

## РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ЕТАПУ НДР «ВИСОКОПРОДУКТИВНІ БАГАТОКАНАЛЬНІ АНАЛОГО-ЦИФРОВІ САМОКАЛІБРОВАНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ Й СИНХРОННОГО ОПРАЦЮВАННЯ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ»

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Розглянуто основні результати другого етапу бюджетної науково-дослідної роботи, що виконана на кафедрі обчислювальної техніки. Дослідження аналого-цифрових систем, що самокоригуються, виконано як на рівні АЦП на основі надлишкових позиційних систем числення (НПСЧ), так і на системному рівні – для вимірювальних каналів і в процесі опрацювання сигналів.*

**Ключові слова:** аналого-цифрова система, мережі збору даних, моніторинг сигналів, нейронечіткі технології, обробка сигналів, розпізнавання звуків, самокалібрування, сканування сигналів.

### **Abstract**

*The main results of the second stage of budget research performed at the Department of Computer Engineering are considered. The study of self-correcting analog-digital systems was performed both at the ADC level on the basis of redundant positional number systems (NPS) and at the system level - for measuring channels and in the process of signal processing.*

**Keywords:** analog-digital system, data collection networks, signal monitoring, fuzzy technologies, signal processing, sound recognition, self-calibration, signal scanning.

### **Вступ**

Об'єктом дослідження і розробки НДР є процеси отримання, підсилення, аналого-цифрового перетворення, збору, цифрової обробки, аналізу та розпізнавання багатоканальних низькочастотних сигналів. Предметом дослідження є методи та засоби збільшення функціональності, точності, швидкодії та завадостійкості аналого-цифрових систем (АЦ-систем) перетворення й опрацювання низькочастотних сигналів за рахунок самокалібрування вимірювальних каналів, синхронного багатоканального приймання, накопичення даних, електронного сканування, ідентифікації стану об'єктів з використанням детермінованих і нейронечітких технологій.

Метою досліджень є підвищення точності, швидкодії та достовірності введення й розпізнавання широкого спектру сигналів за рахунок створення й вдосконалення моделей і методів опрацювання багатоканальних даних, схем, алгоритмів, апаратних і програмних засобів для новітніх АЦ-систем моніторингу й синхронної обробки низькочастотних сигналів.

### **Результати дослідження**

В процесі виконання другого етапу НДР отримано ряд важливих наукових та прикладних результатів. Зокрема, розроблено структури апаратних і програмних складових багатоканальних АЦ-систем перетворення, опрацювання й моніторингу низькочастотних сигналів. Проаналізовано статичні й динамічні характеристики АЦП та ЦАП на основі НПСЧ та вимірювальних каналів у цілому, запропоновано нові методи їх контролю та калібрування. Зокрема, запропоновано та досліджено метод оцінювання відхилень ваг розрядів АЦП послідовного наближення, що дозволяє визначити відхилення окремих розрядів перетворювача без переривання процесу основного перетворення і таким чином зменшити технологічні витрати часу. Також запропоновано практичну реалізацію методу оцінювання значень відхилень ваг розрядів АЦП за аналізом характеристики перетворення, що дозволило за рахунок введення блоку контролю характеристики перетворення реалізувати функцію фонових калібрування АЦП ПН з ваговою надлишковістю [1-3].

Досліджено методи мінімізації похибок генераторів струмів ЦАП. Доведено, що в багаторозрядних АЦП і ЦАП забезпечення принципу суперпозиції може бути досягнуто за рахунок

відносно збільшеного вихідного опору генераторів струмів, що не є критичним для сучасної мікросхемотехніки [4,5].

Запропоновано мікроконтролерні засоби багатоканального АЦ-перетворення. Доведено, що побудова вимірювальних каналів АЦ-систем, які розробляються, на основі мікроконтролерного блоку керування є ефективним структурно-схемотехнічним рішенням. При цьому можливе як самокоригування передатної характеристики АЦП, так і комплексне самокалібрування статичних і динамічних характеристик вимірювальних каналів [6-9].

Розглянуто проблематику складності обчислень при завадостійкому кодуванні-декодуванні багатоканальних потоків даних, що передаються в моніторингових АЦ-системах. Доведено, що при використанні циклічних кодів значно зменшується складність реалізації та процедури декодування циклічних кодів. Показано, що процедура декодування може бути також суміщена з перемежуванням кодів, що додатково збільшує завадостійкість кодування [10,11].

