

ISSN 2222-8594

# **НАУКОВИЙ ВІСНИК**

**НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
УКРАЇНИ**

**184**

**ЧАСТИНА ПЕРША**

Серія "Техніка та енергетика АПК"

Київ – 2013

## **Національний університет біоресурсів і природокористування України**

Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія "Техніка та енергетика АПК"/ Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К.: ВЦ НУБіП України, 2013. – Вип. 184, ч.1. – 283 с.

Висвітлено результати наукових досліджень, проведених працівниками НДІ електроенергетичних систем Національного університету біоресурсів і природокористування України, навчальних закладів Міністерства аграрної політики та продовольства України і науково-дослідних інститутів НААН України.

**Редакційна колегія:** Д.О. Мельничук (відповідальний редактор), В.П. Лисенко, В.О. Дубровін, М.Д. Мельничук, В.В. Козирський, О.М. Берека (заступники відповідального редактора), А.В. Витриховська (відповідальний секретар), О.Ю. Синявський (заступник відповідального секретаря), В.В. Бойко, В.В. Василенко, Ю.Б. Гнучій, В.Г. Горобець, А.В. Жильцов, Г.Б. Іноземцев, В.В. Каплун, І.П. Кондратенко, В.В. Решетюк, Л.С. Червінський, Р.О. Амерханов, А. Хоховський, Т.В. Морозюк.

Відповідальний за випуск О.Ю. Синявський

Рекомендовано до друку Вченою радою НУБіП України, протокол № 8 від 27.03.2013 р.

Адреса редколегії: 03041, Київ-41, вул. Героїв Оборони, 15,  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України, тел. 527-82-41

© Національний університет біоресурсів і  
природокористування України, 2013

## ФІЛЬТРАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ КАНАЛІВ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БІОТЕХНІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

*В.П. Лисенко, В.М. Решетюк, В.М. Штепа,  
кандидати технічних наук*

*Проаналізовано передумови використання перетворення Гільберта-Хуанга для очищення інформаційних сигналів від шумів, досліджено різні способи реалізації перетворення Гільберта-Хуанга.*

***Фільтрація, інформаційний канал, зашумленість, прогнозування.***

Традиційні методи аналізу даних, призначені, як правило, для лінійних і стаціонарних сигналів та систем [1]. Разом із тим очевидно, що багато інформаційних каналів систем спеціального призначення не відповідають таким початковим вимогам, однак, при цьому, фільтрація є обов'язковою умовою подальшого опрацювання даних [1–3]. Саме тому необхідною умовою адекватного представлення сигналів є можливість формування адаптивного базису, який функціонально залежатиме від змістової складової самого сигналу, а не буде попередньо вибраним та незмінним, як у класичних підходах.

Таким вимогам відповідає перетворення Гільберта-Хуанга (ННТ), під яким розуміють метод частотно-часового аналізу на основі емпіричної модової декомпозиції (EMD) нелінійних та нестационарних процесів і Гільбертів спектральний аналіз (HSA) [2-4].

Однак, нині розроблено та апробовано три основні способи реалізації перетворення Гільберта-Хуанга для очищення сигналів. Саме тому зручність та очевидність кожного із них доцільно перевірити.

**Мета досліджень** – дослідити основні методи реалізації перетворення Гільберта-Хуанга у контексті фільтрації інформаційних сигналів.

**Матеріали та методика досліджень.** Загалом метод EMD базується на припущенні, що будь-який набір даних вміщує різні режими коливальних процесів [2-4]. Кожен із таких коливальних режимів може бути представлений функцією внутрішньої моди (IMF) з відповідними обмеженнями: кількість екстремумів і кількість нульових перетинів функції повинні бути рівними або відрізнятись не більше ніж на одиницю; у будь-якій точці функції середнє значення огинаючих кривих, які визначені локальними екстремумами, має дорівнювати 0.

