найбільш ефективно, а також переваги та недоліки.

Для вібродіагностики найбільш доцільними є:

- перетворення Фур'є;
- віконне перетворення Фур'є;
- вейвлет-перетворення.

Перетворення Фур'є традиційно є найбільш уживаним. Його застосовують при діагностиці стану промислових об'єктів, в медицині, системах контролю та управління, в системному аналізі і в багатьох інших сферах життєдіяльності людини.

За допомогою ПФ амплітудно-часове представлення сигналу переводиться в частотну область. Частотний спектр, який є сукупністю частотних спектральних компонент, відображає наявність тих чи інших частот в сигналі і наочно демонструє ознаки, які неможливо відобразити в часовій області [2].

Переваги ПФ поширюються лише на стаціонарні сигнали. Для нестационарних у часі сигналів виникають методичні похибки. Для усунення методичних похибок при застосуванні ПФ на практиці використовують віконне перетворення Фур'є (ВПФ). У ВПФ фактично нестационарний у часі сигнал розбивають на інтервали (вікна), в межах яких сигнал вважається стаціонарним.

На відміну від ПФ, ВПФ локалізує пікові значення перетворення на різних інтервалах часу у відповідності з вихідним сигналом. Проте, чітке представлення сигналу в частотно-часовій області досягається правильним вибором ширини вікна.

Проблеми ВПФ мають свої корні в явищі, яке називають принципом невизначеності Гейзенберга. За цим принципом, при застосуванні до частотно-часового перетворення, неможливо отримати довільно точні представлення

сигналу по частоті і за часом. Відносно ВПФ це значить що при виборі вузького вікна можна очікувати на хорошу роздільну здатність по частоті і погану за часом. Широке вікно призводить до протилежних результатів.

Не зважаючи на те, що принцип невизначеності Гейзенберга має фізичний характер, існує відносно новий альтернативний підхід до аналізу нестационарних сигналів, який називається кратномасштабним аналізом або вейвлет-аналізом. При вейвлет-перетворенні аналізується сигнал на різних частотах і з різною роздільною здатністю одночасно [3].

Вейвлет-перетворення дозволяє отримати хороше розрішення за часом (погане за частотою) на високих частотах, і хороше розрішення за частотою (погане за часом) на низьких частотах. Такий підхід стає особливо ефективним коли вихідний сигнал має високочастотні складові малої протяжності і протяжні низькочастотні складові. Вимірювальні вібраційні інформаційно-вимірювальні сигнали якраз і мають таку фізичну природу.

Вейвлет-аналіз – це сучасний і перспективний метод обробки даних.

На даний момент вейвлет-перетворення класифікують на:

- неперервне вейвлет-перетворення;
- дискретне вейвлет-перетворення.

У неперервному вейвлет-перетворенні виділяють дискретизоване вейвлет-перетворення, яке використовують для вирішення прикладних задач.

Пряме вейвлет-перетворення виконується відповідно до виразу

$$W_{\psi}(a, b)X = \frac{1}{\sqrt{C_{\psi}}} \int \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) X(t) dt, \quad (1)$$

де $W_{\psi}(a, b)X$ – вейвлет-коефіцієнти;

$\psi(t)$ – материнський вейвлет;

a і b – параметри, які визначають відповідно масштаб (частоту) і зсув (час) функції $\psi(t)$;

C_{ψ} – нормувальний множник.

Щодо представлення вейвлет-зображення, то на основі визначення вейвлет-перетворення (1) очевидно, що воно здійснює перетворення одномірного сигналу в набір вейвлет-коефіцієнтів, які представляють собою функцію двох змінних – масштабу і зсуву. Самі вейвлет-зображення подають у вигляді тримірних графіків.

Вказане перетворення надає великі можливості при обробці нестационарних вібросигналів та діагностуванні вібраційних об'єктів. Саме тому вейвлет-перетворення широко використане в дослідженнях.

Список литературы:

1. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Н. М. Астафьева // Успехи физических наук. – 1996. - №11 - С. 1145-1152.
2. Дремин И. М. Вейвлеты и их использование / И. М. Дремин, О. В., Иванов и др. // Успехи физических наук. 2001. - №5. - С. 465-490.
3. Воробьев В. И. Теория и практика вейвлет-преобразования / В.И. Воробьев // Обзоры актуальных проблем. -1999.-№ 1. - С. 4-11.