

Голові спеціалізованої
вченої ради Д 35.052.08
Національного університету
"Львівська політехніка"
д.т.н., проф. Стаднику Б.І.

вул. С.Бандери 12, м. Львів,
Україна, 79013

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Мичуди Лесі Зиновіївни

**"Теорія та практика аналого-цифрових функціональних
перетворювачів на комутованих конденсаторах",**

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за
спеціальністю 05.13.05 – комп'ютеризовані системи та компоненти

Актуальність теми. Одним з динамічних напрямків розвитку сучасних комп'ютерних систем є цифрові компоненти, що використовуються для контролю, вимірювання та діагностування об'єктів та процесів, які ґрунтуються на перетворенні аналогових неелектричних величин у відповідні електричні: амплітуда, частота, фаза тощо. Для покращення технічних та експлуатаційних характеристик таких систем необхідно покращувати метрологічні характеристики основних вузлів, зокрема аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Фактично АЦП забезпечують зв'язок сучасних цифрових систем з первинними перетворювачами, більшість яких мають аналогові вихідні сигнали. Перспективним напрямком вдосконалення АЦП можуть бути перетворювачі із застосуванням схем на комутованих конденсаторах. За технологічністю в інтегральному виконанні, точністю виготовлення, температурною та часовою стабільністю конденсатори не поступаються високоточні елементи інших типів. Крім того, поряд аналого-цифровим перетворенням, актуальними залишаються задачі забезпечення одночасного опрацювання багатьох вхідних сигналів та можливості функціонального перетворення. Традиційно функціональні можливості АЦП розширюють шляхом збільшення на вході кількості логарифматорів, однак недоліком такого підходу є те, що складно досягти ідентичності характеристик логарифма торів і це зумовлює збільшення похибки перетворення та викликає потребу в додаткових налаштуваннях, що значно ускладнює апаратну реалізацію.

Таким чином, актуальною є проблема розробки та ґрунтовного дослідження методів реалізації аналого-цифрових перетворювачів на комутованих конденсаторах з метою покращення їх технічних та метрологічних характеристик. Актуальність обраної теми також підтверджується тим, що робота виконана відповідно до держбюджетних тем за планом Міністерства освіти і науки України.

**Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень,
висновків і рекомендацій.** Наукові положення, висновки та рекомендації

дисертаційної роботи є достовірними та достатньо обґрунтованими, що підтверджується відповідним аналізом літературних джерел; застосуванням методів математичної статистики; теорії лінійних електричних кіл, диференціальних рівнянь і функцій комплексної змінної; апарату математичного моделювання; теорії сигналів та теорії вимірювань. Достовірність висновків та рекомендацій в достатній мірі підкріплена результатами моделювання.

Наукова новизна полягає в тому, що авторкою виявлено, сформульовано та вирішено науково-прикладну проблему покращення технічних та метрологічних характеристик аналого-цифрових перетворювачів на комотованих конденсаторах, в ході вирішення якої отримано такі наукові результати:

1. Вперше розроблено методологічні засади побудови АЦФП на комотованих конденсаторах, які поєднують структурні – шляхом зміни основи логарифмування і співвідношення ємностей, та алгоритмічні – шляхом вибору числа піддіапазонів перетворення, кількості та величини кроків на кожному з них підходи, що відкриває нові можливості підвищення точності та швидкодії АЦФП.

2. Вперше розроблено метод багатofункціонального аналого-цифрового перетворення, який відрізняється паралельним в часі опитуванням усіх логарифматорів, що дало змогу звести час перетворення до часу перетворення одного з логарифматорів, а також в часі перетворення реалізувати: операції множення та ділення, степеневі функції або корені з високими показниками порядку одиниць – десятків.

3. Вперше запропоновано метод логарифмічного аналого-цифрового перетворення різниці двох вхідних напруг, який відрізняється паралельним в часі перетворенням напруги – зменшуваного шляхом перерозподілу заряду та напруги – від'ємника шляхом накопичення заряду у пасивній конденсаторній комірці, що дало змогу підвищити точність порівняно з традиційним підходом, коли спершу визначають різницю цих напруг, а потім її логарифмують.

