

Висновки

Запропонований варіант організації заводозахисної системи зв'язку дозволить підвищити основні показники прихованості в каналі за рахунок інтегрування двох методів розширення спектрів ТСК: ППРЧ та ПВП. Застосування таймерних сигналів дозволить варіювати різними ансамблями сигнальних конструкцій та збільшити об'єм передаваної інформації у порівнянні з позиційними кодами у 2 рази та вище.

Література

1. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты / В.И. Борисов, В.М. Зинчук А.Е. Лимарев и др. ; под ред. В.М. Борисова. – М. : Радио и связь, 2000. – 384 с.
2. Захарченко В.М. Синтез багатопозиційних часових кодів / В.М. Захарченко. – Київ : Техніка, 2012. – 284 с.
3. Захарченко Н. В. Структурная скрытность таймерных сигналов в системах с кодовым разделением каналов / Н. В. Захарченко, В. В. Корчинский, Б. К. Радзимовский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 2/9(50). – С. 7–9.
4. Захарченко Н. В. Оценка информационной скрытности таймерных сигнальных конструкций в системах передачи конфиденциальной информации / Н. В. Захарченко, В. В. Корчинский, Б. К. Радзимовский // Збірник наукових праць ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2011. – № 1. – С. 3–8.
5. Корчинский В.В. Повышение скрытности передачи на основе псевдослучайной перестройки рабочей частоты и таймерных сигналов / В.В. Корчинский // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков : ХПИ, 2012.– № 66 (972). – С. 63–67.
6. Корчинский В.В. Конфиденциальная система связи на основе псевдослучайной перестройки рабочей частоты и таймерных сигналов / В.В. Корчинский // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков : ХПИ, 2013.– № 16(989).–С.82–85.

Рецензія/Peer review : 3.2.2016 р. Надрукована/Printed :18.4.2016 р.
Рецензент : д.т.н., проф. Троцишин І.В.

УДК: 519.688 : 621.3.088.3

О.В. ОСАДЧУК , А.Ю. САВИЦЬКИЙ, О.С. ЗВЯГІН
Вінницький національний технічний університет

ОБРОБКА СИГНАЛУ СЕНСОРА ЗА ДОПОМОГОЮ ДОТИЧНОЇ

Розглянуто можливість застосування і математичний апарат для обробки вимірювальних сигналів перетворювачів фізичних величин. Виведено методіку розрахунку енергії імпульсу неперервного сигналу довільної форми на основі використання дотичних до графіка апроксимуючого полінома між відліками вимірювання. Проведено експериментальне порівняння отриманих результатів з відомими методами: прямокутників, трапеції, Сімпсона. Наведено логічну блок-схему реалізації запропонованого метода.

Ключові слова: визначений інтеграл, дотична, автогенераторний перетворювач, блок-схема, точність вимірювання.

O.V. OSADCHUK, A.YU. SAVYTSKYI, O.S. ZVIAHIN
Vinnytsia National Technical University

SIGNAL PROCESSING FROM SENSOR BY USING A TANGENT

Consider the application and mathematical tools for signal processing measuring transducers of physical greatness. Displaying methodology for calculating the energy pulse continuous arbitrary waveform on the basis of relevant graphics to approximating polynomial samples between measurements. The experimental comparison of the results with known methods, rectangles, trapezoids, Simpson. An logical block diagram of the proposed method is restored.

Keywords: definite integral, tangent, self-oscillator transducer, block diagram, measurement accuracy.

Вступ

Одним із пріоритетних напрямків розвитку науково-технічної діяльності людини є вдосконалення технологічних ліній та обладнання з метою оптимізації процесу виробництва, зниження відсотку браку, що призводить до підвищення економічних показників і підвищення конкурентоспроможності підприємств. Рішення даної проблеми призвело до поєднання виробничого обладнання та систем управління технологічними процесами в складні комп'ютеризовані інформаційні системи, розвиток яких тісно пов'язаний з новітніми досягненнями в області апаратного і програмного забезпечення [1].

Теоретичні засади використання дотичних для обробки сигналів первинних сенсорів

Метою даної статті є розгляд нових методик обробки сигналів перетворювачів фізичних параметрів, важливих для проведення технологічних процесів.

