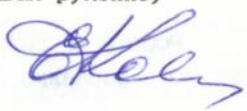
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису



Коваленко Олена Олексіївна

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ САМОКАЛІБРОВАНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ АЦП І ЦАП ДЛЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ АНАЛОГОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Спеціальність - 05.13.08 - обчислювальні машини, системи та та мережі, елементи і пристрої обчислювальної техніки та систем керування

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця - 1997

004.03

ЛННБ України ім.В.Стефаника
00738105 (О)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі обчислювальної техніки Вінницького державного технічного університету.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Азаров Олексій Дмитрович.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кондалєв Андрій Іванович,
кандидат технічних наук, доцент
Капіцький Ярослав Іванович.

Провідна організація: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут".

Захист відбудеться "02" 07 1997 р. о "10" годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 10.01.03 у Вінницькому державному технічному університеті за адресою: 286021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ГУК.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Вінницького державного технічного університету.

Автореферат розісланий "27" 05 1997р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Колодний В.В.

АВ-58.764

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Серед сучасних перетворювачів інформації можна виділити окремий клас пристроїв - обчислювальні перетворювачі (ОП). Характерною рисою даного класу приладів є можливість крім перетворення інформації з аналогової форми в цифрову і навпаки ще й виконання математичних дій над вхідними сигналами - обчислення суми, різниці, множення, ділення, інтегрування. Використання таких пристроїв дає змогу обробляти сигнал в реальному часі, працювати з багатьма сигналами одночасно, а також істотно розвантажити основну обчислювальну частину системи від другорядних функцій. Таким чином ОП можуть бути складовою частиною багатьох систем цифрової обробки аналогової інформації (СЦОАІ).

Аналіз вимог щодо вищенаведених систем показав, що в багатьох з них доцільним є використання обчислювальних АЦП підвищенної точності. Вони характеризуються великою роздільною здатністю і достатньо високою швидкодією. Характеристики систем цифрової обробки аналогової інформації в значній мірі залежать від точностних і часових характеристик самих перетворювачів. Методи підвищення точності АЦП і ЦАП можна розділити на два основних напрямки. Перший напрямок базується на використанні точної технології. Такий підхід потребує значних матеріальних витрат і не гарантує температурної і часової стабільності. Другий напрямок базується на введенні надлишковості на різних рівнях проектування - структурному, алгоритмічному. Такі методи застосовуються при створенні обчислювальних АЦП в наукових школах Г.Е. Пухова, В.М.Шляндіна, В.Б.Смолова, А.І. Кондалєва. Представниками цих шкіл розроблено багато різних засобів по подоланню обмежень по точності і швидкодії. Однак комплексно ця проблема не була вирішена.

Одним з перспективних методів підвищення точності ОП є використання інформаційної надлишковості, зокрема, у формі надлишкових позиційних систем числення (НПСЧ). Актуальність цього напрямку підтверджується позитивними практичними результатами як в Україні, так і за кордоном.

Метою досліджень є розробка методів підвищення точності обчислювальних АЦП, побудованих з використанням неточних

ЛНБ ім. В.Г. ... АН України

аналогових вузлів, зокрема, АЦП підсумовування, множення та ділення, аналого-цифрових інтеграторів лінійних резистивних перетворювачів (ЛРП), цифрокерованих провідностей (ЦКП), шляхом введення інформаційної надлишковості.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі розв'язуються такі задачі:

1. Аналіз вимог щодо точностних та метрологічних характеристик ОП та СЦОАІ.

2. Аналіз похибок лінійних резистивних перетворювачів і складення математичних моделей їх передатних характеристик.

3. Розробка і дослідження методів підвищення точності лінійних резистивних перетворювачів, основаних на НПСЧ.

4. Розробка та дослідження методів побудови обчислювальних АЦП з високими точностними і часовими характеристиками.

5. Дослідження структур та алгоритмів функціонування самокаліброваних і самокоригованих обчислювальних АЦП на основі НПСЧ.