Доведено, що при розпізнавання звуків за допомогою Гаусівських змішаних моделей шаблонні класи описуються більш точно у мультимодальному форматі, ніж в унімодальному. Параметрами моделі розпізнавання обрано кепстральні коефіцієнти. Вибір обумовлений попередніми дослідженнями та враховує реальне акустичне оточення. Дослідження розробленого алгоритму та програми показало збільшену ефективність при розпізнаванні реальних звуків [12,13].

Для вирішення задачі прискореного сортування результатів розпізнавання звуків запропоновано обчислювач з регулярною структурою та розширеними функціональними можливостями. Показано, що час паралельно-вертикального процесу сортування із залученням операцій декременту/інкременту залежить виключно від максимального числа серед масиву чисел, що дозволяє визначитись з гранично-максимальним часовим параметром обчислювача, а також прискорює процес сортування без задіяння часу на попарне порівняння та перестановку елементів числового масиву [14-16].

На основі аналізу експериментальних даних щодо вимірювання параметрів короткого вузькосмугового сигналу, зокрема його опорної частоти, встановлено притаманні динамічні похибки. Ці похибки можуть бути суттєво зменшені при застосуванні запропонованої схеми та детермінованого алгоритму обробки сигналу, що нівелюють впливи зовнішніх факторів на результати вимірювання параметрів акустичних сигналів [17,18].

Запропоновано модель акустичної поверхні, генерованої багатьма джерелами в АЦ-системі пасивної акустичної локації. Розподіл джерел визначається матрицею нечітких відношень «координати поля – рівень звукової енергії». Запропоновано метод реконструкції акустичної поверхні по неповних даних на основі розв'язання сполученої основі системи нечітких логічних рівнянь. Для розв'язання оберненої задачі реконструкції використано генетико-градієнтний алгоритм. Спрощення процесу реконструкції досягається за рахунок одночасного пошуку нижніх і верхніх границь розв'язків для кожного класу потужності джерел, що дозволяє збільшити частоту реконструкції при обробці потоків акустичних даних [19].

## Висновки

На другому етапі прикладної НДР виконано всі заплановані дослідження нових, високоефективних методів багатоканального синхронного перетворення та обробки низькочастотних сигналів. В апаратному забезпеченні запропоновано комплексне поєднання багатоканальних методів і засобів високоточного підсилення, синхронного аналого-цифрового перетворення, мережевого збору й захищеного передавання даних, способів самокалібрування й коригування статичних і динамічних похибок. В програмній частині поєднуються нові алгоритми моніторингу, сканування, спектрального й кореляційного аналізу сигналів, детерміновані і нейронечіткі методи розпізнавання акустичних образів. Для досягнення наміченої мети досліджень заплановано етап практичної розробки та експериментальних випробувань апаратних та програмних засобів АЦ-систем, що проектуються.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуменюк Р.С. Методи та засоби оперативного оцінювання відхилень ваг розрядів АЦП послідовного наближення з ваговою надлишковістю: Дис. на здоб. ступ. доктора філософії за спец. 123 – комп'ютерна інженерія.- Вінниця, 2021.- 160 с.- Режим доступу: [http://inmad.vntu.edu.ua/PhD/dis\\_Humeniuk.pdf](http://inmad.vntu.edu.ua/PhD/dis_Humeniuk.pdf).
2. С. М. Захарченко, Р. С. Гуменюк та М. Г. Захарченко Спеціалізовані програмні засоби для моделювання характеристики перетворення АЦП послідовного наближення з ваговою надлишковістю // Тези доповідей на 5 th International scientific and practical conference «Priority directions of science and technology development».- Kyiv, 2021.- С. 406–411.

3. Analogue part of multichannel highly productive analog-digital system on converters and switches of current / Olexiy D. Azarov, Maxim R. Obertyukh, Patryk Panas, Piotr Kisała, Gulzhan Kashaganova, Saltanat Amirgaliyeva // PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY. - Warszawa, R. 95.- NR 4/2019. - P. 116-120. - doi:10.15199/48.2019.04.20.

4. О. Азаров, М. Обертюх, С. Кирилашук Резистивні матричні дільники струму для багаторозрядних ЦАП із ваговою надлишковістю // ІТКІ.- Жов. 2019, Vol 2.- № 45. - С. 33-39. - DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2019-45-2-33-39>.

