

ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ДИНАМІЧНИХ ІМПУЛЬСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖАХ

О Ванько Володимир, 2008

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації,
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Описано три групи алгоритмів вимірювання динамічних імпульсних показників якості електроенергії для способу знаходження та контролю швидких імпульсних спотворень форми напруги мережі з використанням принципу комбінованої апаратно-програмної реалізації алгоритмів виявлення та відстежування досліджуваних сигналів. Наведено вирази для обчислення додаткових показників якості – миттєвої та усередненої швидкостей часової зміни напруги, а також охарактеризовано точності виявлення та вимірювання показників імпульсних спотворень напруги.

Описано три группы алгоритмов измерения динамических импульсных показателей качества электроэнергии для способа обнаружения и контроля быстродействующих импульсных искажений формы напряжения сети с использованием принципа комбинированной аппаратно-программной реализации алгоритмов выявления и отслеживания исследуемых сигналов. Приведены выражения для вычисления дополнительных показателей качества – мгновенной и усредненной скоростей временного изменения напряжения, а также охарактеризовано точности обнаружения и измерения показателей импульсных искажений напряжения.

It is described the three groups of electric energy quality dynamic impulse index measurement algorithms for the way of determination as well as the control of fast impulse corruptions of a network voltage form with the usage of the principle of combined apparatus program realization of investigated signal detection and tracing algorithms. The expressions for the calculation of additional quality indices – instantaneous and averaged speed of voltage time change are notified and as well the accuracies of voltage impulse corruption index detection and measurement are characterized.

Вступ. Продуктивність та надійність функціонування величезного переліку електронного та електротехнічного устаткування значною мірою залежить від якості електричної енергії (ЕЕ) як в розподільних, так і у мережах загального призначення. Однією з найважливіших норм якості ЕЕ є динамічна поведінка функції напруги в часі $f_U(t)$, тобто швидка зміна її форми від звичайної, приблизно синусоїдальної, до спотвореної $u_i(t)$ – у вигляді єдиного імпульсу чи серії з них.

Причинами виникнення швидких імпульсних спотворень форми напруги промислової частоти в електричних мережах вважають різноманітні комутації в енергосистемі та грозові явища в атмосфері, що призводить до накладання на низькочастотний синусоїдальний сигнал високовольтних імпульсів. Для таких процесів характерна специфічна ознака, котра полягає у достатньо широкому діапазоні зміни су-

купної тривалості $u_i(t)$ – від одиниць мікросекунд до одиниць мілісекунд.

Ці імпульсні сигнали є причиною виходу з ладу широкого спектра промислового та побутового устаткування, а також пошкодження ізоляції кабельних і повітряних ліній електропередач.

Постановка задачі. Відповідно до нормативних документів [1, 2] імпульсні спотворення напруги мережі характеризуються такими основними динамічними показниками якості (ПЯ) ЕЕ: амплітудою U_{mi} та тривалостями єдиного імпульсу t_i чи серії одно- або біполярних імпульсів t_{ix} . Проектування та покращання засобів вимірювання (ЗВ) вказаних ПЯ ЕЕ є надзвичайно актуальною проблемою. Складність побудови таких ЗВ полягає у необхідності контролю достатньо короткотривалих імпульсів $u_i(t)$ на

фоні $f_U(t)$, що накладає певне обмеження на застосування цифрової та обчислювальної техніки.

Розв'язання задачі. На підставі аналізу особливостей спотвореного сигналу напруги $u_i(t)$ у [3, 4] запропоновано спосіб контролю та вимірювання ПЯ ЕЕ з використанням принципу комбінованої апаратно-програмної реалізації алгоритму виявлення та відстеження імпульсного сигналу. При цьому лише виконується перевірка досліджуваної $f_U(t)$ на предмет перевищення швидкості зміни часової функції імпульсного спотворення $u_i(t)$ над деяким опорним значенням

$$s_U(t) \geq U_{mi} \cdot (e_{io}(t))_{\min} = (s_U(t))_{onl}, \quad (1)$$

де $s_U(t) = \frac{df_U(t)}{dt}$, $e_{io}(t) = \frac{de_i(t)}{dt}$, $e_i(t)$ – функція, що описує форму імпульсу спотворення $u_i(t)$ [5].