6. Розробка методів зменшення статичних і динамічних похибок аналого-цифрових інтеграторів на основі НПСЧ.

7. Розробка практичних рекомендацій щодо проектування обчислювальних АЦП для систем цифрової обробки аналогової інформації.

Автор захищає:

1. Математичні моделі похибок цифрокерованих ЛРП на базі НПСЧ. Аналітичні вирази для коефіцієнтів передачі лінійних резистивних перетворювачів.

2. Методи побудови обчислювальних АЦП з використанням самокалібрування і самокоригування передатної характеристики та організацією обчислювального процесу гібридними засобами.

3. Методи зниження статичних похибок обчислювальних АЦП, що базуються на введенні інформаційної надлишковості на рівні вибору системи числення. Алгоритми підвищення точності ОП шляхом самокалібрування ваг розрядів.

4. Методи зниження статичних та динамічних похибок аналого-цифрових інтеграторів шляхом введення інформаційної надлишковості.

5. Інженерні рекомендації по проектуванню аналого-цифрових пристроїв з використанням самокаліброваних ЛРП і ЦКП.

Методи досліджень базуються на математичному моделюванні процесів аналого-цифрового перетворення, теорії чисел, чисельних методів обчислювань, теорії інформації, теорії сигналів та самонавчання.

Наукова новизна роботи полягає в тому що:

1.Проаналізовано вимоги щодо систем цифрової обробки аналогової інформації. Виділено клас систем, в яких доцільно використовувати ОП з метою досягнення високих точностних та метрологічних характеристик.

2. Розроблені методи зниження похибок лінійних резистивних перетворювачів шляхом введення інформаційної надлишковості.

3. Доведені математичні вирази, що характеризують точностні і часові параметри, апаратурні витрати ОП.

4. Одержані математичні співвідношення, що задають залежність між кількістю основних і додаткових розрядів ЛРП і ЦКП та заданих відхилень номіналів розрядів.

5. Розроблені методи та алгоритми підвищення точності і швидкодії ОП на базі НПСЧ.

6. Розроблені та досліджені структури високоточних самокаліброваних АЦП на базі НПСЧ, що реалізують алгоритми підвищення точності і швидкодії.

Практична цінність роботи полягає в тому що:

1. Розроблені рекомендації по проектуванню ОП на базі НПСЧ, зокрема, АЦП підсумовування, множення та ділення, аналого-цифрового інтегратора.

2. Розроблені рекомендації по проектуванню аналого-цифрових пристроїв з використанням ЛРП і ЦКП, зокрема, АЦП з автоматичним вибором вхідного діапазону, функціонального АЦП з коригуванням нелінійності датчика сигналу, АЦП на основі інтегратора з цифрокерованим ЛРП.

5. Розроблено програмне забезпечення, що дозволяє оцінити сумарну похибку різних типів АЦП та їх аналого-цифрових вузлів на етапі проектування.

Реалізація результатів роботи полягає в проектуванні, розробці і впровадженні таких пристроїв: високоточного багатоканального АЦП для сейсморозвідувальної станції, "СИ ТЕХНОЛОДЖИ", м. Геленджик, Росія; АЦП і ЦАП для вимірювача характеристик якості звукових трактів; КБ "Орбіта", м. Рига,

Латвія; АЦП для аналого-цифрового контролера; ІВП "Інновін", м. Вінниця.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на XXII всесоюзній н/т конференції "Перспективи розвитку техніки радіомовлення...", Ленінград,1988 р.; X симпозіумі по проблемам надлишковості..., Ленінград, 1989 р.; VI і VII всесоюзних симпозіумах по проблемах створення перетворювачів інформації, 1988,1992р.; н/т конференціях України 1988 - 1996 р.;н/т конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів Вінницького державного технічного університету в 1989 -1996 роках.

