

ВИДАЛЕННЯ ШУМОВИХ КОМПОНЕНТ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ОРТОГОНАЛЬНИХ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕНЬ

Вступ: З появою сигналів, людство зіткнулося з таким явищем, як зашумлення сигналу або іншими словами шум в сигналі. Цю проблему часто приймали за природні характеристики сигналу, що викликало труднощі в роботі з сигналом.

Загалом шуми в сигналі - це будь-які випадкові, небажані зміни або коливання, які заважають сигналу. Якщо розглядати інформаційні сигнали в електричній мережі, то поняття шум зміниться на "електричний шум" і матиме більш точне визначення. Такі небажані зміни в сигналі спонукали до розробки нових і вдосконалення вже існуючих методів видалення шумових компонент з інформаційного сигналу в електричних мережах, та є актуальною науково-практичною проблемою.

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

Мета: дослідити інформаційний сигнал в електричній мережі та змодельовати накладання електричних шумів на сигнал та здійснити вибір порогових функцій: SURE та Universal Threshold. Вибирати тип вейвлетів (Добеші, Сімлети, Біортогональні, Койфлети) для проведення знешумлення сигналу. Та застосувати вейвлет-перетворення до зашумленого сигналу, щоб вейвлет-коефіцієнти, значення яких більше за порогове значення, можна було відкинути. Потім із цими 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 в електричній мережі, що являє собою реальний сигнал - споживання електроенергії, виміряне протягом 3 днів (Рис. 1) [1].



Рисунок 1 - Споживання електроенергії, виміряне протягом 3 днів

Цей сигнал є особливо цікавим через шум, внесений дефектом обладнання для моніторингу, який виник під час проведення вимірювань.

Шум в сигналі – це все те, що не є сигналом, будь-які випадкові, небажані зміни або коливання, які впливають і спотворюють сигнал. Електричний шум - це явище, яке може впливати на будь-яку електричну установку, зокрема пристрої, підключені до мережі та системи зв'язку[2]. До нього відносяться бажані та випадкові хвилі, що створюються магнітними полями, які генеруються електричним обладнанням, джерелами живлення і практично будь-якими елементами, через які він циркулює. Такі небажані сигнали (шуми) можуть "просочуватися" через мережу і досягати інших пристроїв в мережі. Тобто передаючи зашумлений сигнал, через електричну мережу, він може досягти електричного пристрою і спричинити зміни в його роботі. Для подальшого розгляду сигнал буде додатково зашумлений, для кращого прояву шуму. Моделювання зашумлення сигналу проведено в програмі "MATLAB", для цього накладемо шумову компоненту на даний сигнал (рис. 2,3).

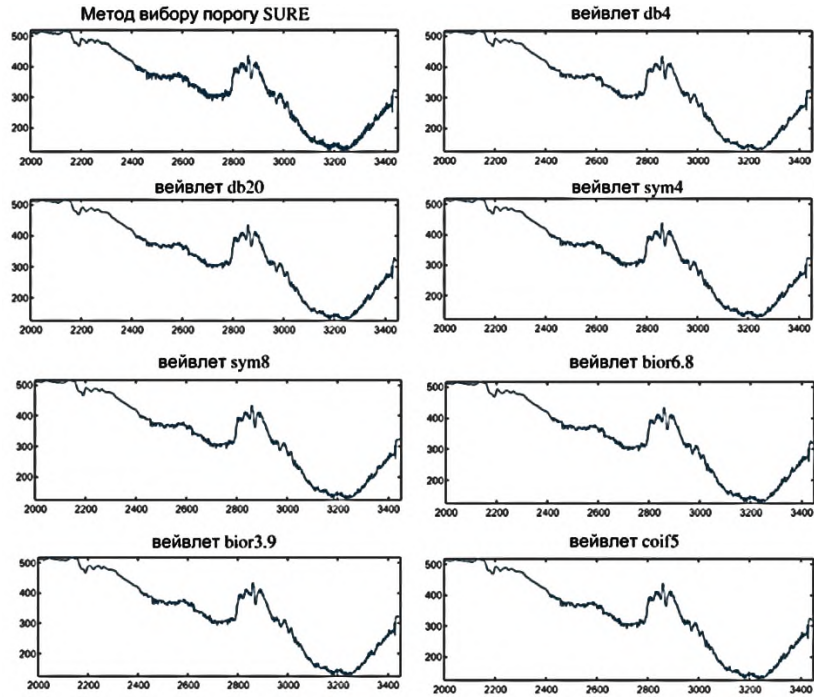


Рисунок 2 – Зашумлений сигнал (SNR = 90)

