

10. Голубець М.А. Урбанізація, її соціальна суть та екологічні наслідки. – Л.: Академ. експрес, 1997. с 3-5.
11. Заиков Г.Е., Маслов С.А., Рубайло В.П. Кислотные дожди и окружающая среда. - М.: Химия, 1991 – 144 с.
12. Хорват Л. Кислотный дождь. Перевод с венгерского В.В. Крымского. Под редакцией д.т.н. проф. Михайловского Ю.Н. М.: Стройиздат, 1990. – 80 с.
13. Екологія Львівщини 2005. – Л.: Сполом, 2006, - 118 с.
14. Skiba S. Pokrywa glebowa Bieszczadzkiego Parku Narodowego i jej rola w funkcjonowaniu ekosystemow. Roczn. Bieszczadzkie. t.2, 1994.
15. Uziak S. Gleby Karpat Fliszowych i ich specyfika- [w:] Gleby Gorskiegeneza, właściwości, zagrożenia. Mat. konf. AR Kracow, 1992.
16. Skiba S., Drewnik M., Szmuc R., Predki R. Właściwości buforowe gleb poloninowych bieszczadow zachodnich. Roczn. Bieszczadzkie. t.2, 1993.
17. Надточий П.П. Определение кислотно-основной буферности почв.// Почвоведение 1993, №4 с 34-39.
18. Савченко Т.И. Буферность почв и факторы почвенной кислотности.// Химизация сельского хозяйства, 1989. - №2. с 40-43.
19. Bache W.W. The Role of Calcium in Buffering Soils // Plant, Cell and Environ, 1984. V7. N6. P 391-395.

УДК 621.311.13

*П.Г. Столярчук, д.т.н., проф., (Національний університет „Львівська політехніка”),
В.І. Гудим, д.т.н., проф. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
МНС України, Polytehnika Czenstohovska),
В.М. Ванько, к.т.н., доц. (Національний університет „Львівська політехніка”)*

ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ НА ОСНОВІ WAVELET-ПЕРЕТВОРЕННЯ

Розглянуто особливості вимірювання повільних показників якості електроенергії в мережах загального призначення та описано застосування оригінального методу оцінки якості електроенергії з використанням wavelet-перетворення. Наведено приклади контролю можливих варіантів сигналів напруги. Запропоновано структуру спеціалізованого аналізатора для вимірювання показників якості електроенергії із застосуванням сучасної мікроелектронної техніки

Вступ. знаходить широке застосування у всіх галузях промислової діяльності та в побутовій сфері життєзабезпечення людства.

Оптимальне функціонування розподільчих електричних мереж значною мірою залежить від режимів споживання електроенергії (ЕЕ) та різновидів і характеристик електроприймачів. Тривалі струмові перевантаження, можливі короткі замикання, кидки струмів вмикання та перенапруги різного походження часто призводять до пошкодження ізоляції і є причиною появи пожежі та надзвичайних ситуацій в електроустановках низької та високої напруги.

Тому контроль якості ЕЕ, яка визначається вказаними режимами, до певної міри може запобігти виникненню надзвичайних ситуацій в електроустановках.

В діючій нормативно-технічній документації регламентується група показників якості (ПЯ) ЕЕ, завдяки якій встановлюються їх нормальні та граничнодопустимі значення, які

визначають критичні робочі режими енергооб'єктів та електромереж [1]. Вихід за межі допустимих норм ПЯ ЕЕ викликає появу аварійних режимів в енергосистемі і розподільчих мережах, що може супроводжуватись виникненням перегрівань і можливих вибухів силових та регулюючих електромагнітних апаратів і конденсаторів, займаннями та пошкодженнями кабельних і повітряних ліній електропередач, промислової і побутової електропроводки, тощо.

Переважає більшість діючої в енергетиці захисної, контролюючої і вимірювальної апаратури ґрунтується на морально застарілих принципах дії та побудови. Крім того, для неї характерна велика інерція спрацювання та недостатня інформативність стосовно визначення ПЯ ЕЕ, що не дозволяє ефективно оцінити походження аварії та функціональний стан електромереж.

