

ВИДАЛЕННЯ ШУМОВИХ КОМПОНЕНТ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ

З моменту використання інформаційних сигналів, виникла проблема зашумлення сигналу. Ця проблема є однією із найбільш актуальних і поширених проблем у сфері обробки інформаційних сигналів загалом і при стисненні сигналів зокрема. Локальна зашумленість сигналу при його стисненні може бути хибно прийнята за його характерні особливості, що призведе до значного ускладнення алгоритму стиснення, а також негативно вплине на якість стиснення. Розробка і покращення вже існуючих методів видалення шумових компонент із інформаційного сигналу та подальшого його стиснення (відновлення) є актуальною науково-практичною проблемою.

Ключові слова: вейвлет-аналіз, тип порогового значення, інформаційний сигнал із наявністю шуму.

Вступ: З моменту використання інформаційних сигналів, виникла проблема зашумлення сигналу. Ця проблема є однією із найбільш актуальних і поширених проблем у сфері обробки інформаційних сигналів загалом і при стисненні сигналів зокрема. Локальна зашумленість сигналу при його стисненні може бути хибно прийнята за його характерні особливості, що призведе до значного ускладнення алгоритму стиснення, а також негативно вплине на якість стиснення. Розробка і покращення вже існуючих методів видалення шумових компонент із інформаційного сигналу та подальшого його стиснення (відновлення) є актуальною науково-практичною проблемою.

Мета: дослідити інформаційний сигнал за рахунок накладання шуму та вибір порогових функцій: SURE та Universal Threshold. Вибирати тип вейвлетів (Добеші, Сімлеті, Біртогональні, Койфлеті) для проведення знешумлення сигналу. Та застосувати вейвлет-перетворення до зашумленого сигналу, щоб вейвлет-коефіцієнти, значення яких більше за порогове значення – відкинути. Потім із коефіцієнтами, які залишилися провести зворотнє вейвлет перетворення і отримати в залежності від порогової функції та типу вейвлету знешумлений сигнал.

Матеріал і результати досліджень: Розглянемо інформаційний сигнал електричної напруги з провалом (Рис. 1) [1].

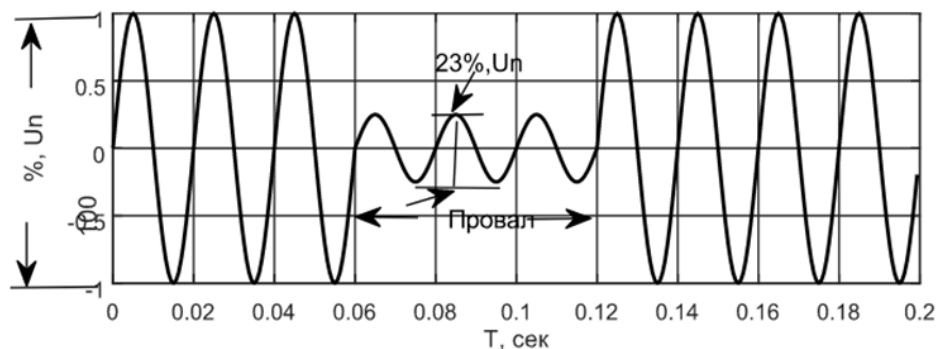


Рисунок 1 – Провал електричної напруги

Інформаційний сигнал – це здатність системи таким чином змінювати свої параметри, що інша система розуміє сутність змін [2]. Провал напруги – це раптове значне пониження напруги в точці електричної мережі, за яким слідує відновлення напруги до первинного або близького до нього рівня через проміжок часу від декількох періодів до декількох десятків секунд.

Тривалість провалу напруги Δt_{np} – інтервал часу між початковим моментом провалу напруги і моментом відновлення напруги до первинного або близького до нього рівня, тобто

$$\Delta t_{np} = t_{від} - t_{поч} \quad (1)$$

Тривалість і глибина провалу напруги Δt_{np} складає від декількох періодів до декількох десятків секунд. Провал напруги характеризується інтенсивністю і глибиною провалу δU_{np} , що є різницею між номінальним значенням напруги і мінімальним діючим значенням напруги U_{min} впродовж провалу напруги, і виражається у відсотках номінального значення напруги або в абсолютних одиницях.

Величина δU_{np} визначається таким чином:

$$\delta U_{np} = \frac{U_n - U_{min}}{U_n} \cdot 100\% \quad (2)$$

або,

$$\delta U_{np} = U_n - U_{min} \quad (3)$$

Інтенсивність провалів напруги m^* є частотою появи в мережі провалів напруги певної глибини і тривалості, тобто

$$m^* = \frac{m(\delta U_{np} \cdot \Delta t_{np})}{M} \cdot 100\% \quad (4),$$

де $m(\delta U_{np} \cdot \Delta t_{np})$ - число провалів напруги глибиною δU_{np} і тривалістю Δt_{np} за час Т; М – сумарне число провалів напруги за час Т.