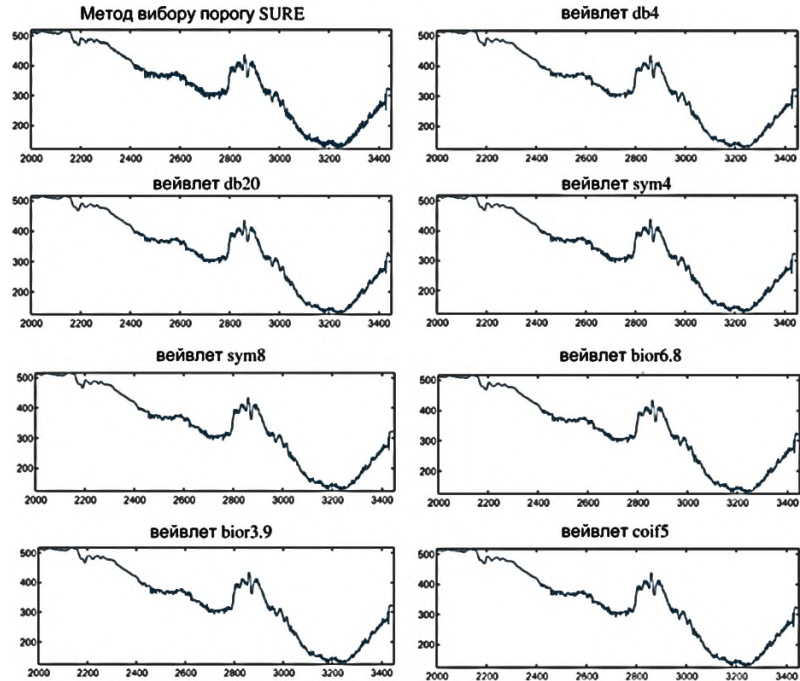


Рисунок 3 – Зашумлений сигнал (SNR = 40)

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

$$Y_\beta[m] = f_\beta[m] + \xi_\beta[m], \quad (1)$$

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 матиме вигляд

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

де ортонормований базис β складається із сімейства ортогональних векторів

$$\beta = [\{\psi_{j,m}[n]\}_{L < j \leq J, 0 \leq m \leq 2^{-j}}, \{\varphi_{J,m}[n]\}_{0 \leq m < 2^{-j}}] \quad (3)$$

Ризик порогової обробки визначається так:

$$R(f) = R(t(f'), f) = |f_{\beta}[m] - \rho_T[m]|^2 \quad (4)$$

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. Отже, 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,

$$SNR = \frac{P_c}{P_{ш}} \quad (5)$$

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

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

Universal Threshold Method - метод який спочатку приймає універсальне порогове значення як основне 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. Використовуємо вейвлет-перетворення до зашумленого сигналу, та слід пам'ятати, що вейвлет-коефіцієнти, значення яких більше за порогове значення – потрібно відкинути. Далі 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 встановлено, що шум в сигналі, отриманий під час вимірювань і шум штучно накладений можна прибрати з сигналу не деформувавши його, використовуючи різні типи вейвлетів (Добеші, Сімлеті, Біортогональні Койфлеті).

Список використаних джерел:

- 1.Using Wavelets (Wavelet Toolbox). URL: http://www.ece.northwestern.edu/localapps/matlabhelp/toolbox/wavelet/ch02_u111
- 2.What is electrical noise? URL: <https://bepebblex.com/en/electric-noise-smart-batteries/>
- 3.Voloshko A. V. Removing noise components of information signals by using orthogonal wavelet transform [Електронний ресурс] / A. V. Voloshko, R. Almbrok – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.15407/emodel.42.05.097>
- 4.Luo G., Chang D. Wavelet Denoising //Advanced in Wavelet Theory and Their Applications in Engineering. Physics and Technology. – Режим доступу до ресурсу: www.intechopen.com.

Reference:

- 1.Using Wavelets (Wavelet Toolbox). URL: http://www.ece.northwestern.edu/localapps/matlabhelp/toolbox/wavelet/ch02_u111
- 2.What is electrical noise? URL: <https://bepebblex.com/en/electric-noise-smart-batteries/>
- 3.Voloshko A. V. Removing noise components of information signals by using orthogonal wavelet transform [Електронний ресурс] / A. V. Voloshko, R. Almbrok – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.15407/emodel.42.05.097>
- 4.Luo G., Chang D. Wavelet Denoising //Advanced in Wavelet Theory and Their Applications in Engineering. Physics and Technology. – Режим доступу до ресурсу: www.intechopen.com.