

**ЩОДО МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ****А. В. Волошко, А. Л. Харчук**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
 Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
 вул. Борщагівська, 115, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: elselogin@yahoo.com

Якість електричної енергії в Україні знаходиться на низькому рівні. Розробка заходів із забезпечення якості електроенергії можлива лише після визначення фактичного стану зазначеного питання. Проведення моніторингу якості електроенергії дозволяє визначити стан якості електричної енергії, прогнозувати процеси в електричній мережі та планувати необхідні заходи щодо забезпечення надійності електропостачання та якості електроенергії. На сьогоднішній день проведення моніторингу якості електричної енергії відбувається неефективно, оскільки моніторинг виконується шляхом обробки та аналізу зафіксованої статистичної інформації, що не дозволяє проводити своєчасні заходи із забезпечення якості електроенергії та усунення відхилень показників якості електроенергії від нормованих значень. При цьому проведення моніторингу носить короточасний та періодичний характер, що ускладнює розробку заходів щодо покращення якості електроенергії. В даній статті наведено реалізацію методу, який дозволяє значно збільшити швидкість проведення моніторингу якості електричної енергії та проводити моніторинг одразу кількох її показників у режимі реального часу.

**Ключові слова:** якість електричної енергії, моніторинг, вейвлет-перетворення, ідентифікація відхилень показників якості електричної енергії.

**К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ****А. В. Волошко, А. Л. Харчук**

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,  
 Институт энергосбережения и энергоменеджмента  
 ул. Борщаговская, 115, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: elselogin@yahoo.com

Качество электрической энергии в Украине находится на низком уровне. Разработка мероприятий по обеспечению качества электроэнергии возможна только после определения фактического состояния обозначенного вопроса. Проведение мониторинга качества электроэнергии позволяет определять состояние качества электроэнергии, прогнозировать процессы в электрической сети и планировать необходимые мероприятия по обеспечению надежности электроснабжения и качества электроэнергии. На сегодняшний день проведение мониторинга качества электрической энергии проводится неэффективно, поскольку мониторинг проводится путем обработки и анализа зафиксированной статистической информации, что не позволяет проводить своевременные мероприятия по обеспечению качества электроэнергии и устранению отклонений показателей качества электроэнергии от нормированных значений. При этом проведение мониторинга носит кратковременный и периодический характер, что усложняет разработку мероприятий по улучшению качества электроэнергии. В данной статье представлено реализацию метода, который позволяет значительно увеличить скорость проведения мониторинга качества электрической энергии и проводить мониторинг одновременно нескольких её показателей в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** качество электрической энергии, мониторинг, вейвлет-преобразование, идентификация отклонений показателей качества электрической энергии.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Забезпечення якості електричної енергії є одним з напрямків підвищення ефективності функціонування як всього енергетичного комплексу країни, так і окремих його енергетичних систем.

Показники та норми якості електричної енергії встановлені державним стандартом ГОСТ 13109–97. Норми якості електроенергії є рівнями електромагнітної сумісності для кондуктивних електромагнітних перешкод в системах електропостачання загального призначення. Основними показниками якості електроенергії (ПЯЕ) є відхилення, коливання, синусоїдальність, симетрія, провал, імпульс напруги та перенапруга.

На сьогоднішній день в Україні показники якості електричної енергії майже не контролюються [1]. Електропередавальні організації при видачі технічних умов на підключення споживачів електроенергії та при укладанні договорів про постачання електроенергії не включають до них вимоги щодо показни-

ків якості електроенергії, не визначають умови здійснення контролю ПЯЕ. Якщо контроль і проводиться, то лише формальний, без застосування жодних заходів щодо приведення показників якості електричної енергії до рівня, визначеного Державним стандартом.

Це призводить до необґрунтованих економічних утрат багатьох споживачів електроенергії, що є наслідком зниження ефективності використання промислового та побутового електрообладнання, виходу його з ладу.

