

що потребують додаткової пам'яті для розташування проміжних варіантів файлів; переміщення сукупностей файлів на інше місце й інші директорії для організації URL-доступу, дефрагментації тощо. Крім того, кожний тип диску має свій проміжок часу безперервної роботи для виконання операцій запису-читання по закінченню якого потрібна фізична зміна носія. Все це потребує проведення поступової заміни дискової пам'яті під впливом двох факторів: досягнення обсягів інформації контенту визначених величин; завершення термінів експлуатації носіїв.

Висновки

Залежно від темпів нарощування контенту інформаційного фонду ЄДАС НДДКР і їхнього співвідношення з періодами життєвого циклу фізичних носіїв дискової пам'яті ми маємо можливість перманентного нарощування загальної системи фізичних обсягів пам'яті комплексу КІАС без додаткового фінансового навантаження на експлуатаційні витрати. Такий алгоритм поточної технології реконфігурації технічного комплексу системи залежить від співвідношення періодів життєвих циклів дискових носіїв і темпів нарощування інформації контенту КІАС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Taylor, M.J.* Soft Issues in IS Projects: Lessons from an SME Case Study / *M.J. Taylor, J.L. DaCosta* // *Systems Research and Behavioral Science*. – 1999. – Vol. 16. – № 3. – P. 263–272.
2. *Лунаев, В.В.* Математическое обеспечение управляющих ЦВМ / *В.В. Лунаев, К.К. Колин, Л.А. Серебровский* // М. : Советское радио, 1972. – 528 с.
3. *Лунаев, В.В.* Распределение ресурсов в вычислительных системах / *В.В. Лунаев*. – М. : Статистика, 1979. – 247 с.
4. *Воронков, В.И.* Об организации распределенной системы информационного обслуживания органов государственного управления / *В.И. Воронков, В.В. Можарский* // Создание автоматизированной технологии планирования и информационного обслуживания плановых работников : тезисы докл. межреспубл. науч.-практ. конф. (Таллинн, 4–8 мая 1987 г.). – Часть 1. – Таллинн : Валгус, 1987. – С. 63–64.
5. *Воронков, В.И.* Интегрированная учрежденческая система информационного обслуживания в среде ОС ДИАМС / *В.И. Воронков, Е.А. Романюк, В.В. Можарский, С.П. Скубак* // Механизация и автоматизация управления. – 1992. – № 1. – С. 35–38.
6. *Воронков, В.И.* Научно-методические и практические проблемы построения единой государственной автоматизированной системы регистрации и использования НИОКР и диссертаций Украины / *В.И. Воронков* // Государственная система учета НИР, ОКР, ОТР – новые возможности, методика, практика : тезисы докл. Междунар. науч.-методич. семинара (Минск, 24–25 ноября 2005 г.). – Минск : БелИСА, 2005. – С. 12–18.

УДК 681. 532. 62

СТРУКТУРНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМАХ ДОЗУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАГНІТОПРУЖНИХ ПЕРВИННИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЗУСИЛЛЯ



О.Й. Рішан, канд. техн. наук,
Н.В. Матвієнко

Постановка проблеми. Вирішення задач сучасної науки і техніки, а також ефективність

функціонування комп'ютерно-інтегрованих систем керування виробничими процесами

потребує підвищення точності результатів вимірювань (**РВ**) окремих технологічних параметрів, яка була б порівнянна з точністю зразкових мір. Вимірювання технологічних параметрів виконуються методом, який реалізується у відповідному засобі вимірювань (**ЗВ**).

Будь-який **ЗВ** можна уявити у вигляді ланцюга певної структури, який складається з ряду функціональних елементів (перетворювачів), об'єднаних в єдиний схемно-конструктивний пристрій, і який має нормовані метрологічні характеристики. Складність такого **ЗВ** визначається в першу чергу фізичною природою вимірюваного параметра, факторами, які впливають на цей параметр, швидкістю його зміни в часі й допустимою похибкою вимірювання.