Публікації По матеріалам дисертаційної роботи опубліковано 20 робіт, в тому числі три винаходи.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається із вступу, чотирьох глав, висновка, списка використованих джерел та додатків. Дисертація має загальний обсяг 221 сторінок, з яких основний зміст міститься на 214 сторінках, в тому числі рисунки та таблиці на 73 сторінках, список використаних джерел на 10 сторінках, додатки на 7 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовується актуальність досліджень. Охарактеризовано наукову новизну та практичну значимість одержаних результатів, показано зв'язок задач, що вирішуються, з плановими науковими дослідженнями. Приведено структуру та коротку анотацію дисертаційної роботи.

У першій главі проводиться огляд сучасного стану і аналізуються тенденції розвитку аналого-цифрового перетворення в системах цифрової обробки аналогової інформації. Відокремлені системи, в яких найбільш доцільно використання ОП. Вказані основні переваги їх застосування. Відзначається, що виконання математичних дій безпосередньо в ОП дає можливість обробляти вхідний сигнал в реальному часі, розвантажити основну обчислювальну частину комплексу, реалізувати алгоритми самокалібрування і самокоригування. Розглядаються різні шляхи аналого-цифрового виконання математичних дій, підвищення точності ОП.

Відзначається, що роботи по дослідженню використання НПСЧ в техниці АЦП і ЦАП почалися на Україні з кінця 70-х

років в науковій школі О.П. Стахова - О.Д. Азарова незалежно від аналогічних робіт, розгорнутих фірмою Intersil у Сполучених штатах Америки. Використання інформаційної надлишковості дозволяє одержати високі точностні характеристики аналого-цифрового і цифроаналогового перетворення при застосуванні аналогових вузлів із значними технологічними відхиленнями номінальних параметрів; дозволяє коригувати не тільки технологічні похибки, але і похибки виконання математичних дій в ОП. Визначені напрямки досліджень.

У другій главі розглянуто схеми цифрокерованих резистивних подільників. Широке розповсюдження ЦРП обумовлено простотою завдання коефіцієнтів передачі. Цифрокеровані перетворювачі є, як правило, центральним вузлом ЦАП. В роботі використовувалась методика розрахунку передатних коефіцієнтів, по якій замість опорів використовуються провідності. У відповідності з еквівалентними схемами були виведені математичні вирази для розрахунку передатних коефіцієнтів розрядів ЦКП. Аналіз статичних похибок ЦКП дозволив одержати передатні характеристики $U_{вих}=f(N_{вх})$, що визначаються виразом

$$A_{вих} = \sum_{0}^{n-1} a_i Q_i,$$

де a_i - коефіцієнти вхідного кода; Q_i - вага розряда (рис.1 графік Б). Наявність відхилень значень розрядних коефіцієнтів передачі від ідеальних приводить до викривлень передатної характеристики. В цьому випадку вихідна напруга формується як

$$U_{вых}=U_{оп}\left[a_{n-1}\frac{Y_{n-1}}{Y_{n-1}+Y''_{n-1}} + \sum_{n-m}^{n-2} a_i \cdot \frac{Y_{n-1}}{Y_{n-1}+Y''_{n-1}} \prod_{n-m}^{n-2} \frac{Y_i}{Y_{i+1}} \times \right.$$

$$\times \frac{Y_{i+1}}{Y_{i+1}+Y_i+Y''_i} + \frac{Y_{n-1}}{Y_{n-1}+Y''_{n-1}} \cdot \prod_{n-m}^{n-2} \frac{Y_k}{Y_{k+1}} \cdot \frac{Y_{i+1}}{Y_{k+1}+Y_k+Y''_k} \times$$

$$\left. \times \sum_{0}^{n-m-1} a_j {}^{*}\alpha^{-(n-m-j)} \right],$$

де коефіцієнти передачі відповідають відношенню провідностей $Y_{i,j}$, коефіцієнти $a_{i,j}$ приймають значення "0" чи "1" в