При цьому практично вдвоє збільшуються втрати електроенергії в мережах, обумовлені гранично допустимими несинусоїдальністю та несиметрією напруги. Знижується надійність електропостачання за рахунок помилкових спрацювань пристроїв релейного захисту і автоматики, стає неможливим використання батарей конденсаторів і синхронних компенсаторів. Недооблік електроенергії, обумовлений похибками лічильників не на користь елект-

ропередавальних організацій становить до 4–5 %, а згідно з проведеними дослідженнями в реальних мережах похибка вимірювання за окремими лічильниками може складати 20 % і більше. За експертними оцінками спеціалістів прогнозований збиток від зниження якості електричної енергії загалом по країні становить близько 10 млрд грн. щорічно та постійно збільшується.

До таких проблем призвела відсутність нормативно-правових і нормативно-технічних актів, які б регламентували процедуру визначення винуватців погіршення якості електричної енергії, визначення обсягу такої енергії, порядок застосування штрафних санкцій та взаємну відповідальність суб'єктів електроенергетики та споживачів тощо.

При цьому розробка заходів по забезпеченню якості електроенергії можлива лише після оцінки фактичного стану якості електроенергії в усіх вузлах електричної мережі. Тому в основі системи забезпечення якості електричної енергії повинна бути система її моніторингу.

Проведення моніторингу дозволяє сформувати статистичну базу даних вимірів, що, в свою чергу, дозволяє прогнозувати процеси в електричній мережі, визначати очікувані рівні надійності електропостачання і якості електроенергії в майбутньому, планувати необхідні заходи із забезпечення надійності електропостачання та якості електроенергії.

На даний час проведення моніторингу показників якості електричної енергії відбувається шляхом аналізу накопиченої статистичної інформації за певний період часу. Це відбувається тому, що процеси в електромережі протікають миттєво. Вони можуть бути лише зафіксовані, а в подальшому може бути проведена їх обробка та аналіз, тобто показники якості електричної енергії не вимірюються напряму, а шляхом обробки статистичної інформації.

Окрім цього, на сьогоднішній день контроль якості електричної енергії носить короткочасний, періодичний характер. В основному він виконується при проведенні періодичних, контрольних і деяких інших видах перевірок з метою підтвердження відповідності показників якості електричної енергії вимогам Державного стандарту та договорів. Результати таких короткочасних вимірювань не відображають реального стану якості електроенергії.

Короткочасний та періодичний характер досліджень суттєво ускладнюють розробку заходів, спрямованих на покращення якості електроенергії та підвищення показників надійності електропостачання і не дозволяють повною мірою забезпечити якість електроенергії в мережі.

Для підвищення надійності й інформативності отриманих результатів проведення моніторингу якості електроенергії, а також для підвищення оперативності управління якістю електричної енергії, контроль за її показниками повинен проводитись неперервно. Створення при цьому системи моніторингу якості електричної енергії в режимі реального часу дасть можливість проводити своєчасний контроль за її показниками та їх відхиленнями і викону-

вати відповідні заходи щодо приведення показників якості електроенергії відповідно до вимог Державного стандарту.

Однак упровадження систем моніторингу стримується низкою методичних і технічних причин. З технічної точки зору проблема пов'язана з недоліками існуючої вимірювальної техніки – засобів вимірювання, а також трансформаторів струму та напруги. Обробка даних при проведенні моніторингу виконується із застосуванням цифрових методів, які базуються на стандартному дискретному перетворенні Фур'є. Передача даних на засоби їх зберігання і обробки виконується із застосуванням оптоволоконних ліній або бездротових каналів зв'язку. З методичної сторони проблема вимірювання показників якості і кількості електроенергії пов'язана з реалізацією цифрової обробки і передачі даних в масштабі реального часу.

Одним із недоліків стандартних вимірювальних систем, які знаходяться в експлуатації на даний час, є недостовірність методів цифрової обробки даних із застосуванням стандартного дискретного перетворення Фур'є при різко несинусоїдальних залежностях вимірюваних електричних сигналів і зміні основної частоти навіть в межах, обумовлених стандартом ГОСТ 13109–97.