Однією з основних метрологічних **ЗВ** є його характеристика перетворення (**ХП**), яка відтворює функціональну залежність між вимірюваним параметром і вихідним сигналом **ЗВ**. Номінальна **ХП** **ЗВ** може бути зображена функціональною залежністю, яка є в загалом математичною моделлю будь-якого **ЗВ**:

$$y = a_{1n} + a_{2n} \cdot x + \dots + a_{nn} \cdot x^{n-1}, \quad (1)$$

де x – вимірювана величина;

y – вихідний сигнал **ЗВ**;

$a_{1n}, a_{2n}, \dots, a_{nn}$ – параметри номінальної **ХП**, які отримують у разі її градування.

Така модель дає змогу описувати **ХП** **ЗВ** з будь-якою наперед заданою точністю, але використання поліному високої степені значно ускладнює структуру **ЗВ**.

У реальних умовах експлуатації в разі дії зовнішніх факторів на **ЗВ**, **ХП** (1) набирає вигляду:

$$y = a_1(t) + a_2(t) \cdot x + \dots + a_n(t) \cdot x^{n-1}, \quad (2)$$

де $a_1(t), a_2(t), \dots, a_n(t)$ – параметри **ХП**, які є випадковими функціями часу і виникають за систематичного і випадкового дрейфу **ХП**,

а також – унаслідок впливу навколишнього середовища на **ЗВ**.

Абсолютна похибка Δ_{PB} результатів вимірювання може бути обчислена як різниця між поліномами (2) і (1) і дорівнює:

$$\Delta_{PB} = \Delta_{a1} + \Delta_{a1} \cdot x + \dots + \Delta_{ai} \cdot x^i + \dots + \Delta_{an}(t) \cdot x^{n-1}, \quad (3)$$

де $\Delta_{a1} = a_i(t) - a_{in}$

Оскільки функції $a_i(t)$ у загальному випадку є нестационарними випадковими функціями часу, то вони можуть бути надані у вигляді суми:

$$a_i(t) = \bar{a}_i + \overset{\circ}{a}_i(t), \quad (4)$$

де $\bar{a}_i(t)$ – нестационарна випадкова функція;

$\overset{\circ}{a}_i(t)$ – стаціонарна випадкова центрована ергодична функція часу, яка має нормальний закон розподілу.

З урахуванням цього загальна похибка Δ_{PB} вимірювання залежно від частотного спектра фактора, що впливає на **РВ**, може бути надана у вигляді двох складових:

$$\Delta_{PB} = \bar{\Delta}_{PB} + \overset{\circ}{\Delta}_{PB}, \quad (5)$$

де $\bar{\Delta}_{PB}$ – складова похибки, яка об'єднує практично всі систематичні (адитивні й мультиплікативні складові), прогресуючі і випадкові похибки, які змінюються відносно повільно, а $\overset{\circ}{\Delta}_{PB}$ – об'єднує всі випадкові похибки.

Такий розподіл дає можливість розглядати два класи структурних методів підвищення точності вимірювань **ЗВ** залежно від того, яку з двох складових необхідно зменшувати.

До першого класу структурних методів підвищення точності вимірювань **ЗВ** належать конструктивні методи, у разі використання яких тим чи іншим способом зводять до мінімуму різницю $\Delta_{a1} = a_i(t) - a_{in}$, а їхньою особливістю є відсутність структурної надлишковості у складі **ЗВ**, тобто **ЗВ** складається

тільки з тих вимірювальних перетворювачів, без яких його функціонування є неможливим [1; 2]. Суттєвим є те що нині можливості конструктивних методів практично вичерпані.

До другого класу структурних методів підвищення точності вимірювань **ЗВ** належать методи введення структурної, часової і структурно-часової надлишковості, які дають змогу здійснювати додаткові перетворення вимірювальної інформації і її обробку за спеціальним алгоритмом. Такий підхід надає можливість отримати **РВ** з високою точністю без поліпшення метрологічних характеристик **ЗВ**, які використовуються під час здійснення вимірювань.

Мета статті – розробка і дослідження структурного тестового методу підвищення точності вимірювань, який забезпечував би одночасне зниження як адитивної систематичної, так і мультиплікативної складових похибки вимірювань в автоматичних системах дозування сипких матеріалів з використанням магнітопружних первинних вимірювальних перетворювачів зусилля.

