

Вывод. Высокая точность определения положения, ориентации и размеров дефектов, улучшенная по сравнению с одиночными преобразователями фронтальная и лучевая разрешающая способность, возможность классификации дефектов по типу на основании изображений их образов позволяют сделать заключение о высокой эффективности контроля при помощи технологии ультразвуковых фазированных решеток с целью заключения о годности объектов различного назначения к эксплуатации.

Список литературы

1. Фазированные решетки. Режим доступа <http://www.harfangveo.ru>.
2. Ермолов И.Н. и др. Ультразвуковые преобразователи для неразрушающего контроля. М.: Машиностроение, 1986. - 280 с.
3. Fry F.J. Intense focused ultrasound: Its production, effects and utilization, in *Ultrasound: Its Application in Medicine and Biology*, Part II, edited Fry F.J. New York: Elsevier, 1978. P. 689-736.
4. Hill C.R., ter Haar G.R. Review article: High intensity focused ultrasound - potential for cancer treatment // *Br. J. Radiology*. 1995. V. 68. № 816. P. 1296-1303.
5. Гаврилов Л.Р., Хэнд Дж. У. Двумерные фазированные ультразвуковые решетки для применения в хирургии: перемещение одиночного фокуса, акустический журнал, 2000, том 46. – С. 456-466.
6. Introduction to Ultrasonic Technology Applications. Advanced Practical NDT Series. - KJII, R/D Tech, 2007 г. /Введение в технологию применения ультразвуковых фазированных решеток. - Перевод С.В. Реука, 2011 г. – Режим доступа <http://defectoscofia.narod.ru>.
7. Keizer W.P.M.N. APAS: An Advanced Phased-Array Simulator. – Режим доступа: <http://arraysoft.nl/Downloads/APASpropmag>
8. Transducer Array Calculation (TAC) GUI. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/35657-transducer-array-calculation-tac-gui>.

Рукопись поступила в редакцию 15.03.13

УДК 621.311.004.56: (621.316+ 621.317)

А.П. СІНОЛИЦІЙ, д-р техн. наук, проф., В.А. КОЛЬСУН, канд. техн. наук, доц.,
В.С. КОЗЛОВ, аспірант, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОТОТИПУ ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТИПУ СПОЖИВАЧА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Створено прототип пристрою автоматичної ідентифікації типу споживача електричної енергії, що є основною ланкою нової нетрадиційної системи діагностики та прогнозування енергетичних показників електричної мережі живлення. Перевірено низьку чутливість алгоритму, за яким працює прилад, до завад у каналі виміру.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Вирішення задачі якісної діагностики та прогнозу енергетичного стану мережі живлення групи енергоємних споживачів можливо за наявності інформації про математичні моделі та параметри навантаження. Таку інформацію неможливо отримати від лічильників електричної енергії, за допомогою яких оцінюють енергетичний стан мережі живлення на вітчизняних підприємствах [1]. Отже існує необхідність у пристроях автоматичного визначення типу споживача електричної енергії, які можна було б інтегрувати до існуючих систем технічного обліку та корекції енергетичних показників.

Аналіз досліджень та публікацій. Математичний апарат однієї з системи нетрадиційного технічного контролю енергетичних показників запропоновано в [2] та практично реалізовано в [3]. Першим кроком вищенаведеної системи є введення типу електроспоживачів, що підключені до досліджуваної мережі. Даний захід можна автоматизувати використавши запропоновану систему ідентифікації типу споживачів електричної енергії [4].

Постановка завдання. Використовуючи математичний апарат ідентифікації типу споживача електричної енергії, розглянутий у [4], створити та практично перевірити прототип пристрою ідентифікації для поодиноких споживачів. Перевірити стійкість алгоритму до завад у каналі виміру та обґрунтувати відсутність необхідності у засобах додаткової цифрової фільтрації.

