

УДК 681.518.3

Ю.В. Шабатура, В.М. Севастьянов, В.Ю. Марущак
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця
кафедра метрології та промислової автоматики
E-mail: shabatura@vntu.edu.ua, mypost@go.ru

РОЗРОБКА ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ З ЧАСОВИМ ПРЕДСТАВЛЕННЯМ ІНФОРМАЦІЇ

Abstract

Shabatura U.V., Sevastyanov V.M., Maruschak V.U. Development of measurement channels of an information measurement system with time presentation of the information. The article describes aspects of building a measurement channels for IMS with time presentation of the information. It is described an implementation of the experimental one for conduction the measurements for several physics values and presentation measurement information in time intervals.

Keywords: *measuring channel, information measuring system, measuring transformer, impuls test signal, equalization of transformation.*

Анотація

Шабатура Ю.В., Севастьянов В.М., Марущак В.Ю. Розробка вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальних систем з часовим представленням інформації. Розглянуто розвиток вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальної системи з часовим представленням інформації. Стаття описує аспекти побудови каналів вимірювання для інформаційно-вимірювальної системи. Описано виконання експериментальних вимірювань для декількох фізичних величин і представлення вимірювальної інформації в часових інтервалах.

Ключові слова: *вимірювальний канал, інформаційно-вимірювальна система, вимірювальний перетворювач, імпульсний текстовий сигнал, рівняння перетворення.*

Аннотация

Шабатура Ю.В., Севастьянов В.Н., Марущак В.Ю. Разработка измерительных каналов информационно измерительных систем с временным представлением информации. Рассмотрено развитие каналов измерения информационно–измерительной системы с часовым представлением информации. Статья описывает аспекты построения каналов измерения для информационно–измерительной системы. Описано выполнение экспериментальных измерений для нескольких физических величин и представления измерительной информации в часовых интервалах.

Ключевые слова: *измерительный канал, информационно–измерительная система, измерительный преобразователь, импульсный текстовый сигнал.*

Загальна постановка задачі.

В статті наведені теоретичні та практичні аспекти побудови вимірювальних каналів ІВС з часовим представленням інформації. Представлені класифікації можливих принципів побудови вимірювальних перетворювачів і форм представлення часових інтервалів, як носіїв вимірювальної інформації. Показані практичні аспекти побудови і дослідження

інформаційно-вимірювальної системи вимірювальні канали якої функціонують на основі часового представлення вимірювальної інформації.

Вступ.

Стрімкий розвиток технічних систем, широке застосування складних технологій, високотехнологічних пристроїв і систем вимагають адекватного зростання параметрів засобів вимірювань, які повинні забезпечувати відповідність зростаючим до них вимогам. Протягом певного часу покращувати метрологічні і експлуатаційні характеристики засобів вимірювання вдавалося за рахунок застосування у вимірювальних пристроях і системах потужної мікропроцесорної та комп'ютерної техніки. Однак сьогодні вже спостерігається певне відставання в функціональних та метрологічних можливостях сучасних засобів вимірювальної техніки по відношенню до тих вимог, які висуваються до неї з боку потреб виробництва, науки та інших видів діяльності людей. У першу чергу це стосується потреб збільшення точності вимірювань, зменшення впливу завад на результати вимірювань, Крім того особливої актуальності набуває зменшення енергоспоживання вимірювальної техніки.

Аналіз ряду джерел [1, 2] показує, що суттєво покращити функціональні та метрологічні характеристики засобів вимірювань можна лише на основі застосування: нових методів вимірювань; побудови засобів вимірювань і організації вимірювальних каналів на нових принципах; первинних вимірювальних перетворювачів, які розроблені нових засадах.

Одним із нових підходів, який дає можливості для розв'язання вказаних проблем є концепція застосування часових інтервалів у якості універсальної вимірювальної величини при виконанні процедур вимірювання значень інших фізичних величин [3]. Переваги вказаного підходу забезпечуються потенційними можливостями методів і засобів вимірювання часових інтервалів в цілому і часових інтервалів представлених тривалістю імпульсів зокрема. Наприклад, мікросхеми часо-цифрових перетворювачів, які серійно випускаються фірмою фірми Acom mess electronic GmbH забезпечують вимірювання тривалості імпульсів з точністю до 14 пікосекунд, що в діапазоні вимірювань відповідає роздільній здатності в 30 біт. Це дозволяє будувати засоби вимірювання інших фізичних величин з метрологічними характеристиками наближеними до тих, які мають засоби вимірювання часових інтервалів.