Виклад основного матеріалу. У загальному випадку в разі використання тестових методів підвищення точності **РВ** процес вимірювання складається з $(n+1)$ тактів. У першому (основному) такті перетворюється вимірювальна величина x , а в інших n додаткових – тести $A_1(x), \dots, A_i(x), \dots, A_n(x)$, кожний з яких є деякою функцією вимірювальної величини x .

Результати основного y і додаткових перетворювань y_1, y_2, \dots, y_n можуть бути надані таким чином:

$$y = a_1 + a_2 \cdot x + \dots + a_n \cdot x^{n-1} \quad (6)$$

$$\begin{cases} y_1 = a_1 + a_2 A_1(x) + \dots + a_n [A_1(x)]^{n-1}; \\ \dots \\ y_n = a_1 + a_2 A_n(x) + \dots + a_n [A_n(x)]^{n-1}. \end{cases} \quad (7)$$

Для отримання загального тестового алгоритму підвищення точності необхідно спо-

чатку визначити дійсне значення параметрів a_1, a_2, \dots, a_n математичної моделі вихідного **ЗВ** (його **ХП**) із системи рівнянь (7), а потім знайти значення вимірюваної величини з рівняння (6) шляхом підстановки в нього плінних значень a_1, a_2, \dots, a_n .

Кінцеве співвідношення (6), яке показує зв'язок вхідної величини з результатами y_0, y_1, \dots, y_n перетворень і величинами $A_1(x), \dots, A_i(x), \dots, A_n(x)$, тестів, буде являти собою алгоритм підвищення точності вимірювань, а **РВ** не залежатимуть від випадкових значень параметрів a_1, a_2, \dots, a_n математичної моделі параметри **ХП**, які є випадковими функціями часу і виникають за систематичного і випадкового дрейфу **ХП**.

У свою чергу точність визначення параметрів a_i математичної моделі **ЗВ** залежить від стабільності блоків формування тестів, які утворюють допоміжні величини $A_i(x)$ – **тести**, необхідні для складання системи рівнянь (6).

Оскільки найсуттєвішими складовими основної похибки будь-якого **ЗВ** є систематична адитивна складова (похибка зміщення нуля **ЗВ**) і мультиплікативна складова, яка спричинюється через зміну крутизни **ХП ЗВ**, то в багатьох випадках доцільно використовувати блоки, які реалізують незалежний адитивний і мультиплікативний тести.

Незалежний адитивний тест може бути сформований у вигляді суми:

$$A_i(x) = x + X_{0i}, \quad (8)$$

де X_{0i} – постійна складова адитивного тесту (міра), яка є однорідною з вимірюваною величиною x і не залежить від неї.

Незалежний мультиплікативний тест може бути сформований у вигляді добутку:

$$A_i(x) = K_i(x), \quad (9)$$

де $K_i(x)$ – незалежний від x коефіцієнт перетворення мультиплікативного тесту.