Мета роботи – вдосконалення математичного апарату для проведення контролю показників якості електроенергії та в подальшому його програмної реалізації.

#### МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Найбільш розповсюдженими в електричних мережах є гармонійні коливання, які легко генеруються, наглядні, зрозумілі та дозволяють пояснити велику кількість параметрів. Тому надання електричних сигналів в системі гармонійних коливань (синусів і косинусів) і їх аналіз (традиційний Фур'є або частотний аналіз), отримали найбільше розповсюдження.

Будь-який параметр сигналу напруги може нести корисну інформацію про його властивості. Таким чином, задачею обробки сигналу напруги та визначення показників якості електричної енергії є вибір цих параметрів і оцінка їх величин.

Перетворення Фур'є становить напругу електромережі у вигляді суми гармонійних складових із коефіцієнтами дільової участі цих складових. При визначенні гармонійних складових напруги з використанням перетворення Фур'є проводиться декомпозиція сигналу напруги на комплексні експоненціальні функції різних частот. Процес декомпозиції задається двома виразами:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot e^{-2j\pi ft} dt \quad ; \quad (1)$$

$$x(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} X(f) \cdot e^{-2j\pi ft} df \quad . \quad (2)$$

У зазначених виразах  $x(t)$  – функція сигналу напруги в часі, а  $X(f)$  – спектральне представлення сигналу напруги. При цьому вираз (1) називається прямим перетворенням Фур'є, а (2) – зворотним

перетворенням Фур'є. Для проведення аналізу гармонійних коливань напруги експоненційна частина у виразах (1) і (2) наводиться у вигляді суми синусів і косинусів, тобто при проведенні гармонійного аналізу напруги електричної мережі з використанням перетворення Фур'є, ми можемо визначити присутні в системі гармонійні складові та їх амплітуди. Проте, оскільки тригонометричні функції визначені на часовій осі від мінус безкінечності до плюс безкінечності, то час появи та період існування в системі високочастотних складових залишаються невідомі. Окрім цього, два різних сигнали напруги (стаціонарний та нестаціонарний) з однаковими спектрами високочастотних компонент дають однакове перетворення Фур'є.

Приклад проведення гармонійного аналізу сигналу напруги представлено на рис. 1. На даному рисунку показано спектральний аналіз сигналу напруги, в якому, окрім напруги основної частоти (50 Гц) присутні високочастотні компоненти 3 та 5 порядку (150 і 250 Гц відповідно). З рисунка видно, що при проведенні перетворення відсутня часова інформація про сигнал напруги, тобто не можна визначити, в який момент часу в електричній мережі з'явилися високочастотні компоненти, тобто з'явилася несинусоїдальність напруги, та тривалість їх існування.

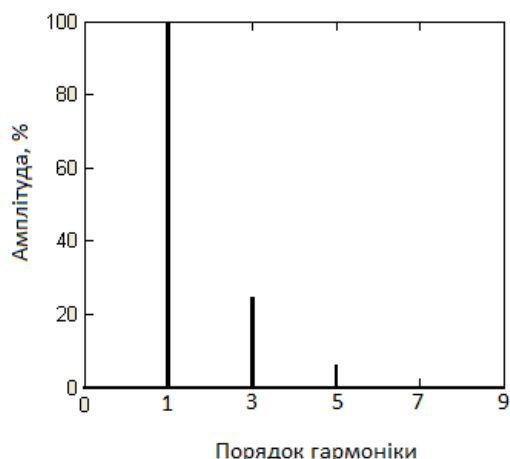


Рисунок 1 – Спектральний аналіз напруги з використанням перетворення Фур'є

Таким чином, застосування перетворення Фур'є для нестаціонарних сигналів, яким є сигнал напруги, є неефективним. Перетворення Фур'є може застосовуватися для нестаціонарних сигналів напруги якщо нас цікавить лише частотна інформація, а час існування спектральних складових неважливий.