Отже розробка вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) і вимірювальних пристроїв, які функціонують на основі часового представлення інформації є актуальною науковою задачею і має значну практичну цінність, оскільки суттєво покращує метрологічні, енергетичні і експлуатаційні характеристики засобів вимірювань.

Постановка задач дослідження.

Виконати розробку теоретичних засад і практичних аспектів побудови інформаційно-вимірювальної системи, вимірювальні канали якої функціонують на основі використання часового представлення вимірювальної інформації.

Вирішення задач і аналіз результатів дослідження.

Ідея запропонованого підходу достатньо проста. Її суть полягає у тому, що, оскільки вимірювання часових інтервалів здійснювати досить просто і до того ж ці вимірювання сьогодні є найточнішими, тому доцільно вимірювання інших фізичних величин здійснювати шляхом їх попереднього перетворення у часові інтервали з наступним вимірюванням цих інтервалів і відновленням результатів вимірювання в звичних одиницях вимірювання даних фізичних величин. Формально така технологія вимірювань може бути відображена наступними співвідношеннями:

$$x \Rightarrow \Delta t = f(x) \Rightarrow \Delta t = N[t_0] \Rightarrow \epsilon = f^{-1}(\Delta t) \Rightarrow \hat{x} = \{\epsilon\}[x_0], \quad (1)$$

де: x — значення вимірюваної фізичної величини; $f(x)$ — функція перетворення значення вимірюваної фізичної величини в часовий інтервал Δt ; $\Delta t = N[t_0]$ — операція вимірювання

часового інтервалу через відображення числа N відтворень зразкової одиниці часу t_0 ; $\mathcal{E} = f^{-1}(\Delta t)$ — операція зворотного перетворення виміряного значення Δt в оцінку значення вимірюваної фізичної величини \mathcal{E} ; $\bar{x} = \{\mathcal{E}\}_{x_0}$ — операція представлення виміряного значення вимірюваної фізичної величини \mathcal{E} в звичних одиницях вимірювання даної фізичної величини $[x_0]$.

Характерно, що в ланцюжку даних перетворень процедура вимірювання часового інтервалу в порівнянні з іншими вносить настільки малу похибку, що нею цілком обґрунтовано можна нехтувати, тому вона і не враховується в даній технології вимірювань. Визначальним перетворенням в даному підході є перетворення значення вимірюваної фізичної величини у відповідний часовий інтервал, яке виражено через функціональну залежність:

$$\Delta t = f(x). \tag{2}$$

Зрозуміло, що часові інтервали не можуть існувати без нерозривного зв'язку з якимось матеріальним об'єктом, явищем чи процесом, тому потрібно системно розглянути можливі форми вираження часових інтервалів. Результати цього розгляду показані у формі класифікації поданої на рисунку 1.

