

УДК 681.518:616-71

В.М. ЛИСОГОР

Вінницький національний аграрний університет

А.В. СНИГУР, Д.В. АНТОНЮК

Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ І ШВИДКОДІЇ ІВС ДЛЯ ОПРАЦЮВАННЯ СТРИБКОПОДІБНИХ СИГНАЛІВ

В статті проведений аналіз методів підвищення точності та швидкодії ІВС для опрацювання стрибкоподібних сигналів. На основі проведеного аналізу сформовані рекомендації щодо побудови вимірювального каналу ІВС.

Ключові слова: біологічно-активна точка, статичні похибки, інформаційно-вимірювальна система, сигнали.

V. M. LISOGOR

Vinnytsia National Agrarian University

A. V. SNIGUR, D.V. ANTONIUK

Vinnytsia National Technical University

METHODS OF INCREASE OF EXACTNESS AND FAST-ACTING OF IMS ARE FOR WORKING OF SALTATORY SIGNALS

Abstract - In the article the analysis of methods of increase of exactness and fast-acting of IMS is conducted for working of saltatory signals. On the basis of the conducted analysis the formed recommendations are in relation to the construction of measuring channel of IMS.

Keywords: biologically-active point, static errors, informatively-measuring system, signals.

Вступ

При побудові систем, наприклад [1–4], для опрацювання стрибкоподібних сигналів у акустичних вимірюваннях, сейсмозвідці та при дослідженні стану здоров'я людини за допомогою біологічно-активних точок, недостатньо досліджуються можливі шляхи покращення їх характеристик, а саме точності, швидкодії з метою зменшення загальної похибки вимірювання. При цьому поряд із зазначеним, виникає питання компенсації динамічних похибок другого роду при вимірюванні, стабільності метрологічних характеристик систем, їх метрологічної надійності для можливості функціонування апаратури за польових умов. У відповідних системах дослідження наприклад точок акупунктури (ТА) відсутня гальванічна розв'язка, це може призвести до протікання струму на вхід ІВС та давачі. Відносна невелика увага приділяється обґрунтуванню структурної організації вимірювального каналу (ВК) при цьому не враховується ряд реальних особливостей сигналів (наприклад наявність у них “піків”, швидкість).

Метою публікації є аналіз методів підвищення точності і швидкодії ІВС опрацювання стрибкоподібних сигналів для формування рекомендацій щодо покращення її метрологічних характеристик.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: проаналізувати способи покращення характеристик складових елементів ВК ІВС, проаналізувати методи підвищення точності та швидкодії ІВС; сформулювати рекомендації щодо підвищення загальної точності та швидкодії вимірювання.

Основний результат дослідження

Підвищення точності і швидкодії ІВС для опрацювання стрибкоподібних сигналів розглядається розробниками в основному як покращення відповідних характеристик їх окремих структурних елементів, що входять до складу аналогової частини. Так, наприклад, покращення точності, а саме коригування характеристики підсилювачів у складі ВК системи (рис. 1) може виконуватись за таким методом [1].

На першому етапі після запуску, ОКБ видає сигнал, що комутує вихід ЦАП на вхід квантувача через АК2. На вході ЦАП послідовно формуються коди K_1, K_2, \dots, K_N , після квантування отримуються масиви значень $\{K_i\}$. Далі вихід резистивного дільника комутується АК1 на вхід П, а вихід П за допомогою АК2 – на вхід квантувача. Блок ОКБ послідовно видає коди K_1, K_2, \dots, K_N на вхід ЦАП. Відповідні ним значення вихідного сигналу A_1, A_2, \dots, A_N надходять через дільник й АК2 на вхід П: $A'_i = A_i \cdot K_{он}$, де $K_{он}$ – коефіцієнт поділу дільника, при цьому $K_{он} \approx 1/K_{нс}$, $K_{нс}$ – коефіцієнт підсилення. Сигнал з виходу П надходить на вхід квантувача АЦП, отримується код K'_i . У результаті у блоці оперативної пам'яті ОКБ формується масив вихідних значень $\{K'_i\}$ статичної передатної характеристики П. У ОКБ обчислюються коефіцієнти чутливості для i -го інтервалу характеристики

$$S'_i = (K'_{i+1} - K'_i) / (K_{i+1} - K_i)$$

та зворотної перетворювальної характеристики $S_i = 1/S'_i$.