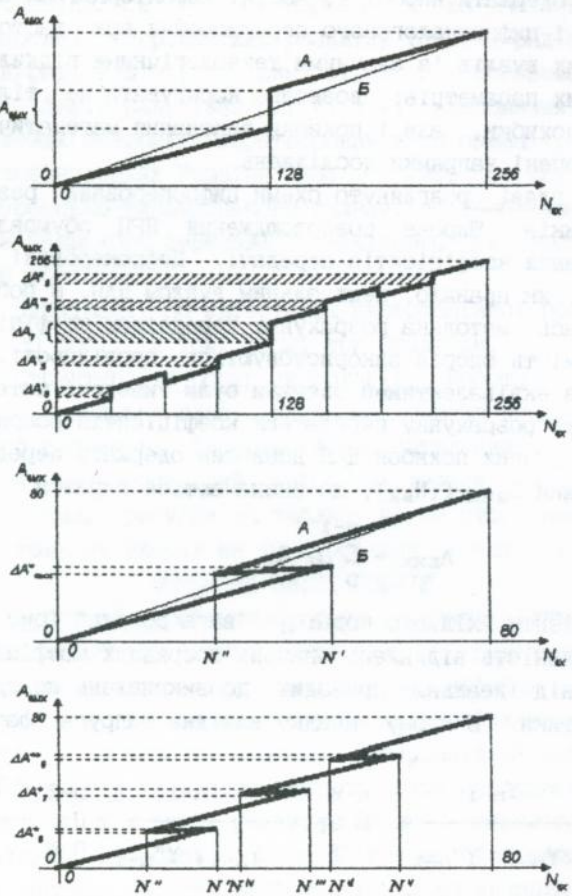


Рис. 1 Передаточні характеристики $A_{вих}=f(N_{вх})$ 8-разрядного ЦАП.
а,б) при $\alpha = 2.0$; в,г) $\alpha \approx 1.618$

залежності від вхідного коду. Передатні характеристики вихідної функції одержані за допомогою засобів математичного пакету MathCAD. Так, графік А (рис.1 а,б) демонструє передатну характеристику для двійкової системи числення з відхиленням в одному і трьох старших розрядах для 8-ми розрядного ЦАП. Наявність розривів в двійковому ЦАП обумовлена нульовою надлишковістю системи числення. Це виключає можливість цифрового калібрування вхідного коду для одержання лінійної характеристики вхід-вихід ЦАП без розривів. Для α=1.618 характеристика буде мати вигляд, представлений на графіку А (рис.1 в,г). І хоча вона теж має стрибкоподібний характер, але не має розривів. Можливість цифрового коригування визначається рівнем надлишковості. Так, наприклад, при неточному (похибка-20%) завданні K_i в старшому розряді 8-разрядного ЦАП с α=1,618 передатна характеристика (рис.1 в) має один стрибок. Але розриву на межі зміни кодів при цьому не буде, поскільки в області стрибка для будь-якого значення $A_{вих}$ може бути підібран як мінімум один вхідний код $N_{вх}$. Користуючись співвідношенням між вагами розрядів у надлишкових системах були розроблені методи цифрового самокалібрування передатних коефіцієнтів ЦРП, аналітичні співвідношення для розрахунку передатних коефіцієнтів при різних значеннях α і відхилень номіналів резистивних матриць. Відносне максимальне відхилення від ідеальних значень розрядних коефіцієнтів повинно бути не більше $\delta K_{max} \approx (2-\alpha)/\alpha$. Методи самокалібрування можуть бути реалізовані при використанні НПСЧ типу $\{0,1\}$ і $\{1,\bar{1}\}$. Процедура самокалібрування виливається в процедуру визначення реальних передатних коефіцієнтів і може бути здійснена по розробленим алгоритмам для різних типів надлишкових систем. Наведені алгоритми є базовими для самокалібрування ЦРП. Дана оцінка методичної похибки самокалібрування.