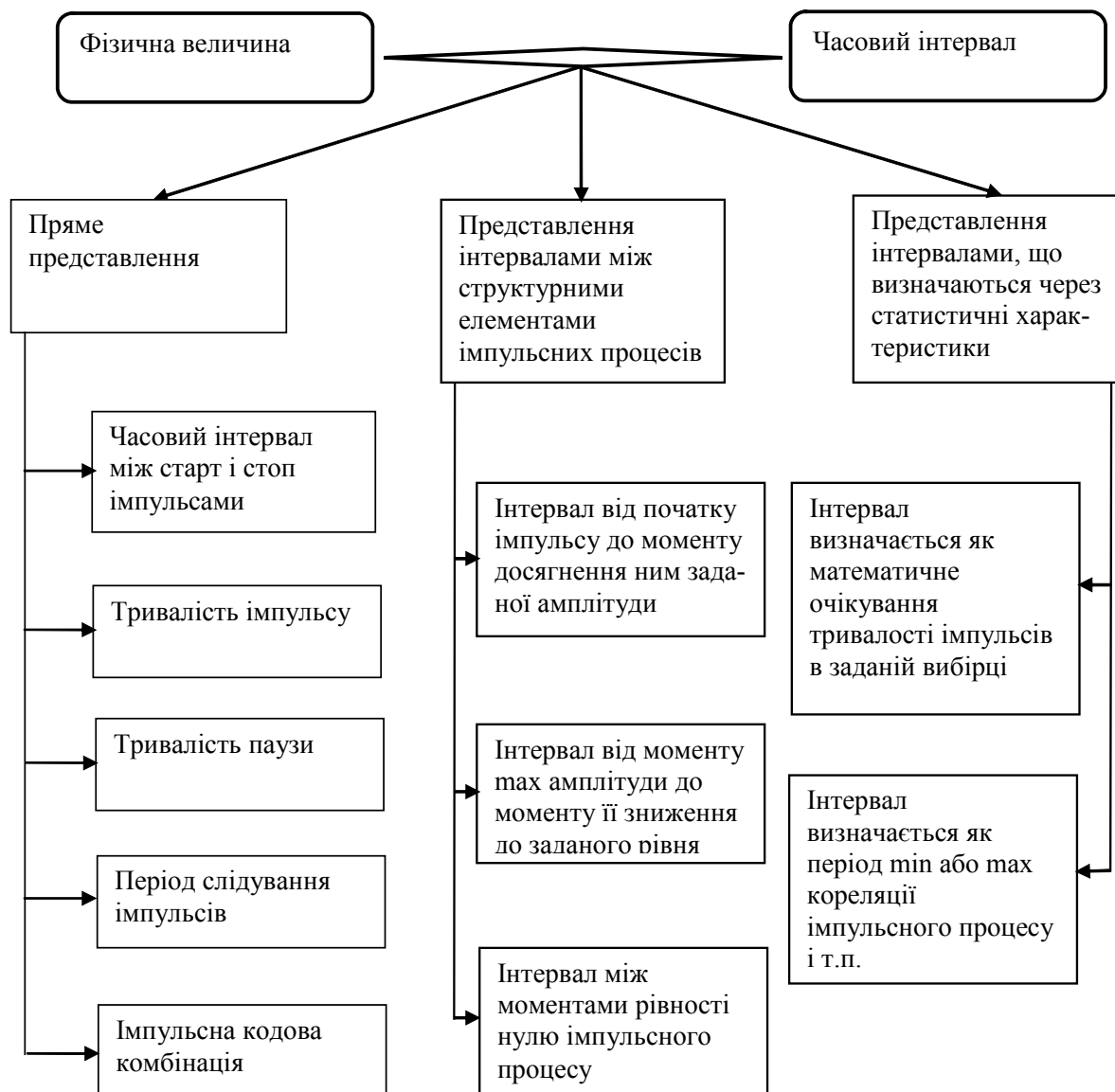


Рисунок 1 — Класифікація видів перетворень значень фізичної величини за формою представлення часових інтервалів.

У багатьох випадках практичного застосування цілком достатнім є використання результатів вимірювання фізичних величин отриманих у формі тривалості часових інтервалів. Правомірність такого представлення демонструється теоретично обґрунтованими і математично завершеними еквівалентними представленнями всіх основних одиниць вимірювань фізичних величин міжнародної системи SI і деяких додаткових одиниць через одиницю вимірювання часу які вперше виконані в роботі [3]. Таке представлення при сьогоdnішньому розвитку науки і техніки ще не може бути рекомендованим до практичного використання, однак в майбутньому воно може стати новою основою теоретичного базису розвитку метрологічної науки.

У відповідності з співвідношеннями (1) метрологічна структура вимірювального каналу може відобразитися у вигляді:

Найбільш відповідальним в показаній на рисунку 2 структурі є вимірювальний перетворювач 1. Потрібно з'ясувати механізм здійснення метрологічно зваженого перетворення значення вимірюваної фізичної величини X в часовий інтервал Δt і форму представлення Δt .