Постановка проблеми. Потужний розвиток мікроелектронної інтегральної техніки, створив умови для появи сучасних уніфікованих схем засобів вимірювань ПЯ ЕЕ, котрі ґрунтуються на нових можливостях реалізації структур за допомогою відомих методів вимірювальної техніки з використанням раніше відомих [2] та нових підходів до їх побудови. Здебільшого такі вимірювальні засоби будуються на основі однокристальних мікроконтролерів (ОМК).

Для відслідкування процесів повільних відхилень і коливань напруги в сучасних реалізаціях засобів вимірювань ПЯ ЕЕ використовують різного виду вольтметри та диференційні схеми [2,3]. Причому здебільшого попередньо здійснюється аналого-цифрове перетворення контрольованих сигналів часової функції $f_U(t)$ напруги мережі з подальшою цифровою обробкою кодів миттєвих значень $\{f_U(l)\}$ за допомогою відомих алгоритмів вимірювання ПЯ ЕЕ в типовій структурі на ОМК [4-6].

Недоліками таких засобів вимірювань є суттєве погіршення їх точності, пов'язане з усілякими спотвореннями досліджуваних сигналів $f_U(t)$, особливо з врахуванням нестационарності змін цих спотворень протягом інтервалу часу спостережень.

Це пояснюється специфікою відхилень і коливань напруги мережі під впливом комутацій та процесів регулювання, а також через різкозмінний характер певних видів навантаження, наприклад електротранспорту, електродугового зварювання металів, штампувальних цехів і т.п. Тому з'являється необхідність застосування в засобах вимірювання і контролю спеціальних математичних методів опрацювання інформації про біжучі електромагнітні процеси та на цій основі способів оцінювання ПЯ ЕЕ.

Мета праці полягає у використанні перспективного wavelet-перетворення (ВВП), надзвичайно ефективного для дослідження динамічної поведінки контрольованих сигналів, у поєднанні з новими підходами щодо виявлення різного виду повільних відхилень, коливань і спотворень напруги мережі для побудови вдосконалених засобів вимірювання ПЯ ЕЕ в мережах загального призначення.

Метод оцінки повільних показників якості електроенергії в мережі. Як було наголошено вище, досліджуваний сигнал напруги мережі $f_U(t)$ може містити класичні і неканонічні гармоніки, а також інтергармоніки [4,7]. Тому, на основі аналізу, проведеного в [7], сумарну відносну оцінку зміни і спотворення $f_U(t)$ протягом інтервалу вимірювання представлено у вигляді такого виразу

$$\vartheta_{f_{U\Sigma}} = \frac{(\Delta f_{U\Sigma})_{СКЗ}}{U_{ном}} = \sqrt{(\vartheta_{U_B})^2 + \left(\sum_{v=2}^n k_{U_n}^2 \right) + \left(\sum_{\substack{\nu \geq 0 \\ \nu \neq 1}}^1 k_{U_{H\nu}}^2 \right) + \left(\sum_{\Theta \geq 1}^{\Theta_{max}} k_{U_{B\Theta}}^2 \right) \pm k_{U\Sigma-iz}^2}, \quad (1)$$

де $(\Delta f_{U\Sigma})_{СКЗ}$ – середньоквадратичне значення (СКЗ) складової збурень та спотворень $f_U(t)$, котра визначається шляхом віднімання від останньої ідеальної функції $f_{US}(t)$, що являє

собою першу гармоніку з нормованим для даної мережі номінальним значенням синусоїдальної напруги $U_{ном}$ [7,8], ϑ_{u_B} – встановлене відхилення СКЗ напруги [1], $k_{U_n}, k_{UH\theta}, k_{UB\Theta}, k_{U\Sigma-i\epsilon}$ – відповідно, коефіцієнти класичних гармонічних складових, низько- та високочастотних неканонічних і інтергармонік, а також певний коефіцієнт, що характеризує деякий залишок, отриманий після інтегрування перехресних гармонічних складових [1,7], ϑ, Θ – номери нетрадиційних гармонік.

