

УДК 681.317

Ю.В. ШАБАТУРА

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ІМПУЛЬСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

*Вінницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21010, Ukraine,
Тел.: +380 (432) 598571, E-mail: shabatura@vstu.vinnica.ua*

Анотація. В статті розроблені принципово нові технології формування вимірювальної інформації на основі використання методу модуляції часової тривалості імпульсних сигналів, що дозволяє по відношенню до відомих технологій суттєво збільшити точність вимірювань, зменшити енергоспоживання вимірювальних каналів і збільшити термін експлуатації вимірювальних засобів.

Аннотация. В статье приведены разработаны принципиально новые технологии формирования измерительной информации на основе использования метода модуляции временной длительности импульсных сигналов, которая позволяет по отношению к известным технологиям существенно увеличить точность измерений, уменьшить энергопотребления измерительных каналов и увеличить термин эксплуатации измерительных устройств.

Ключові слова: часовий інтервал, вимірювальні канали, довжина огибаючої

ВСТУП

Створення і практичне використання нових, високотехнологічних пристроїв і систем вимагає швидкого отримання об'єктивної і максимально точної інформації про значення великої кількості фізичних величин. Для забезпечення необхідної точності і швидкодії вимірювань сьогодні використовуються інтегровані багатоканальні інформаційно-вимірювальні системи (ІВС). Сучасні ІВС використовують переважно методи електричних вимірювань фізичних величин [1, 2]. Потенційні можливості таких вимірювань забезпечуються процесами переносу значень вимірюваних фізичних величин у зміну значень певних параметрів електричних або електромагнітних сигналів, що здійснюються за допомогою різних сенсорів увімкнених у спеціальні вимірювальні схеми, а також наступних процесів безпосереднього отримання вимірювальної інформації шляхом вимірювань зазначених параметрів, за якими, на основі відомих моделей вимірювань, виконується відновлення інформації про значення вимірюваних фізичних величин.

У більшості сучасних інформаційно-вимірювальних систем вимірювальні процеси базуються на використанні процесів переносу значень вимірюваних фізичних величин у зміну амплітуди напруги чи струму, частоти або фази електричних сигналів. Тому точність вимірювань у таких ІВС визначається не лише досконалістю технології зазначених процесів переносу, але і точністю вимірювань отриманих змін параметрів електричних сигналів. Отже, для пошуку підходів направлених на підвищення точності вимірювань необхідно провести дослідження нових методів формування вимірювальної інформації, в основі яких лежать процеси переносу значень вимірюваних фізичних величин у інші параметри електричних сигналів.

АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Вирішенню задачі підвищення точності вимірювань, зменшення енергоспоживання в вимірювальних каналах присвячено чимало публікацій [2 - 4]. Однак, лише в окремих роботах [4, 5] пропонуються принципово нові, по справжньому фундаментальні підходи, здатні забезпечити радикальне покращення характеристик інтегрованих ІВС.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є розроблення математичних моделей вимірювальних перетворень, які виконуються за новими технологіями формування вимірювальної інформації у вимірювальних каналах ІВС.

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Аналіз методів проведення вимірювальних перетворень в електричних вимірюваннях дозволяє виділити два види технологій формування вимірювальної інформації: технології при якій формування відбувається безперервно у часі, в виділених його інтервалах, і технології з дискретним у часі формуванням вимірювальної інформації. З точки зору потенційних можливостей більші перспективи має технологія з дискретним формуванням вимірювальної інформації. Оскільки в цьому випадку стають очевидними досягнення таких переваг: підвищується економічність роботи ІВС, збільшується чутливість, підвищується завадостійкість і точність вимірювань.

На практиці відзначені технології повинні виконуватися у вимірювальних каналах, тому задача створення вимірювальних каналів є однією з найбільш складних і відповідальних ланок у процесі побудови ІВС, оскільки саме їхні властивості в більшості практичних випадків визначають метрологічні характеристики вимірювальних систем в цілому. Таким чином, у даній роботі будуть розглянуті актуальні і важливі задачі по розробці концептуальних засад, структурного і математичного забезпечення технології проведення вимірювальних перетворень на основі використання модуляції часової тривалості або довжини огинаючої імпульсних тестових сигналів (ІТС) спеціальної форми.

ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЯЦІЇ ТРИВАЛОСТІ ІМПУЛЬСНИХ ТЕСТОВИХ СИГНАЛІВ

Концепція даної технології полягає в представленні часової інформації у формі часових інтервалів, які можуть створюватися в рамках двох напрямів, що відображені на рисунку 1.



Рис. 1. Напрями побудови ІВС з часовим представленням вимірювальної інформації

Створення вимірювальних каналів на основі застосування модуляції вимірюваною фізичною величиною часової тривалості ІТС напруги, яка визначається на заданому амплітудному рівні, передбачає використання мостових або потенціометричних вимірювальних схем з резистивними сенсорами. Узагальнена структурна схема проведення вимірювального перетворення за даним методом представлена на рисунку 2.

Переваги методу, що базується на вимірюваннях зміни тривалості імпульсних сигналів визначаються високою точністю вимірювань часової тривалості імпульсів за допомогою серійних мікросхем часо-цифрових перетворювачів (TDC) фірми Acam mess electronic GmbH, абсолютне значення

роздільної здатності яких сягає $14 \cdot 10^{-12}$ секунди. Крім того, до переваг методу також потрібно віднести і те, що він може використовуватися для модернізації застарілих вимірювальних систем без їх суттєвої реконструкції.

Математичне забезпечення методу ґрунтується на встановлених аналітичних моделях функцій залежності зміни тривалості ІТС від зміни їх амплітуди. Розглянемо такі моделі для окремих форм імпульсних сигналів. Для пилкоподібної форми імпульсу, який описується моделлю:

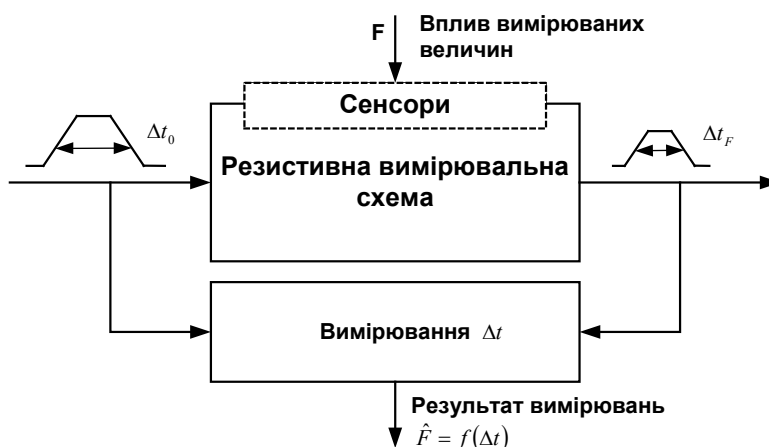


Рис. 2. Узагальнена структурна схема проведення вимірювального перетворення на основі модуляції часової тривалості ІТС

$$\begin{cases} U(t) = U_{\max} \frac{t}{t_i}; \forall t \in [0, t_i] \\ U(t) = 0; 0 > t > t_i \end{cases}, \quad (1)$$

де: t_i - час існування імпульсу, U_{\max} - максимальне значення його амплітуди.

Функціональна залежність часової тривалості на L -рівні має вигляд:

$$\Delta t = t_i \left(1 - \frac{L}{U_m}\right). \quad (2)$$

Чутливість отриманого перетворення:

$$S_m = \frac{\partial \Delta t}{\partial U_m} = \frac{t_i L}{U_m^2}. \quad (3)$$

Проведені дослідження інших форм сигналів показали, що оптимальним є застосування імпульсного сигналу з гіперболічною формою фронтів:

$$\begin{cases} U(t) = U_m \frac{b}{|t - t_0|} \\ U(t) \leq U_{\max} \forall t \in [0; +\infty] \end{cases}, \quad (4)$$

де b - параметр, який має розмірність часу.