Оскільки більшість первинних перетворювачів фізичних величин є аналоговими [2], то подальший розвиток контрольно-виміральної техніки полягає в застосуванні тих методик обробки сигналу первинних перетворювачів, які приведуть до мінімізації похибок вимірювання, забезпечать адекватний відгук систем, з оглядом на специфіку і динаміку контрольованих об'єктів [3, 4].

Розробка програмного забезпечення комп'ютеризованих систем включає в себе по чергове звернення до сенсорів і подальшу апроксимацію отриманих результатів для обчислення визначеного інтеграла, за величиною якого визначають інтенсивність впливу вимірюваного параметра. При цьому точність вимірювання безпосередньо залежить від частоти звернення і порядку апроксимуючого полінома. Однак серед методів нелінійної апроксимації найбільшого практичного застосування отримав метод Сімпсона, заснований на заміні функції між вузлами апроксимації частинами парабол [3]. При цьому можуть виникати похибки, пов'язані з визначенням парності порядкового числа вимірювань, точності відтворення шуканої функції рядом параболічних, а також їх «склеювання» у вузлах. Тому в даній роботі запропоновано метод обробки сигналів, який володіє перевагами лінійної апроксимації, при цьому забезпечує точність, необхідну для вирішення практичних завдань [2].

Нехай маємо масив результатів вимірювання первинних сенсорів, що описується деякою неперервною функцією перетворення $F(x)$, що на відрізку $[x_0; x_1]$ не має точок екстремуму 2-го порядку, де x_0, x_1, \dots, x_n – рівновіддалені відліки вимірювання; h – крок сітки (частота звертання до перетворювача).

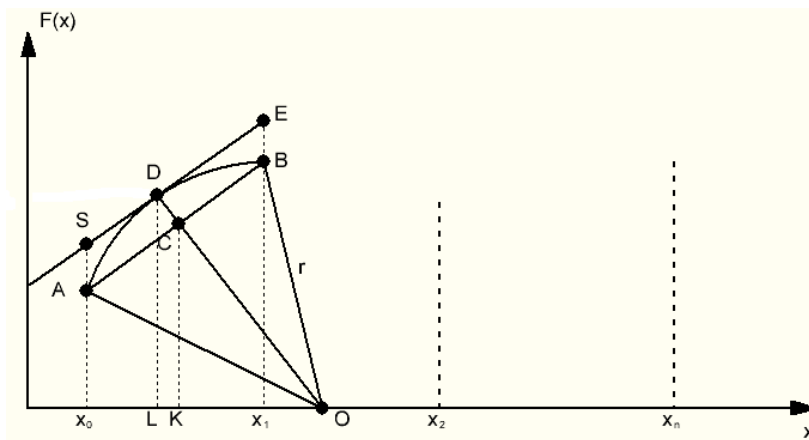


Рис. 1. Графічне зображення методу дотичних

Позначимо через $A(x_0; F(x_0)), B(x_1; F(x_1)), C(\frac{x_1+x_0}{2}; \frac{F(x_1)+F(x_0)}{2})$ відповідно точки перетину графіка апроксимованої функції $F(x)$ з графіками функцій $x_0, x_1, \frac{x_1+x_0}{2}$. Точка $O(\frac{(x_1^2-x_0^2)+(F(x_1^2)-F(x_0^2))}{2h}; 0)$ – центр кола, що апроксимує функцію $F(x)$ на відрізку $[x_0; x_1]$.

Проведемо через точки O і C пряму. Точку перетину даної прямої з дугою кола позначимо точкою з координатами $D(x_D; F(x_D))$. Дотична до кола, проведена через точку D буде паралельна прямій AB .

Рівняння дотичної до кола описується виразом:

$$(x_D - x_{T,0})(x - x_{T,0}) + (F(x_D) - y_{T,0})(F(x_D) - y_{T,0}) = r_0^2,$$

де $x_{T,0} = \frac{(x_1^2 - x_0^2) + (F^2(x_1) - F^2(x_0))}{2h}$; $y_{T,0} = 0$ – координати точки O із запропонованої умови вибору точки центра кола.

Визначимо координати точки дотику $D(x_D; F(x_D))$. Опустимо перпендикуляри з точок C і D на вісь абсцис, точки перетину позначимо відповідно K і L . Виходячи з подібності трикутників ΔLDO і ΔKCO впливає співвідношення:

$$\frac{OL}{OK} = \frac{OD}{OC},$$

де $OD = r_0$.