Тобто IMF являють собою коливальні режими, які замість постійних амплітуди та частоти можуть мати змінні амплітуду та частоту, як функції часу.

Суть EMD полягає в послідовному (ітераційному) встановленні функцій емпіричних мод  $c_j(t)$  і залишків  $r_j(t) = r_{j-1}(t) - c_j(t)$ , де  $j = 1, 2, 3, \dots, n$  при  $r_0 = y(t)$ . Результатом розкладання буде представлення сигналу в вигляді суми модових функцій і кінцевого залишку [2, 4]:

$$x(t) = \sum_{j=1}^n c_j(t) + r_n(t), \quad (1)$$

де  $n$  — кількість емпіричних мод, яка встановлюється під час розрахунків.

Дослідження [2-4] показали, що відповідний адаптивний базис хоча і не визначений аналітично, але задовольняє вимогам традиційних базисів: завершеності, сходимості, ортогональності та єдиності (твердження спірне).

За модельний сигнал візьмемо часовий ряд сонячної радіації, який характеризується нелінійністю та нестационарністю, що задовольняє наші вимоги щодо запланованих досліджень.

Використаємо для досліджень часовий відрізок у 6 год (дані отримані інформаційно-вимірювальною системою (ІВС), яка встановлена у Броварському районі Київської області), що технологічно обґрунтовано з точки зору ширини часового вікна для подальших предиктів, та програмне забезпечення В.А. Давидова та А.В. Давидова, в яке внесено ряд об'єктно-орієнтованих змін [5].

**Результати досліджень.** Досліджуваний часовий відрізок продовжено на кінцевих ділянках на 1 % (43 точки) для усунення помилок перетворення на кінцевих інтервалах оброблюваного масиву даних. Також здійснено його центрування стосовно середньоарифметичного значення – 133,807 Вт/м<sup>2</sup>.

Потім, згідно з відомим алгоритмом [4, 5], отриманий сигнал розклали на IMF (рис. 1).

