

МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ СПОТВОРЕНЬ ГАРМОНІЧНИХ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНОГО КВАДРАТИЧНО-ІМПУЛЬСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

В роботі викладений метод дискретного квадратично-імпульсного перетворення гармонічних сигналів, який реалізується спецпроцесорами з нейрокомпонентами. Приведені архітектури спецпроцесорів, описана аналітика операцій, що здійснюються ними та результати згортки еталонних та спотворених гармонічних сигналів.

Ключові слова: гармонічний сигнал, дискретне квадратично-імпульсне перетворення, спецпроцесор, нейропроцесор, перехідний процес, згортка сигналу.

T.O. ZAVEDIUK, Y.M. NYKOLAYCHUK

Institute of Microprocessor Control Systems of Electric Power Facilities, Lviv, Ukraine

IDENTIFICATION METHOD OF HARMONIC SIGNALS DISTORTION BASED ON DISCRETE QUADRATIC-PULSE CONVERSION

Abstract – Development of theoretical principles of study of harmonic signals that describe the technological parameters of objects in modern information systems is a topical scientific and technical challenge.

Especially important task in recognition of harmonic signals is the identification of distortions in high power systems in the event of short circuits, leading to changes in their correlation and spectral characteristics. The successful solution of this problem was achieved on the basis of square-pulse conversion with using of special processors with neural components.

A new method for square-pulse conversion of harmonic signals using correlation convolution and processor with neural components that identifies hopping load and short circuit in a high-voltage power lines and can be widely applied to other problems in recognition of distortion of harmonic signals.

Keywords: harmonic signal, discrete square-pulse conversion, special processor, neural processor, transient, convolution of signal.

Вступ

Розробка теоретичних засад опрацювання гармонічних сигналів, які описують технологічні параметри об'єктів в сучасних інформаційних системах є актуальною науково-технічною задачею. Цей клас задач охоплює широку сферу як теоретичних, так і прикладних досліджень в галузі моделювання та реалізації процесорів для виявлення та розпізнавання сигналів, приймання маніпульованих гармонічних сигналів та шумоподібних кодів, цифрову голографію та ін. Основними функціями таких процесорів є ідентифікація характеристик гармонічних сигналів, які формуються джерелами інформації.

Постановка задачі

Особливо важливою задачею розпізнавання гармонічних сигналів є ідентифікація їх спотворень у високовольтних енергетичних системах при виникненні коротких замикань, що приводить до зміни їх кореляційних та спектральних характеристик. Успішне рішення такої задачі може бути досягнуто на основі квадратично-імпульсного перетворення спецпроцесорами з нейрокомпонентами.

Формулювання цілей

Метою роботи є розробка методу перетворення гармонічних сигналів в імпульсні потоки з властивостями шумоподібних сигналів та особливими кореляційними характеристиками на основі спецпроцесорів з нейрокомпонентами формування імпульсних потоків та їх згортки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз літературних даних в галузі нейропроцесорів демонструє важливі наукові результати моделювання та теоретичної формалізації функцій нейрона [1, 2].

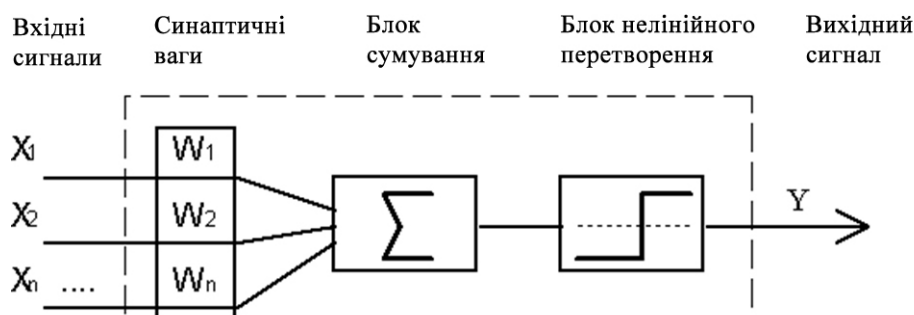


Рис. 1. Функціональна схема формального нейрона Маккалока і Пітса

На рис. 1 показана функціональна схема формального нейрона Маккалока і Пітса [3], який, з сучасної точки зору, представляє собою математичну модель мультиплікативного процесора, що має декілька входів і один вихід. Вектор входних сигналів перетворюється нейроном у вихідний сигнал з використанням трьох функціональних блоків – локальної пам'яті, блоку сумування і блоку нелінійного перетворення. Вектор локальної пам'яті містить інформацію про вагові коефіцієнти, з якими входні сигнали будуть інтерпретуватись нейроном.