Виконання цієї нерівності свідчить про знаходження спотворення форми $f_U(t)$ у вигляді єдиного імпульсу або серії різних імпульсів.

Після цього завдяки запропонованому способу виявлення і вимірювання спотворення $u_i(t)$ здійснюється також комплекс необхідних алгоритмів визначення динамічних імпульсних ПЯ ЕЕ.

Згідно з описом дії цього способу в [3] процедура вимірювання амплітуди U_{mi} для єдиного імпульсу або кожного з серії, котра являє собою ділянку спотворення $u_i(t)$, виконується за такою блок-схемою алгоритму (рисунок а). На ній показано такі узагальнені операції: ВКА – вимірювання кодів амплітуд імпульсів, КОМА – контроль та обчислення моменту часу t_{ia} появи U_{mi} кожного імпульсу спотвореної частини $f_U(t)$ та АД – амплітудне детектування.

Зазначимо, що названі операції на рисунку, а, б, в є узагальненими і складаються з сукупностей відповідних дрібніших операцій, що показані та описані у структурі блок-схеми розробленого способу виявлення і контролю імпульсів $u_i(t)$ [3].

Алгоритм цього перетворення можна зобразити у вигляді

$$f_U(t) \rightarrow (u_i(t))_{MAX-li} \rightarrow (N_{Um-i})_{li} = c_i \cdot (U_{mi})_{li}, \quad (2)$$

де c_i – характерна під час аналого-цифрового перетворення $u_i(t)$ стала.

Отже, після знаходження імпульсного спотворення $u_i(t)$ в $f_U(t)$ виконується за допомогою АД фіксація послідовно в часі l_i значень $(u_i(t))_{MAX-li}$ амплітуд наявних імпульсів. Надалі останні перетворюються за допомогою АЦПС на пропорційні l_i значення кодів амплітуд $(N_{Um-i})_{li}$.

Поряд з цим при КОМА здійснюється визначення моментів часу $(t_{ai})_{li}$, коли відзначаються амплітуди $(U_{mi})_{li}$ кожного l_i імпульсу спотвореної ділянки $f_U(t)$.

Специфічною особливістю розробленого способу знаходження та контролю імпульсної напруги є отримання в результаті його виконання двох масивів – цифрових миттєвих значень $\{u_i(k)\}$ імпульсної частини досліджуваної функції $f_U(t)$ та відповідних їм часових значень $\{t_{ju}(k)\}$ (рисунок б).

Згідно з викладеним вище інформаційна частина масиву $\{t_{ju}(k)\}$ характеризує розміщення у часі кодів $\{u_i(k)\}$ зафіксованого єдиного імпульсу чи серії з них у кривій $f_U(t)$. Інша, виявна частина часового масиву формується на основі аналізу $f_U(t)$ і фіксації початків та закінчень послідовності $\{l_i\}$ імпульсів (ФПЗІ на рисунку б), що утворюють спотворення $u_i(t)$, причому $\{l_i\} = \{1, 2, \mathbf{K}, N_{im}\}$. Стосовно кожного l_i імпульсу фіксуються моменти часу початку $(t_{mi})_{li}$ і закінчення $(t_{zi})_{li}$, котрі використовуються для обчислення часових параметрів (ОЧП):