Для вирішення зазначених недоліків при визначенні несинусоїдальності напруги можна використувати віконне перетворення Фур'є (ВПФ). Його суть полягає в тому, що нестаціонарний сигнал напруги можна привести у вигляді частково-стаціонарного. При цьому сигнал напруги ділиться на певні відрізки («вікна») визначеної довжини  $T$ , в межах яких його можна рахувати стаціонарним.

Даний метод дає нам не лише частотне представлення сигналу напруги як при перетворенні Фур'є, а

й певне часове уявлення. Однак даний метод також має свої недоліки. Проблеми ВПФ мають свою основу в такому явищі, як принцип невизначеності Гейзенберга. Даний принцип при застосуванні до частотно-часового надання сигналу напруги свідчить, що не можна отримати довільно точне частотно-часове наведення сигналу, тобто не можна визначити, для якого моменту часу які спектральні компоненти присутні в сигналі напруги. Єдине, що ми можемо знати, так це часові інтервали, протягом яких у сигналі напруги існують смуги частот. Ця проблема має назву проблеми розподільчої здатності.

Проблема ВПФ пов'язана з шириною віконної функції, яка застосовується. Ця ширина зветься носієм функції. При застосуванні перетворення Фур'є часова інформація про сигнал напруги відсутня. При ВПФ вікно має кінцеву довжину, яка накриває лише частину сигналу, тому частотне представлення погіршується. Вузьке вікно забезпечує краще часове представлення, а більш широке – частотне. Проблема в тому, що необхідно вибрати одну ширину вікна для всього інтервалу існування сигналу напруги, тоді як різні його відрізки можуть потребувати застосування вікон різної довжини.

У сучасній практиці для проведення оцінки гармонійного складу сигналів існує широке різноманіття методів: перетворення Гілберта, розподіл Вігнера, перетворення Уолша, вейвлет-перетворення та ін.

Більшість звичних методів проведення гармонійного аналізу напруги електромережі розроблені для сталих періодичних значень напруги та струму. На жаль на практиці навантаження завжди мають динамічний характер, і порушення показників якості електроенергії відбувається випадково.

На сьогоднішній день все більш часто для аналізу нестаціонарних сигналів, зокрема і сигналів напруги, застосовується вейвлет-перетворення [2]. Це перетворення розкладає первинний сигнал напруги у часі на окремі частотні діапазони, і кожна з цих груп є частиною вихідного сигналу напруги, що відбувається в даний час у цьому діапазоні.

Проведення вейвлет-перетворення сигналу напруги порівняно з перетворенням Фур'є дозволяє отримати не лише інформацію про гармонійний склад напруги, а й визначити, в які моменти часу які гармонійні складові з'являються в електромережі. Такий підхід стає особливо ефективним, коли в системі існують високочастотні коливання короткої довжини і досить широкі низькочастотні коливання. На практиці електричні сигнали є саме такими.

На сьогоднішній день вейвлет-перетворення широко застосовується для аналізу нестаціонарних сигналів у багатьох галузях науки і техніки, зокрема в медицині, сейсмології, для обробки, аналізу та кодування радіо- та електричних сигналів, зображень, при дослідженні властивостей поверхонь кристалів і нанооб'єктів тощо.

Вагомий внесок у розвиток питання застосування вейвлет-аналізу сигналів внесли Добеши І., Малла С., Гросман А., Свелденс В., Луис А., Д'яконов В.П., Смоленцев Н.К., Чуи К., Трахтман А.М., Залмазон Л.А., Дремін І.М., Іванов О.В., Нечитайло

В.А., Петров А., Бурнаев Е., Грибунин В., Дворников С.В., Аббакумов А.О., Карпенко С.В. та ін.