Деякі види електроприймачів чутливі до провалів напруги, що виникають у більшості випадків при коротких замиканнях і мережі, тому в таких приймачів передбачається заходи по зниженню тривалості, інтенсивності і глибини провалів напруги.

Наступним кроком буде моделювання ситуації зашумлення сигналу. Для цього накладемо шумову компоненту на даний сигнал (рис. 2,3).

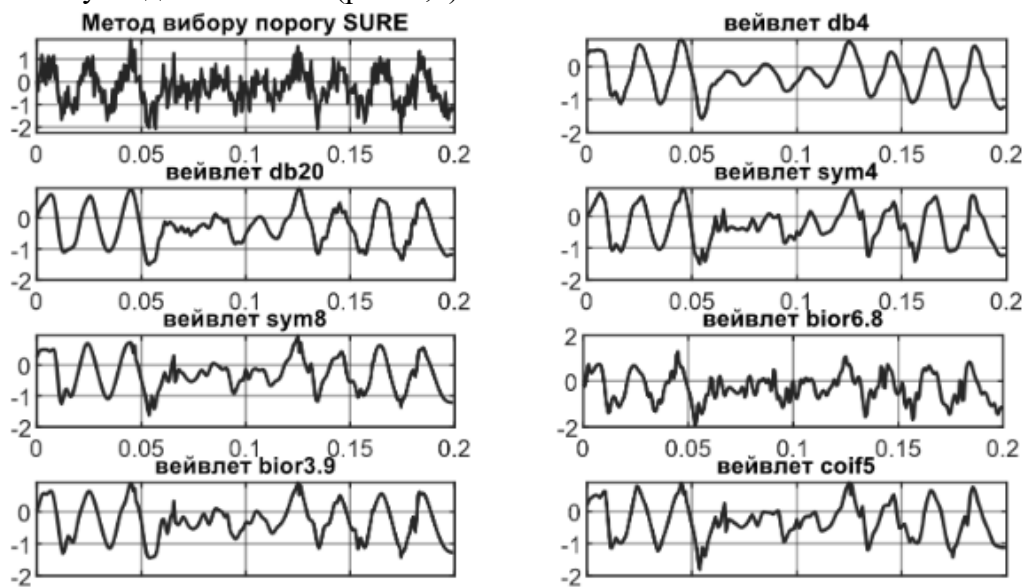


Рисунок 2 – Зашумлений сигнал (SNR = 90)

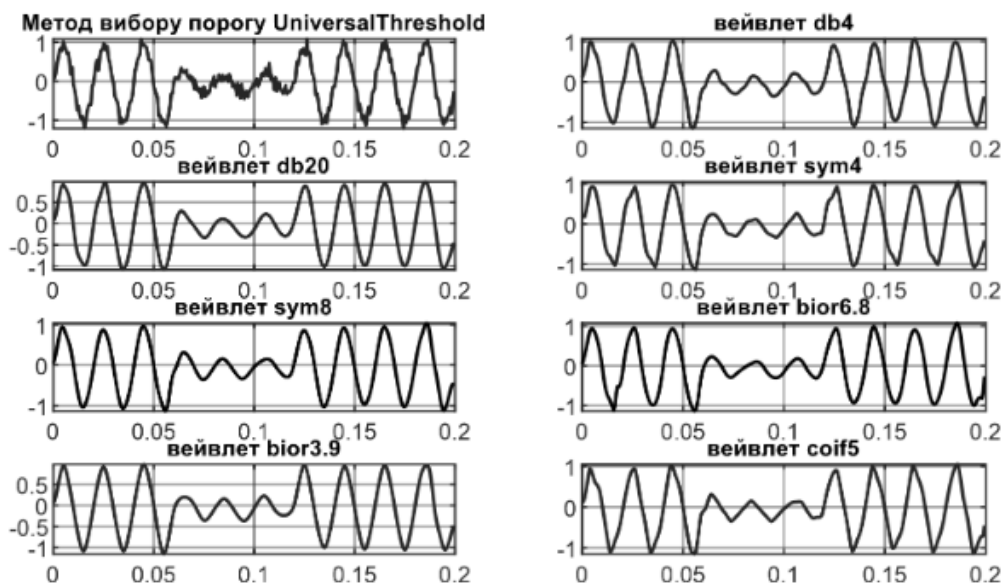


Рисунок 3 – Зашумлений сигнал (SNR = 40)

Шумова компонента сигналу розподіляється за усіма вейвлет-коефіцієнтами порівну. Оскільки шумова компонента (вектор $\xi_i = \{\xi_i\}$) є білим шумом, його ортогональне перетворення у базисі $\beta = \{g_m\}$, $0 < m < N$ також буде білим шумом.