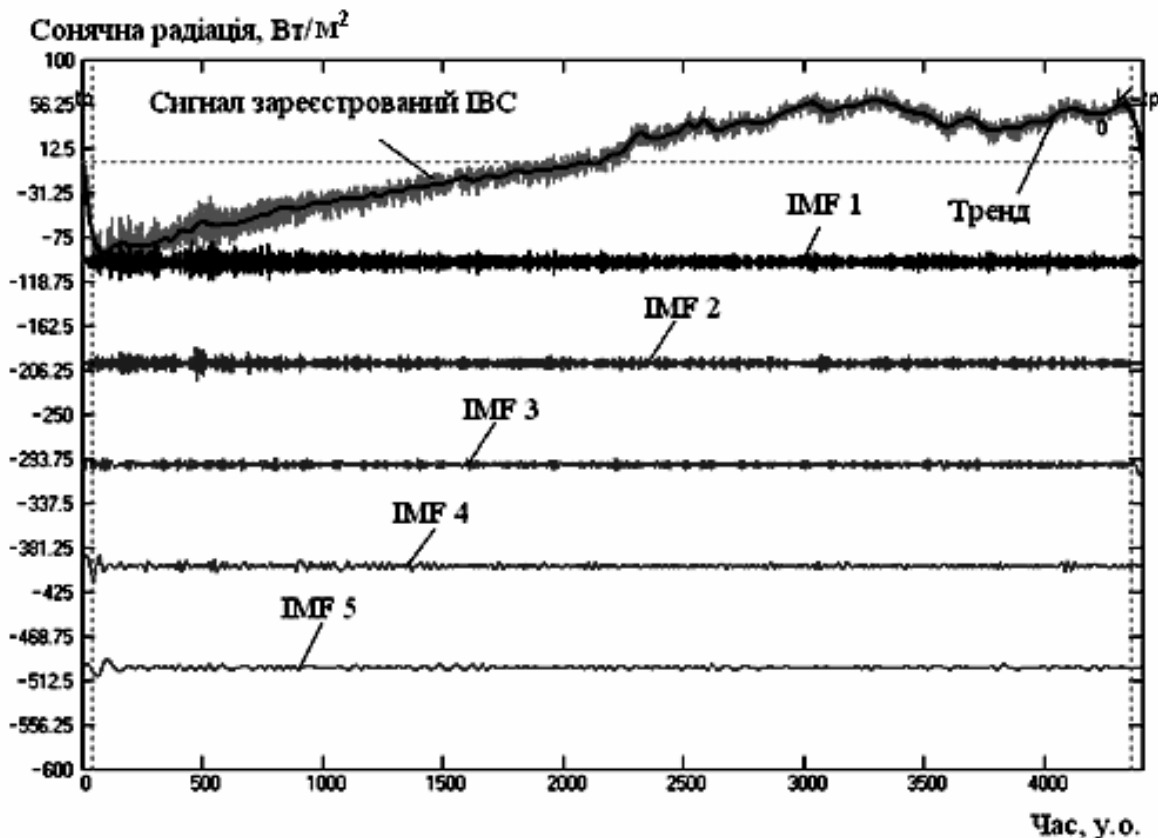
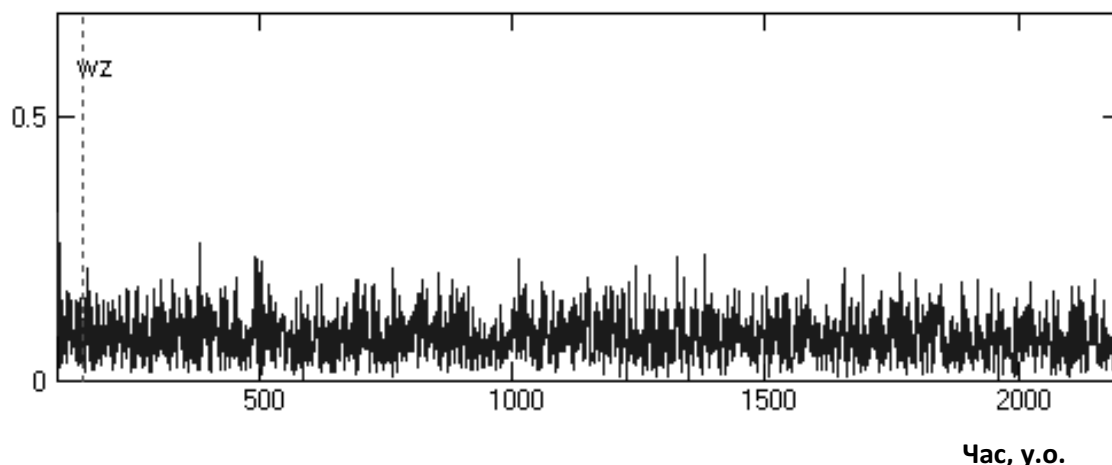


Рис. 1. Розкладання вхідного сигналу на IMF

Перший відомий спосіб очистки сигналу від шумів полягає у прямому вирізанні високочастотних шумів із спектра з наступним переведенням у тимчасову область, як першу функцію IMF [3, 4]. Спосіб найбільш простий і швидкий, але може застосовуватися тільки в тому випадку, якщо в спектрі сигналу добре виражена найвища частота його інформаційної складової. У нашому випадку важко визначити найвищу частоту (рис. 2), тому такий метод реалізації перетворення Гільберта-Хуанга застосовувати не будемо.



**Рис. 2. Модуль спектра сигналу (головний діапазон)**

Інший спосіб базується на вирізанні високочастотних шумів із спектра сигналу і перенесення в тимчасову область як початкову функцію  $h_1(k)$  у відповідне рівняння при виконанні EMD (операція обчислення  $h_1(k)$  за (1) не виконується).