Третя глава присвячена розробці та дослідженню структур обчислювальних АЦП на основі НПСЧ. Запропоновані методи побудови обчислюваних АЦП, що базуються на критеріях порівняння різних структур реалізації ОП. Так, підсумовуючий АЦП,що виконує функцію $N_{вих}= K_1*U_1+ K_2*U_2+...+K_n*U_n$, де $K_{1,2,n}$ - помножувальні цифрові коефіцієнти, $U_{1,2,n}$ - вхідна напруга, може бути реалізован за допомогою цифрових, анало-

го-цифрових та аналогових методів. Критерій порівняння визначається як

$$\gamma^{n,m} = \gamma_в^{n,m} * \gamma_п^{n,m} * \gamma_t^{n,m};$$

де n,m - номер варіанта реалізації, $\gamma_в^{n,m}$, $\gamma_п^{n,m}$, $\gamma_t^{n,m}$ - критерії порівняння відповідно по апаратурним витратам, точностним і часовим параметрам. Згідно наведеним критеріям в більшості випадків для систем цифрової обробки найбільш доцільно використання аналого-цифрових методів виконання математичних дій і методів зменшення похибок на базі введення інформаційної надлишковості. Операція множення в АЦП підсумовування реалізується за допомогою цифрокерованої провідності. Розрядна сітка ЦКП ділиться на основні і додаткові розряди. За допомогою основних розрядів задається коефіцієнт множення. Додаткові розряди використовуються для самокалібрування ЦКП. Співвідношення розрядів визначається як

$$d = \log \frac{\Delta_м * (1 - \Delta_d)}{\Delta_1} - 1 ,$$

де $\Delta_м$ - максимальна сумарна похибка ваг основних розрядів, Δ_1 і Δ_d - похибки відповідно старшого і молодшого розрядів.

Вихідний код АЦП множення та ділення формується як добуток помножувального коефіцієнту К на відношення вхідної і опорної напруги ($U_{вх}$, $U_{оп}$)

$$N_{вих} = \frac{K * U_{вх}}{U_{оп}} .$$

Серед обчислювальних АЦП важливе місце займають перетворювачі, що виконують операцію інтегрування. Аналого-цифрові методи інтегрування відрізняються в залежності від вибраного базового методу - аналоговий інтегратор з цифровим керуванням, система АЦП - цифровий інтегратор, аналого-цифровий інтегратор з реалізацією формул чисельного інтегрування. Аналіз відомих схемних рішень аналого-цифрових інтеграторів дає змогу зробити висновок, що при довготривалому інтегруванні найбільш доцільним є використання гібридного методу реалізації аналого-цифрового інтегрування на базі формул чисельного інтегрування. Це дає перевагу по швидкодії в порівнянні з іншими методами в 16 разів.

Процес аналого-цифрового перетворення обчислювальних

АЦП базується на прискореному методі порозрядного врівноваження на основі систем числення типу {0,1} та {1,1}. Така реалізація дає змогу виконувати самокоригування результату одночасно з процедурою врівноваження вхідного аналогового сигналу, зменшити статичні та динамічні похибки аналого-цифрових вузлів пристрою і зкоротити час перетворення одного відрахунку вхідного аналогового сигналу в цифровий код. На рис. 2 зображені графіки вхідного підінтегрального сигналу, змінення якого визначається як $\Delta A_{BX}(t) = \pm\Delta A_{BX}e^{-t/}$ та помножувального сигналу на різні часові коефіцієнти при реалізації формули Ейлера, змінення якого можна визначити як $\Delta A_{BX}(t) = \Delta A_{BX}e^{-t/}\sin(\omega t + \varphi)$. Процес врівноваження наглядно демонструє можливості вибраного методу. Постійна часу t_C при цьому залежіть від кількості точних n і неточних m розрядів, тривалості одного такту врівноваження t_T та характеру змінення вхідної аналогової величини ΔA_{BX}, ΔA_V:

$$t_C \leq \frac{(n-m-2)t_T}{\ln(\Delta A_{BX}/m\Delta A_V)}.$$

Запропоновані алгоритми самокалібрування і самокоригування обчислювальних АЦП, що базуються на алгоритмах самокалібрування ЦКП, ЛРП, вхідних та вихідних ЦАП, дають можливість одержати високі точностні та метрологічні характеристики пристроїв з використанням неточної елементної бази.

