

УДК 389.14: 681. 5

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ АЛГОРИТМУ АВТОМАТИЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ МУЛЬТИПЛІКАТИВНИХ ПОХИБОК ПЕРВИННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

© Пелешок Т.М., 2005

ДП “Тернопільстандартметрологія”

Обґрунтовано структуру алгоритму автоматичної компенсації систематичної мультиплікативної похибки в первинних вимірювальних перетворювачах. Автоматичну компенсацію рекомендується здійснювати безпосередньо в процесі вимірювання шляхом застосування обчислювальної техніки

Застосування обчислювальної техніки у приладобудуванні дає змогу підвищити точність вимірювання за рахунок автоматичної компенсації систематичних похибок шляхом їх компенсації за допомогою поправок [1]. Покази первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) спотворенні адитивними і мультиплікативними похибками. Оскільки у багатьох ПВП домінуючою по величині є мультиплікативна похибка, яка носить систематичний характер, то це дає змогу, в принципі, здійснювати її компенсацію автоматично. Величина корекції перетворення ПВП у даному випадку визначається величиною похибки [2]. Однак у тих ПВП, у яких переважає мультиплікативна похибка, є певні труднощі з її корекцією, які пов'язані із зміною величини мультиплікативної похибки в діапазоні вимірюваної величини. Практика показує, що для усунення цих труднощів необхідні відповідні дослідження [3], що є метою даної роботи.

Якщо заданий ПВП з номінальним коефіцієнтом перетворення K_0 , то зв'язок між вихідною величиною $X_{вих}$ та вхідною $X_{вх}$ описується виразом [4]:

$$X_{вих} = K_0 X_{вх} \quad (1)$$

Однак мультиплікативна похибка спотворює залежність (1) до такого виду:

$$\hat{X}_{вих} = K_0 (1 + \alpha) X_{вх}, \quad (2)$$

де $\hat{X}_{вих}$ – спотворена вихідна величина; α – величина, на яку спотворений коефіцієнт перетворення ($\alpha \ll 1$). У спрощеному випадку, який розглядається, α – постійна величина (рис. 1). Відносна похибка δ ПВП описується наступним виразом [5]:

$$\delta = 1 - \hat{X}_{вих} / X_{вх} = \alpha \quad (3)$$

Якби була можливість отримати дійсне значення $X_{вих}$, то можна було б ввести поправку Δ згідно виразу [6]

$$\Delta = -\alpha K_0 X_{вх} \quad (4)$$

і, додаючи її до кожного вимірюного значення $X_{вих}$, отримали б точне значення вимірювальної величини.

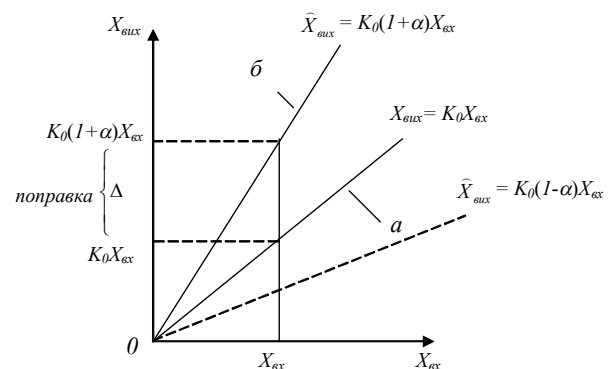


Рис. 1. Зв'язок між вхідною і вихідною величиною у неспотвореному (а) та спотвореному (б) вигляді

Однак, в процесі вимірювання відомі лише наближені значення $X_{вих}$, тому існує можливість отримати лише значення розрахункових поправок $\hat{\Delta}$, які описуються залежністю [3]:

$$\hat{\Delta} = -\alpha K_0 \hat{X}_{вих} \quad (5)$$

Розрахункова поправка $\hat{\Delta}$ відрізняється від поправки Δ тим, що з її допомогою можна було б компенсувати значення мультиплікативної похибки. Однак виявилось, що застосувавши ітераційну процедуру за відповідним алгоритмом, можна добитись позитивного результату, тобто компенсації мультиплікативної похибки шляхом використання розрахункової похибки.

З урахуванням виразу (5) скориговане виміряне значення набуває вигляду:

$$\hat{\Delta}_{вих1} = \hat{\Delta}_{вих} - \alpha X_{вих} \quad (6)$$

Після підстановки виразу (5) у вираз (6) отримасмо, що

$$\begin{aligned} \widehat{\Delta}_{\text{вих1}} &= K_0 X_{\text{вих}} (1 + \alpha) - \alpha K_0 X_{\text{вих}} (1 + \alpha) = \\ &= K_0 X_{\text{вих}} (1 + \alpha^2). \end{aligned} \quad (7)$$

Відносна похибка після першого кроку корекції буде такою:

$$\delta_{m1} = 1 - \frac{K_0 X_{\text{вих}} (1 - \alpha^2)}{K_0 X_{\text{вих}}} = \alpha^2, \quad (8)$$

тобто набуває властивостей малої величини другого порядку, оскільки $\alpha < 1$.