Викладення матеріалу та результати. Задача майбутньої системи ідентифікації - визначити усі типи споживачів електричної енергії, підключених до мережі, не втручаючись до роботи останніх. Знаючи математичну модель кожного зі споживачів електричної енергії, можли-

во здійснити якісну діагностику та прогнозування енергетичних показників електричної мережі. У даній роботі розглянуто найпростіший випадок – до джерела живлення підключено один невідомий споживач електричної енергії. Запропонована система має обрати із власної бази даних математичну модель, яка відповідає даному типу споживача електроенергії, або не обрати жодної моделі. Додатковою умовою, що висувається до пристрою ідентифікації, є невторчання до електромагнітних процесів мережі живлення. Тобто пристрій повинен працювати, як спостерігач. Функціональну схему приладу показано на рис. 1.

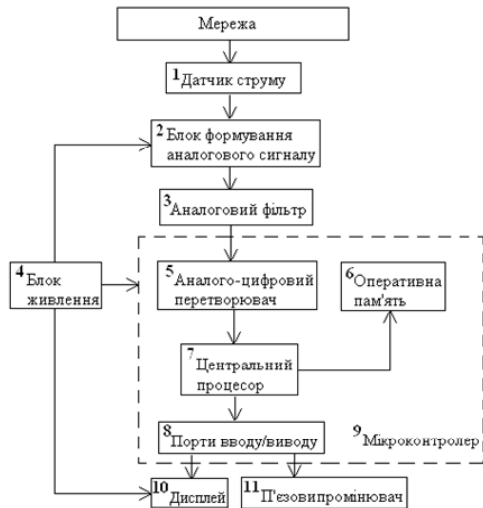


Рис. 1. функціональна схема приладу

Пристрій працює так: після ініціалізації мікроконтролеру, датчик струму, який вбудовано до струмо-вимірювальних кліщів, під'єднують на провідник живлення споживача.

Сигнал з датчику струму надходить до блоку формування аналогового сигналу, що реалізований на двох операційних підсилювачах (рис. 2), які застосовані для формування додатного підсиленого сигналу з сигналу малої амплітуди та різної полярності, та далі до аналогового фільтра.

Сформований та відфільтрований аналоговий сигнал надходить до блоку аналого-цифрового перетворювача, який є частиною керуючого контролеру. Під час оцифрування, сигнал зберігається в оперативній пам'яті контро-

леру.

Після закінчення вимірювання, центральний процесор здійснює попередні обчислення сигналу, який збережено в оперативній пам'яті та надалі ідентифікує споживача.

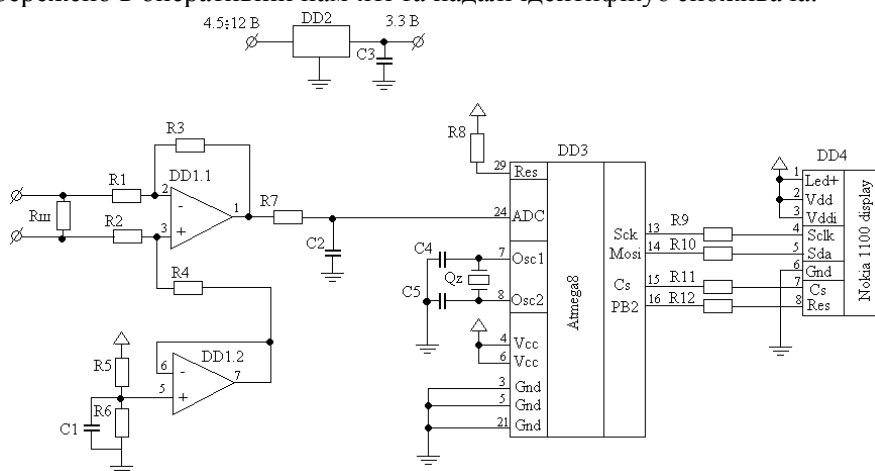


Рис. 2. Електрична принципова схема приладу

Результат зі звуковим сигналом, що генерує п'єзовипромінювач, виводиться контролером на графічний дисплей та процес ідентифікації повторюється.

Блок формування аналогового сигналу працює за такою формулою

$$U_{out} = U_{sh} \cdot k + U_s / 2, \tag{1}$$

де U_{out} - вихідна напруга блоку формування аналогового сигналу; U_{sh} - вхідна напруга, що пропорційна струму шунта R_{sh} ; k - коефіцієнт підсилення схеми, $k=109$; U_s - напруга живлення, $U_s=3.3$ (В).