4. Вперше запропоновано метод логарифмічного аналого-цифрового функціонального перетворення, який відрізняється тим, що на першому піддіапазоні значення компенсуючої напруги порівнюється зі значенням вхідної напруги, а на наступних – з мінімальним значенням компенсуючої напруги на попередньому піддіапазоні, що дало змогу спростити схемне рішення, зменшивши число запам'ятовуваних величин, та підвищити точність аналого-цифрових перетворювачів, що реалізовані на основі запропонованого методу.

5. Вдосконалено метод рекурентного функціонального аналого-цифрового перетворення, який відрізняється багатократним звертанням до еталону старшого розряду, що дало змогу суттєво зменшити кількість зразкових величин і підвищити швидкодію перетворення.

6. Запропоновано новий принцип дії інтерполюючих логарифмічних аналого-цифрових перетворювачів, який відрізняється застосуванням явища перерозподілу заряду на етапі грубого перетворення і явища накопичення заряду на етапі точного перетворення, що дало змогу спростити алгоритм і

підвищити швидкодію перетворення внаслідок виключення необхідності відтворення на етапі грубого перетворення попереднього рівня компенсаційної напруги.

7. Вперше розроблено математичні моделі та алгоритми функціонування аналого-цифрових функціональних перетворювачів, які засновані на запропонованих методах перетворення.

Практична цінність результатів дисертаційної роботи, полягає у тому, що на основі розроблених теоретичних положень, методів та математичних моделей розроблено: засоби аналого-цифрового функціонального перетворення з покращеними характеристиками; програми комп'ютерного моделювання для оцінки похибок і часу перетворення АЦФП; математичні моделі, що дають змогу прогнозувати характеристики АЦФП на комутованих конденсаторах в процесі їх проектування; моделі, що враховують види шумів, які діють на АЦФП і дають змогу оцінити спричинені шумами похибки; схему мінімізації впливу періодичної завади на роботу АЦФП для підвищення точності. Сформовано рекомендації щодо схемних реалізацій різних видів АЦФП на комутованих конденсаторах.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій. Основні наукові положення та практичні результати досліджень опубліковано у 52 працях, 27 – статей у фахових наукових виданнях в т. ч. 4 у виданнях індексованих в наукометричних базах, а також 9 патентів на винахід. Наукові положення дисертації доповідались і пройшли апробацію на 16 міжнародних науково-практичних конференціях.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Оцінка змісту дисертації. Дисертаційна робота може вважатись закінченим науковим дослідженням. Поставлені у поданій роботі завдання вирішені практично у повному обсязі. Здобувачкою отримано науково-обґрунтовані результати, які у сукупності дозволяють вирішити актуальну науково-прикладну проблему розвитку теорії та впровадження методів побудови аналого-цифрових функціональних перетворювачів, які ґрунтуються на використанні властивостей конденсаторних комірок.

Зміст дисертаційної роботи відповідає її назві. Зміст автореферату відповідає змісту дисертації і достатньо повно відображає основні положення наукового дослідження та не містить інформації, яка не відображена в основній роботі.

Зауваження.

1. У вступі задекларовано, що об'єктом дослідження є процес аналого-цифрового функціонального перетворення інформації про стан фізичних об'єктів. У поданій роботі розглянуто перетворення параметру напруги електричного сигналу, однак не згадано про параметри силу струму, фази, частоти і т.д., що можуть бути опосередкованими інформаційними параметрами стану фізичного об'єкту.

2. В першому пункті наукової новизни не зрозуміло, що конкретно поєднують методологічні засади, написано: "*Вперше розроблено ... , які поєднують структурні - шляхом зміни основи ... ємностей, та алгоритмічні*

- шляхом вибору числа ... на кожному з них, що відкриває нові ...", тут виникає неоднозначність щодо вжитих термінів "структурних" та "алгоритмічних", це методи, способи чи щось інше?

3. У шостому пункті наукової новизни написано "Запропоновано новий принцип дії ...", що не відповідає вимогам щодо позначень наукової новизни формулюваннями: "Вперше...", "Розширені наукові поняття...", "Уточнені наукові дані...", "Вдосконалено...", "Дістало подальший розвиток ...".

4. У п.1.1 задекларовано огляд сучасного стану методів і засобів аналого-цифрового функціонального перетворення, однак огляд фактично відсутній, причому обсяг п.1.1. не перевищує 1.5 аркуша формату А4.