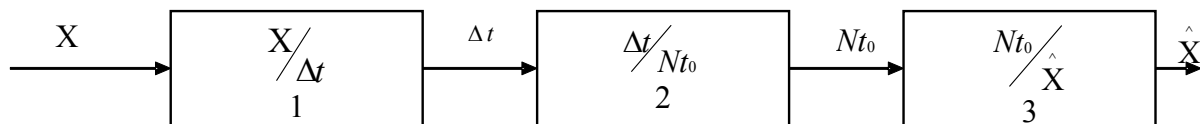


Рисунок 2 — Метрологічна структура вимірювального каналу

На основі детального аналізу можливих механізмів здійснення відзначеного перетворення побудована класифікація вимірювальних перетворювачів, яка показана на рисунку 3.

Практичні дослідження проводилися на основі використання у вимірювальних каналах вимірювальних схем, які забезпечували перетворення значення вимірюваної фізичної величини у значення тривалості електричних імпульсів, тобто вихідним сигналом була тривалість електричного імпульсу. Придатними до прямого використання є мостові і напівмостові вимірювальні схеми з резистивними сенсорами температури. Причому мостові вимірювальні схеми застосовуються як неврівноважені мости до однієї діагоналі яких підводиться вхідний імпульс, а з іншої діагоналі знімається вихідний імпульс. Оптимальною формою імпульсу, який забезпечує лінійність вимірювання з постійною чутливістю у всьому діапазоні вимірювань є імпульс з гіперболічною формою фронтів і обмеженим значенням амплітуди

$$\begin{cases} U(t) = U_m \frac{b}{|t - t_0|} \\ U(t) \leq U_{\max} \forall t \in [0; +\infty] \end{cases}, \quad (3)$$

де: b — постійна, коефіцієнт форми; U_m — максимальне значення амплітуди.

Функція залежності часової тривалості даного сигналу від значення вибраного порогового рівня L і зміни його амплітуди U_m має вигляд:

$$\Delta t = \frac{2bU_m}{L}. \quad (4)$$

Функція чутливості

$$S_m = \frac{\partial \Delta t}{\partial U_m} = \frac{2b}{L} = const. \quad (5)$$