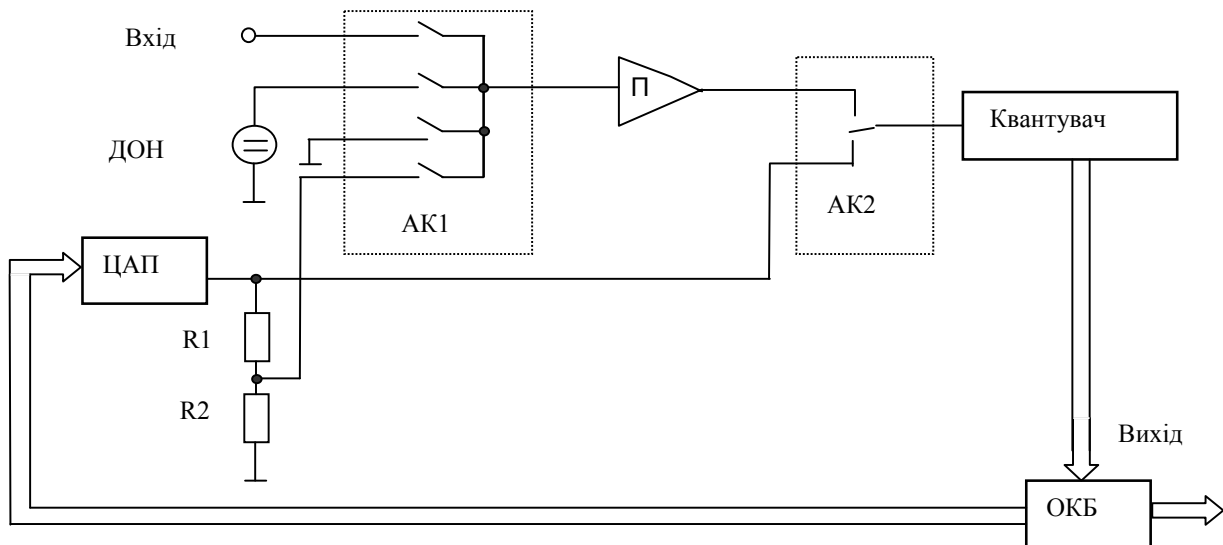


Рис. 1. Коригування характеристики підсилювача у складі ІВС

Тут П – підсилювач; АК – аналоговий комутатор; ОКБ – обчислювально-керуючий блок; R1, R1 – резистори дільника напруги; ДОН – джерело опорної напруги

Зсув нульового рівня на i -му інтервалі лінії прямої передатної, характеристики П отримується як $\Delta'_i = K'_{i+1} - K_{i+1} \cdot S'_i$, а зворотної – $\Delta_i = -\Delta'_i / S'_i$. Отже, на першому етапі у блоку оперативної пам'яті ОКБ є сформовані таблиці коефіцієнтів $\{\Delta_i\}$ та $\{S'_i\}$.

На другому етапі на вхід П через АК1 підключається “0” і квантувач формує код K_{zero} . Блок ОКБ визначає приналежність K_{zero} одному із інтервалів характеристики, що визначається K1, K2, ..., KN. З таблиці коефіцієнтів, сформованої на першому етапі залучаються значення зворотної перетворювальної характеристики Δ_k та S_k . Скоригований код отримується за формулою: $K_{zero} = K'_{zero} \cdot S_k + \Delta_k$. Аналогічним чином кодується напруга ДОН і з отриманого значення усувається похибка лінійності; результат отримується у вигляді.

$$K_{дон} = K'_{дон} - K_{zero}$$

Отримане значення відрізняється від коду $K_{окк}$, що відповідає напрузі з ДОН, яке вимірюється на етапі виготовлення і заноситься до постійної пам'яті ОКБ. В такому випадку масштабний коефіцієнт розраховується у вигляді $K_m = K_{окк} / K_{дон}$, а значення $\{\Delta_i\}$ та $\{S'_i\}$ множаться на нього.

Кінцевий результат при підсиленні вхідного аналогового сигналу отримується у вигляді

$$K_{вих} = K'_{вих} \cdot S_k + \Delta_k - K_{zero} \quad \text{або} \quad K_{вих} = K_{ex} \cdot S'_k + \Delta'_k,$$

а для відповідної напруги

$$U_{вих} = \Delta'_k + U_{ex} \cdot S'_k.$$

Щодо характеристик фільтрів у складі ВК [50], то специфіка їх застосування пов'язана із наявністю у каналі АЦП. В даному випадку є необхідність використання інтегральної оцінки похибки амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) фільтра (при його виборі) у смузі пропускання з урахуванням модуля спектральної щільності вхідного сигналу

$$\Delta_{АЧХ} = \frac{1}{(\omega_g - \omega_n) \cdot E(\omega_n)} \int_{\omega_n}^{\omega_g} E(\omega) \cdot \left| 1 - \frac{A(\omega)}{A(\omega_0)} \right| d\omega$$

або

$$\Delta_{АЧХ} = \max |A(\omega) / A(\omega_0)|,$$

при цьому у випадку вибору фільтру

$$\Delta_{АЧХ} \leq \Delta_{АЦП},$$

де $E(\omega_n)$ – спектральна щільність вхідного сигналу, $A(\omega) = (\text{Re}(K(j\omega)))^2 + (\text{Im}(K(j\omega)))^2$, ω_n , ω_g – верхня та нижня частоти у спектрі вхідного сигналу, $\Delta_{АЦП} = 1/2^n$, n – розрядність АЦП.