Радіус кола визначається за виразом [2] :

$$r_0 = \sqrt{\left(\frac{(x_1^2 - x_0^2) + (F^2(x_1) - F^2(x_0)) - 2hx_0}{2h}\right)^2 + F^2(x_0)} = \sqrt{(x_{O,0} - x_0)^2 + F^2(x_0)}.$$

$$|OL| = \frac{OK \cdot OD}{OC} = \frac{\left(x_{\dot{o},0} - \frac{x_1 + x_0}{2}\right) r_0}{\sqrt{\left(x_{\dot{o},0} - \frac{x_1 + x_0}{2}\right)^2 + \left(\frac{F(x_0) + F(x_1)}{2}\right)^2}}.$$

Для спрощення розрахунків введемо заміну $e_0 = x_{\dot{o},0} - \frac{x_1 + x_0}{2}$; $\Delta F_0 = \frac{F(x_0) + F(x_1)}{2}$, тоді останній вираз матиме вигляд:

$$|OL| = \frac{e_0 r_0}{\sqrt{e_0^2 + \Delta F_0^2}}.$$

Ордината точки дотику D є довжиною відрізка LD , яку знайдемо з прямокутного трикутника ΔLDO :

$$LD = |LD| = \sqrt{OD^2 - OL^2} = \sqrt{r_0^2 - \left(\frac{e_0 r_0}{\sqrt{e_0^2 + \Delta F_0^2}}\right)^2}.$$

Рівняння дотичної, проведеної через точку D , буде:

$$-\frac{e_0 r_0}{\sqrt{e_0^2 + \Delta F_0^2}}(x - x_{\dot{o},0}) + y \cdot LD = (x_{\dot{o},0} - x_0)^2 + F^2(x_0).$$

Спростивши останній вираз, отримаємо:

$$\frac{OL}{LD}x - \frac{x_{\dot{o},0}}{LD}OL + \frac{(x_{\dot{o},0} - x_0)^2 + F^2(x_0)}{LD} = y.$$

Використавши позначення $|OL| = \frac{e_0 r_0}{\sqrt{e_0^2 + \Delta F_0^2}}$; $|LD| = \sqrt{r_0^2 - \left(\frac{e_0 r_0}{\sqrt{e_0^2 + \Delta F_0^2}}\right)^2}$, рівняння дотичної набуде вигляду:

$$y(x) = \frac{OL}{LD}x - \frac{r_0^2 - F^2(x_0) + x_0^2}{LD}OL + \frac{r_0^2}{LD}.$$

Перетин графіка дотичної $y(x)$ з графіками функцій $x = x_0$ та $x = x_1$ позначимо точками S та E , які будуть мати наступні координати:

$$S \left(x_0; \frac{OL}{LD}x_0 - \frac{x_{\dot{o},0}}{LD}OL + \frac{(x_{\dot{o},0} - x_0)^2 + F^2(x_0)}{LD} \right);$$

$$E \left(x_1; \frac{OL}{LD}x_1 - \frac{x_{\dot{o},0}}{LD}OL + \frac{(x_{\dot{o},0} - x_0)^2 + F^2(x_0)}{LD} \right).$$

Площа трапеції X_0SEX_1 є визначеним інтегралом функції $F(x)$ на проміжку $[x_0; x_1]$ і визначається виразом:

$$S_{X_0SEX_1} = h \cdot \frac{\frac{OL}{LD}x_0 - \frac{x_{\dot{o},0}}{LD}OL + \frac{(x_{\dot{o},0} - x_0)^2 + F^2(x_0)}{LD} + \frac{OL}{LD}x_1 - \frac{x_{\dot{o},0}}{LD}OL + \frac{(x_{\dot{o},0} - x_0)^2 + F^2(x_0)}{LD}}{2};$$

$$S_{X_0SEX_1} = h \cdot \frac{OL(x_1 + x_0) + 2\left((x_{\dot{o},0} - x_0)^2 + F^2(x_0)\right) - 2x_{\dot{o},0}OL}{2LD} = \int_{x_0}^{x_1} F(x)dx.$$