При установці порога відсічення шумів, що зачіпає верхню бічну смугу модуляції сигналу, частота модуляції виділяється в IMF-1b, як правило, може бути візуально зафіксована.

Це дозволяє змінити (зрушити вправо) для процесу виділення IMF-1b поріг відсічення залишкових шумів (з  $\omega_1$  на  $\omega_2$ ) і виділити функцію IMF-2 з мінімальним «засміченням» і мінімальною метрикою з  $f_1$ .

Однак, як і у випадку першого способу, дуже складно, аналізуючи модуль спектра часового ряду сонячної радіації, встановити пороги відсічення. Саме тому приходимо до аналогічного висновку, як і у випадку першого способу.

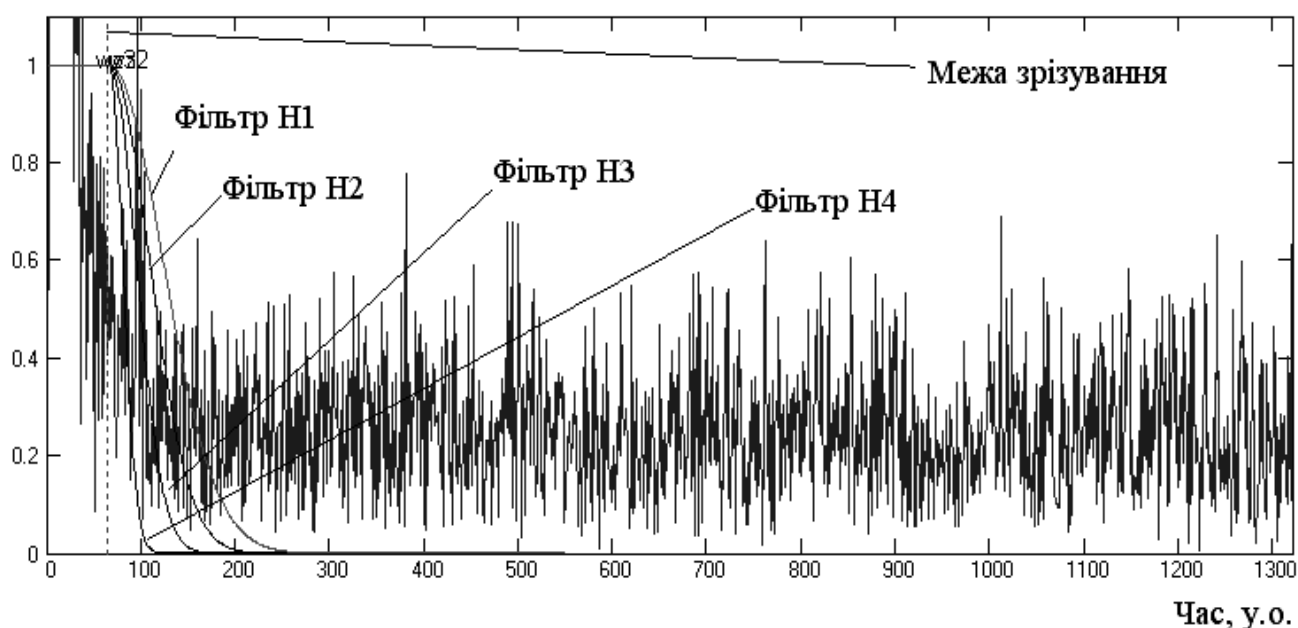
Також відомо спосіб [3], який базується на формуванні в частотній області передавальної функції  $H(\omega)$  низькочастотного фільтра із верхньою граничною частотою зрізу згідно з початком високочастотних шумів, множенні спектра сигналу на  $H(\omega)$ , переведенні результату фільтрації в тимчасову область і використання його як початкову (стартову) функцію  $m_1(k)$  в (2).