Вибором цих коефіцієнтів досягається та чи інша інтегральна функція нейрона.

Недоліком такого пристрою є обмежені функціональні можливості через неможливість формування реакції пристрою на вхідний синусоїдальний сигнал, адекватної до реакції нейрона.

На вході нейрона гармонічний синусоїдальний сигнал на рівні збуджувальних і заторможуючих входів трансформується у квадратичний простір [4]. На рис. 2 показана модель гармонічного сигналу $y(x) = \sin^2(x)$, його похідної та відповідної реакції нейрона на неї.

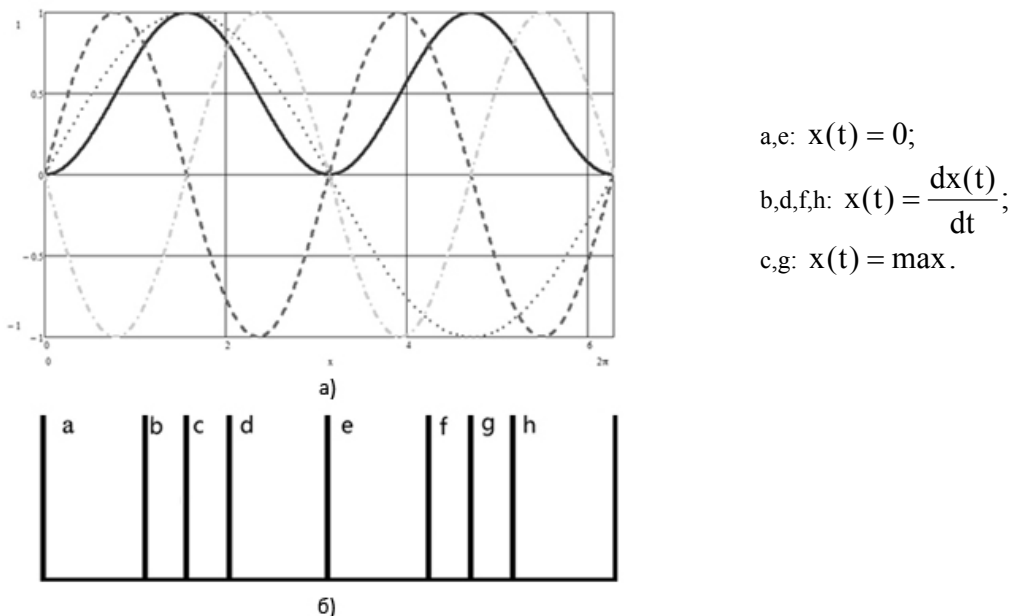


Рис. 2. Модель гармонічного сигналу $y(x)=\sin^2(x)$ (а) та відповідної реакції на нього нейрона (б)

Розроблено спецпроцесор, який на основі опрацювання вхідного гармонічного сигналу формує потік імпульсів, зображених на рис. 2б. Функціональна схема спецпроцесора наведена на рис. 3 [5].