Аналогічно до перетворення Фур'є пряме вейвлет перетворення визначається як сума по всій тривалості сигналу, помноженого на масштабовані, здвинуті версії вейвлет-функції:

$$WT(\tau, a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int x(t) \cdot \psi\left(\frac{t-\tau}{a}\right) dt, \quad (3)$$

де  $\tau$  – коефіцієнт масштабу або параметр розширення;  $a$  – параметр зсуву або шаг зсуву;  $\psi(t)$  – функція перетворення, яка має назву материнського вейвлету або базисної функції, яка є прототипом усіх функцій, що отримуємо з неї шляхом стиснення (розширення) у процесі проведення перетворення.

На сьогоднішній день існує досить широке різноманіття функцій, що використовуються як базисні функції, зокрема ю вейвлети Морле, Хаара, Добеши. Після вибору базисної функції здійснюються розрахунки, які починаються з масштабу  $s=1$  і продовжуються при збільшенні величини  $s$ , тобто аналіз починається з більш високих частот і продовжується у бік низьких частот.

Однак повного перетворення, звичайно, не вимагається, оскільки реальні сигнали напруги мають високочастотні коливання обмеженої смуги частот. Зокрема ГОСТ 13109–97 регламентує проведення оцінки гармонійних складових напруги електромережі до 40-ої гармоніки. Тому число масштабів може бути обмежено.

Вейвлет переміщується на початок сигналу в точку  $t = 0$ . Базисна функція з масштабом «1» перемножується з сигналом напруги і інтегрується на всьому часовому інтервалі. Інтервал множиться на константу  $1/\sqrt{s}$  для нормалізації, тобто для того,

щоб сигнал напруги на кожному масштабі мав однакову енергію.

Вейвлет масштабу  $s=1$  потім зсувається вздовж сигналу напруги на величину  $\tau$  до точки  $t = \tau$  і процедура повторюється. Отримуємо ще одне значення, яке відповідає параметрам  $t = \tau, s = 1$ .

Зазначена процедура повторюється до тих пір, поки вейвлет-перетворення не досягне кінця сигналу напруги. Таким чином отримуємо набір коефіцієнтів представлення для масштабу  $s = 1$ .

Якщо в електромережі присутні гармонійні складові, які відповідають поточному значенню масштабу  $s$ , то добуток базового вейвлету на сигнал напруги в інтервалі, в якому ця гармонійна складова присутня, дає відносно велике значення. В протилежному випадку – добуток малий або дорівнює нулю. Після цього збільшуємо  $s$  на деяке значення.

З метою подальшого розвитку питання застосування вейвлет-перетворення для контролю показників якості електричної енергії авторами статті на основі аналізу частотно-просторових властивостей електричних сигналів було розроблено систему ідентифікації порушень показників якості електрич-

ної енергії шляхом контролю коефіцієнтів деталізації на різних рівнях вейвлет-перетворення сигналу напруги.

Для виконання зазначеного дослідження було проведено комп'ютерне моделювання процесів в електричній мережі в програмному комплексі Simulink від Matlab [3]. При проведенні моделювання було виконано імітацію відхилень різних показників якості електричної енергії від нормованих значень – створено несинусоїдальність напруги, відхилення та коливання напруги, провал напруги, імпульс напруги, перенапругу.

З метою проведення подальшого аналізу відхилення показників якості електричної енергії від нормованих значень, було виконано декомпозицію сигналу напруги з використанням вейвлет-перетворення.

Результати проведеного аналізу в подальшому лягли в основу розробленої системи ідентифікації порушень показників якості електричної енергії.

Так, було визначено, що при появі в системі коливання напруги, найбільші значення мають вейвлет-коефіцієнти третього рівня розкладу (рис. 2). При усталеному відхиленні напруги від нормованого значення, максимальні значення вейвлет-коефіцієнтів спостерігаються також на третьому рівні декомпозиції.

