

Структура багатоканальної аналого-цифрової системи, що самокоригується, для синхронного перетворення і опрацювання аудіо сигналів

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано сфери застосування і вимоги до статичних та динамічних параметрів аналого-цифрових систем багатоканального синхронного перетворення і опрацювання аудіо сигналів. Доведено, що ідентичність характеристик вимірювальних каналів може бути забезпечена шляхом калібрування і самокоригування. Запропоновано структурну схему системи, що самокоригується.

Ключові слова: аналого-цифрова система, акустичні сигнали, синхронне перетворення, багатоканальна обробка сигналів, калібрування, самокоригування.

Abstract

Areas of application and requirements for static and dynamic parameters of analog-digital systems of multi-channel synchronous transformation and processing of audio signals are analyzed. It is proved that the identity of the characteristics of the measuring channels can be provided by calibration and self-regulation. The structural scheme of the self-regulating system is proposed.

Keywords: analog-digital system, acoustic signals, synchronous transformation, multichannel signal processing, calibration, self-correction.

Значна частина сучасних комп'ютерних вимірювально-інформаційних систем використовує синхронне багатоканальне аналого-цифрове перетворення і цифрову обробку акустичних вхідних сигналів. Джерелами таких сигналів, як правило, є звукові мікрофони, біомедичні стетоскопи, сейсмочутливі геофони, гідрофони тощо. Ефективні методи опрацювання сигналів ґрунтуються на синхронному багатоканальному введенні і цифровому опрацюванні сигналів вказаних сенсорів. Ряд аналого-цифрових систем (АЦ-систем) використовує цифрове багатоканальне підсумування і кореляцію сигналів, отриманих з виходів акустичних мікрофонних решіток, побудованих аналогічно до фазованих антенних решіток в радіолокації [1]. Водночас, досягнення потрібних метрологічних характеристик АЦ-систем залежить від властивостей аналого-цифрових (АЦП) а також інших аналогових пристроїв, - підсилювачів, комутаторів, фільтрів тощо.

Структурно-алгоритмічні методи побудови АЦ-систем для опрацювання акустичних сигналів бази визначається діапазонами значень рівнів і частот досліджуваних сигналів, а також вимогами щодо статичних і динамічних характеристик вимірювальних каналів та їх ідентичності. При цьому, в ряді задач можна виділити такий комплекс показників точності АЦ-систем [3,4]:

- широкий динамічний діапазон сигналів, що перетворюються і опрацьовуються (до 100 -140 дБ);
- велику роздільну здатність (від 16 до 24 двійкових розрядів);
- малу нелінійність перетворення аналог-код і код-аналог (0,001-0,01 %);
- широкий частотний діапазон сигналів (0,1 Гц – 100 кГц);
- малі спотворення спектру сигналів (мінус 90-120 дБ);
- низький коефіцієнт нелінійних спотворень форми сигналів (0,001-0,01 %);

- низькі нерівномірність амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) (± 0.03 дБ) та нелінійність фазо-частотної характеристики (ФЧХ) ($\pm 0.1^\circ$) в смузі корисного сигналу.

У багатоканальних АЦ-системах, враховуючи синхронне введення та опрацювання сигналів, виникають додаткові високі вимоги до ідентичності статичних та динамічних характеристик усіх каналів та вимоги до мінімізації міжканального впливу.

Для забезпечення виконання вказаних системних вимог перспективним є застосування методів створення самокоригованих АЦП і ЦАП із ваговою надлишковістю та вхідних вимірювальних каналів із самокалібруванням та коригуванням статичних та динамічних характеристик. При цьому слід відзначити, що незважаючи на наявність результатів досліджень у цьому науковому напрямку [4,5] застосування вказаних методів до АЦ-систем, особливо – в частині динамічних частотних характеристик, є недостатньою. Особливу увагу в системах синхронної багатоканальної обробки сигналів слід приділити лінійності та ідентичності фазо-частотних характеристик вимірювальних каналів, яка може бути забезпечена структурно-алгоритмічними засобами калібрування і корекції.

Для досягнення вказаних цілей на рисунку 1 запропонована структурна самокоригованої багатоканальної системи з n каналами паралельного підсилення сигналів акустичних сенсорів, АЦ-перетворення та їх синхронного комп'ютерного опрацювання і аналізу. Така АЦ-система може використовуватись при пасивній акустичній локації (сенсори – мікрофони), у сейсморозвідці (сенсори – геофони), в технічній діагностиці і біомедицині (сенсори – електронні стетоскопи) тощо. Аналіз і спільна обробка сигналів цього типу систем, як правило, містить багатократне підсумовування каналних сигналів з різними фазовими здвигами та обчисленнями їх взаємнокореляційних функцій – для електронного сканування джерел акустичних сигналів та для їх ідентифікації.

