

МЕТРОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ КОМПОНЕНТІВ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

© Кричевець Олександр, 2008

Державне підприємство "Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних та управляючих систем",
Львів, Україна

krich@dndi-systema.lviv.ua

In the report results of researches of metrological properties of new objects of metrological maintenance of measuring information systems (MIS) – computing components as which it is necessary to understand set software and means of the computer facilities realizing procedures of numerical measuring transformation at carrying out of measurements of parameters of difficult objects or processes are considered. The generalized metrological models of computing components developed by the author are put in a basis of researches in representation of final automatic devices. The models describing computing components hard and flexible structures are considered.

У межах метрологічного забезпечення вимірювальних інформаційних систем (ВІС) визначення метрологічних характеристик тільки вимірювальних каналів без належної уваги до програмного забезпечення не дає гарантії отримання правильного і вірогідного результату вимірювань. Програмні засоби систем виконують функції вимірювального перетворення фізичних величин, їхнього оброблення, візуалізації тощо, що безпосередньо ставить їх у повноправний ряд метрологічно значущих компонентів ВІС. Зрозуміло, що визначення відповідних метрологічних властивостей програмних засобів, під якими необхідно розуміти їхню здатність чинити вплив на результати і точність виконання функцій системами, має здійснюватися з урахуванням технічних та експлуатаційних характеристик обчислювального середовища, в якому, власне, функціонують програмні засоби. Звідси об'єктом метрологічного забезпечення має бути сукупність програмних засобів та засобів обчислювальної техніки – т. зв. обчислювальних компонентів (ОК) систем, які, своєю чергою, мають різні конфігурації: від окремих модулів до інтегрованих структур – обчислювальних каналів.

Але безпосереднє перенесення основних аспектів метрологічного забезпечення засобів вимірювальної техніки на ОК систем наштовкується на ряд труднощів вже на рівні загальних підходів і, передовсім, через істотну відмінність функціональних властивостей засобів вимірювальної техніки та ОК. Базовою відмінністю є те, що ОК реалізують детерміновані процедури над дискретними масивами даних, звідси

можна припустити відмінними і метрологічні властивості ОК.

Відомо [2, 3], що засоби обчислювальної техніки описуються моделлю кінцевого автомата, який задається кінцевою множиною X вхідних даних, кінцевою множиною Y вихідних даних, кінцевою множиною Z внутрішніх станів, початковим станом z_0 , $z_0 \in Z$, перехідною функцією $\varphi(z, x)$ та функцією виходів $\psi(z, x)$.

Автомат функціонує у дискретному часі, моментами якого є такти – рівні інтервали часу, кожному з яких відповідають фіксовані значення вхідного та вихідного масивів даних і внутрішні стани. У кожний момент $t=0,1,2,\dots$ дискретного часу автомат перебуває у певному стані $z(t)$ із множини Z станів автомата, у початковий момент часу $t = 0$ він завжди буде у початковому стані $z(0) = z_0$. На момент t , будучи у стані $z(t)$, автомат сприймає на вході сигнал $x(t)$ і видає на виході сигнал $y(t)=\psi[z(t),x(t)]$, переходячи до стану $z(t+1)=\varphi[z(t),x(t)]$.

Описується робота кінцевих автоматів зазвичай створенням матриць перехідних функцій та функцій виходів (табл. 1, 2 відповідно)

Таблиця 1

	Z_1	...	Z_m
X_1	$\varphi(Z_1, X_1)$	...	$\varphi(Z_m, X_1)$
...			
X_n	$\varphi(Z_1, X_n)$	...	$\varphi(Z_m, X_n)$

Таблиця 2

	Z ₁	....	Z _m
X ₁	ψ(	...	ψ(
....	Z ₁ ,X ₁)	...	Z _m ,X ₁)
X _n	...	...	...
	ψ(		ψ(
	Z ₁ ,X _n)		Z _m ,X _n)

Рядки матриць відповідають вхідним сигналам, а стовпці – станам автомата. На перерізі певного стовпця Z_k та рядка X_p матриці перехідних функцій (табл. 1) ставиться певний стан Z_s = φ(Z_k, X_p), до якого автомат переходить зі стану Z_k під дією сигналу X_p, а у матриці виходів – відповідний цьому переходу вихідний сигнал автомата

$$Y_g = \psi(Z_k, X_p).$$

Зазначений спосіб задання кінцевих автоматів відповідає двом специфічним умовам, пов'язаним із властивостями перехідних функцій автомата [2], а саме:

– умова однозначності перехідних функцій, виконання якої означає, що у кожному рядку матриці кожний вхідний сигнал має з'являтися не більше від одного разу;

– умова цілковитої визначеності, виконання якої означає, що кожний вхідний сигнал обов'язково був наявний у кожному рядку матриці.

Ці умови є принципово важливими для визначення метрологічних властивостей ОК у поданні кінцевих автоматів.