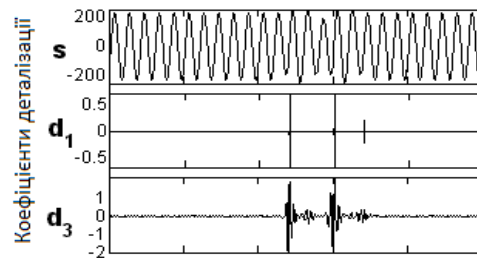


Рисунок 2 – Коливання напруги

Погіршення синусоїдальності напруги в електромережі проявляється на четвертому рівні декомпозиції сигналу напруги (рис. 3).

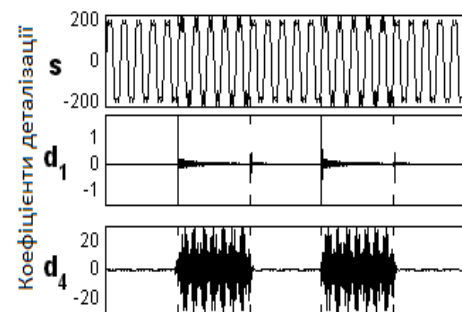


Рисунок 3 – Несинусоїдальність напруги

Поява в електромережі провалу напруги або перенапруги призводить до збільшення значення вейвлет-коефіцієнтів на сьомому та восьмому рівнях розкладу (рис. 4, 5).

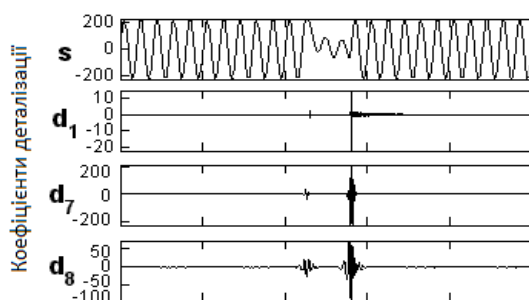


Рисунок 4 – Провал напруги

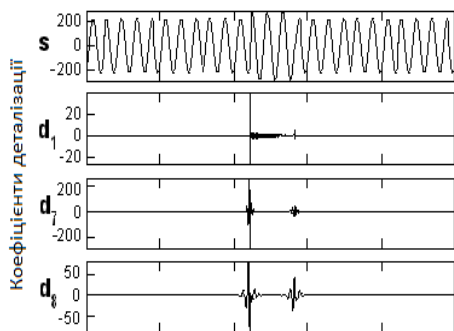


Рисунок 5 – Перенапруга

При появі в мережі імпульсу напруги найбільші значення вейвлет-коефіцієнтів спостерігаються на п'ятому рівні декомпозиції сигналу напруги (рис. 6).

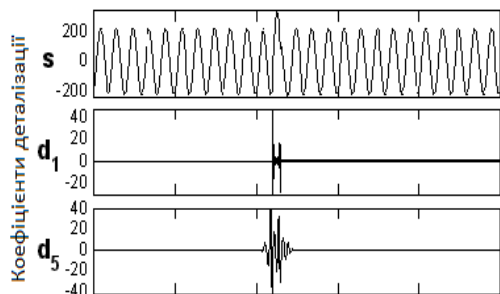


Рисунок 6 – Імпульс напруги

У результаті проведеної роботи було виконано вейвлет-перетворення змодельованих сигналів напруги та показано можливість виявлення спотворень показників якості електричної енергії, а також визначення початку і кінця спотворення ПЯЕ шляхом проведення аналізу коефіцієнтів деталізації на різних рівнях декомпозиції сигналу напруги.

При цьому було виявлено, що при наявності будь-яких спотворень показників якості електроенергії, відбувається миттєва зміна амплітуди коефіцієнту деталізації першого рівня вейвлет-перетворення з подальшим відновленням її до нульового рівня. Це дає можливість визначити час появи та період існування спотворення ПЯЕ в мережі.