В загальному випадку площа трапеції розраховується за виразом:

$$S_{\dot{o} \dot{o} \ddot{a} \ddot{r} .n} = h \cdot \frac{OL_{n-1}(x_n + x_{n-1}) + 2\left((x_{\dot{o},0,n-1} - x_{n-1})^2 + F^2(x_{n-1})\right) - 2x_{\dot{o},0,n-1} \cdot OL_{n-1}}{2LD_{n-1}}.$$

Тоді визначений інтеграл функції $F(x)$ на відрізку $[x_0; x_n]$ буде знаходитись за виразом:

$$\int_{x_0}^{x_n} F(x)dx = \sum_{i=1}^n S_{\dot{o} \dot{o} \ddot{a} \ddot{r} .i} = \frac{OL_{i-1}(x_i + x_{i-1}) + 2\left((x_{\dot{o},0,i-1} - x_{i-1})^2 + F^2(x_{i-1})\right) - 2x_{\dot{o},0,i-1} \cdot OL_{i-1}}{2LD_{i-1}}.$$

На основі отриманого математичного апарату розроблено логічну блок-схему реалізації запропонованого методу, що наведена на рис.2.

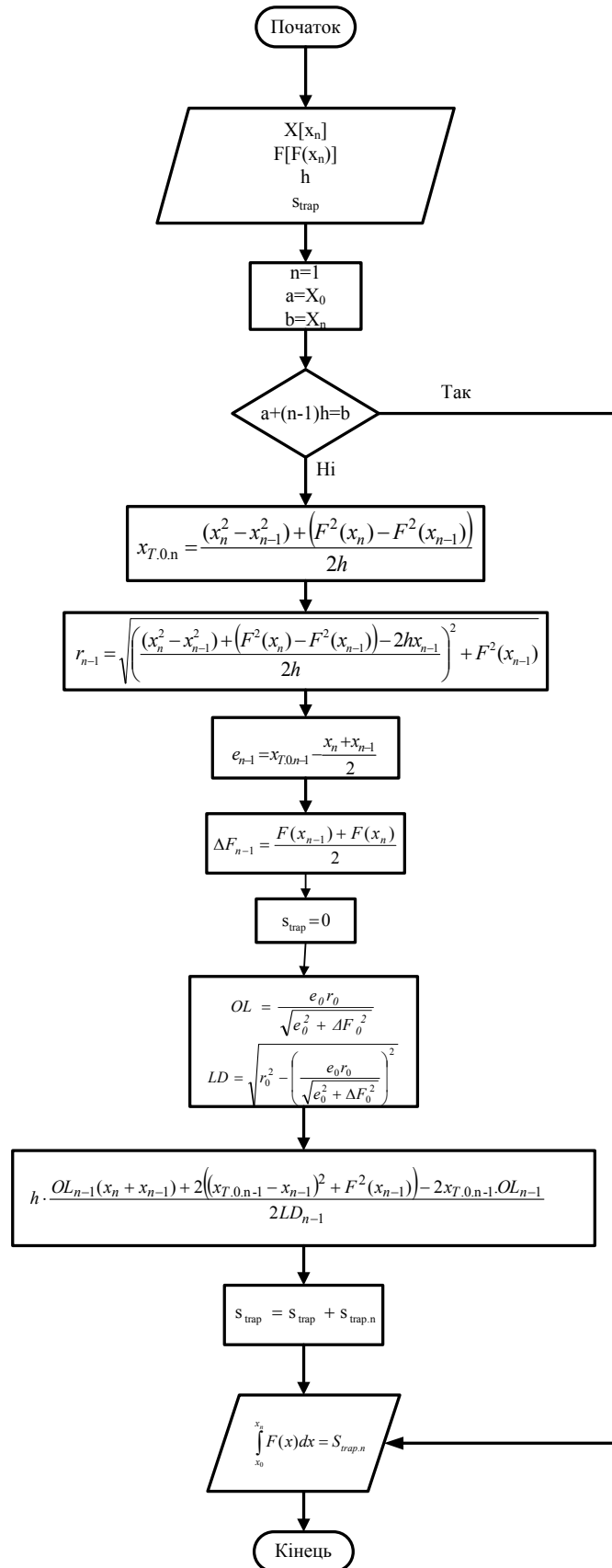


Рис. 2. Логічна блок-схема реалізації метода дотичних

Скористаємось даною методикою для практичних розрахунків визначених інтегралів. Проведемо спочатку порівняння результатів обчислення визначеного інтеграла за виведеним удосконаленим методом трапецій і методом Сімпсона [3]. Для прикладу обрахуємо визначений інтеграл функції $F(x) = \frac{\ln x}{x^2 + 5}$ на відрізку [1;2] з кроком 0,1.