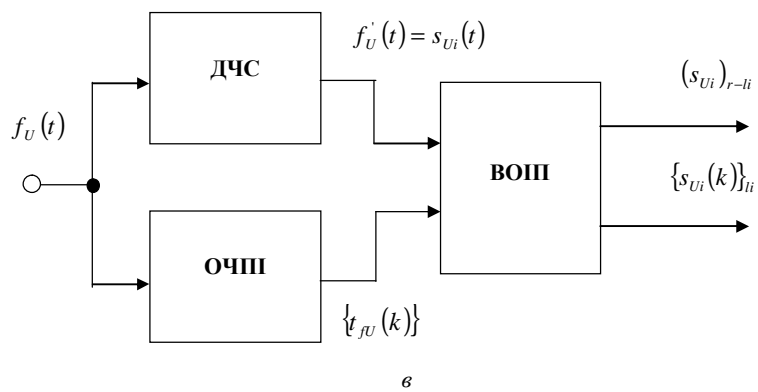
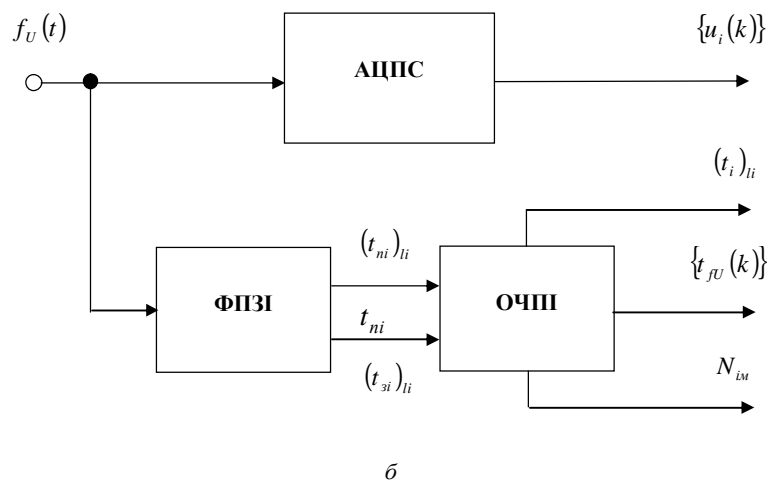
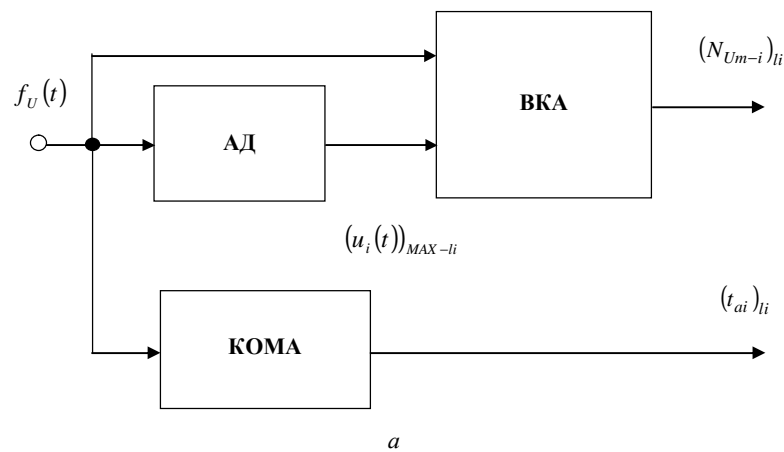
– тривалості будь-якого імпульсу серії

$$(t_i)_{li} = (t_{zi})_{li} - (t_{mi})_{li}, \quad (3)$$

– тривалості власне серії

$$t_{\Sigma} = \sum_{li=1}^{N_{im}} (t_i)_{li}. \quad (4)$$

Звідси з виявної частини масиву $\{t_{ju}(k)\}$ отримують вектор у такому вигляді – $\{(t_i)_1, (t_i)_2, \mathbf{K}, (t_i)_{N_{im}}, t_{\Sigma}\}$.



Блок-схеми алгоритмів обчислення динамічних імпульсних ПЯ ЕЕ

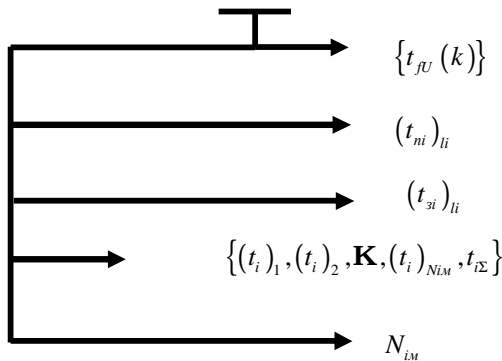
Зазначимо, що частина цієї інформації має допоміжний характер і на цьому етапі не застосовується для безпосереднього вимірювання ПЯ ЕЕ, оскільки не фігурує у нормативних документах з якості.