При необхідності визначення конкретного показника якості, який погіршився, потрібно проводити подальший розклад та аналіз коефіцієнтів на інших

рівнях. Рівень деталізації залежить від показника якості електроенергії, який погіршується.

Як видно із проведених розрахунків, найбільш високий рівень декомпозиції, на якому відображається інформація про порушення ПЯЕ – восьмий рівень. Декомпозицію на більш високий рівнях виконувати не має необхідності.

Окрім того слід зазначити, що на практиці реальні сигнали напруги в електромережі, як правило, мають в своєму складі не лише корисну інформацію, але і залишки деяких сторонніх сигналів – шуми. Тому при застосуванні системи ідентифікації відхилень ПЯЕ пропонуємо проводити попередню очистку сигналу напруги від шуму, що є однією з найбільш актуальних задач цифрової обробки сигналів.

Очистка електричного сигналу від шуму є типовою задачею попередньої обробки сигналу та підготовки даних до подальшої інтерпретації – проведення його аналізу та дослідження властивостей. Основною задачею на даному етапі є відсіювання залишкових (шумових) компонентів сигналу, які не несуть в собі корисної інформації.

Зашумлений сигнал в загальному вигляді можна представити наступним чином:

$$s(n) = f(n) + \sigma e(n), \quad (4)$$

де  $f(n)$  – корисний сигнал,  $\sigma$  – рівень шуму,  $e(n)$  – білий шум – стаціонарна випадкова послідовність, яка має постійний спектр на всіх частотах [4]. Метою очистки електричного сигналу від шуму є зменшення значення шуму  $e(n)$  та його впливу на сигнал  $f(n)$ .

При проведенні вейвлет-аналізу сигналу напруги видалення шуму з сигналу виконують шляхом обробки коефіцієнтів деталізації, оскільки шумова компонента, наявна в сигналі напруги, більше описана в коефіцієнтах деталізації.

Шумова компонента в сигналі напруги становить сигнал, менший по модулю ніж основний. Тому найпростіший спосіб видалення шуму з сигналу напруги – зробити нульовими значення коефіцієнтів деталізації, які нижчі за певний граничний рівень. Ця процедура зветься граничною обробкою коефіцієнтів.

На сьогоднішній день питання проведення очистки сигналу від шуму широко висвітлено не тільки в літературі, а й в сучасних технічних засобах його проведення. Зокрема Matlab дає змогу при проведенні вейвлет-аналізу сигналів напруги додатково проводити їх очистку від шуму.

Для цього в утиліті Wavelet Toolbox можна виконати вейвлет-аналіз сигналів напруги, зокрема отриманих у результаті моделювання електричних мереж або сигналів напруги, отриманих при проведенні вимірювань у реальних електричних мережах.

Приклад проведення очистки сигналу напруги від шуму наведений на рис. 7.

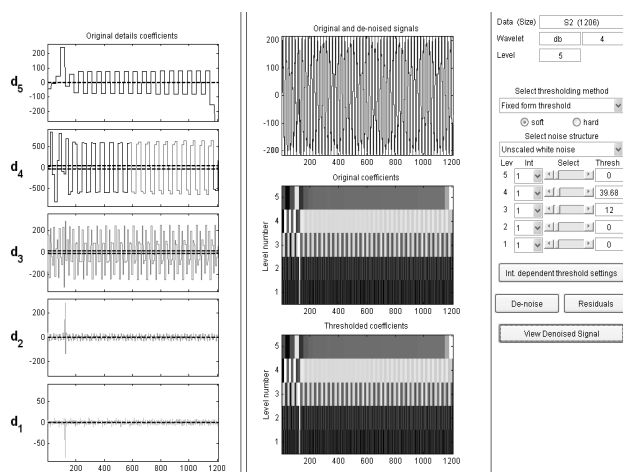


Рисунок 7 – Очистка від шуму сигналу напруги реальної електромережі

Сигнал напруги було отримано при проведенні вимірювань показників якості електричної енергії в електричній мережі побутового споживача з використанням реєстратора якості електричної енергії, тобто потужність шумів, інформаційних сигналів і різних спотворень у такій електричній мережі є мінімальною. Очистка на першому та другому рівнях деталізації взагалі не виконувалась, оскільки значення коефіцієнтів деталізації на цих рівнях досить малі. На інших рівнях очистка була проведена таким чином, щоб залишити більшу частину деталізованої інформації для проведення подальшого її аналізу.