Відповідно до цього запишемо

$$Y_{\beta}[m] = f_{\beta}[m] + \xi_{\beta}[m], \quad (5)$$

де $\xi_{\beta}[m]$ - коефіцієнти ортогональної декомпозиції білого шуму;

$f_{\beta}[m] = (f, \psi)$ - вейвлет-декомпозиція даних, із яких видалено шум.

Порогова обробка у вейвлет-базисі має вигляд

$$f' = \sum_{i=L+1}^J \sum_{m=0}^{2^{-j}} \rho_T((Y, \psi_{j,m})) \psi_{j,m} + \sum_{m=0}^{2^{-j}} \rho_T((Y, \varphi_{J,m})) \varphi_{J,m} \quad (6)$$

де ортонормований базис β складається із сімейства ортогональних векторів

$$\beta = \{\{\psi_{j,m}[n]\}_{L < j \leq J, 0 \leq m \leq 2^{-j}}, \{\varphi_{J,m}[n]\}_{0 \leq m < 2^{-j}}\} \quad (7)$$

Ризик порогової обробки визначається так:

$$R(f) = R(t(f'), f) = |f_{\beta}[m] - \rho_T[m]|^2 \quad (8)$$

Оскільки у вейвлет-базисі коефіцієнти з великою амплітудою належать до переривчастих змін сигналу, оцінка зберігає тільки переривчасті складові, що належать сигналу, без додавання інших складових, обумовлених шумом. Таким чином, порогова обробка є еквівалентною оцінці сигналу його усередненням за допомогою ядра, яке локально адаптоване до гладкості сигналу.

Signal to noise ratio (SNR) - це відношення сигнал-шум,

$$SNR = \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \quad (6)$$

Представляє собою відношення потужності сигналу (середньої чи миттєвої) P_c до $P_{\text{ш}}$ потужності шуму, є важливим фактором в будь-якій комунікаційній системі. Найчастіше його виражають в децибелах, як $10\lg(P_c/P_{\text{ш}})$ дБ [3].

Метод SURE (Stein unbiased risk estimation) - метод універсального порогу та min і max. Цей алгоритм вибору вейвлетного порогового значення зазвичай використовується в ортогоналі декомпозиції, тобто для проведення аналізу з різною роздільною здатністю та перетворенням пакетних вейвлетів.

Universal Threshold Method - метод спочатку приймає універсальне порогове значення як базове порогове значення. А потім представляється новий індекс кореляції на основі теорії вейвлет-кореляції. Потім, новий поріг отримується за допомогою індексу кореляції для покращення основного порогу.

Наступним кроком вибираємо порогові функції : SURE та Universal Threshold.

Потім вибираємо типи вейвлетів (Добеші, Сімлеті, Біортогональні Койфлеті) і проводимо знешумлення сигналу.

Застосовуємо вейвлет-перетворення до зашумленого сигналу, важливо зазначити, що вейвлет-коефіцієнти, значення яких більше за порогове значення – відкидаються.

Потім із коефіцієнтами, які залишилися проводимо зворотнє вейвлет-перетворення і отримуємо в залежності від порогової функції та типу вейвлету знешумлений сигнал (рис.2 та рис.3).

Висновок: За результатами досліджень бачимо, що цілком можливо прибрати шум з сигналу не деформувавши його використовуючи різні типи вейвлетів (Добеші, Сімлеті, Біортогональні Койфлеті).

Список використаних джерел:

1. Волошко А.В. Метод класифікації інформаційних сигналів за допомогою побудови оптимального дерева вейвлет-перетворення/А.В. Волошко, Т.М. Лутчин, Д. Ю. Терещенко// Енергетика, екологія. Людина. - 2012. С. 81–85.
2. Левкович О. В. Інформаційні сигнали в економічних субсистемах [Електронний ресурс] / Левкович О. В. // Ефективна економіка. — 2017. — № 7. — Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5699> . — Назва з екрана.
3. Voloshko A. V. Removing noise components of information signals by using orthogonal wavelet transform [Електронний ресурс] / A. V. Voloshko, R. Almabrok – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.15407/emodel.42.05.097>.

REMOVAL OF NOISE COMPONENTS OF INFORMATION SIGNALS USING WAVELET TRANSFORMS

Since the use of information signals, the problem of signal noise has arisen. This problem is one of the most relevant and widespread problems in the field of information signal processing in general and in signal compression in particular. The local noise of the signal during its compression can be mistaken for its characteristic features, which will lead to a significant complication of the compression algorithm, as well as negatively affect the quality of compression. The development and improvement of already existing methods of removing noise components from the information signal and its subsequent compression (restoration) is an actual scientific and practical problem.

Keywords: *wavelet analysis, type of threshold value, information signal with noise.*