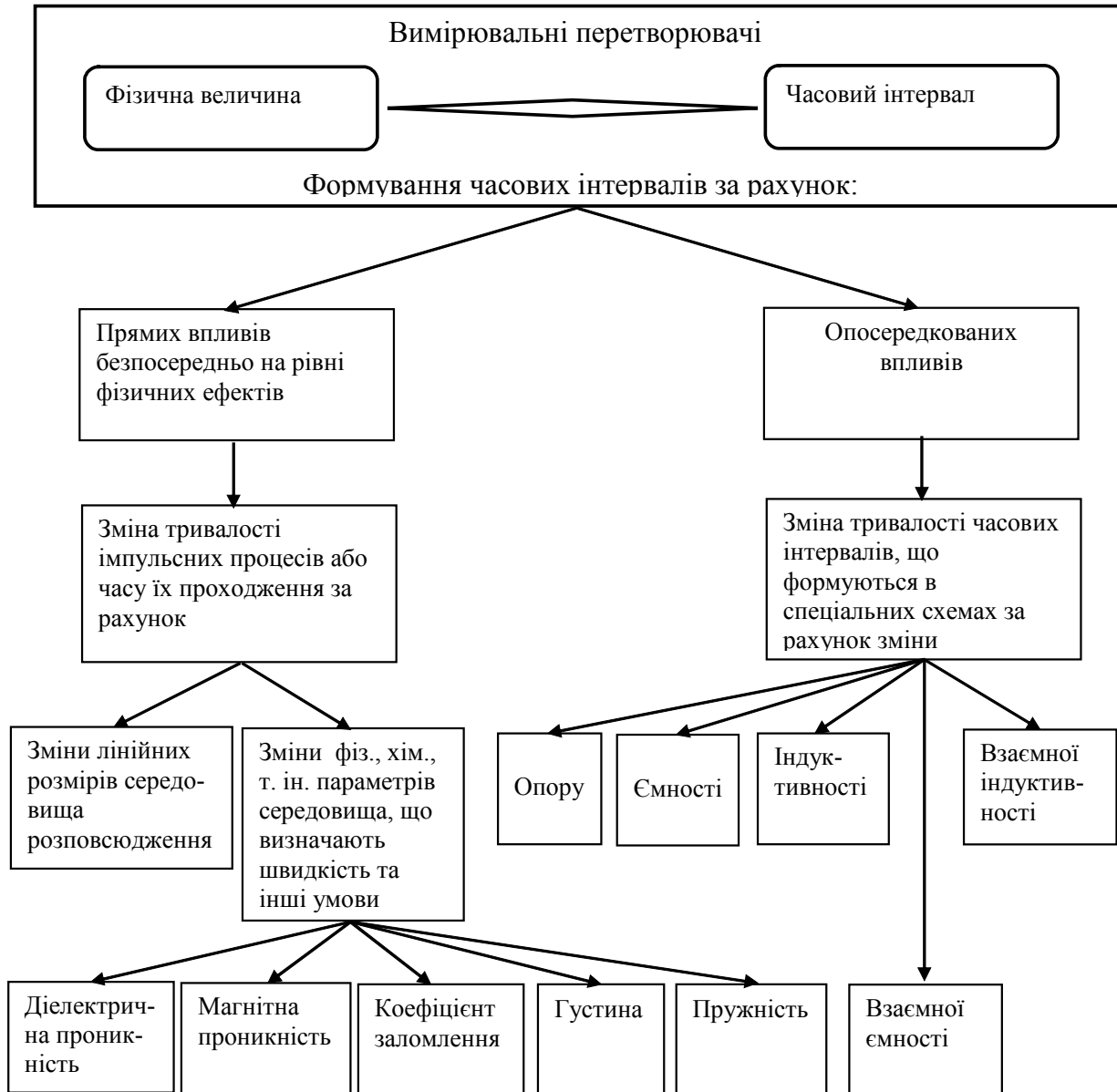


Рисунок 3 — Класифікація вимірювальних перетворювачів «фізична величина – часовий інтервал»

При використанні напівмостової вимірювальної схеми з значенням постійного опору R і опору сенсора R_f . На вхід якої подається імпульсний сигнал з гіперболічною формою фронтів значення тривалості якого на заданому рівні амплітуди має значення Δt_{ex} отримано рівняння вимірювального перетворення у вигляді:

$$\Delta t_{вих.} = \Delta t_{ex} \cdot \frac{R_f}{R + R_f} \tag{6}$$

Чутливість перетворення:

$$S_R = \frac{\partial \Delta t_{вих.}}{\partial R_f} = \Delta t_{ex} \cdot \frac{R}{(R + R_f)^2} \tag{7}$$

Графічні результати комп'ютерного моделювання рівняння вимірювального перетворення (6) та його чутливості (7), отримані при використанні імпульсних сигналів з гіперболічною формою фронтів в напівмостовій вимірювальній схемі, наведені на рисунку 4 а) і б) відповідно. Моделювання виконувалося при таких значеннях параметрів та діапазонів їх зміни: $\Delta t_{ex} = 5 - 9$ мс; $R = 100$ Ом; $R_f = 100 - 300$ Ом.