Це стосується масиву значень $\{u_i(k)\}$ та пов'язаної з ним інформаційної частки часових

параметрів $\{t_{jU}(k)\}$, за якими можна побудувати криву спотворення $u_i(t)$ з метою визначення її форми, а також – для оцінки рівня енергії спотвореної ділянки $f_U(t)$.

З поданого можна показати алгоритм цього петворення (рисунок б) як

$$f_U(t) \rightarrow u_i(t) \rightarrow \{u_i(k)\}. \quad (5)$$



Оскільки для знаходження єдиного чи серії імпульсів як функції $u_i(t)$ контролюють динамічну поведінку $f_U(t)$ її диференціюванням у часі (ДЧС на рисунку в), то варто відзначити такий аспект. За викладками [5] і з (1) отримуємо вираз для додаткового параметра – миттєвої швидкості зміни імпульсної напруги в часі

$$s_{Ui}(t) = \frac{du_i(t)}{dt} = U_{mi} \cdot \frac{de_i(t)}{dt}, \quad (6)$$

котра є важливим ПЯ ЕЕ з погляду надійності, особливо електротехнічного устаткування.

Використовуючи дані ОЧПІ, у результаті здійснення вимірювання та обчислення імпульсних швидкісних ПЯ ЕЕ (ВОПІ) для кожного l_i імпульсу кривої спотворення $u_i(t)$ визначають вектор кодів вибірових значень $\{s_{Ui}(k)\}_{li} = \{s_{Ui}(1), s_{Ui}(2), K, s_{Ui}(N_{im})\}_{li}$ (рисунк, в).

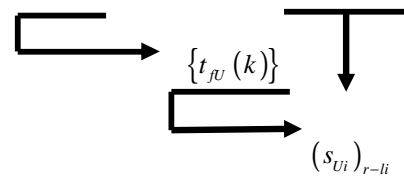
Ураховуючи ймовірні форми імпульсного спотворення $u_i(t)$ згідно з [3] та істотну надлишковість інформації про $\{s_{Ui}(k)\}_{li}$, доцільно застосувати для кожного l_i імпульсу усереднену інтервальну швидкість зміни імпульсної напруги $(s_{Ui})_{r-li}$. Її можна обчислювати, використовуючи дані раніше знайдених вибірок $\{s_{Ui}(k)\}_{li}$, взятих протягом тривалості фронту l_i імпульсу $(t_{\phi p-i})_{li} = (t_{ai})_{li} - (t_{ni})_{li}$. Якщо протягом цього інтервалу часу зафіксовано $l_{\phi p-i}$ значень $\{s_{Ui}(k)\}_{li}$ стосовно досліджуваного l_i імпульсу спотворення, то для нього отримаємо

$$(s_{Ui})_{r-li} = \frac{1}{l_{\phi p-i}} \cdot \sum_{k=1}^{l_{\phi p-i}} (s_{Ui}(k))_{li}. \quad (7)$$

Подібно шукають значення усередненої інтервальної швидкості $(s_{Ui})_r$ для інших імпульсів виявленої серії $u_i(t)$.

Підсумком виконання наведених операцій вимірювання $\{s_{Ui}(k)\}_{li}$ і $(s_{Ui})_{r-li}$ можна вважати алгоритм цього перетворення (рисунк в)

$$f_U(t) \rightarrow s_{Ui}(t) \rightarrow \{s_{Ui}(k)\}_{li}. \quad (8)$$



Сукупність описаних алгоритмів визначення динамічних ПЯ ЕЕ слугує підґрунтям для створення відповідних вимірювачів та покращання нормативної бази контролю якості ЕЕ.

На підставі виконаного у [5] аналізу розглянуто точність контролю імпульсних спотворень $u_i(t)$ у двох аспектах: їхнє виявлення та власне вимірювання динамічних імпульсних ПЯ ЕЕ.