Модель перетворення при застосуванні такої форми імпульсного сигналу:

$$\Delta t = \frac{2bU_m}{L}. \quad (5)$$

Чутливість перетворення при застосуванні даної форми імпульсного сигналу:

$$S_m = \frac{\partial \Delta t}{\partial U_m} = \frac{2b}{L} = const \quad (6)$$

Використання розглянутих форм імпульсних сигналів у потенціометричній вимірювальній схемі описується такими рівняннями вимірювального перетворення:

для пилкоподібного імпульсу

$$\Delta t_{вих.} = \Delta t_{вх.} - \frac{R(t_i - \Delta t_{вх.})}{R_f(t)}, \quad (7)$$

для гіперболічного імпульсу

$$\Delta t_{вих.} = \Delta t_{вх.} \frac{R_f}{R + R_f}. \quad (8)$$

На основі розроблених моделей вимірювальних перетворень отримані функції чутливості: для пилкоподібного імпульсу

$$S_R = \frac{\partial \Delta t_{вих.}}{\partial R_f} = \frac{R(t_i - \Delta t_{вх.})}{R_f^2}, \quad (9)$$

для гіперболічного імпульсу

$$S_R = \frac{\partial \Delta t_{вих.}}{\partial R_f} = \Delta t_{вх.} \frac{R}{(R + R_f)^2}. \quad (10)$$

Розроблена методика побудови вимірювального каналу з використанням запропонованого методу проведення вимірювальних перетворень дозволяє отримати необхідне математичне забезпечення при використанні інших форм імпульсних сигналів і вимірювальних схем з резистивними сенсорами. Однак враховуючи обмеження на обсяг статті обмежуся лише вище наведеними моделями.

ФОРМУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛЯЦІЇ ДОВЖИНИ ОГИНАЮЧОЇ ІМПУЛЬСНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ

В основу розробленого методу проведення вимірювальних перетворень покладено використання зміни довжини огинаючої імпульсного сигналу внаслідок його проходження через вимірювальну схему. Узагальнена структурна схема проведення вимірювального перетворення за запропонованим методом показана на рисунку 3.

Ідея методу полягає у тому, що для проведення вимірювань формується імпульсний сигнал з попередньо відомим, або безпосередньо виміряним значенням довжини його огинаючої. Як і в попередньо розглянутому методі даний сигнал подається на вхід живлення вимірювальної схеми, яка складається лише з пасивних електричних компонентів (R , L , C), причому схема є стійкою, а її реакція на імпульсні сигнали не має коливального характеру (типичним прикладом таких схем є потенціометрична та мостові вимірювальні схеми). Внаслідок впливу вимірюваних фізичних величин на сенсорні елементи схеми з врахуванням початкового коефіцієнту передачі, на її виході формується вихідний імпульсний сигнал, для якого виконується вимірювання довжини його огинаючої. За встановленими математичними моделями, на основі визначеної зміни довжини огинаючої сигналів обчислюється оцінка значення вимірюваної фізичної величини.

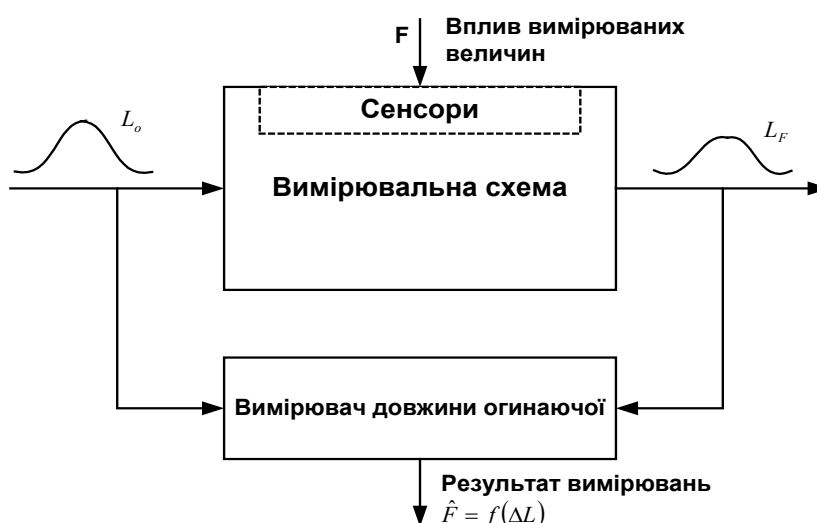


Рис. 3. Узагальнена структурна схема проведення вимірювального перетворення за запропонованим методом

Аналітична модель для визначення довжини огинаючої будь-якого імпульсного сигналу, який описується аналітичною і диференційованою на проміжку свого існування функцією $f(t)$ має вигляд:

$$L = \int_a^b \sqrt{1 + (f'(t))^2} dt \quad (11)$$

У відповідності з даною моделлю структурна схема пристрою для визначення довжини огинаючої показана на рисунку 4.