5. О. Азаров, М. Обертюх Генератори однакових струмів із високими вихідними опорами для багаторозрядних ЦАП // ІТКІ. - Жов. 2019, Vol 2.- № 45.-С. 33-39.- DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2019-45-2-33-39>.

6. О. Азаров, О. Черняк і О. Стахов АЦП порозрядно-слідкувального врівноваження з ваговою надлишковістю // ІТКІ.- Груд. 2020.- Vol. 49.- № 3.- С. 37-44.

7. О. Д. Азаров і Є. С. Генеральницький Статичні й динамічні характеристики перетворювачів струм-струм на базі двотактних підсилювачів струму // Вісник ВПІ.- Лист. 2020.- Вип. 5.- С. 63–70.

8. Azarov, O., Heneralnytskyi, Y., & Rybko, N. (2020). Multi-channel digital-analog system based on current-current converters //Informatyka, Automatyka, Pomiarы W Gospodarce I Ochronie Środowiska.- 2020.-№ 10(4).- P. 43-46.- <https://doi.org/10.35784/iapgos.2082>.

9. О. Д. Азаров, С. В. Богомоллов, О. Я. Стахов Багатоканална швидкодіюча система АЦП-ЦАП на базі високолінійних перетворювачів струм-струм // ІТКІ.- Квіт. 2021.- № 1.- С. 69–79.

10. Semerenko V., Voinalovich O. (2021) The simplification of computational in error correction coding // Technology Audit and Production Reserves.- 2021.- № 3 (2 (59)).- P. 24–28.

11. Пат. 147014 UA, МПК H03M 13/00. Пристрій для виправлення пакетів помилок за допомогою перемежування циклічних кодів [Текст] / В. П. Семеренко, Л. В. Крупельницький, О. Ю. Войналович (Україна). – № u 202002825; заявл. 12.05.2020; опубл. 07.04.2021, Бюл. № 14. – 9 с.: кресл.

12. О. Ф. Грійо Тукало, О.М. Ткаченко, Л.В. Крупельницький Пошук заданих фрагментів в архіві аудіо записів із застосуванням KD-дерев: монографія - Вінниця: ВНТУ, 2020.- 148 с. ISBN 978-966-641-789-6.

13. Ткаченко О.М., Тютюнник Я.О., Чирва П.В. і Комаров В.Л. Система розпізнавання звукових сигналів немовленнєвого походження // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія.- Груд 2020.- Вип. 49, № 3.- С. 30–36. DOI:<https://doi.org/10.31649/1999-9941-2020-49-3-30-36>.

14. Т.Б. Мартинюк, Б.І. Круківський Модель паралельного сортувальника для асоціативного процесора // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- 2020.- №5.- С. 49-55.

15. Т.Б. Мартинюк, і Б.І. Круківський, «Пристрій для ранжування чисел», Патент України G06F 7/06. № 139604 МПК (2006.01), 12.08.2019.

16. Мартинюк Т.Б., Крупельницький Л.В., Микитюк М.В., Зайцев М.О. Систематична архітектура матричного обчислювача для класифікатора об'єктів // Електронне моделювання.- 2021.- Том 43. - №3. – С. 33-36.

17. Барась С.Т., Крупельницький Л.В., Онищук О.В. Вимірювання опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості // Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки . – 2021. – № 2 (294). – С. 56-63.

18. Пат. 148838 UA, МПК G01R 23/10. Спосіб вимірювання опорної частоти вузькосмугового радіосигналу обмеженої тривалості [Текст] / С.Т. Барась, Л. В. Крупельницький, О. В. Онищук (Україна). – № u202102315; заявл. 30.04.2021; опубл. 22.09.2021.- Бюл. № 38. – 6 с.: кресл.

19. Azarov O., Krupelnitskyi L., Rakytyanska H. (2021) Sound Field Reconstruction from Incomplete Data by Solving Fuzzy Relational Equations. In: Babichev S., Lytvynenko V., Wójcik W., Vyshemyrskaya S. (eds) Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. ISDMCI 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing.- 2021.-Vol 1246.- PP. 547-566, Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3_35).

*Азаров Олексій Дмитрович* – докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

*Крупельницький Леонід Віталійович* – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [krupost@gmail.com](mailto:krupost@gmail.com) .

*Azarov, Olexiy D.* – Doct. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Computer Techniques Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

*Krupelnitskyi, Leonid V.* – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Computer Techniques Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [krupost@gmail.com](mailto:krupost@gmail.com) .