

УДК 621.31

В.А. Готович, С.В. Марценко, канд. тех. наук.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

V.A. Gotovych, S.V. Marcenko, Ph.D.

APPLICATION OF WAVELET TRANSFORM FOR EVALUATION CHARACTERISTICS OF POWER QUALITY

Забезпечення належної якості електроенергії є одним із актуальних завдань сучасної енергетики. Щорічні збитки внаслідок неякісної електроенергії лише в Європі сягають десятків млрд. євро [1]. У відповідних нормативних документах [2] визначено характеристики якості електроенергії, їх нормативні значення та методи вимірювання. Чинні стандарти по якості електроенергії, поряд із визначеними методами, не забороняють використання альтернативних методів оцінювання характеристик якості. В даній роботі пропонується використання для оцінювання характеристик якості електроенергії вейвлет-перетворення.

Вейвлет-перетворення – відносно новий та прогресивний метод дослідження, в першу чергу, нестационарних процесів, який знайшов застосування в акустиці, розпізнаванні образів, обробці зображень, задачах стиснення інформації тощо. Вейвлет-перетворення не є заміною перевіреному практикою перетворенню Фур'є. Воно доповнює його. Володіючи доброю роздільною здатністю як в часі та і по частоті, вейвлет-перетворення дозволяє не лише встановити спектральний склад сигналу (як і перетворення Фур'є), але також визначити в часі моменти наявності в сигналі складових (чого перетворення Фур'є зробити не в змозі), розриви сигналу, зміни амплітуди, частоти. Ці властивості зумовлюють можливість застосування вейвлет-перетворення для оцінювання характеристик якості електроенергії. В літературі описано приклади такого застосування, наприклад, при розробці методів моніторингу характеристик якості [3], вимірюванні значень гармонік сигналу напруги [4] тощо.

Вейвлетами називаються специфічні функції у вигляді коротких хвилюнок (сплесків), які характеризуються нульовим середнім значенням, локалізацією по осі незалежної змінної (t або x) а також здатністю до зсуву та масштабування (розтягування / стискання) по цій осі:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0. \quad (1)$$

Вейвлети (1) називаються базисними функціями або ж “материнськими”. Пряме вейвлет-перетворення функції $f(t)$, визначеної на дійсній осі $R(-\infty, \infty)$, енергія якої є

скінченною $E_f = \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt < \infty$, визначається у вигляді суми по всій тривалості в часі сигналу, помноженого на масштабовані та зсунуті версії вейвлет-функції (1):

$$WT_{\tau,a}(f(t)) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int f(t) \psi\left(\frac{t-\tau}{a}\right) dt, \quad (2)$$

де a - параметр розширення (коефіцієнт масштабу); τ - параметр зсуву.

Дане перетворення називається неперервним, якщо параметри зсуву і масштабу набувають довільних значень. Але таке перетворення є надлишковим по затратах ресурсів обчислювальних машин. Дискретне перетворення отримують, якщо параметри масштабу і зсуву беруть з певним кроком, внаслідок чого вдається суттєво

пришвидшити необхідні обчислення з допомогою комп'ютера.

Авторами даної роботи проведено вейвлет-перетворення засобами Wavelet Toolbox пакету Matlab зразків погіршення якості електроенергії (провал напруги, перенапруга, наявність гармонік в сигналі напруги, спотворення частоти і т.д.). Досліджувалися як змодельовані засобами Simulink зразки напруги, так і зразки реальної напруги, знятої із електромережі побутового електроживлення.

Отримані результати свідчать, що вейвлет-перетворення здатне ефективно виявляти факти погіршення якості електроенергії (вихід значень характеристик якості електроенергії за нормативні значення). На рис. 1 наведено приклад дискретного вейвлет-перетворення синусоїди напруги з імпульсами за допомогою вейвлета Добеші 3-го порядку.

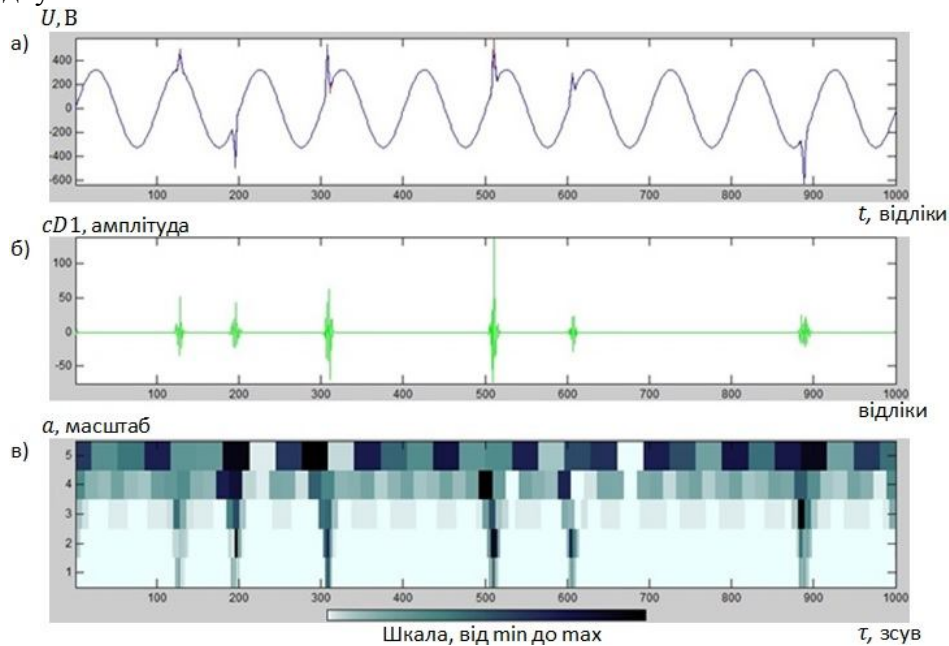


Рис. 1. Результати вейвлет-перетворення фрагмента синусоїди напруги з імпульсами:
а) графік синусоїди напруги; б) графік послідовності деталізуючих коефіцієнтів
вейвлет-розкладу першого рівня; в) вейвлет-спектрограма синусоїди.

Бачимо, що імпульси напруги проявляють себе різким збільшенням значень деталізуючих коефіцієнтів вейвлет-розкладу першого рівня у відповідні моменти часу (рис. 1, б). Також імпульси можна виявити аналізуючи отриманий спектр сигналу (рис. 1, в). Чітко бачимо зростання відповідних деталізуючих коефіцієнтів розкладу, особливо на перших трьох рівнях спектру.

Література

1. Office of Electricity Delivery and Energy reliability by the National Energy Technology Laboratory. Provides power quality for the digital economy. [Electronic resource] / Available at: <http://www.netldoe.gov/research/energy-efficiency/energy-delivery/smart-grid>.

2. ДСТУ EN 50160:2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2010, IDT).

3. Волошко А.В. К вопросу мониторинга качества электрической энергии / А.В. Волошко, А.Л. Харчук // Известия ТПУ. – 2015. - №3. – С. 76-85.

4. Волошко А.В. Выполнение гармонического анализа с помощью вейвлет-преобразования / А.В. Волошко // Электронное моделирование. – 2012. - № 4. – С.65-77.