

parameters control // Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application. Proceedings Of the 2-nd International Conference ACSN-200. – Lviv, 2005. – P. 23–24.7. Дороніна О., Лавров Г., Хомич С. Підвищення точності системи контролю енергетичних параметрів електромережі // Системи контролю окружающей среды: Сб. науч. тр. – Севастополь: МГИ, 2004. – С. 96–98. 8. Пат. 18233 Україна. Аналого-цифровий перетворювач інтегральних характеристик електричних величин / О.М. Дороніна, С.В. Хомич. – Опубл. в Бюл., 2006. – № 11. 9. Дороніна О.М., Лавров Г.М., Хомич С.В. Визначення активної та реактивної потужностей у системних мультиметрах електричних величин промислової електромережі // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2001. – № 437. – С. 59–61.

УДК 621.398

О.М. Дороніна**, С.В. Хомич*

Національний університет “Львівська політехніка”,

*кафедра електронних обчислювальних машин,

**НДКІ ЕЛВІТ

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ

© Дороніна О.М., Хомич С.В., 2007

Розглянуто особливості реалізації потенційної точності вимірювання електроенергетичних параметрів синтезом оптимальних вимірювальних процедур, адаптованих до поточної ситуації вимірювань. Досліджено алгоритми, орієнтовані на уточнення характеристик контрольованих сигналів та умов вимірювань, а також використання відомих закономірностей поведінки результатів проміжних вимірювань.

This paper presents features of the electric power parameters measurement potential accuracy implementation based on the optimum measuring procedures synthesis adapted to the measurement current situation. There are investigated the algorithms oriented on refinement of characteristics of controlled signals and measurement conditions, and also usage of known regularity of measurement subproducts behavior.

Вступ. Важливою задачею для підвищення якості контролю виробництва, розподілу та споживання електроенергії є розвиток базового вимірювального алгоритмічного забезпечення процесорних систем контролю, адекватного технічним можливостям цих систем. Однією з основних перешкод для точного виконання вимірювальних процедур у системах контролю параметрів електроенергії є відсутність достатньої апріорної інформації про властивості об'єктів контролю та умови вимірювань. Нейтралізувати цю перешкоду значною мірою можна, використовуючи адаптивні вимірювальні алгоритми, здатні до перебудови відповідно до поточної інформації про змінювання властивостей та умов функціонування контрольованих об'єктів, результати допоміжних та проміжних вимірювань.

Огляд літературних джерел. З огляду на [1], у процесі контролю параметрів електроенергії можливе використання адаптивних алгоритмів:

- на основі результатів робочих вимірювань, отриманих до початку j -го вимірювального експерименту, орієнтованих на уточнення характеристик контрольованих сигналів, що використовуються для встановлення характеру виконуваних перетворень;

- на основі результатів допоміжних вимірювань, виконаних у процесі проведення j -го вимірювального експерименту, орієнтованих на уточнення характеристик умов вимірювань як впливових факторів чи умовних характеристик під час встановлення характеру виконуваних перетворень;
- на основі порівняння проміжних результатів між собою чи з уставками в процесі проведення j -го вимірювального експерименту, які використовують відомі закономірності поведінки результатів проміжних вимірювань.

Згідно з [2], одним з основних напрямків застосування для контролю параметрів електроенергії адаптивних алгоритмів, орієнтованих на уточнення характеристик контрольованих сигналів, є процедури оптимізації квантування сигналів за допомогою вибору коефіцієнтів нормалізації за поточними діючим [3] чи миттєвим [4] значеннями. Однак у першому випадку коефіцієнт нормалізації змінного сигналу залишається постійним упродовж періоду коливання, що при малих миттєвих значень сигналу відносно амплітудного приводить до зростання відносної похибки квантування, а із збільшенням сигналу і можливого його виходу за розрядну сітку АЦП – взагалі до грубого спотворення показів. Щодо вибору коефіцієнтів нормалізації на основі аналогового моніторингу миттєвих рівнів сигналу, запропонованого у [4], то він потребує значного як апаратного, так і програмного ускладнення засобу контролю параметрів електроенергії – пропорційно збільшенню кількості діапазонів вимірювання.