Четверта глава присвячена розробці інженерних рекомендацій по проектуванню аналого-цифрових пристроїв з використанням ЦКП і ЛРП. Запропоновані практичні розробки та методики проектування багатоканального аналого-цифрового перетворювача з автоматичним вибором діапазону для сейсморозвідки; каналу аналого-цифрового і цифроаналогового перетворення для вимірювання параметрів якості звукових трактів; фільтруючого аналого-цифрового перетворювача на основі інтегратора з цифрокерованим подільником для промислових аналого-цифрових контролерів. Досліджені характеристики запропонованих пристроїв, виконане порівняння експериментальних та теоритичних даних.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано системи цифрової обробки аналогових сигналів. Визначені вимоги до параметрів цих систем і їх

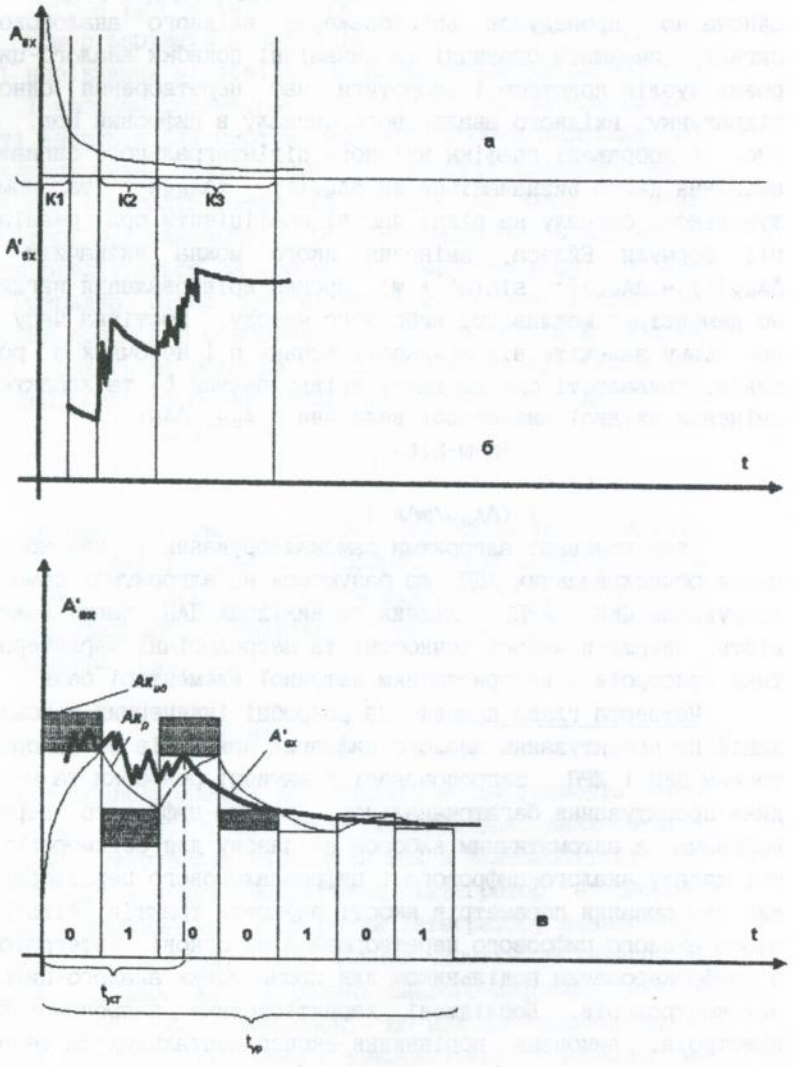


Рис. 2 Процес прискореного порозрядного врівноваження АЦІ

аналого-цифрових вузлів. Доведено, що використання цифрокерованих аналогових та аналого-цифрових пристроїв обробки даних, працюючих одночасно з багатьма аналого-цифровими операндами, дозволяє покращати точностні і часові характеристики систем.

2. Розроблені математичні моделі похибок передатних коефіцієнтів ЦРП. Запропоновані алгоритми цифрового самокалібрування і самокоригування передатних коефіцієнтів. Доведено, що застосування цих алгоритмів дозволяє одержати передатну характеристику без розривів і суттєво знизити технологічні вимоги при виготовленні аналогових вузлів.