Таким чином, в даному виразі представлено розподіл енергії сигналу $f_U(t)$ за різними частотними смугами. Дану обставину використано для дещо відмінного від прийнятого трактування ПЯ ЕЕ.

В діючій нормативно-технічній документації відсутні детальні розрахунки деяких ПЯ ЕЕ: розмах зміни амплітуди напруги ϑ_{u_i} , доза флікера $P_{\phi\phi}$ та її різновиди (короткочасна і тривала), частота повторення змін напруги F_{U_i} [1], що пояснюється наведеними особливостями $f_U(t)$. Поряд з цим, варто відзначити, що у виразі (1) міститься інформація у вигляді коефіцієнтів $k_{U_n}, k_{UH\theta}, k_{UB\Theta}, k_{U\Sigma-i\epsilon}$. Останні дозволяють трактувати ϑ_{u_i} , $P_{\phi\phi}$ і F_{U_i} як величини, котрі описують певні, як правило, повільні коливні процеси. Крім того, коефіцієнти гармонічних складових $k_{UB\Theta}$ можуть змінюватись в часі під впливом відповідних коливань навантаження.

Тому, в [7, 8] запропонований метод оцінки збурень напруги мережі із застосуванням ВВП для опрацювання сигналів $f_U(t)$ та $f_{US}(t)$. При цьому, на будь-якому j -у рівні здійснюється поступова wavelet-декомпозиція інформації попереднього $(j-1)$ -го рівня, в результаті якої для кожного сигналу отримують вектори апроксимуючих

$$a_{j,k} = \sum_n \overline{g_n} \cdot a_{j-1,n+2k} \quad (2a)$$

і деталізуючих коефіцієнтів

$$d_{j,k} = \sum_n \overline{h_n} \cdot a_{j-1,n+2k}, \quad (2b)$$

де $\{g_n\}, \{h_n\}$ – фільтри базових функцій $\varphi(t), \psi(t)$ дискретного ВВП, причому на початку $\{a_{0,n+2k}(l)\}_U = \{f_U(l)\}$ і $\{a_{0,n+2k}(l)\}_{US} = \{f_{US}(l)\}$ [7,9,10].

Наслідком (2a) і (2b) є дві матриці коефіцієнтів стосовно досліджуваного $f_U(t)$ та ідеального $f_{US}(t)$ сигналів. Після здійснення операції віднімання між ними маємо матрицю $|DA_{\Delta\Sigma}|$ wavelet-коефіцієнтів, котрі характеризують часо-частотну поведінку сумарного сигналу Δf_{US} збурень та спотворень контрольованої напруги мережі.

Розглянемо приклади дискретного ВВП для можливих варіантів спектрального складу досліджуваних сигналів $f_U(t)$.

Згідно із запропонованим методом на рис. 1 наведено графіки wavelet-коефіцієнтів дев'яти рівнів результуючої декомпозиції ВВП $(d_1, d_2, \dots, d_9, a_9)$ сигналу $\Delta f_{US}(t) = 7B \cdot \sin\left(2\pi \cdot 49.5 \frac{\text{рад.}}{c} \cdot t\right) + 7B \cdot \sin\left(2\pi \cdot 400 \frac{\text{рад.}}{c} \cdot t\right)$ з високочастотною гармонічною складовою, виконаною за допомогою пари базових функцій $\varphi(t)$ і $\psi(t)$ – дискретних функцій Мейєра (dmeu). Наведена комбінація сигналу властива для випадку, коли необхідно фіксувати зміни спектрального складу $f_U(t)$ в часі.

Якщо наявні повільні відхилення і коливання напруги, то відповідно до [7] трактуємо їх як $\Delta f_{\Sigma}(t) = 7B \cdot \sin\left(2\pi \cdot 49.5 \frac{\text{рад.}}{c} \cdot t\right) + 7B \cdot \sin\left(2\pi \cdot 5.9 \frac{\text{рад.}}{c} \cdot t\right)$, тобто зміну в часі амплітуди та частоти певної низькочастотної складової досліджуваного сигналу $f_U(t)$. На рис. 2 показано аналогічну декомпозицію ВВП другого варіанту $f_U(t)$.