Згідно з [5] можливим напрямком застосування під час контролю електроенергетичних параметрів адаптивних алгоритмів, орієнтованих на уточнення характеристик умов вимірювань, є процедури коригування результатів перетворень із зміною температури навколишнього середовища та електромагнітного поля, які, переважно, впливають на характеристики перехідних трансформаторів первинних давачів інформації [6]. Як показано у [7, 8], сьогодні з'явилася тенденція побудови перехідних трансформаторів на тороїдальних осердях із сучасних аморфних чи нанокристалічних сплавів із малою амплітудною похибкою, практично не залежною від температури. Але при цьому питання термокомпенсації фазової похибки та компенсації впливу електромагнітного поля залишаються відкритими.

З огляду на [9], одним із напрямків застосування для контролю параметрів електроенергії адаптивних алгоритмів із використанням можливих закономірностей поведінки результатів проміжних вимірювань може бути процедура реєстрування імпульсних завад контрольованих сигналів у разі перевищення швидкості їхнього наростання деякого заданого граничного значення.

Постановка задачі. Задачею статті є розвиток адаптивного вимірювального алгоритмічного забезпечення контролю параметрів електроенергії, скерований на підвищення ефективності контролю за допомогою реалізації апріорної та проміжної інформації про властивості контрольованих об'єктів, умови, вимоги та обмеження контролю.

Основні матеріали дослідження. Оптимізація квантування сигналів на основі цифрового контролю рівня їхніх миттєвих значень. Цифровий варіант вибору коефіцієнтів нормалізації контрольованих струмів і напруг передбачає введення до схеми процесорної системи контролю параметрів електроенергії для попереднього оцінювання рівня вхідних сигналів додаткового швидкодіючого ЦАП і дає змогу збільшити кількість діапазонів вимірювання тільки за рахунок програмних засобів.

Адаптивна процедура оптимізації квантування з цифровим варіантом устанавлення коефіцієнта нормалізації сигналу $g(t)$ полягає у перевірці невиходу чергового коду $|N_{gj}^{(d)}|$ на виході додаткового АЦП при визначеному, наприклад, мінімальному, коефіцієнті нормалізації k_{nr} за межу $N_{gp} \geq 2^{r-m}/|\delta_g|$, де δ_g – припустима відносна похибка квантування для амплітудного значення $g(t)$; m і r – розрядність відповідно основного і додаткового АЦП, причому $r \geq k_{nr\max}/k_{nr\min}$, і встановлення відповідних значень коефіцієнта нормалізації k_{nr} і коду корекції зміщення нуля Δ_g :

$$\begin{aligned}
\Delta N &= \left| N_{gj}^{(d)} \right| - N_{gp} \rightarrow \\
&\begin{cases} \text{якщо } \Delta N \geq 0, \text{ то } k_{nr} = k_{nrp}, \Delta_g = \Delta_{gp}; \\ \text{інакше } \Delta N = N_g^{(d)} \cdot (k_{nr\ p-1} / k_{nrp}) - N_{gp} \rightarrow \end{cases} \\
&\begin{cases} \text{якщо } \Delta N \geq 0, \text{ то } k_{nr} = k_{nr\ p-1}, \Delta_g = \Delta_{g\ p-1}; \\ \text{інакше } \Delta N = N_g^{(d)} (k_{nr\ p-2} / k_{nrp}) - N_{gp} \rightarrow \end{cases} \\
&\text{і т. д. до } \Delta N \geq 0.
\end{aligned} \tag{1}$$

Також треба зазначити, що у разі встановлення значення k_{nr} для кожної з вибірок миттєвих значень сигналу $g(t)$ за період суми кодів N_{gj} цих вибірок та їхніх квадратів, а також миттєвих потужностей за період при визначенні електроенергетичних параметрів [2] мають формуватися з приведенням значень k_{nr} до максимального для цієї сукупності N_{gj} . Крім того, зсув нуля для розгалужень вимірювального каналу повинен визначатися шляхом додаткових під'єднань $g(t)$ до входу основного АЦП при постійному значенні k_{nr} .

Коригування результатів вимірювальних перетворень із зміною умов вимірювань.