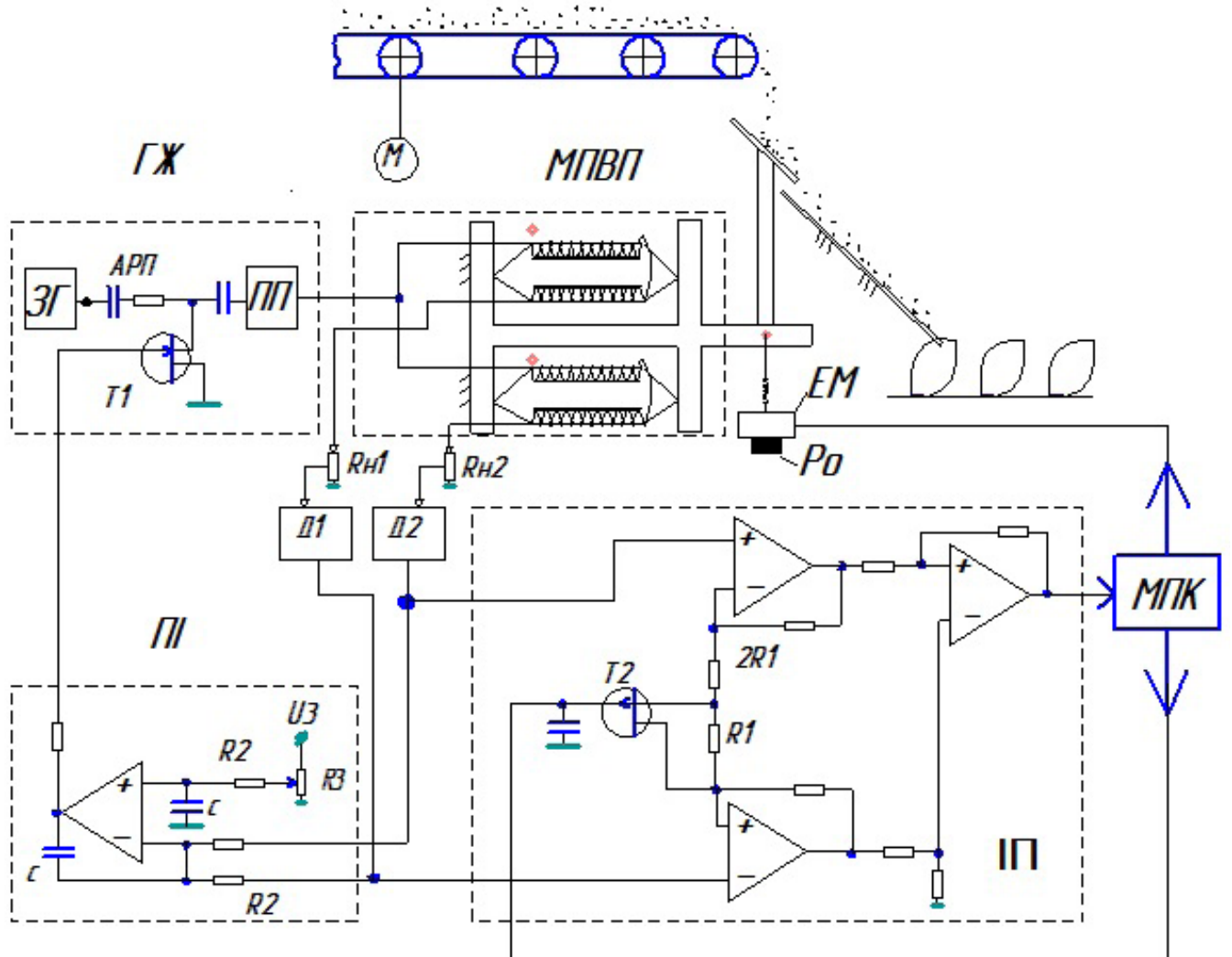
Відносно великий ефект щодо підвищення точності **РВ** без суттєвого ускладнення структури **ЗВ** у разі реалізації структурних методів, у порівнянні з використанням часової і структурно-часової надлишковості, можна отримати в системах керування процесом дозування у випадку введення в канал вимірювання основного параметру (зусилля **Рх**) – вимірювання значення зразкової ваги (міри) **Р_о**, що дає змогу коригувати адитивну систематичну складову похибки, і зразкову зміну чутливості **К** цього каналу, а це дає можливість коригувати мультиплікативну складову похибки вимірювання.

Основою розробленої автоматичної системи (див. рисунок) керування процесом дозування (**АСКПД**) є магнітопружний диференціальний дросельний перетворювач

(**МПДДП**) з двома ідентичними осердями, виготовленими зі сплаву **12Ю** і затисненими в **Н**-подібній пружині зі сплаву **65Г**, в одному з яких під дією вимірювального зусилля виникає напруженість стиснення, а в другому – розтягнення.

Робоча точка на характеристиках перетворення обох магнітопроводів вибирається зусиллям попереднього затиснення осердь так, щоб при різних знаках механічних зусиль на **МПДДП**, які створюються внаслідок дії дозованого сипкого матеріалу, прирости намагніченості осердь (і що еквівалентно прирости струмів на опорах навантаження **Рн1** та **Рн2**) були однаковими, але мали різний знак.

Окрім цього, для вимірювання динамічного напору витрати сипкого матеріалу **МПДДП** додатково обладнаний приймальним при-



Автоматична система керування процесом дозування сипких матеріалів

строєм, на який сипкий матеріал подається за допомогою транспортера.