3. Запропоновані методи побудови АЦП підсумовування, множення та ділення, інтегрування. Досліджені статичні похибки, розроблені алгоритми самокалібрування і самокоригування ОП. Доведено, що використання цих алгоритмів дозволяє одержати високі точностні параметри АЦП з використанням неточних аналогових та аналого-цифрових вузлів з урахуванням метрологічних та часових параметрів системи.

4.Запропонован метод зменшення статичних та динамічних похибок аналого-цифрового інтегратора на базі НПСЧ з використанням чисельних методів інтегрування. Доведено доцільність запропонованого методу при інтегруванні довготривалих процесів. Це дозволяє в комплексі вирішити проблему зменшення похибок перетворення та інтегрування, та збільшити швидкодію пристрою.

5. Розроблені інженерні рекомендації по проектуванню аналого-цифрових пристроїв з використанням самокаліброваних ЦРП. На базі запропонованих рекомендацій створені та впроваджені в виробництво структури обчислювальних аналого-цифрові перетворювачі для різних систем цифрової обробки аналогової інформації.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ВІДОБРАЖЕНО В ТАКИХ РОБОТАХ

1. Стахов А.П, Азаров А.Д., Нечипоренко Л.М., Коваленко Е.А. "Аналого-цифровые микропроцессоры на основе ИИК" // Системные исследования и автоматизация ... Тез. докл. научн. конф. - Львов, 1986 г., 157-158 с.

2. Азаров А.Д., Марценюк В.П., Коваленко Е.А. Метод снижения погрешностей аналого-цифровых преобразователей // Проблемы развития аппаратных и программных средств... тез.

докл. н/т конф. М., "Радио и связь", 1987 г., 182 с.

3. Азаров А.Д., Марценюк В.П., Коваленко Е.А. Самокорректирующиеся аналого-цифровые процессоры для ЦРИД // Математические методы и измерительно-вычислительные средства обработки изображений., Сб.научн. трудов под общей ред. О.Г. Натрошвили, Тбилиси "Сабчото Сакартвело", 1987 г., С. 267 -272.

4. Азаров А.Д., Стейскал В.Я., Коваленко Е.А. Высоколинейный АЦП для цифровой звукозаписи. // Перспективы развития техники радиовещательного приема... тез.докл. н/т конф. Л., 1988 г., 134 с.

5. Коваленко Е.А., Стейскал В.Я. Помехоустойчивый АЦП поразрядного кодирования. // Вопросы проектирования и практического использования ПФИ ... тез.докл. н/т конф.- Одесса, 1990 г., с. 137 - 140 .

6. Коваленко Е.А., Азаров А.Д. Высокоточное гибридное вычислительное устройство на основе самокорректирующихся АЦП и ЦАП. // Вопросы проектирования и практического использования ПФИ... тез.докл. н/т конф.- Одесса, 1990 г., с. 143 - 145.

7. Коваленко Е.А., Стейскал В.Я. Избыточность и помехоустойчивость АЦП поразрядного кодирования // X симпозиум по проблеме избыточности в информационных системах - Л., 1989 г., с.64-67.

8. Азаров А.Д., Коваленко Е.А. Вычислительные АЦП.// Проблемы создания преобразователей формы информации., Тез. докл. VI всесоюзного симпозиума - Киев, 1988 г., с.178.

9. Коваленко Е.А. Моделирование погрешностей вычислительных аналого-цифровых преобразователей на основе избыточных систем счисления. // Проблемы создания преобразователей формы информации., Тез. докл. VII всесоюзного симпозиума, Киев, 1992 г., с.20.

10. А.С. 1790030 Цифроаналоговый преобразователь / Азаров А.Д., Коваленко Е. А. и др., опубл. 3.05.1990 г., бюл.23

11. А.С. 1617638 Суммирующий аналого-цифровой преобразователь / Стахов А.П., Азаров А.Д., Коваленко Е. А., Стейскал В.Я., опубл. 6.07.1991 г., бюл.48.