При виборі фільтрів у складі системи також використовуються відношення для інтегральної оцінки нелінійності фазо-частотної характеристики (ФЧХ)

$$\Delta_{\phi_{\text{ЧХ}}} = \frac{1}{(\omega_g - \omega_n) \cdot E(\omega_n)} \int_{\omega_n}^{\omega_g} E(\omega) \cdot |\varphi(\omega) - \varphi_n(\omega)| d\omega,$$

де $\varphi(\omega)$ може бути представлена у вигляді багаточлена

$$\varphi(\omega) = b_0 + b_1 \cdot \omega + \sum_{i=2}^{\infty} b_i \cdot \omega^i,$$

а лінійна частина $\varphi_n(\omega)$ дорівнює $\varphi_n(\omega) = b_0 + b_1 \cdot \omega$.

Стосовно покращення характеристик АЦП та комутаторів при використанні їх у існуючих ІВС, то воно здійснюється базуючись на використанні більш досконалої елементної бази [1, 2, 5, 6]. Також для ПІ здійснюється корекція параметрів їх елементів шляхом фізичного впливу на них, зокрема лазерним припасуванням, введенні структурної надлишковості, що виражається у використанні додаткових аналогових і цифрових вузлів, а також функціональних блоків. Причому в ряді випадків додаткові аналогові вузли і блоки повинні мати високі метрологічні характеристики, що спричиняє за собою вказану вище проблему використання досконалої елементної бази або корекцію параметрів елементів. Окрім того, в даному випадку найчастіше значно ускладнюється алгоритм перетворення та знижується швидкодія.

Питання підвищення швидкодії у існуючих системах [1-4], [8] вирішується за рахунок зменшення динамічних похибок першого та другого роду $\Delta''_{\text{дин}}$ [1]. При цьому користуються такою узагальненою моделлю похибки $\Delta''_{\text{дин}}$

$$\Delta''_{\text{дин}} = \beta q(n-1),$$

де β – відносне значення швидкості вхідного сигналу, q – крок квантування, n – кількість розрядів ПІ. Зменшення даних похибок здійснюється як правило таким чином:

- схемними методами,
- використанням комбінованих методів аналого-цифрового перетворення,
- методами контролю та корекції процесу

аналого-цифрового перетворення у ВК.

Перераховані вище методи або занадто складні, або пов'язані із введенням до структури системи додаткової апаратури. Так, наприклад, третій підхід вимагає введення додатково до структури ІВС блоку контролю напруги, пристрою визначення полярності контрольної напруги, аналогового суматора, блоку керування та певну кількість схем порівняння (залежить від особливостей застосування методу). При цьому корекція похибок здійснюється згідно [1] діаграми станів компенсуючої напруги (рис. 2) за складним алгоритмом, що у свою чергу ускладнює використання описаних методів. Тут U_k та U_x – компенсуючі напруги.

Перспективним напрямком покращення характеристик ВК є введення в АЦП у його структурі вагової надлишковості, зокрема, у формі НПСЧ [7]. Вказаний підхід дає можливість у комплексі вирішувати ряд важливих при опрацюванні стрибкоподібних сигналів проблем, зокрема: зменшити похибку та підвищити швидкодію отримання виміральної інформації, а також знизити вартість перетворювача внаслідок можливості його побудови, на неточній елементній базі.

Аналіз методів підвищення точності та швидкодії ІВС для опрацювання стрибкоподібних сигналів показує, що на теперішній час недостатньо розглянуті методи підвищення точності комутаторів у складі ВК (зокрема шляхом коригування їх похибок), у системах як правило використовуються двійкові ПІ, не здійснюється ефективного (без додаткового обладнання) відновлення характеристик ВК залежно від змінення температури навколишнього середовища. У той же час перспективним є використання НПСЧ у АЦП, що у комплексі дозволяє підвищити точність та швидкодію ІВС із розробкою при цьому моделей коригованих похибок.