В обох випадках основним параметром, який дозволяє здійснити часо-частотний аналіз поведінки сумарного сигналу Δf_{Σ} збурень та спотворень напруги мережі, є енергія

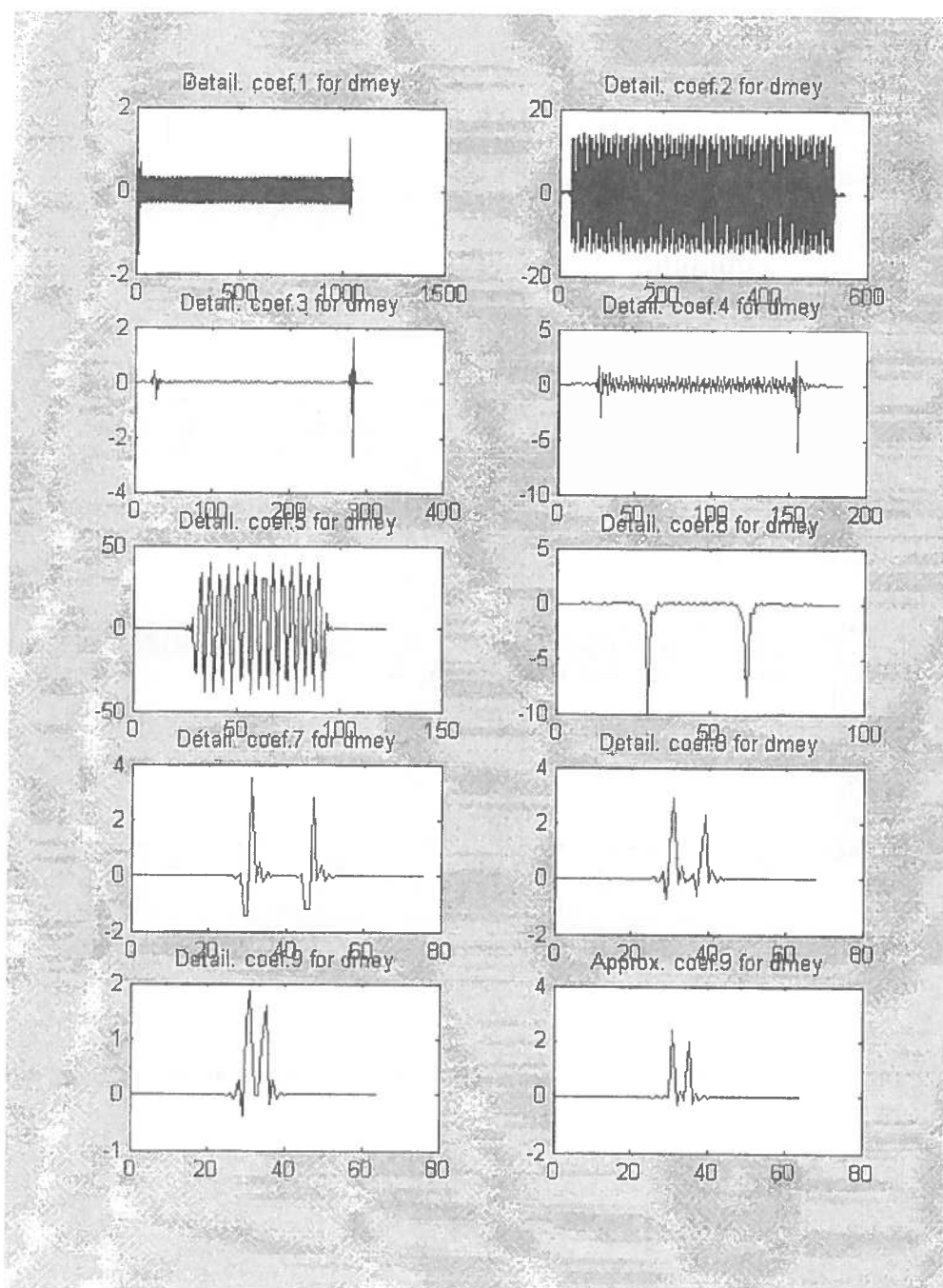


Рис. 1. Досліджуваний сигнал з високочастотною гармонічною складовою