Залежність кутової похибки перехідних трансформаторів від температури навколишнього середовища приводить до необхідності введення адаптивної процедури термокомпенсації кутової похибки обчислення потужностей. Процедура має передбачати додаткове визначення показу N_t температури t° і його відхилення ΔN_t від заданого значення N_{t0} та уточнення відповідно до ΔN_t величин $N_{\cos\Delta\varphi 0}$ та $N_{\sin\Delta\varphi 0}$ корекції кутового зсуву $\Delta\varphi_0$ між напругами та струмами у фазах [5], які визначаються для певного значення t° при калібруванні відповідних вимірювальних каналів системи контролю параметрів електроенергії:

$$\begin{aligned}
N_t &= k_{t1} \cdot t^\circ \rightarrow \Delta N_t = N_t - N_{t0} \rightarrow N_{\Delta\varphi}^{(t)} = k_{t2} \cdot \Delta N_t \rightarrow \\
N_{\cos\Delta\varphi}^{(t)} &= f_1(N_{\Delta\varphi}^{(t)}); N_{\sin\Delta\varphi}^{(t)} = f_2(N_{\Delta\varphi}^{(t)}) \rightarrow \\
N_{\cos\Delta\varphi} &= (N_{\cos\Delta\varphi 0} \cdot N_{\cos\Delta\varphi}^{(t)} - N_{\sin\Delta\varphi 0} \cdot N_{\sin\Delta\varphi}^{(t)}) : k_\varphi, \\
N_{\sin\Delta\varphi} &= (N_{\sin\Delta\varphi 0} \cdot N_{\cos\Delta\varphi}^{(t)} + N_{\cos\Delta\varphi 0} \cdot N_{\sin\Delta\varphi}^{(t)}) : k_\varphi,
\end{aligned} \tag{2}$$

де k_{t1} , k_φ – коефіцієнти пропорційності; $k_{t2} = (k_\varphi / k_{t1})$; k_{t3} ; k_{t3} – коефіцієнт залежності $\Delta\varphi$ від зміни температури.

При лінійній термозалежності $\Delta\varphi$ (для осердь трансформаторів з аморфних сплавів) коефіцієнт k_{t3} , а отже, і k_{t2} є постійними, наперед визначеними, величинами. У випадку нелінійної залежності $\Delta\varphi$ від t° (для нанокристалічних осердь) k_{t2} задається масивом значень для припустимого діапазону змінювання температури.

Значення функцій $f_1(N_{\Delta\varphi}^{(t)})$ та $f_2(N_{\Delta\varphi}^{(t)})$ у процедурі (2) можуть визначатися за процедурами на основі розкладу функцій відповідно \cos та \sin у степеневі ряди:

$$\begin{aligned}
N_{\Delta\varphi 1}^{(t)} &= N_{\Delta\varphi}^{(t)} \cdot N_{\Delta\varphi}^{(t)} : k_\varphi; N_{\Delta\varphi n \neq 1}^{(t)} = N_{\Delta\varphi 1}^{(t)} \cdot N_{\Delta\varphi n-1}^{(t)} : [4n(2n-1)k_\varphi] \rightarrow \\
f_1(N_{\Delta\varphi}^{(t)}) &= k_\varphi + \sum_{n=1}^N (-1)^n N_{\Delta\varphi n}^{(t)},
\end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
N_{\Delta\varphi n}^{(t)} &= N_{\Delta\varphi 1}^{(t)} \cdot N_{\Delta\varphi n-1}^{(t)} : [2(n-1)(2n-1)k_\varphi] \rightarrow \\
f_2(N_{\Delta\varphi}^{(t)}) &= N_{\Delta\varphi 1}^{(t)} + \sum_{n=2}^N (-1)^{n-1} N_{\Delta\varphi n}^{(t)},
\end{aligned} \tag{4}$$

де N обирається з умови, що $N_{\Delta\varphi N+1}^{(t)} < 1/k_\varphi$.