Використовуючи подання моделей кінцевого автомата для ОК, розглянемо функціонування ОК з метрологічного погляду. Нехай на вхід ОК на момент t подається масив даних X(t) з похибкою ΔX(t). Тоді модель ОК у поданні кінцевого автомата виглядатиме так:

– стан на момент часу t – Z(t);

– множина вхідних даних – X(t, ΔX) = X(t) + ΔX(t);

– функція виходів – Y(t, ΔY) = Y(t) + ΔY(t) = ψ [Z(t),X(t)+ΔX(t)];

– перехідна функція – φ[Z_t, (X(t)+ΔX(t))] (1)

Із співвідношень (1) випливає, що у разі використання кінцевих автоматів як числових вимірювальних перетворювачів – ОК вони додатково до зазначених вище функцій реалізують функцію вимірювального перетворення, зокрема перетворення похибок масивів вхідних даних ΔX(t) → ΔY(t), причому кожне значення як похибок вхідних даних, так і вихідних даних приписується конкретному фіксованому часу і відповідному метрологічному стану ОК [4]. Кількісно метрологічний стан ОК визначається значеннями функції перетворення похибок вхідних даних f у певному такті, в якому визначається результат вимірювання з похибкою.

За отриманими даними створимо матрицю перетворення похибок вхідних даних (табл. 3) для опису ОК як числового вимірювального перетворювача.

Враховуючи дані табл. 3 а також умови існування перехідних функцій та вихідних функцій кінцевих автоматів, приходимо до висновку щодо детермінованого характеру метрологічних властивостей ОК.

Розглянемо основні метрологічні моделі ОК для характерних обчислювальних процедур, що ними реалізуються у складі ВІС.

Для ОК, що реалізують процедуру розрахунків за формулами, характерним є те, що конкретному фіксованому масиву вхідних даних X(t_n), з похибками ΔX(t_n), відповідає фіксований вихідний масив Y(t_n) з похибками ΔY(t_n), що означає наявність у таких ОК тільки одного метрологічного стану, тобто реалізується залежність Y(t_n) = ψ[X(t_n)]. У такому разі матриця перетворення похибок вхідних даних спрощується до виразу

$$f = \Delta Y(t_n) / \Delta X(t_n),$$

Таблиця 3

	Z ₁	...	Z _m
ΔX(t ₁)	f [Z ₁ ,X(t ₁),ΔX(t ₁), ΔY(t ₁)]	...	f [Z _m ,X(t ₁),ΔX(t ₁), ΔY(t ₁)]
...
ΔX(t _n)	f [Z ₁ ,X(t _n),ΔX(t _n), ΔY(t _n)]	...	f [Z _m ,X(t _n),ΔX(t _n), ΔY(t _n)]

який має суть коефіцієнта перетворення похибки вхідних даних. Звідси метрологічна модель ОК, за якою виконують розрахунок за фіксованими формулами, має вигляд

$$\Delta_s = \Delta_k \times f. \tag{2}$$

ОК, що реалізують процедури наближених обчислень, за конкретним фіксованим масивом вхідних даних $X(t_n)$ з похибками $\Delta X(t_n)$, видають на вихід масив послідовних значень $Y(t_n)$, кожне з яких є наближеним значенням фізичної величини, що обчислюється. Зрозуміло, що ці значення мають похибки $\Delta Y(t_n)$ які залежать від кількості параметрів наближень S (кількість ітерацій по циклу, значення

кількості елементів розбиття інтервалу числового інтегрування тощо) і зменшуються із збільшенням часу обчислень. Звідси, ОК цього типу мають кількість метрологічних станів Z_s , яка дорівнює кількості параметрів наближень; зміна станів має монотонний детермінований характер. Матриця перетворення має вигляд матриці-стовпця, елементами якого є поточні значення функцій перетворення похибок вхідних даних $f(Z_s)$, і узагальнена метрологічна модель для цього типу ОК має такий вигляд