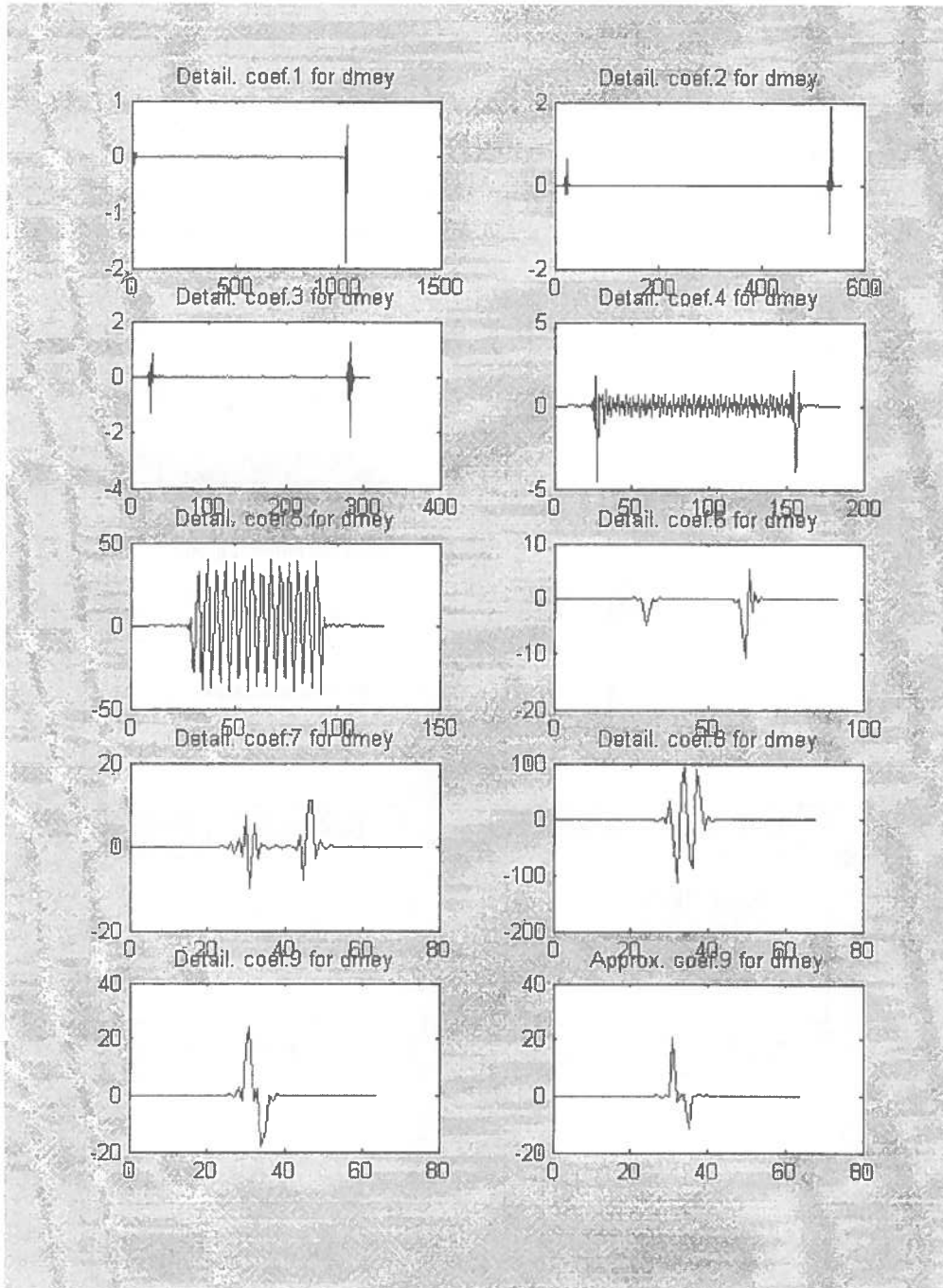


Рис. 2. Досліджуваний сигнал з низькочастотною гармонічною складовою

на будь-якому рівні ВВП

$$E_{dj} = \sum_k (d_{j,k})^2, \quad (3a)$$

а на останньому J -у

$$E_J = \sum_k [(d_{J,k})^2 + (a_{J,k})^2], \quad (36)$$

причому число k на кожному рівні є різним.