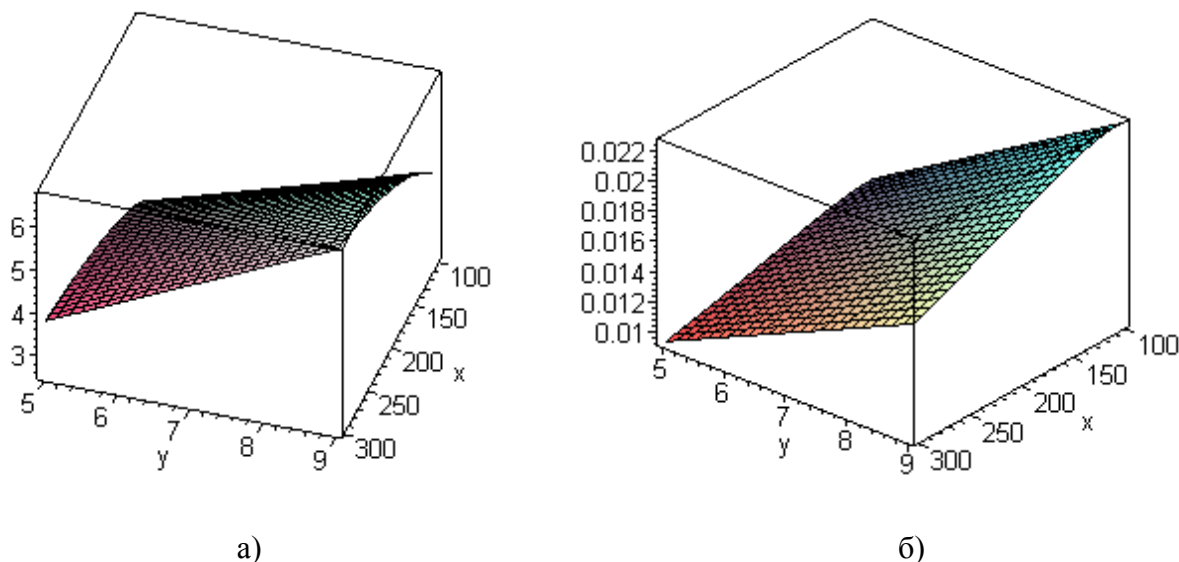


Рисунок 4 — Графічні результати моделювання а) вимірювального перетворення, б) чутливості перетворення при використанні імпульсних сигналів з гіперболічною формою фронтів в напівмостовій вимірювальній схемі

Результати експериментальних досліджень. Для практичного дослідження методів та принципів запропонованої концепції було виконано інженерне проектування і розрахунок вимірювальних каналів інформаційно-вимірювальної системи, які працюють на нових засадах. Для дослідження було обрано декілька фізичних величин, а саме: освітленість, температура, кут повороту та маса. Було створено експериментальний макет ІВС структурна схема якого наведена на рисунку 5.

Відповідно до структурної схеми було створено апаратне та програмне забезпечення для реалізації вимірювальних процедур. При застосуванні сучасної елементної бази розроблений вимірювальний засіб дозволяє отримати роздільну здатність до 27 біт у діапазоні вимірювань, в той час, коли відомі мають роздільну здатність до 18–21,5 біт. Підвищена завадостійкість та зменшене енергоспоживання розробленої системи досягається за рахунок переходу в імпульсний режим функціонування.

Розроблено програмне забезпечення дозволяє проводити вимірювання як у режимі одиночного імпульсу, так і у режимі серії вимірювань. Також проводиться оцінка похибок вимірювання та візуалізація отриманих значень вимірюваних величин. Алгоритм виконання вимірювань представлено на рисунку 6

Практична реалізація експериментальної інформаційно-вимірювальної системи дозволила оцінити переваги побудови ІВС з часовим представленням вимірювальної інформації, які відрізняються високою точністю вимірювань, зменшеним енергоспоживанням та більшою завадостійкістю. Приведена аргументація підтверджує своєчасність та актуальність вирішення поставленої науково-практичної проблеми.