$$\| \Delta Y(t_n) \| = \Delta X_0 \| f(Z_s) \|, \tag{3}$$

де ΔX_0 – похибка першого наближення результату обчислень

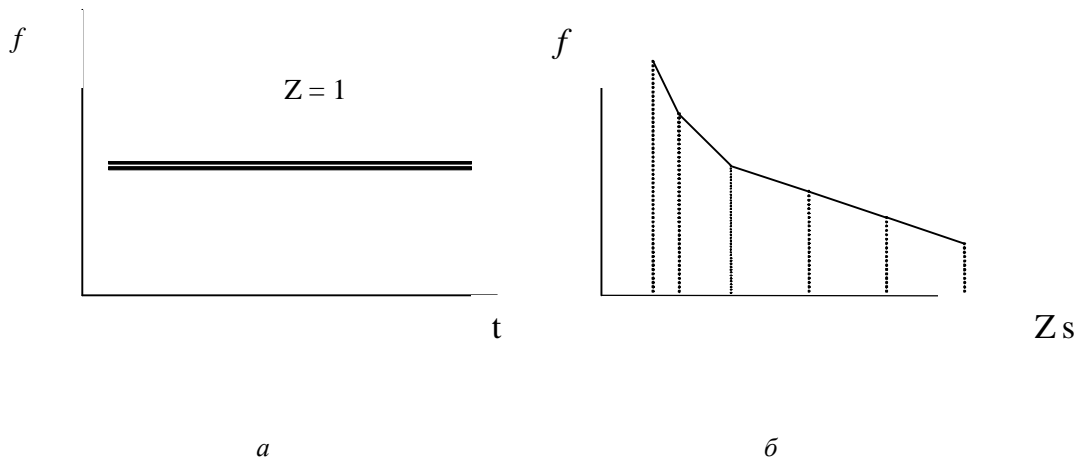


Рис. 1

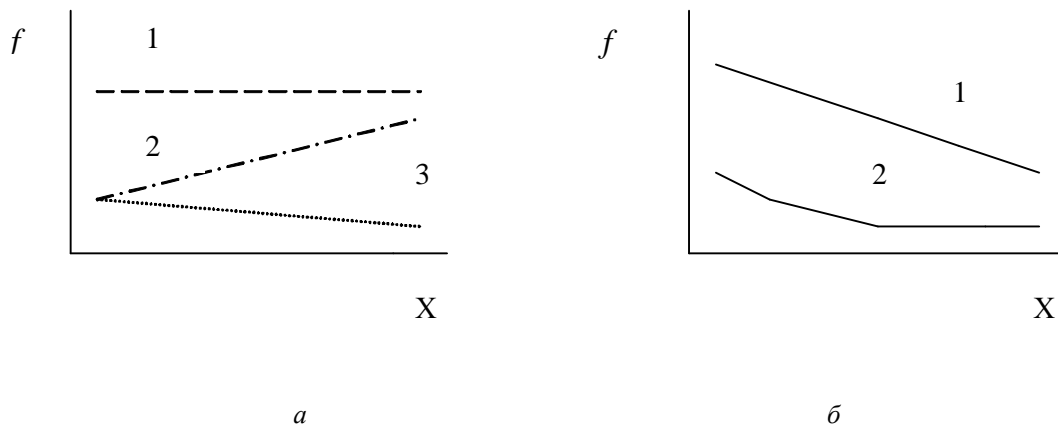


Рис. 2

На рис. 1, а подано характерний вигляд залежності функції перетворення похибок вхідних даних ОК f від часу обчислень t , що реалізують процедури простого обчислення (обчислення за формулами).

Рис. 1, б демонструє залежність функції перетворення f від кількості метрологічних станів для ОК, що реалізують процедури наближених обчислень.

Крім зазначеної залежності функції перетворення від кількості метрологічних станів ОК, згідно з табл. 3 функція також має залежність від значень вхідних даних та їхніх похибок.

На рис. 2, а подано залежність функції перетворення від вхідних даних для процедур простого обчислення, а на рис. 2, б – для процедур наближеного обчислення (ітераційні процедури).

Як бачимо, для процедур простого обчислення маємо різні поведінки функції перетворення. Крива 1 характерна для лінійних формул, тобто їхня функція перетворення не залежить від вхідних даних. Крива 2 демонструє залежність функції перетворення для нелінійних процедур за умови додатних значень вхідних даних, а крива 3 – для від'ємних значень вхідних даних.

Залежність функцій перетворення від вхідних даних для наближених процедур має характер, аналогічний залежності функцій від кількості метроло-

гічних станів (крива 1, рис. 2, б) і є характерною у разі, коли вхідними даними є початкові наближення. Крива 2 характерна для випадку, коли вхідними даними є коефіцієнти у формулах.

Висновки

1. Метрологічні властивості ОК мають детермінований характер.

2. Основною характеристикою оцінки метрологічних властивостей ОК є функція перетворення похибок вхідних даних.

3. Поведінка функцій перетворення похибок вхідних даних має неординарний характер, може підсилювати, залишати без змін, або у деяких випадках зменшувати похибки вхідних даних, що є специфічною ознакою метрологічних властивостей ОК.

1. Кричевець О.М.// Матеріали III Міжнародної наук.-практ. конф. "Метрологія та вимірювальна техніка". – ХДНДІМ – 2002 р. – Т.2. – С.194–196.
2. Глушков В.М. Синтез цифрових автоматів. – М.: Физматгиз, 1962. – 476 с.
3. Кобринский Н.Е., Трахтенброт Б.А. Введение в теорию конечных автоматів. – М.: Физматгиз, 1962. – 404 с.
4. О.М. Кричевець// Матеріали IV Міжнародної наук.-практ. конф. "Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія – 2004)". – ХДНДІМ. – 2004. – Т.2. – С.277–279.