Оскільки згідно з [9,10] для будь-якого рівня j характерна певна власна частотна смуга перетворення, то визначення таких ПЯ ЕЕ, як $k_{U_n}, k_{U_{H\theta}}, k_{U_{B\theta}}, P_{\phi} \in k_{U_j}$ слід трактувати у вигляді

$$k_{U_j} = \frac{E_{dj}}{E_j + \sum_{j=1}^{j-1} E_{dj}} \quad (4)$$

При цьому величини $\vartheta_{U_B}, \vartheta_{U_I}$ можна представляти як сукупні (сумарні) відхилення напруги відносно деякої $U_{ном}$, так і як відносні зміни, виходячи з розподілу значень E_{dj} , що дає крім кількісної також якісну оцінку причини збурення чи відхилення $f_U(t)$.

Структурна реалізація запропонованого методу оцінки якості електроенергії в мережі. На основі розробленого методу оцінки та вимірювання повільних ПЯ ЕЕ за допомогою ВВП запропонована структура спеціалізованого аналізатора, котра зображена на рис. 3 і містить блоки: вхідний пристрій ВхП, аналоговий мультіплексор АМ, аналого-цифровий перетворювач АЦП, блок управління та синхронізації БУС, пристрій інтерфейсу системної шини ПІСШ, пристрій обробки і відображення інформації ПОВІ, пристрій попереднього опрацювання даних ППОД, пристрій енергонезалежної пам'яті ПЕП, формувач еталонних сигналів ФЕС, пристрій локальної індикації ПЛІ [8,11].

При цьому дана структура засобу вимірювання наведених ПЯ ЕЕ має двоступеневу організацію – вхідну частину відбирання і первинного опрацювання інформації (ступінь I, пристрої – ВхП, АМ, АЦП, БУС, ППОД, ПЕП, ФЕС, ПЛІ) на основі однокристального мікроконтролера (ОМК) та перетворювальну і обчислювальну схему на персональному комп'ютері (ступінь II, пристрої – ПІСШ, ПОВІ).

Досліджувані сигнали фазних і лінійних напруг мережі $U_A, U_B, U_C, U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ надходять на входи аналізатора та масштабуються до необхідного рівня за допомогою вхідного пристрою ВхП.