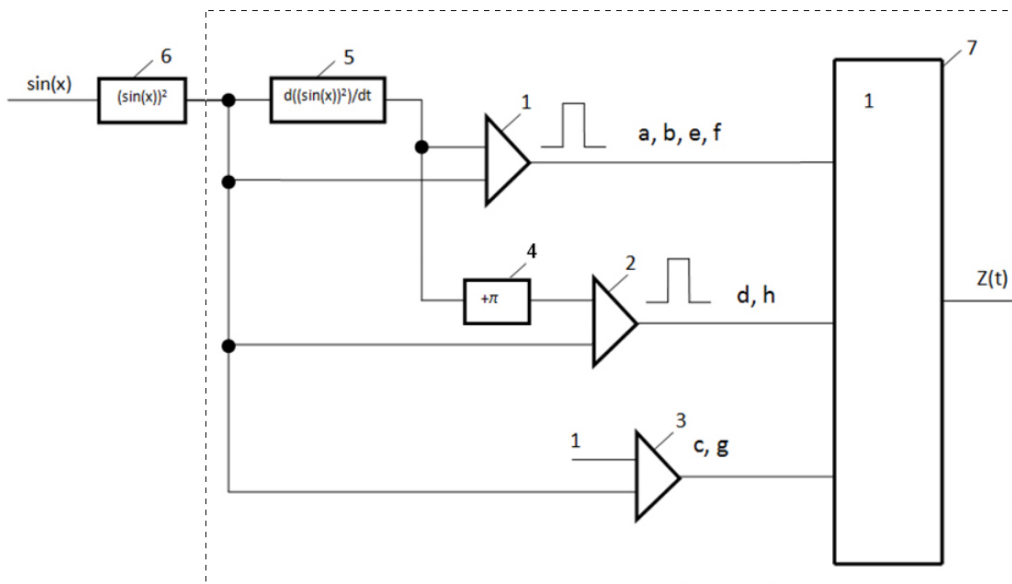


Рис. 3. Функціональна схема спецпроцесора перетворення гармонічних сигналів в імпульсні потоки згідно з виразом $y(x)=\sin^2(x)$

Розроблено структуру кореляційного спецпроцесора на основі моделі рекурентного нейрона, яка є найбільш адекватною для формалізації і моделювання біологічного нейрона (рис. 4) [6]. Представлена структура призначена для розпізнавання гармонічних сигналів, де $x(t)$ – вхідний сигнал; $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ – вагові коефіцієнти; a, b, \dots, h – моменти часу формування імпульсів спецпроцесором з рис. 3. В моделі також використовуються схеми порогових елементів та блок сумування.

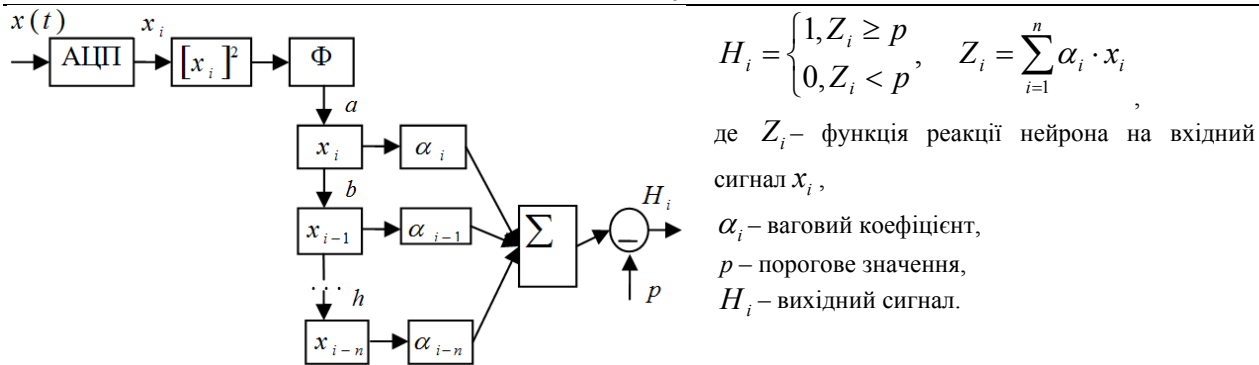


Рис. 4. Структура кореляційного нейропроцесора для розпізнавання гармонічних сигналів на основі моделі рекурентного нейрона

В результаті опрацювання імпульсного потоку сигналів, який формується на виході перетворювача (рис. 3) процесором зі структурою рекурентного нейрона (рис. 4), отримується сигнальний імпульсний код, наведений на рис. 5.