Схема на рисунку 1 містить: С – сенсори вхідних аналогових сигналів (m в кожному каналі); ВК – вхідні комутатори; ПП – програмовані підсилювачі; ФНЧ – антиаліасінгові фільтри низьких частот; КП – компаратори перевантаження; САЦП – сигнальний АЦП, що самокоригується; ДОН – джерело опорної напруги для перемножуючого ЦАП опорних сигналів. Послідовне використання декількох сенсорів вхідного сигналу $S(1..m)$ потрібне для економії числа каналів системи при можливій зміні груп або типів сенсорів або зміні напрямів прийому акустичного сигналу. Вибір оптимального коефіцієнта підсилення або здійснення повторних вимірювань можливі за рахунок використання компараторів КП, що контролюють можливі перевантаження вхідними сигналами.

Контролер інтерфейсу даних на мікропроцесорі або на спеціалізованому сигнальному процесорі виконує приймання даних від САЦП каналів та передавання їх на персональний комп'ютер (ПК) через обраний швидкісний стандартний інтерфейс (USB, S/PDIF, Bluetooth, Ethernet, Wi-Fi). ПК за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (ПЗ) здійснює аналіз сигналів та керує процесом корегування АЦ-системи через контролер корегування.

Специфічним пристроєм, доданим до АЦ-системи, що самокоригується, є перемножуючий ЦАП з чітко фіксованою максимальною амплітудою вихідного сигналу, рівною значенню напруги ДОН. ЦАП, в залежності від алгоритму і кроку калібрування відтворює опорні сигнали: імпульси фіксованої амплітуди і періоду, гармонійні та полігармонійні сигнали з заданого набору частот [6,7]. Ці опорні сигнали одночасно подаються на вхід вимірювальних каналів системи через комутатори ВК та поступають на входи програмованих підсилювачів ПП. Процес коригування статичних та динамічних характеристик ВК відбувається послідовно для кожного з коефіцієнтів підсилення ПП та охоплює параметри комутаторів, підсилювачів, фільтрів, САЦП. При цьому схемотехніка аналогових пристроїв САЦП має свої характерні риси і може бути побудована на струмовому принципі підсилення [5].

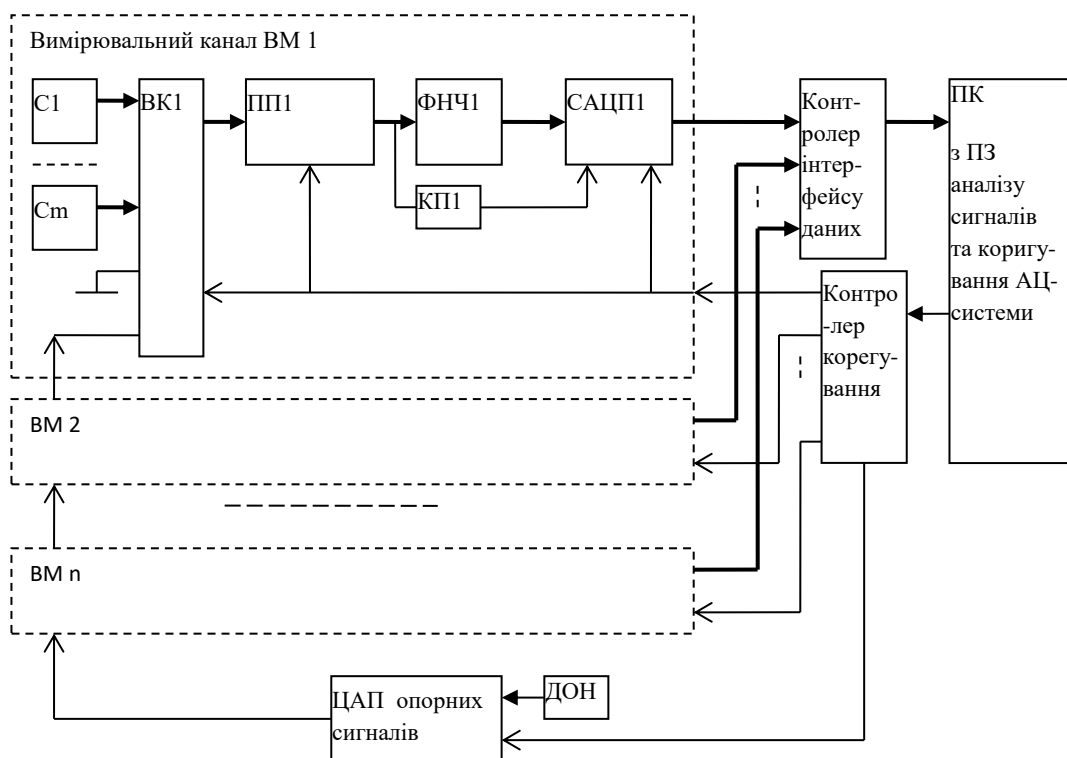


Рисунок 1 – Структура багатоканальної АЦ-системи, що самокоригується для синхронного опрацювання сигналів акустичних сенсорів