Стосовно знаходження цих спотворень основною похибкою необхідно вважати похибку диференціатора, котра виникає через його неідеальність під час контролю ймовірних форм імпульсів $u_i(t)$. Вибором сталої часу t_{Δ} диференціатора з урахуванням можливих діапазонів зміни $(t_{\phi p-i})_{li}$ можна корегувати точність виявлення зазначених спотворень напруги. За даними [5] у разі імпульсів, що найчастіше відзначаються на практиці, з $t_i = 1K15 \text{ мкс}$ вибором

$$\frac{(t_{\phi p-i})_{\min}}{t_{\Delta}} = 25K50 \text{ забезпечується значення похибки виявлення не більше ніж } \pm 0.5\% . \text{ Якщо } t_i > 15 \text{ мкс} , \text{ ця похибка не перевищує } \pm 0.1\% \text{ вже при } \frac{(t_{\phi p-i})_{\min}}{t_{\Delta}} = 25 .$$

Точність вимірювання динамічних ПЯ ЕЕ визначається похибками, зумовленими операціями аналогового запам'ятовування (АД, рисунок а) та аналого-цифрового перетворення (ВКА, АЦПС і ВОПІ

на рисунку) [5]. Вибором сучасних мікроелектронних елементів для реалізації цих операцій можна гарантувати похибки вимірювання ПЯ ЕЕ на рівні не гірше ніж $\pm 0.1\mathbf{K} \pm 0.2\%$, з урахуванням діапазону зміни t_i та $t_{i\Sigma}$.

Висновки. На підставі розроблених способу виявлення і контролю та алгоритмів обчислення з'являється можливість побудови засобу вимірювання динамічних імпульсних показників якості електроенергії ефективним розподілом функцій між його основними вузлами, що забезпечує застосування уніфікованих мікропроцесорних структур. Гарантується порівняно висока точність як виявлення, так і вимірювання імпульсних спотворень напруги мережі у широких діапазонах зміни амплітуд і тривалостей імпульсів.

1. ГОСТ 13109-97. *Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.* – Введ. 01.01.2000. – К.: Держстандарт України, 1999. – 32 с. 2. Жежеленко И. В. *Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий.* – 4-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с. 3. Ванько В.М. *Спосіб виявлення та вимірювання показників якості імпульсної напруги електромережі // Міжвідомчий збірник наукових праць “Відбір і обробка інформації” ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України.* – 2005. – № 23 (99). – С. 69–74. 4. *Цифровой вольтметр змінної напруги електромережі: Пат. 72638. Україна, МКВ G01R19/00 / В.М. Ванько – №2003021634; Заявл. 25.02.2003; Опубл. 15.03.2005. Бюл. № 3. – 7 с.* 5. Ванько В.М. *Вимірювання показників якості напруги в електромережі // Методи та прилади контролю якості.* – Івано-Франківськ, 2006. – №16. – С. 69–73.

УДК 621.311.25

ВЕКТОРНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ

© Чабан Олеся, 2008

Національний університет “Львівська політехніка”,
вул. С. Бандери, 12, Львів, Україна

Запропоновано векторний метод оцінювання якості продукції та послуг за двома критеріями – вектором та фазою якості.

Предложен векторный метод оценивания качества продукции и услуг по двум критериям – вектору и фазе качества.

Vector method of production and service quality estimation through two criteria – a vector and a phase – is proposed.

Вступ. Якість є властивістю, що здатна описувати і порівнювати речі (предмети, товари, послуги) між собою. На основі цього можна стверджувати, що якості притаманні такі властивості.

Якість описується і порівнюється тільки через реальні значення і пряме порівняння; однакові значення однієї і тієї самої характеристики якості одного типу товару не відрізняються між собою, а тому фактично є одним і тим самим значенням. Структура якості будь-якого типу продукції є строго індивідуальною і однозначною для певного моменту часу. Якість є нічим іншим, як відношенням, а значення якості є числовим значенням цього відношення.

Очевидно, що числові значення відношення певного показника якості для різних товарів із тієї самої групи можуть бути різними. Це означає, що тільки за одним показником якості цієї групи продукції вони відрізняються між собою і цю продукцію можна розмістити у ранг за відношенням цього показника. Тобто за цим відношенням можна відрізнити один товар від іншого.

Аналіз стану досліджень. Очевидно, що якість товару загалом є суперпозицією відношень за всіма показниками якості цього товару. Іншими словами якість – це “стан”, що є узагальненням усіх характеристик.