МПДДП живиться напругою змінного струму синусоїдальної форми від підсилювача потужності **ПП** частотою 2кГц, яка задається генератором **ЗГ**. З метою компенсації збурень від впливу навколишнього середовища на результати вимірювань сигнали від осердь, які пропорційні зусиллю на них і які знімаються з потенціометрів **Рн1** і **Рн2** після перетворення в напругу постійного струму в детекторах **Д1** і **Д2**, додаються на інвертуючому вході подвійного інтегратора **ПІ**. Оскільки природи цих сигналів однакові, але протилежні за знаком, то за діапазоном вимірювання їхня сума є сталою і підтримується такою на рівні зразкової напруги **Uз** на неінвертуючому вході **ПІ** по каналу «вихід подвійного інтегратора **ПІ** – система автоматичного регулювання підсилення **АРП**» за рахунок зміни напруги на виході підсилювача потужності **ПП** **МПДДП**.

Вихідний сигнал **МПДДП** є диференціальний, підсилюється інструментальним підсилювачем **ПІ** і надходить у мікропроцесорний контролер **МПК**, де обробляється за спеціальним алгоритмом.

Дозування здійснюється за залежністю:

$$D = \int_0^t P_x dt = \sum_{i=0}^t P_i \Delta t_i, \quad (10)$$

де D – необхідна доза (кг) сипкого матеріалу;

t – час дозування (с);

P_x – зусилля, пропорційне витратам (кг/с) сипкого матеріалу і яке сприймає **МПДДП** під масою матеріалу, що дозується;

Δt – квантування часу дозування;

P_i – зусилля, пропорційне витратам (кг/с) сипкого матеріалу і яке сприймає **МПДДП** під масою матеріалу в i -тому кванті.

Реалізація залежності (10) дає змогу отримувати високоточний набір необхідної загальної маси D у кінці циклу дозування за рахунок зменшення зусилля P_i .

З метою підвищення точності вимірювань **АСКПД** додатково оснащена адитивним і мультиплікативним тестом. Адитивний тест

реалізується за допомогою додаткового зусилля, яке задається значенням еталонної ваги P_0 , що додається до зусилля P_x за допомогою відключення електромагніту **ЕМ**. Еталонна вага знаходиться на одній вертикальній осі з приймальним пристроєм і не впливає на **РВ** при ввімкненому електромагніті **ЕМ** (нитка з капрону провисає і **МПДДП** вимірює тільки зусилля P_x).

Мультиплікативним тест вводить зміною коефіцієнта **К** підсилення інструментального підсилювача **ПІ** за рахунок шунтування опору **Р**, яке здійснюється за допомогою ключа на польовому транзисторі **Т2**.

Процес вимірювання складається з трьох тактів. У першому такті на вхід **МПДДП** подається вимірюване зусилля P_x , а **РВ** $Y1 = P_x$; у другому – проводиться вимірювання того ж зусилля P_x , але зі зміною чутливості каналу, що його вимірює (мультиплікативний тест), а **РВ** $Y2 = K * P_x$; у третьому – проводиться вимірювання зусилля P_x з додатковим зусиллям міри P_0 , (адитивний тест), а **РВ** $Y_0 = P_x + P_0$.

Результати вимірювань зазначених трьох тактів надходять у мікропроцесорний контролер, де запам'ятовуються і обробляються в кінцевий **РВ** Y за алгоритмом:

$$Y = \frac{Y_2 - Y_0}{Y_1 - Y_0} \frac{P_0}{K - 1}$$

Висновки

Розроблено і досліджено **АСКПД** з реалізацією тестового методу вимірювання, який забезпечує сумарну зведену похибку дозування не більше 0,2% в діапазоні дозування 0 – 100 кг. **АСКПД** доцільно використовувати для вирішення задач автоматичного дозування сипких матеріалів (цукор, мука тощо).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ришан О.Й.* Диференціальний метод вимірювання в системах дозування з магнітопружними первинними перетворювачами зусилля / *О.Й. Ришан, Г.А. Коляда* // Науково-технічна інформація. – 2013. – №3(57). – С. 49–54.
2. *Ришан А.И.* Дифференциальный способ измерения усилий / *А.И. Ришан* // Автоматизация виробничих процесів (Всеукраїнський науково-технічний журнал). – 2003. – № 1(16). – С. 166–168.