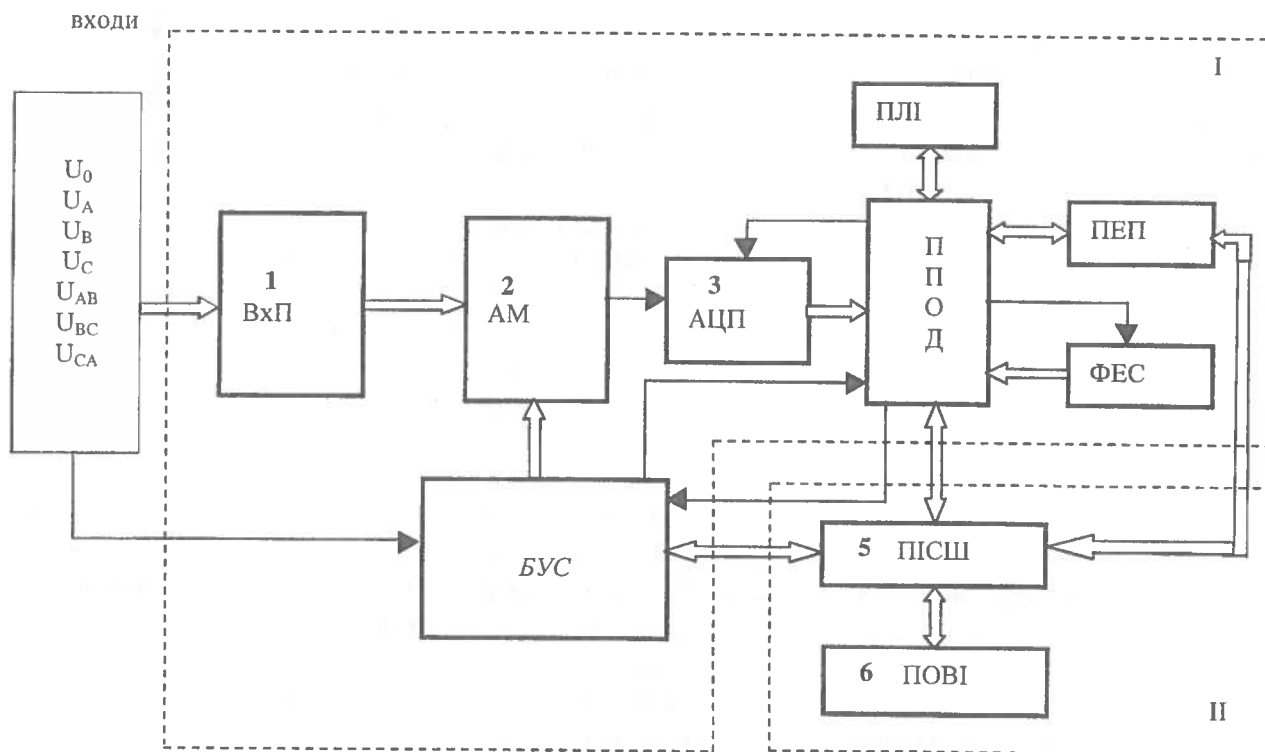


Рис. 3. Узагальнена структура аналізатора повільних збурень та коливань напруги

Надалі нормовані сигнали через АМ почергово в часі підключаються до входу АЦП, за допомогою якого миттєві значення аналогових сигналів напруг електричної мережі перетворюються в послідовності відповідних цифрових кодів. Всі наступні обчислення ПЯ ЕЕ, що виконуються за наведеними вище виразами, проводяться над цими кодами в ППОД чи ПОВІ.

Для синхронізації вимірювального процесу в аналізаторі та управління роботою його основних блоків в БУС формуються сигнали синхронізації, що задають інтервали циклів функціонування структури, використовуючи сигнал однієї з контрольованих напруг, наприклад U_A .

Спочатку, після включення аналізатора, здійснюється підготовчий цикл, котрий супроводжується виконанням відповідних операцій.

Із ПОВІ за посередництвом ПІСШ через першу шину обміну надсилається в ППОД пакет цифрової інформації, необхідної для ініціалізації та подальшої роботи останнього. Крім того, ПОВІ через другу шину обміну ПІСШ забезпечує початкове встановлення вузлів БУС. Аналогічно ППОД здійснює підготовку до роботи інших блоків I ступеня структури аналізатора.

Надалі, в цьому підготовчому циклі визначаються тривалості обох половин періоду t_+ і t_- для кожного періоду повторення T сигналу U_A , на основі яких в ППОД розраховуються часові інтервали дискретизації вхідних $U_A, U_B, U_C, U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ ($f_U(t)$), відповідно t_{dc+} чи t_{dc-} . Дана інформація використовується для реалізації цифрової автопідстройки в структурі, тобто не лише здійснення операції дискретизації контрольованих сигналів – $\{f_U(l)\}$, але й – стосовно інтервалів видавання миттєвих значень еталонних сигналів $\{f_{US}(l)\}$ ФЕС.

Після цього в аналізаторі багатократно виконується наступний – вимірювальний цикл. Протягом другого та наступних періодів U_A в ППОД здійснюється як комплекс необхідних вимірювань згідно з наведеними виразами, так і описана вище процедура обчислення $t_+, t_-, T, t_{dc+}, t_{dc-}$, аналогічно, як в першому періоді.

Таким чином, протягом вимірювань в даному аналізаторі забезпечується однакове число точок дискретизації на кожен період повторення T (а також на t_+ і t_-), яке зручно вибрати кратним числу 2. Завдяки цьому, за даними [9,10] гарантується висока ефективність та відсутність надлишковості дискретного швидкого ВВП, що забезпечить високу точність вимірювання під час обчислення ПЯ ЕЕ за (3а), (3б) і (4).