Висновки

Проаналізовано способи покращення характеристик окремих складових елементів ВК ІВС, що дало

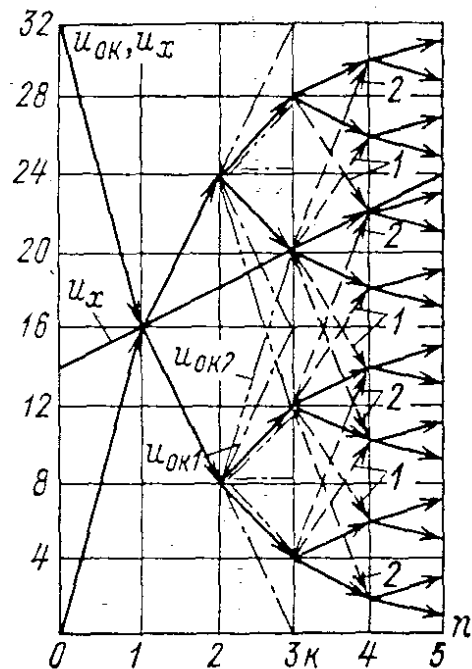


Рис. 2. Діаграми станів компенсуючої напруги

зможу виявити їх похибки для подальшого компенсування.

На основі проведеного аналізу сформовані рекомендації, щодо побудови ВК ІВС та аналізу похибок комутатора у складі каналу.

Література

1. Крупельницький Л. В. Аналого-цифрові пристрої систем, що самокоригуються, для вимірювань і оброблення низькочастотних сигналів : монографія / Л. В. Крупельницький, О. Д. Азаров ; під заг. ред. О. Д. Азарова. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 167 с.
2. Роїк О.М. Інваріантні перетворення параметрів елементів складних об'єктів : монографія / Роїк О.М. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2001. – 152 с.
3. Колесников А. Е. Акустические измерения / Колесников А. Е. – Л. : “Судостроение”, 1983. – 240 с.
4. Хмелевской В. К. Краткий курс разведочной геофизики / Хмелевской В. К. – М. : Изд-во МГУ. – 2005. – 154 с.
5. Коваленко Е.А. Разработка и исследование самокалибрующихся вычислительных АЦП и ЦАП для систем цифровой обработки аналоговой информации : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : 05.13.05 / Коваленко Е.А. / Винниц. гос. техн. ун-т. – Винниця, 1997. – 16 с.
6. Захарченко С.М. Исследование и разработка самокалибрующихся АЦП с накопителем заряда на основе избыточных позиционных систем счисления : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : 05.13.08 / Захарченко С.М. / Винниц. гос. техн. ун-т. – Винниця, 1997. – 16 с.
7. Азаров О. Д. Вимірювальна система для оцінювання активності точок акупунктури людини у стаціонарних та нестаціонарних умовах / О. Д. Азаров, А. В. Снігур // Вісник ВПІ. – Вінниця, 2006. – № 1. – С. 62–77.
8. Роїк О.М. Інваріантні перетворення параметрів елементів складних об'єктів : монографія / Роїк О.М. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2001. – 152 с.

References

1. Krupelnitskiy L. V., Azarov O. D. Anologo-tsifrovI pristroYi sistem, scho samokoriguyutsya, dlya vimIryuvan I obroblyannya nizkochastotnih signaliv: Monograflya. / PId zag. red. O. D. Azarova. – VInnitsya: UNIVERSUM-VInnitsya, 2005 – 167 s.
2. RoYik O.M. InvarIantnI peretvorennya parametrv elementv skladnih ob'Ektlv. Monograflya. – VInnitsya: UNIVERSUM-VInnitsya, 2001. – 152 s. II.
3. Kolesnikov A. E. Akusticheskie izmereniya. – L.: “Sudostroenie”, 1983. – 240 s.
4. Hmelevskoy V. K. Kratkiy kurs razvedochnoy geofiziki. M.: Izd-vo MGU. – 2005. – 154 s.
5. Kovalenko E.A. Razrabotka i issledovanie samokalibruyuschihsvya vyichislitelnyih ATsP i TsAP dlya sistem tsifrovoy obrabotki analogovoy informatsii. Avtoref. dis... kand. tehn. nauk: 05.13.05 / Vinnits. gos. tehn. un-t. - Vinnitsa, 1997. -16s.
6. Zaharchenko S.M. Issledovanie i razrabotka samokalibruyuschihsvya ATsP s nakopitelem zaryada na osnove izbyitochnyih pozitsionnyih sistem schisleniya. Avtoref. dis... kand. tehn. nauk: 05.13.08 / Vinnits. gos. tehn. un-t. - Vinnitsa, 1997. - 16 s.
7. Azarov O. D., SnIgur A. V. VimIryvalna sistema dlya otsInyuvannya aktivnostI tochok akupunkturi lyudini u statsIonarnih ta nestatsIonarnih umovah // VIsnik VPI. – VInnitsya; 2006. – N1. – S 62 – 77.
8. RoYik O.M. InvarIantnI peretvorennya parametrv elementv skladnih ob'Ektlv. Monograflya. – VInnitsya: UNIVERSUM-VInnitsya, 2001. – 152 s. II.

Рецензія/Peer review : 12.2.2015 р.

Надрукована/Printed :25.1.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Перевозніков С. І.