5. У п.1.2 та 1.3 розглянуто методи побудови та характеристики аналого-цифрових та функціональних перетворювачів відповідно, однак матеріали цих підрозділів не містять чітко виділених характеристик (час перетворення, розрядність, апаратна складність тощо) та узагальнення які б дозволили зробити обґрунтований висновок щодо напрямку подальших досліджень.

6. У п.1.7 визначено напрямки досліджень, однак обґрунтування чи хоча б означення перспектив запропонованих напрямків порівняно з наявними реалізаціями засобів аналого-цифрового перетворення не подано, що практично ускладнює розуміння доцільності запропонованих досліджень.

7. У п.2.3 подано метод логарифмування різниці двох напруг у якому пропонується окремо логарифмувати вхідні напруги U_{IN1} та U_{IN2} на відміну від традиційного підходу, що передбачає визначення різниці напруг з подальшим логарифмуванням результату. Незрозуміло за рахунок чого досягається підвищення точності, оскільки загальна похибка двох процедур логарифмування є більшою порівняно з похибкою однієї процедури.

8. У п.3.1 проведено аналізі похибок АЦПФ, однак не розглянуто вплив похибки ємності конденсаторів C_d та C_n , за якими визначається основа логарифмування.

9. Апаратна реалізація запропонованих рішень аналого-цифрових перетворювачів виконана на морально застарілій елементній базі, зокрема підсилювач К140УД6 випускався у 80-их а мікросхеми К555ТМ2, К555ЛІ1, К555ІЕ6 і т.д. у 90-их роках минулого століття. Крім того, відсутні результати функціонального та інструментального моделювання розроблених пристроїв, що нескладно зробити послуговуючись доступними САПР для сучасних, відносно дешевих ПЛІС типу CPLD, FPGA тощо.

10. Відсутні дані порівняння характеристик реалізованих АЦПФ, отриманих в результаті моделювання (розділи 4 та 5), з відомими промисловими реалізаціями АЦП. Наприклад, в чому перевага запропонованих рішень порівняно з серійним АЦП РСІ-1747U: похибка перетворення 0.02%, швидкість перетворення 250 kS/s і т.д.

11. Подання блок-схем алгоритмів у дисертаційній роботі, зокрема на сторінках 137, 159, 193, 194, 213, 229 тощо не відповідає ГОСТ 19.701 90, що порушує комплекс стандартів Єдиної системи програмної документації, які встановлюють правила розроблення, оформлення та обігу програм і програмної документації.

12. За текстом поданої дисертаційної роботи зустрічаються орфографічні та стилістичні помилки, русизми, а також некоректні позначення, зокрема ємності дозуючого та накопичувального конденсаторів C_D та C_N стор.156 і C_D та C_N стор.158 (відсутні у переліку умовних скорочень), невдало використані поняття, зокрема "реальна зведена похибка" стор.171 тощо, назва 5-го розділу в дисертації не відповідає змісту.

Однак, наведені зауваження не стосуються наукової новизни роботи та сформульованих висновків, які виносяться автором на захист і, як наслідок, не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Висновок. Дисертаційну роботу Мичуди Лесі Зиновіївни можна вважати завершеним науковим дослідженням, у якому отримано науково обґрунтовані результати, що вирішують актуальну науково-прикладну проблему покращення технічних та метрологічних характеристик аналого-цифрових перетворювачів на комутованих конденсаторах, що реалізується шляхом використання перерозподілу заряду на проміжному етапі грубого перетворення і накопичення заряду на етапі точного перетворення.

За змістом та інформаційним наповненням подана робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. Публікації автора у фахових, цитованих та закордонних наукових виданнях з достатньою повнотою висвітлюють наукові положення і отримані результати. Оформлення автореферату та дисертаційної роботи, з урахуванням поданих зауважень, відповідають вимогам та загальноприйнятим нормам щодо представлення результатів наукових досліджень.

Отже, дисертаційна робота за актуальністю, новизною, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю задовольняє вимогам, що ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук згідно прядку присудження наукових ступенів, а її авторка Мичуда Леся Зиновіївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

завідувач кафедри Інформаційних
технологій та програмної інженерії
Університету Короля Данила,
м. Івано-Франківськ, д.т.н., доцент

Мельничук С.І.

Підпис д.т.н, доцента Мельничука С.І. засвідчую:
Ректор Університету Короля Данила,
м. Івано-Франківськ, д.ю.н., доцент

Луцький А.І.