Можливим шляхом компенсації впливу зовнішнього електромагнітного поля на покази електроенергетичних параметрів є введення до структури системи контролю двох додаткових трансформаторів, зорієнтованих аналогічно трансформаторам напругових та струмових вимірювальних кіл, що відрізняються від останніх закороченими первинними обмотками, і додаткове визначення показів $N_I^{(e)}$, $N_U^{(e)}$ діючих значень сигналів, які виникають у вторинних обмотках трансформаторів через вплив поля. При цьому адаптивна процедура компенсації впливу поля на покази діючих значень напруги та струму відповідно N_U та N_{U_s} , активної та реактивної потужностей відповідно N_P та N_Q має містити такі операції:

$$\begin{aligned} N'_I &= N_I - N_I^{(e)}; N'_U = N_U - N_U^{(e)} \rightarrow N_{IU} = N_I \cdot N_U : k_{p/a}; N'_{IU} = N'_I \cdot N'_U : k_{p/a} \rightarrow \\ N_{\cos\varphi} &= N_P \cdot k_\varphi : N_{IU} \rightarrow N'_P = N'_{IU} \cdot N_{\cos\varphi} : k_\varphi, \\ N_{\sin\varphi} &= N_Q \cdot k_\varphi : N_{IU} \rightarrow N'_Q = N'_{IU} \cdot N_{\sin\varphi} : k_\varphi, \end{aligned} \quad (5)$$

де $k_{p/a}$ – коефіцієнт приведення розрядності N_{IU} та N'_{IU} до розрядності N_P та N_Q .

Реєстрування імпульсних завад. Згідно з [9], при дослідженні імпульсних завад мають фіксуватися такі параметри завади, як час моменту появи серії імпульсів (поодинокого імпульсу) T_{isb} , означеного перевищенням швидкості наростання показу контрольованого сигналу $N_g(t)$ заданого значення ΔN_{go} , коди рівнів вершин імпульсів N_{gvj} і моментів їхньої появи N_{tvj} відносно до T_{isb} , число імпульсів n_i у серії та її тривалість, означена кількістю кроків дискретизації $N_{\bar{a}s}$, коди рівнів основного сигналу на початку N_{gsb} і закінченні N_{gse} дії завади. Процедура введення реєстрування імпульсних завад може ґрунтуватися на визначенні поточного значення ознаки C_j імпульсної завади на основі аналізу значення ознаки C_{j-1} для попереднього кроку дискретизації контрольованого сигналу $g(t)$:

$$\begin{aligned} \text{при } C_{j-1} = 000 : \text{якщо } \left[\Delta N_g = |N_{gj} - N_{g\ j-1}| \right] \geq \Delta N_{go} : \\ C_j = 001; \Delta t_1 \rightarrow \Delta t_2; T_{isb} = t_j; N_{gsb} = N_{g\ j-1}; N_{\bar{a}s} = 0; n_i = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

де t_j – поточний час; Δt_1 та Δt_2 – крок дискретизації $g(t)$ відповідно для $C=000$ та $C \neq 000$.

$$\text{при } C_j \neq 000 : N_{\bar{a}s} = N_{\bar{a}s} + 1; \quad (7)$$

$$\text{при } C_{j-1} = 001 : \text{якщо } \{C_v = \text{sign}[N_{gj}] \text{ XOR } \text{sign}[N_{g\ j-1}]\} = 1 : \quad (8)$$

$$C_j = 010; N_{gvj} = N_{g\ j-1}; N_{tvj} = N_{\bar{a}s} - 1; n_i = n_i + 1; \quad (9)$$

$$\text{при } C_{j-1} = 010 : \text{якщо } \Delta N_g \geq \Delta N_{go} : C_j = 011; \quad (9)$$

$$\text{при } C_{j-1} = 011 : \begin{cases} \text{якщо } \Delta N_g < \Delta N_{go} : C_j = 100; N'_\tau = 0; N'_{gse} = N_{g\ j-1}; N'_{\bar{a}s} = N_{\bar{a}s}; \\ \text{інакше : якщо } C_v = 1 : C_j = 010; N_{gvj} = N_{g\ j-1}; N_{tvj} = N_{\bar{a}s} - 1; n_i = n_i + 1; \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{при } C_{j-1} = 100 : N'_\tau = N'_\tau + 1 \rightarrow \\ \begin{cases} \text{якщо } \Delta N_g \geq \Delta N_{go} : C_j = 011; \\ \text{інакше : якщо } [\Delta N_\tau = N'_\tau - N_{\bar{a}\max}] \geq 0 : C_j = 000; N_{gse} = N'_{gse}; N_{\bar{a}s} = N'_{\bar{a}s}; \Delta t_2 \rightarrow \Delta t_1. \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