Якщо похибка δ_{m1} в умовах конкретної задачі все-таки вважається великою, то можна здійснити наступний ітераційний крок, який направлений на зменшення похибки. Але алгоритми наступних ітераційних кроків можуть бути різними. Один з них – це використання в процедурі корекції тільки першого вимірюваного значення. Другий алгоритм – це використання в процедурі корекції кожного ітерованого значення. В загальному вигляді ці алгоритми будуть такими:

$$\widehat{\Delta}_{\text{вих}_n} = \widehat{\Delta}_{\text{вих}} + \alpha \cdot X_{\text{вих}_{n-1}}, \quad (9)$$

або

$$\widehat{\Delta}_{\text{вих}_n} = X_{\text{вих}_{n-1}} + \alpha \cdot \widehat{\Delta}_{\text{вих}_{n-1}}. \quad (10)$$

При використанні алгоритму (9) вираз для скоригованої відносної похибки δ_{m1} для n -го кроку набуває вигляду:

$$\delta_{m_n} = (-1)^n \alpha^{n-1}, \quad (11)$$

а при використанні алгоритму (10) вираз для цієї похибки запишеться так:

$$\delta_{m_n} = \alpha - \alpha^2 + \alpha^3 + \dots + (-1)^n \alpha^{n-1}. \quad (12)$$

Алгоритм (9) передбачає процедуру корекції результатів вимірювання з використанням лише першого вимірюваного значення, алгоритм (10) – корекцію кожного ітерованого значення. Ефективність використання кожного із алгоритмів оцінюється величиною відносної похибки після застосування n ітерацій. Для визначення відносної похибки необхідно знайти вираз, який отримується після застосування кожної ітерації, тобто вирази $\widehat{X}_{\text{вих1}}, \widehat{X}_{\text{вих2}}, \dots, \widehat{X}_{\text{вих}_n}$.

Для алгоритму (6) ці вирази мають вигляд:

$$\widehat{X}_{\text{вих1}} = X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) - \alpha X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) = X_{\text{ex}} (1 - \alpha) (1 - \alpha);$$

$$\begin{aligned} \widehat{X}_{\text{вих2}} &= X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) - \alpha X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) + \alpha^2 X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) = \\ &= X_{\text{ex}} (1 - \alpha) (1 - \alpha + \alpha^2); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \widehat{X}_{\text{вих3}} &= X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) - \alpha X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) (1 - \alpha + \alpha^2) = \\ &= X_{\text{ex}} (1 - \alpha) (1 - \alpha + \alpha^2) \alpha; \end{aligned}$$

.....;

$$\widehat{X}_{\text{вих}_n} = X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) [1 - \alpha + \alpha^2 - \alpha^3 + \alpha^4 - \dots - (1)^n \alpha^n]. \quad (13)$$

Вираз (13) для $\widehat{X}_{\text{вих}_n}$ дає можливість визначити відносну похибку для n -го кроку алгоритму (6):

$$\delta_n = \alpha \frac{1 - (-\alpha)^n}{1 + \alpha}. \quad (14)$$

Ефективність застосування алгоритму (6) визначається границею, до якої прямує величина δ_n при нарощуванні кількості ітерацій, тобто

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \delta_n &= \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha \frac{1 - (-\alpha)^n}{1 + \alpha} = \frac{\alpha}{1 + \alpha} \lim_{n \rightarrow \infty} [1 - (-\alpha)^n] = \\ &= \frac{\alpha}{1 + \alpha} \lim_{n \rightarrow \infty} [1 - (-1)^n \cdot \alpha^n] = \alpha. \end{aligned} \quad (15)$$

Отриманий результат свідчить про те, що застосування алгоритму (6) не дає позитивного результату. Кінцева похибка результату вимірювання після n ітерацій не зменшується, а дорівнює величині α .

Застосування алгоритму (7) для отримання виразів $\widehat{X}_{\text{вих1}}, \widehat{X}_{\text{вих2}}, \dots, \widehat{X}_{\text{вих}_n}$ після кожної із ітерацій дає наступний результат:

$$\begin{aligned} \widehat{X}_{\text{вих1}} &= X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) - \alpha X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha) = X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha)^2; \\ \widehat{X}_{\text{вих2}} &= X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha)^2 - \alpha X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha)^2 = X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha)^2; \\ &\dots\dots\dots; \\ \widehat{X}_{\text{вих}_n} &= X_{\text{ex}} K_0 (1 - \alpha)^{n+1}. \end{aligned} \quad (16)$$

Вираз (16) для $\widehat{X}_{\text{вих}_n}$ дає можливість визначити відносну похибку для n -го кроку алгоритму (7) так:

$$\delta_n = \alpha^{n+1}. \quad (17)$$

Ефективність застосування алгоритму (7) визначається границею, до якої прямує величина δ_n , тобто

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} \delta_n &= \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha^{n+1} = \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha^n \cdot \alpha^1 = \alpha \cdot \lim_{n \rightarrow \infty} \alpha^n = 0, \\ (\lim_{x \rightarrow +\infty} \alpha^x &= 0, \text{ коли } |\alpha| < 1). \end{aligned} \quad (18)$$

Вираз (18) свідчить про те, що значення мультиплікативної похибки при збільшенні кількості ітерацій прямує до нуля. Таким чином лише застосування алгоритму (7) в процесі автоматичної компенсації мультиплікативної похибки ПВП дає позитивний результат.