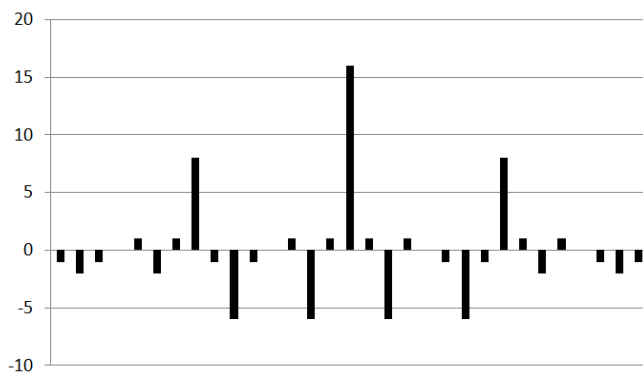


Рис. 5. Результат згортки коду, який формується квадратично-імпульсним перетворювачем

Аналіз результату згортки такого імпульсного коду показує, що гармонічний сигнал на одному періоді в площині додатних значень представляється трьома найбільш активними імпульсними відкликами, кожен з яких виникає на інтервалі $1/4$, $1/2$ і $3/4$ періоду вхідного гармонічного сигналу. Характеристики такого імпульсного потоку наближаються до характеристик шумоподібних сигналів, які широко застосовуються в системах передавання даних на основі М-сигналів та кодів Баркера і характеризуються покращеними властивостями виявлення та розпізнавання модульованих та маніпульованих сигналів. Такі властивості можуть бути ефективно використані для опрацювання гармонічних сигналів в енергетиці та розпізнавання їх пошкоджень при виникненні коротких замикань та інших перехідних процесів у високовольтних лініях.

Вдосконалення та дослідження характеристик дискретного квадратично-імпульсного перетворення гармонічних сигналів

Згортка сигнального коду, подана на рис. 5, що отримана в результаті опрацювання гармонічного сигналу рекурентним нейроном, враховує одиничні вагові коефіцієнти в структурі моделі нейрона.

В результаті досліджень, спрямованих на покращення характеристик дискретного квадратично-імпульсного перетворення гармонічного сигналу шляхом підбору найбільш підходящих вагових коефіцієнтів, отримані результати, надані на рис. 6.

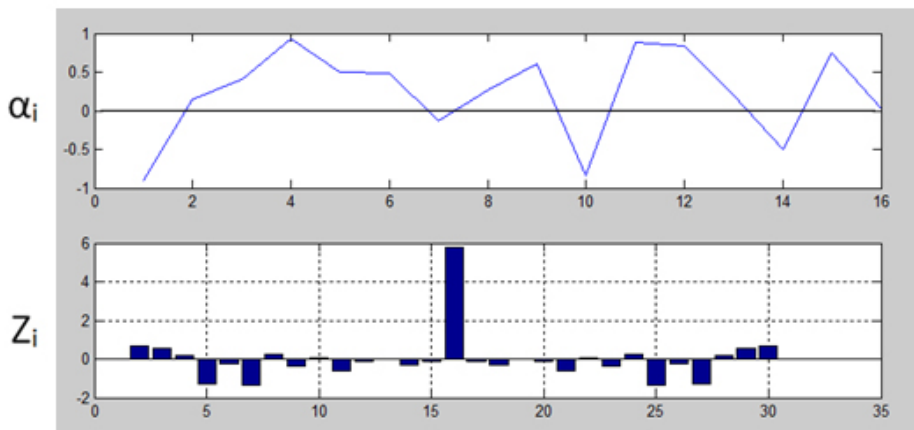


Рис. 6. Результат підбору оптимальних вагових коефіцієнтів α_i

Найкращий результат формування імпульсного сигналу на виході формального нейрона отриманий на основі коефіцієнтів, наданих в табл. 1.

Таблиця 1

Оптимізовані значення коефіцієнтів α_i							
α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8
-0.9014	0.1421	0.4017	0.9246	0.5010	0.4800	-0.1363	0.2685
α_9	α_{10}	α_{11}	α_{12}	α_{13}	α_{14}	α_{15}	α_{16}
0.6061	0.8909	-0.8322	0.8319	0.2040	-0.4929	0.7469	0.0268

Дослідження розпізнавання перехідних процесів в енергетичних системах на основі нейропроцесора з квадратично-імпульсним перетворенням гармонічних сигналів

На рис. 7 показані приклади зміни часових характеристик гармонічних сигналів при:

а) стрибкоподібній зміні навантаження та споживаної потужності, що відображається пропорційною зміною амплітуди споживаного струму $I(t)$;

б) виникненні короткого замикання та перехідного процесу внаслідок комутаційних переключень в лініях електропередачі, при чому:

$$x_1(t) = y_1(t) = A_1 \sin wt ; x_2(t) = A_2 \sin wt ; y_2(t) = \sum_{i=1}^k \alpha_i \sin wt ; x_3(t) = y_3(t) = A_3 \sin wt$$

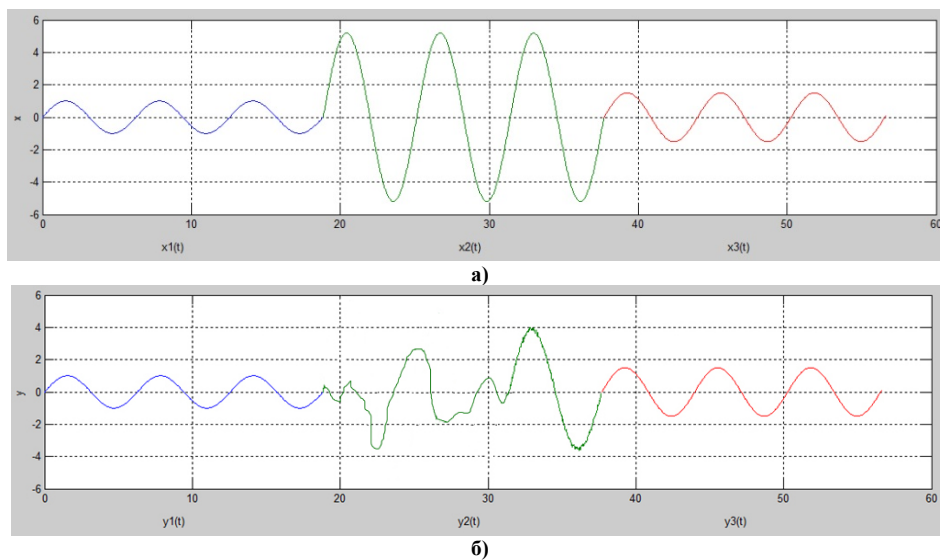


Рис. 7. Приклади зміни часових характеристик гармонічних сигналів при стрибкоподібній зміні навантаження та споживаної потужності (а) та виникненні короткого замикання (б)

На рис. 8 показана згортка сигналу, отриманого в результаті короткого замикання на високовольтній електричній мережі [7]. Вона суттєво відрізняється від згортки еталонних гармонічних сигналів, що дає змогу ідентифікувати коротке замикання.

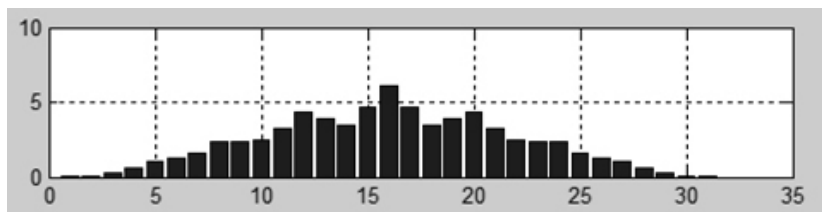


Рис. 8. Згортка сигналу, отриманого в результаті короткого замикання на високовольтній електричній мережі

Дослідивши згортку сигналів, поданих на рис. 7, були отримані результати, що свідчать про можливість ефективного розпізнавання нештатних ситуацій у високовольтних електричних мережах та можливість розрізнити виникнення перехідних процесів (наприклад, при зміні станів системи в моменти ввімкнення/вимкнення) від короткого замикання.

Висновки

Розроблений новий метод квадратично-імпульсного перетворення гармонічних сигналів з використанням кореляційної згортки та процесора з нейрокомпонентами, який дозволяє ідентифікувати накиди та короткі замикання у високовольтних лініях електропередач і може бути широко застосований в інших задачах розпізнавання спотворень гармонічних сигналів.