Напруга шунта, який замикає струмову обмотку, U_{sh} змінюється у межах

$$-0.014 \leq U_{sh} \leq 0.014 \text{ (В)}, \tag{2}$$

що відповідає зміні вимірювального змінного струму в межах:

$$-10 \leq I_{in} \leq 10 \text{ (А)} \tag{3}$$

Аналоговий фільтр виконано у вигляді R-C кола, що має частоту зрізу близько 7 кГц. Обрано мікроконтролер Atmega8A, що має 10-бітний АЦП, який здійснює 128 вибірок даних протягом періоду 20 мс з частотою 6,4 кГц. При тактовій частоті контролеру 8МГц, процес ідентифікації проходить за 19 мс.

Сутність математичного апарату полягає у застосуванні до графічного образу виміряного сигналу засобів технічного зору [4]. Програмно математичний апарат ідентифікації виконано у вигляді бібліотеки, що працює на цілочисельній арифметиці та є апаратно незалежною. Структура еталонної бази даних має п'ять критеріїв ідентифікації:

- симетричність;
- критерій на основі коефіцієнту несинусоїдності;
- критерій на основі похідної сигналу;
- критерій на основі похідної сигналу з низькою частотою дискретизації;
- критерій на основі площі заповнення прямокутника.

До бази даних внесено 7 моделей, з яких пристрій повинен обрати найбільш вірогідну або не обрати жодної. Моделі у базі даних: імпульсне джерело живлення, синусоїдний сигнал, трикутний сигнал, трифазна мостова схема з активним та індуктивним навантаженням, трифазна нульова схема перетворення, 12-фазна схема перетворення.



Рис. 3. Вигляд прототипу приладу

Як зазначалось раніше, пристрій має вигляд струмовимірювальних клещів (рис. 3), які мають лише один струмовий канал отримання інформації, тобто синхронізація із мережею не проводиться та вимір струму триває 20 мс.

Були виконані спроби застосування цифрової фільтрації та програмного вирівнювання сигналу відносно початку (0° за першою гармонікою) для спотворених сигналів моделей, що внесені до бази даних. У ході експериментів було виявлено, що дані заходи не мають необхідності: система є відносно нечутливою до завад у каналі виміру та не вимагає синхронізації вимірювань з мережею.

Нижче наведено приклад ідентифікації імпульсного джерела живлення (блок живлення персонального комп'ютера). На рис. 4 наведено реальну осцилограму та форму струму математичної моделі, яку використано для ідентифікації. Математичний опис форми струму мережі, до якої підключено імпульсне джерело струму, представлено виразом

$$I(t) = \begin{cases} I_3(t) = I_m \cdot \sin(3\omega_1 t) \\ I_3(t); (I_3(t) > 0) \wedge (t < \frac{T}{2}), \\ I_3(t); (I_3(t) \leq 0) \wedge (t \geq \frac{T}{2}) \end{cases} \quad (4)$$

де $I_3(t)$ - струм третьої гармоніки сигналу; I_m - амплітудне значення струму третьої гармоніки; T - значення періоду сигналу; $T=0,02$ (с); ω_1 - кругова частота першої гармоніки мережі.

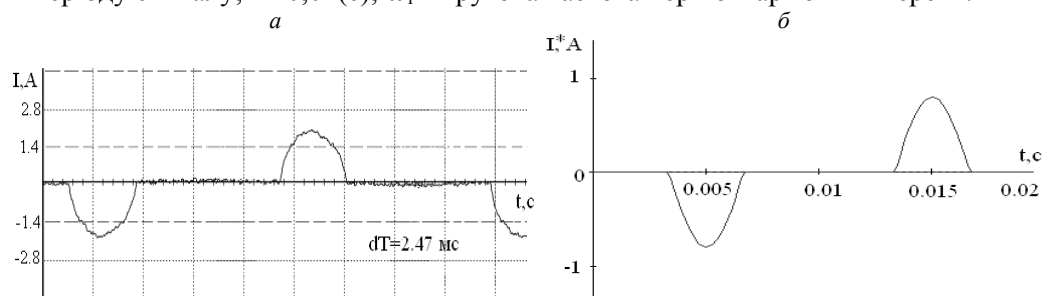


Рис. 4. Реальна осцилограма та форма струму математичної моделі імпульсного джерела живлення

Система ідентифікує імпульсне джерело живлення за наявності завад у каналі вимірювання (табл. 1). Дані експерименту приведені в умовних одиницях, з якими оперує контролер. Необхідно нагадати, що за мінімумом значення узагальнюючого критерію M , система обирає найбільш достовірну модель навантаження[5].