Висновки. Доцільним шляхом оптимізації контролю параметрів електроенергії є застосування адаптивних вимірювальних алгоритмів на основі результатів робочих та допоміжних вимірювань, а також порівняння проміжних результатів між собою чи з уставками, орієнтованих на уточнення характеристик контрольованих сигналів та умов контролю, а також зміну закономірностей поведінки сигналів. Можливими напрямками застосування таких алгоритмів є: зменшення похибки квантування контрольованих сигналів при розширенні діапазонів їхнього змінювання; компенсація впливу температури та електромагнітного поля на характеристики перехідних трансформаторів; введення процедури реєстрування імпульсних

завад контрольованих сигналів при перевищенні швидкості їхнього наростання деякого заданого граничного значення.

1. Цветков Э.И. *Процессорные измерительные средства*. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 224 с.
2. Дороніна О., Лавров Г., Хомич С. Підвищення точності системи контролю енергетичних параметрів електромережі. // Системи контролю окружающей среды. Сборник научных трудов. – Севастополь: МГИ, 2004. – С. 96–98.
3. Доронина О.М., Хомич С.В. Особенности автоматического выбора диапазонов измерения системы мониторинга энергетических параметров электросети // Системи контролю окружающей среды. Средства и информационные технологии: Сб. науч. тр. – Севастополь: МГИ, 2006. – С. 98–80.
4. Guery A., Kitchin Ch. 16-bit ADC provides 19-bit resolution. // *Analog Devices, EDN*. – 2002. – № 2.
5. Дороніна О.М., Лавров Г.М., Хомич С.В. Підвищення точності вимірювальних каналів комп'ютеризованої системи контролю та діагностики енергооб'єктів // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2003. – № 492. – С. 54–58.
6. Пат. 54718А Україна. Аналого-цифровий перетворювач інтегральних характеристик електричних величин / О.М. Дороніна, Г.М. Лавров, С.В. Хомич (Україна). – Опубл. в Бюл., 2003. – № 3.
7. Голуб В. Измерительные трансформаторы тока для счётчиков электроэнергии // *Электронные компоненты и системы*. – 2002. – № 12. – С. 32–35.
8. Валентик А. Прецизионные измерительные трансформаторы тока для электронных счётчиков электроэнергии // *Электронные компоненты и системы*. – 2004. – № 1. – С. 39–41.
9. Дороніна О.М., Лавров Г.М., Хомич С.В. Особливості контролю імпульсних сплесків та провалів сигналів промислової електромережі // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2004. – № 523. – С. 51–53.

УДК 004.92

Р.Б. Дунець, Т.М. Басюк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин

ЗНАХОДЖЕННЯ ШЛЯХУ ОБХОДУ ВЕРШИН ДУГАМИ ПРИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТОПОЛОГІЙ НА ПЛОЩИНІ

© Дунець Р.Б., Басюк Т.М., 2007

Проаналізовано основні аспекти, що стосуються знаходження точок обходу вершин дугами при візуалізації топологій комп'ютерних систем та запропоновано алгоритм їх відображення у вигляді графів.

In article the basic aspects which findings of points of detour concern at visualization of topology of computer's systems are analysed and the algorithm of their display in the graphs form is offered.

Вступ. Проектування сучасних комп'ютерних систем, а особливо спеціалізованих комп'ютерних систем, проводиться в умовах жорсткого обмеження часу. Так, наприклад, на проектування спеціалізованих комп'ютерних систем на кристалі відводяться лічені місяці. Очевидно, що в цьому випадку необхідно застосовувати системи автоматизованого проектування, починаючи вже із системного рівня, на якому не тільки визначаються програмні та апаратні компоненти системи, що представляються як конкуруючі процеси за ресурси, але й розробляється загальна структура, топологія апаратної компоненти системи. На цьому етапі важливо отримувати візуалізовані структури, топології для аналізу, перевірки правильності прийнятих рішень. Зрозуміло, що від якості отриманих зображень структур чи топологій комп'ютерних систем великою мірою залежить не тільки час їх аналізу оператором, але й правильність зроблених висновків стосовно цих структур чи топологій.