1. Николайчук Я. М. Структура та функції рекурентного біонейрона для розпізнавання образів у Хеммінговому просторі / Я. М. Николайчук, Т.О. Заведюк // Поступ в науку. Збірник наукових праць Бучацького інституту менеджменту і аудиту. – 2010. – № 6. – С. 37-39.
2. Материалы XV Международной конференции по нейрокибернетике. Том 1. Секционные доклады. Ростов-на-Дону. Издательство ЮФУ. – 2009. – 372 с.
3. W. S. McCulloch, W. Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bull. Math. Biophys. – 1943, № 5. – P. 115-133.
4. Заведюк Т. О. Методи опрацювання та розпізнавання інформації в кореляційних нейропроцесорах / Т. О. Заведюк // Матеріали міжнародної проблемно-наукової міжгалузевої конференції “Інформаційні проблеми комп’ютерних систем, юриспруденції, енергетики, економіки, моделювання та управління (ПНМК-2011)”. – 2011. – № 7. – С. 73-77.
5. Пат. 100263 Україна, МПК H03K5/153. Пристрій формування імпульсів / Я. М. Николайчук, Т. О. Заведюк. – № a201013543; Заявл. 15.11.2010; Опубл. 10.12.2012; Бюл. – № 23.
6. Заведюк Т. О. Кореляційні нейропроцесори розпізнавання сигналів / Т. О. Заведюк // Матеріали проблемно-наукової міжгалузевої конференції “Юриспруденція та проблеми інформаційного суспільства (ЮПІС - 2011)”. – 2011. – 158 с.
7. Заведюк Т. О. Методи нейропроцесорного квадратично-імпульсного перетворення гармонічних сигналів та їх розпізнавання / Т. О. Заведюк, Л. М. Николайчук // Матеріали міжнародної наукової конференції “Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI’2013)”. – 2013. – С. 441-443.

References

1. Nykolaychuk Y. M., Zavediuk T. O. Struktura ta funksiia rekurentnogo bioneirona dlia rozpoznavannia obraziv u Khemmingovomu prostori. Zbirnyk naukovykh prats Buchatskogo instytutu menedzhmentu i audytu. 2010, No. 6, pp. 37-39. [in Ukrainian]
2. Materialy XV Mezhdunarodnoj konferencii po nejrokibernetike. Vol. 1, Rostov-on-Don, YUFU, 2009, 372 p. [in Russian]
3. W. S. McCulloch and W. Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bull. Math. Biophys. – 1943, № 5. – P. 115-133.
4. Zavediuk T. O. Metody opratsuvannia ta rozpoznavannia informatsii v koreliatsiinykh neuroprotsesorakh. Materialy mizhnarodnoi problemno-naukovoï mizhhaluzevoi konferencii “Informatsiini kompiuternykh system, yurysprudentsii, enerhetyky, ekonomiky, modeliuвання ta upravlinnia (PNMK-2011)”. 2011, No. 7, pp. 73-77. [in Ukrainian]
5. Pat. 100263 Ukraine, MPK H03K5/153. Prystrii formuvannia impulsive / Y. M. Nykolaychuk, T. O. Zavediuk. – № a201013543; Zajavl. 15.11.2010; Opubl. 10.12.2012; Biul. – № 23. [in Ukrainian]
6. Zavediuk T. O. Koreliatsiini neuroprotsesory rozpoznavannia sygnaliv. Materialy problemno-naukovoï mizhhaluzevoi konferencii “Yurysprudentsiia ta problemy informatsiinogo suspilstva (YUPIS-2011)”. Yaremche, 2011, 158 p. [in Ukrainian]
7. Zavediuk T. O., Nykolaychuk Y. M. Metody neuroprotsesornogo kvadratichno-impulsnoho peretvorennia harmonichnykh sygnaliv ta yih rozpoznavannia. Materialy mizhnarodnoi naukovoï konferencii “Intelektualni systemy pryiniattia rishen I problem obchysliuvalnogo intelektu (ISDMCI’2013)”. 2013. pp. 441-443. [in Ukrainian]

Рецензія/Peer review : 6.09.2013 р. Надрукована/Printed :24.11.2013 р.
Рецензент: Кочан В. В., к.т.н., професор кафедри ЮСУ, THEU,