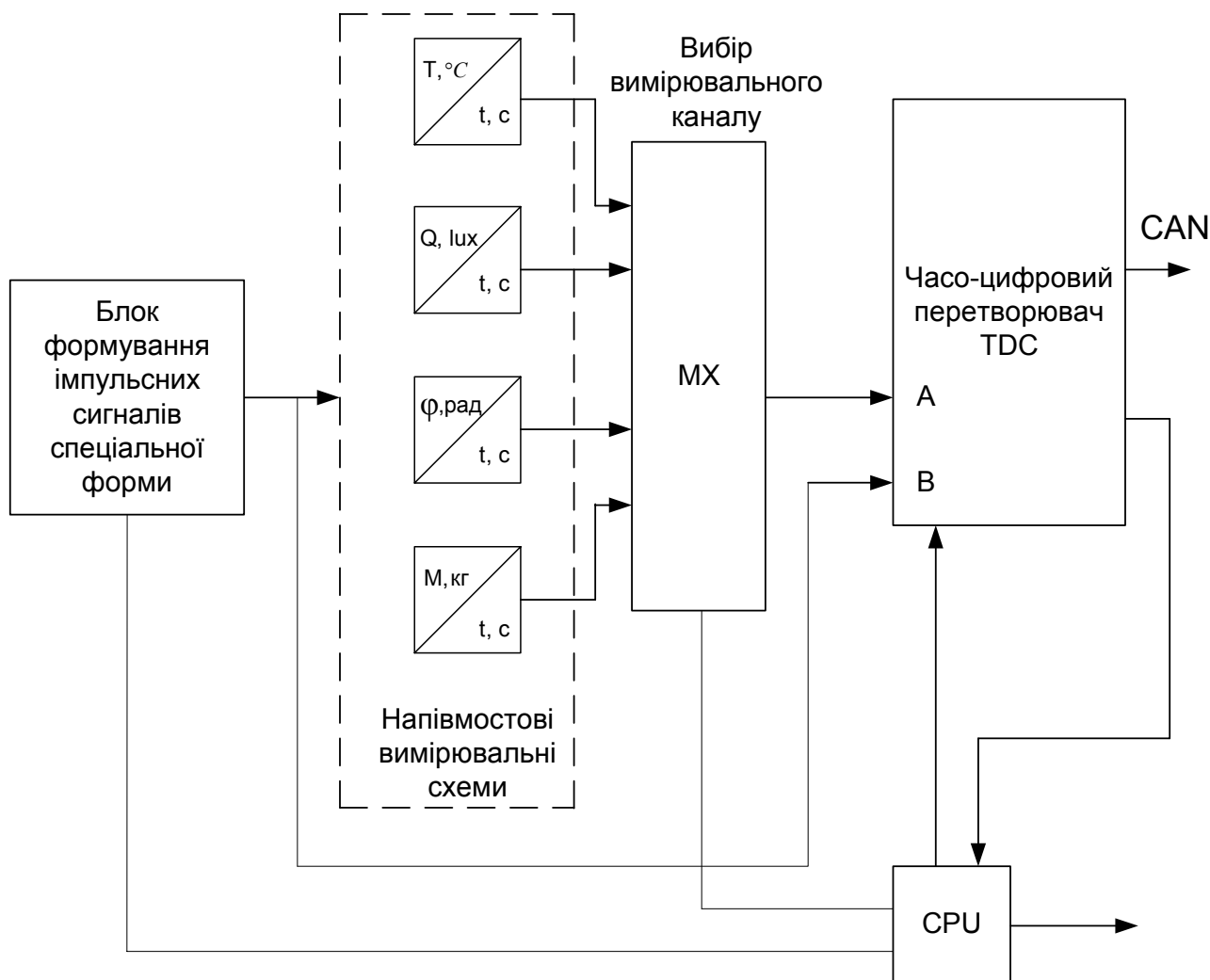


Рисунок 5 — Структурна схема ІВС з часовим представленням інформації

Висновки.

1. Розроблені теоретичні засади побудови вимірювальних каналів інформаційно вимірювальних систем, які функціонують на основі використання часового представлення вимірювальної інформації.

2. Запропоновані класифікації можливих принципів побудови вимірювальних перетворювачів і форм представлення часових інтервалів, як носіїв вимірювальної інформації.

3. Розроблена метрологічна структура вимірювального каналу з часовим представленням вимірювальної інформації.

4. Виконана розробка метрологічного і алгоритмічного забезпечення для виготовленого експериментального зразка ІВС.

Література

1. Измерения в электронике: Справочник / В.А. Кузнецов, В.А. Долгов и др., под ред. Кузнецова В.А. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 512с.
2. Завельский Ф.С. Время и его измерение. — М.: Наука, 1987. — 256 с.
3. Шабатура Ю.В. Основи теорії і практики інтервальних вимірювань: моногр. — Вінниця: УНІВЕРСУМ. — Вінниця, 2003. — 167 с.