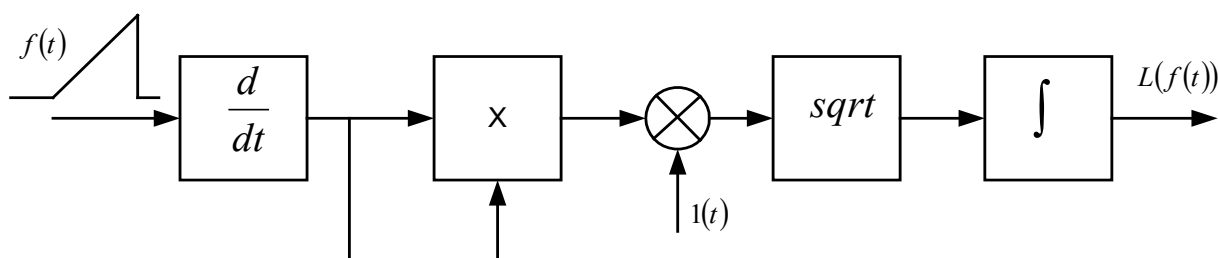


Рис. 4. Структурна схема вимірювача довжини згинаючої імпульсного сигналу

Залежність довжини огинаючої від зміни амплітуди сигналу для імпульсу пілкоподібної форми має вигляд:

$$L_2 = k \cdot \frac{L_1^2 - \tau^2}{2L_1} + \sqrt{k^2 \left(\frac{L_1^2 - \tau^2}{2L_1} \right)^2 + \tau^2} \quad (12)$$

де k - коефіцієнт зміни амплітуди, τ - тривалість імпульсу на нульовому рівні.

Проведені дослідження дозволили з'ясувати, що оптимальною формою імпульсу, для застосування у запропонованому методі вимірювального перетворення буде імпульс, який описується такою моделлю:

$$f(t, k) = \frac{1}{2} t \sqrt{k^2 t^2 - 1} - \frac{1}{2k} \ln \left(tk + \sqrt{k^2 t^2 - 1} \right) \quad (13)$$

де k – коефіцієнт пропорційності.

Залежність довжини огинаючої від зміни амплітуди сигналу для імпульсу оптимальної форми добре апроксимується наступним поліномом:

$$L_2 = 0,3662684 + k \cdot L_1 - 0,3662684 \cdot k = 0,3662684(1 - k) + k \cdot L_1. \quad (14)$$

Використання методу вимірювання зміни довжини огинаючої імпульсного сигналу дозволяє враховувати комплексний характер окремих вимірюваних фізичних величин, використовувати сенсори з суттєвою складовою реактивності і здійснювати автоматичну лінеаризацію квадратичного характеру впливу вимірюваних величин на параметри сенсорів.

ВИСНОВКИ

У даній роботі розроблені принципово нові технології формування вимірювальної інформації.

Запропонована технологія формування вимірювальної інформації на основі використання методу модуляції часової тривалості імпульсних сигналів дозволяє по відношенню до відомих технологій суттєво збільшити точність вимірювань, зменшити енергоспоживання вимірювальних каналів і збільшити термін експлуатації вимірювальних засобів.

Формування вимірювальної інформації на основі використання модуляції довжини огинаючої імпульсного сигналу дозволяє враховувати комплексний характер вимірюваних фізичних величин, а також використовувати у якості сенсорів первинні вимірювальні перетворювачі з реактивними параметрами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Электрические измерения / Средства и методы измерений // Под ред. Е.Г. Шрамкова. – М.: Высш. Школа, 1972. – 520 с.
2. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Туричин, П.В. Новицкий, Е.С. Левшина и др. – 5-е изд. – Л.: Энергия, 1975. – 576 с.
3. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин / Поліщук Є.С. – Львів: „Львівська політехніка”, 2000 – 360 с.
4. Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды / Кожемяко В.П. – Тбилиси: Мецниереба, 1984. – 360 с.
5. Шабатура Ю.В. Основы теории і практики інтервальних вимірювань / – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 167 с.

Надійшла до редакції 05.10.2008р.

ШАБАТУРА Ю.В. – д.т.н., доц. кафедри метрології та промислової автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.