Для встановлення межі зрізування розраховуємо відфільтрований сигнал та обчислюємо кут розбіжності з вхідним сигналом. Такий кут мак-

симальний для першого вікна і поступово зменшується у міру збільшення зсуву вікна розрахунків спектром сигналу. Але це зменшення нерівномірно і в області межі інформаційної частини сповільнюється, у зв'язку зі стійкістю відсіву статистичних шумів і слабкою залежністю від меж фільтрів і ширини їхніх перехідних зон.

Уповільнення можна зафіксувати за локальним мінімумом похідною зміни кута розбіжності.

Таким чином, нами була встановлена межа зрізування – 65 у.о. (рис. 3); верхня межа повного придушення високочастотних складових всіх фільтрів – однакова.



**Рис.3. Модуль спектра часового ряду сонячної радіації з відповідними налаштуваннями**

Також прийняли, що очищення від шумів часового ряду сонячної радіації потребуватиме проведення чотириразового відсіву шумів, тобто формування  $IMF-1 = IMF1a + IMF1b + IMF1c + IMF1d$  (рис. 4). Денормувавши відфільтрований сигнал, встановили кількість шумових складових у вхідному сигналі – 23,762 % (рис. 5).

### Висновки

1. Враховуючи підтверджену ефективність використання та відносно нескладну програмну реалізацію, математичний фільтр на основі перетворення Гільберта-Хуанга доцільно використовувати для аналізу (фільтрації) інформаційних каналів систем спеціального призначення.

2. Серед переліку відомих способів реалізації перетворення Гільберта-Хуанга, найзручнішим щодо практичного використання, є спосіб, який базується на формуванні в частотній області передавальної функції  $H(\omega)$  низькочастотного фільтра із верхньою граничною частотою зрізу згідно з початком високочастотних шумів.