Значення функції $F(x)$ на відрізку [1;2]

x	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F(x)	0	0,01534	0,0283	0,03922	0,04834	0,05593	0,06217	0,06725	0,07123	0,07455	0,077

Проведемо розрахунок визначеного інтеграла за методом Сімпсона. У загальному випадку рівняння, за методом Сімпсона описується рівнянням:

$$\int_a^b \frac{\ln x}{x^2 + 5} dx = \frac{h}{3} [y(2) + y(1) + 2y(x_{2i}) + 4y(x_{2i-1})].$$

Після підстановки значень з наведеної вище таблиці, отримаємо:

$$\begin{aligned} \int_1^2 \frac{\ln x}{x^2 + 5} dx &= \frac{0,1}{3} (0 + 0,077 + 2 \cdot (0,0233 + 0,04334 + 0,06217 + 0,07133) + 4(0,01534 + 0,03922 + 0,05593 + 0,06725 + 0,07455)) = \\ &= \frac{0,1}{3} (0,077 + 0,4203 + 1,00916) = 0,05022. \end{aligned}$$

Для порівняння проведемо розрахунок заданого інтеграла $\int_1^2 \frac{\ln x}{x^2 + 5} dx$ за відомим методом трапецій.

Використовуючи дані Таблиці 1, отримаємо:

$$\int_1^2 \frac{\ln x}{x^2 + 5} dx = h \left(\frac{y(1) + y(2)}{2} + y(1,1) + \dots + y(1,9) \right) = 0,05009.$$

Проведемо розрахунок за розробленою методикою:

$$\int_1^2 \frac{\ln x}{x^2 + 5} dx = \sum_{i=1}^n h \frac{OL_{i-1}(x_i + x_{i-1}) + 2 \left((x_{\partial,0,i-1} - x_{i-1})^2 + F^2(x_{i-1}) \right) - 2x_{\partial,0,i-1} \cdot OL_{i-1}}{2LD_{i-1}} = 0,05209.$$

При порівнянні результатів розрахунків за відомими формулами з тими, що отримані внаслідок розробленої методики було доведено можливість застосування запропонованого методу обробки сигналів сенсорів інтегральних фізичних величин, як параметричного так і генераторного принципу функціонування, при цьому із застосуванням методів лінійної апроксимації досягнуто розбіжність результатів у межах 5% в порівнянні з методами квадратичної апроксимації.

Висновки

Розглянуто можливість чисельної обробки сигналів генераторних та параметричних перетворювачів фізичних величин. Запропоновано використання метода дотичних, що дозволяє розробку різноманітних перетворювачів фізичних величин. Запропоновано логічну блок-схему розробленого чисельного методу розрахунку визначеного інтеграла.

Література

1. Давачі : довідник / З. Ю. Готра, Л.Я. Іляницький, Є.С. Поліщук, та ін. ; під ред. З. Ю. Готри та О.І. Чайковського]. – Львів : Каменяр, 1995. – 312 с. – ISBN 5-7745-0233-3.
2. Виглеб Г. Датчики / Г. Виглеб ; [пер. с нем. М. А. Хацериова]. – М. : Мир, 1989. – 196 с. – ISBN 5-03-000634-6.
3. Осадчук О.В. Обробка вимірювального сигналу сенсора за допомогою параболічної інтерполяції / Осадчук О.В., Савицький А.Ю., Звягін О.С. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 2. – С. 153–158.
4. Осадчук О.В. Прилад для вимірювання вологості повітря чистих кімнат / Осадчук О.В., Савицький А.Ю., Жагловська О.М. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – № 4. – С. 60–64.

Рецензія/Peer review : 3.3.2016 р. Надрукована/Printed : 19.4.2016 р.

Рецензент : д.т.н., професор, Злепко С.М.