Будувати ітераційну процедуру корекції шляхом використання для компенсації похибок скориговані значення вимірювальної величини недоцільно. Ітераційну процедуру корекції мультиплікативних похибок необхідно будувати шляхом застосування поправок до першого вимірюваного значення.

1. Артемьев Б. Г., Голубев С.М., *Справочное пособие для работников метрологических служб.*- Изд. 2-е, перероб. и доп., в двух книгах.- М.: Изд-во стандартов, 1986. 2. Таланчук П.М., Скрипник

Ю.О., Дубровний В.О. Засоби вимірювання в автоматичних інформаційних та керуючих системах. – К.: Райдуга, 1994. – 664 с. 3. Свтух П.С., Пелешок Т.М. Алгоритм автоматичної компенсації мультиплікативних похибок у масштабуючих первинних вимірювальних перетворювачах // Тези всеукраїнської науково-технічної конференції „Вимірювання витрати та кількості газу”. - Івано-Франківськ: 2005. – С. 40-

41. 4. Аналоговые измерительные приборы: Учеб. пособие для вузов по спец. «Информ.-измер. техника» / Е.Г. Бишард, Е.А. Киселева, Г.П. Лебедев и др., - 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 415 с. 5. Скрипник Ю.О. Цифрові вимірювачі з корекцією похибок. – К.: Вища школа, 1973. – 148 с. 6. Новицкий П.В. Динамика погрешностей средств измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 192 с.

УДК 504.054: 622.691.4

ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ В БАСЕЙНІ ВЕРХНЬОГО ДНІСТРА МЕТОДАМИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

© Скрипник В.С., 2005

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Приведені результати польових та аналітичних дослідження ґрунтів в басейні Верхнього Дністра, побудовані екологічні карти забруднення з метою покращення стану довкілля

В зонах інтенсивного промислового та сільськогосподарського виробництва необхідно проводити контроль, комплексну оцінку та прогнозування впливу хімічного забруднення на навколишнє середовище та стан здоров'я населення. Техногенний тиск на сучасні екосистеми зростає з кожним роком та приводить до їх трансформації, які можуть дійти до незворотних змін, що не тільки погіршить сучасну екологічну ситуацію, а й призведе до руйнування природних та штучних екосистем. Для сільськогосподарського виробництва необхідно забезпечити екологічну та економічну його стабільність, що можливо лише з максимальним урахуванням всіх природних та техногенних (антропогенних) чинників, які впливають на екологічний потенціал того чи іншого регіону з підвищенням техногенним навантаженням.

Кожна екосистема є результатом багатофакторної взаємодії, як природних, так і техногенних чинників – літогенної основи ландшафтів (геологічного середовища), геоморфологічних особливостей рельєфу та небезпечних екзо- та ендеогединамічних процесів (експозиція та крутизна схилів, генезис, морфологія та літології долинних і вододільних елементів, площинної та лінійкової ерозії, суфозії, зсувів, карст тощо), поверхневих, ґрунтових та підземних вод, атмосферного повітря та мікроклімату, ґрунтового і рослинного покриву, екологічного стану домашніх і диких тварин, захворюваності населення у залежності від екологічних та інших чинників, впливу природних і техногенних геофізичних полів, техногенного навантаження від транскордонних,

регіональних, локальних і пересувних джерел забруднення радіонуклідами, пестицидами, мінеральними добривами, важкими металами, нафтопродуктами та інше.

Метою роботи є дослідження якісного стану ґрунтів Дністровської долинної екосистеми, визначення їх забруднення різними хімічними елементами, побудова відповідних баз даних та їх обробка методами геоінформаційних технологій.

Дослідивши динаміку розвитку екосистем та їх забруднення, можна на основі їх змін прогнозувати різні варіанти і сценарії подальшого функціонування в межах заданих екологічних та економічних параметрів, які забезпечать гармонізацію відносин між виробництвом та навколишнім середовищем.

Ділянка долини Дністра, що досліджувалась, розташована у межах Передкарпатської геоморфологічної області, що простягається вздовж північно-східного схилу Українських Карпат. У рельєфі долини домінують пластово-аккумулятивні височини межиріч, що чергуються з широкими зниженнями долин правих допливів Дністра. Орографічний малюнок долини ускладнює серія улоговин: Верхньодністровська, Стрийсько-Жидачівська, Калуська, Бистрицька. Передкарпатський прогин і південно-західна окраїна Східно-європейської платформи - це ті дві великі тектонічні області, у межах яких розташована досліджувана ділянка долини. У прогині виділені дві зони: Внутрішня і Зовнішня. Першу з них складає повний комплекс міоценових молас, а другу – тільки верхніх молас [1-3]. З північного сходу прогин