З наведеної табл 1 видно, що ідентифікація із застосуванням вирівнювання сигналу не дає ніяких змін, а застосування цифрового фільтра погіршує значення критерію похибки M на незначну величину.

Критерії верифікації за додаткових заходів фільтрації та вирівнювання сигналу

Критерії	Еталонна цифрова модель	Ідентифікація без додаткових заходів	Ідентифікація із застосуванням цифрового фільтру	Ідентифікація із вирівнюванням сигналу
Симетричність	1	1	1	1
Критерій на основі коефіцієнту несинусоїдності	118	121	121	121
Критерій на основі похідної сигналу	11	10	15	10
Критерій на основі похідної сигналу з низькою частотою дискретизації	4	4	3	4
Критерій на основі площі заповнення прямокутника	156	130	136	130
Критерій похибки M для прийняття рішення	0	0,23	0,98	0,23

У табл 2 наведено обраховані системою значення критерію M для усіх типів навантаження, внесених до бази даних приладу.

Як видно з табл 2, мінімуму критерію M відповідає модель імпульсного джерела живлення споживача. Як зазначалось раніше, застосування вирівнювання сигналу в процесі обрахунку ніяк не впливає на результат, а застосування цифрової фільтрація погіршує значення критерію M на незначну величину. Також доцільно додати, що значення похибки для неістинних моделей значно більше ніж значення похибки для моделі, що є істинною, незважаючи на завади у каналі виміру.

Таблиця 2

Ідентифікація реального споживача електроенергії

Тип споживача	Критерій M	Результат
Імпульсне джерело живлення	0,23	□
Імпульсне джерело живлення із застосуванням цифрового фільтру в процесі обрахунку	0,98	
Імпульсне джерело живлення із вирівнюванням сигналу в процесі обрахунку	0,23	
Синусоїдний сигнал	102	-
Трикутник	78,7	-
Трифазна мостова схема перетворення	17	-
Трифазна мостова схема перетворення з урахуванням кута комутації	35	-
Трифазна нульова схема перетворення	14,2	-
Еквівалентна 12-фазна схема перетворення	21,8	-

Висновки: побудовано прототип пристрою автоматичної ідентифікації типу споживача електричної енергії, що вдало виконує ідентифікацію математичної моделі поодинокого навантаження. В ході експериментів перевірена нечутливість алгоритму ідентифікації до завад у каналі виміру. Експериментально підтверджена відсутність необхідності у додаткових засобах фільтрації сигналу.

Список літератури

1. Давыдов А.С. Особенности измерения полной и реактивной мощности и энергии в электрических сетях / А.С. Давыдов, А.Н. Попенака, В.В. Аникин // Український метрологічний журнал, 2009. - №2. - С. 11–15.
2. Сінолиций А.П., Нетрадиційні системи автоматизованого контролю та обліку енергетичних показників / А.П. Сінолиций, В.А. Кольсун, М.В. Жуйков // Вісник Криворізького технічного університету, 2007. – Вип. 17. – С. 138 – 142.
3. Сінолиций А.П., Автоматизована система контролю та обліку енергетичних показників системи живлення групи електроприводів / А.П. Сінолиций, В.А. Кольсун, В.С. Козлов // Вісник Криворізького технічного університету, 2011. – Вип. 28. – С. 154 – 156.
4. Сінолиций А.П., Математичний апарат системи верифікації енергетичної моделі електроспоживача / А.П. Сінолиций, В.А. Кольсун, В.С. Козлов // Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика, 2012. – Вип. 3(19). – С. 222-224.
5. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

Рукопис подано до редакції 21.02.13