Суттєвою перевагою розробленого спеціалізованого аналізатора є можливість альтернативного здійснення ним вимірювань ПЯ ЕЕ з використанням як дискретного, так і неперервного ВВП. В результаті обміну отриманою інформацією між блоками I ступеня структури (від ППОД) та II ступеня (через першу шину обміну ПІСШ до ПОВІ) можна застосувати потужні обчислювальні можливості персонального комп'ютера. Це дозволить здійснити різноманітні варіанти ВВП на основі запропонованого методу оцінки якості ЕЕ, використовуючи весь доступний масив базових функцій.

Висновки.

1. Враховуючи особливості сучасного аналітичного представлення спотворених сигналів напруги мережі, перспективним є застосування методу оцінки якості електроенергії на основі wavelet-перетворення, що дозволяє сформулювати єдиний підхід для вимірювання повільних показників якості електроенергії, наведених в нормативних документах.

2. Запропоновано ефективні, порівняно прості з погляду реалізації алгоритми вимірювання основних показників якості електроенергії, а також розглянуто приклади дискретного wavelet-перетворення можливих варіантів сигналів напруги мережі.

3. Описано структуру спеціалізованого аналізатора якості електроенергії для мереж загального призначення. Наведено його переваги та розглянуто особливості роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – К.: Держстандарт України, 1999. – 32 с.
2. Измерители нестабильности напряжений / Под ред. Б.Л. Рудницкого. – М.: Сов. Радио, 1975. – 224 с.
3. Губарь В.И., Туз Ю.М., Володарский Е.Т. Аналого-цифровые измерительные преобразователи переменного тока. – К.: Техніка, 1979. – 192 с.
4. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. 4-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
5. Лорек К. Аналізатор для вимірювання параметрів якості електричної енергії // Електроінформ. Енергетика. Електротехніка. Електроніка. – №3. – 2003. – С. 25-26.
6. Анікін В., Колбасін О., Гриб О., Левін В. Метрологічне забезпечення якості електроенергії в мережі // Стандартизація, сертифікація, якість. – №4. – 2003. – С. 49-52.
7. Ванько В.М. Метод оцінки збурень збурень напруги в електричних мережах // Вісник НУ “Львівська політехніка” «Електроенергетичні та електромеханічні системи», 2005, №544. – С. 19 – 25.
8. Столярчук П.Г., Гудим В.І., Ванько В.М. Застосування вейвлет-перетворення для аналізу електромагнітних процесів в системах електропостачання / Вісник Приазовського ДТУ. “Енергетика”, Маріуполь, 2005. Вип. 15. . част.2.– С. 92–95.
9. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 304 с.
10. Białasiewicz J.T. Falki i aproksymacje. – Warszawa: Wydawnictwo Nauk.-Techn., 2004. – 253 s.
11. Włodzimierz WAŃKO, Petro STOLARCZUK “Badania wahań powolnych napięcia sieci elektrycznej bazujące się na nowoczesnych metodach matematycznych opracowania sygnałów” // XL International symposium on electrical machines «SME 2004», Hajnówka, Poland, Conference Proceedings, 15-18 June 2004, p. 234-236.

УДК 614.842.615

Ю.В. Цапко, канд. техн. наук, ст. наук. співр. (Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України)

ДОСЛІДЖЕННЯ АСПЕКТІВ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ ПРОСОЧУВАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ

Проведено дослідження процесу термодеструкції вогнезахисної деревини. Методом хроматографії здійснено якісний і кількісний аналіз одержаних продуктів.

В рамках заходів спрямованих на покращення профілактичних рішень щодо горіння целюлозовмісних матеріалів є прийняття нормативного документу ДБН В.1.1-7-2002 [1], де вказано, що у будинках дерев'яні елементи горищних покриттів (крокви, лати) повинні оброблятися засобами вогнезахисту, які забезпечують I групу вогнезахисної ефективності згідно з ГОСТ 16363 [2]. Зниження горючості деревини вирішується завдяки використанню