У режимі перетворення і опрацювання сигналів сенсорів результати корегування використовуються для індивідуальної корекції сигналів кожного каналу. Враховуються параметри визначеної реальної статичної характеристики (в часовій області) та реальних АЧХ і ФЧХ (в частотній області). Адаптація АЦ-системи до рівня і складу сигналу в кожному каналі можлива як за рахунок апаратних складових (вихідні сигнали КП, АЦП), так і за результатами програмного аналізу частотного спектру (в сигнальному процесорі і в ПК).

Отже, у результаті застосування методів коригування статичних і динамічних характеристик у багатоканальній АЦ-системі синхронного опрацювання акустичних сигналів можуть бути отримані покращені показники точності, зокрема – зменшена фазо-частотна амплітудно-частотна не ідентичність між вимірювальними каналами системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Крупельницький Л.В., Грабчак С.О., Фігас А.С. Метод та аналого-цифрові засоби пасивного акустичного сканування внутрішніх органів людини./ Л.В.Крупельницький., С.О. Грабчак, А.С. Фігас// Тези доповідей Шостої Міжнародної науково-практичної конференції "Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації". Україна, Вінниця, 24-25 жовтня 2017 р.: збірник наукових праць.- Вінниця: ВНТУ, 2017. – С.128-130.
2. AD systems for processing of low frequency signals based on self calibrate ADC and DAC with weight redundancy. Azarov O. D., Krupelnitskyi, L. V., Vinnytsa National Technical University (Ukraine), Komada, P., Ławicki, T., Lublin University of Technology (Poland), Askarova, N., Sagymbekova, A., Kazakh National Research Technical University (Kazakhstan). Przegląd Elektrotechniczny, - 2017, - Volume R. 93, nr 5, - pp. 125-128 - DOI 10.15199/48.2017.05.26.
3. Крупельницький Л.В. Характеристики і структури багатоканальних АЦ-систем, що самокорегуються, для аналізу аудіо сигналів / Л.В.Крупельницький // Тези доповідей П'ятої Міжнародної науково-практичної конференції "Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації". Україна, Вінниця, 19-21 квітня 2016 р. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – С.129-133.
4. Азаров О. Д., Крупельницький Л. В. Снігур А. В., Решетнік О. О., Гарнага В. А. Коригування статичних похибок вимірювального каналу івс, який містить ацп із ваговою надлишковістю // Проблеми інформатизації та управління. – 2007. – №2. – С. 5 – 9.
5. Нелінійні спотворення двотактних підсилювачів постійного струму з вибіркоким зворотним з'язком / Азаров О.Д., Крупельницький Л.В., Теплицький М.Ю. // Вісник вінницького політехнічного інституту – Вінниця, ВНТУ, 2014 – №4. С.79-87.

6. Полігармонійні методи вимірювання частотних характеристик звукових каналів і трактів / О. Д. Азаров, В. А. Гарнага, Л. В. Крупельницький, Д. Ю. Позняк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2015. – № 2. – С. 23–29.

7. Л. Крупельницький, Д. Куций. Ітераційний метод самокалібрування передатних характеристик вимірювальних каналів біомедичної аналогово-цифрової системи / Л. Крупельницький, Д. Куций // матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання", м. Івано-Франківськ, 15-20 травня 2017 року. – С. 282-285.

Азаров Олександр Дмитрович - д.т.н., декан факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії ВНТУ, Вінниця, e-mail: azarov2@vntu.edu.ua;

Крупельницький Леонід Віталійович - к.т.н., доцент, кафедри обчислювальної техніки ВНТУ, Вінниця, e-mail: krupost@gmail.com;

Куш Ярослав Юрійович - студент спеціальності «Комп'ютерна інженерія» ВНТУ 1КІ-14б, Вінниця, e-mail: 1ki14b.kush@gmail.com.

Azarov O.D. - Dean of the Faculty of Information Technology and Computer Engineering VNTU, Vinnytsia, e-mail: azarov2@vntu.edu.ua;

Krupellnitsky Leonid Vitaliyovych. - candidate of technical sciences, associate professor of the department of computer science VNTU, Vinnytsia, e-mail: krupost@gmail.com;

Kush Yaroslav Yuriyovych - student specialty "Computer Engineering" VNTU 1KI-14b, Vinnytsia, e-mail: 1ki14b.kush@gmail.com.