12. Положительное решение по заявке 4652502/24-24 от 25.12.89, Множительно-делительный аналого-цифровой преобра-

зователь /Стахов А.П. Азаров А.Д., Коваленко Е. А., Стейскал В.Я.

13. Стейскал В.Я., Азаров А.Д., Коваленко Е.А. Высокопроизводительный аналого-цифровой преобразователь для измерителей параметров звуковых трактов // Техника средств связи. Техника радиовещательного приема и акустики. 1989, вып. 1. с. 192 -197.

14. Коваленко Е.А. Программные модели вычислительных АЦП // Перспективы развития и применения средств вычислительной техники для моделирования и автоматизированного исследования, Материалы н/т конф.- Москва, 1991 г., с. 94.

15. Коваленко Е.А. Применение вычислительных АЦП в аналого-цифровых вычислительных комплексах. // Инф.-измерит. техн., сб. научн. тр./ Пенз. политехн. институт - Пенза, 1991 г. - С.58-64.

16. Коваленко О.О., Азаров О.Д. Самокалібровані цифрокеровані подільники напруги на основі надлишкових позиційних систем числення // Вісник ВПІ. - 1996. - №3. С.5-11.

17. Коваленко Е.А. Исследование вычислительных АЦП // Приборостроение-95, Материалы н/т конф.- Винница - Львов, 1995 г.- с.54.

18. Коваленко Е.А. Исследование вычислительных АЦП // Приборостроение-94, Материалы н/т конф.- Винница - Симферополь, 1992 г.- с.54.

19. Коваленко Е.А. Применение вычислительных АЦП в системах управления и контроля //Контроль и управление ... // Тезисы докл. н/т конф. стран СНГ. - Винница, 1992. - С.83.

20. Коваленко Е.А. Аналого-цифровой интегратор //Контроль и управление ...// Тезисы докл. н/т конф. стран СНГ. - Винница, 1992. - С.67.

Особистий внесок автора в роботах, що опубліковані у співавторстві: [1,2,3] - склала алгоритми програм функціонування АЦП; [4, 13] - склала алгоритм тестування трактів радіомовлення; [5,7,10] - запропонувала метод зменшення завадостійкості; [6,8,11,12] - запропонувала методи реалізації виконання арифметичних дій; [16] - запропонувала алгоритми самокалібрування.

вычислительных АЦП и ЦАП для систем цифровой обработки аналоговой информации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.08 - вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, Винницкий государственный технический университет, Винница, 1997 г. Защищается 20 научных трудов, 4 статьи, 2 авторских свидетельства и 1 положительное решение на изобретение, в которых приведены результаты исследований вычислительных АЦП и ЦАП на основе ИПСС. Предлагаются методы уменьшения погрешностей аналого-цифрового преобразования и выполнения арифметических операций. По результатам исследований созданы и внедрены вычислительные АЦП для различных типов систем цифровой обработки аналоговой информации.

Kovalenko E.A. The design and studi of self-controlling ADCs and DACs for systems of analog information. Thesis submitted to earn the degree of Candidate of Engineering Science in speciality 05.13.08 - computers, system and networks, elements anddevices of computer units and control systems. Vinnitsa State Tecnical University,Vinnitsa, 1997. Submitted for defence are 20 scientific works, 4 articles, 2 author's invention certificates and 1 positive decision on the invention which contan research in design and study of computation ADCs and DACs based on overflow calculation system. The suggested approaches make it possible to decrease errors of analog-to-digital conversions and reform hibrid ariphmetic operations.

By the results of the study ADCs for various systems of digital processing of analog information digital processing system. Has been designed and plemented.

Ключові слова: обчислювальні аналого-цифрові і цифроаналогові перетворювачі, надлишкові системи числення, самокалібрування, системи цифрової обробки аналогової інформації.

Підписано до друку 26.05.97 р.
Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького державного технічного університету.
Наклад 100 примірників.

Ав 38.161