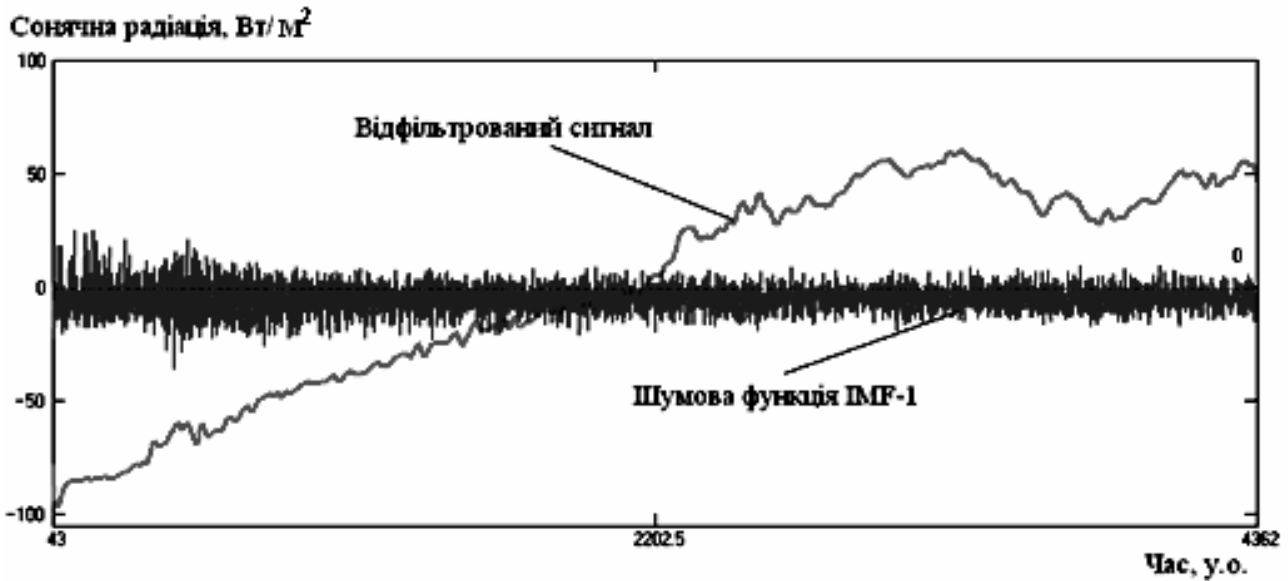


Рис. 4. Результати фільтрації часового ряду сонячної радіації м<sup>2</sup>

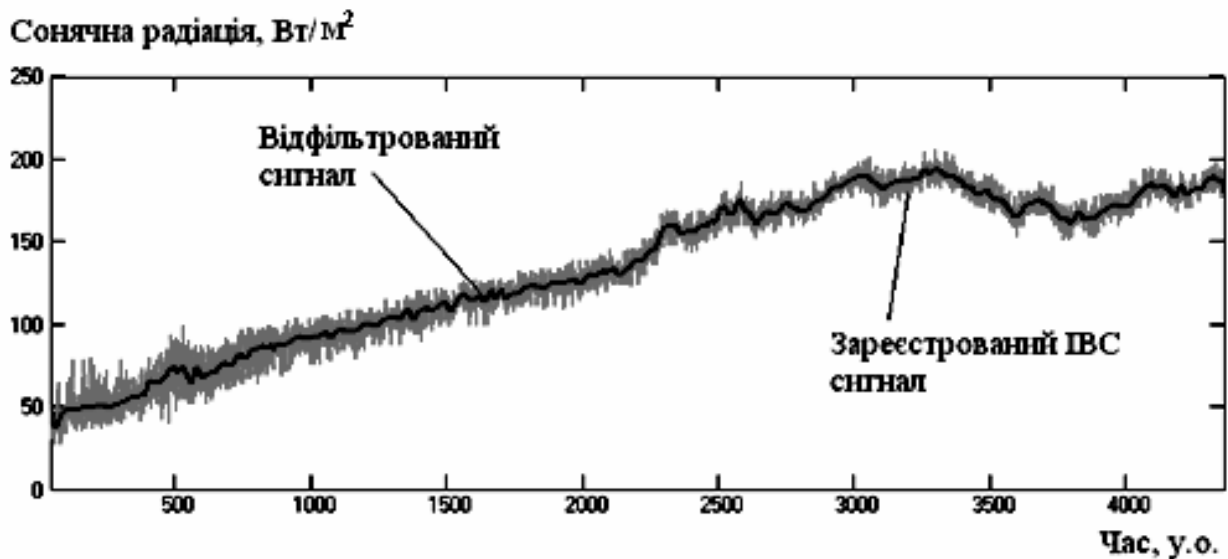


Рис. 5. Накладання вхідного та відфільтрованого сигналів часового ряду сонячної радіації

#### Список літератури

1. Отнес Р. Прикладной анализ временных рядов / Р. Отнес, Л. Эноксон. – М.: Мир, 1982. – 428 с.
2. Huang N. E., Shen Z., Long S. R., Wu M. C., Shih H. H., Zheng Q., Yen N.-C., Tung C. C., and Liu H. H. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis. Proceedings of R. Soc. London, Ser. A, 454, pp. 903-995, 1998.
3. The Hilbert-Huang transform and its applications / editors, Norden E. Huang, Samuel S.P. Shen. - World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 5 Toh Tuck Link, Singapore 596224.
4. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear

and nonstationary time series analysis / Huang N. E., Shen Z., Long S. R., Wu M. L. [and others]. — Proc. R. Soc. London, 1998. — Vol. 454. — P. 903—995.

5. <http://prodav.narod.ru/>

*Проанализированы предпосылки использования преобразования Гильберта-Хуанга для очистки информационных сигналов от шумов, исследованы разные реализации преобразования Гильберта-Хуанга.*

***Фильтрация, информационный канал, зашумленность, прогнозирование***

*Analyzed the preconditions of Hilbert-Huang transform to clean data signals from noise, studied different implementations Hilbert-Huang transform.*

***Filtering, information channel, noise, forecasting.***