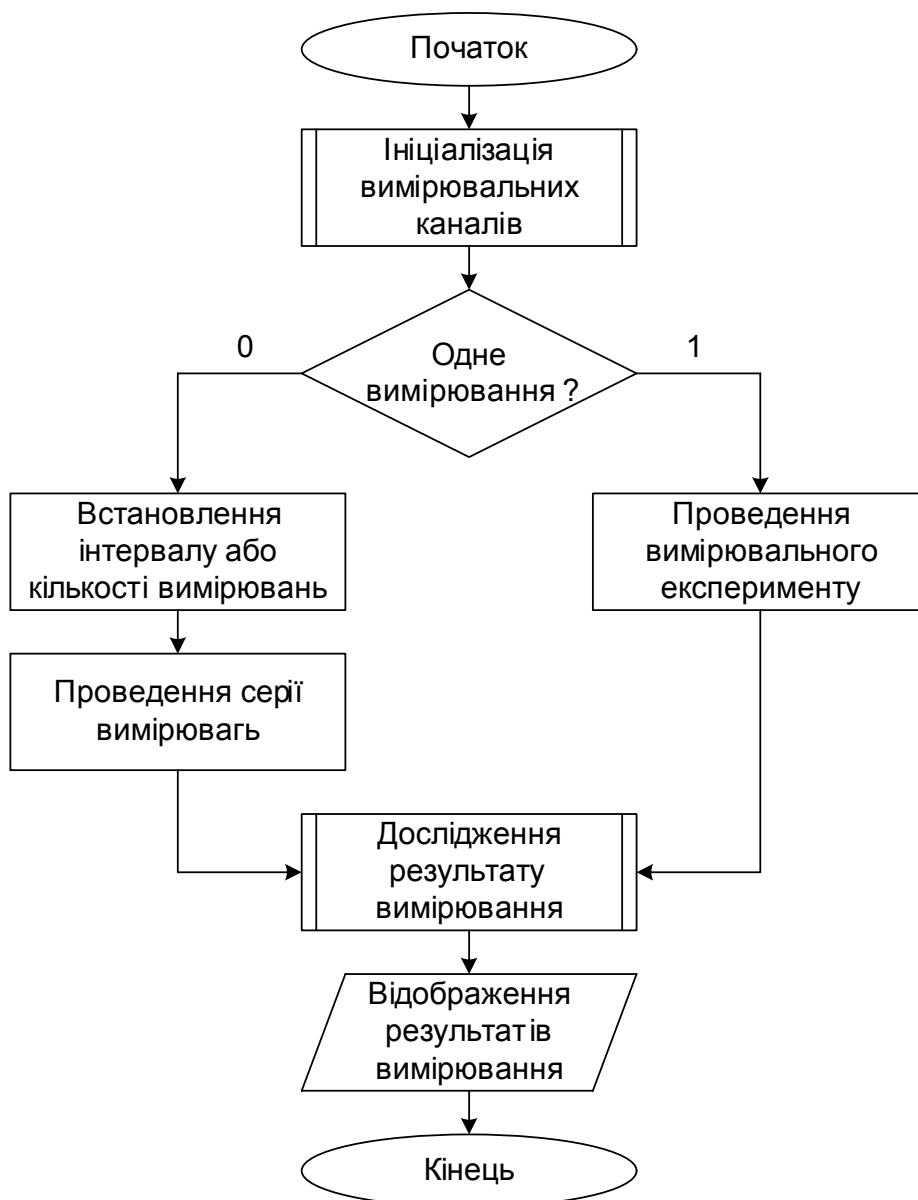


Рисунок 6 — Алгоритм виконання вимірювальної процедури

4. Шабатура Ю.В. Структурно-математичні основи синтезу інформаційно-вимірювальних систем з часовим поданням інформації. / Шабатура Ю.В. // Вимірювальна техніка та метрологія. — 2006. — №66. — С. 164–173.
5. Поджаренко В.О. Інформаційно-структурні принципи вдосконалення засобів вимірювальної техніки/ Шабатура Ю.В., Поджаренко В.О. // Вісник Хмельницького національного університету. — 2005. — №4 Ч.1, (68), — С. 147–151.
6. Поджаренко В.О. Математичні моделі як засоби аналізу та синтезу інформаційно-вимірювальних систем інтервального типу / Поджаренко В.О., Шабатура Ю.В. // Вісник технологічного університету Поділля. — 2004. — №2. Ч1, С. 159–162.

Здано в редакцію:
03.03.2009р.

Рекомендовано до друку:
д.т.н, проф. Зорі А.А.