**ВИСНОВКИ.** Оскільки більшу частину часу показники якості електричної енергії знаходяться в межах нормованих значень, проводити моніторинг

ПЯЕ можна шляхом контролю за значенням коефіцієнтів деталізації першого рівня декомпозиції сигналу напруги, які переважно більшість часу приймають нульові значення (із врахуванням очистки сигналу напруги від шуму). Це дозволяє суттєво збільшити швидкість проведення контролю ПЯЕ та зменшити кількість інформації, необхідної для подальшого зберігання.

Застосування розробленої системи ідентифікації порушень показників якості електричної енергії при проведенні моніторингу ПЯЕ дозволяє контролювати одразу кілька показників якості електроенергії в режимі реального часу. Це викликано відсутністю необхідності проводити спочатку збір статистичної інформації, а лише потім її обробку та аналіз.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Проблемні питання забезпечення та контролю якості електричної енергії (методологічне забезпечення та прилади вимірювання параметрів якості електроенергії на сучасному етапі): матеріали круглого столу IX Міжнародного форуму "Паливно-енергетичний комплекс України: сьогодні та майбутнє", 20–22 вересня 2011 р., м. Київ. – К.: Міжнародний виставковий центр, 2011. – 31 с.
2. Волошко А.В. Выполнение гармонического анализа с помощью вейвлет-преобразования // Электронное моделирование. – 2012. – № 4. – С. 65–77.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
4. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. – М.: ДМК, 2005. – 303 с.

## ON THE PROBLEM OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY MONITORING

A. Voloshko, A. Kharchuk

National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnical Institute",  
Institute of Energy Saving and Energy Management  
vul. Borshagovska, 115, Kiev, 03056, Ukraine. E-mail: elselogin@yahoo.com

The level of power quality in Ukraine is low. Quality assurance management in this area implies, first of all, definition of current state of the art. Power quality monitoring allows determining the power quality conditions, predicting processes in the electrical network and planning necessary actions to ensure the power supply of high quality. Today the power quality monitoring is ineffective, since it is carried out by processing and analyzing the recorded statistic data and does not allow for timely measures to ensure power quality and eliminate its deviations from the normalized values. At the same time such a monitoring is a short-term or periodic procedure, which complicates the development of measures to improve the power quality. This article considers implementation of the method enhancing significantly the power quality monitoring rate to monitor several parameters simultaneously in real time mode.

**Key words:** quality of electrical energy, monitoring, wavelet-transformation, identification of the deviation indicators of electrical energy quality.

## REFERENCES

1. (2011), "Burning problems of electric energy quality control and maintenance (Methodological support and electric energy quality parameters measuring state of the art devices)", *Materials of the Roundtable of IX Int/forum "Fuel and energy sectors of Ukraine: nowadays and future"*, 20–22 September, International exhibition centre, Kyiv, Ukraine.
2. Voloshko, A.V. (2012), "Harmonic analysis using wavelet-transformation", *Elektronnoe modelirovanie*, no. 4, pp. 65–77.

3. Chernykh, Y.V. (2008), *Modelyrovaniye elektrotekhnicheskikh ustroystv v Matlab, SimPowerSystems i Simulink* [Modelling electrotechnical devices using Matlab, SimPowerSystems, and Simulink], DMK Press, Moscow, Piter, St-Petersburg, Russia, ISBN 5-94074-395-1.

4. Smolentsev, N.K. (2005), *Osnovy teorii veivletov* [Fundamentals of wavelet theory], DMK, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 10.02.2014.

